الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة المعمارية

قسم علوم البناء والتنفيذ

تأثير مواد البناء على اختيار الجملة الإنشائية

(حالة دراسية للأبنية العامة في سورية)

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة المعمارية

قسم علوم البناء والتنفيذ

إعداد المهندس

صلاح الدِّين محمود حمد

إشراف الأستاذ الدكتور

غسان عبود

دمشق/كانون الأول/٢٠١٥

الجمهورية العربية السورية

جامعة دمشق

كلية الهندسة المعمارية

قسم علوم البناء والتنفيذ

تأثير مواد البناء على اختيار الجملة الإنشائية

(حالة دراسية للأبنية العامة في سورية)

دراسة أعدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة المعمارية

قسم علوم البناء والتنفيذ

إعداد المهندس

صلاح الدِّين محمود حمد

إشراف الأستاذ الدكتور

غسان عبود

نوقشت هذه الرسالة بتاريخ ٢٠١٥/١٢/١٥ وأجيزت من قبل لجنة التحكيم:

د. سمير سلوم	أ.د.غسان عبود	د. ناديا البصير
.....	.....	.....

{رَبِّ أَوْزِعْنِي أَنْ أَشْكُرَ نِعْمَتَكَ الَّتِي أَنْعَمْتَ عَلَيَّ وَعَلَى وَالِدَيَّ وَأَنْ أَعْمَلَ صَالِحًا تَرْضَاهُ وَأَدْخِلْنِي بِرَحْمَتِكَ فِي عِبَادِكَ الصَّالِحِينَ}

[النمل: ١٩]

الإهداء

إلى والديَّ العزيزين... رمز العطاء والحنان... الذين لم ينسياني بدعائهما

إلى زوجتي الغالية...مالكة قلبي وعنوان سعادتي...التي أنارت لياليَّ المظلمة

إلى عضدي وسندي في هذه الحياة... إخوتي أحبتي

إلى القلوب الطاهرة...التي دعمتني بكل حب واحترام...والدي زوجتي الأعزاء

إلى ضحكتي في هذه الدنيا أصدقائي الأحباء...الذين دعموني بحبهم وتعاونهم

إلى أساتذتي في كلية الهندسة المعمارية... الذين لم يبخلوا علي بعلمهم

إلى كل المهتمين بهندسة العمارة

إلى... ينبوع الحضارة

إلى... ساكنة الأحداق

وإلى... درة الـشـرق.... سورية

أهدي ما تعلمت ....

الباحث

صلاح الدِّين محمود حمد

شكر وتقدير

يسرني أن أتقدم بالشكر والتقدير بعد شكر الله سبحانه وتعالى لكل من ساهم في انجاز هذا العمل وأخص بالشكر كادر جامعة دمشق وعلى رأسهم السيد رئيس الجامعة والسيد عميد كلية الهندسة المعمارية الأستاذ الدكتور سلمان محمود.

كما أشكر والدي العزيزين وأخوتي لجهودهم ودعمهم المستمر، وأشكر زوجتي التي شاركتني وسارت معي على هذا الدرب، وأقدر لها صبرها وتحملها ودعمها المستمر لي حتى وصلنا معاً إلى هذه المرحلة.

وأشكر أيضاً من كان لي خير أخ وصديق وناصح أولئك الذين وقفوا معي وساندوني وكانوا خير عون لي على الدوام...علا...عزت.

وأشكر الأستاذ الدكتور غسان عبود المشرف على هذا البحث على جهوده وتوجيهاته التي كان لها دوراً كبيراً في انجاز هذا البحث.

كما وأشكر جميع الأشخاص الذين ساهموا في إنجاح هذا البحث سواء بتوجيه أو معونة ، وأخص بالشكر الأساتذة الذين تفضلوا بتحكيم هذا البحث الدكتورة ناديا البصير والدكتور سمير سلوم.

وأرجو الله سبحانه وتعالى أن ينفع بهذا البحث ، وأن يخدم الباحثين والمختصين في مجال الهندسة.

والله الموفق،،،

صلاح الدين حمد

	" الـفــهـرس "	رقم الصفحة
	المقدمة	١
	هيكلية البحث - هدف البحث - منهجية البحث - مجال البحث - مخطط البحث	 ٢ ٢ ٢ ٣
الفصـــل الأول	**١ الإنشاء والعمارة**	٤-٥٢
	١-١ علاقة الانشاء بالعمارة	٥
	١-٢ النظرية الإنشائية الأساسية	٧
	١-٣ التصميم الأمثل	٧
	١-٤ الأشكال الإنشائية الأساسية (لمحة تاريخية)	٩
	١-٥ الأشكال الإنشائية في الطبيعة	١٢
	١-٦ الأشكال الإنشائية المصنوعة	١٢
	١-٧ الجمل الإنشائية	١٣
	١-٧-١ أنواع العناصر الإنشائية	١٤
	١-٧-٢ تصنيف الجمل الإنشائية	١٤
	١-٧-٣ العوامل المؤثرة على اختيار الجمل الإنشائية	١٨
	١-٨ القوى والأحمال المؤثرة على الجمل الإنشائية	٢١
	١-٨-١ القوى في المنشآت	٢٢
	١-٨-١-١ التوازن في المنشآت	٢٢
	١-٨-١-٢ القوى الأساسية المؤثرة على العناصر الإنشائية	٢٢
	١-٨-١-٢-١ الشد	٢٣
	١-٨-١-٢-٢ الضغط	٢٤
	١-٨-١-٢-٣ القص	٢٤
	١-٨-١-٢-٤ الانحناء	٢٥
	١-٨-٢ الأحمال في المنشآت	٢٧
	١-٨-٢-١ أنواع الأحمال الإنشائية	٢٨
	١-٨-٢-٢ مسارات الأحمال	٢٨
	١-٩ سلوك عناصر الجمل الإنشائية تحت تأثير القوى والحمولات	٢٩

	١-٩-١ الجمل الإنشائية الخطية تحت تأثير القوى والحمولات	٢٩
	١-٩-١-١ الأساسات	٢٩
	١-٩-١-٢ الأعمدة	٣٠
	١-٩-١-٣ الجوائز	٣١
	١-٩-١-٤ الأقواس	٣٢
	١-٩-١-٥ الجملونات	٣٣
	١-٩-١-٦ الإطارات	٣٤
	١-٩-١-٧ الصواري الكبلية والمنشآت المعلقة	٣٥
	١-٩-١-٨ القضبان	٣٥
	١-٩-٢ الجمل الإنشائية السطحية	٣٦
	١-٩-٢-١ الجدران	٣٦
	١-٩-٢-٢ النواة	٣٧
	١-٩-٢-٣ البلاطات	٣٨
	١-٩-٢-٤ القبوة (السقف الاسطواني)	٣٩
	١-٩-٢-٥ القباب	٤٠
	١-٩-٢-٦ الأسقف المخروطية	٤١
	١-٩-٢-٧ السطوح السرجية (سرج الحصان)	٤٢
	١-٩-٢-٨ السطوح القطعية	٤٢
	١-٩-٣ الجمل الإنشائية الفراغية	٤٣
	١-٩-٣-١ الجوائز الشبكية الفراغية	٤٣
	١-٩-٣-٢ القبوات المتعامدة	٤٤
	١-٩-٣-٣ المنشآت المعلقة (الكبلية)	٤٤
	١-٩-٣-٣-١ المنشآت المعلقة الخطية (الجسور)	٤٤
	١-٩-٣-٣-٢ المنشآت المعلقة الخطية (الخيام)	٤٦
	١-٩-٣-٣-٣ منشآت التغطيات المعلقة للأسقف والمظلات	٤٧
	١-٩-٣-٣-٤ أسقف الصحنية الصحون القشرية	٤٨
	١-٩-٣-٣-٥ أسقف عجلة الدراجة	٤٨
	١-٩-٤ المنشآت المنفوخة	٤٩
	١-٩-٤-١ المنشآت المنفوخة بالهواء	٤٩

	١-٩-٤-٢ المنشآت الداعمة للأحمال بواسطة فرق الضغط	٤٩
	الخلاصة	٥٢
الفصل الثاني	**٢ مواد البناء المستخدمة في العمارة**	٥٣-٩٢
	٢-١ مفهوم مواد البناء	٥٤
	٢-٢ سلوك مواد البناء	٥٤
	٢-٣ أنواع مواد البناء والتسلسل التاريخي لظهورها	٥٥
	٢-٤ خواص مواد البناء	٥٦
	٢-٥ الإجهاد في مواد البناء	٥٦
	٢-٦ العلاقة بين مواد البناء والعمارة	٥٦
	٢-٧ التطور التاريخي لمواد البناء والجمل الإنشائية	٥٨
	٢-٨ علاقة مواد البناء والأنظمة الإنشائية مع البيئة المحيطة	٦١
	٢-٨-١ مواد البناء والأنظمة الإنشائية في المباني التقليدية	٦١
	٢-٩ مواد البناء الأساسية المستخدمة في العمارة	٦٣
	٢-٩-١ البناء بالوحدات الإنشائية الصغيرة (الحجر)	٦٤
	٢-٩-١-أ طبيعة المادة	٦٤
	٢-٩-١-ب خصائص مواد الوحدات الإنشائية الصغيرة	٦٤
	٢-٩-١-ج استخدام الحجر في العمارة	٦٥
	٢-٩-١-د ميزات البناء بالحجر	٦٦
	٢-٩-١-هـ مساوئ البناء بالحجر	٦٦
	٢-٩-١-و أمثلة	٦٧
	٢-٩-٢ البناء بالخشب	٦٨
	٢-٩-٢-أ طبيعة مادة الخشب	٦٨
	٢-٩-٢-ب خصائص و أنواع الخشب	٦٨
	٢-٩-٢-ج استخدام الخشب في العمارة	٦٩
	٢-٩-٢-د ميزات البناء بالخشب	٧٠
	٢-٩-٢-هـ مساوئ البناء بالخشب	٧٠
	٢-٩-٢-و أمثلة	٧١
	٢-٩-٣ الخرسانة المسلحة	٧١

٧١	٢-٩-٣-أ طبيعة مادة الخرسانة	
٧٢	٢-٩-٣-ب خصائص مادة الخرسانة	
٧٣	٢-٩-٣-ج استخدام الخرسانة في العمارة	
٧٤	٢-٩-٣-د ميزات البناء بالخرسانة والخرسانة المسلحة	
٧٤	٢-٩-٣-هـ مساوئ البناء بالخرسانة والخرسانة المسلحة	
٧٥	٢-٩-٣-و أمثلة	
٧٥	٢-٩-٤ المعدن	
٧٦	٢-٩-٤-أ طبيعة مادة الفولاذ	
٧٦	٢-٩-٤-ب خصائص مادة الفولاذ	
٧٦	٢-٩-٤-ج استخدام الفولاذ في العمارة	
٧٨	٢-٩-٤-د مميزات البناء بالفولاذ	
٧٨	٢-٩-٤-هـ مساوئ البناء بالفولاذ	
٧٨	٢-٩-٤-و أمثلة على المنشآت المعمارية من الفولاذ	
٧٩	٢-٩-٥ الأغشية	
٧٩	٢-٩-٥-١ البلاستيك	
٧٩	٢-٩-٥-١-أ طبيعة خصائص مادة البلاستيك المستخدم في عملية الإنشاء	
٨٠	٢-٩-٥-١-ب خصائص البلاستيك المستخدم في عملية الإنشاء	
٨١	٢-٩-٥-١-ج استخدامها في العمارة	
٨١	٢-٩-٥-١-د خصائص ومزايا البلاستيك في البناء والتشييد	
٨١	٢-٩-٥-١-هـ عيوب البلاستيك	
٨١	٢-٩-٥-١-و أمثلة	
٨١	٢-٩-٥-٢ القماش	
٨١	٢-٩-٥-٢-أ طبيعة المادة	
٨٢	٢-٩-٥-٢-ب خصائص مادة القماش	
٨٣	٢-٩-٥-٢-ج استخدامها في العمارة	
٨٣	٢-٩-٥-٢-د خصائص ومزايا القماش في البناء والتشييد	
٨٣	٢-٩-٥-٢-و أمثلة	
٨٣	٢-٩-٦ الزجاج	
٨٣	٢-٩-٦-أ طبيعة مادة الزجاج	

	٢-٩-٦-ب خصائص الزجاج	٨٣
	٢-٩-٦-ج استخدام الزجاج في العمارة	٨٤
	٢-٩-٦-د أمثلة	٨٥
	٢-١٠ المؤشرات التصميمية المؤثرة في اختيار المواد البنائية	٨٥
	٢-١١ العوامل الواجب مراعاتها في اختيار مواد البناء	٨٦
	٢-١٢ آليات اختيار مواد البناء من حيث التأثيرات البيئية	٨٩
	٢-١٣ تكنولوجيا واستدامة مواد البناء	٩١
	٢-١٣-١ أثر تكنولوجيا المواد على استدامة الأبنية	٩١
	٢-١٣-٢ المواد لمستدامة وتأثيرها في عمر المبنى	٩١
الفصل الثالث	**٣ تأثير مواد البناء على اختيار الجمل الانشائية**	٩٣-١٤١
	٣-١ مقدمة	٩٤
	٣-٢ تأثير مواد البناء على اختيار الجمل الانشائية	٩٤
	٣-٢-١ البناء باستخدام الحجر	٩٦
	٣-٢-١-١ استخدام الحجر في الجمل الخطية	٩٦
	٣-٢-١-٢ استخدام الحجر في الجمل السطحية	٩٧
	٣-٢-١-٣ استخدام الحجر في الجمل الفراغية	١٠٠
	٣-٢-١-٤ معايير اختيار الحجر في الجمل الإنشائية	١٠١
	٣-٢-٢ البناء باستخدام الخشب	١٠٢
	٣-٢-٢-١ استخدام الخشب في الجمل الخطية	١٠٢
	٣-٢-٢-٢ استخدام الخشب في الجمل السطحية	١٠٥
	٣-٢-٢-٣ استخدام الخشب في الجمل الفراغية	١٠٨
	٣-٢-٢-٤ معايير اختيار الخشب في الجمل الإنشائية	١٠٩
	٣-٢-٣ البناء باستخدام الخرسانة المسلحة	١١٠
	٣-٢-٣-١ استخدام الخرسانة المسلحة في الجمل الخطية	١١٠
	٣-٢-٣-٢ استخدام الخرسانة المسلحة في الجمل السطحية	١١٢
	٣-٢-٣-٣ استخدام الخرسانة المسلحة في الجمل الفراغية	١٢٠
	٣-٢-٣-٤ معايير اختيار الخرسانة المسلحة في الجمل الإنشائية	١٢١
	٣-٢-٤ البناء باستخدام الفولاذ	١٢٢
	٣-٢-٤-١ استخدام الفولاذ في الجمل الخطية	١٢٢
	٣-٢-٤-٢ استخدام الفولاذ في الجمل السطحية	١٢٦

	٣-٢-٤-٣ استخدام الفولاذ في الجمل الفراغية	١٢٨
	٣-٢-٤-٤ معايير اختيار الفولاذ في الجمل الإنشائية	١٣٠
	٣-٢-٥ البناء باستخدام الأغشية	١٣١
	٣-٢-٥-أ البناء باستخدام البلاستيك	١٣١
	٣-٢-٥-أ-١ استخدام البلاستيك في الجمل السطحية	١٣١
	٣-٢-٥-أ-٢ استخدام البلاستيك في الجمل الفراغية	١٣٢
	٣-٢-٥-أ-٣ معايير اختيار البلاستيك في الجمل الإنشائية	١٣٣
	٣-٢-٥-ب البناء باستخدام القماش	١٣٤
	٣-٢-٥-ب-١ استخدام القماش في الجمل السطحية	١٣٤
	٣-٢-٥-ب-٢ استخدام القماش في الجمل الفراغية	١٣٥
	٣-٢-٥-ب-٣ معايير اختيار القماش في الجمل الإنشائية	١٣٦
	٣-٢-٦ البناء باستخدام الزجاج	١٣٧
	٣-٢-٦-١ استخدام الزجاج في الجمل الخطية	١٣٧
	٣-٢-٦-٢ استخدام الزجاج في الجمل السطحية	١٣٨
	٤-٢-٦-٣ معايير اختيار الزجاج في الجمل الإنشائية	١٣٩
	٣-٣ مواد البناء الأفضل لتنفيذ الجمل الإنشائية	١٤٠
	٣-٣-١ الاختيار بين مواد البناء	١٤٠
	٣-٣-٢ مواد البناء المناسبة لتنفيذ عناصر الجمل الإنشائية	١٤١
	خاتمة	١٤٢
	النتائج والتوصيات	١٤٣
	المراجع	
	الملخص باللغة الإنكليزية	

فـــهـــرس الجـــــداول

الفصـــل	رقم الجدول	الشـــــــرح	رقم المرجع	رقم الصفحة
الفصـــل الأول	(١-١)	أشكال الإنشاء الرئيسية	إعداد الباحث	٥
	(١-٢)	أمثلة على الأشكال الإنشائية في الطبيعة	إعداد الباحث	١٢
	(١-٣)	أمثلة على الأشكال الإنشائية المصنوعة	إعداد الباحث	١٣
	(١-٤-أ)	الجمل الإنشائية حسب المتانة	إعداد الباحث	١٧
	(١-٤-ب)	الجمل الإنشائية حسب المتانة	إعداد الباحث	١٧
	(١-٥)	قوانين التوازن	[١٢]	٢٢
	(١-٦)	تأثير الانحناء في الجوائز	[١٢]	٢٥
	(١-٧)	أنواع الاجهادات وطريقة تأثيرها	إعداد الباحث	٢٦
	(١-٨)	أنواع الحمولات وطبيعتها	إعداد الباحث	٢٧
	(١-٩)	أنواع الأساسات	إعداد الباحث	٢٩
	(١-١٠)	أنواع الجوائز وسلوكها بتأثير الحمولات	إعداد الباحث	٣١
	(١-١١)	بعض أشكال الأقواس	إعداد الباحث	٣٣
	(١-١٢)	بعض أشكال الجملونات	إعداد الباحث	٣٤
	(١-١٣)	بعض أشكال الاطارات	إعداد الباحث	٣٤
	(١-١٤)	بعض أشكال المنشآت الكبلية والمعلقة	إعداد الباحث	٣٥
	(١-١٥)	بعض أشكال دعائم الجسور	إعداد الباحث	٣٦
	(١-١٦)	بعض أمثلة الجدران	إعداد الباحث	٣٦
	(١-١٧)	أمثلة الجدران الاستنادية	إعداد الباحث	٣٦
	(١-١٨)	أنواع البلاطات من حيث نقل الحمولات	إعداد الباحث	٣٨
	(١-١٩)	بعض الأشكال الهندسية الناتجة من القبوة	إعداد الباحث	٤٠
	(١-٢٠)	بعض الأشكال الهندسية الناتجة من القبة	إعداد الباحث	٤١
	(١-٢١)	نظم المنشآت المعلقة	إعداد الباحث	٤٧
	(١-٢٢)	نظم المنشآت المعلقة	إعداد الباحث	٤٧
	(١-٢٣)	أسقف عجلة الدراجة	إعداد الباحث	٤٨
	(١-٢٤)	بعض أشكال العناصر من الأغشية المنفوخة	إعداد الباحث	٥٠
	(١-٢٥)	الاجهادات في المنشآت المنفوخة	إعداد الباحث	٥١
الفصـــل الثانـــي	(٢-١)	التسلسل التاريخي لظهور المواد البنائية	إعداد الباحث	٥٥
	(٢-٢)	خصائص مواد الوحدات الإنشائية الصغيرة الشائعة	[١٣]	٦٤
	(٢-٣)	بعض استخدامات الحجر	إعداد الباحث	٦٥

	(٢-٤)	خصائص بعض الأنواع الشائعة من الخشب	[١٣]	٦٨
	(٢-٥)	أشكال بعض العناصر الخشبية	إعداد الباحث	٦٩
	(٢-٦)	خواص الخرسانة	[١٣]	٧٢
	(٢-٧)	بعض أشكال العناصر الخرسانة المسلحة	إعداد الباحث	٧٣
	(٢-٨)	خواص الفولاذ، الحديد والالمنيوم	[١٣]	٧٦
	(٢-٩)	أنواع المنشآت المعدنية للجمل الفراغية	إعداد الباحث	٧٧
	(٢-١٠)	خواص البلاستيك	إعداد الباحث	٨٠
	(٢-١١)	خواص القماش	[١٣]	٨٢
	(٢-١٢)	أنواع التزجيج المختلفة للعناصر الإنشائية	[٢٥]	٨٤
	(٢-١٣)	مقارنة بين بعض مواد البناء الشائعة	[٨]	٩٠
الفصل الثالث	(٣-١)	مقارنة بين أهم خصائص المواد الإنشائية	إعداد الباحث	٩٥
	(٣-٢)	استخدام الحجر في العناصر الحاملة الشاقولية	إعداد الباحث	٩٦
	(٣-٣)	استخدام الحجر في العناصر الحاملة الأفقية	إعداد الباحث	٩٦
	(٣-٤)	نسبة الارتفاع إلى السماكة في الجدران الحجرية	[٤٥]	٩٧
	(٣-٥-أ)	استخدام الحجر في الجمل السطحية الشاقولية	إعداد الباحث	٩٧
	(٣-٥-ب)	استخدام الحجر في الجمل السطحية الشاقولية	إعداد الباحث	٩٨
	(٣-٥-ج)	استخدام الحجر في الجمل السطحية الشاقولية	إعداد الباحث	٩٨
	(٣-٦)	استخدام الحجر في الجمل السطحية	إعداد الباحث	٩٩
	(٣-٧)	استخدام الحجر في الجمل السطحية	إعداد الباحث	٩٩
	(٣-٨)	استخدام الوحدات الإنشائية الصغيرة في الجمل الفراغية	إعداد الباحث	١٠٠
	(٣-٩)	معايير اختيار الحجر في الجمل الإنشائية	إعداد الباحث	١٠١
	(٣-١٠)	استخدام الخشب في الجمل الخطية	إعداد الباحث	١٠٢
	(٣-١١)	استخدام الخشب في الجمل الخطية	إعداد الباحث	١٠٣
	(٣-١٢)	استخدام الخشب في الجمل الخطية	إعداد الباحث	١٠٤
	(٣-١٣)	استخدام الخشب في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١٠٥
	(٣-١٤)	استخدام الخشب في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١٠٦
	(٣-١٥)	استخدام الخشب في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١٠٦
	(٣-١٦-أ)	استخدام الخشب في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١٠٧
	(٣-١٦-ب)	استخدام الخشب في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١٠٨
	(٣-١٧)	استخدام الخشب في الجمل الفراغية	إعداد الباحث	١٠٨
	(٣-١٨)	معايير اختيار الخشب في الجمل الإنشائية	إعداد الباحث	١٠٩
	(٣-١٩)	نسبة المجاز إلى السقوط بالنسبة للجوائز	[١٣]	١١٠

(٣-٢٠)	استخدام الخرسانة في الجمل الخطية	إعداد الباحث	١١١	
(٣-٢١)	استخدام الخرسانة في الجمل الخطية	إعداد الباحث	١١١	
(٣-٢٢)	استخدام الخرسانة في الجمل الخطية	إعداد الباحث	١١٢	
(٣-٢٣)	نسبة المجاز إلى السقوط بالنسبة للبلاطات	[١٣]	١١٢	
(٣-٢٤)	استخدام الخرسانة في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١١٣	
(٣-٢٥-أ)	استخدام الخرسانة في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١١٣	
(٣-٢٥-ب)	استخدام الخرسانة في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١١٤	
(٣-٢٥-ج)	استخدام الخرسانة في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١١٧	
(٣-٢٦)	استخدام الخرسانة في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١١٧	
(٣-٢٧)	استخدام الخرسانة في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١١٨	
(٣-٢٨)	استخدام الخرسانة في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١١٩	
(٣-٢٩)	استخدام الخرسانة المسلحة في الجمل الفراغية	إعداد الباحث	١٢٠	
(٣-٣٠)	معايير اختيار الخرسانة المسلحة في الجمل الإنشائية	إعداد الباحث	١٢١	
(٣-٣١)	استخدام المعدن في الجمل الخطية	إعداد الباحث	١٢٢	
(٣-٣٢)	استخدام المعدن في الجمل الخطية	إعداد الباحث	١٢٣	
(٣-٣٣)	استخدام المعدن في الجمل الخطية	إعداد الباحث	١٢٤	
(٣-٣٤)	استخدام المعدن في الجمل الخطية	إعداد الباحث	١٢٤	
(٣-٣٥-أ)	استخدام المعدن في الجمل الخطية	إعداد الباحث	١٢٥	
(٣-٣٥-ب)	استخدام المعدن في الجمل الخطية	إعداد الباحث	١٢٦	
(٣-٣٦)	استخدام المعدن في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١٢٧	
(٣-٣٧)	استخدام المعدن في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١٢٧	
(٣-٣٨)	استخدام المعدن في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١٢٨	
(٣-٣٩)	استخدام المعدن في الجمل الفراغية الخطية	إعداد الباحث	١٢٨	
(٣-٤٠-أ)	استخدام المعدن في الجمل الفراغية السطحية	إعداد الباحث	١٢٩	
(٣-٤٠-ب)	استخدام المعدن في الجمل الفراغية السطحية	إعداد الباحث	١٢٩	
(٣-٤١)	معايير اختيار الفولاذ في الجمل الإنشائية	إعداد الباحث	١٣٠	
(٣-٤٢)	استخدام البلاستيك في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١٣١	
(٣-٤٣)	استخدام البلاستيك في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١٣٢	
(٣-٤٤)	معايير اختيار البلاستيك في الجمل الإنشائية	إعداد الباحث	١٣٣	
(٣-٤٥)	استخدام القماش في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١٣٤	
(٣-٤٦)	استخدام القماش في الجمل الفراغية	إعداد الباحث	١٣٥	
(٣-٤٧)	معايير اختيار القماش في الجمل الإنشائية	إعداد الباحث	١٣٦	

	(٣-٤٨)	استخدام الزجاج في الجمل الخطية	إعداد الباحث	١٣٧
	(٣-٤٩)	استخدام الزجاج في الجمل السطحية	إعداد الباحث	١٣٨
	(٣-٥٠)	معايير اختيار الزجاج في الجمل الإنشائية	إعداد الباحث	١٣٩
	(٣-٥١)	مادة الإنشاء الأفضل لبناء عناصر الجمل الإنشائية	إعداد الباحث	١٤١

فهرس الأشكال– الرسوم البيانية – الصور			
الفصـــل	رقم الشكل	الشـــــــرح	رقم المرجع	رقم الصفحة
الفصـــل الأول	(١-١)	النموذج الأول للتصميم الإنشائي	[٢٥]	٩
	(١-٢)	النموذج الثاني للتصميم الإنشائي	[٢٥]	٩
	(١-٣)	طبقات البناء الرئيسية	[٤٦]	١٠
	(١-٤)	الأنماط الثلاثة الأولى للسكن	[٢]	١٠
	(١-٥)	اختلاف الهيئة المعمارية باختلاف عمر المستخدم	[٤]	١٩
	(١-٦)	سلك في حالة الشد	[١٢]	٢٣
	(١-٧)	أسهم توضح حالتي الشد والضغط	[١٢]	٢٣
	(١-٨)	العنصر الإنشائي في حالة الضغط	[١٢]	٢٤
	(١-٩)	القص في الجوائز	[١٢]	٢٤
	(١-١٠)	الانحناء والقص	[٣٤]	٢٥
	(١-١١)	الأحمال الحية، الميتة، وزن البناء الذاتي، ورد فعل الأرض	[٤٩]	٢٧
	(١-١٢)	العمود في حالة الحمولات المحورية خارج محور المركز	[١٢]	٣٠
	(١-١٣)	درجة اللدونة	[١٢]	٣٠
	(١-١٤)	فتحة الجائز	[١]	٣٢
	(١-١٥)	قوى الرفس في الأقواس	[٢٨]	٣٣
	(١-١٦)	الضغط في الأقواس	[٢٩]	٣٣
	(١-١٧)	الجائز المثلثي البسيط	[١]	٣٣
	(١-١٨)	الجوائز الشبكية في الجسور الصغيرة	[١]	٣٣
	(١-١٩)	الأنواع المختلفة للكوابل	[٣٩]	٣٤
	(١-٢٠)	مقطع في منشأة كبلية	إعداد الباحث	٣٥
	(١-٢١)	الضغط في القضبان	إعداد الباحث	٣٥
	(١-٢٢)	الاجهادات في النواة	[١٦]	٣٧
	(١-٢٣)	سلوك البلاطة المثنية	[٥٤]	٣٤
	(١-٢٤-أ)	القبوة	[١]	٣٩
	(١-٢٤-ب)	الانحناءات في القبوة	[١]	٣٩
	(١-٢٥-أ)	الاجهادات في القبوة	[٥٤]	٣٩
	(١-٢٥-ب)	الاجهادات في القبوة	[٢٣]	٣٩
	(١-٢٦)	سلوك القبوة القصيرة	[٥٤]	٣٩
	(١-٢٧)	القباب	[٥٤]	٤٠

	(١-٢٨)	القوى الأفقية الناشئة عند قاعدة القبة	[٢٣]	٤٠
	(١-٢٩)	الاجهادات في القبة	[٥٤]	٤١
	(١-٣٠-أ)	الأسقف المخروطية	[١]	٤٢
	(١-٣٠-ب)	الأسقف المخروطية	[١]	٤٢
	(١-٣١)	السطوح السرجية	[٢٣]	٤٢
	(١-٣٢)	السطوح السرجية	[٢٣]	٤٢
	(١-٣٣-أ)	السطوح القطعية	[٢٢]	٤٣
	(١-٣٣-ب)	السطوح القطعية	[٢٢]	٤٣
	(١-٣٤)	بعض أشكال الجوائز الشبكية الفراغية	[١٢]	٤٣
	(١-٣٥)	نظام القبوات المتعامدة	[٢٤]	٤٤
	(١-٣٦)	الجسر المعلق	[١]	٤٥
	(١-٣٧)	قوة الدفع الأفقية في كابلات الجسور	[١]	٤٥
	(١-٣٨)	الاجهادات و الشدادت في الخيام	[٢٣]	٤٦
	(١-٣٩)	اجهادات الأسقف الصحنية	[٣٩]	٤٨
	(١-٤٠)	انحناءات الأسقف الصحنية	[١]	٤٨
الفصل الثاني	(٢-١)	بعض أشكال المواد (الفوتوكرومية)	[٣٥]	٥٧
	(٢-٢)	الشكل الإنشائي الأساسي للخيمة	[١]	٥٨
	(٢-٣)	الشكل البدائي لغلاف الخيمة	[١]	٥٨
	(٢-٤)	أشكال الأبنية البدائية	[١]	٥٩
	(٢-٥)	أشكال الأبنية البدائية	[١]	٥٩
	(٢-٦)	أشكال الأبنية البدائية	[١]	٥٩
	(٢-٧)	الطرقات البدائية فوق الأنهار	[١]	٦٠
	(٢-٨)	الجسور البدائية فوق الوديان	[١]	٦٠
	(٢-٩)	صالات الاجتماعات	[١]	٦٠
	(٢-١٠)	الجسور المعلقة	[١]	٦٠
	(٢-١١)	الأشكال الأساسية الثلاثة التي تأخذها المواد البنائية	[٢١]	٦٣
	(٢-١٢)	المنشآت الأولية من الحجر	[١]	٦٦
	(٢-١٣)	بيت المذيب في بلدة نوى. ريف درعا	[٢٥]	٦٧
	(٢-١٤)	بيت الحريري في قرية نامر. ريف درعا	[٢٥]	٦٧
	(٢-١٥)	التكية السليمانية. دمشق	[٢٥]	٦٧
	(٢-١٦)	قصر العظم. دمشق	[٢٥]	٦٧
	(٢-١٧)	مدرسة الشقرانية (الأخوة مهنا).ريف درعا	[٣٢]	٦٧
	(٢-١٨)	مدرسة الشقرانية(الأخوة مهنا).ريف درعا	[٣٢]	٦٧

	(٢-١٩)	أقواس المظلات. مدينة تشرين الرياضية	[٢٥]	٧١
	(٢-٢٠)	مديرية سياحة دمشق. دمشق	[٢٥]	٧١
	(٢-٢١)	تغطية المدرج. مدينة تشرين الرياضية	[٢٥]	٧١
	(٢-٢٢)	سقف المسجد الأموي. مدينة دمشق	[٢٥]	٧١
	(٢-٢٣)	قبة جامع الرفاعي. دمشق	[٢٥]	٧٥
	(٢-٢٤)	مدرسة. دمشق	[٣٨]	٧٥
	(٢-٢٥)	وزارة التعليم العالي. دمشق	[٢٥]	٧٥
	(٢-٢٦)	صرح الجندي المجهول. دمشق	[٣٦]	٧٥
	(٢-٢٧)	المركز الوطني لبحوث الطاقة. دمشق	[٢٥]	٧٥
	(٢-٢٨)	صوامع الحبوب. دمشق	[٣٧]	٧٥
	(٢-٢٩)	الأشكال المختلفة للعناصر الإنشائية من الفولاذ	إعداد الباحث	٧٧
	(٢-٣٠)	مسبح مدينة تشرين الرياضية. دمشق	[٣٢]	٧٨
	(٢-٣١)	مبنى الاتحاد الرياضي. دمشق	[٢٥]	٧٨
	(٢-٣٢)	مدينة الباسل الرياضية. اللاذقية	[٣٢]	٧٩
	(٢-٣٣)	صالة رياضية. دوما	[٣٢]	٧٩
	(٢-٣٤)	الجسر المعلق. ديرالزور	[٣٨]	٧٩
	(٢-٣٥)	بانوراما حرب تشرين. دمشق	[٢٥]	٧٩
	(٢-٣٦)	مبنى الكرة. دمشق	[٣٢]	٨١
	(٢-٣٧)	تغطية المواقف– كلية العمارة. دمشق	[٥٥]	٨١
	(٢-٣٨)	مظلة. الهندسة المعمارية. دمشق	[٢٥]	٨٣
	(٢-٣٩)	مظلة. الهندسة المعمارية. دمشق	[٢٥]	٨٣
	(٢-٤٠)	سقف بهو كلية الهندسة المعمارية. دمشق	[٢٥]	٨٥
	(٢-٤١)	فندق (البلو تور). دمشق	[٢٥]	٨٥
	(٢-٤٢)	الطاقة المجسدة لبعض أنواع مواد البناء	[١٩]	٨٨
	(٢-٤٣)	العوامل المؤثرة على استهلاك الطاقة في مرحلة تشييد المبنى	[٢٥]	٨٩
الفصل الثالث	(٣-١)	مقاومة الانحناء في الزجاج	إعداد الباحث	١٣٧
	(٣-٢)	اتجاه الالتواء في الألواح الزجاجية	إعداد الباحث	١٣٨

مصطلحات وتعاريف

المصطلح باللغة العربية	المصطلح باللغة الانكليزية
الأساس المرن	Flexible Foundation
البوليمر	polymers
الإمكانات الإنشائية	Structural potentialities
الإمكانات التنفيذية	Applicable potentialities
المتانة	Durability
غير المتينة	None-Durable
بلاطات خرسانية رغوية مسلحة	Reinforced aerated concrete
الهيكل الأنبوبي ذو الأقطار	Diagonal truss tube
امكانات السطح الخارجي	Cladding potentialities
إعادة التدوير	Recycling
عمر المبنى (تقييم دورة الحياة)	LAC -Life Cycle Assessment
الاجهاد الأعظمي	limit state design
الفوتوكرومية	Photochromic
الباكلايت	Bakelite
البولي إيستر	polyester
الطاقة المجسدة	Embodied energy

- الأساس المرن: هو الأساس الذي يسمح بحركة المباني دون انهيارها، فعند تصميم الأساسات تصمم على نسبة هبوط معينة لاتتجاوز ال٢٥ ملم واذا تجاوزت هذا الحد يكون الاساس مرن.
- الجوائز الخرسانية المسبقة الإجهاد: هي جوائز من الخرسانة تحتوي قضبان فولاذية أو كوابل متعرضة إلى قوى شد كبيرة.
- المدادات: رافدة خشبية لتدعيم السقف.
- (البوليستر): الزجاج المعزز بالبلاستيك.
- البوليمر (polymers): خيوط البوليستر مع طبقات الـ (PVC)
- الطاقة المجسدة: مجمل الطاقة الأولية الممنوحة لعمليات استخراج المواد الخام الموجودة في الارض من أجل انتاج ونقل ومعاملة وفصل المواد الخاصة بمنتج أو مركب أو عنصر أو مبنى معين.

The total primary energy that has to be sequestered from a stock within the earth in order to produce, transport, maintain and dispose of materials within a specified product, component, element or building . (Pank, 2002, P.21)

- *Funicular:* The shape of a chain or string suspended form two points under any load.

ملخص البحث

إن العمارة تعني بشكل أساسي – في ما نشاهده في نهاية الأمر– المواد التي تتشكل منها، وهذا ما يجعلنا نؤكد على أهمية الاعتناء بما نراه، لأنه هو الذي يشكل انطباعناً عن أي مبنى، فمواد البناء تصنع البيئة من حولنا، وتحدد لنا بشكل كبير ماهو جميل وما هو قبيح. على أن هناك مواد وتقنيات ساهمت في بناء الصورة المعاصرة للعمارة أكثر من غيرها.

مادة البناء هي الأساس لأي جملة إنشائية، فالفهم الجيد لإمكانيات مواد البناء والجمل الإنشائية، أدى إلى التطور في كل من مواد البناء والجمل الانشائية.

يعطينا البحث لمحة عن مواد البناء والجمل الانشائية ابتداء من تطورهما التاريخي وذلك اعتباراً من أبسط الأشكال التي عرفتها الهندسة الإنشائية، وانتهاء بما وصلنا إليه في أيامنا هذه، والذي كان نتيجةً للتقدم العلمي والتطور في استخدام مواد البناء، كما ويشرح البحث وبطريقة مبسطة، طبيعة عمل العناصر الانشائية، كلاً حسب موقعه من المنشأة، و الأشكال التي عرفتها الهندسة الإنشائية لتلك العناصر، حتى استقر بها الرأي على أكثر الأشكال نموذجية من الناحيتين: الوظيفية والاقتصادية.

يأتي البحث في ثلاثة فصول:

يدرس الفصل الأول:

العلاقة بين الانشاء والعمارة ، ويدرس كذلك الجمل الانشائية من ناحيتين: الاولى العوامل المؤثرة على اختيارها والثانية سلوك عناصرها تحت تأثير الحمولات المطبقة عليها.

يدرس الفصل الثاني:

تطور العلاقة بين مواد البناء والجمل الإنشائية ومدى تأثير ذلك في العمارة.

يدرس الفصل الثالث:

تأثير مادة البناء في اختيار الجمل الإنشائية، ومدى التوافق بين المادة والنظام الإنشائي المستخدم.

مقدمة

أخذ الأنسان منذ البدايات الأولى لوعيه حقيقة وجوده، يبحث عن أسباب البقاء، و يعمل على ترسيخ عوامل الاستقرار الذي يريحه من عناء التنقل و مشقة الترحال بحثاً عن مصادر العيش.

لقد اصطدم وعي الإنسان في هذا المجال بقوى طبيعيةً كانت خارقةً مقارنةً بإمكانات الإنسان في تلك الفترة المغرقة في القدم، مما وضعه في خضم صراع غير متكافئ مع قوى الطبيعة، وتأتي قوة الثقالة الأرضية في مقدمة تلك القوى التي تشمل ايضاً قوى الرياح، إضافة للفروقات في درجات الحرارة ، اليومية والفصلية، وكذلك الأمطار، الثلوج، الزلازل والهزات الأرضية التي تركت في فترات تاريخية معينة آثاراً مدمرة على مجموعات بشرية بأكملها.

وخلال فترة امتدت آلاف السنين من المعاناة، والنضال الشاق، حقق الانسان انتصارات رائعة في الكثير من مواقع هذا الصراع، فالأوابد التاريخية التي مازالت تحكي روعة العطاء الإنساني منذ عهود البابليين والفراعنة والاغريق والرومان ليست إلا شواهد حية على تلك الانتصارات.

منذ النصف الثاني من القرن العشرين ،استطاع الإنسان أن يتعامل مع قوانين الطبيعة، وأن يجد حلاً لمشاكله معها، فابتكر الحلول لذلك، وخرج محلقاً في الفضاء الخارجي، كاشفاً بذلك عن الاحتياطي الهائل للقدرات الابداعية عند بني البشر، ومما لا شك فيه أن الصراع ضد قوى الطبيعة أخذ في يومنا هذا طابعاً غايةً في التطور، أدخل الإنسان فيه أحدث مبتكرات العلم والتكنولوجيا، مما أدى إلى مبتكرات إنشائية متينة وذات مقاومةٍ عالية.

الآن، وبعد آلاف السنين، ما يزال الانسان يبني بيوته، ورغم أنه يبنيها بمواد اصطناعية كالفولاذ والقرميد والخرسانة، فهو يستخدم نفس المهارة التي استخدمها الأجداد في صراعهم مع القوى الطبيعية، ومن أجل الضمان بأن أبنيتهم التي شيدوها لن تنهار. ولكن تطور الوظائف ونشوء وظائف جديدة فرض علينا جملاً إنشائية جديدة هذه الجمل ظهرت نتيجة لفهم امكانيات كل مادة، ونتيجة للتطور التقني والتكنولوجي، فتطور تقنيات الإنشاء يواكب تطور مواد البناء ومنتجاتها ومعاييرها القياسية، ولذلك جاءت هذه الدراسة لإيجاد قاعدة بيانات علمية، لمحاولة الوصول الى ربط مواد البناء وتأثيرات قوى الطبيعة، وكذلك صراع الإنسان مع ذاته ومع الطبيعة، لإيجاد أفضل الحلول للجمل الإنشائية، بغية الوصول الى أفضل النتائج الممكنة في مجال البناء، وذلك من اختيار جملة إنشائية معينة لوظيفة ما، إلى تحديد مادة البناء المناسبة لهذه الجملة، والعوامل المؤثرة على اختيار كل منهما وذلك بتوضيح الارتباط التام بينهما.

- هدف البحث :

يهدف البحث إلى إعداد دراسة منهجية، تدرس مواد البناء ، ومدى تأثيرها على اختيار نظام إنشائي يحقق الغاية المطلوبة، بطريقة توفر الوقت، الطاقة وتضمن المتانة والجودة. وعليه تركز الدراسة على النقاط التالية:

- دراسة العوامل المؤثرة في اختيار الجمل الإنشائية .
- وضع أسس علمية لكيفية الاستفادة من تأثير مادة البناء في اختيار الجملة الإنشائية.

- منهجية البحث :

يركز البحث في أجزائه على المواد المستخدمة محلياً، وتكنولوجيا البناء الموظفة في مجال العمارة، ويعتمد في إجرائه الدراسة على مجموعة من المناهج العلمية حيث:

- يستخدم المنهج التحليلي التاريخي في المقدمات .
- استعراض مراحل تطور مواد البناء والجمل الإنشائية.
- استخدام المنهج النظري في التوصل إلى الأسس والمفاهيم النظرية في دراسة العلاقة بين مواد البناء والأنظمة الإنشائية.
- استخدام المنهج التطبيقي التحليلي في استعراض النماذج التجريبية المنجزة محلياً وعالمياً.
- اعتماد المنهج الاستقرائي الاستنتاجي في البحث لوضع نتائج ومقترحات حول إمكانية تعميم مادة بناء من أجل نظام إنشائي معين.

- مجال البحث :

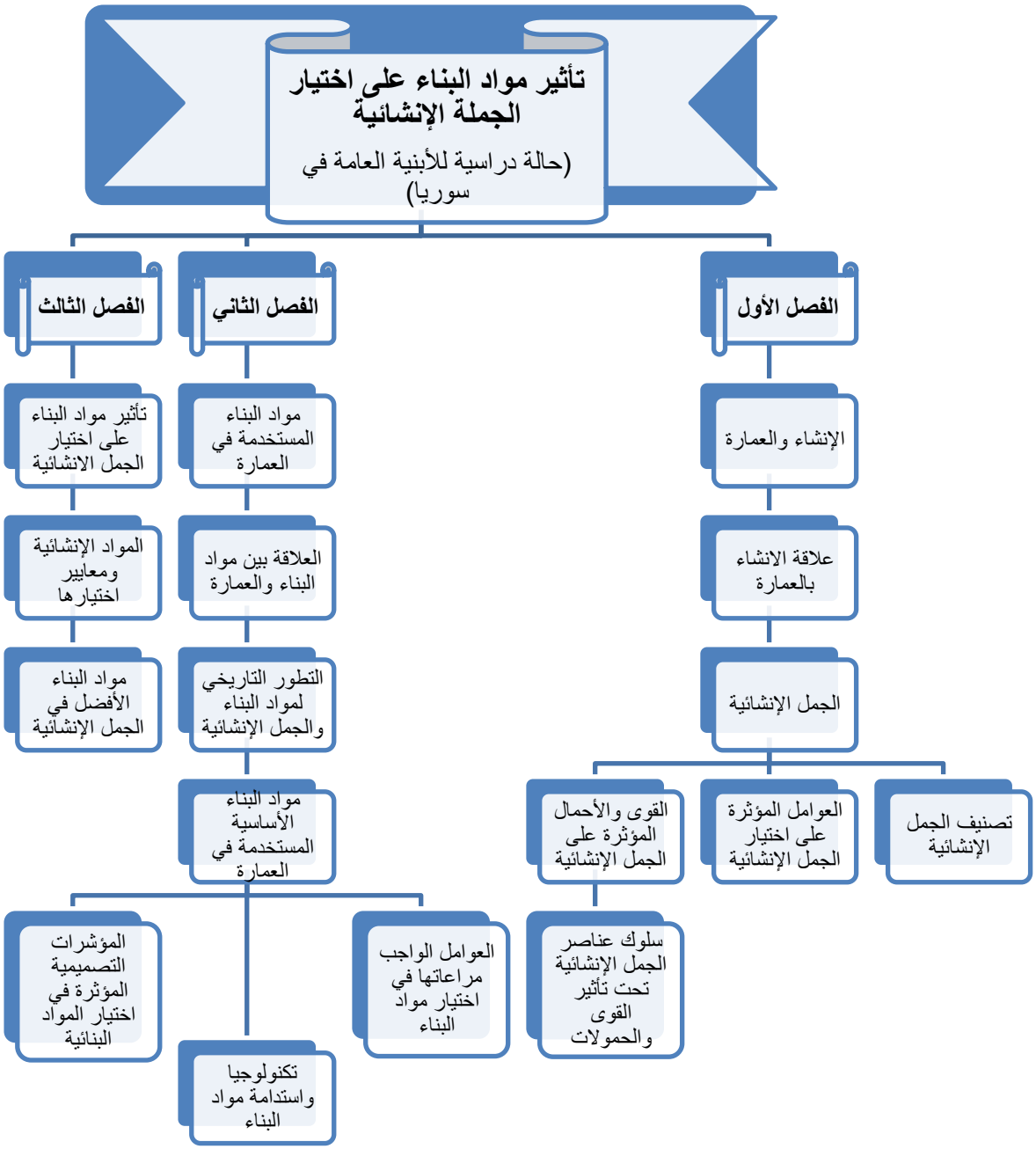
- **المجال العلمي للبحث:** يقع البحث في اختصاص علوم البناء والتنفيذ الخاصة بالجمل الإنشائية للاطلاع على مواد البناء المختلفة وكذلك الأنظمة الإنشائية المستخدمة في الأبنية، ويدرس الارتباط التام بين مادة البناء والجملة الانشائية، للوصول الى نظم بناء أفضل تعالج مشاكل البناء، وتقدم حلاً متكاملاً لاحتياجات البناء، وتسهم في تخفيف الأثار السلبية على البيئة.

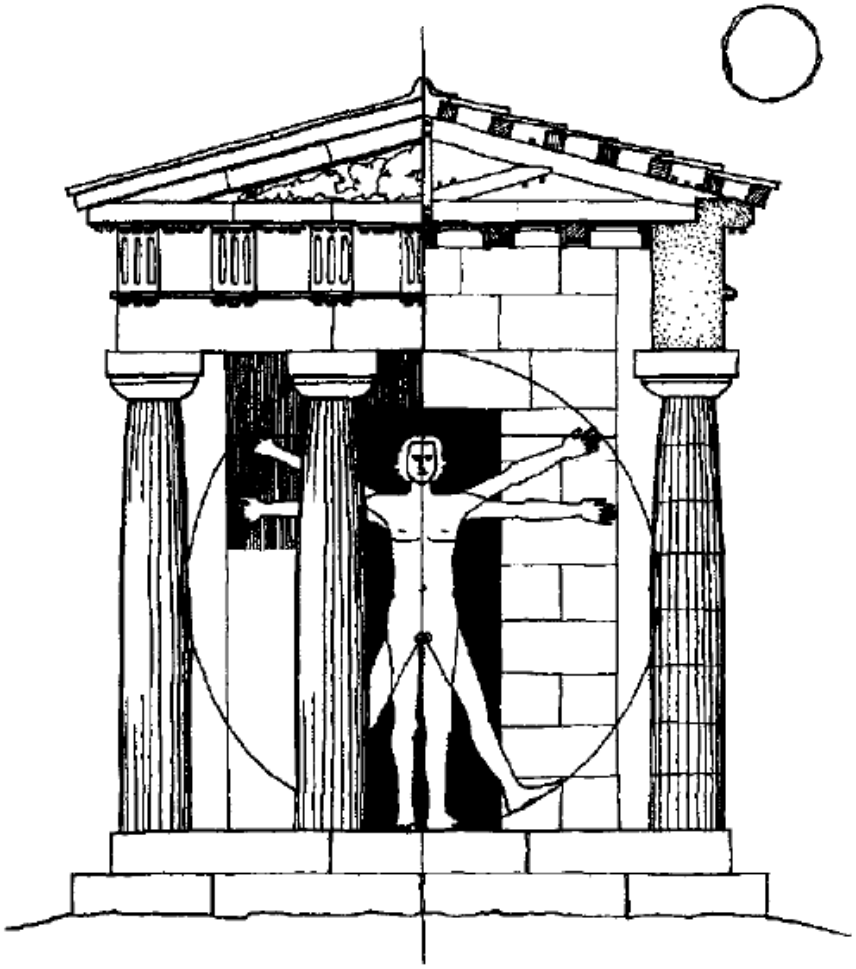
يقدم البحث الأبنية العامة كحالة دراسية، وذلك لأن الأبنية العامة، تتميز بالغنى والتنوع في كل من مواد البناء، الأنظمة الإنشائية، الوظائف والمجازات، وبالتالي تغطي كافة مواد البناء والجمل الإنشائية الشائعة الاستخدام في سورية.

- **المجال الزمني للبحث:** يستعرض البحث تطور استخدام مواد البناء، وما رافقه من تطور في تقنيات التنفيذ والجمل الإنشائية، مع التركيز على الأساليب الحديثة والمعاصرة لهذه الجمل.

- **المجال المكاني للبحث:** يتجه البحث إلى دراسة وتحليل نماذج مواد البناء والجمل الإنشائية لبعض التجارب في سوريا والعالم، ومحاولة الوصول إلى أفضل النتائج ومدى ملاءمتها للاستخدام في سورية.

ـ مخطط البحث:


تأثير مواد البناء على اختيار الجملة الإنشائية
(حالة دراسية للأبنية العامة في سوريا)
الفصل الأول
الإنشاء والعمارة
علاقة الانشاء بالعمارة
الجمل الإنشائية
تصنيف الجمل الإنشائية
العوامل المؤثرة على اختيار الجمل الإنشائية
القوى والأحمال المؤثرة على الجمل الإنشائية
سلوك عناصر الجمل الإنشائية تحت تأثير القوى والحمولات
الفصل الثاني
مواد البناء المستخدمة في العمارة
العلاقة بين مواد البناء والعمارة
التطور التاريخي لمواد البناء والجمل الإنشائية
مواد البناء الأساسية المستخدمة في العمارة
العوامل الواجب مراعاتها في اختيار مواد البناء
تكنولوجيا واستدامة مواد البناء
الفصل الثالث
تأثير مواد البناء على اختيار الجمل الانشائية
المواد الإنشائية ومعايير اختيارها
مواد البناء الأفضل في الجمل الإنشائية
المؤشرات التصميمية المؤثرة في اختيار المواد البنائية



الفصل الأول

الإنشاء والعمارة

يمثل الإنشاء الجانب المادي في العمارة، فعلاقة الإنشاء بالعمارة علاقة أساسية بدأت مع التفكير في أول منشأ معماري على الأرض، فهو العامل المهم الذي يساعد في نقل الفكر المعماري من حالة الخيال إلى حالة التحقق. [١]

الانشاء هو الجزء الذي يتحمل الحمولات المطبقة من الانسان ومن قوى الطبيعة. وإنشائية البناء (أو أي عنصر آخر) هي الجزء المسؤول عن المحافظة على شكل البناء تحت تأثير القوى، الحمولات والعوامل البيئية الأخرى الخاضع لها، و جعل المنشأ يقف تحت وزنه الذاتي وتحت أسوأ الظروف من القوى الخارجية المطبقة. من المهم أن الإنشائية ككل أو أي جزء منها لن يسقط، ينكسر، ينهار، يتشوه إلى درجة غير متوقعة عندما يتعرض إلى أمثال القوى والحمولات.
والمهندس يحل المشاكل ليضمن أن البناء–أو المنشآت الأخرى– ملائمة (بشروط القوة، الاستقرار، التكلفة، الخ). [١٢]

١–١ علاقة الإنشاء بالعمارة

يعتبر الإنشاء مكون أساسي من مكونات العمارة، وقد استمر كذلك منذ فجر التاريخ إلى وقتنا الحالي، بصرف النظر عما إذا كان مسكنا بسيطاً من الأبنية الشعبية، أو فراغاً كبيراً مغطى لتأدية الصلاة، أو لعقد الاجتماعات السياسية أو الثقافية أو للترفيه والترويح عن النفس. وقد تطلب ذلك من الإنسان تشكيل المواد المتوافرة واستخدامها في كميات محدودة على أنماط تعرف عليها بنفسه من الطبيعة حوله، أو عن طريق بناء محترف، وبمساعدة أقل عدد من الأيدي العاملة، وبالإمكانات المتاحة، وقد استطاع وبحسه الإنشائي وبعد تجارب عديدة تشييد فراغات صغيرة أو كبيرة مفردة أو متكررة أفقياً ورأسياً لتقاوم قوى الجاذبية الأرضية وغيرها من التحديات الطبيعية الخطيرة كضغط الرياح، البرق، الزلازل والحريق. [٢]

والإنشاء يتكون من مواد بناء وطريقة إنشاء، يكوِّنان معًا وحدة واحدة، تشكل أحد المحددات الرئيسية في عملية التصميم المعماري. فمواد البناء من العناصر المهمة التي تؤثر على طابع العمارة في أي عصر من العصور، وقد لعبت هذا الدور منذ نشأة الإنسان على سطح الأرض، حيث شكلت الأحجار والطين والأخشاب وأفرع النباتات مواد البناء الرئيسية، التي استطاع بها الإنسان أن يحقق لنفسه المأوى اللازم للحماية من تقلبات البيئة والحيوانات المفترسة وأعدائه من بنى البشر.

ومع تطور إمكانيات مواد البناء التقليدية وزيادة المعرفة بخصائصها وإمكانياتها الإنشائية والمعمارية بجانب العوامل الأخرى المؤثرة (مثل النواحي السياسية والاجتماعية والاقتصادية) تطورت العمارة عبر الحضارات والعصور المختلفة، وبل وانتقلت عملية البناء انتقالات واضحة من خلال صيغ معمارية وهيئات جديدة عبَّرت عن الإمكانيات التي أتيحت في ذلك العصر. فعلى الرغم من أن البناء بالأحجار يعد مادة بدائية عرفها الإنسان الأول، إلا أن الطريقة التي تم بها استخدام هذه المادة في العمارة المصرية القديمة قد اختلفت عن مثيلاتها في كل من العمارة الإغريقية أو الرومانية. وكذلك الحال بالنسبة للمواد الأخرى وفى العصور المختلفة. وبالتالي فقد اختلف طابع العمارة في كل عصر من هذه العصور، بل وفي الفترات الزمنية الخاصة بكل عصر.

ومع تطور الثورة الصناعية في القرن التاسع عشر، ونتيجة للتطور العلمي والتكنولوجي الذي حدث في القرن العشرين بصفة خاصة، حدث أن تطورت إمكانيات واستخدامات مواد البناء التقليدية، نتيجة للبحث في خصائصها المختلفة، وإجراء العديد من التجارب والاختبارات المختلفة عليها، بل وتطورت مواد أخرى ودخلت في عملية البناء بشكل رئيسي مثل الحديد والخرسانة المسلحة والزجاج، ورغمَ أن استخدام هذه المواد في عملية البناء كان له جذور في العصور الكلاسيكية والقرون الأولى من الحقب التاريخية، إلا أن الإمكانيات العالية التي وصلت إليها أضفت عليها صفة الجِدَّة والتميز مما انعكس على العمارة في القرن التاسع عشر والقرن العشرين بشكل خاص، اللذَّين أُنتجت فيهما مواد بناء جديدة، مثل الألمنيوم والبلاستيك ودخلت في عملية البناء بشكل أساسي. [١]

لقد أصبح على المعماري أن يتفهم الدور الذي يلعبه الإنشاء في عملية الإبداع المعماري بحيث لا يضعه كهدف في حد ذاته، فتكون النتيجة بعيدة عن العمارة المتكاملة، بل عليه أن يضعه في موضعه السليم، بالنسبة للمنظومة الفراغية والكتلية في المحيط العمراني، بحيث تخدمه ولا تطغى عليه.

كما عليه أن يدرك المعارف الإنشائية التي أصبحت ضرورية لمواجهة احتياجات فراغية كمية ونوعية جديدة. ففي نصف القرن الماضي زاد الطلب على مباني الخدمات الكبيرة ذات البحور الواسعة. كما فرضت زيادة الكثافات في الحواضر الكبيرة وارتفاع أسعار الأرض إلى ظهور المباني العالية التي أصبحت رمزاً لثقافتنا وحضارتنا، وأصبحت المباني التذكارية الحديثة ورمزاً لسلطة الحكومات والشركات متعددة الجنسيات والمؤسسات الدينية.

أما عن هذه المعارف الانشائية، فقد تعقدت وتشعبت نظراً لظهور المواد الحديثة مثل الخرسانة المسلحة العادية وسابقة الاجهاد والصلب والبلاستيك والأغشية المشدودة والمنفوخة. [٢]

١-٢ النظرية الإنشائية الأساسية

ترتكز التقنيات الحديثة في أغلب الكودات العملية للهندسة الانشائية بشكل أساسي، على مفهوم الاجهاد الأعظمي. وعادة، يتطلب التصميم الإنشائي حساب الانحراف والاجهاد الأعظمي في العنصر تحت تأثير الحمولات المطبقة. [١٢]

ولذلك، نحتاج إلى معرفة العوامل الأساسية المؤثرة في عملية التصميم والتحليل الإنشائي، وهي ثلاثة عوامل:

- المعرفة التامة بخصائص مواد البناء.
- التقدير الدقيق لسلوك الشكل الإنشائي.
- عملية التحقق والحساب الدقيقة لكل العوامل المؤثرة. [١٣]

١-٣ التصميم الأمثل

ينبغي على المعماري بشكل عام أن يساعد في إيجاد الحلول المثلى لكي يحقق أقصى فائدة ومنفعة، مع أقل قدر من استخدام المواد، وذلك ضمن شروط المواد، من المقاومة، القساوة، الثبات والاستقرار. ويجب أن تكون النتيجة فعالة وتتضمن الأناقة والمثالية وأن تكون بالطبع اقتصادية.

فلتصميم بناء نحتاج معماري، إنشائي ومنفذ

- المعماري لنضمن أن تكون هيئة البناء جيدة.
- الإنشائي لنضمن أن يقف البناء.
- المنفذ لنضمن أن المنشأة اقتصادية. [١٢]

أما معايير عملية التصميم في الهندسة الإنشائية، فتتضمن:

- وحدة الجملة (المكونات كتلة واحدة).
- ثبات المنشأة ككل:
  - أن تقاوم الانزلاق
  - أن تقاوم الانقلاب(السقوط)
  - أن تقاوم الفتل والتشوه
- الثبات الداخلي (الترابط).
- القوة (المقاومة) والصلابة. [١٦]

وكذلك تنقسم متواليات التصميم الإنشائي إلى ثلاثة أقسام وهي:

أولاً: التخطيط

- نوع نظام الإنشاء وشكله التمهيدي.
- الهدف والغرض التصميمي.
- السياق أو التصور العام.

ثانياً: التصميم

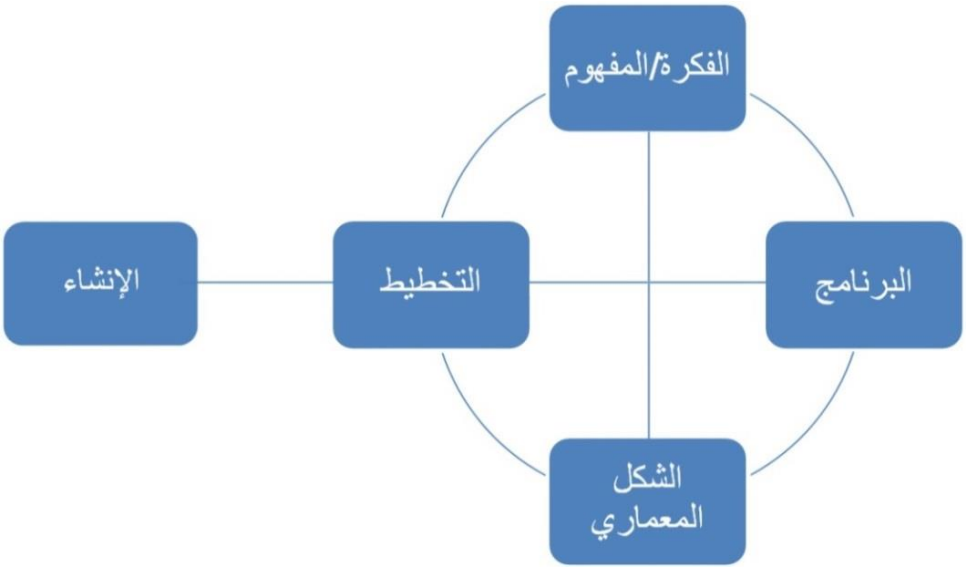
- الاستراتيجية التصميمية والإنشائية.
- تحديد مواد البناء.
- تحديد الجملة الإنشائية الملائمة للحالة الإنشائية.
- تحديد القوى المؤثرة على الجملة.
- التصميم النهائي.

ثالثاً: التنفيذ

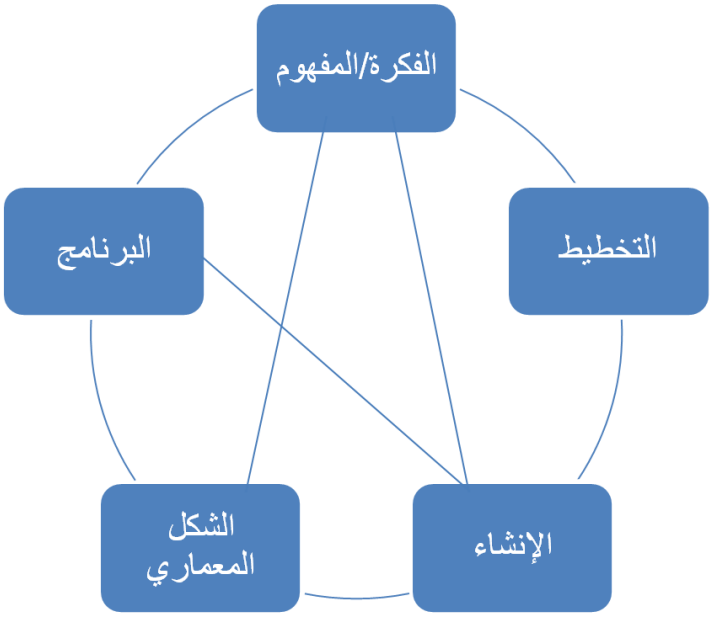
- مراجعة وتنقيح التصميم.
- تشكيل العناصر الإنشائية الأساسية وحساب حجمها وطبيعة شكل وحجم وصلات الربط لتجنب الفشل (الانهيار) أو التشوه المفرط.

النتائج في المرحلة الثالثة، قد تؤثر وتوجه الخطوات في المرحلة الأولى والثانية.

الأشكال التالية(١-٢) تبين نموذجين لمتواليات التصميم الإنشائي، أحدهما يبين أن الانشاء هو مخرج فقط للعناصر المكونة له وينفصل عنها، الثاني يظهر الارتباط بينه وبين كافة العوامل المخرجة له قبل وأثناء عملية الإنشاء. [٣٤]



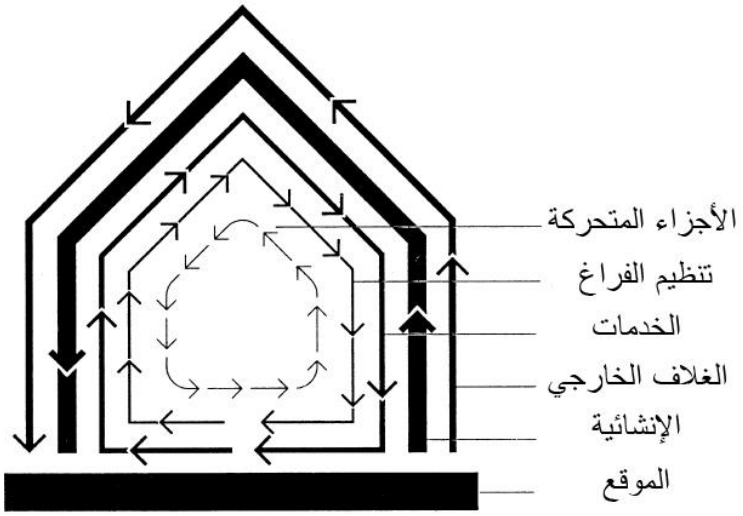
الشكل (١-١) النموذج الأول للتصميم الإنشائي. [٢٥]



الشكل (١-٢) النموذج الثاني للتصميم الإنشائي (وهو النموذج المفضل). [٢٥]

كما ويجب في عملية التصميم مراعاة الأجزاء الداخلية والخارجية التي تتكون منها المنشأة والعوامل التي تتعرض لها ومدى تأثرها بها وبالتالي ترتيب توضعها ضمن المنشأة والعمر المقدر لها ومدى الصلاحية والجدوى من استعمالها.

الشكل (١-٣) يوضح طبقات البناء الرئيسية، والاختلاف بينها، حيث أن معدل التغيير والاختلاف بأحد المكونات يختلف من مكون لآخر، فالبناء دائما يهترئ لوحده وعلى أجزاء ومراحل. [٤٦]



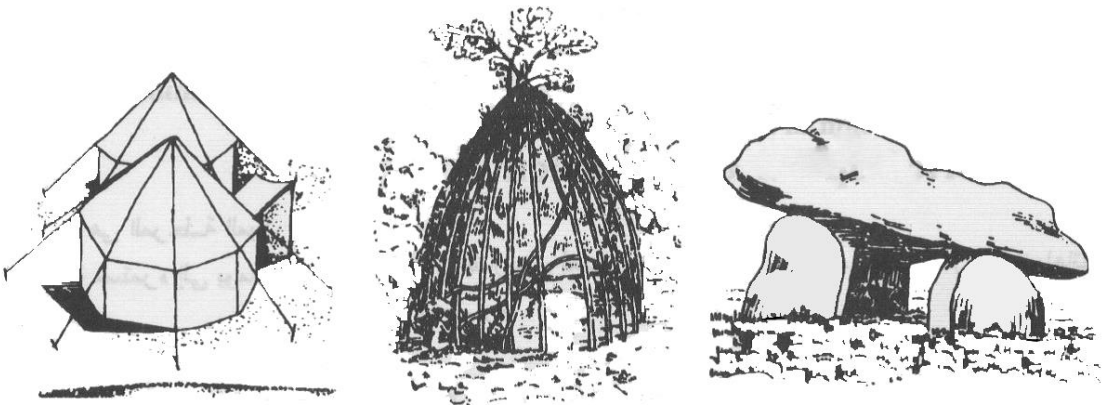
الشكل (١-٣) طبقات البناء الرئيسية [٤٦]

١-٤ الأشكال الإنشائية الأساسية (لمحة تاريخية)

أوحت الكهوف الطبيعية بفتحاتها وأسقفها وجدرانها الصخرية للإنسان الأول، أن يرفع قطعاً من الحجر على هيئة جدران لتحمل البلاطات الصخرية كسقف. ونرى كيف أثر الكهف على خطة وتصميم ومواد بناء المنشآت البدائية الأولى في أنماط المساكن القديمة، والتي تطورت فيما بعد للإنشاء التراكمي.

كما أوحت أخشاب الأشجار للإنسان الأول ببناء أكواخ من جذوعها كجدران وأسقف موضوعة إحداها بجانب الأخرى، مع تغطيتها بالطين والأعشاب. ومازال هذا النوع من الإنشاء مستعملاً كمأوى للشعوب البدائية والذي تطور فيما بعد للإنشاء الهيكلي. أما خيام الرعاة والبدو الرحل فهي غنية عن التعريف، أكثر الأنماط البدائية شيوعا. وقد تطورت في الإنشاء، بالأغشية المشدودة.

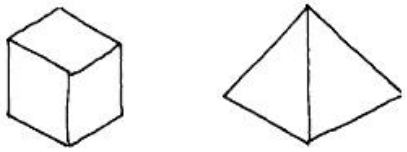
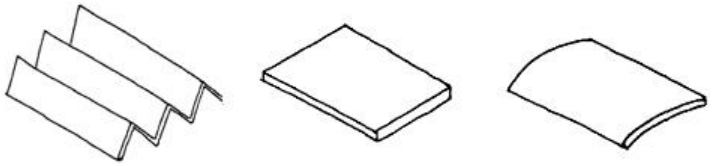
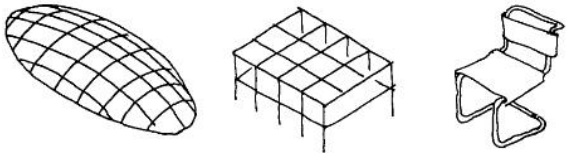
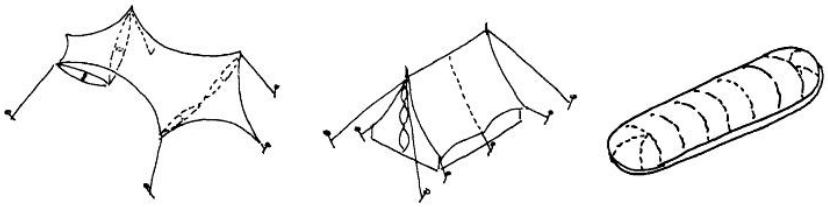
وهكذا نرى أن من هذه الأنماط الثلاثة الأولى، تطورت الأشكال الانشائية اللاحقة للمساكن، معابد الآلهة والمنشآت المعاصرة (شكل١-٤). [٢]



الشكل (١-٤) الأنماط الثلاثة الأولى للسكن [٢]

يأخذ الإنشاء هندسياً أحد أربعة أشكال رئيسية، والتي قد تتواجد منفردة أو مجتمعة في منشأ واحد.

جدول (١-١) أشكال الإنشاء الرئيسية [إعداد الباحث]

الأشكال الهندسية الرئيسية للإنشاء	١	جسم مصمت
		تعريفه: منشأة كتلية متجانسة حيث السطح الخارجي مستقل عن الشكل الداخلي (جسم لكتلة ثلاثية الأبعاد).
		شكله: 
	٢	منشأة سطحية
		تعريفها: هي سطح متجانس، حيث الأشكال الداخلية والخارجية متماثلة (لوح ثنائي الأبعاد).
		شكلها: 
	٣	منشأة هيكلية
		تعريفها: بنيتها عبارة عن تجمع عدد من العناصر، تعطي تعبيراً واضحاً عن الشكل وعادة ما تستخدم له عناصر أحادية الأبعاد.
		شكلها: 
	٤	منشأة غشائية
		تعريفها: طبقات من مادة مرنة، أحيانا تكون مقوَّاة بعناصر شد أفقية، تستخدم إما ككوابل مفردة أو كشبكة كبلية، التنوع يكون بالعامل المضغوط بالهواء، حيث أن الهواء المضغوط والمحتوى بجلد من عناصر مشدودة يشكل بأنواع معينة تعطي شكل المنشأة.
		شكلها: 
	٥	منشأة مركبة (الهجينة)
		تعريفها: هي اتحاد اثنتين من الأشكال السابقة، مع هيمنة متساوية أو متقاربة لأحدهما.

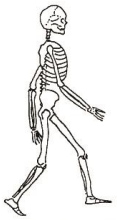
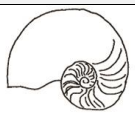
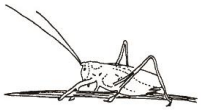
١-٥ الأشكال الإنشائية في الطبيعة

من المبادئ المعترف بها بيولوجياً، أن كل جزء من أجزاء الكائن الحي له دور انتفاعي، وله دور إنشائي في تكوين الهيكل. ودور في النسق الفني والتكوين العام. [٢]

فالأمثلة على الأشكال الإنشائية لأشياء في الطبيعة عديدة، وموجودة في كل ما يحيط بنا، وكل منها يمتلك إنشائية في شكل انشائي أو أكثر.

نذكر بعض الأمثلة على تلك الأشكال في الجدول التالي: [١١]

جدول (١-٢) أمثلة على الأشكال الإنشائية في الطبيعة [إعداد الباحث]

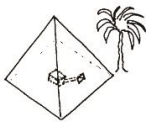
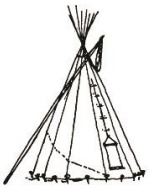
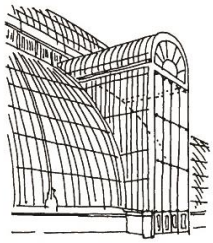
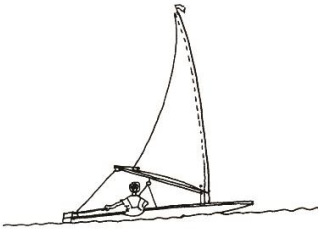
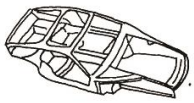
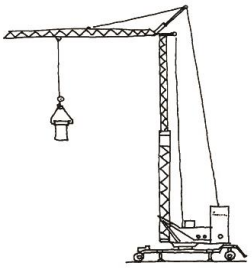
أشكال طبيعية هيكلية منتظمة	أشكال طبيعية هيكلية غير منتظمة
 الهيكل العظمي العمود الفقري جناح الطائر	الشجرة الياف الورقة النرجس
أشكال طبيعية منتظمة بشكل متكرر	**أشكال طبيعية غير منتظمة**
خلية النحل شبكة العنكبوت  الحلزون	الكهوف الصخرية  الجرادة

١-٦ الأشكال الإنشائية المصنوعة

هناك أيضاً العديد الأمثلة على الأشكال الإنشائية لأشياء من صنع الانسان، وكل منها يمتلك إنشائية في شكل انشائي أو أكثر، نذكر بعض الأمثلة على تلك الأشكال:

الطائرات، الدراجات، الجسور، الأبنية، السيارات، الألبسة، الرافعات، السدود، المحركات، النسيج، أدوات الربط، المفروشات، الآلات الموسيقية، الأمتعة، الشوارع، المنحوتات المجسمة، البواخر واليخوت، الأجهزة الرياضية، المعدات التقنية، الخيم، المعدات والأدوات، الألعاب، الأنابيب والأنفاق وأخيراً الدواليب. [١١]

جدول (١-٣) أمثلة على الأشكال الإنشائية المصنوعة [إعداد الباحث]

أشكال إنشائية لمنشآت بدائية
 الأهرامات بيوت القش بيوت الأسكيمو  الخيمة
أشكال إنشائية لمنشآت حديثة
 القصر البللوري برج ايفل اوبرا سيدني
أشكال إنشائية لوسائط نقل
 القارب الدراجة  السيارة الطائرة
أشكال إنشائية لمنشآت رفع وعبور
 آلآت الرفع الجسور المعلقة جسور الطرق

١-٧ الجمل الإنشائية

الجمل الانشائية أو الأنظمة الإنشائية: هي مجموعة من العناصر الإنشائية الأفقية، الشاقولية والمائلة المكوِّنة والحاملة المبنى. والتي تطورت وتعددت مع الزمن حتى أصبحت علماً قائماً بحد ذاته.

١-٧-١ أنواع العناصر الإنشائية

إن غاية البنية الإنشائية للبناء، هي أن تضمن بقاء البناء منتصباً على قدميه. وهذه العناصر تكون محمولة على الاعمدة والجوائز التي تشكل بدورها هيكل المنشأة ، وهكذا بالمقارنةِ مع جسم الانسان، فإن الجلد يضمن الوقاية للجسم، بينما يحمله الهيكل العظمي. [١]

تقسم عناصر الجملة الإنشائية إلى ثلاثة أقسام:

- **العناصر الحاملة الأفقية**: بلاطات الأسقف، البلاطات بين الطوابق... وتكون مهمتها:

١- نقل الحمولات إلى العناصر الحاملة الشاقولية.

٢- المساهمة في استيعاب الاجهادات الأفقية الناتجة عن قوى الرياح والزلازل.

- **العناصر الحاملة الشاقولية**: أعمدة، جدران، نواة... وتكون مهمتها:

١- نقل الحمولات إلى الأساسات.

- **الأساسات**: وتكون مهمتها:

١- نقل حمولات العناصر الأفقية والشاقولية وتفريغها في تربة التأسيس.

٢- منع هبوطات التربة بتأثير الحمولات، أو التخفيف منها قدر الإمكان، وذلك لما يمكن أن تسببه الهبوطات من تشقق أو تشويه في البناء. [١٦]

إن العناصر الإنشائية الحاملة للمبنى سواءً كانت أفقية أوشاقولية أو مائلة مهمتها نقل الحمولات الحية والميتة إلى الأرض عن طريق الأساسات التي تنقلها بدورها إلى تربة التأسيس.

ويعتمد تصميم العنصر الإنشائي على ثلاثة عوامل رئيسية:

- الحمولات التي يجب أن يتحملها.
- المادة المستخدمة لإنشائه.
- الشكل المختار للعنصر للإنشائي.

١-٧-٢ تصنيف الجمل الإنشائية

تصنف الجمل الإنشائية حسب: الاستخدام، عدد الطوابق، الشكل الإنشائي وأنظمة نقل الحمولات، المواد المستخدمة، حسب التكوين الهندسي، الصلابة وأخيراً حسب نوع المجاز(انتقال الحمولة).

١- حسب استخدام البناء

- أبنية السكن مثل الفيلات والبنايات السكنية والنزل العامة.
- الأبنية العامة: صلات العرض، المسارح، الملاعب الرياضية ومحطات النقل.
- الأبنية التجارية: المحلات التجارية، البنوك، المكاتب، منازل الضيافة، والمجمعات المتعددة الأغراض والتي تضم المكاتب، الشقق السكنية، أماكن الترفيه ومواقف السيارات.
- الأبنية التعليمية والصحية: المكتبات، المدارس، المخابر المشافي.
- الأبنية الصناعية: مباني المدات الثقيلة، المصانع، معامل الغزل والنسيج، معامل الأدوية ومعامل المنتجات الغذائية.
- المنشآت الزراعية: مثل البيوت الزراعية و مزارع الشجر. [٥٠]

٢- حسب عدد طوابق المنشأة

تصنف المنشآت إلى منشآت ذات طابق واحد، متعددة الطوابق ومنشآت المباني العالية

المنشآت من طابق واحد تقسم إلى:

❖ منشآت عامة ذات الطابق الواحد والتي بدورها تقسم إلى:

- منشآت ذات استخدامات مدنية.
- والمنشآت الصناعية.

❖ منشآت المجازات الواسعة: صلات المعارض، الملاعب الرياضة والحظائر

المنشآت المتعددة الطوابق وذات الأبنية العالية تكون عادة في الأبنية السكنية، المولات التجارية، المكاتب والفنادق. الأشكال الشائعة من المنشآت المتعددة الطوابق مختلطة أو هيكلية. [٥٠]

٣- حسب أسلوب الإنشاء وأنظمة نقل حمولات المنشآت الرئيسية

- منشآت الجدران الحاملة (أو منشآت جدران القص).
- المنشآت الهيكلية.
- المنشآت المختلطة من جدران قص هيكلية.
- المنشآت الأنبوبية (منشآت بنظام هيكلي من الداخل).
- منشآت الأقواس.
- منشآت السطح الشبكي الفراغي.

- المنشآت القشرية الفراغية.
- المنشآت العلقة.
- منشآت البلاطات المثنية الفراغية. [٥٠]

4- حسب طريقة توزيع الاجهادات

يمكننا أن نصنف الجمل الانشائية عامة، وبحسب طريقة توزيع الاجهادات الى خمسة أقسام رئيسية:

- الجمل الانشائية التي تعمل من خلال شكل المادة:

  وتصنف إلى النظم المعلقة الكبلية، نظم الخيام، نظم العقود والنظم الغشائية المنفوخة بالهواء، والتي تشمل نظم الأغشية المزدوجة ونظم الضغط الداخلي.
- الجمل الانشائية التي تعمل من خلال تركيب قوتي الضغط والشد:

  وتشمل نظم الجملونات المستقيمة، نظم الجملونات المنحنية ونظم الهياكل الفراغية.
- الجمل الانشائية التي تعمل من خلال كتلة المادة:

  وتشمل نظم الجوائز، نظم الهياكل ونظم العتبات والبلاطات.
- الجمل الانشائية التي تعمل من خلال السطوح:

  وتشمل النظم القشرية المفردة الانحناء، النظم القشرية المزدوجة الانحناء، النظم القشرية المكونة بالدوران، وكذلك البلاطات المثنية والنظم الهرمية الموشورية.
- الجمل الانشائية التي تعمل من خلال نقل القوى شاقولياً:

معظم الهياكل الانشائية تتأثر بنوع واحد من القوى الرئيسية المؤثرة، وبالإضافة الى القوى الرئيسية نجد مجموعة من القوى الثانوية الأخرى، والقوى الثانوية تكون صغيرة بحيث تهمل. [٥٠]

٥- حسب مواد البناء المستخدمة في الإنشاء

تصنف الجمل الإنشائية حسب مواد البناء الشائعة إلى:

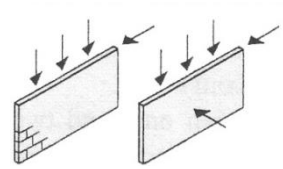
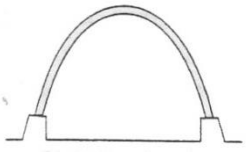
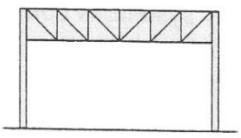
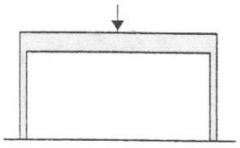
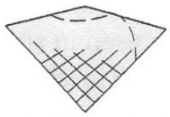
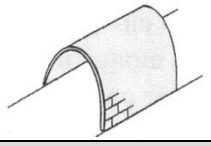
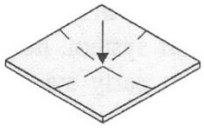
- المنشآت من الوحدات الإنشائية الصغيرة.
- المنشآت من الخشب.
- المنشآت من الخرسانة أو الخرسانة المسلحة.
- المنشآت من المعادن.
- المنشآت من الأغشية. [٥٠]

٦- حسب الصلابة

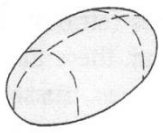
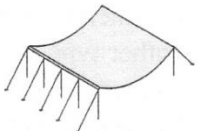
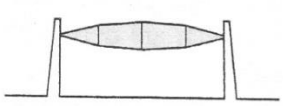
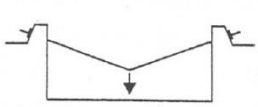
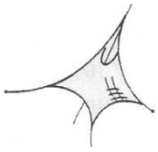
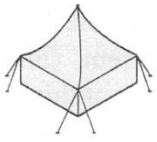
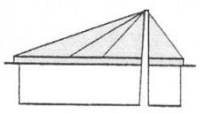
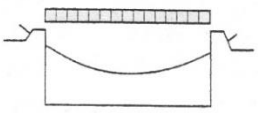
تصنف الجمل الإنشائية حسب المتانة والثبات والاستقرار إلى:

- منشآت صلبة (قاسية).
- منشآت مرنة.

جدول (١-٤- آ) الجمل الإنشائية حسب المتانة [إعداد الباحث]

منشآت صلبة			
			
جدران	قوس	جائز	إطار
			
سرج الحصان	قبوة	قبة	بلاطة

جدول (١-4- ب) الجمل الإنشائية حسب المتانة [إعداد الباحث]

منشآت مرنة			
			
غشاء منفوخ	كوابل معلقة	كبلين معلقين	كبل معلق
			
شبكة مشدودة	خيمة	كوابل مشدودة	كبل معلق

٧- حسب نوع المجاز(انتقال الحمولة)

تصنف الجمل الإنشائية حسب الَّوضُّع المكاني وانتقال الحمولة إلى:

- منشآت تنقل الحمولة باتجاه واحد.
- منشآت تنقل الحمولة باتجاهين.

٨- حسب التكوين الهندسي

تنقسم أنظمة البناء من ناحية التكوين الهندسي الفراغي (الحجم)إلى خمسة أنظمة:

- الجمل خطية.
- الجمل سطحية.
- الجمل فراغية.
- الجمل الإنشائية المعلقة (المنفوخة).
- الجمل الإنشائية المستخدمة في الأبنية العالية. [٢٠]

يعد هذا التصنيف أفضل التصنيفات السابقة لأن التصنيف يقوم على أساس أبعاد العنصر الإنشائي وبالتالي على أساس الحجم، ويقسم الجمل الإنشائية حسب نقاط التكوين الهندسي، وهو التصنيف المعتمدة في هذا البحث.

١-٧-٣ العوامل المؤثرة على اختيار الجمل الإنشائية

يعتمد الاختيار بين أنواع الإنشاء المختلفة على العوامل التالية:

١- وظيفة المبنى

إن أشكال الأبنية الحديثة، تعتبر نتيجة لوظيفة المبنى، وللغرض المطلوب من البناء والذي ساعدت التكنولوجيا الحديثة في تطويرها، سواء من ناحية المواد أو نظم الإنشاء، لتخدم الوظائف المناطة بها.

٢- كفاءة مواد البناء

تعتبر مادة البناء من أهم العوامل التي تؤثر على اختيار الجمل الإنشائية، فكفاءة الجمل الانشائية وملائمتها للغرض المطلوب، تعتمد على الامكانيات الإنشائية التي تقدمها مواد البناء المستخدمة فيها، وعلى مدى توافق كل مادة من مواد البناء، أو التشطيب المستخدمة في المبنى، مع كل من:

- موقع المشروع.
- وظيفة المبنى، وبالتالي المجازات والفراغات المطلوبة.
- الظروف المناخية(حرارة – رطوبة – رياح – أمطار..الخ).
- النواحي الاقتصادية.
- التشكيل المعماري للحيزات المختلفة.
- التعبير المعماري المطلوب التَّوصُّل إليه. [٢]

وفي الفصل الأخير، سوف ندرس هذا التأثير بشكلٍ دقيقٍ ومفصل.

3- كفاءة أسلوب الإنشاء

يتميز كل نظام انشائي بفعاليته الخاصة عند استخدام مادة انشائية محددة، وذلك بالاعتماد على قوته، فالجمل الإنشائية المختلفة تستخدم كميات مختلفة من المادة ذاتها. وأيضاً تختلف كمية المادة نفسها المستخدمة في جملة معينة ولنفس الاستعمال عند اختلاف شكل العنصر الإنشائي ذاته. [الباحث]

٤- نوعية ودرجة المرونة الوظيفية المطلوبة

كما رأينا سابقا الاستخدام المستقبلي للبناء- والذي ممكن أن يتغير مع الزمن- يؤثر على نوع الإنشاء. فلتحقيق المرونة الوظيفية في استخدام الفراغات المختلفة للمنشأة، يجب أن يتحقق في النظام الإنشائي ما يلي:

- إمكانية الفك والتركيب.
- إمكانية الإضافة والحذف.
- إمكانية تقسيم وحدة كبيرة إلى عدة وحدات.
- إمكانية تغيير الانتفاع جذريًا لوحدة وظيفية واحدة أو لكامل المبنى. [٢]

5- المجاز المطلوب

المجاز هو المسافة الأفقية بين عنصرين إنشائيين شاقوليين متتالين. وتتحدد أطوال المجازات بطبيعة النشاط أو وظيفة المبنى.[١٢] وكذلك تتبع العلاقة بين طول وسقوط المجاز نوع المادة ونوع الجملة الإنشائية المستخدمة فالامتداد الكبير، يعني سقوط أكبر. وذلك يتبع لقاعدة نسبة المجاز إلى السقوط. في الفصل الأخير سوف ندرس المجاز لكل مادة إنشائية تبعا للعنصر الإنشائي والجملة المستخدمة.

٦- هيئة المبنى حسب المستخدم

المقصود بتأثير المستخدم هو التعبير المعماري المطلوب إبرازه في هيئة المبنى كي يعبر المبنى عن حالة المستخدم (العمرية – الثقافية – الاجتماعية – النفسية – .. الخ). [٤]

شكل (١-٥) اختلاف الهيئة المعمارية باختلاف عمر المستخدم(الوظيفة واحدة وهي تعليمية). [٤]

٧ – تشكيل الحيز والمبنى

لاشك أن لطريقة الإنشاء المستخدمة في العمل المعماري دورًا كبيرًا في تشكيل الحيزات الداخلية للمبنى وكذلك تشكيل هيئة المبنى من الخارج، فاستخدام المنشئات القشرية الدورانية يعطي هيئة معمارية للحيز وللكتلة من الخارج تختلف تمامًا عنه في حالة استخدام المنشئات الخيمية أو المنشآت الهيكلية بالعمود والجائز. [٢]

٨– طبيعة الأرض

المقصود بطبيعة الأرض هنا، حالة الأرض من حيث التضاريس، فأحياناً شكل الأرض وطبيعة التضاريس، تفرض على المصمم أنواعاً معينةً من الحلول المعمارية، التي تتطلب أنماطا إنشائية معينة، تتوافق مع طبيعة الموقع وسبل الوصول والحركة أو الانتقال، كما في حالة الجسور فوق الأنهار، الأبنية على الجبال أو ضمن الوديان والأنهار. [٤]

٩– العمر الافتراضي للمباني حسب مادتها الإنشائية

نتكلم هنا عن العمر الافتراضي لمواد البناء المستخدمة لإنشاء المباني، وذلك ضمن شروط تنفيذ سليمة، من حيث سلامة المواد والتنفيذ، وكذلك الالتزام بالصيانة الدورية، ودون اعتبار الكوارث الطبيعية والظواهر التي تقع خارج السيطرة والحسبان، كالحرائق مثلاً..

١٠– الشكل والمقاومة

إن مقاومة وصلابة نفس الكمية من مادة العنصر تتغير وفقاً للشكل الذي تأخذه تلك المادة، وهذا ما يفسر إمكانية تنفيذ بعض الهياكل المنحنية ذوات الفتحات الكبيرة، بكميات أقل من الخرسانة المسلحة. أو من الفولاذ أو المواد البلاستيكية. **نستنتج بأنه من الأهمية البالغة، أن نعطي البنية الإنشائية شكلاً فعالاً، من أن نزيد من كمية المواد المستعملة في تنفيذ تلك المنشأة.** [١]

١١– ارتفاع ومواصفات المبنى

إن زيادة ارتفاع ونحافة المبنى تزيد من أهمية النظام الانشائي مما يجعل من المهم الاختيار الملائم له. حيث يمكن مقارنة كفاءة الأنظمة الإنشائية للمباني التي صممت لنفس الاستخدام وبنفس الارتفاع ونوعية المواد بمقارنة وحدة وزن الطابق وذلك لأن وزن الطابق يتأثر بصورة أساسية بمجازات البلاطة (يمكن اعتباره لا يتأثر بارتفاع الطابق) بينما وزن الأعمدة يتناسب مع الارتفاع باعتبار الاحمال الرأسية فقط .

١٢ –الظروف القاهرة

هناك ظروف تأتي على المبنى وهي تحدث في أوقات غير محسوبة ولكنها تؤثر في اختيار طريقة الإنشاء، فالزلازل تقتضى استخدام الأساس المرن الذي يسمح بحركة المباني دون انهيارها، والزلزال الذي يحدث بصفة دورية يلزمه منشآت خشبية خفيفة قابلة للفك والتركيب. كما أن قوى الرياح يلزمها تدعيم للمباني ذات الارتفاعات العالية وخصوصاً الأبراج المرتفعة وناطحات السحاب للتغلب على القوى الناتجة عن ضغط الرياح على المبنى. [٢]

١٣ –النواحي الاقتصادية

يعد التمويل المتاح للمشروع من أهم العناصر الرئيسية التي تحديد الهيئة والمكونات التي يتكون منها المبنى وكذلك إمكانية التنفيذ من عدمه، وتعد عملية اختيار طريقة الإنشاء المناسبة لكل الظروف المحيطة بالمبنى ولمكوناته المختلفة من العوامل المهمة التي تؤثر على اقتصاديات المشروع. [٢]

١٤ –النواحي البيئية

فالبيئة الاستوائية الرطبة لا يتوافق معها إلا الإنشاء الخشبي الهيكلي المرفوع عن الأرض ذو الأسقف المائلة والجدران المصنوعة من الأغصان والتي يتخللها الهواء، كما أن البيئة البدائية الصحراوية لا يتوافق معها إلا الإنشاء الخيمي ذو التهوية الجيدة أو المباني الحجرية المنحوتة في الجبل، وبنفس المنطق لا يصلح الإنشاء الممتد رأسيا للصحراء حيث الحرارة العالية والأرض المنبسطة، كما أن المباني الأفقية المحاطة بالأشجار والمبنية بالأحجار المأخوذة من الموقع هي الحل الأنسب للسياحة البيئية الترفيهية، والمصمم إذ استعان بمواد أو بإنشاء متطور وارتفع ليعلو عن الجبال المحيطة ويطغى عليها فهو قد أخطأ بهدم التوافق المطلوب مع البيئة. [٢]

١-٨ القوى والأحمال المؤثرة على الجمل الإنشائية

الغاية من الهيكل الانشائي لأية منشأة، هو ضمان ثبات تلك المنشأة تحت تأثير جميع القوى والحمولات كالأوزان، فعل الرياح والقوى الناتجة عن الزلازل في حال وجودها.

فعملية دراسة المنشآت تتطلب تحليل القوى والإجهادات التي تحدث ضمن المنشأة وكذلك التصميم المناسب للعناصر المكونة لها لتتحمل مثل هذه القوى والإجهادات. [١٢]

١-٨-١ القوى في المنشآت

في حالة المنشآت عندما نسحب الشداد أو الخيط نقول بأننا أخضعناه للشد، أو ولدنا فيه شداً، وعندما نكبس قائم الخيمة نحو الأسفل ، نقول بأن القائم قد انضغط، أو هو في حالة انضغاط.

هاتان الكلمتان المستخدمتان في المنشآت: الشد والانضغاط هامتان جداً، يمكن فقط أن تدفع أو أن تسحب البنى الانشائية وبالتالي تكون دائماً معرضة إما للشد و إما للانضغاط. [١]

١-٨-١-١ التوازن في المنشآت

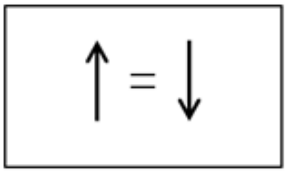
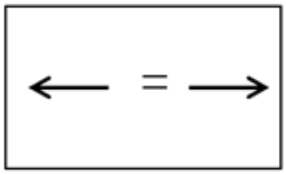
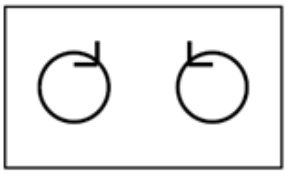
عندما تبقى المنشأة ساكنة لا تتحرك، نقول أنها في حالة توازن. وتتلخص قوانين التوازن بأن: لكل قوة مطبقة على المنشأة قوة مقابلة تعاكسها بالاتجاه، وتساويها بالقيمة. [١]

ويتم التوازن الشاقولي، للمنشأة بأن يكون مجموع القوى الصاعدة، مساوٍ لمجموع القوى النازلة.

وفي حالة التوازن الأفقي، يكون مجموع القوى على اليمين، مساوٍ لمجموع القوى اليسار.

أما العزم، ينتج بتأثير الفتل ويتم التوازن بأن يكون مجموع العزوم باتجاه عقارب الساعة مساوٍ لمجموع العزوم عكس اتجاه عقارب الساعة. أما اذا انعدمت الذراع، فإن العزم يساوي الصفر. [١٢]

جدول (١-٥) قوانين التوازن [١٢]

قوانين التوازن		
		
مجموع القوى الصاعدة = مجموع القوى الهابطة	مجموع القوى إلى اليمين = مجموع القوى إلى اليسار	العزوم باتجاه دوران الساعة = العوزم عكس دوران الساعة

١-٨-١-٢ القوى الأساسية المؤثرة على العناصر الإنشائية

تنقسم القوى المؤثرة بحسب مكان التأثير إلى ثلاثة أنواع:

- التي تؤثر على نقطة واحدة مثل العقد في الجائز.
- التي تؤثر على طول الخط، مثل تأثير الارضية على الجائز.
- التي تؤثر على سطح، مثل الناس، الكتب والثلج على السقف والأرضيات.

عندما يتعرض العنصر إلى حمل فإنه يتعرض للاجهاد. نوع الاجهاد وتأثيره على العنصر يكون كالتالي:

– شد: تتباعد جزيئات المادة عن بعضها البعض ويزداد طول العنصر. الرباط في حالة شد.

– ضغط: تتقارب جزيئات المادة من بعضها البعض وهذا يؤدي بالنتيجة إلى تناقص طول العنصر. الدعامة في حالة ضغط.

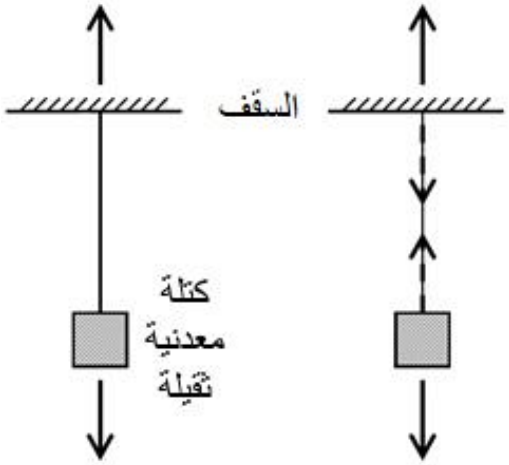
– قص: تنزلق جزيئات المادة إلى الجزيئات المجاورة.

– فتل: شكل من أشكال القص يحدث نتيجة الفتل.

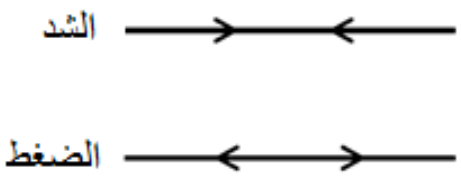
– الانحناء: مزيج بين الشد، الضغط والقص.[١١]

١-٨-١-٢-١ الشد

من أجل التوازن، مجموع القوى المتجهة للأسفل يجب أن يُقابَل بمقدار مماثل من القوى المتجهة للأعلى في نقطة تثبيت السلك في السقف، مثلاً.



شكل (١-٦) سلك في حالة الشد [١٢]

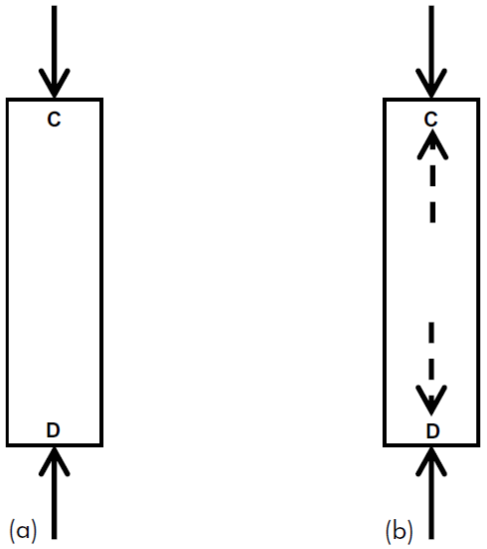


شكل (١-٧) أسهم توضح حالتي الشد والضغط [١٢]

هذه الحالة تمثل العنصر الإنشائي عندما يتعرض للشد: الأسهم تستخدم للدلالة على نقاط الشد المتجهة نحو بعضها البعض.

١-٨-١-٢-2 الضغط

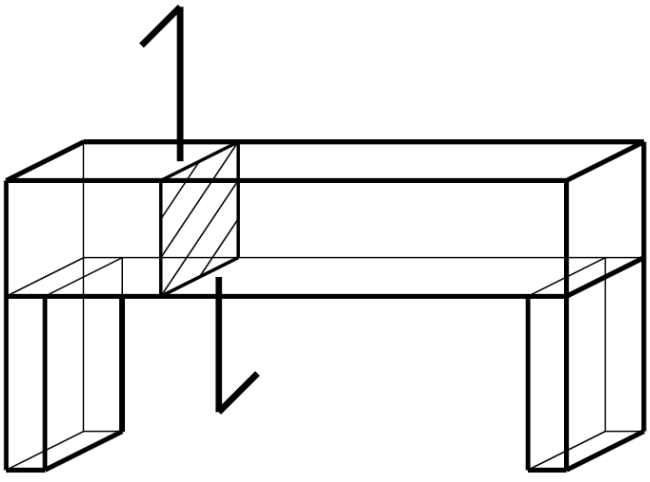
تمثل الحالة التالية العنصر الإنشائي عندما يتعرض للضغط، فالأسهم تمثل القوى الداخلية في العمود، نلاحظ أنها تتوازن مبتعدةً عن بعضها البعض، فالأسهم هنا للدلالة على نقاط الضغط المبتعدة عن بعضها البعض. [١٢]



شكل (١-٨) العنصر الإنشائي في حالة الضغط [١٢]

١-٨-١-٢-3 القص

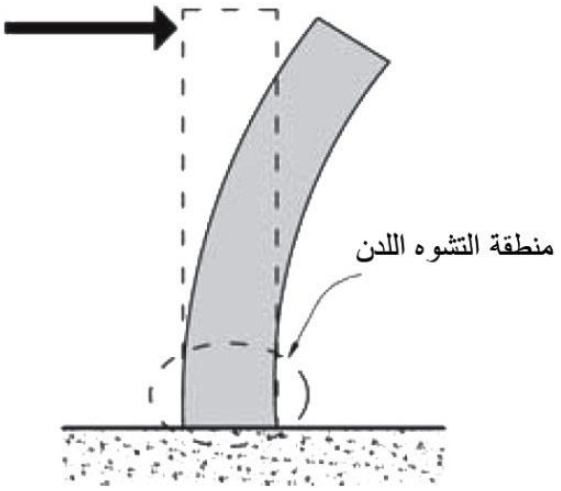
القص هو فعل القطع، يؤدي إلى كسر أو تقسيم الجائز، والقوى القاصة هي القوى التي تسبب اجهاد القص في نقطة محددة من الجائز. يحدث القص عندما ينزلق طرفي المفصل عن بعضهما البعض. الفعل الناتج عن القص يمكن أن نعتبره كالفعل الناتج عن التقطيع أو قص الشرائح. [١٢]



شكل (١-٩) القص في الجوائز [١٢]

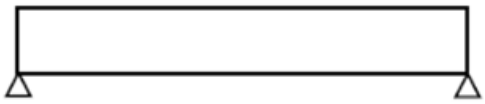
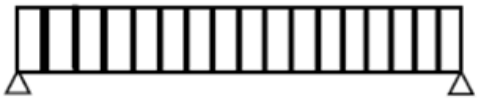
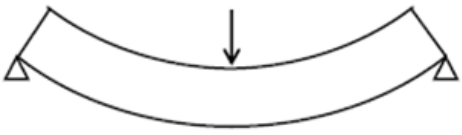
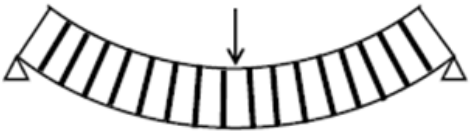
١-٨-١-٢-٤ الانحناء

يحدث في العناصر الأفقية والشاقولية فإذا تعرض العنصر الإنشائي الشاقولي مثلاً، للحمولة، فإنه سوف ينحني، وإذا زادت الحمولة سيزداد الانحناء، عندها سينكسر العنصر (هذا إذا لم ينكسر من البداية بتأثير القص). [١٢] الشكل (١-١٠) يوضح ذلك.



شكل (١-١٠) الانحناء والقص [٣٤]

جدول (١-٦) تأثير الانحناء في الجوائز [١٢]

تأثير الانحناء في الجوائز		
	الشكل البياني	المقطع العرضي
قبل تطبيق الحمولات		
بعد تطبيق الحمولات	 انحناء الجائز بتطبيق حمولة مركزة في مركزه	
	انحناء الجائز بتطبيق حمولة محورية غير ماره بالمركز	

عزم الانحناء هو مقدار تأثير الانحناء على أي نقطة من الجائز. فالجوائز يجب أن تصمم بطريقة لا تتعرض فيها للانحناء بهذه الطريقة.

قيمة عزم الانعطاف في أي نقطة من نقاط الجائز = مجموع كل عزوم الانعطاف إلى يسار هذه النقطة.

ويكون مدى انحناء الجائز معتمداً على أربعة أشياء:

١- المادة المصنوع منها الجائز.

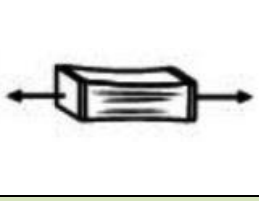
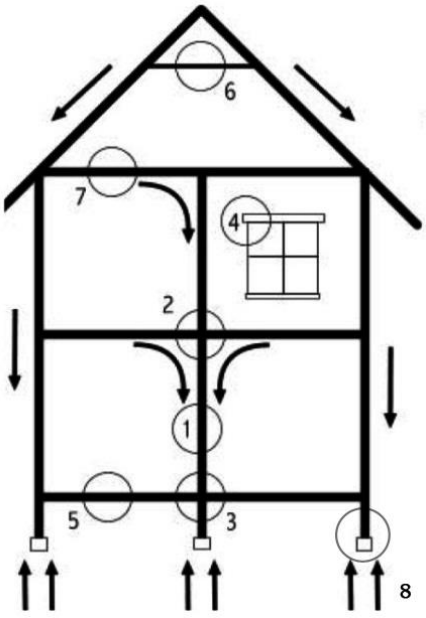
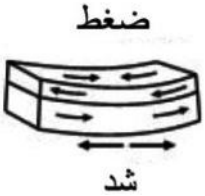
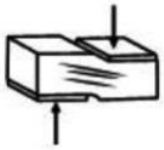
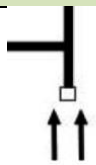
٢- طبيعة المقطع العرضي للجائز.

٣- مجاز الجائز.

٤- الحمولة التي يتعرض لها الجائز. [١٢]

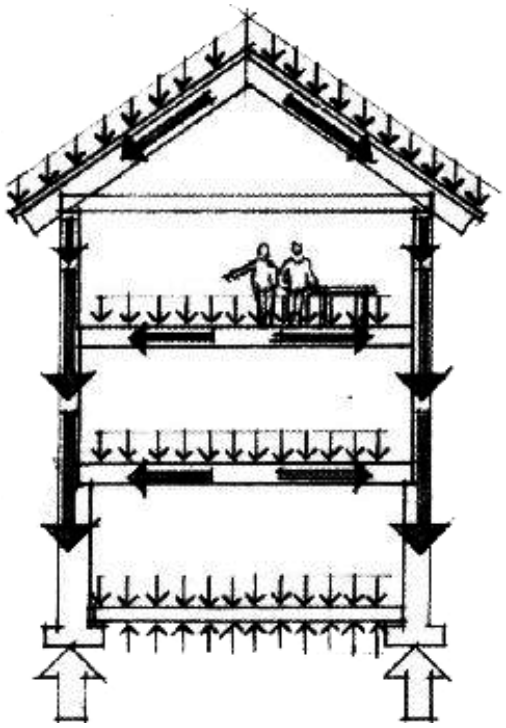
الجدول التالي يلخص لنا أنواع الاجهادات وطريقة تأثير القوى على العناصر الانشائية المختلفة للمنشأة.

جدول (١-٧) أنواع الاجهادات وطريقة تأثيرها [إعداد الباحث]

أنواع الاجهادات تأثيرها في المنشأة		
طريقة التأثير		مخطط أماكن التأثير
١- ضغط موازي للألياف		
٢- ضغط معامد للألياف		
٣- فتل		
٤- قص شاقولي		
٥- قص طولاني		
٦- شد باتجاه الألياف		
٧- شد معامد للألياف		
٨- رد فعل التربة		
أرقام الاجهادات المؤثرة		

١-٨-٢ الأحمال في المنشآت

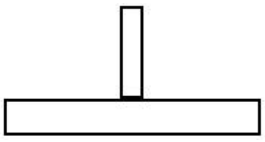
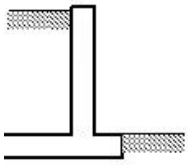
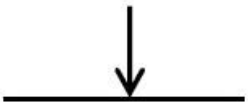
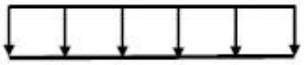
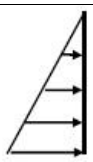
الحمولات المختلفة توصف بشكل مختلف في الطبيعة، لذلك عند تصميم البنية الإنشائية لمنشأة، يجب أن نتصرف مع كل نوع من الحمولات بشكل مختلف عن الأخرى.[١٢]



شكل (١-١١) يوضح الأحمال الحية، الميتة، وزن البناء الذاتي، ورد فعل الأرض[٤٩]

فطالما نعرف أن هناك اختلاف بين أنواع الحمولات نعرف أن لكل نوع طبيعته، وهي تقسم بشكل عام إلى ثلاثة أنواع. الجدول التالي يبين ذلك.

جدول (١-٨) أنواع الحمولات وطبيعتها [إعداد الباحث]

	أنواع الحمولات		
	الحمولات المركزة	حمولات موزعة بانتظام	حمولات غير منتظمة
	عمود مستند إلى جائز	الحمولات على الجائز	جدار استنادي
مثال			
التمثيل البياني			

١-٨-٢-١ أنواع الأحمال الإنشائية

تنقسم الأحمال بين: حمولات الميتة، حمولات الحية، حمولات بيئية، حمولات مركبة وحمولات الجاذبية الأرضية التي تؤثر على الكتلة، وتؤخذ جميع الأحمال في الاعتبار عند التصميم الإنشائي، طبقا لنوع المنشأ و شكل توزيع الأحمال ومدى استمرارها وطبيعتها.

١-٨-٢ -٢ مسارات الأحمال

مسار الحمل: هو المسار الذي يتبعه الحمل ضمن المنشأة، ابتداء من نقطة تطبيقه و حتى نقطة وصوله للأساسات و أخيراً للتربة. ولا يعد المسار كاملاً ما لم يتم انتهاؤه بالأساسات و التربة.

هذا وتنقسم المسارات إلى قسمين، ولكل منها اشتراطاتها حسب التالي:

أ – نظام مسار الأحمال الرأسية:

يجب أن يكون مسار جميع العناصر القادرة على مقاومة الأحمال الرأسية مستمر دون انقطاع. ويفضل إذا كان بالإمكان في حال انكسار أحد العناصر أن يكون هناك مسار آخر احتياطي قادر على نقل الأحمال الرأسية التي كانت مطبقة على العنصر المكسور بصورة مؤقتة ريثما يعالج هذا الخلل الناجم عن التكسر.

ب – نظام مسار الأحمال الأفقية:

تنقل الأحمال الجانبية الناجمة عن الزلزال أو الرياح عن طريق البلاطات في كل طابق والتي تعمل كجائز أفقي يستند على النظم الإنشائية الحاملة المقاومة للأحمال الجانبية، والمكونة من نظام أو أكثر من النظم التالية:

(١) النظام الإطارية.

(٢) النظام من جدران القص.

(٣) النظام المختلط، بما فيه الثنائي (إطارات مع جدران قص).

يقوم كل نظام من الأنظمة السابقة بنقل الأحمال المطبقة عليه إلى العناصر الإنشائية المكونة له، وبالنهاية إلى الأساسات، وبعدها إلى تربة التأسيس بأمان كافٍ.

١-٩ سلوك عناصر الجمل الإنشائية تحت تأثير القوى والحمولات

تتأثر عناصر الجمل الإنشائية بالإجهادات الناتجة عن القوى والحمولات، فالجملة الإنشائية باعتبارها مكوَّنة من مجموعة من العناصر الإنشائية، يجب أن تكون متماسكة، ثابتة ومستقرة مشكلة كياناً واحداً، وذلك حتى تستطيع أن تؤدي الغرض المطلوب منها بكفاءة وفعالية.

١-٩-١ الجمل الإنشائية الخطية تحت تأثير القوى والحمولات

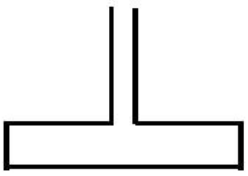
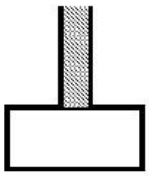
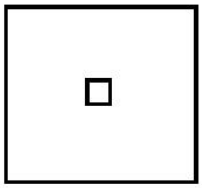
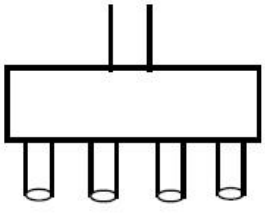
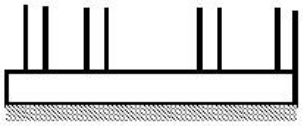
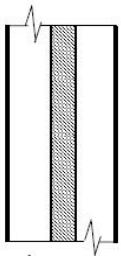
تنقسم عناصرها الإنشائية إلى: الأساسات الخطية، الأعمدة، الدعائم، الجوائز، الأقواس، الجملونات، الإطارات ، الصواري الكبلية والمعلقة والقضبان، وتتأثر بالقوى والحمولات حسب التالي:

١-٩-١-١ الأساسات

فالأساسات بشكل عام تتلقى كافة الحمولات من جميع عناصر الجملة الإنشائية وتنقلها إلى الأرض الصلبة التي تقف عليها. وهي بشكل أساسي تتعرض لاجهادات الضغط.

أكثر أنواع الأساسات وأوسعها انتشاراً الأساسات المنبسطة، والشكل التالي يبين لنا بعض أنواعها.[١٦]

جدول (١-٩) أنواع الأساسات [إعداد الباحث]

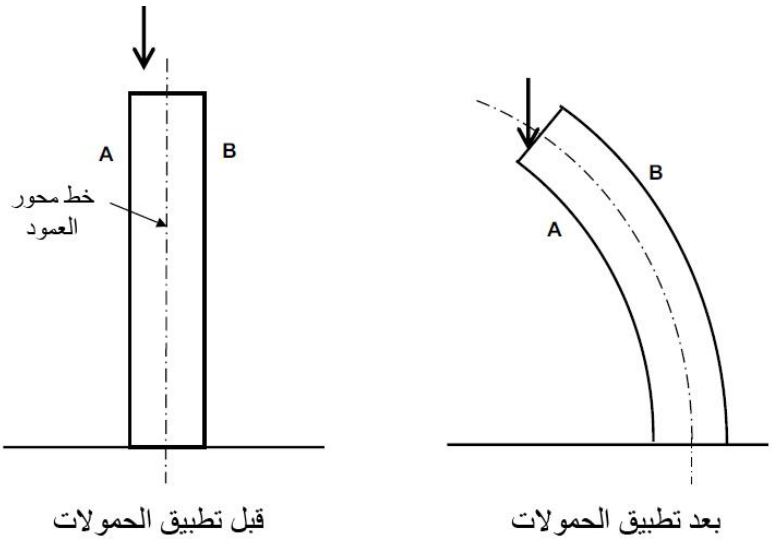
بعض أشكال الأساسات		
		
مقطع بالأساسات المفردة	مقطع بالأساسات المتصلة	مسقط بالأساسات المفردة
		
مقطع بأساسات الأوتاد	مقطع بالأساسات الحصيرة	مسقط بالأساسات المتصلة

١ – ٩ – ١ – ٢ الأعمدة

العمود يجب أن لا يشغل سطحاً كبيراً من البلاطة، لكنه يجب أن يتمتع بالمقاومة الكافية لتلقي حمولات الانضغاط دون أن يتعرض للتحنيب، وأن يكن ذو مقطع كافي لمنع ذلك

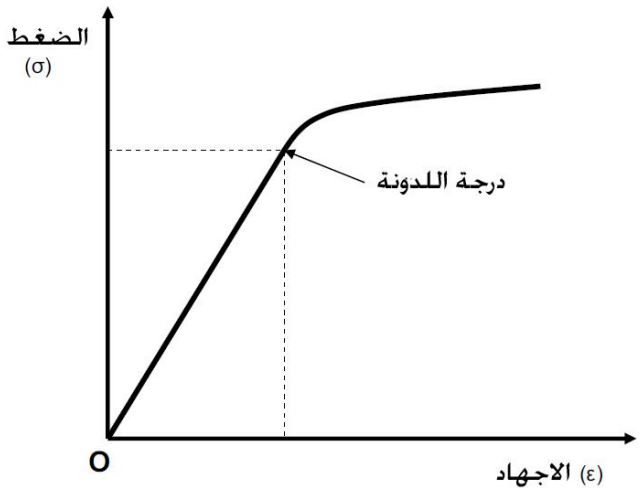
يتعرض العمود باعتباره عنصراً شاقولياً، إلى حمولات محورية مركزة من البلاطات والجدران التي يحملها، رد فعل العمود على هذه الحمولات، يكون عن طريق تقليل طوله، ويدعى ذلك التوتر، ونقول عن العمود أنه يتعرض للضغط.

فإذا كان العمود اسطواني الشكل، أو يتعرض للحمولات من الجوائز بشكل غير متماثل، فإنه سيتعرض للانحناء، كما في الشكل الموضح.



شكل (١–١٢) العمود في حالة الحمولات المحورية خارج محور المركز [١٢]

اجهاد الضغط= القوة/ المساحة



شكل (١–١٣) درجة اللدونة [١٢]

الخطوات الممكن اتباعها لمقاومة الاجهاد في عناصر الأعمدة:

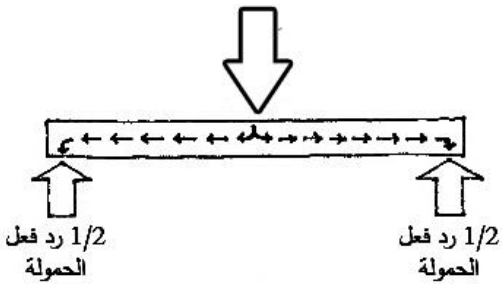
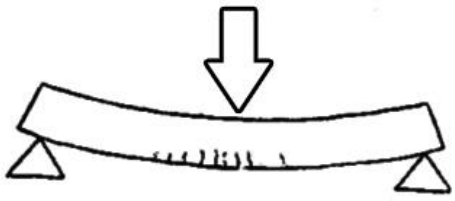
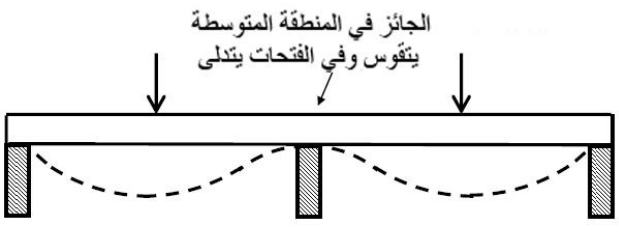
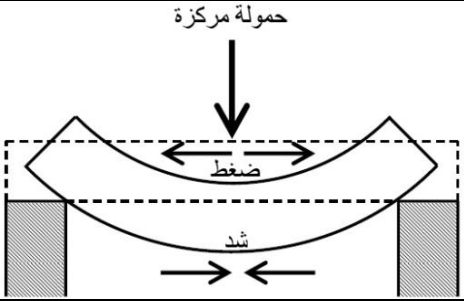
- تقليل الحمولات المحورية على العنصر.
- تقليل طول العنصر.
- زيادة المقطع العرضي للعنصر(أكثر حل عملي).
- استخدام مواد لها معامل يونغ عالي.

١-٩-١-٣ الجوائز

تكون الجوائز داعمة إما بشكل بسيط، أو مستمرة أو ظفرية. الجائز الظفري يدعم البناء فقط من نهاية واحدة، ولتجنب الانهيار يجب أن يكون الجائز مستمر للداخل، أو مثبت ومدعَّم بشكل صلب.

تتشوه الجوائز بتأثير الحمولات المطبقة عليها، والتي تكون على شكل حمولات موزعة بانتظام، وذلك لأن قسماً من الجائز يكون خاضعاً للشد على الدوام، فالجوائز عندما تكون محملةً بقوةٍ ما، تظهر في قسمها السفلي شقوق شاقولية، بفضل اجهادات الشد التي تظهر في تلك المنطقة عند انحناء الجائز، وذلك لأن الشد الناتج في المنطقة السفلي، يؤدي إلى تصدع الخرسانة فيها، بينما تخضع في قسمها العلوي إلى اجهادات ضغط. الجدول (١-١٠). كما هو موضَّح في الجدول التالي. [١]

جدول (١-١٠) أنواع الجوائز وسلوكها بتأثير الحمولات [إعداد الباحث]

الاجهادات وطريقة توزعها وسلوكها ضمن الجوائز	
	
توزع الاجهادات في الجائز	التشققات الشعرية بسبب الحمولات
	
سلوك الجوائز المستمرة	الانحناء في الجوائز

تتشوه الجوائز بتأثير القص، وفي بعض الحالات الأخرى تتشوه الجوائز بتأثير الانحناء. ما سيحدث أولاً، يعتمد على مظهر المخطط البياني للجائز، وذلك بمراعاة النقاط التالية:

- طول المجاز
- سماكة المجاز
- موقع وطبيعة المساند
- موقع ومقدار الحمولات المؤثرة عليه

وفقط عن طريق الحسابات يمكننا الجزم ما إذا كان اجهاد القص أو اجهاد الانحناء هو الذي سيحدث أولاً. [١٢]

إن فتحة الجائز (من أي مادة كان) تساوي تقريباً عشرين ضعفاً من سماكته أو ارتفاعه، وتساوي ٣٦٠ ضعفاً من قيمة السهم الناتج في وسط ذلك الجائز شكل(١-١٤). [١]

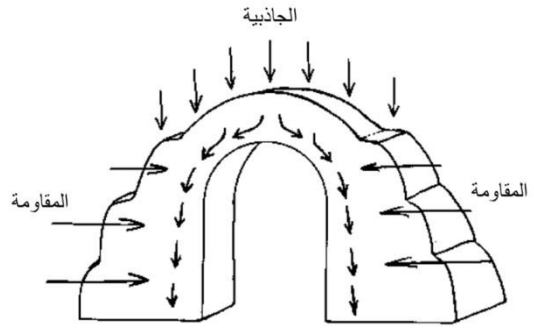
الشكل (١-١٤) فتحة الجائز [١]

لا شك، ولأن الفعالية في مقاومة الانحناء تتعلق بالبعد عن المحور المحايد، فإن المقاطع العرضية للجوائز تكون عادة أكبر ارتفاعاً من المقاطع العرضية للأعمدة ، وعندما تكون مقاطع الأعمدة أقل ارتفاعاً من مقاطع الجوائز، فإن ذلك يعزى لكون الأعمدة تعمل على الانضغاط، أكثر مما تعمل على الانحناء. [١]

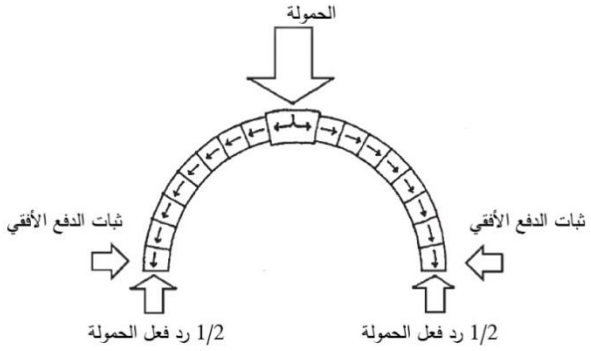
١-٩-١-٤ الأقواس

تعمل الأوزان أو الأحمال الرأسية التي يتعرض لها القوس على حصول قوى أفقية عند قاعدتي القوس (قوى رفس)، وهذه القوى يمكن مقاومتها بواسطة الأعمدة التي يرتكز عليها القوس أو بواسطة جسر ربط، مهمته وصل قاعدتي القوس ببعضها. [14]

ويمكن أيضاً مقاومتها بواسطة الدعائم الطائرة فعندما تلتقي قوى الضغط من الأعلى مع قوى المقاومة من كلا الجانبين، تتشكل محصلة قوى وتنتقل إلى الأرض أكثر منها إلى خارج الأضلاع.شكل (١-١٥) [بتصرف28]

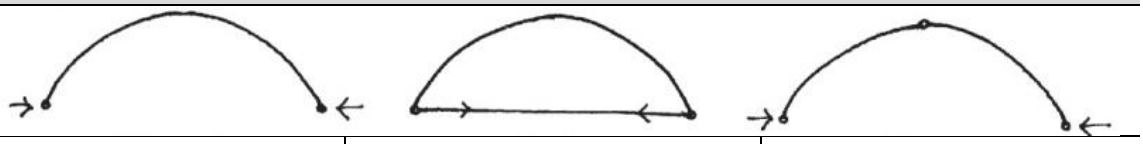


شكل (١-١٥) قوى الرفس في الأقواس [28]



شكل (١-١٦) الضغط في الأقواس [29]

جدول (١-١١) بعض أشكال الأقواس [إعداد الباحث]

بعض أشكال الأقواس		
		
ثلاثي العقد	مشدود	مقيد

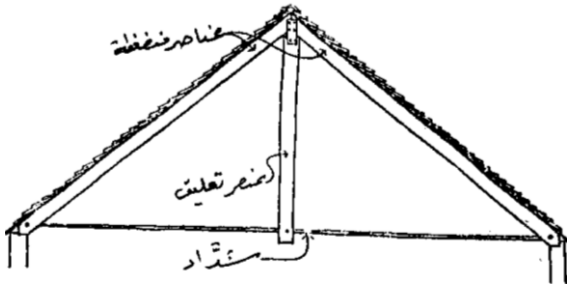
إن كثيراً من الجسور الرومانية مازال يستخدم حتى يومنا هذا، وقد وصلت فتحاتها الثلاثين متراً، وهي تتحمل أثقالاً كبيرة بعد ألفي سنة من بنائها. [١]

١-٩-١-٥ الجملونات

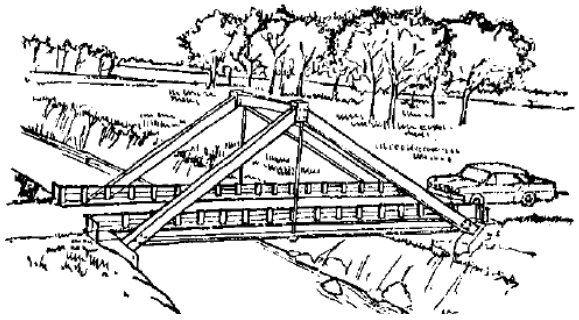
تصمم البنية الهيكلية للجملونات على أساس أن كل عنصر أو مكوّن من مكونات الهيكل إما أن يعمل على الشد فقط، أو على الضغط فقط، ولا يتحمل الانحناء أو الانثناء.

حيث يتكون الجائز المثلثي البسيط من قطعتين مائلتين منضغطتين، ومن قطعة أفقية مشدودة، ويمكن الحد من تشوه الشداد تحت تأثير الوزن الذاتي في بعض الجوائز الشبكية إذ يعلق ذلك الشداد على قمة الجائز المثلثي بواسطة عنصر تعليق شكل(١-١٧). [بتصرف١]

إن نفس النموذج من الجوائز الشبكية، ذوات الشدادات الخشبية، يستخدم في إنشاء الجسور الصغيرة، إذ يستند طريق العبور على الشداد شكل(١-١٨).

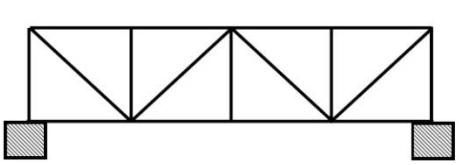
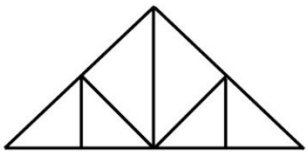
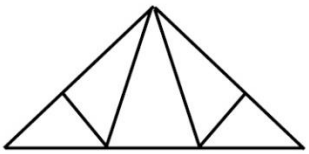


الشكل(١-١٧) الجائز المثلثي البسيط [1]



الشكل(١-١٨) الجوائز الشبكية في الجسور الصغيرة [1]

جدول (١-١٢) بعض أشكال الجملونات [إعداد الباحث]

بعض أشكال الجملونات		
		
جملون شبكي	جملون	جملون

١-٩-١-٦ الإطارات

هيكل الإطار يتكون من عمودين صلبين يحملان العوارض(السقف). العوارض إما أن تكون مستوية أو مائلة. وهي تعمل على الشد والضغط.

جدول (١-١٣) بعض أشكال الاطارات [إعداد الباحث]

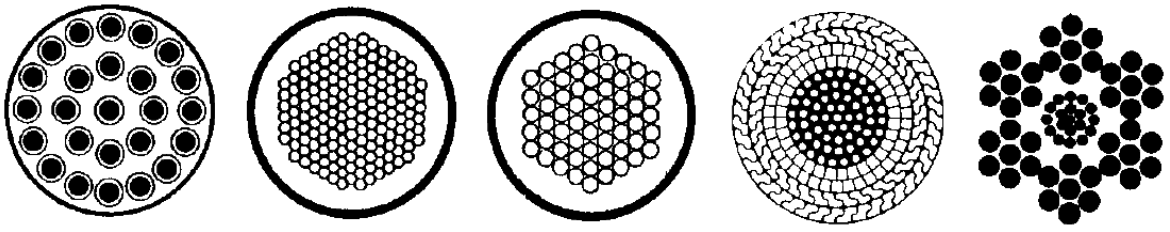
بعض أشكال الاطارات			
جملون بثلاثة مفاصل	جملون بمفصلين	جملون بمفصلين	مسند ثابت

١-٩-١-٧ الصواري الكبلية والمنشآت المعلقة

تعتبر الأسلاك، الحبال والكابلات مواد جيدة المقاومة على الشد، مطاوعة وقليلة السماكة وتستخدم في تشييد بعض أضخم المنشآت في العالم. [١ بتصرف]

تصنع الكابلات الفولاذية من جدل أسلاك ناعمة من الفولاذ بشكل ضفائر ثم تلف الضفائر الفولاذية حول نواة من المادة البلاستيكية، وهذه الكابلات لا تتحمل الضغط، لكن يمكنها أن تتحمل قوى شد كبيرة تصل إلى آلاف الاطنان، وتكون متماثلة على طول محورها.

تشكل الكوابل المكونات الاساسية لأطول جسور العالم كالجسور المعلقة التي تصل فتحات بعضها إلى ١٥٠٠م أو أكثر. الشكل (١-١٩) يبين الأنواع المختلفة للكوابل.

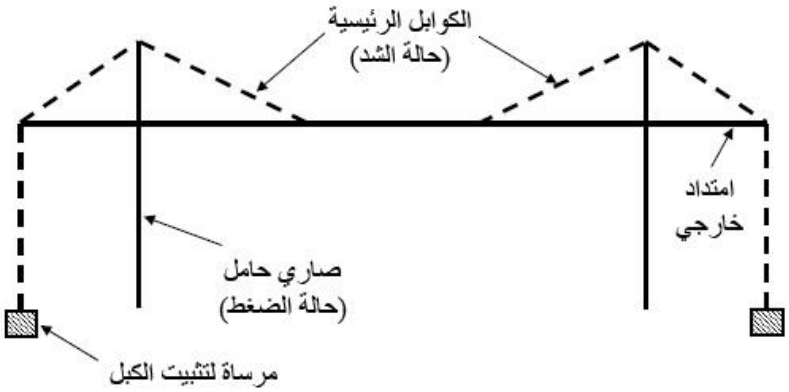


شكل (١-١٩) الأنواع المختلفة للكوابل [39]

تكون الحمولات على الكوابل على شكل:

- خطوط مباشرة بين القوى.
- بقوة واحدة إما متلاقية أو متناسقة.
- يرتبط الشكل بشكل مباشر بتوزيع القوى.

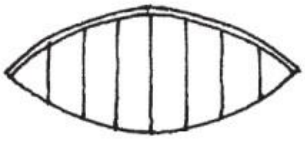
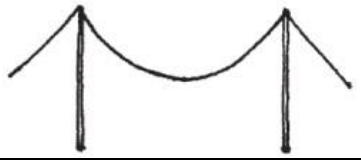
الشكل (١-٢٠) يبين ذلك.



شكل (١-٢٠) مقطع في منشأة كبلية [إعداد الباحث]

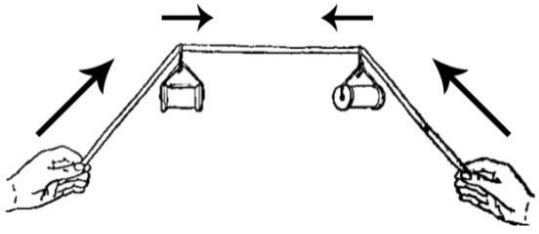
الجدول التالي يبين بعض أنواع المنشآت الكبلية والمعلقة

جدول (١-١٤) بعض أشكال المنشآت الكبلية والمعلقة [إعداد الباحث]

بعض أشكال المنشآت الكبلية والمعلقة		
		
معلقة مغلقة	معلقة	كبلية

١-٩-١-٨ القضبان والدعائم

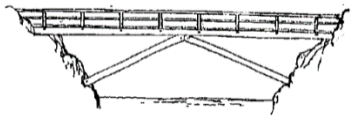
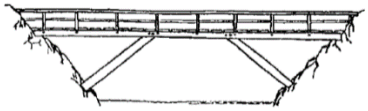
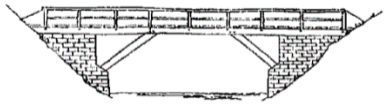
تأخذ البنى الإنشائية ذوات الأضلاع المتعددة والمتعرضة للانضغاط، شكل الحبال المتصلبة المقلوبة، وتكوِّن إطاراً على شكل قضبان ودعائم حيث أن سهم القوى الذي كان في الحبال للأسفل، يصبح هنا في الأعلى، وبعكس اتجاهات القوى الدافعة، وتكون البنية الإنشائية لها بالكامل، معرضةً للانضغاط. يظهر الشكل(١-٢١) بنية منضغطة، مطابقة لشكل حبل محمل بوزنين متساويين وبمكانين متناظرين.



شكل (١-٢١) الضغط في القضبان [إعداد الباحث]

فالجوائز الخشبية الأفقية، التي تشكل طريق العبور، تكون مدعمة بأربع قطع مائلة، تسمى: دعائم، وهي تلتقي مع بعضها في وسط مجاز الجسر، أو تلتحم مع الجوائز الأفقية في أربع نقاط مختلفة، لأن جسورا كهذه يمكنها الوقوف على أقدامها، شريطة أن تكون الدعامات مستندة على ضفتي الجدول، على مساند صلبة. الجدول (١-١٥) يبين بعض أشكال استخداماتها.

جدول (١-١٥) بعض أشكال دعائم الجسور [إعداد الباحث]

بعض أشكال دعائم الجسور		
		
آ	ب	ج

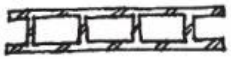
١-٩-٢ الجمل الإنشائية السطحية تحت تأثير القوى والحمولات

تنقسم عناصر الجمل الإنشائية السطحية إلى: الجدران، البلاطات، الأنوية، القبوات، القباب، الاسقف المخروطية ، السطوح السرجية والسطوح القطعية، وتتأثر بالقوى والحمولات حسب التالي:

١-٩-٢-١ الجدران

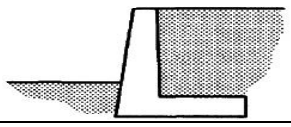
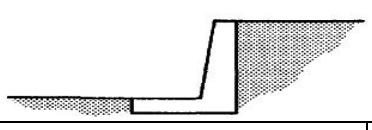
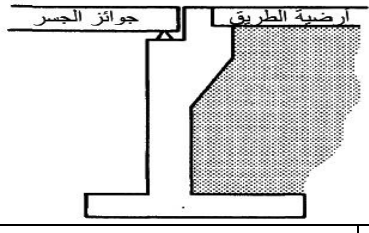
الجدران كالأعمدة، شاقولية، وتتعرض بشكل أساسي للضغط، ومن الممكن أن تتعرض للانحناء[١٢] الجدول التالي يبين بعض أمثلة الجدران.

جدول (١-١٦) بعض أمثلة الجدران [إعداد الباحث]

بعض أمثلة الجدران			
			
مضاعف	مثني	مدعم	مصمت

وكذلك للجدران الاستنادية عدة أنواع حسب طبيعة الأرض وحسب الهدف من بناء الجدار، أي أن يكون ساتراً فقط أو أن يكون متحملاً لضغط التربة والماء أو أن يمنع الانهيارات وغير ذلك.

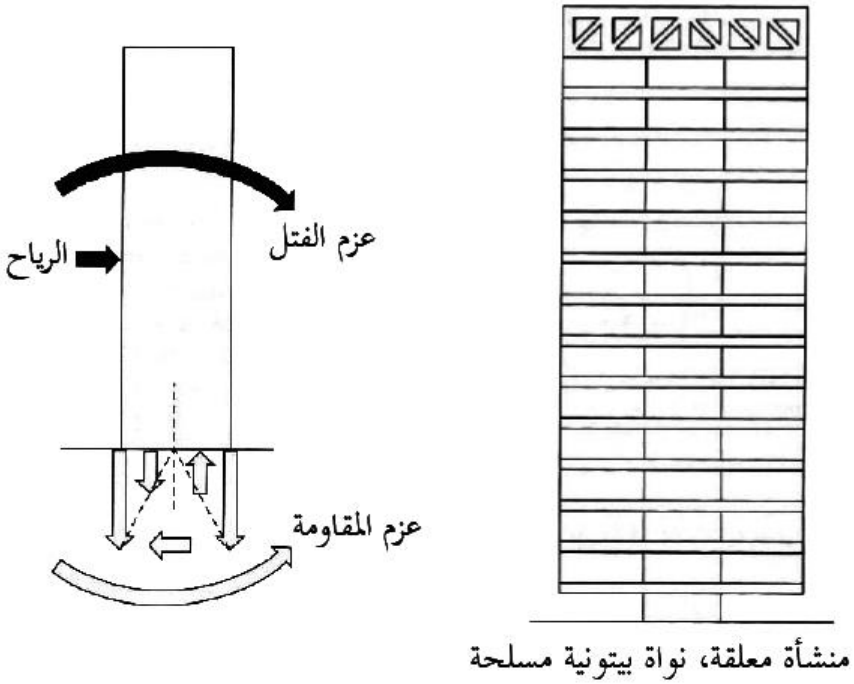
جدول (١-١٧) أمثلة الجدران الاستنادية [إعداد الباحث]

بعض أمثلة الجدران الاستنادية		
		
جدار استنادي مع امتداد للخلف	جدار استنادي مع امتداد للأمام	جدار استنادي لجسر

١ – ٩ – ٢ – ٢ النواة

تستخدم النواة لتحمل القوى الجانبية في المنشآت، كقوى الرياح أو قوى الحركات الاهتزازية الناجمة عن أفعال الهزات والزلازل، كما وتستخدم لتثبَّت الشدادات فيها وذلك في جمل المنشآت المعلقة.

الشكل التالي يبين منشأة بنواة حاملة وسلوك النواة تحت تأثير القوى والحمولات المؤثرة.



الشكل (١–٢٢) الاجهادات في النواة [١٦]

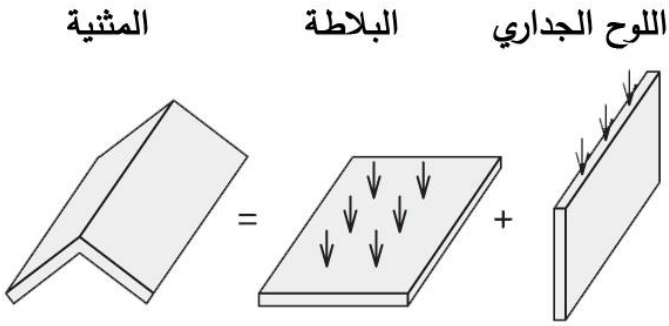
١ – ٩ – ٢ – ٣ البلاطات

كما في الجوائز، البلاطات تمتد أفقياً بين الدعائم ومن الممكن أن تكون داعمة بشكل بسيط، مستمرة أو ظفرية. تستخدم لنقل الحمولات التي تتعرض لها إلى العناصر الحاملة الشاقولية.

البلاطات عادة ما تكون عرضية ونسيباً مسطحة وتصمَّم لتشكِّل الأرضية، البلاطة إما أن تمتد باتجاه واحد وهذا يعني أنها مدعمة بالجدران من جانبين متقابلين للبلاطة أو أنها تمتد بالاتجاهين، وهذا يعني أنها مدعمة بالجدران من الجوانب الأربعة.

فمثلا بلاطة من مادة الخرسانة المسلحة بسماكة من ١٥– ٣٠ سم، تمكننا من الحصول على مجازات واسعة، وذلك باستخدام شكل البلاطات المثنية أو الفطرية.

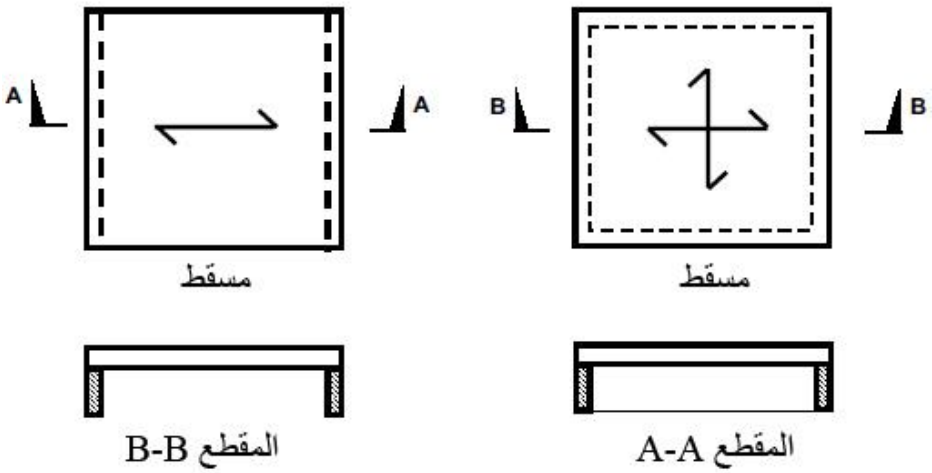
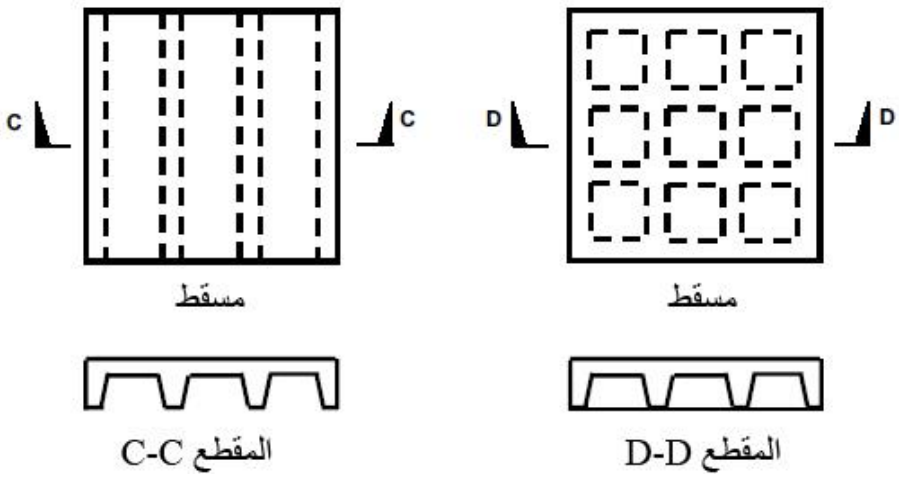
يختلف سلوك البلاطات الإنشائية بسبب اختلاف وتعدد الأشكال الإنشائية لها، وذلك بسبب اختلاف طبيعة وشكل القوى التي تتعرض لها. الشكل (١–٢٣) يبين مثالاً على ذلك



سلوك البلاطة المثنية يجمع بين سلوك البلاطة والجدار

شكل (١-٢٣) سلوك البلاطة المثنية [٥٤]

جدول (١-١٨) أنواع البلاطات من حيث نقل الحمولات [إعداد الباحث]

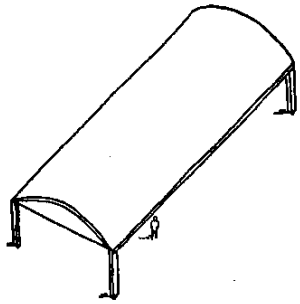
أنواع البلاطات من حيث نقل الحمولات	
	
بلاطة تعمل باتجاهين	بلاطة تعمل باتجاه واحد
	
بلاطة معصبة باتجاهين	بلاطة معصبة باتجاه واحد

١-٩-٢-٤ القبوة (السقف الاسطواني)

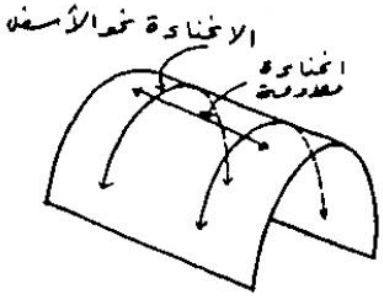
أبسط مثال على هذا النوع من البنى الإنشائية السقف الاسطواني، وارتكازها على الطرفين المنحنيين يكون أكثر من ارتكازها على الطرفين المستقيمين.

هذه الأسقف تبدو كالأقواس الطويلة، وهي تسلك سلوك الأقواس، وذلك لأنها لا تنتج قوى دفع أفقية، بل على العكس، فالقبوة تسلك سلوك جوائز مرتكزة على الأطراف حيث يكون مقطعها العرضي نصف دائري.

البلاطات الاسطوانية لها منحى غير مقوس، وهذا المنحى يوازي محور تلك البلاطات والذي يكون مستقيما الشكل(١-٢٤-آ-ب) يوضح ذلك.

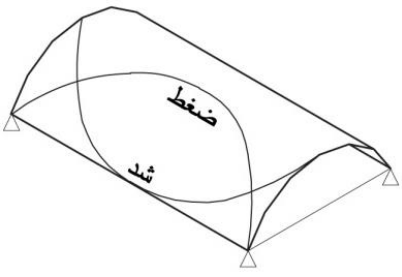


شكل (١-٢٤-آ) القبوة [1]

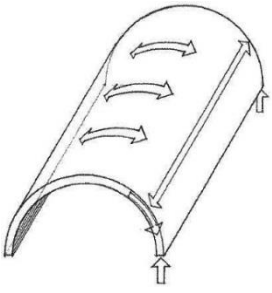


شكل (١-٢٤-ب) الانحناءات في القبوة [1]

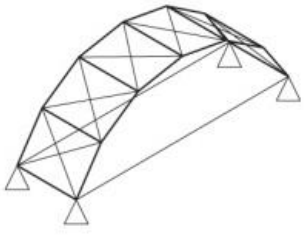
ففي القبوة، كما في الجائز يظهر اجهاد الانضغاط في منطقة القمة، والشد في منطقة القاعدة، حيث تظهر قوى دفع أفقية، كما يظهر المحور المحايد، وهذه المقارنة تظهر بأن نفس الشكل الهندسي يخضع لتأثيرات مختلفة وذلك بحسب نوع الارتكاز شكل (١-٢٥). وسلوك القبوة القصيرة تحت تأثير الحمولات مشابه لسلوك القوس شكل (١-٢٦).



شكل (١-٢٥-أ)الاجهادات [٥٤]



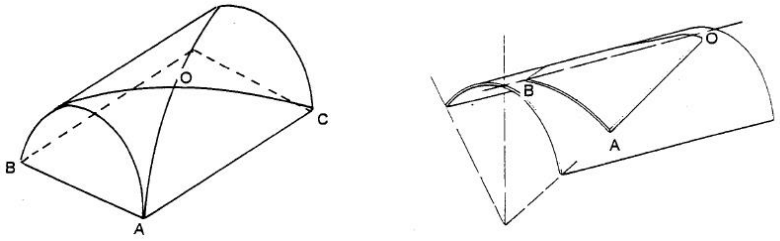
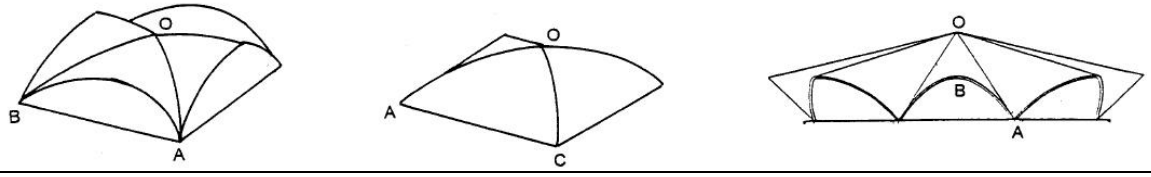
شكل (١-٢٥-ب)الاجهادات [٢٣]



شكل (١-٢٦) سلوك القبوة القصيرة [٥٤]

ويمكن الحصول على العديد من الأشكال الهندسية انطلاقاً من تقاطع وجمع الشكل الاسطواني للقبوة والشكل التالي يوضح بعض هذه الأشكال ونقاط أماكن القطع والوصل.

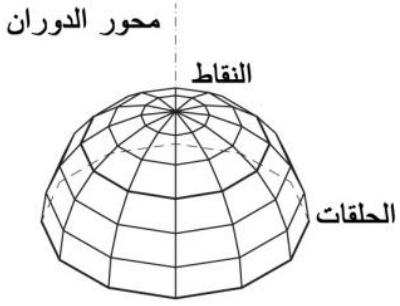
جدول (١-١٩) بعض الأشكال الهندسية الناتجة من القبوة [إعداد الباحث]

بعض الأشكال الهندسية الناتجة من القبوة

نقاط أماكن القطع من الشكل الاسطواني للقبوة

نقاط أماكن الوصل من الشكل الاسطواني للقبوة

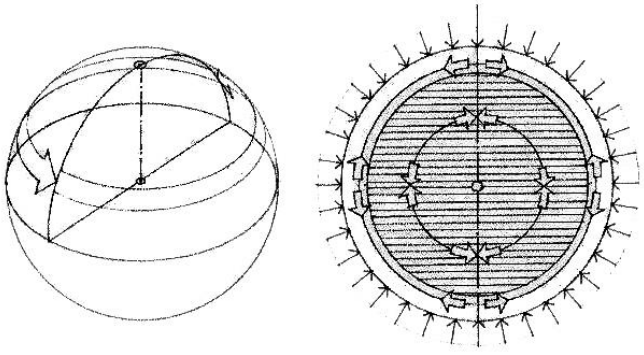
١-٩-٢-٥ القباب

هذا النوع من المنشآت، يقاوم الأحمال، من خلال قشرته الخارجية (لا يوجد بلاطة- جوائز- أعمدة) كلها قطعة واحدة. البلاطات التي لها شكل قبة، تكون لها تقوسات نحو الأعلى، وفي جميع الاتجاهات. [14] شكل(١-٢٧)

تكون الأسطح ذات سماكة صغيرة بالمقارنة مع المنشآت الأخرى، لذلك يكون تحمل هذا السطح للأحمال الحية قليلاً. وفيها تلغى تماما اجهادات الانحناء بسبب صغر مقاطعها متحولة إلى إجهادات شد، أي أنها تستطيع أن تتحمل القوى المؤثرة عليها وتحللها إلى قوى مماسية في اتجاه الدوران والاتجاه العمودي عليها للتحكم فيها بسهولة، كما هو موضح في الشكل (١-٢٨).



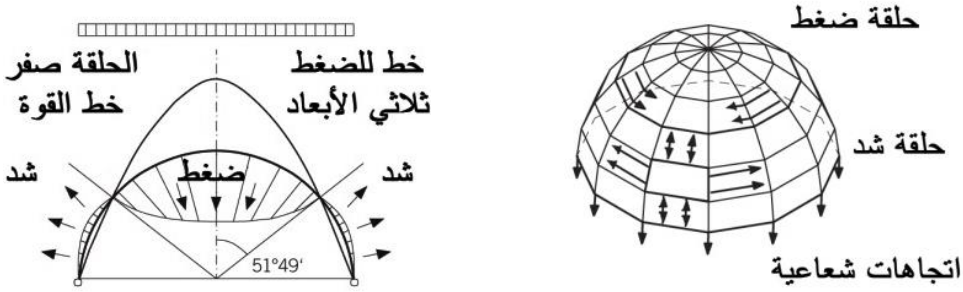
شكل (١-٢٧) القباب [٥٤]



الشكل (١-٢٨) القوى الأفقية الناشئة عند قاعدة القبة [23]

إن خصوصية القباب، الأنصاف الكروية، تتمثل بأنه وتحت تأثير الحمولات، فإن الأقواس المنصفة للقبة، تميل للانزياح نحو داخل القبة، من قمتها، وتضغط الدوائر العلوية المتوازية في الوقت الذي

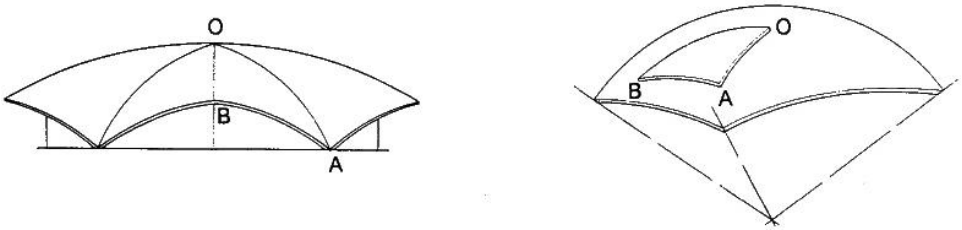
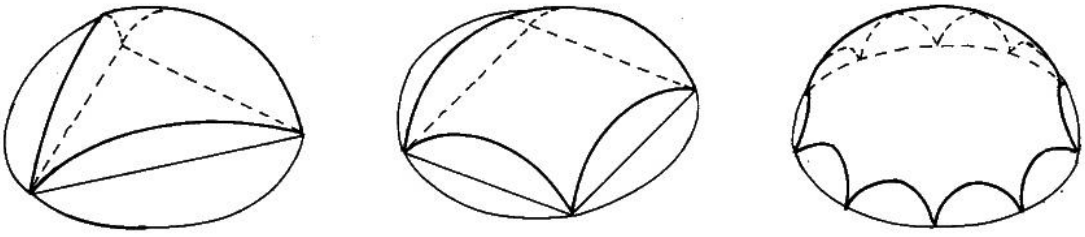
تسعى فيه تلك الدوائر للانزياح نحو الخارج من القاعدة، مولدة شداً في الدوائر المتوازنة السفلية، أي أن حلقات الضغط في الجزء العلوي من القبة، عملا على افساح المجال لحلقات الشد في الجزء السفلي من القبة. شكل (١-٢٩). [١]



الشكل (١-٢٩) الاجهادات في القبة(الدوائر العرضية تتغير من الضغط إلى الشد عند الدرجة من (٤٩-٥١) [٥٤]

وكما في القبوات ويمكن الحصول على العديد من الأشكال الهندسية انطلاقاً من تقاطع وجمع الشكل المنحني للقبة والشكل التالي يوضح بعض هذه الأشكال ونقاط أماكن القطع والوصل.

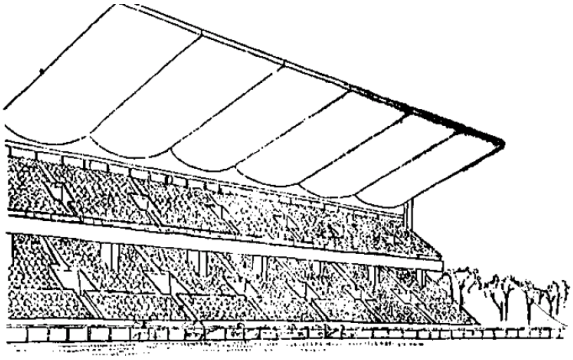
جدول (١-٢٠) بعض الأشكال الهندسية الناتجة من القبة [إعداد الباحث]

بعض الأشكال الهندسية الناتجة من القبة

نقاط أماكن القطع والوصل من الشكل المنحني للقبة

أشكال أخرى ناتجة عن تقاطع وجمع القبة

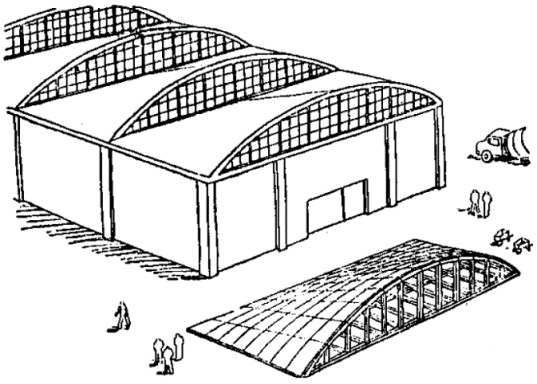
١-٩-٢-٦ الأسقف المخروطية

إن شكلا مشابهاً للبلاطة الاسطوانية (القبوة)، يمكن أن نحصل عليه من حني أحد طرفي بلاطة قشرية ومن ترك الطرف المقابل ثابتا، وهذا النوع من الأسقف، يدعى: الأسقف المخروطية الشكل، حيث أن لها شكلاً مثالياً، كأسقف ظفرية لتغطية مدرجات ملاعب كرة القدم أو المصانع، وتكون جهة الانحناءة نحو الأعلى أو نحو الأسفل كما في الشكل(١-٥٩-أ-ب). [١]

تسلك هذه الأسقف سلوك القبوات، فقوى الدفع الأفقية الناتجة عنها تكون ضعيفة، فهي من جهة تأخذ الشكل القوسي، ومن الجهة الأخرى خطاً أفقياً مستقيماً، بل على العكس، حيث يكون مقطعها العرضي قوسي. ويكون اجهاد الانضغاط في منطقة التقوس سواءً من الأعلى أو إذا كانت مقلوبة من الأسفل، ويظهر الشد في المنطقة المقابلة وينعدم عند نهاية تقوس السقف.



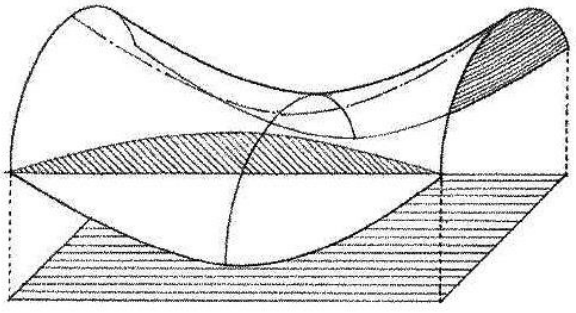
الشكل(١-٣٠-أ) الأسقف المخروطية [1]



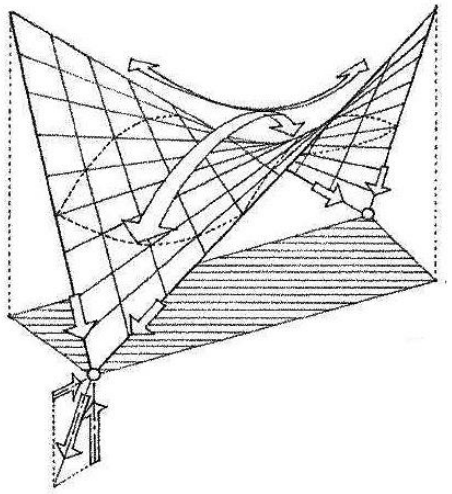
الشكل(١-٣٠-ب) الأسقف المخروطية [1]

١-٩-٢-٧ سطوح المجسم المكافئ الزائدي (سرج الحصان)

تتميز السطوح السرجية بتقوسات نحو الأعلى وفي اتجاهات معينة ونحو الأسفل في اتجاهات أخرى – شكل (١-٣١). ويسمى أيضاً بالسطح القطعي الزائد أو اختصارا بكلمة القطعي – شكل (١-٣٢). وهو يخضع إلى تأثير اجهادات شد وضغط. [١]



الشكل(١-٣١) السطوح السرجية [23]



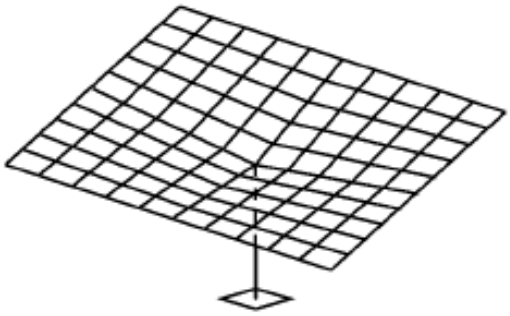
الشكل(١-٣٢) السطوح السرجية [23]

١-٩-٢-٨ السطوح القطعية

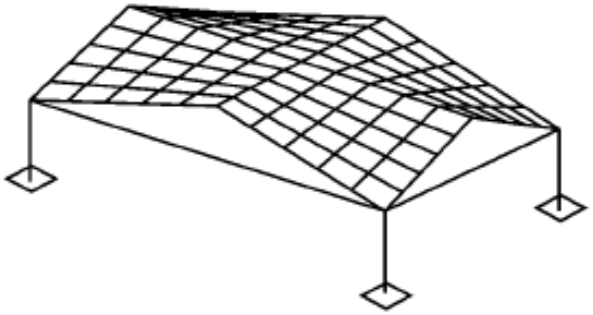
تعتبر السطوح المؤلفة من القطوع، من حيث الفعالية، من أفضل الأسقف التي بنيت حتى اليوم، ويمكن أن تكون قليلة السماكة، وذلك لأن الكابلات المشدودة –حيث تستند الأقواس المنضغطة– تحول دون

ظهور التحنيب في تلك الأقواس، وفي الشكل (١-٣٣-آ) يظهر كيف أنه يمكن ربط أربعة عناصر قطعية، ذوات أشكال وصفية، إلى جوائز وذلك على طول الأضلاع المائلة من أجل الحصول على مظلات قطعية كبيرة مستندة على عمود واحد.

إن الشكل (١-٣٣-ب) يُظهر سقفا قطعيا مؤلفاً من أربعة عناصر مقلوبة، متصلة مع بعضها على طول أطرافها الأفقية بالشدادات، التي سوف تتحمل قوى الدفع الأفقية للأطر المثلثية الطرفية، والعناصر الأربعة هذه، تستند على أربعة من الأعمدة. [١]



الشكل(١-٣٣-آ) السطوح القطعية [٢٢]



الشكل(١-٣٣-ب) السطوح القطعية [٢٢]

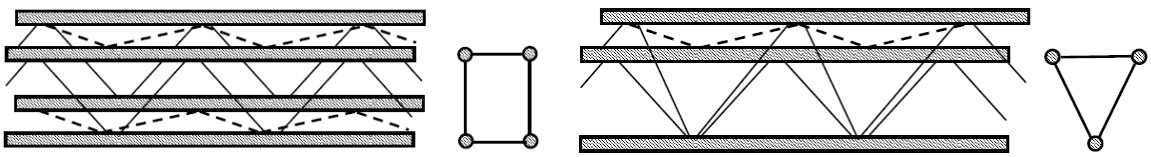
١-٩-٣ الجمل الإنشائية الفراغية تحت تأثير القوى والحمولات

تنقسم عناصر الجمل الإنشائية الفراغية إلى: الجوائز الشبكية ، القبوات المتعامدة ، المنشآت المعلقة (الكبلية) والمنشآت المنفوخة، وتتأثر بالقوى والحمولات حسب التالي:

١-٩-٣-١ الجوائز الشبكية الفراغية

عند تطبيق حمولات شاقولية على الجائز الشبكي المرتكز في طرفيه، فإن جميع القضبان الأفقية تكون معرضة للانضغاط، في حين أن القضبان السفلية، تكون معرضة للشد. [١]

المقطع العرضي في الجائز الفولاذي عبارة عن ذراعين علويين في منطقة الضغط وذراعين أو ذراع سفلية في منطقة الشد كما يظهر في الشكل (١-٣٤).



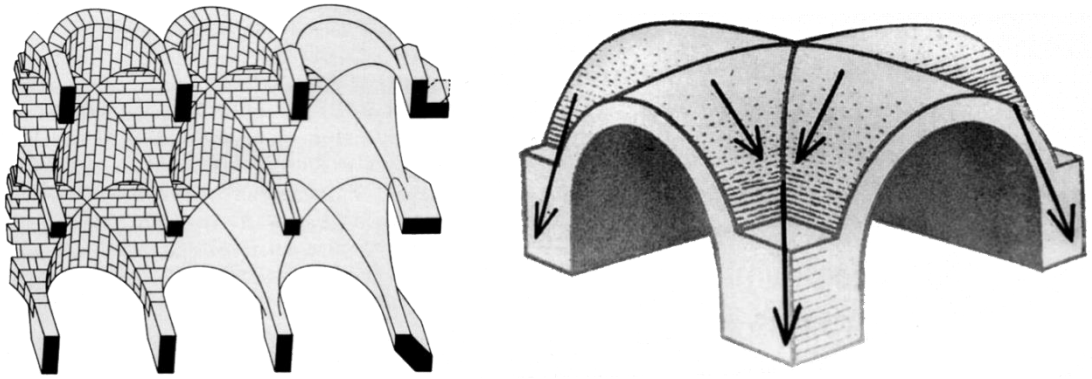
الشكل(١-٣٤) بعض أشكال الجوائز الشبكية الفراغية [12]

١-٩-٣-٢ القبوات المتعامدة

هيكل أفقي، ناتج عن تداخل قبوتين لهما نفس الارتفاع وخطوط القمة (الناتجة عن تقاطع القبوتين) يكون البناء على شكل مجازات مختلفة مؤلف من أربعة أقسام، متناظر اثنين باثنين وينقل الحمولات باتجاه المرتكزات الأربعة للزاوية.

كلما زاد ارتفاع القوس ، ازدادت قيمة الضغط الشاقولي ونقصت قيمة الضغط الأفقي وكلما اقترب القوس من شكل نصف الدائرة زاد الدفع الجانبي لذلك تكون الركائز هنا أكثر عرضاً للاجهادات.

تستخدم هذه التقنية البنائية الثقيلة لدعم هيكل البناء، و نجدها في أغلب الأحيان في القبو أو في الطابق الأرضي .مع ذلك يمكن أن تستخدم من أجل إنشاء كافة الطوابق البناء حتى الطابق الأخير.



الشكل(١-٣٥) نظام القبوات المتعامدة [24]

١-٩-٣-٣ المنشآت المعلقة (الكبلية)

الفكرة الإنشائية لهذا النوع من التغطيات هو أنه إذا لم يكن بالإمكان تأمين الدعامات من الأسفل، فمن الممكن تأمينها من الأعلى، وذلك باستخدام الكوابل المشدودة وتثبيتها إلى صواري داعمة مثبتة في نقطة الرسو على الأرض. [15]

تتعرض تكويناتها الإنشائية فقط للشد، وهي مرنة بسبب صغر مقاطعها بالنسبة لأطوالها، مما يمنع الاجهادات غير المنتظمة الناتجة عن عزوم الانحناء (الثبات من خلال المرونة)، تعتمد ميكانيكية نقل الأحمال الرأسية في الكابلات على نقل الأحمال التي يتعرض لها الكابل على الركائز الخارجية.

١-٩-٣-٣-١ المنشآت المعلقة الخطية (الجسور)

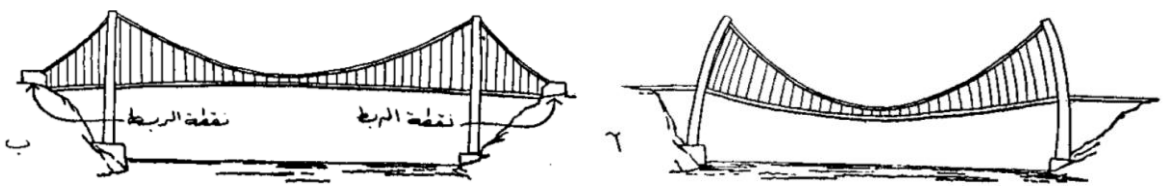
في الجسر المعلق تثبت الكابلات بتعليقها إلى سطح الجسر وذلك بمساعدة شدادات التعليق، بينما يدعم الجسر بإضافة جوائز شبكية إضافية إلى سطحه كما في الشكل(١-٣٦)، وهي تعمل كجوائز صلبة، تحافظ على وضعيتها الأفقية حتى تحت تأثير الحمولات المتحركة فوق الجسر.

الشكل(١-٣٦) الجسر المعلق [1]

إن الكابل الفولاذي يمثل عنصراً مشدوداً، لأنه يعمل فقط على الشد، لكننا لا نستطيع أن نشيد منشأة تعمل فقط على الشد أي أنها مكونة فقط من الكابلات، وذلك لأن الكابلات يجب أن تربط إلى مساند.

إن الجسر المعلق، يمثل نموذج البنية الإنشائية التي تضم العناصر المشدودة (الكابلات) والعناصر المنضغطة (قواعد الأعمدة) وتلك المعرضة للانحناء (الجوائز الشبكية الداعمة) ولأنه ينشأ في الكابل سهم معين، وذلك حتى يستطيع أن يتحمل أي ثقل، فإن أطراف الكابلات في الجسر المعلق يجب أن تثبت في نقطتين تقعان على ارتفاع أكبر من الجسر الذي تحمله، وهاتان النقطتان تمثلان رؤوس أعمدة استناد الجسر.

أما الأعمدة الحاملة للجسر فغالبا ما تتوضع في مجرى النهر، وتكون بشكل أساسات متوضعة على القيسونات. أما قوة الدفع الأفقية المطبقة على أطراف الكابلات، فإنها تؤدي إلى انحناء الأعمدة الطرفية للجسر – شكل(١-٣٧-آ)، وذلك إن لم تمد الكابلات إلى ما بعد الأعمدة وتربط إلى الأرض كما في الشكل (١-٣٧- ب).



الشكل(١-٣٧) قوة الدفع الأفقية في كابلات الجسور [1]

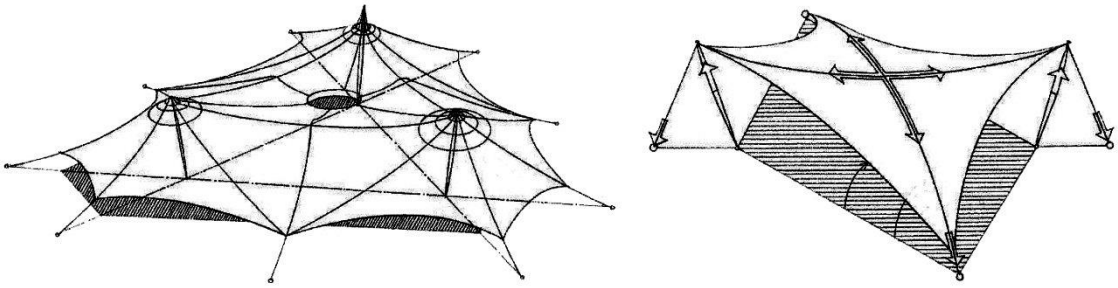
١ – ٩ – ٣ – ٣ – ٢ المنشآت المعلقة السطحية (الخيام)

بالرغم من ضعف الأغشية بالنسبة لجميع الاجهادات، إلا أنه أمكن للذكاء البشرى استخدامها لأغراض إنشائية بسبب خفتها.

الفكرة الإنشائية الأساسية هي تحويل القوى إلى قوى ضغط وشد، وبالتالي إلغاء عزوم الانحناء وذلك عن طريق شكل توضع النسيج المغطي للمنشأ الخيمي. تتميز طريقة الإنشاء هذه باستخدام مواد تتميز بالمرونة واللدونة بحيث يسهل الحصول على أسطح منحنية وحتى مستوية.

تكون أغشية التغطية رقيقة، وهي من الليونة بحيث تهبط تحت أي حمل، وتتحول الاجهادات داخلها الى اجهادات شد.

إن قائم الخيمة والشدادات والأوتاد جميعها لها نفس الغرض، وهو الإبقاء على غطاء الخيمة، ومجموع هذه العناصر يشكل البنية الانشائية للخيمة – شكل (١–٣٨).



شكل (١–٣٨) الاجهادات و الشدادت في الخيام [23]

وتعتبر المظلة مثالا للأغشية سابقة الإجهاد. فيعتبر دفع الضلوع الصلبة المنحنية إلى الخارج وارتكازها على شكالات الضغط المتصلة إلى العصي شكلاً مناسباً لنقل الأحمال.

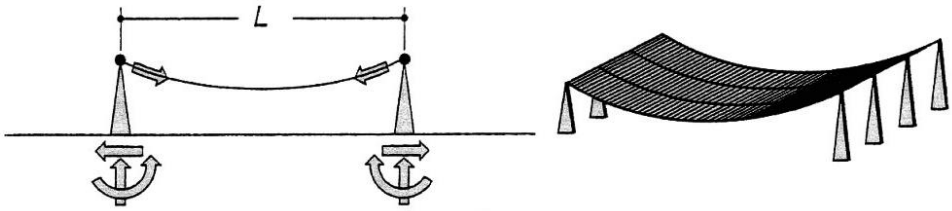
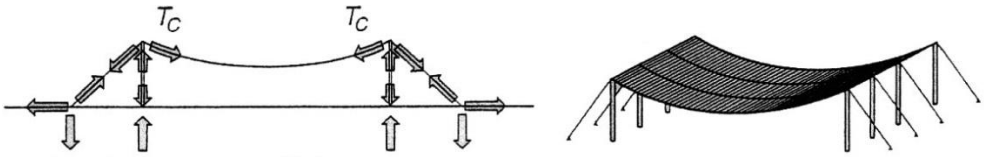
ويمكن لغشاء المظلة في حدود معينة أن ينقل ضغوطا من أعلى ومن أسفل ، حيث أن الهياكل الصلبة تعكس الاجهادات مع تغير تأثير الرياح، ولكن يبقى الغشاء في الشد في كِلا الحالتين. [15]

١ – ٩ – ٣ – ٣ منشآت التغطيات المعلقة للأسقف والمظلات

تستخدم المنشآت المعلقة شبكة من الكابلات المعلقة والمسبقة الشد بين العناصر المشدودة حتى تتحمل الحمولات المطبقة.

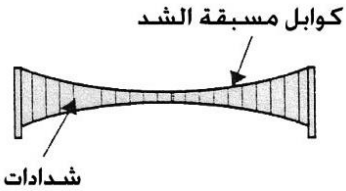
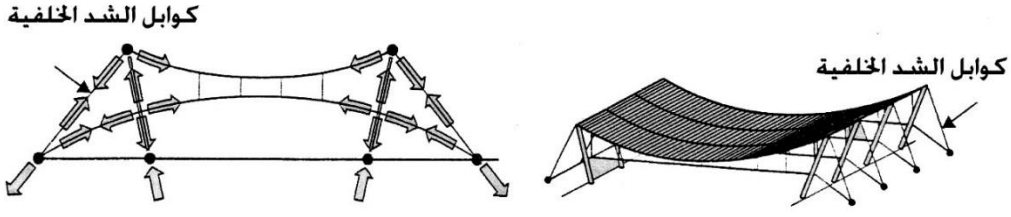
أبسط نظم المنشآت المعلقة يتألف من طبقة واحدة من الكابلات والتي تستند على دعائم بسيطة تنقل حمولات التغطية الى الأرض. الجداول (١–٢١/٢٢) التالية توضح ذلك.

جدول (١-٢١) نظم المنشآت المعلقة [إعداد الباحث]

نظم المنشآت المعلقة	
المؤلفة من طبقة واحدة من الكابلات	
	دعائم على شكل أعمدة
القوى الأساسية المؤثرة، حيث تصمم الأساسات لتمنع انقلاب الأعمدة	
	دعائم على شكل سواري تثبيت
القوى الأساسية المؤثرة، حيث تنقل السواري القوى المحورية. وتصمم أساسات تثبيت الكوابل لتمنع الدعائم من التحرك أو الانزلاق	

ومن جهة أخرى يستخدم نظام الكابلات المزدوجة للأسقف لمقاومة رفرفة السقف بسبب الهواء، وتكون القوى المؤثرة في الكبل العلوي مختلفة عن القوى المؤثرة في الكبل السفلي لذلك يكون لكل عنصر إنشائي من المنشأة تردد اهتزاز مختلف عن العنصر الآخر والتي باجتماعها معاً تشكل آلية ميكانيكية مخمدة للذبذبات والاهتزازات.

جدول (١-٢٢) نظم المنشآت المعلقة [إعداد الباحث]

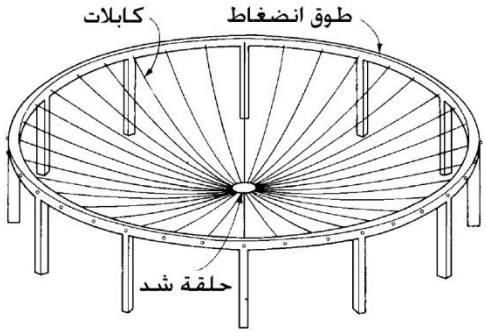
نظم المنشآت المعلقة	
المؤلفة من طبقتين من الكابلات	
	الكوابل المقعرة
نظام الكابلات المزدوجة	
	منشأة تستخدم كوابل مقعرة
القوى الأساسية في العناصر الداعمة	

١-٩-٣-٣-٤ أسقف الصحون القشرية

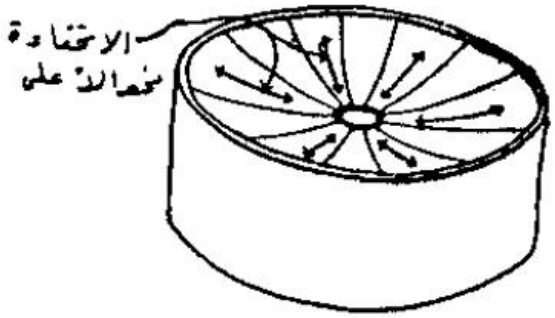
هي أسقف معلقة مكونة من طبقة واحدة من الكابلات تشكل سقفاً يشبه في بنيته الإنشائية شكل الصحن. [20]

الحمولات الشاقولية تؤدي إلى نشوء اجهادات شد في الكابلات المقعرة، واجهادات ضغط في الأقواس المحدبة، نستنتج من ذلك، بأن الشد في الكابلات الأنصاف الدائرية لسقف صحني، يؤدي إلى تولد انضغاط في الطوق الخارجي، وشد في الحلقة الداخلية، وذلك لأن جهة تأثير الشد في الكابلات تكون نحو مركز الطوق الخارجي، ومتجهة من جهة الحلقة الداخلية، شكل(١-٣٩). [١]

تكون تقوسات البلاطات التي لها شكل صحني نحو الأسفل، وفي جميع الاتجاهات شكل(١-٤٠)



الشكل(١-٣٩) اجهادات الأسقف الصحنية [٣٩]

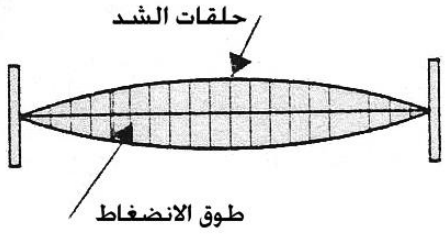
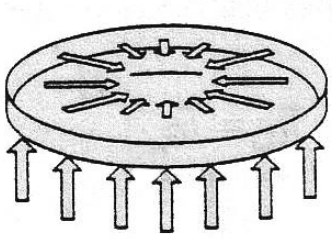


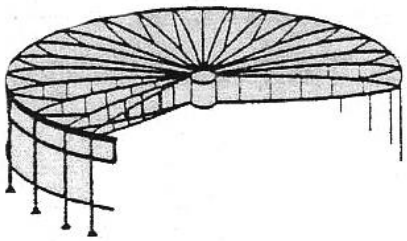
الشكل(١-٤٠) انحناءات الأسقف الصحنية [1]

١-٩-٣-٣-٥ أسقف عجلة الدراجة

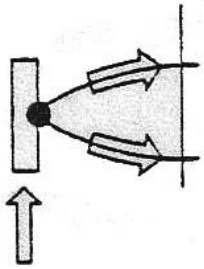
من أجل حل مشكلة تجمع المياه في الأسقف الصحنية، فقد بنيت أسقف بطوق خارجي معرض للانضغاط، وبحلقتين داخليتين تعملان على الشد، إحداهما تتوضع فوق مستوى الطوق الخارجي والأخرى تحت ذلك المستوى وتمتد منها نحو الطوق الخارجي مجموعتان من الكابلات – شكل(١-٢٣). الأسقف تسمى أسقف عجلة الدراجة، وذلك لأسباب شكلية واضحة. [١]

جدول (١-٢٣) أسقف عجلة الدراجة [إعداد الباحث]

أسقف عجلة الدراجة	
	
مقطع للقوى في الكابلات	القوى في حلقة الضغط



الشكل الإنشائي



القوى في الكبل

١-٩-٤ المنشآت المنفوخة

وهى منشآت غشائية مشدودة نتيجة فرق ضغط الهواء، ويؤدي هذا الفرق في الضغط إلى ثبات المنشأ تحت أحمال الرياح. أي أن المنشآت المنفوخة منشآت شد خالص ، ويتم الانتفاع بالغشاء بدرجة عالية من الكفاءة.

من أنواعها:

١-٩-٥-١ المنشآت المنفوخة بالهواء

ينحصر الهواء في داخل غشاء ليكون غشاء منفوخاً، وليكون عنصراً إنشائياً مثل الأعمدة والجوائز والجدران والعقود، والتي تقاوم الأحمال الخارجية وهي نوعان:

أولاً : المنشآت منفوخة الضلوع

عبارة عن إطار من الأنابيب المنفوخة التي تحمل غشاءً مشدوداً عازلاً للرطوبة. هذا الغشاء يضيف كثيراً لثبات المنشأ.

ثانياً : المنشآت المنفوخة مزدوجة الغشاء

تتكون من غشاءين ينحصر بينهما الهواء. [15]

١-٩-٥-٢ المنشآت الداعمة للأحمال بواسطة فرق الضغط

تتكون من غشاء انشائي واحد محمول بواسطة فرق بسيط في ضغط الهواء بين الداخل والخارج. [15] يمكن بطريقة الإنشاء هذه، إنشاء عناصر إنشائية تعمل كالأعمدة، وتتحمل حمولة معينة، وهذا ممكن لأن الحمولة تسعى لأن تضغط الجدران بالاتجاه الطولاني، ولكن هذه الجدران وبسماكتها القليلة جداً، لن

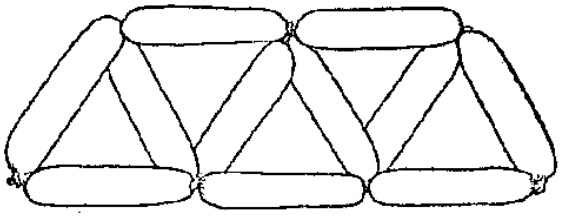
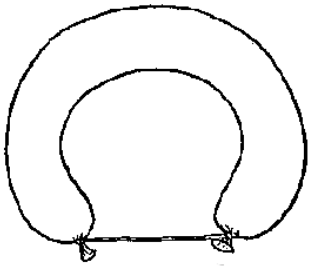
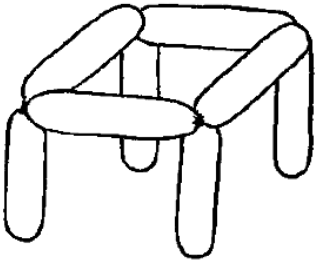
تتحنب، ولن تتمزق طالما أن الانضغاط الناتج عن تأثير الحمولة لا يعدم الشد الناتج عن ضغط الهواء الموجود في داخل العنصر.

أيضاً، يمكن إنشاء عناصر إنشائية تعمل كالجائز، وبإمكان الجائز الناتج أن يُعلَّق كالظفر تحت تأثير ثقله فقط، ويمكنه أيضاً أن يحمِّل حمولة.

وطالما أن الحمولة لن تزداد، بما يكفي لإلغاء قوة الشد الناتجة عن الانتفاخ، وذلك بقوى الانضغاط الناتجة في القسم السفلي للجائز، فيمكن للجائز عندها أن يأخذ وضعية الظفر.
أما عندما تتجاوز قيمة الانضغاط الناتجة عن انحناء الجائز، قيمة قوى الشد الناتجة عن الانتفاخ فإن الجائز سوف يتحنب في قسمه السفلي، وذلك قرب النقطة الممسوك فيها، ومن ثم سوف يتمزق.
وبنفس الآلية، فإن عنصراً منفوخاً يستطيع أن يتحمل حمولة متوضعة في وسط مجازه، باعتباره جائزاً بسيط الاستناد.

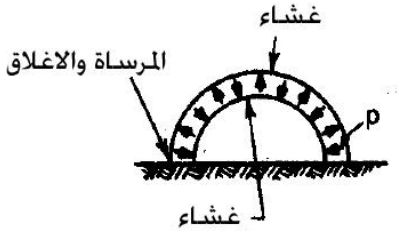
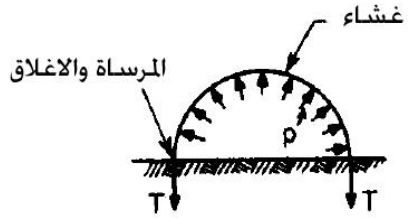
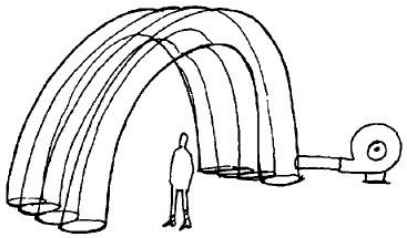
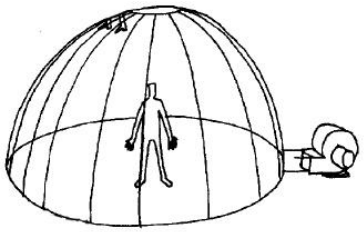
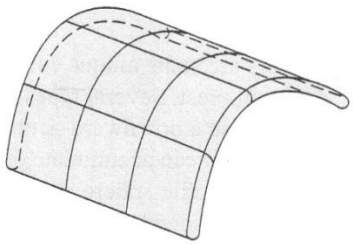
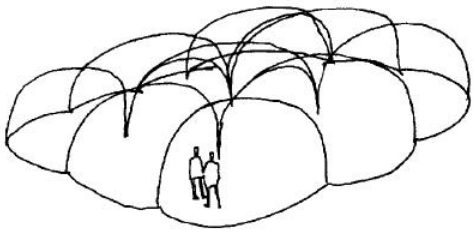
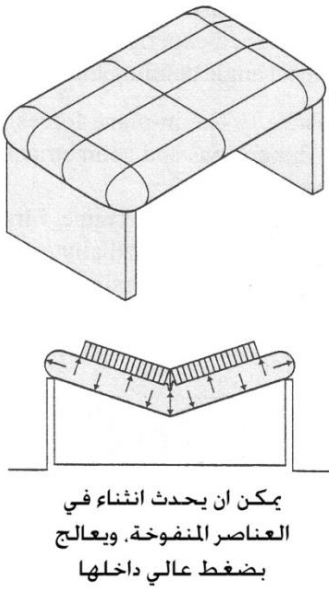
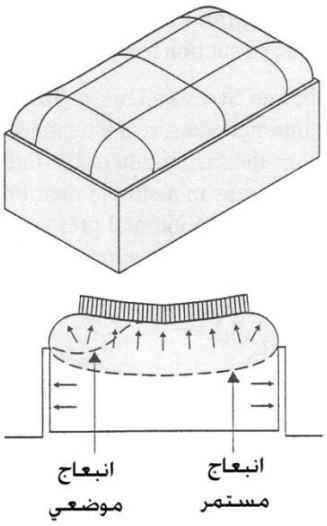
وباستعمال الأغشية المنفوخة، يمكن إنشاء أقواس أو أطر انشائية، وحتى جوائز شبكية أيضاً، كما في الجدول (١-٢٤)، وتكون غايةً في خفة الوزن، وتتحمل أثقالاً أكبر بمئات المرات من أوزانها. [١]

جدول (١-٢٤) بعض أشكال العناصر من الأغشية المنفوخة [إعداد الباحث]

بعض أشكال الأغشية المنفوخة	
	
جائز شبكي من الأغشية المنفوخة	
	
قوس من الأغشية المنفوخة	إطار من الأغشية المنفوخة

والجدول (١-٢٥) التالي يلخص المفاهيم السابقة.

جدول (١-٢٥) الاجهادات في المنشآت المنفوخة [إعداد الباحث]

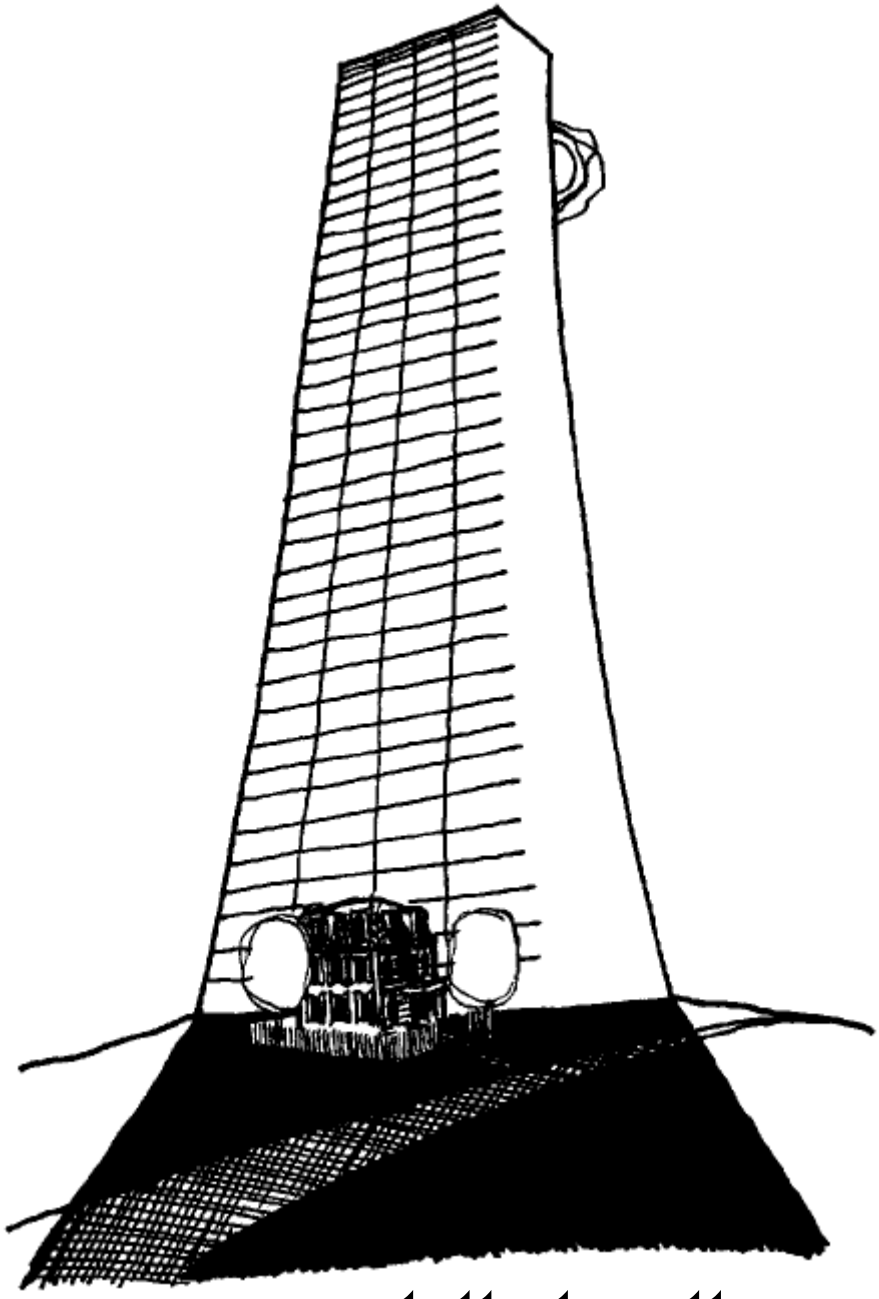
المنشآت المنفوخة		
أنواعها	المنشآت المنفوخة بالهواء	المنشآت الداعمة للأحمال بواسطة فرق الضغط
طريقة الضغط		
أشكالها		
		
حالات التشوه		

الخلاصة:

– مفاهيم الضغط، الشد، الانحناء والقص تعتبر أساسية من أجل أي دراسة للميكانيكا الإنشائية، لذلك، يجب على الدارس أن يفهم وبشكل جيد معنى كل مفهوم وما يتضمنه ذلك.

– الأجزاء المختلفة للمنشأة تتشوه تحت تأثير الحمولات بشكل مختلف عن بعضها البعض.

لذلك يجب على القارئ أن يفهم وأن يكون قادراً على تصوُّر هذه النماذج من السلوك الإنشائي، والتي تعتبر أساسية للتصميم الإنشائي. [١٢]



الفصل الثاني

مواد البناء المستخدمة في العمارة

في العصر الحالي يعتبر البناء صناعة ويعتبر تصنيع وتجارة مواد البناء أحد أكثر الصناعات ربحاً في العالم.

٢-١ مفهوم مواد البناء

هي دليل استخدام المادة المناسبة في البناء المناسب، ويتم الكشف عنها بواسطة الاختبارات، وللعامل الاقتصادي دورٌ هامٌ في اختيار المواد.

هناك مواد طبيعية كالصخور والحديد أو صناعية كالخرسانة. الحديد كمادة طبيعية تجري عليها عدة عمليات حتى تصبح جاهزة للاستخدام، والخرسانة كمادة صناعية مكونة من عدة عناصر لتشكل المنتج النهائي الجاهز للاستخدام.

المادة ذات الخصائص الميكانيكية المتينة تسمى مواد إنشائية (أو مواد حمَّالة) وهي مواد قادرة على تحمل القوى والحمولات.

٢-٢ سلوك مواد البناء

نعني بذلك كيف تسلك (أو تتصرف) المادة عندما نطبق عليها قوة خارجية (ضغط، شد، انعطاف، قص)، فالمواد إما ان تكون ثابتة الخواص، أو أن تكون غير ثابتة الخواص، وذلك اعتمادا على سلوكها تحت الحمولة، ولها نوعان:

- المواد غير ثابتة الخواص: تتخذ سلوك مختلف في اتجاهات مختلفة في حالتي الشد والضغط.
- المواد ثابتة الخواص: تتخذ سلوك متوازن متساوي في كل الاتجاهات في كل من حالتي الضغط والشد. [١١]

فعند تطبيق القوة تمر المادة بعدة مراحل:

١- المرونة: عندما تتعرض أي مادة أو عنصر إنشائي إلى قوة ما فإن الجسم يتغير شكله وعند إزالة أو حذف القوة عن هذا العنصر يعود لوضعه الطبيعي .

٢- اللدونة: نطبق قوة ما على أي عنصر إنشائي، وعند إزالة هذه القوة عنه فإن العنصر لا يعود إلى وضعه الأصلي بل يحدث فيه تشوه أو تغير.

٣-الانكسار: عند تخطي مرحلة اللدونة نحصل على ما يسمى بالانكسار أو الانقطاع.

بشكل عام كل المواد عندما تتعرض لقوى الحمولات فإنها تمر بهذه المراحل، لكن في كل التصميمات الجيدة والأمينة لا يجب تخطي مرحلة المرونة.

٢-٣ أنواع مواد البناء والتسلسل التاريخي لظهورها

استخدم البشر خلال العصور مختلف أنواع مواد البناء، وذلك لبناء الأبنية، الشوارع والمنشآت المختلفة. [٧]

جدول(٢-١) التسلسل التاريخي لظهور المواد البنائية [إعداد الباحث]

	مواد البناء	الفترة الزمنية	ملاحظات
الطبيعية الغير معالجة	الحجر	قبل ٨٠٠٠ BC	تستخدم كما هي دون معالجة، تجمع ويبنى بها مباشرة وهي أقدم الأنواع.
	الطين	قبل ٨٠٠٠ BC	
	الخشب/ القصب / القش	قبل ٨٠٠٠ BC	
	الكلس	٣٠٠٠ BC	
	الكلس (اسمنت بوزلانا)	BC٣٠٠ – AD٤٧٦	
	القرميد المجفف بالشمس	٦٠٠٠ BC	
	الثلج	٨٠٠٠ BC	يستخدم في مناطق محدودة، كالقطب الشمالي
الطبيعية المعالجة	الحجر المقصوص	٨٠٠٠ BC	قبل البدء بالبناء يجب معالجتها قليلاً كتسوية أوجه الحجارة، صنع القوالب وقطع الأشجار.
	الطوب	٨٠٠٠ BC	
	الخشب	٨٠٠٠ BC	
مواد البناء المصنعة	الفخار والطابوق المشوي	BC٨٠٠٠–BC٤٠٠٠	تمر المواد الطبيعية بمرحلة تصنيع قبل استخدامها للبناء.
	الخرسانة	BC٣٠٠	
	الاسمنت البورتلاندي	AD١٨٢٤	
	الحديد	١٣٥٠ BC	
	الألمنيوم	١٨٠٨ AD	
	الزجاج	١٣٠٠ BC	
	القماش	٨٠٠٠ BC	
	البلاستيك	AD١٨٦٢	

٢-٤ خواص مواد البناء

هي تلك المميزات و الخصائص التي تتميز بها المواد المختلفة بعضها عن البعض الآخر، وتظهر على شكل صفات خاصة للمادة، سواء كان بالإحساس البسيط لتلك الصفة أو باستعمال الأجهزة والآلات الدقيقة لقياسها.

ويمكن تقسيم خواص المواد الهندسية الى:

١- الخصائص الفيزيائية: وتشمل الأبعاد، الشكل، الوزن النوعي، المساحة ومحتوى الرطوبة.

٢- الخواص الميكانيكية: وتشمل مقاومة الضغط والشد والقص، والصلادة والانحناء والمرونة.

٣- الخواص الكيميائية: وتشمل التركيب الكيميائي، الحامضية.

٤- الخواص الحرارية: وتشمل العزل الحراري، التوصيل الحراري، التمدد.

٥- الخواص الكهرومغناطيسية: وتشمل الكهربائي و النفاذ المغناطيسي.

٦- الخواص الصوتية: وتشمل العزل الصوتي، الانعكاس الصوتي وامتصاص الصوت.

٧- الخواص البصرية: وتشمل اللون والانكسار الضوئي، والامتصاص وانعكاس الضوء.

٢-٥ الإجهاد في مواد البناء

هو قيمة القوة المطبقة على هذه المادة منسوبة إلى سطح المادة المعرض لهذه القوة ويسمى أيضاً المقاومة. الإجهاد = القوة/السطح، الغاية منه معرفة المقاومة لمادة، ومقارنتها بمادة أخرى. [٦]

٢-٦ العلاقة بين مواد البناء والعمارة

بقيت العلاقة بين مواد البناء والعمارة علاقة سليمة وبسيطة حتى الثورة الصناعية. حيث كان يتم اختيار المواد إما بسبب توفرها أو بسبب شكلها الخارجي. وكانت الأحجار المتوافرة محلياً تشكل غالباً عناصر البناء الأساسية للجدران والأساسات (وذلك بسبب توفرها ومتانتها) في حين كانت أحجار الرخام عالية الجودة تستخدم كغطاء أو كمادة إكساء خارجية لتغطية الجدران الحجرية العارية. لذلك يمكننا القول أن اختيار المعماريين لمواد البناء قبل القرن التاسع عشر كان يعتمد على الشكل والوظيفة معاً (وهذا شيء منطقي)، وفوق كل هذا لم يكن قد تم تصنيف مواد البناء وقتها وتحديد قياسات عالمية لها، وعليه كان على كل من المعماري والبنّاء الاعتماد على خبرتهم الخاصة في عملية التصميم والتشييد. لذلك كان معلمو حرفة البناء وقتها قد كسبو مكانتهم وخبرتهم من خلال الممارسة والملاحظة، وأيضاً من خلال ارتكاب الأخطاء التي ربما كانت كارثية في بعض الأحيان .

تغير دور مادة البناء بشكل دراماتيكي مع تقدم الثورة الصناعية. فبدلاً من الاعتماد على الخبرة والممارسة (والتي كانت لها نتائج كارثية كما ذكرنا) قام المعماريون بالبدء باستخدام المواد المدروسة هندسياً والمنظمة. ونستطيع القول بأن تاريخ العمارة المعاصرة يمكن أن يتم تصنيفه بحسب مواد البناء التي كانت مستخدمة. فمنذ بداية القرن التاسع عشر حيث كان الانتشار الواسع للمنشآت الفولاذية والتي أدت إلى إنشاء الأبنية الطويلة العمر والمرتفعة، تحولت المواد من كونها وسيلة للبناء فقط إلى طريقة عمل وتفكير، تتيح للمعماري قدرات أوسع، وإمكانات إنشائية أكبر .

أتاح مزج صناعة الزجاج مع التطور في الأنظمة البيئية، أتاح ما يسمى بـ "الطراز العالمي" أو العمارة الشفافة التي من الممكن بناؤها في أي مكان وتحت أي مناخ. وكذلك فإن إنشاء الجدران الستائرية العازلة والخفيفة الوزن أتاح بشكل كبير فصل تصميم المبنى الداخلي وتوزيع الغرف والفراغات ضمنه عن إنشائية المبنى وطريقة تحميل الأثقال فيه.

وفي هذا السياق تم التوصل إلى ما يسمى بالمواد الذكية، وبدأت هذه المواد ترتبط بالعمارة بشكل وثيق، حتى أن البعض قد اعتبرها تطوراً طبيعياً للمواد عبر العصور من القرن التاسع عشر حتى الآن. حيث كان على المعماري فيما سبق، أن يستخدم مواد البناء التقليدية كالحجر والخشب بمحاسنها ومساوئها معاً، ثم تطور علم مواد البناء وأصبحت هذه المواد قابلة للتعديل في خصائصها حتى تناسب التصميم الذي يقترحه المعماري، ثم جاءت المواد الذكية لتقدم حلولاً لتعديل هذه المواد بصورة أكبر وأكثر فعالية، كالمواد (الفوتوكرومية) مثلاً، والتي يتغير لونها بحسب تعرضها للإضاءة الشكل (٢-١).

الشكل (٢-١) بعض أشكال المواد (الفوتوكرومية) [٣٥]

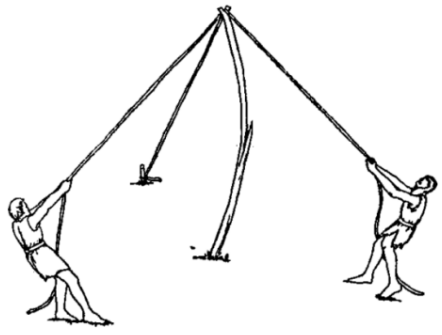
لكن تبقى مسؤوليتنا كمعماريين أن نبحث دائماً عن الأفضل، وأن نتحول بفهمنا عن المواد من البحث عن الأجمل إلى البحث عن الأفضل. [٣٥]

٢-٧ التطور التاريخي لمواد البناء والجمل الإنشائية

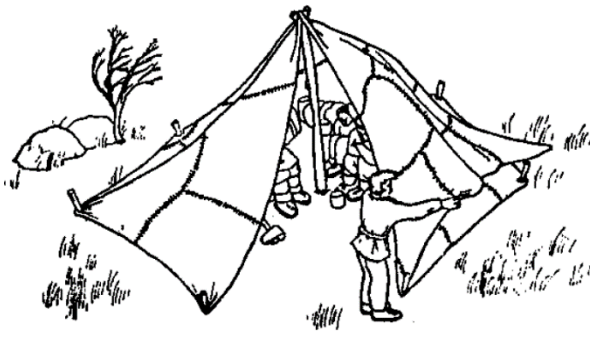
منذ ثلاثين ألف سنة مضت، كان البشر يعيشون حياة الترحال من مكان لآخر، يبيعون الحيوانات من أجل تأمين القوت، ويفتشون عن الأعشاب البرية لتأمين الطعام.

وهكذا ،فقد كانوا في حركة دائمة، لم يبنوا بيوتاً، بل كانوا ينامون تحت سماء صافية، وبعد فترة طويلة بدأوا يبنون الملاجئ و الخيم المصنوعة من جلود الحيوانات، وحاولوا أن يحموا أنفسهم من ظروف الطقس. وعندما كان الحظ يحالفهم كانوا يرحلون الى مناطق الجبال، فيجدون الكهوف التي استطاعوا أن يعدوا طعامهم و يناموا فيها. فالكهوف، كانت بمثابة الأمكنة التي استطاع الإنسان القديم أن يحيا فيها بشروط أكثر جودة، في حين أن الميزة الحسنة للخيم هي سهولة نقلها و حملها حيثما كانوا يذهبون، فكانوا يلجؤون إلى نصب الأوتاد، ودقها في الأرض، ولأنهم أدركوا أنه بدون الشدادات المربوطة إلى الأرض، فإن الرياح يمكن أن تعصف بخيمتهم، فقد ناضلوا ضد قوة الرياح بتثبيت الخيم بشدادات مربوطة إلى الأوتاد المضروبة في الأرض، كما نفعل اليوم، عندما نقيم في مخيم عادي. الشكل(٢-٢).

وبالطبع، لكي يتمكن الناس من العيش داخل الخيمة كان لزاما عليهم أن يضمنوا استناد قمة الخيمة على قائم خشبي مصنوع من أغصان الشجر، وكلما كان ارتفاع القائم كبيراً، كلما ازداد ارتفاع الخيمة أيضا. ولكي يضمنوا أن الرياح لن تقتلع أوتاد خيمهم، فقد وضعوا الأحجار الصخرية على جلود الحيوانات على كامل محيط الخيمة. الشكل (٢-٣).



الشكل (٢-٢) الشكل الإنشائي الأساسي للخيمة [١]

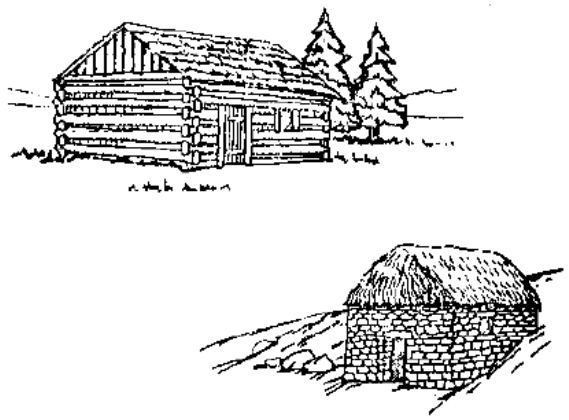


الشكل (٢-٣) الشكل البدائي لغلاف الخيمة [١]

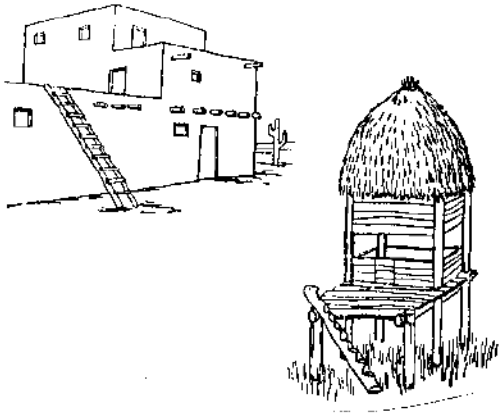
في الأزمان الغابرة، لم يتمكن الإنسان القديم من مغادرة منزله في أغلب الأحيان، والذي كان يتكون بشكل رئيسي من الخيمة، ولكنه وجد وللمرة الاولى، سبل البقاء في مكان واحد، لقد بدأ التفكير بإنشاء الملاجئ التي سوف تكون أكبر وأكثر متانة وراحة من الخيم.

وهكذا بعدما تعلم الانسان الزراعة، أصبح أيضا، وشيئا فشيئا...بنَّاءً، وبدأ بيته ليكون أكثر علوَّاً و ضخامة.

لقد كان لكل عائلة مسكنها الدائم، ففي المناطق الباردة، عادة ما كان يصنع المسكن من جذوع الأشجار أو من الأحجار المتوضِّعة واحداً فوق الآخر، وفي المناطق ذات المناخ المعتدل كان المسكن يصنع بالصلصال الممزوج بقش التبن، وهذه المادة تسمى الآجر، أما في المناطق الحارة، فقد صنع المسكن من القوائم الخشبية التي كانت تغطى بأوراق الشجر.

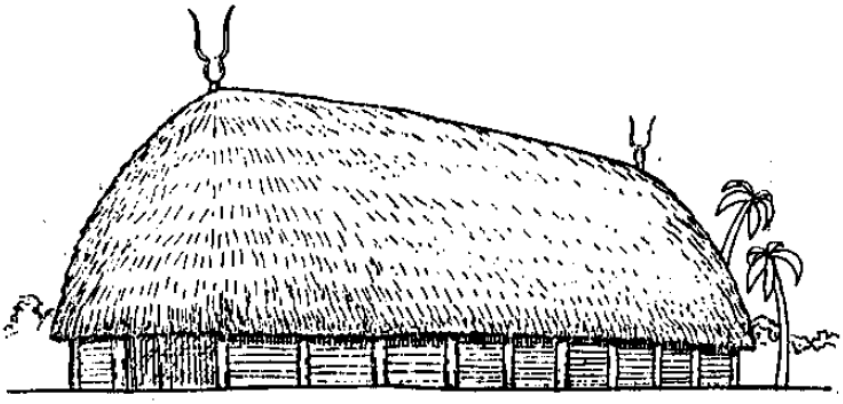


الشكل (٢-٤) أشكال الأبنية البدائية [١]



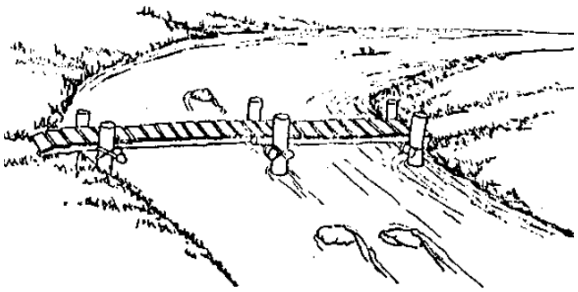
الشكل (٢-٥) أشكال الأبنية البدائية [١]

ثم تكونت القرى فبنى سكان القرى أبنية أكبر، كانت تؤدي وظائف دور البلدية والعبادة في آن واحد.

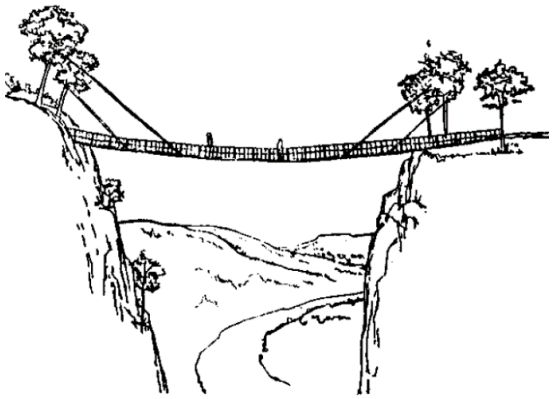


الشكل (٢-٦) أشكال الأبنية البدائية [١]

ومن أجل التَّنقُّل بين البيت والآخر فقد صمموا جسورا صغيرة و بعناية فائقة، ثم أنشأوا الطرقات والجسور فوق الأودية من جذوع الأشجار، وبنوا الجسور المعلقة على كابلات من الحبال المكونة من الألياف النباتية، كما مدت جسور صغيرة للعبور، مكونة من ألواح خشبية، وبالتدريج تعلم الإنسان كيفية استعمال المواد التي وجدها في الطبيعة، كالأحجار والخشب والألياف النباتية.



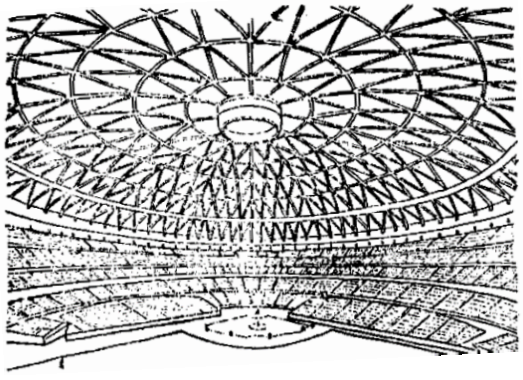
الشكل (٢-٧) الطرقات البدائية فوق الأنهار [١]



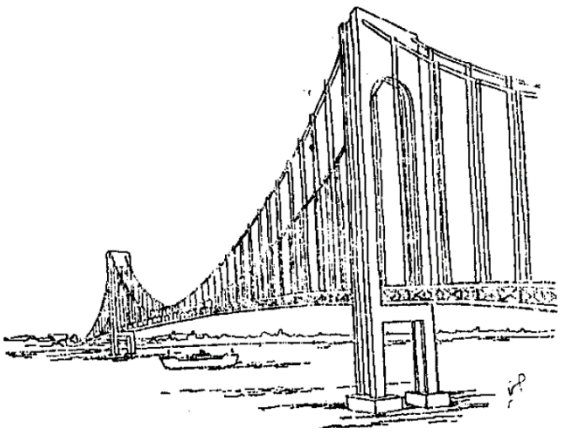
الشكل (٢-٨) الجسور البدائية فوق الوديان [١]

إن الإنسان العصري تعلم أن يرفع المنشآت الكبيرة الارتفاع، والمضمونة. فقد تعلم إنشاء صالات الاجتماعات الضخمة، كما فعل أجدادهم من قبل، لكن هذه على درجة من الكبر تتسع لعشرات وحتى مئات الالاف، و بإمكانهم الوقوف تحت سقف واحد من هذه الصالات (شكل١-١٣).

أما الجسور المعلقة التي أبدعها الإنسان المعاصر، فهي في غالبها منشأة من الفولاذ، ويمكنها أن تجتازَ أنهاراً يصل عرضها لآلاف الأمتار، لكنها مبنيةٌ حسب نفس المبادئ الإنشائية المطبقة على الجسور المبنية من النباتات، والتي شيدها الأجداد القدامى (شكل١-١٤).



الشكل (٢-٩) صالات الاجتماعات [١]



الشكل (٢-١٠) الجسور المعلقة [١]

نلاحظ من مراحل تطور استعمال مواد البناء، وتطور الجمل الإنشائية المستخدمة جنباً إلى جنب في كل مراحل التطور المعماري، أن التطور في تقنيات الإنشاء، يواكب تطور مواد البناء، وتطور منتجاتها ومعاييرها القياسية. فالآن، وبعد آلاف السنين، ما يزال الإنسان يبني بيوته، ورغم أنه يبنيها بمواد اصطناعية كالفولاذ والقرميد والخرسانة فهو يستخدم نفس المهارة التي استخدمها الأجداد في صراعهم مع القوى الطبيعية، ومن أجل الضمان بأن أبنيتهم التي شيدوها، لن تنهار. [١]

٢-٨ علاقة مواد البناء والأنظمة الإنشائية مع البيئة المحيطة

علاقة الإنشاء بالبيئة المحيطة علاقة ثنائية، فمن ناحية، نجد أن البيئة الطبيعية قد مثلت روافدًا للفكر الإنشائي، حيث حاكت أنظمة الإنشاء ما وُجد في المخلوقات النباتية والحيوانية، وغيرها من قواعد وأسس الثبات المادي، وأسس البناء العضوي، ومن ناحية أخرى، نجد أن الإنشاء قد ارتبط بالبيئة وتكيف مع ظروفها المختلفة سواء الحارة أو الباردة أو المعتدلة. [٥]

٢-٨-١ مواد البناء والأنظمة الإنشائية في المباني التقليدية في سورية

حين كان الإنسان في الماضي أكثر التصاقاً وانسجاماً مع الطبيعة، تأثر أسلوب تنفيذ الأبنية واختيار مواد البناء الداخلة في تشييدها، وفي مختلف مراحل إنشائها تصميما وتنفيذاً بعدَّة عوامل، من أهمِّها:

أولاً: العامل البيئي

تمتد بلادنا على مساحة جغرافية واسعة، وتتميز بوجود مناطق مناخية متعددة، وتميزت بتوفر عدد كبير من المواد الخام المستعملة في البناء، فنجد الرواسب الطميّة منتشرة في أغلب الساحل، وتتوفر الأحجار الجيرية الرملية الهشة بشكل كبير في المناطق الغربية الساحلية، أما المناطق الجبلية، فتتوفر بها عدة أنواع جيدة من الأحجار الجيرية الصلبة الصالحة لاستعمالها لأغراض البناء، وتنتشر في المنطقة الصحراوية الواسعة الترسبات الطينية في بعض الواحات، بالإضافة لوجود الأحجار البازلتية في المنطقة الجنوبية، ونظراً للظروف المناخية السائدة، وتوزع المواد الخام المستعملة قديماً في البناء، ولاعتماد السكان على مصادر قريبة ومحلية لمواد البناء قبل عصر الصناعة والآلة، حتّم كل ذلك على الحرفي المهندس التقليدي الاستجابة بشكل مباشر لهذه العوامل الطبيعية، وتحددت المواد التي من الممكن استعمالها بما تجود عليه الطبيعة بالقرب منه، وبشكل تلقائي مع بعض المعارف البسيطة في علم الهندسة، فتشكل أسلوب التنفيذ، وتبلور الطابع المعماري كاستجابةً الإنسان مع الطبيعة باعتبارها بيئته المحيطة.

ثانياً: العامل الاجتماعي الثقافي

لا يخفى على أحد، التأثير الكبير لهذا العامل على اختيار التخطيط المناسب للسكن، ولطرازه المعماري، فالاحتياجات الاجتماعية، وتوفير بعض المتطلبات في التصميم، مثل توفير الخصوصية، تؤثر بشكل مباشر في المصمم أو الحرفي المنفذ قديماً، وعليه فقد حُلَّت هذه المسألة قديماً باعتماد المنزل ذو الفناء المفتوح للداخل، أو ما يعرف محليا (بالحوش العربي).

وفي هذا السياق، يلاحظ أن السكان قديماً استطاعوا تطويع سُكناهم وفقاً لمعتقداتهم وثقافتهم ومجتمعاتهم، الأمر الذي لم تنجح فيه مجتمعاتنا العربية المعاصرة، التي اضطرت إلى القبول بطرق التخطيط الغربية، دون أن تستطيع ملاءمتها تماماً مع ثقافاتنا.

ثالثاً: العامل التقني والاقتصادي

لا شك أن توفر المعارف والخبرات الهندسية اللازمة، تجعل من عملية تخطيط وتصميم المباني عملية أكثر يسراً وسهولة. وفي الماضي، كان الاعتماد على فنيين حرفيين لصناعة البناء، وكانت الخبرات والمعلومات تتوارث من جيل إلى جيل، وكان الحرفي الماهر يجمع في شخصه المعماري المصمم والمهندس الإنشائي والفني المنفذ (ويتم كل تصميم وتنفيذ استجابة مباشرة لمواد البناء المتوفرة محلياً، ووفقاً لأغراض المبنى الوظيفية، وحتى أحاسيس السكان)الذي يُعتبر هو نفسُه واحداً منهم، فكان المسكن أكثر إنسانية الأمر الذي افتقدناه في الزمن الحاضر رغم أن التكنولوجيا الحديثة وضعت تحت أيدينا إمكانيات أكبر وخبرات متعددة، وقد طوعتها المجتمعات الغربية لثقافتها ووقفنا نحن في حيرة، وهذا بارز في شكل مدننا العربية الحديثة التي تختلط فيها الأنماط المعمارية بشكل واضح، وينقصها الكثير من الانسجام.

إن دراسة عدة نماذج من المباني التقليدية في عدة مناطق، من حيث أسلوب التنفيذ والمواد المستعملة والطراز المعماري، تقودنا إلى استخلاص نتائج مبدئية، وذلك في محاولة لوضع تصنيف لأنواع المباني، تعتمد العوامل السابقة كأساس لهذا التصنيف، وعليه توجد أربعة أنواع متباينة من المباني، إما في المواد المستعملة أو أسلوب التنفيذ أو في الطابع المعماري وهذه الأنواع هي:

(١) مباني طراز المنطقة الساحلية.

(٢) مباني طراز المنطقة الجبلية.

(٣) مباني طراز المنطقة الصحراوية.

(٤) مباني طراز المنطقة الداخلية. [٥]

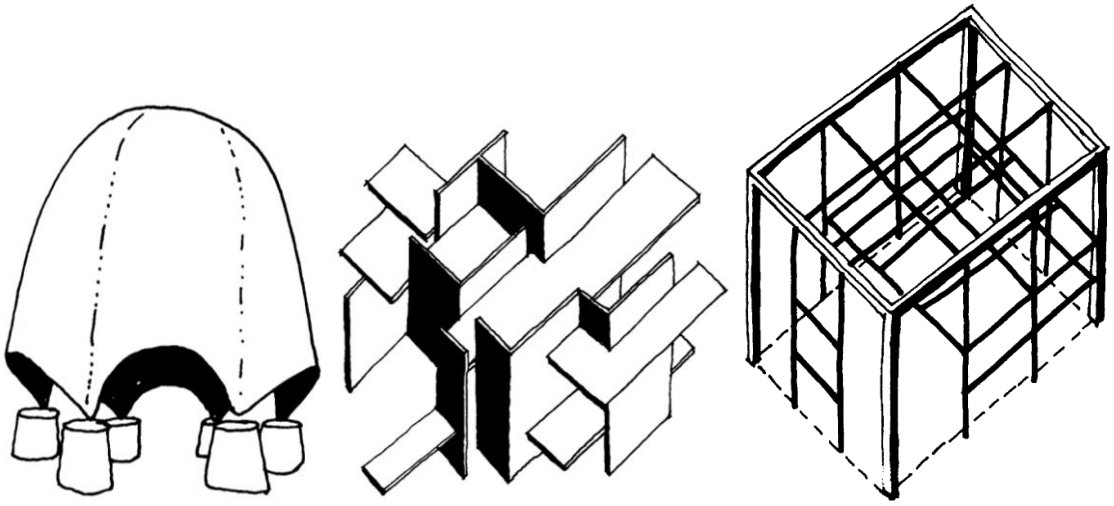
من العوامل السابقة، نرى أن الإنسان بشكل عام والمعماري بشكل خاص سعى إلى تطوير مصنوعاته إلى الأحسن، وتطويع منتجاته لتتلاءم مع احتياجاته، ومع الظروف المحيطة، ومع الهدف الذي نشأت من أجله، ومع المواد والتكنولوجيا المستعملة في صناعتها. [٢]

٢ – ٩ مواد البناء الأساسية المستخدمة في العمارة

بقدر أهمية أن نبني منشأة، تأتي أهمية المعرفة بالمواد التي نريد أن نبني بها، ففاعلية وملائمة مواد البناء مع جملة إنشائية معينة، تختلف من جملة لأخرى، فالمواد المختلفة لها خصائص مختلفة. [١٧] أشهر مواد البناء وأكثرها انتشاراً وفعالية هي الوحدات الإنشائية الصغيرة(حجر، قرميد وخرسانة)، الخشب، الخرسانة المسلحة، الفولاذ ،الألمنيوم، البلاستيك وأخيراً القماش والزجاج.

هذه المواد لها عدة أنواع بعضها يتجه إلى أن يكون مفرداً كالقضبان أو الأعمدة أو الأعواد، أو أن يكون مسطحاً، أو أن يكون غشائياً كجلود الحيوانات ، وبعضها يتجه إلى أن يكون كتلةً مؤلفةً من عدةِ وحدات ، وهناك أيضا أشكال أخرى عديدة نظراً للتطورات الحديثة.

هذا وقد تندمج الفئات الثلاثة الأساسية من خطية وسطية وفراغية ، مع الاختلاف في درجات الصلابة، وذلك من أجل تشكيل منشأ معين. فأغلب الأبنية الحديثة تتضمن الأشكال الثلاثة معاً.



الشكل (٢–١١) الأشكال الأساسية الثلاثة التي تأخذها المواد البنائية [٢١]

إن تقنيات الأبنية الجديدة أعطت إمكانيات كبيرة، في تأسيس مفردات أساسية حديثة، نتيجة لذلك، لم يتقيد المعماريون بإمكانيات المواد المتاحة فقط بل بالتقنيات الميكانيكية والتكنولوجية المتوفرة أيضاً. [٢١ بتصرف]

٢-٩-١ البناء بالوحدات الإنشائية الصغيرة (الحجر)

تقليدياً، يشير المصطلح إلى المواد الحرفية التي تتطلب براعة يدوية فنية. أما في الوقت الحالي فالمصطلح يشير إلى الأعمال بقطع القرميد أو قطع البلوك الإسمنتي، وفي الغالب إلى الحجارة.
الوحدات من الحجر، القرميد أو البلوك تكون على شكل قطع صغيرة موشورية الشكل ويمكن أن تُحمل أو تُرفع باليد.

٢-٩-١-أ طبيعة المادة

البازلت هي صخور نارية بركانية صلبة سوداء ويكون نسيجه (زجاجي) أو دقيق مجهري بسبب ان بلوراته تصلبت بالقرب من سطح الأرض. كما ان البازلت صخرة ثقيلة و صلبة جدا عند لمسه فهو خشن و صعب جدا تفريقه. [١٠]

٢-٩-١-ب خصائص مواد الوحدات الإنشائية الصغيرة

الجدول التالي يعطينا خصائص مواد الوحدات الإنشائية الصغيرة الشائعة

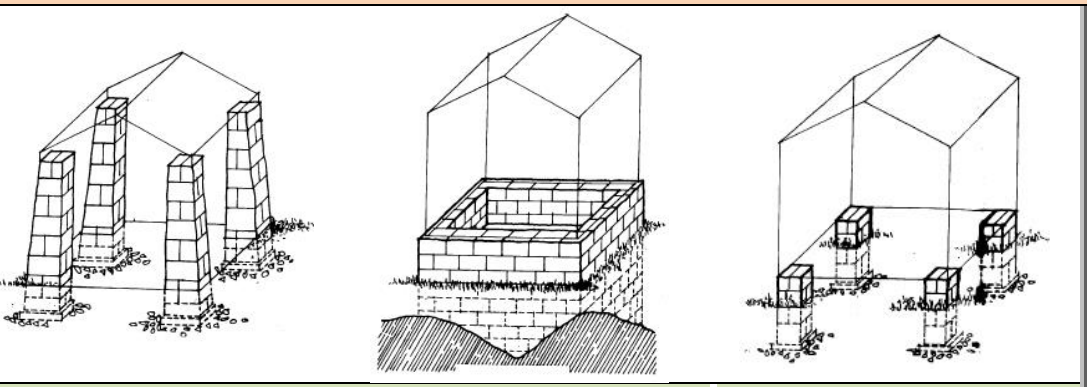
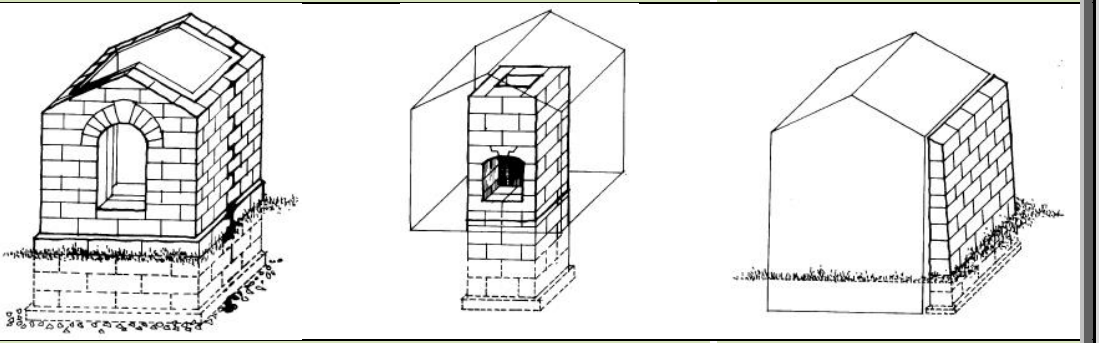
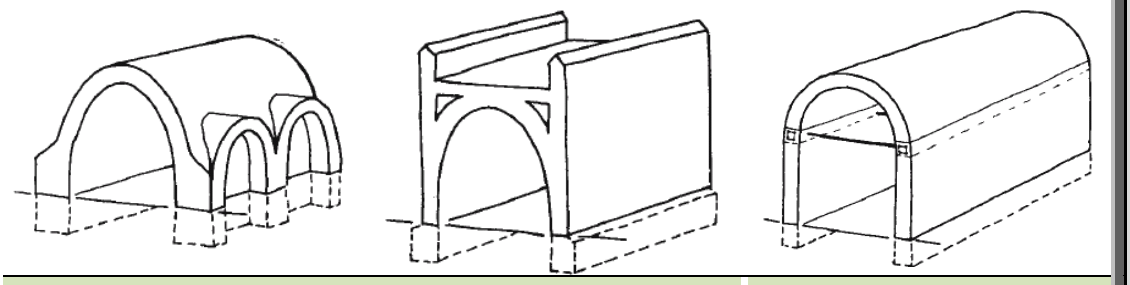
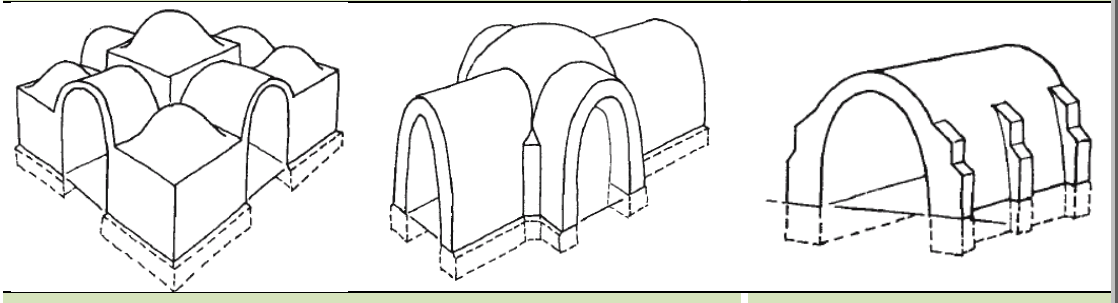
جدول(٢-٢) خصائص مواد الوحدات الإنشائية الصغيرة الشائعة [١٣]

خصائص مواد الوحدات الإنشائية الصغيرة الشائعة					
الخاصية	الحجر الجيري الطبيعي	البلوك الاسمنتي الخفيف	البلوك الاسمنتي الثقيل	حجر الكالسيوم الملحي	البلوك آجري
الوزن kN/m^3	22	9	21	20	22
مقاومة الضغط N/mm^2	10	6	3–24	3–8	3–24
مقاومة الانثناء (الالتواء) N/mm^2					
- موازي للعنصر	—	0.5	1.0	1.2	٢,٠
- معامد للعنصر	—	0.3	0.4	0.4	٠,٨
معامل المرونة kN/mm^2	15	2–8	5–25	14–18	5–25
تغير(حركة) الرطوبة على الوجهين %	0.01	0.02–0.03	0.02–0.04	0.01–0.05	0.02
التمـــدد بالرطوبـــة (+) أو الانكماش بالجفاف (–)الأوليين %	0.01	_0.05 to _0.09	_0.02 to _0.06	_0.01 to _0.05	0.02 to 0.08
معامل التمدد الحراري $\times ١٠^{-٦}/°C$	4	8	6–12	8–14	5–8

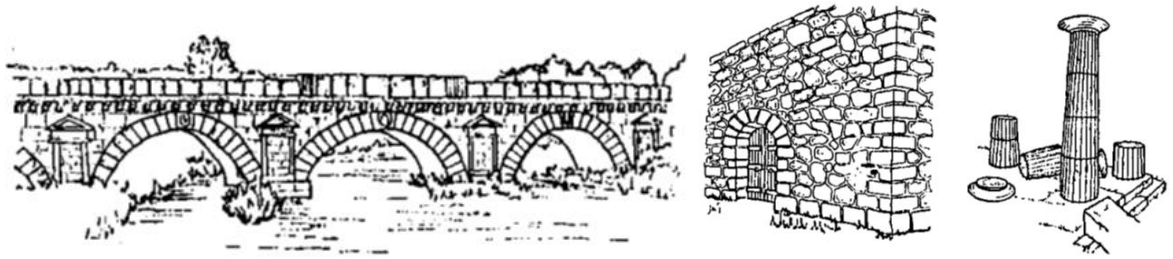
٢-٩-١-ج استخدام الحجر في العمارة

استخدم المعماريون هذه المواد كثيراً، حيث يتم بناؤها على شكل صفوف، تتوضَّع فيها القطع على طبقات لتشكل الجدار أو العمود، ويستخدم الملاط أو الطين ليربط القطع ببعضها، وليملأ الفراغات أو الثقوب بينها. [١٢]

جدول(٢-٣) بعض استخدامات الحجر [إعداد الباحث]

استخدامات الإنشائية للحجر			
العناصر الإنشائية			
	أساسات خطية للأعمدة	أساسات سطحية	أعمدة الزوايا
			
	جدران حاملة	جدران المدفأة	كامل المنشأة
تغطيات الأسقف			
	قبوة	أقواس مردومة	قبوة
			
	قبوة مُدعَّمَة	قبوات متصالبة	قباب و قبوات

تاريخياً: كان الرومان في الماضي أكثر من أنشأ الطرق، وبنى الجسور، فقد بنوا بالحجارة الجسور المقنطرة، المدرجات والقصور الواسعة، ومازالت تعمل تحت تأثير التحميل الناتج عن حركة المرور المعاصرة. الشكل رقم(٢-١٢). [١]



الشكل (٢-١٢) المنشآت الأولية من الحجر [١]

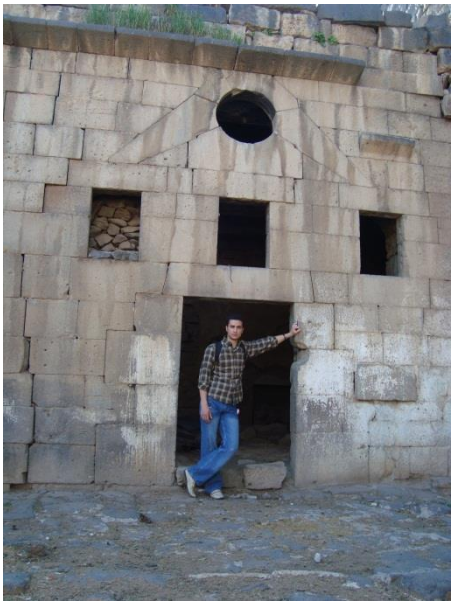
٢-٩-١-د ميزات البناء بالحجر:

- رخيصة مقارنة بمواد البناء الأخرى.
- صلابتها، فهي تتحمل الضغط العالي، مثالية من أجل الجدران، الأعمدة والأقواس، وكلها فقط تتحمل الضغط بشكل جيد.
- متينة وعمرها طويل ولا تحتاج لأعمال إنهاء.
- تنتج من مواد خام متوفرة بسهولة في سوريا وتكلفتها قليلة.
- لا تتطلب مباني وتجهيزات معقدة، لها منظر جمالي جذاب.
- لها مرونة تصميمية، فبالقطع الصغيرة منها يمكن إنجاز أشكال معقدة.
- مقاومتها للنار وعازليتها الحرارية والصوتية جيدة. [12]

٢-٩-١-هـ مساوئ البناء بالحجر:

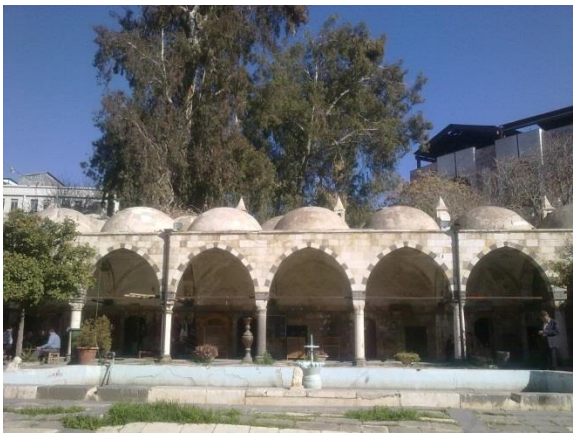
- لا تتحمل الشد وهذا يعني أنه لا يمكن استخدامها للعناصر القابلة للانحناء أو الالتواء أو الانثناء، على سبيل المثال الجوائز أو البلاطات. [17]
- الجوائز الحجرية لا تقاوم الشد المتولد من عزم الانحناء نتيجة وضعها أفقيا.
- بالمقارنة مثلا مع الخشب، (مادة أخرى تستخدم من أجل الأبنية المنخفضة الارتفاع) القطع الإنشائية ثقيلة، ولذلك تتطلب أساسات أكبر وتكون أجور نقلها أعلى.
- الصقيع، البخار المتجمد، الندى والأعمال الكيميائية يمكن أن تسبب تفتت وتشظي القطع.
- يمكن أن يحدث للحجر، التمليح أو الترسبات (لكن الغير ضارة) وذلك تبعاً لدورة الرطوبة والتجفيف. [12]

٢-٩-١-و أمثلة قديماً وحديثاً



الشكل(٢-١٣) بيت المذيب في بلدة نوى. ريف درعا[٢٥]

الشكل(٢-١٤) بيت الحريري في قرية نامر. ريف درعا[٢٥]



الشكل(٢-١٥) التكية السليمانية. دمشق [٢٥]

الشكل(٢-١٦) قصر العظم. دمشق [٢٥]

الشكل(٢-١٧)مدرسة الشقرانية (الأخوة مهنا).ريف السويداء[٣٢]

الشكل(٢-١٨)مدرسة الشقرانية. ريف السويداء[٣٢]

٢-٩-٢ البناء بالخشب

يعتبر الخشب من المواد التي تمتلك شهادة بيئية ممتازة، باعتباره من المصادر المتجددة، إضافةً إلى كونه مادة طبيعية شائعة الانتشار بشكل كبير.

٢-٩-٢-أ طبيعة مادة الخشب

يكون الخشب عبارة عن أنسجة مكونة من تجاويف انبوبية ترتبط مع بعضها البعض بالمادة الراتنجية وتتراص على شكل حزم تشبه حزم أعواد القش. ولهذا تعتبر مادة الخشب قوية في الاتجاه الطولي لها- في كل من حالتي الشد والضغط- وضعيفة على طول الأوجه المتقابلة بين الأنسجة. [13]

٢-٩-٢-ب خصائص و أنواع الخشب

يمكن انتاج الخشب محليا او استيراده من الخارج، وله عدة مصادر وتصنيفات ودرجات، وكذلك تنوعات واسعة في الجودة. الجدول التالي يبين بعض خصائص الأنواع الشائعة من الخشب. [13]

جدول(٢-٤) خصائص بعض الأنواع الشائعة من الخشب [١٣]

خصائص الأنواع الشائعة من الخشب					
الخاصية عند محتوى الرطوبة ١٢%	**الخشب اللين**	**الخشب القاسي**	**الخشب الصفائحي**	**الخشب الرقائقي**	**الخشب المضغوط**
الوزن kN/m^3	3.9	7.2	4.0	5.5	7.0
متوسط ٧ أيام من مقاومة الشد لعينة بحجم مناسب و ذات نوعية جيدة N/mm^2					
– موازي للألياف	60	115	75	40	15
– معامد للألياف	2	4	2	–	–
متوسط ٧ أيام من مقاومة الشد لعينة بحجم مناسب و ذات نوعية جيدة N/mm^2					
– موازي للألياف	24	45	30	25	–
– معامد للألياف	3	6	3	3	–
متوسط ٧ أيام من مقاومة الالتواء لعينة بحجم مناسب و ذات نوعية جيدة – معامل التمزق N/mm^2	42	85	50	60 (الوجه موازي لألياف الحبيبات)	15
معامل مرونة الانحناء kN/mm^2	9-10	12-20	10	10-12	2-3
الحركة العكسية لتغير (30%) في الرطوبة النسبية %					
– موازي للألياف	0.05	0.05	0.05	2.25 (في السطح)	2.25
– معامد للألياف	1.0-2.5	1.0-4.0	1.0-2.5	2.00 (معامد للسطح)	4.50
معامل التمدد الحراري ($\times 10^{-6}/^{o}C$)					
– موازي للألياف	3.5	4	3.5	–	–
– معامد للألياف	34	40	34	–	–

وبشكل عام للخشب نوعين:

١- خشب قاسي: يتم الحصول عليه من الأشجار المتساقطة الأوراق سنوياً.

٢- خشب طري: يتم الحصول عليه من الأشجار الدائمة الخضرة.

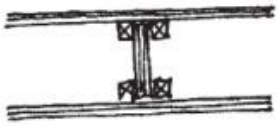
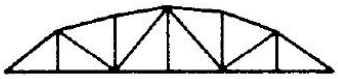
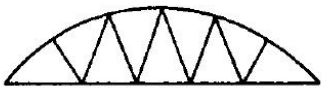
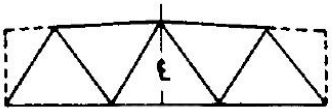
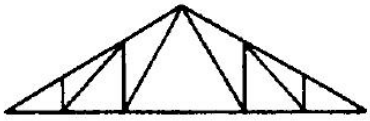
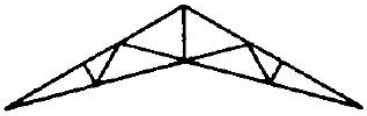
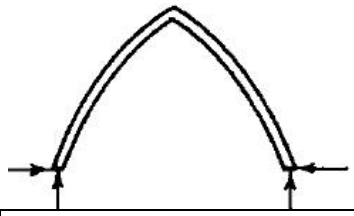
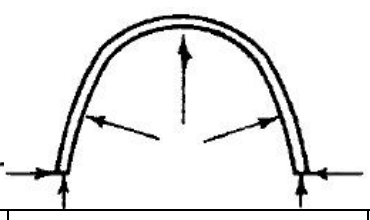
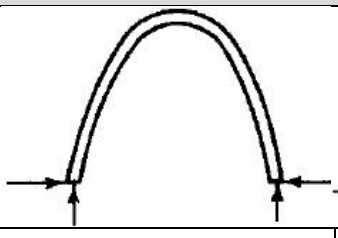
الخشب الطري يستخدم من أجل أغراض إنشائية محددة. متانة أنواع الخشب المختارة تحدد إما بالنظر (بالمعاينة من قبل شخص خبير) أو ميكانيكياً (عن طريق الاختبارات في المختبر).

٢-٩-٢-ج استخدام الخشب في العمارة

يعتبر الخشب من أشهر المواد المستخدمة في البناء، ويعد من أقدم المواد استعمالاً في إنشاء الأبنية التقليدية وهو يتميز بمقاومة متناسبة على الشد وعلى الانضغاط في آن واحد.[١]

الجدول التالي يوضح أشكال بعض العناصر الخشبية

جدول(٢-٥) أشكال بعض العناصر الخشبية [إعداد الباحث]

بعض أشكال عناصر الجمل الإنشائية الخشبية		
الجدران الخشبية		
		
ألواح خشبية مدعَّمة	شبكة خشبية	خشب رقائقي مضغوط
الجملونات الخشبية		
		
المسنم	**المقوس**	**مسطح بأوتار متوازية**
		
المثلث	**المقص**	
الأقواس الخشبية		
		
قوطي	**ثلاثي المراكز**	**القطع المكافئ**

٢-٩-٢-د ميزات البناء بالخشب:

الخشب أحد أقدم مواد البناء ويمتاز بالميزات التالية:

- خفيف الوزن، مقارنةً بين نسبة صلابته العالية إلى وزنه.
- سهل القطع والتشكيل. الخشب سهل التشكيل، إما باليد أو بالآلة ويتميز بسهولة وصل أجزاءه المختلفة سواءً مع بعضها البعض، الفولاذ، الخرسانة أو مع الوحدات الإنشائية الصغيرة. [13]
- على الرغم مما نتوقع، يعمل بشكل جيد في النار.
- قوة تحمله للمواد الكيميائية جيدة.
- له مظهر خارجي سار.
- يعتبر رخيص الثمن، بالقياس إلى مواد البناء الأخرى.
- على الرغم من أن قساوته منخفضة، لكنه يعتبر قاسياً مقارنةً إلى وزنه.
- مناسب للحمولات الخفيفة والمتوسطة. [12]
- الخشب له ميزه جيدة، فهو صلب وقاسي، وعادة ما ينبئنا قبيل انهياره الوشيك، فهو لا ينهار فجأة، بل بشكل تدريجي، فعلى الرغم من الضعف بين أنسجته إلا أنه يكبح عمليات التشقق والكسر المفاجئ، وحتى لو حدث الانهيار في البنية تبقى هناك قوة كافية وقادرة على تحمل الحمولات الضخمة. [13]
- الخشب هو أحد المواد القليلة التي تعمل بالتساوي على الشد والضغط وبنفس القوة تقريباً، فهو مقاوم للتقوس والالتواء الناتجين عن تعرض العنصر للضغط، وهذه مشاكل نادرة في الخشب.
- تتميز المقاطع الخشبية المستطيلة بالإضافة إلى تحملها للاجهادات، بسهولة تشكيلها. [13]

٢-٩-٢-هـ مساوئ البناء بالخشب:

- متانته المنخفضة تعني أن مجازاته محدودة، وكذلك ارتفاعات الأبنية الخشبية محدودة أيضاً.
- من الصعب تشكيل الوصلات أو العقد في حالات محددة.
- كما ذكرنا سابقاً، مقاييس القطع الخشبية محددة بحجم مقياس الشجرة التي أخذت منها.
- الخشب عرضة للتعفن، التآكل، التفسخ مالم يحافظ عليه بشكل مناسب، كما أنه حساس الى هجوم الحشرات.

- تختلف خصائصه تبعاً لاختلاف أصناف الأشجار المقطوع منها. [١٢]
- قابليته للاحتراق بالنار. ولكن يمكننا تحصين مقاومته البيولوجية من خلال معالجته، وكذلك فإن ثبات معدل تفحم الخشب يسمح لنا بتصميم المقاومة ضد الحريق عن طريق تكبير حجم العناصر الإنشائية للوصول إلى فترة مقاومة الحريق المطلوبة. [13]

٢-٩-٢-و أمثلة

الشكل(٢-١٩)أقواس المظلات. مدينة تشرين الرياضية[٢٥]

الشكل(٢-٢٠) مديرية سياحة دمشق. دمشق[٢٥]

الشكل(٢-٢١)تغطية المدرج. مدينة تشرين الرياضية [٢٥]

الشكل(٢-٢٢) سقف المسجد الأموي. مدينة دمشق [٢٥]

٢-٩-٣ الخرسانة المسلحة

تعتبر مادة البناء هذه، من أشهر مواد البناء المعمارية، وأوسعها انتشاراً، فالمنشآت من الخرسانة والخرسانة المسلحة تستخدم حالياً في أغلب الأبنية الحديثة.

٢-٩-٣-أ طبيعة مادة الخرسانة

تتكون الخرسانة من خلط أربع مواد هي الاسمنت والرمل والبحص والماء، تصمم الخلطات الخرسانية حسب التركيب المطلوب. الخرسانة الرطبة تصب ضمن قوالب و يتشكل حسب حجم القالب المطلوب ومادة القالب غالبا من الخشب أو الحديد، ويراعى في تصميم الخلطة التفاعلات الكيميائية، القساوة ، الصلابة وزيادة المقاومة مع مرور الأيام. [١٢]

٢-٩-٣-ب خصائص مادة الخرسانة

الخليط الخرساني يصل إلى مقاومة كبيرة بعد أربعة أسابيع من صبه، فهو جيد المقاومة على الانضغاط لكونه متراصاً بقوة. ويتحمل الضغط (بشكل أساسي 30–40 N/mm2) لكنه لا يتحمل الشد (3–8 N/mm2). نعلم أنه بشكل عام أي عنصر في المنشأة يتعرض للانحناء–على سبيل المثال، البلاطة والجائز يتعرضان للشد لذلك يجب أن تعزز الخرسانة بقضبان من الفولاذ المسلح. [١٢]

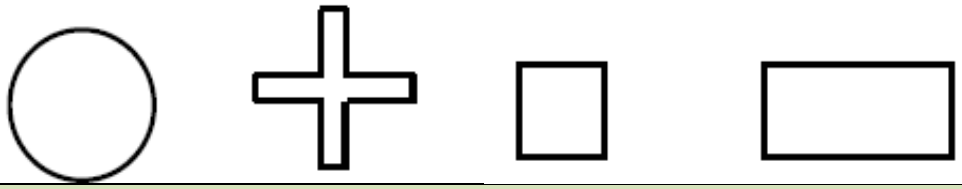
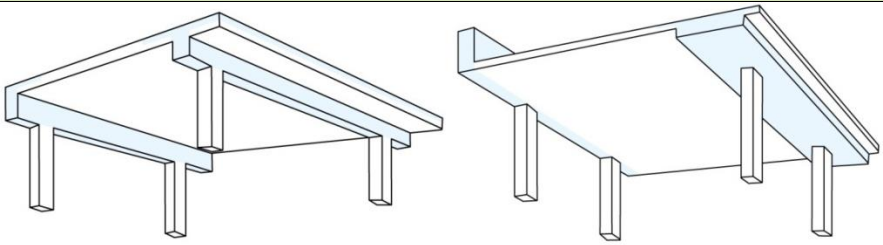
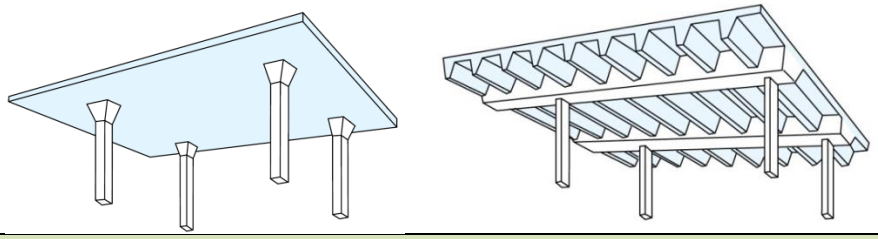
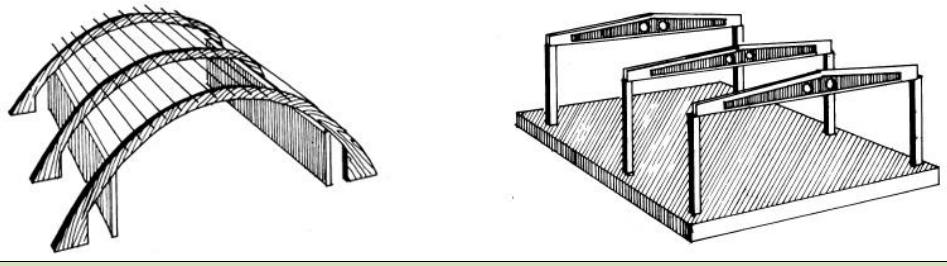
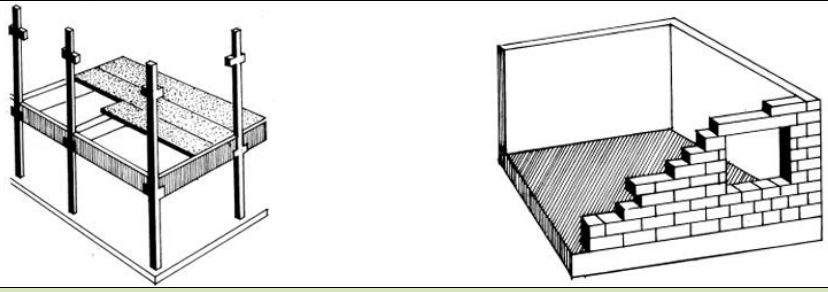
جدول(٢-٦) خواص الخرسانة [١٣]

خواص الخرسانة							
الخاصية	**الخرسانة الانشائية العادية**	**الخرسانة الخفيفة**	**خرسانة خالية من الخامات المعدنية**	**الخرسانة الغازية**	**الخرسانة البوليميرية (ملاط البوليستر)**	**الاسمنت المقوَّى بالزجاج والفايبر (٥% فايبر)**	**الخرسانة المرشوشة (بدون فايبر)**
الوزن kN/m^3	٢٤	٤- ٢٠	١٥- ١٩	٦- ٩	٢٤	٢٥	٢٣
مقاومة الضغط طويل الأمد N/mm^2	٢٠- ١٠٠	5- 60	4- 9	3- 6	50- 100	٣٠- ١٠٠	٣٠- ٦٠
معامل مقاومة التشقق(التفتت) طويل الأجل N/mm^2	3	3	1	1	10- 40	١٥- ٢٠ (١٠ سنوات)	3
معامل المرونة في الضغط kN/mm^2	15–40	5–25	15	1.5–9	3–15	20–30 (10 سنوات)	20–30
تأثير المقاومة	منخفضة جدا	منخفضة	منخفضة جدا	منخفضة جدا	عالية	عالية لكن تتناقص	منخفضة
قدرة اجهاد الشد % – الاستطالة أو التمدد قبل الانهيار	0.004–0.012	–	–	–	1–5	0.05	–
النفوذية % (حركة الرطوبة على الوجهين)	0.02–0.10	0.03–0.20	–	0.02–0.03	–	0.15–0.30	0.15–0.30
انكماش الجفاف الأولي %	0.02–0.08	0.03–0.04	0.01–0.03	0.02–0.09	1.00	0.15–0.30	0.15–0.30
معامل التمدد الحراري $(\times 10^{-6}/^{o}C)$	7–14	6–12	4–8	8–10	20–40	7–11	7–14

٢-٩-٣-ج استخدام الخرسانة في العمارة

استخدمت الخرسانة بداية على يد المصريين واليونانيين، لكنها اكتشفت بالصدفة على يد البنائين الرومان، وذلك باستخدامهم التربة البركانية، والتي أدت إلى تطور معماري جديد. حديثاً بدأ استعمال الخرسانة المسلحة بشكل فعلي حوالي عام (1900) ومازالت تتطور بشكل كبير حتى يومنا هذا. [٣٣]

جدول (٢-٧) بعض أشكال العناصر الخرسانة المسلحة [إعداد الباحث]

بعض الأشكال المختلفة للعناصر والمنشآت من الخرسانة المسلحة				
أعمدة				
	المستطيلة	المربعة	المتصالبة	الدائرية
جوائز				
	جوائز شريطية (مسطحة)		جوائز ساقطة	
بلاطات				
	بلاطة مضلعة مع جوائز		بلاطة فطرية	
استخدامات مختلفة				
	أعمدة وجوائز		أقواس	
				
	وحدات إنشائية صغيرة		وحدات إنشائية مسبقة الصنع	

٢-٩-٣-د ميزات البناء بالخرسانة والخرسانة المسلحة:

- تتحمل الشد بشكل عالي عندما يعزز بالحديد.
- يمكن أن تقولب ضمن أي شكل مطلوب.
- بسبب قابليتها للصب يمكن أن نشكل منها عناصر انشائية متصلة.
- متينة لا يمكن أن تتأكسد، تصدأ أو أن تتعفن.
- تقاوم الحريق بشكل جيد. فهي أكثر أماناً بما يخص مقاومتها للنار من المنشأة المعدنية.
- خواص العزل فيها جيدة من ناحية العزل الحراري وعزل الضجيج.
- انتاجها رخيص، على الرغم من أن توضعها في الموقع يحتاج لعدد كبير من العمال، مما يزيد في التكلفة. وتعتبر الخرسانة المسلحة مادة قليلة الكلفة، لأن قسمها الأعظمي يتكون من الخرسانة والأصغري من الفولاذ ذي السعر المرتفع.
- يمكن أن تستخدم بشكل مركب (المادتان تعملان معاً) مع المنشآت الفولاذية.
- الخرسانة المسبقة الاجهاد (الخرسانة المستخدمة به قضبان أو كوابل مشدودة بقوة) أقوى من الخرسانة المسلحة ولذلك يمكن به انتاج عناصر أطول وأرفع.
- العناصر الخرسانية (الجوائز، الأعمدة، الخ) يمكن أن تنتج بالمصانع وعندما تتصلب تنقل إلى موقع البناء و تشيد في الموقع، وهذا يعطي سرعة في الإنجاز.

٢-٩-٣-هـ مساوئ البناء بالخرسانة والخرسانة المسلحة:

على أية حال هناك أيضاً مساوئ للخرسانة يجب أخذها بعين الاعتبار وهي:

- الخرسانة ثقيلة، ماديا وجمالياً.
- كما ذكرنا سابقاً في البناء باستخدام الخرسانة المسلحة أنها تحتاج إلى أن يتم التحكم بها بحذر وكذلك بخلطاتها وتركيب المكونات، تركيب القوالب، التسليح، اكتناز الخرسانة وتموضعها.
- تصلب الخرسانة بعد الصب يتطلب عدة أسابيع. هذا يسبب تأخير في أعمال الإنشاء (هذا في حالة عدم استخدام الخرسانة المسبقة الصنع).
- على الرغم من أن الخرسانة لا تتعفن أو تتأكسد أو تصدأ إلا أنها تعاني من بعض الأمراض، تتضمن التفتت، التشقق (وهذا يؤدي الى تأكسد وصدأ حديد التسليح) وأيضاً مشبع بثاني أكسيد الكربون (التفاعلات الكيميائية مع طبقات الجو والتي تسبب تلف تدريجي). [١٢]

٢-٩-٣-و أمثلة

الشكل(٢-٢٣) قبة جامع الرفاعي. دمشق [٢٥]

الشكل(٢-٢٤) مدرسة. دمشق [٣٨]

الشكل(٢-٢٥) وزارة التعليم العالي. دمشق [٢٥]

الشكل(٢-٢٦) صرح الجندي المجهول. دمشق [٣٦]

الشكل(٢-٢٧) المركز الوطني لبحوث الطاقة. دمشق [٢٥]

الشكل(٢-٢٨) صوامع الحبوب. دمشق [٣٧]

٢-٩-٤ المعدن

يُصنَّع المعدن المستخدم في الإنشاء حسب مقاطع وأشكال معيارية وأشهر العناصر المعدنية وأوسعها انتشاراً في الأبنية المعمارية هي الفولاذ، الحديد والالمنيوم. [١]

الألمنيوم نادراً ما يستخدم كمادة انشائية، إلا في حالات المنشآت الصغيرة جداً (بيت زجاجي لزراعة النباتات). والألمنيوم كمادة ساهمت في إحداث ما يمكن أن نسميه "سيولة الشكل المعماري" ، فالألمنيوم رغم صلابته إلا أنه سهل التشكيل . حيث كان لهذه السيولة البصرية تأثيراً حاداً في نقل العمارة إلى عصر متباين مع العصور السابقة. [٤١] في هذا البحث سندرس البناء باستخدام معدن الفولاذ.

٢-٩-٤-أ طبيعة مادة الفولاذ

الفولاذ : مادة صلبة متجانسة تكونت بفعل عوامل طبيعية غير عضوية ولها تركيب كيميائي محدود ونظام بلوري مميز.

وعليه، يعتبر الجيولوجيون الفولاذ مادة نهائية مستقرة ومنتج لعمليات طبيعية كثيرة ومتفرعة. [٤٢]

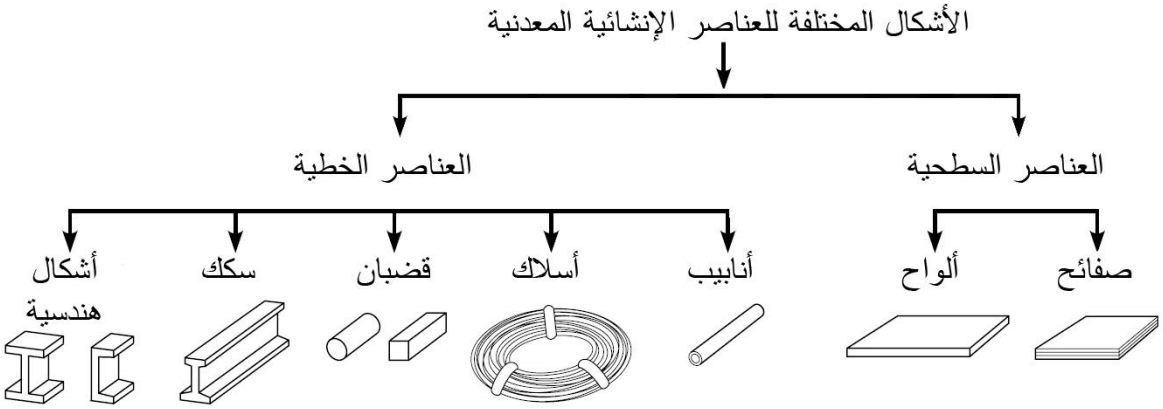
٢-٩-٤-ب خصائص مادة الفولاذ

جدول(٢-٨) خواص الفولاذ، الحديد والالمنيوم [١٣]

الخاصية	المادة				
	الحبل الفولاذي المسبق الاجهاد	فولاذ قليل الشوائب عالي المقاومة	فولاذ إنشائي كربوني	الفولاذ المشكل على البارد	الفولاذ المصبوب
محتوى الكربون %	٠,٦ -٠,٩	٠,١-٠,٢٨	٠,١ -٠,٢	٠,٢ -٠,٢	٠,١٥-٠,٥
الوزن kN/m^3	٠,٦ -٠,٩	٠,١-٠,٢٨	٠,١ -٠,٢	٠,٢ -٠,٢	٠,١٥-٠,٥
مقاومة الشد N/mm^2	١٢٠٠ -١٨٠٠	٤٠٠-٧٠٠	٤٠٠ -٦٥٠	٢٨٠-٦٠٠	٤٠٠ -٦٠٠
كمية الاجهاد N/mm^2 – عند هذا الاجهاد او بالقرب منه يبدأ تشوه دائم	1100- 1700	340-480	240-300	200-500	200-400
معامل المرونة kN/mm^2	١٦٥	٢١٠	٢١٠	٢١٠	٢١٠
الاستطالة %	٤	١٥	١٥-٢٥	١٢-٢٥	١٥-٢٠
اللحام	ليس يجدا للحام	جيد مع الانواع المناسبة	جيد اذا كان الفولاذ قليل الكربون	بشكل عام جيد	معتدل
معامل التمدد الحراري $(\times 10^{-6}/^{o}C)$	١٢	١٢	١٢	١٢	١٢
درجة حرارة المعدن بحيث يتحمل المعدن ٥٠% من شدة حرارة الغرفة	٣٥٠-٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠	٥٠٠
مقاومة تآكل المعادن غير المعالجة	ضعيفة	معتدلة الى جيدة	ضعيفة	ضعيفة الى جيدة	معتدلة

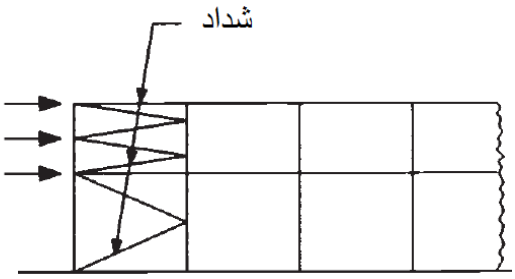
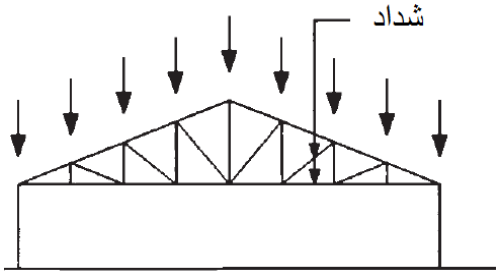
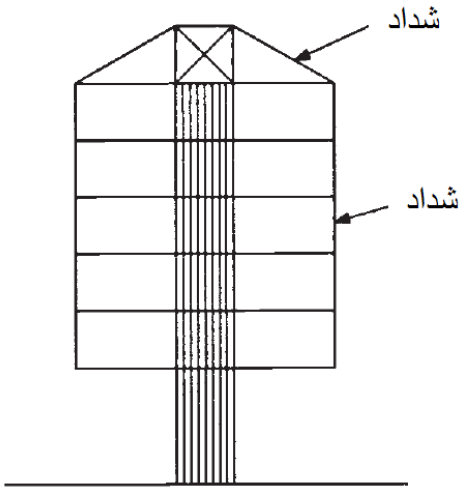
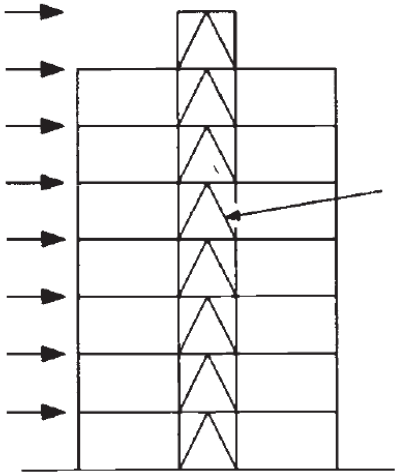
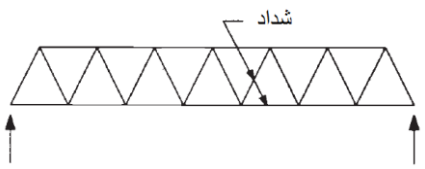
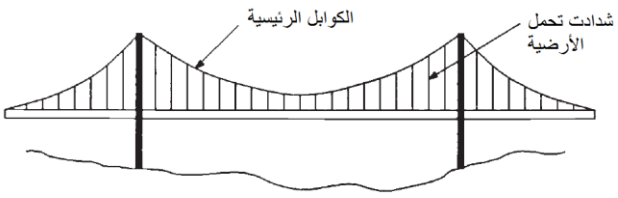
٢-٩-٤-ج استخدام الفولاذ في العمارة

يعتبر الفولاذ أفضل المواد الصناعية مقاومة على الشد وعلى الانضغاط، إذ أن مقاومته أفضل بكثير من مقاومة الخشب. الشكل التالي يوضح بعض الأشكال المختلفة للعناصر الإنشائية من الفولاذ.



الشكل(٢-٢٩) الأشكال المختلفة للعناصر الإنشائية من الفولاذ [إعداد الباحث]

جدول(٢-٩) أنواع المنشآت المعدنية للجمل الفراغية [إعداد الباحث]

بعض أنواع المنشآت المعدنية للجمل الفراغية		
الأبنية من طابق واحد	 سقف مقوّى	 إطار جلوني
أبنية متعددة الطوابق	 نواة معلقة	 هيكل مدعم
جسور	 جائز شبكي جلوني	 جسر معلق

٢-٩-٤-د مميزات البناء بالفولاذ:

يتميز الفولاذ بالخصائص التالية:

- متانة الفولاذ نسبةً إلى وزنه عاليةٌ جداً. فهو يعمل على الضغط وعلى الشد(لكن من الممكن أن تحدث مشاكل في حالة الضغط-كما سنرى).
- إنتاج الأجزاء الفولاذية يتم في المعامل وبعناية وضمن شروط محددة، لذلك يمكن التحكم بمستوى الجودة والنوعية.
- للفولاذ مظهر جذاب، بالأعمدة الاسطوانية، السطوح الملساء، القوام المستقيم ونهايات حوافه المقطوعة.
- يمكن تصنيعه بشكل مسبق للأعمال المطلوبة.
- صلابة الفولاذ عالية جداً.
- الفولاذ اقتصادي في مادته الانشائية، بالقياس إلى أن قطعة صغيرة منه تتحمل حمولات كبيرة.

٢-٩-٤-هـ مساوئ البناء بالفولاذ:

للفولاذ عددٌ من المساوئ وهي:

- مادة مكلفة جداً وثقيلة الوزن حيث نحتاج إلى الرافعات لنقل الأجزاء الفولاذية.
- من الصعب إنجاز السطوح المنحنية.
- إذا لم يحافظ عليه بشكل مناسب، فمن الممكن أن تظهر مشاكل في التحمل والصلاحية.
- مقاومته للنار ضعيفة، لذلك الأجزاء الفولاذية تحتاج إلى الحماية بمواد أخرى.
- الأجزاء الاسطوانية الفولاذية عرضة لأن تتعرض للانبعاج أو الانثناء تحت تأثير الضغط، وهذا أمر هام في أعمال تصميم الأجزاء الفولاذية.

٢-٩-٤-و أمثلة على المنشآت المعمارية من الفولاذ

الشكل(٢-٣٠)مسبح مدينة تشرين الرياضية. دمشق[٣٢]

الشكل(٢-٣١) مبنى الاتحاد الرياضي. دمشق [٢٥]

الشكل(٢-٣٢) مدينة الباسل الرياضية. اللاذقية [٣٢]

الشكل(٢-٣٣) صالة رياضية. دوما [٣٢]

الشكل(٢-٣٤) الجسر المعلق. ديرالزور [٣٨]

الشكل(٢-٣٥) بانوراما حرب تشرين. دمشق [٢٥]

٢-٩-٥ الأغشية

تحتل صناعة الأغشية مكان الصدارة بين الصناعات الاستهلاكية، وتتسم التكنولوجيا العالمية الحديثة بتنوع هائل في الخامات والمواد والألوان والتجهيزات الخاصة. [٤٣]

نتيجة للتطور الكيميائي، دخلت اللدائن في صورها اللينة والصلبة مجال الانشاء المعماري. وقد حلت الصلبة منها، محل الخشب والحديد في مجال الجمل الخطية أو السطحية تحت الضغط. أما اللدائن اللينة فدخلت مجال أغشية الخيم، أو في مجال الوحدات الإنشائية المشدودة بالأعمدة والحبال أو المشدودة نتيجة ضغط الهواء في الوحدات المنفوخة. [٢]

٢-٩-٥-١ البلاستيك

البلاستيك مواد يمكن تشكيلها بسهولة. أصلها مركبات كيميائية يتم الحصول عليها من النفط. أول شكل كيميائي للبلاستيك صنع عام ١٩٠٩م وسمي (الباكلايت). وحضِّرت أنواع أخرى مثل (البولي إيستر) و(PVC)اللذان يتمتعان بخفة الوزن والمرونة وإمكانية التلوين ويتحملان الرطوبة والحرارة. [٤٤]

٢-٩-٥-١-أ طبيعة المادة

يتركب البلاستيك من مركبات ذات سلاسل طويلة تسمى بـ (البلمرات)، وهي مرتبة بنسق معين، وهذا الترتيب يعطي البلاستيك مزايا متعددة. [٤٤]

٢-٩-٥-١-ب خصائص مادة البلاستيك المستخدم في عملية الإنشاء

الجدول التالي يبين لنا أهم خصائص البلاستيك المستخدم في عملية الإنشاء

جدول(٢-١٠) خواص البلاستيك [إعداد الباحث]

الخاصية	البلاستيك						
	البوليستير الراتنجي	البوليستير مع شبكة حبلية من قطع الزجاج	البوليستير مع نسيج زجاجي	البوليستير مع زجاج عشوائي	البوليستير مع الزجاج المقوى	البوليكاربوتيت	الأكريليك
كمية الزجاج بالوزن %	لا شيء	25-50	50	60	60	_	_
الوزن kN/mm^2	١٢	١٥	١٨	١٩	٢١	١٢	١٢
مقاومة الشد قصيرة الأجل عند (20°C) N/mm^2	٤٠-٨٠	٨٠-١٧٥	٢١٠-٢٥٠	٦٦٠	٣٥٠-٥٥٠	٦٠	٥٠-٧٠
مقاومة الالتواء قصير الأجل عند (20°C) معامل التمزق N/mm^2	٥٠-٩٠	١٢٥-٢١٠	٢٢٠-٣٠٠	٧٠٠	٥٠٠-٨٢٥	٨٠	٩٠-١٠٠
معامل المرونة قصيرة الأجل عند الانحناء وفي اتجاه ألياف القماش عند 20 °C (68 °F)	٢-٥	٦-١٠	١٥	٣٠	٣٥	٢,٦	٣,٢
صلابة الكسر عند 20 °C ($MN/m^{3/2}$)	٠,٥	١٠-٢٠	١٠-٣٠	١٠-٤٠	٤٠-٥٠	١-٢	١-١,٥
مقاومة الشد طويل الأمد عند (١٠سنوات) لكن يوضع بنسبة كنسبة مقاومة الشد قصير الأجل	_	٠,٥	٠,٥	٠,٥	٠,٥-٠,٦٥	٠,٢٠	٠,٢٥
الانكماش %	-٠,٠٠٤ ٠,٠٨٠	_	_	_	_	_	_
امتصاص المياه خلال ٢٤ ساعة %	٠,١٥-٠,٦٠	_	٠,٢٠	٠,١٥	٠,٣٠-٠,٤٠	_	_
معامل التمدد الحراري (a)×١٠ $^{-}$ ٦/° C	١٠٠-١٨٠	٢٠-٣٠	١٠-١٥	١٠-١٥	١٠-١٥	٧٠	٦٠-٧٠
تأثير درجات الحرارة المنخفضة أو العظمى	٧٠	٧٠	٧٠	٧٠	١١٠	١٢٠	٧٥
التأثير الظاهر للعوامل الجوية	أصفر	أصفر	أصفر	أصفر	لا تأثير	أصفر ويصبح سريع الانكسار	لا تأثير

٢-٩-٥-١-ج استخدامها في العمارة

إن البلاستيك الصلب يستبدل المعادن في كثير من الأدوات ،أما البلاستيك الطري فيدخل في صناعة الخيوط والجلود وحتى الفرو .البلاستيك من المكونات الطبيعية. [٤٤]

٢-٩-٥-١-د مزايا البلاستيك في البناء والتشييد

- مرن سهل التشكيل وخفيف الوزن، لكنه قوي في الضغط والشد فهو متين ومقاوم للتآكل والصدأ.
- الفعالية من حيث التكلفة حيث يعتبر رخيص الثمن
- عزل الصوت، الحرارة والبرد لتوفير الطاقة والحد من الضوضاء إضافة إلى عازليته للكهرباء.
- تطبيقات مبتكرة مع خيارات غير محدودة من الأسطح، والألوان.
- الصيانة مجانية مقارنة بمواد البناء الأخرى، بالضافة إلى امكانية إعادة التدوير. [٥١]

٢-٩-٥-١-هـ عيوب البلاستيك

- صعوبة الإصلاح وإمكانية إعطاء رائحة غير مرغوب فيها.
- عدم احتمال الحرارة العالية.
- صعوبة التحلل.

٢-٩-٥-١-و أمثلة على المنشآت المعمارية من البلاستيك

الشكل(٢-٣٦) مبنى الكرة. دمشق [٣٢]

الشكل(٢-٣٧) تغطية المواقف- كلية العمارة. دمشق [٢٥]

٢-٩-٥-٢ القماش

تستخدم المواد البلاستيكية في صناعة العديد من الأقمشة الإنشائية، والتي وجدت استخدامات متزايدة في مجال العمارة.

٢-٩-٥-٢-أ طبيعة المادة

تنتج الأقمشة في الوقت الحالي إما باستخدام الألياف الطبيعية أو الصناعية والتي تتعدد موادها الأولية، ومع التقدم التكنولوجي، أُنتجت ألياف زجاجية، تتميز بأنها غير قابلة للاحتراق، وذات قوة شد عالية

ومقاومة كيماوية. ومن الممكن أن تنتج رقيقة جداً. وتستغل المنسوجات الزجاجية في مقاومة الكهرباء؛ وهي لا تتأثر بالماء أو الأحماض؛ يتم استخدامها في مجالات معمارية أو غير ذلك.

٢-٩-٥-٢-ب خصائص مادة القماش

الجدول التالي يوضح خصائص بعض أنواع الأقمشة.

جدول(٢-١١) خواص القماش [١٣]

الخاصية	القماش البوليستيري المطلي PVC	القماش الزجاجي المطلي PTFE	القماش الزجاجي المطلي بالسليكون	القماش النايلوني المطلي بالمطاط الصناعي
الوزن خيوط القماش kN/m^3	١٣,٥	٢٥	٢٥	١١,٢
مقاومة الشد قصيرة الأجل للقماش N/mm^2	١١٠٠	١٥٠٠- ٢٤٠٠	١٥٠٠- ٢٤٠٠	٥٠٠- ٩٦٠
مقاومة التماسك قصير الأجل لخيوط القماش N/tex حيث (tex) الكتلة بالغرام لكيلو واحد من الغزل	٠,٩	١,١	١,١	٠,٩٥
معامل مرونة القماش kN/mm^2	١٤	٦٥	٦٥	٦
معامل المرونة لكثافة خيط من القماش N/tex	١٢	٣٠	٣٠	٥
الوزن القماش النموذجي N/m^2	٨ بسماكة ٠,٧ مم	١٥ بسماكة ١ مم	١١ بسماكة ٠,٩ مم	٧ بسماكة ٠,٨ مم
–Warp direction – منحرف عن اتجاه النسيج	١٨٠٠ بسماكة ٠,٧ مم	٦٥٠٠ بسماكة ١ مم	٦٥٠٠ بسماكة ٠,٩ مم	٢٠٠٠ بسماكة ٠,٨ مم
–Weft (fill) direction – موازي لاتجاه النسيج	١٧٠٠	٥٥٠٠	٦٠٠٠	١٦٠٠
مقاومة الشد طويل الأجل للقماش المكسي (سنتين) فما دون N/mm^2	٠,٥	٠,٦	٠,٦	–
مقاومة التمزق (خرق/ثقب) N –Warp direction – منحرف عن اتجاه النسيج	٣٠٠ بسماكة ٠,٧ مم	٢٧٠ بسماكة ١ مم	٤٠٠ بسماكة ٠,٩ مم	٥٠٠ بسماكة ٠,٨ مم
–Weft (fill) direction – موازي لاتجاه النسيج	٣٥٠	٣٥٠	٤٥٠	٧٠٠
معامل استطالة (تمدد) القماش % –Warp direction – منحرف عن اتجاه النسيج	١٤	٦	٥	٢٥
–Weft (fill) direction – موازي لاتجاه النسيج	٢٠	٧	٥	٣٠
مقاومة القص N/degree	صغيرة	٤٥٠ (١ مم)	–	صغيرة
قابلية الاحتراق للقماش الغير معالج	سريع الإلتهاب	يلتهب بصعوبة	يلتهب بصعوبة	سريع الإلتهاب
سنوات الخدمة (الصلاحية/المتانة)	١٠- ١٥	٢٥	٢٥	٨- ١٢

٢-٩-٥-٢-ج استخدام القماش في العمارة

بدأ استخدام القماش مع ابتكار الخيمة، وتطور وازدهر استخدامه، فالأقمشة حالياً تدخل في شتى مجالات العمارة والتشييد، إما لتحقيق التغطيات الواسعة أو متطلبات العزل: الصوتي أو الضوئي أو الحراري أو الإشعاعي؛ وكذلك داخل الغرف، لتحقيق متطلبات طبية محددة. [٤٣ بتصرف]

٢-٩-٥-٢-د خصائص ومزايا القماش في البناء والتشييد

تَعُدّ الاتجاهات الحديثة البناء النسيجي جسماً ذا ثلاثة أبعاد، يمكن التحكم في تكوين تركيباته، بتغيير أبعاده البنائية، في مستوى واحد أو أكثر؛ فتتغير خواصه. وأمكن بذلك صناعة أقمشة مزدوجة الوجه، وأخرى مختلفة الوزن والسُمك. [٤٣]

٢-٩-٥-٢-هـ أمثلة

الشكل(٢-٣٨) مظلة. الهندسة المعمارية. دمشق [٢٥]

الشكل(٢-٣٩) مظلة. الهندسة المعمارية. دمشق [٢٥]

٢-٩-٦ الزجاج

يتم استخدام الزجاج لخلق منشآت مذهلة في العمارة الحديثة، ويمكن أيضاً إدراجه في العمارة كمادة انشائية وفي عدد من الطرق.

٢-٩-٦-أ طبيعة مادة الزجاج

مادة عديمة اللون تصنع من السليكا المصهور في درجات حرارة. والزجاج في الطبيعة ليس صلبا ولا سائلا، ولكن يوجد تماسك كاف بين ذراته لإحداث اتحاد كيميائي بينها. وعندما يتم تبريد الزجاج يصل إلى حالته الصلبة ولكن بدون تبلور، ومع تعريضه للحرارة يتحول الزجاج إلى سائل. [٥٦]

٢-٩-٦-ب خصائص الزجاج

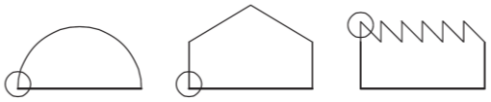
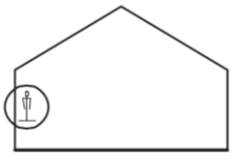
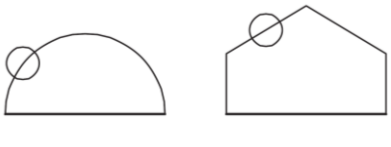
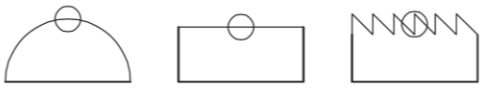
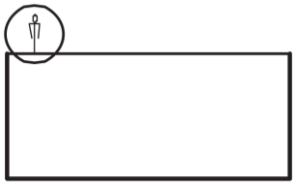
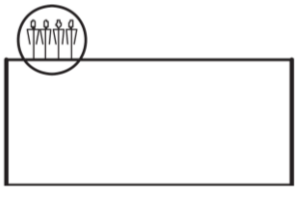
يكون الزجاج المصهور كاللدائن. ومن الممكن تقطيعه عندما يكون باردا. وفي درجات الحرارة المنخفضة يكون هشا وينكسر. ينصهر الزجاج عادة عند درجة حرارة عالية ولا يتمدد أو ينكمش بدرجة كبيرة مع تغير درجات الحرارة. ويعتبر الزجاج موصلا رديئا لكل من الحرارة والكهرباء[٥٦]

٢-٩-٥-٢-ج استخدام مادة الزجاج في العمارة

يعود تاريخ صناعة الزجاج إلى عام ٢٠٠٠ قبل الميلاد. ومنذ ذلك الحين، دخل الزجاج في أغراض عديدة من حياة الإنسان اليومية. فتم استخدامه في صناعة الآنية والمواد الزخرفية ومواد الزينة، إضافة إلى تطبيقاته الصناعية والمعمارية. [٥٦]

هذا وتتنوع العناصر الإنشائية الزجاجية وتختلف حسب موضع الاستخدام، الجدول التالي يبين العناصر الزجاجية، والأشكال الإنشائية التي تأخذها.

جدول(٢-١٢) أنواع التزجيج المختلفة للعناصر الإنشائية [٢٥]

أنواع التزجيج المختلفة للعناصر الإنشائية ومواضعها ضمن سطح المنشأة			
وضع الزاوية		الاستخدام	أمثلة على أماكن التوضع ضمن البناء
قائمة من ٩٠-٨٠ درجة		الواجهات الزجاجية	
		جدران الحماية	
مائلة من ٨٠-١٥ درجة		سقف مائل أو مقبب	
أفقية من ١٥-٠ درجة		سقف أفقي، مثني أو مقبب	
		سقف مع عدد محدد من المشاة	
		سقف مع عدد غير محدد من المشاة	

٢-٩-٥-٢-د أمثلة

الشكل(٢-٤٠) سقف بهو كلية الهندسة المعمارية. دمشق [٢٥]

الشكل(٢-٤١) فندق (البلو تور). دمشق [٢٥]

٢-١٠ المؤشرات التصميمية المؤثرة في اختيار المواد البنائية

إن عملية اختيار المواد البنائية لها أهمية كبيرة في العملية التصميمية، لتأثيرها المباشر في وظيفة وعمر المبنى، فضلاً عن تأثيرها في البيئة المحيطة.

أهم العوامل المؤثرة على القرارات التصميمية عند اختيار مواد البناء:

- موقع وتفاصيل العناصر المعمارية، إضافة إلى ملائمة مواد البناء للعمارة المحلية.
- المرونة في التصميم، للسماح بالتكيف مع المتغيرات التي قد تحصل بمرور الزمن.
- متطلبات الصيانة والمواد الضرورية للصيانة .
- مقدار مساهمة المواد البنائية المختارة في التقليل من التأثيرات المناخية على المبنى.
- العمر الافتراضي للمواد البنائية وإمكانية إعادة استعمالها في حالة تعرض المبنى للاندثار.

هذا ويعتمد استعمال أي مادة بنائية بصورة عامة على:

أ- الإمكانات الإنشائية التي تتحدد تبعا لسلوك المادة في نقل الأحمال المسلطة عليها ومقدار هذه الأحمال، مما يفرض أتباع ترتيب انشائي معين عند استخدام المادة البنائية.

ب-الإمكانات التنفيذية التي تتحدد تبعًا لمواصفات وحدة المادة كالأبعاد والوزن ومقدار تماسك المادة وغيرها، مما يفرض الالتزام بأساليب معينة في نقل المادة الى موقع العمل وطرق تجميعها وتركيبها ، وكذلك حجم ودقة العمالة المسؤولة عن استخدامها.

ت-امكانات السطح الخارجي التي تتحدد تبعًا للصفات الخارجية للمادة مثل اللون والملمس ونسبة الشفافية، مما يؤثر في تحديد مواقع استعمالات المادة ومدى ملاءمتها لفعاليات الفضاءات.

ث- إضافةً إلى عامل آخر: هو مدى تأثيرها على النظام الإيكولوجي، أحد الاعتبارات المهمة التي أخذ بها في الدراسات لما له من تأثير على البيئة. [٨]

٢-١١ العوامل الواجب مراعاتها في اختيار مواد البناء

١- توفر المواد

مواد البناء تستخدم بكميات كبيرة ولذلك يجب ان تكون متوفرة بسهولة. الحجارة والطين تستخرج من معظم اجزاء سورية، والبناء بالحجر منتشر في جميع الأبنية التقليدية، وفي بعض الأجزاء الأخرى من العالم هناك أيضا مواد تقليدية محلية تستخدم في البناء.

٢- المتانة

المواد يجب أن تكون قوية كفاية لتتحمل الشد و الضغط في جميع استعمالاتها. وبشكل واضح هناك بعض المواد أكثر متانة من مواد أخرى، فاختيار مادة واهية من أجل استخدام محدد في البناء هو خطأ فادح، وبالمقابل أيضا اختيار مادة قوتها كبيرة وغير ضرورية غير مرغوب به أيضا. [١٢]

إن متانة المواد البنائية تُعَد إحدى أكثر العوامل أهمية في تأثيرها على دورة حياة المبنى. فاستعمال المواد البنائية غير المتينة في الغلاف الخارجي وإنهاء المبنى تؤثر على تقييم دورة حياة المبنى لاحتياجها للصيانة والتبديل بصورة تكاد تكون مستمرة. [٨]

٣- القساوة أو الصلابة

يجب ألا نخلط بينها وبين المتانة: بعض المواد القوية غير صلبة (مثال الحبل) وبعض المواد الصلبة ليست قوية بوضوح (مثال الزجاج). اذا كانت المادة أقل قساوة من الحد المطلوب المادة سوف تنعطف. تتبع قساوة المادة قانون يونغ.

سنعرض الآن قساوة بعض المواد حسب قانون يونغ:

الفولاذ: 210 kN/mm2

الألمنيوم: 71 kN/mm2

البيتون: 14 kN/mm2

الخشب: 5–10 kN/mm2

يظهر من الأرقام السابقة أن الحديد أقسى بكثير من بعض المواد التقليدية الاخرى فالفولاذ أقوى من الالمنيوم بثلاث مرات ومن الخرسانة بـ (١٥) مرة ومن الخشب بـ (٢٠) مرة. ولكن لا يعني ذلك أن نستخدم دائما أقوى مادة فليست دائما أقوى مادة هي المادة المطلوبة.

٤- سرعة التشييد

يمكن انشاء بعض أنواع البناء بسرعة أكبر من الأخرى. على سبيل المثال، بناء من الاطارات الفولاذية يكمن أن يتم بشكل أسرع منه من الحجر. و لكن سرعة التشييد ليست دائما هي المعيار فهناك ارتباط بين السرعة والتكلفة.

٥- التكلفة الاقتصادية

هي مسالة معقدة فالمعماريون والمهندسون دائما يسعون الى تخفيض التكلفة. وعليه يجب أن نأخذ بعين الاعتبار تكلفة المواد الخام، تكلفة تحويل المواد الى شكل قابل للاستعمال، تكلفة النقل وتكلفة العمال.

٦- قابليتها للنقل والتحريك

كل الأبنية مكونة من مواد منقولة. بعض المواد تكون قابليتها لذلك أفضل من مواد أخرى. على سبيل المثال، قطع القرميد تتغلب على مشكلات النقل أكثر من الأجزاء المكونة للإطارات المعدنية.

٧- الصلاحية والتحمل

بعض المواد مع مرور الوقت يمكن ان تفسد، تتعفن، تتحلل، تتأكسد، تتآكل، تتشظى أو ان تتفتت الى الخ. بعض المواد يحدث لها ذلك أسرع من مواد أخرى، بمعنى آخر صلاحية بعض المواد أكثر من مواد اخرى. المحافظة على المواد وصيانتها يجب أن تؤخذ بالحسبان. على سبيل المثال طلاء الجسور أو المنشآت المعدنية بشكل دوري يساعد على منع التأكسد فيها.

٨- امكانية إعادة التدوير (كيفية التخلص من البناء بعد تدميره)

لا شيء يدوم للأبد. كيف سنتخلص من البناء بعد انتهاء فترة حياته؟ هل يمكن للمواد أن بعاد استخدامها أو أن تتحول الى شيء مفيد؟ ماهي التكلفة المرافقة لذلك؟

هناك على الأقل ثلاثة أنواع من المواد القابلة للتدوير وهي:

- المواد المستهلكة هي نتاج الأنشطة التجارية والصناعية أو مخلفات النشاطات المنزلية والتي من غير الممكن استعمالها مرة ثانية لنفس الغرض.
- مخلفات العمليات الصناعية وعادة لا يمكن اعادة استعمالها في العمليات ذاتها، مثل الخبث الناتج من عمليات صهر المعادن.
- المواد المعادة داخلياً ضمن عمليات الانتاج مثل بقايا القطع الناتجة من التهذيب وعمليات القص للمنتج. [٨]

٩- كمية الطاقة المستعملة في انتاج أو تصنيع منتج ما من المواد البنائية وتأثيرها البيئي

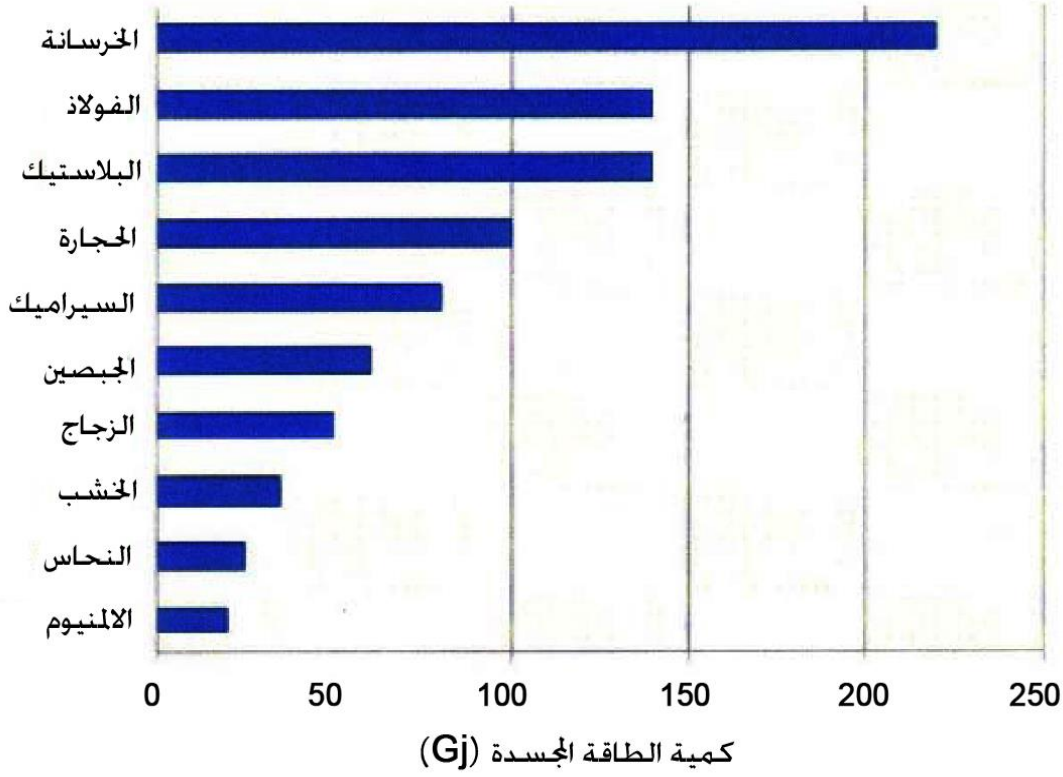
لما كانت عمليات استخراج وتصنيع ومعاملة المواد البنائية من أكبر القطاعات المستهلكة للطاقة فلابد أن تتوفر للمعماري معلومات كافية حول خصائص هذه المواد وصفاتها ليستطيع الوصول الى القرار الأمثل أو الأقرب إلى الهدف وهو توفير الطاقة وفي نفس الوقت الحصول على أفضل النتائج من حيث تحقيق الوظيفة المراد للمواد البنائية تحقيقها ضمن المبنى.

ولعل أهم قياس للتأثير البيئي لمواد البناء ما يتضمنه مفهوم الطاقة المجسدة حيث يعطي مقدارها تصوراً واضحاً عن كمية الطاقة المستعملة لإنتاج العنصر أو المنتج.

يمكن تعريف الطاقة المجسدة بأنها:

مجمل الطاقة الأولية الممنوحة لعمليات استخراج المواد الخام الموجودة في الارض من أجل انتاج ونقل ومعاملة وفصل المواد الخاصة بمنتج أو مركب أو عنصر أو مبنى معين. [٨]

الشكل(٢-٤٢) يوضح كمية الطاقة المجسدة لبعض مواد البناء



شكل (٢-٤٢) الطاقة المجسدة لبعض أنواع مواد البناء [١٩]

١٠- الحماية ضد الحريق

من الممكن جدا ان يتعرض أي بناء للحرق، ولكن بعض المواد لها خاصية مقاومة النار أكثر من المواد الأخرى.

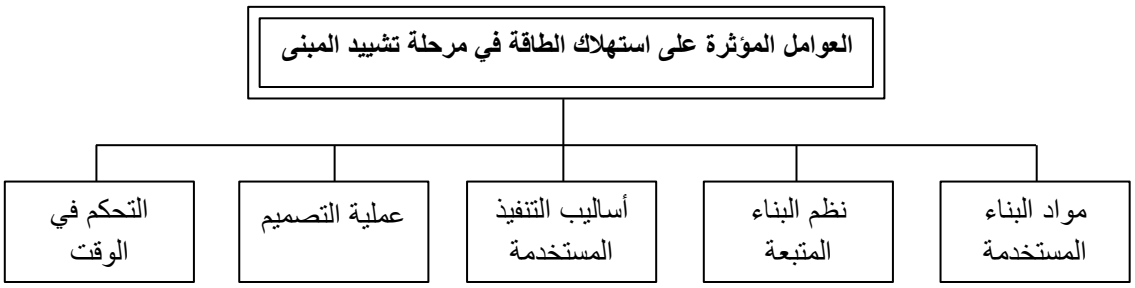
١١- حجم وطبيعة الموقع

يؤثر موقع البناء على اختيار مواد البناء. فمشاكل الاكتظاظ المرورية، الأنظمة والقوانين المرعية والعوائق المادية والطبيعية كلها من الممكن أن تحد من حجم أو زمن الأداء المطلوب في الموقع، وبالتالي عملية اختيار المادة الأنسب لإنجاز العمل بالشكل والزمن المطلوب. [١٢]

٢-١٢ آليات اختيار مواد البناء من حيث التأثيرات البيئية

عندما تكون مفاهيم الاستدامة هي القوة الدافعة، فان مفهوم الطاقة المجسدة للمواد المستعملة في البناء سوف تخضع لقرارات مستدامة، بدلاً من القرارات المستندة على الأذواق ومفاهيم الجمال والكلفة.

فالمصمم يمكنه أن يميز أو يدرك التأثير الأساسي للطاقة المجسدة للمبنى من خلال التركيز على مواصفات تلك المواد، وأن يدرس كذلك الطاقة التي تأتي بعد عمليات انتاج ونقل ومعاملة وفصل المواد (الطاقة المجسدة) وهي الطاقة المستهلكة في مرحلة تشييد البناء، شكل رقم(٢-٤٣).



شكل (٢-٤٣) العوامل المؤثرة على استهلاك الطاقة في مرحلة تشييد المبنى [١٨]

إن دراسة آليات اختيار مواد البناء، بما يخدم أداءها الوظيفي، ويقلل من تأثيراتها السلبية على البيئة، ويحافظ على مواردها وأنظمتها الأيكولوجية قدر الإمكان، يمر وفق مؤشرات: الطاقة المجسدة، إعادة التدوير، المتانة، وذلك:

- لارتباطها مع بعضها البعض ارتباطاً وثيقاً أثناء انتاج المادة البنائية.
- لما لها تأثير كبير في تحقيق أبنية مستدامة ضمن البيئة المحلية.
- لقلة الدراسات والبحوث المتناولة لتلك الجوانب بشيء من التفصيل للأسباب الاتية. [٨]

الجدول التالي يبين لنا مقارنة بين بعض مواد البناء الشائعة، وذلك وفق مؤشرات (الطاقة المجسدة، إعادة التدوير، المتانة)

جدول (٢-١٣) مقارنة بين بعض مواد البناء الشائعة [٨]

مقارنة بين بعض مواد البناء						
	المادة	الطاقة المجسدة			إعادة التدوير	المتانة
		العوامل المؤثرة على كمية الطاقة		كمية الطاقة المجهزة		
		النقل	عمليات التصنيع			
١.	الحجر	قليلة	طاقة عالية	متوسطة	تتم اعادة التدوير عن طريق اعادة استخدامه في البناء مرة اخرى	متانة وديمومة عالية
٢.	الخشب	متباينة اعتماداً على المصدر	طاقة قليلة	متوسطة	من الممكن اعادة تدويره من خلال اعادة نشره	متباينة اعتمادا على نوع الخشب والمعالجة المستعملة لحمايته
٣.	الحديد	يحتاج طاقة عالية بسبب وزنه خاصة اذا ما كان ينقل على مسافات طويلة	طاقة عالية ومركزة	عالية جداً	ممكن اعادة تدويره ١٠٠%	يمتاز بمتانة عالية
٤.	الألمنيوم	قليلة نسبة لخفة وزنه	طاقة اولية عالية ومركزة جداً أثناء التصنيع	عالية جداً	يمتاز بإمكانية اعادة التدوير وتصنيعه في عمليات سهلة وغير مكلفة	ديمومة عالية
٥.	الخرسانة	طاقة عالية	طاقة عالية	عالية	من الصعب تدويره وتقتصر بعض عمليات التدوير على سحقه واستعماله كمواد إملاء للطرق والارصفة	يمتاز بالمتانة وديمومة عالية
٦.	البلاستيك	متباينة لتباين المواد الداخلة في الصناعة	طاقة عالية جداً	عالية جداً	عملية التدوير معقدة وصعبة بسبب التنوع الكبير في المواد الداخلة في صناعته	متباينة نتيجة لاختلاف المواد الداخلة في صناعته

٢-١٣ تكنولوجيا واستدامة مواد البناء

يمكن تأشير نوعين من التطورات في مجال التكنولوجيا الحديثة للمواد البنائية:

- اعتماد مراحل اعدادية جديدة بين مراحل استخراج المواد الطبيعية ومراحل استعمالها في البناء بهدف تحسين خصائص المادة الأولية وزيادة ملائمتها للمتطلبات الانشائية أو التنفيذية أو امكانات السطح الخارجي مما أدى الى تحسين خصائص المواد الطبيعية المعتمدة في المراحل التكنولوجية السابقة.
- تقديم بدائل جديدة للمواد البنائية واستغلال ما تم تطويره ضمن مجالات أخرى في تنمية الصناعة البنائية ،اذ أسهمت الابتكارات في مجال الصناعات الكيمياوية والتعدين في تقديم بدائل مادية جديدة تمكنت من إثبات فعاليتها في تغيير الخيارات الإنشائية او التنفيذية أو امكانات السطح الخارجي أو كلها معًا. [٨]

٢-١٣-١ أثر تكنولوجيا المواد على استدامة الأبنية

ذكر (ويليام موريس) في إحدى مقالاته عام ١٩٨٢: " تمثل المادة وبشكل واضح أساس العمارة. حيث تؤثر المواد البنائية على الهيكل الإنشائي والكلفة وأسلوب الإنشاء فضلا على تأثيراتها البيئية على البيئات الداخلية والخارجية .

ومن أجل ذلك لابد من معرفة الآلية التي تؤثر بها عمليات البناء على البيئة في كل مرحلة من مراحل عمر المبنى، وأهمية تحليل دورة حياة المبنى. عادة ما تتطلب الهياكل الرئيسية من المبنى موادًا بنائية ذات مواصفات خاصة وقوة تحمل عالية فهي الجزء الحامل للقوى في المبنى، وأكثر المواد شيوعا هي الخرسانة المسلحة والحديد. [٨]

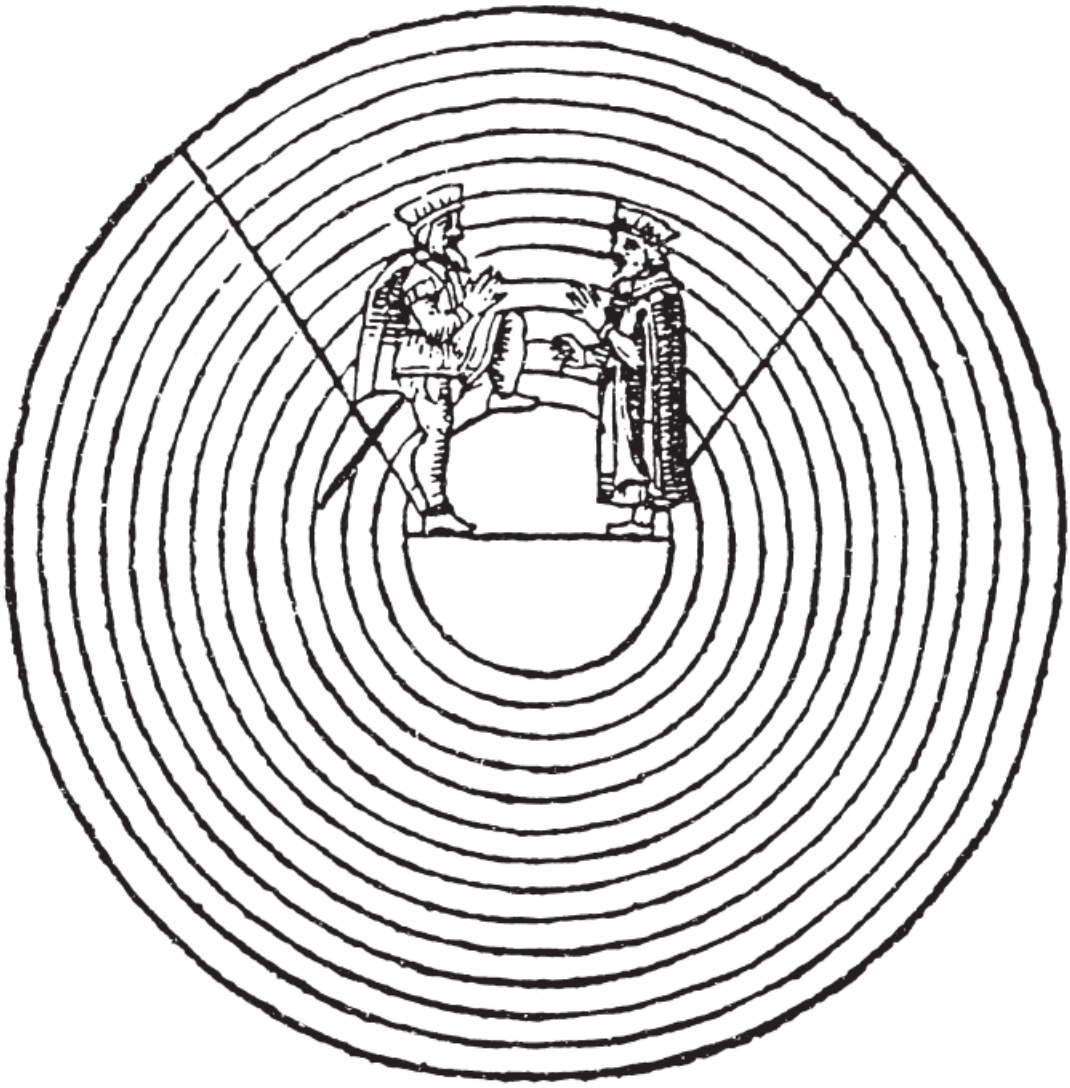
٢-١٣-٢ المواد المستدامة وتأثيرها في عمر المبنى

يرتبط تقييم دورة حياة المبنى مباشرة بالطاقة المجسدة للمواد البنائية حيث أن للاثنين علاقة بمفهوم التأثير البيئي من حيث الطاقة الداخلة أو المستهلكة في عمليات البناء (منذ المراحل الأولى لاستخراج المواد ومن ثم التصنيع والمعاملة) إلى الطاقة المستعملة في اشغال المبنى على طول عمر المبنى .

يعد تحديد عمر المبنى في المراحل الأولى لعمليات التخطيط والتصميم، من النقاط المهمة التي لها تأثير واضح في نوعية المواد البنائية المختارة في البناء (الإنشاء)، وإحدى أهم النقاط في هذه الحالة هي اختيار مواد بنائية متقاربة في أعمارها الافتراضية (وهو عامل مهم في تقييم كلفة أعمال الصيانة).

كما أن تحديد عمر المبنى المراد إنشاؤه، أفضل وسيلة للتعرف على حجم التأثير السلبي للمبنى على البيئة، حيث يتم تقييم التأثير البيئي للمواد وكلفة المواد البنائية نسبة إلى تقييم عمر المبنى (تقييم دورة الحياة)، ويعتبر أيضاً من الوسائل الفعالة للمقارنة بين المواد البنائية المختلفة المستعملة لنفس الغرض أو الوظيفة مثل الحديد أو الخشب أو الالمنيوم المستعمل في النوافذ . هذا وتعد متانة المواد البنائية إحدى أكثر العوامل أهمية في تأثيرها على دورة حياة المبنى.

فاستعمال المواد البنائية غير المتينة في الغلاف الخارجي وإنهاء المبنى تؤثر على تقييم دورة حياة المبنى لاحتياجها للصيانة والتبديل بصورة تكاد تكون مستمرة. [٨]



الفصل الثالث

تأثير مواد البناء على اختيار الجمل الإنشائية

٣-١ مقدمة

اختيار النظام الانشائي المناسب ليس من القرارات المعمارية البسيطة، وجدوى الأنظمة جميعها مازال قائما. لأن أكثر النظم كفاءة في استعمال المادة أو حتى في التكاليف النهائية لم يلغ استعمال غيره من النظم لوجود المبررات المنطقية لاستعمالها. إن الاختبار النهائي للمنشأ يتوقف على مدى تحقيقه الاقتصاد بصورة كلية بالإضافة إلى تحقيقه لعدد من الاهداف الفراغية المعمارية المؤثرة. [٢]

القرار الأول الذي يجب أن يتخذه المصمم الإنشائي، هو أي مادة أو أي من مواد البناء يجب أن يستخدم من أجل عملية البناء.

ذكرنا في الفصول السابقة، أن العامل الأساسي الثالث في عملية التصميم الإنشائي: هو المعرفة الكافية حول سلوك المواد المستخدمة.

وناقشنا كذلك، مواد البناء الرئيسية المستخدمة في عملية التصميم الإنشائي(الحجر، الخشب، الخرسانة المسلحة ، الفولاذ)، ميزات ومساوئ كل منها، وكذلك سلوك هذه العناصر ضمن جملها الإنشائية بتأثير القوى والحمولات المؤثرة عليها.

الهدف الأساسي من اختيار النظام هو مقاومة الأحمال الرأسية (الحية والميتة) ومقاومة الأحمال الأفقية في جميع الطوابق سواء كان تأثيرها قصاً أو عزماً أو التواء، وهذا يتحقق باختيار عناصر تكون متانتها ومقاومتها كافية، وهذه المتطلبات يجب تحقيقها بالطبع بأكثر الطرق اقتصادية.

٣-٢ تأثير مواد البناء على اختيار الجمل الانشائية

الآن سنناقش كل مادة بشكل منفصل (مواد البناء الأساسية بالإضافة إلى المواد الجديدة مثل البلاستيك، القماش والزجاج، والتي أصبحت واسعة الانتشار أيضاً في مجال البناء)

وسندرس تأثير كل منها في اختيار الجملة الإنشائية المناسبة لها. وهذا يجب أن يكون دليل لنا في اختيارنا للمادة.

في الفصل الثاني ناقشنا ميزات وخصائص المواد الانشائية الأساسية وأهم صفاتها وميزاتها البنائية، وفي الجدول التالي نبين مقارنة بين أهم خصائص المواد الإنشائية السابقة.

جدول(٣-١) مقارنة بين أهم خصائص المواد الإنشائية. [إعداد الباحث]

الخاصية/ نوع المادة	الحجر	الخشب الأبيض	البيتون المسلح	الفولاذ البارد	القماش (البوليمر)	الزجاج (البوليستر)	الزجاج المقوّى
الوزن kN/mm^3	٢٢	4.5	24	78	١٤	18	٢٥
مقاومة الشد N/mm^2	١	7.5	18	400	١٠٠٠	250	٥٠٠٠ لكن الانكسار سيؤثر
مقاومة الضغط N/mm^2	١٥	2.5	45	400	none	150	١٠٠٠ لكن مقاومة الشد المتاحة ستؤثر
مقاومة الانثناء (الالتواء)- معامل التمزق(rupture) N/mm^2	١,٥	50	18	400	none	300	_
معامل المرونة (E) kN/mm^2	٢٠	10	35	210	١٤	15	70-74
الرطوبة على الوجهين(النفوذية) %	0.02	1.50	0.02	none	صغيرة	صغيرة	_
حركة التمدد (+) أو الانكماش (-)الأوليين %	+0.05	. . .	- 0.02	none		صغيرة	_
معامل التمدد الحراري (a)×١٠ $^{-}$ ٦/° C	6	4	12	12	. . .	١٤	7.7-8.8
القص	ضعيف	ضعيف	مقبول	جيد	-	ضعيف	ضعيف
قابلية النقل والتحريك	جيدة جدا	مقبولة	ممتازة إذا كانت في الموقع وإلا ضعيفة	ضعيفة	جيدة جدا	ضعيفة	ضعيفة
الديمومة	ممتازة	ضعيفة	ممتازة	ضعيفة ضد الصدأ	ضعيفة	جيدة	جيدة
المظهر	ممتاز	ممتاز	مقبول	مقبول	جيد	ممتاز	ممتاز
سرعة الانجاز	سريعة جدا	سريعة جدا	بطيئة اذا كان في الموقع	بطيئة	سريعة جدا	جيدة	جيدة
التكلفة	جيدة	متوسطة	عالية	متوسطة	جيدة	متوسطة	متوسطة
التعرض للنار	- يتشقق -يتشظى -يتفتت	-يحترق -فقد في المادة	يتشظى	- يلين - ينحني - فقد الصلابة	- يحترق - فقد في المادة	يذوب	يذوب
الأمان	ممتاز	جيد	ممتاز	ضعيف ضد النار	ضعيف ضد النار	ضعيف ضد النار	ضعيف ضد النار

٣-٢-١ البناء باستخدام الحجر

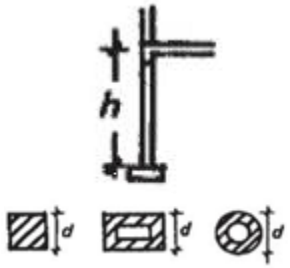
يجب أن يتماشى التصميم باستخدام الحجر مع الكود العملي لاستخدامه في البناء، ويمكن أن تعزز العناصر الإنشائية بقضبان أو شبكات فولاذية، لزيادة التماسك والمقاومة، على طول امتدادها. [13]

٣-٢-١-١ استخدام الحجر في الجمل الخطية

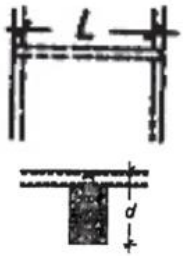
لا يعتبر الحجر مادة مناسبة للامتدادات الواسعة. فالأعمدة في الحضارات القديمة قريبة من بعضها جداً، والجوائز الحجرية بين الأعمدة، تمتد فقط لمسافات قصيرة. [12]

الجداول التالية توضح ذلك:

جدول(٣-٢): استخدام الحجر في العناصر الحاملة الشاقولية [إعداد الباحث]

المقاطع والصفات الإنشائية للحجر في العناصر الحاملة الشاقولية					
العنصر	المقاطع الأفقية والشاقولية	الارتفاع النموذجي (m) (h)	نسبة h/d بين الدعائم الجانبية	العوامل المؤثرة على البنية الإنشائية	ملاحظات
الأعمدة		1-4	15-20	التقوس (h/d>6) الانكسار (h/d>6) الانحناء	(h) هي ارتفاع السقف و(d) هي ثخن العمود

جدول(٣-٣): استخدام الحجر في العناصر الحاملة الأفقية [إعداد الباحث]

المقاطع والصفات الإنشائية للحجر في العناصر الحاملة الأفقية (الجوائز)					
العنصر	المقاطع الأفقية و الشاقولية	السقوط النموذجي (d) (mm)	المجاز النموذجي (m) (L)	نسبة L/d النموذجية	العوامل المؤثرة على الحجم/ ملاحظات
الجوائز الحجرية (الربض)		٣٠٠-٢٠٠	١٢-٢	٦-٣	الانحراف وتشقق الحجر في اماكن عقد الوصل الانكسار

٣-٢-١-٢ استخدام الحجر في الجمل السطحية

أهم عناصر الجمل السطحية الجدران، القباب والقبوات، ويعتبر الحجر الشكل المفضل لإنشاء جدران المنازل والمنشآت الغير هيكلية. تعتمد مقدرة الجدار الحجري على تحمل الحمولات المطبقة عليه على:

١- شكل وحجم الوحدات الحجرية وقوة تحملها.

٢- تركيب الملاط والمواد الأساسية المكونة له.

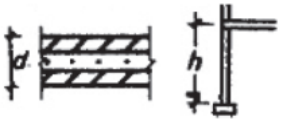
٣- ارتفاع الجدار مقارنة بسماكته (نسبة النحافة)، والحمولات الغير متوقعة التي يخضع لها. [12]

الجداول التالية، توضح استخدام الحجر في الجدران وأهم خصائصها.

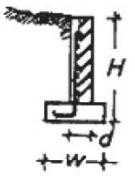
جدول(٣-٤): نسبة الارتفاع إلى السماكة في الجدران الحجرية [45]

الجدار أو العنصر		نسبة الارتفاع الأعظمي إلى السماكة H/d
الجدران الحاملة	كل الأنواع	20
الجدران الغير الحاملة	الخارجية	18
	الداخلية	36
الجدران الداعمة	جدران الصب	6
	الجدران المفرغة	4
التصوينة	كافة الأنواع	3

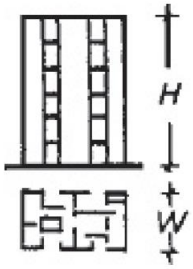
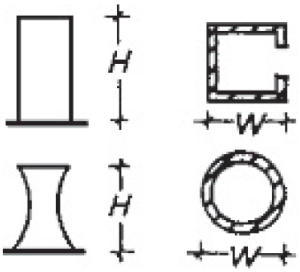
جدول(٣-٥- أ): استخدام الحجر في الجمل السطحية الشاقولية [إعداد الباحث]

العناصر الحاملة الشاقولية (أنظمة الجدران الحاملة)					
العنصر	المقاطع الأفقية والشاقولية	الارتفاع النموذجي (m) (h)	نسبة h/d النموذجية	العوامل المؤثرة على البنية الإنشائية	ملاحظات
الجدران		1-5	18-22	التقوس والانكسار (h/d>6) الانكسار (h/d>6) الانحناء	h هي المسافة الشاقولية بين الدعائم الأفقية الجانبية، وأحيانا تمتلك الجدران أيضاً دعائم جانبية شاقولية
الجدران الحجرية المضاعفة		2-7	20-35	الانحناء	___

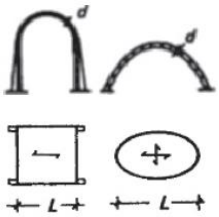
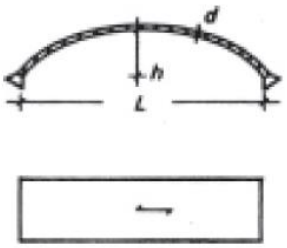
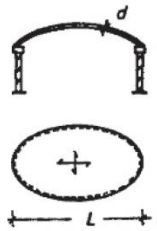
جدول(٣-٥- ب): استخدام الحجر في الجمل السطحية الشاقولية [إعداد الباحث]

الجدران الاستنادية				
العنصر	**المقطع**	**الارتفاع النموذجي (m) (h)**	**نسبة H/d النموذجية**	**ملاحظات**
الجدران الاستنادية الحجرية		1-6	10-15	جدران مصنعة من وحدات حجرية صغيرة مدعمة بالمونة W حوالي H/2 - 2H/2
الجدران من السلال المعبأة بكسر الحجارة		1-3	1-2	الجدران من سلاسل معبأة بقطع الحجارة وعادة ما تكون اقتصادية اكثر من الجدران الاستنادية من كتل الخرسانة الضخمة

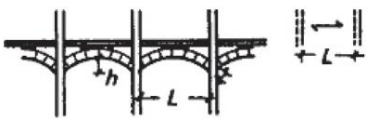
جدول(٣-٥- ج): استخدام الحجر في الجمل السطحية الشاقولية [إعداد الباحث]

العناصر الحاملة الشاقولية (أنظمة الجدران الحاملة)				
العنصر	**المساقط والمقاطع**	**الارتفاع النموذجي (H)(الطوابق)**	**نسبة H/W النموذجية**	**ملاحظات**
بناء يتألف من عدة غرف، متعدد الطوابق، ومؤلف من جدران حاملة حجرية وبلاطات خرسانية		٥-٢٥ طابق	٣,٥-١,٥	اقتصادي جداً من أجل الغرف الصغيرة المساحة مقاوم للقوى الجانبية بسبب الجدران التي تمنع هذه القوى تحتاج الانهيارات المتدرجة إلى ان تُراقَب وتسجل وبالتالي يمكن معالجتها
الأبراج (المجسم المكافئ الدوراني)		٥-٢٥ طابق	٦-٣	يمكن تقوية البناء وزيادة متانته عن طريق حلقات أو بلاطات أفقية تتوضع على مسافات متقطعة على امتداد ارتفاعه الارتفاعات القليلة تسمح بقيم عالية لـ H/W تحتاج الانهيارات المتدرجة إلى ان تُراقَب وتسجل وبالتالي يمكن معالجتها

جدول(٣-٦): استخدام الحجر في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

التغطيات المستخدمة في أنظمة الأسقف					
العنصر	المقاطع الأفقية والشاقولية	السقوط النموذجي (d) (mm)	المجاز النموذجي (L) (m)	نسبة L/d النموذجية	العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات
القباب والقبوات		١٥٠-٥٠	٤٠-٥	٨٠-٣٠	الانحراف وتشقق(تفلق) الحجارة في اماكن عقد الوصل الانحناء
القبوات قليلة التقوس		٦٠٠-٧٠	٥٠-٨	٦٠-٣٠	الانحناء أو الانكسار تتطلب القبوات أساسات بسبب حمولات وزنها الذاتي القبوات قليلة التقوس تسبب قوى دفع جانبية كبيرة نسبة L/H حوالي ٥
القباب قليلة التقوس والقليلة الارتفاع		١٢٥-٧٥	١٥-٦	١٢٠-٨٠	الانحناء عند أطراف القشرية القشريات ضعيفة التحمل للحمولات المركزة لذلك يجب تقليل اجهادات الشد والقص من أجل المجازات الواسعة نحتاج إلى تسليح القشرية

جدول(٣-٧): استخدام الحجر في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

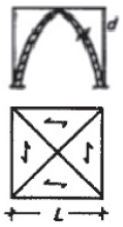
الأرضيات					
العنصر	المقاطع الأفقية والشاقولية	السقوط النموذجي (d) (mm)	المجاز النموذجي (L) (m)	نسبة L/d النموذجية	العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات
القبوات المردومة		٢٢٥-٥٠	٥-٢	٣٠-٢٠	الانهيار أو الانحناء نتيجة الحمولات عند أطراف نقاط التحميل الردم فوق الأقواس يساعد على ضغط القوس نسبة L/h تتراوح بين ٢٠-١٠

٣-٢-١-٣ استخدام الحجر في الجمل الفراغية

بشكل عام الأبنية من الوحدات الإنشائية الحجرية أقل قدرة على احتمال الاستقرارت المختلفة، وكذلك أكثر عرضة للضرر من أبنية الهياكل الفولاذية أو الخرسانية. [12]

تستخدم الوحدات الإنشائية الحجرية في بناء الجمل الفراغية المكونة من تقاطع عدة قبوات، والجداول التالي (٣-٨) يعطينا معلومات حول التصاميم النظامية باستخدام وحدات الإنشاء الحجرية.

جدول(٣-٨): استخدام الوحدات الإنشائية الصغيرة في الجمل الفراغية [إعداد الباحث]

التغطيات المستخدمة في أنظمة الأسقف					
العنصر	**المقاطع الأفقية والشاقولية**	**السقوط النموذجي (mm) (d)**	**المجاز النموذجي (m) (L)**	**نسبة L/d النموذجية**	**العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات**
القشريات		١٢٥-٧٥	١٥-٦	١٢٠-٨٠	الانحناء عند أطراف القشرية القشريات ضعيفة التحمل للحمولات المركزة لذلك يجب تقليل اجهادات الشد والقص من أجل المجازات الواسعة نحتاج إلى تسليح القشرية
القباب والقبوات		١٥٠-٥٠	٤٠-٥	٨٠-٣٠	الانحراف وتشقق(تفلق) الحجارة في اماكن عقد الوصل الانحناء

٣-٢-١-٤ معايير اختيار الحجر في الجمل الإنشائية

يدرس الجدول (٣-٩) فعالية عناصر الجمل الإنشائية من الحجر تحت تأثير عدة عوامل تؤثر على صفاتها وخصائصها الإنشائية.

جدول(٣-٩): معايير اختيار الحجر في الجمل الإنشائية [إعداد الباحث]

الجملة الإنشائية		العنصر الإنشائي	المعايير																										
			تحمل الشد	تحمل الضغط	مقاومة القص	مقاومة الانحناء	مقاومة الانكسار	مقاومة التحدب	مقاومة الانبعاج	مقاومة الانحراف	مقاومة الانشاء	مقاومة التشقق	مقاومة الانهيار	مقاومة التمزق	اللدونة	المرونة	الارتفاع الفعال	وظيفة المبنى	المجاز المطلوب	التكلفة الاقتصادية	متوفر محلياً	خبرة المصممين	تقنيات التنفيذ	سرعة التشييد	قابلية النقل والتحريك	العمر الافتراضي	الأمان	المظهر
الجمل الخطية	مستقيمة	الأساسات الخطية	ø	●	○	○	○	ø	ø	ø	ø	○	ø	ø	ø	ø	ø	○	ø	○	○	○	○	●	○	○	○	ø
		الأعمدة	ø	○	ø	●	ø	ø	ø	ø	ø	○	ø	ø	ø	ø	ø	○	ø	○	○	○	○	●	○	○	○	○
		الجوائز	●	○	●	●	●	ø	ø	ø	ø	○	ø	ø	ø	ø	ø	●	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○
		الدعائم	ø	○	ø	●	ø	ø	ø	ø	ø	○	ø	ø	ø	ø	ø	○	ø	○	○	○	○	●	○	○	○	○
	منحنية	القوس	ø	○	●	●	●	ø	ø	ø	ø	○	ø	ø	ø	ø	ø	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○
الجمل السطحية	مستوية شاقولية	الجدار	ø	○	ø	●	ø	●	●	●	●	○	ø	ø	●	●	ø	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○
		النواة	ø	○	ø	●	ø	●	●	●	●	○	ø	ø	●	●	ø	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○
	مستوية أفقية	الأرضيات	ø	○	●	●	●	●	●	●	●	○	ø	ø	●	●	ø	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○
		البلاطة المستوية	ø	○	●	●	●	●	●	●	●	○	ø	ø	●	●	ø	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○
	منحنية باتجاه واحد	الأقواس المردومة	ø	○	●	●	●	●	●	●	●	○	ø	ø	●	●	ø	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○
		القبوة	ø	○	●	●	●	●	●	●	●	○	ø	ø	●	●	ø	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○
	منحنية باتجاهين	القبة	ø	○	●	●	●	●	●	●	●	○	ø	ø	●	●	ø	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○
		المجسم المكافئ الدوراني	ø	○	●	●	●	●	●	●	●	○	ø	ø	●	●	ø	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○
	سطحية مستوية	المثنية	●	○	●	●	ø	●	●	●	ø	○	ø	ø	●	●	ø	●	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○
	سطحية منحنية باتجاه واحد	القبوات المتصالبة	●	○	●	●	ø	●	ø	●	ø	○	ø	ø	●	●	ø	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○
	سطحية منحنية باتجاهين	مثنية مؤلفة من سطوح منحنية	●	○	●	●	ø	●	ø	●	ø	○	ø	ø	●	●	ø	●	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○
		قباب مموجة	●	○	●	●	ø	●	ø	●	ø	○	ø	ø	●	●	●	○	●	○	○	○	○	●	○	○	○	○
		قباب متصالبة	●	○	●	●	ø	●	ø	●	ø	○	ø	ø	●	●	○	○	○	○	○	○	○	●	○	○	○	○

○ (فعال) ● (غير فعال) ø (لا شيء)

٣-٢-٢ البناء باستخدام الخشب

الخشب هي المادة الإنشائية الوحيدة التي تستخدم بشكلها الطبيعي الظاهر. طول ومقطع العنصر الإنشائي من الخشب محدد حسب ارتفاع وثخن الشجرة. [12]

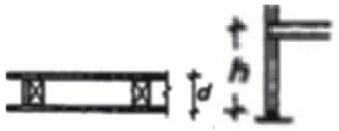
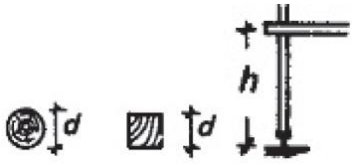
٣-٢-٢-١ استخدام الخشب في الجمل الخطية

تتقيد مقاطع العناصر الإنشائية الخشبية بحجم الشجرة المقطوعة منها، و يعتمد حجمها في الأعمال الخشبية المعقدة، على تصميم الوصلات، أكثر من اعتماده على الاجهادات الداخلية، فالاجهاد التصميمي المسموح يعتمد على نظرية التصميم المرن. [13]

نقسم البناء بالخشب في الجمل الخطية إلى ثلاثة أقسام، كما هو موضح في الجدول رقم (٣-١٠):

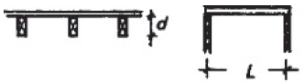
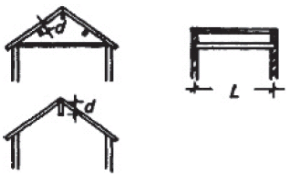
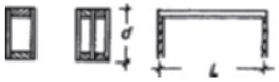
- العناصر الحاملة الشاقولية: كالأعمدة والقوائم، وتكون إما من الخشب المصمت أو الصفائحي.

جدول(٣-١٠): استخدام الخشب في الجمل الخطية [إعداد الباحث]

العناصر الحاملة الشاقولية					
العنصر	المقطع الأفقي و الشاقولي	الارتفاع النموذجي (m) (h)	نسبة h/d بين الدعائم الجانبية	العوامل المؤثرة على الحجم	ملاحظات
عمود خشبي من الخشب الصفائحي		2-4	15-30	التشقق والتحطم (h/d<15)	نسبة w/d تقريبا ٢-٣
				التحنيب والانهيار (h/d>15)	أعمدة البناء متعدد الطوابق تتطلب نسبة (h/d) أقل من النسبة المعطاة
قوائم خشبية ضمن لوح جداري		2-4	20-35	التحنيب والانهيار	القوائم الخشبية عادة ما تكون حوالي ٤٠ سم وتثبت بالمنتصف بين رقائق الخشب أو بين أي طبقات أخرى
				السماكة مطلوبة للعزل	
عمود خشبي مصمت		2-4	15-30	الانحراف أو الاعوجاج	أعمدة بناء متعدد الطوابق تتطلب نسبة (h/d) أقل من النسبة المعطاة

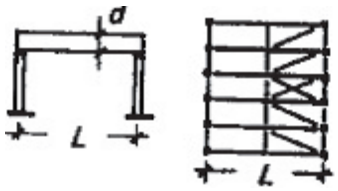
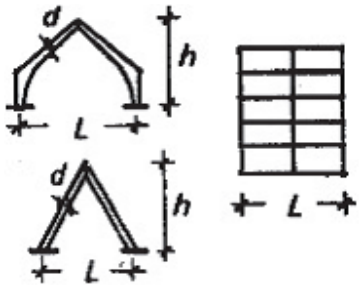
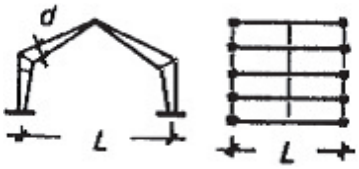
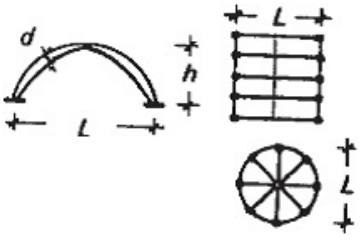
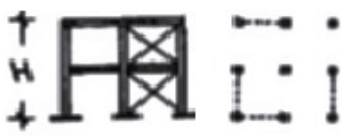
■ العناصر الحاملة الأفقية: كعوارض الأرضيات والجوائز، وعادة ما تأخذ مقاطعها الشكل المستطيل. [26] لا يغطي الخشب مجازات كبيرة بسبب صلابته المحدودة، أما باستخدام الخشب الصفائحي، فيمكننا الحصول على جوائز طويلة بمقاطع أعرض ومجازات أكبر من المجازات الخشب العادي. [12]

جدول(٣-١١): استخدام الخشب في الجمل الخطية [إعداد الباحث]

العناصر الحاملة الأفقية					
العنصر	**الواجهة والمقطع**	**السقوط النموذجي (d) (mm)**	**المجاز النموذجي (L) (m)**	**نسبة L/d النموذجية**	**العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات**
عوارض تدعم السقف – خشب لين – خشب قاسي		١٠٠ –٢٢٥ ١٠٠ –٢٥٠	٢ –٦ ٣ –٨	٢٠ –٢٥ ٣٠ –٣٥	الانحراف يفترض أن تكون العوارض مدعمة بشكل بسيط والفراغ بينها (600 mm)
المدادات – خشب لين – خشب قاسي		١٥٠ –٣٠٠ ٢٠٠ –٤٠٠	٢ –٥ ٣ –٨	١٠ –١٤ ١٥ –٢٠	يفترض أن تكون الروافد عمودية، مدعمة بشكل بسيط وتحمل حولي (2 m) من عرض السقف مقاومة الانحناء الطول والسقوط المتاح للخشب
جوائز الخشب الصفائحي مع أرضيات السقف		١٨٠ –١٤٠٠	٤ –٣٠	١٥ –٢٠	الانحراف يفترض أن تدعم الجوائز بشكل بسيط بمسافة (*L*/3–*L*/5) نسبة (*d*/*b*) حوالي (5–8)
جائز صندوقي من الخشب الرقائقي		٢٠٠ –٢٠٠٠	٦ –٢٠	١٠ –١٥	الانحراف مقاومة الانحناء القص الطولي تحدُّب الشبكة تُدَعَّم الجوائز بشكل بسيط
عارضة خشبية مدعمة في سقف مائل دون روافد		١٢٠٠ –٢٠٠٠	٦ –١٠	٤ –٦	قوة نقاط الاتصال الانحناء في العارضة الفراغ المفروض (4–6 m)
دعامات مائلة دون روافد		١٠٠٠ –٣٠٠٠	٦ –٢٠	٥ –٧	قوة نقاط الاتصال الفراغ المفروض (2–5 m)
جائز خشبي بسطح مستو القمة		١٥٠٠ –٣٠٠٠	١٢ –٢٥	٨ –١٠	قوة نقاط الاتصال الفراغ المفروض (4–6 m)

تعتبر صلابة الخشب محدودة، لذلك فإن الهياكل الخشبية تميل إلى أن تكون بمقاييس صغيرة أو لأقسام البناء الداخلية. وبشكل عام تستخدم اطارات الأسقف الخشبية في السقوف المائلة للمنازل. [12]

جدول(٣- ١٢): استخدام الخشب في الجمل الخطية [إعداد الباحث]

تغطيات الأسقف (أنظمة العمود والجائز، الإطارات والأقواس)				
العنصر	**المسقط والمقطع**	**المجاز النموذجي (L) (m)**	**نسبة L/d النموذجية**	**ملاحظات**
جملة العمود والجائز من الخشب الصفائحي		٤- ٣٠	١٨- ٢٢	الإطار ليس ثابتاً في تكوينه، لذلك نحتاج إلى تقوية شاقولية. مثلا: نستخدم جملونات صلبة مرتبطة بمستو السقف
جملة الإطار الصلب من الخشب الصفائحي		١٢- ٣٥	٣٠- ٥٠	المسافة بين الإطارات حوالي ٤- ٦ متر يمكن أن يتقوس الإطار الصفائحي وبأعماق متنوعة، لكنه مكلف أكثر من العناصر المستقيمة النظامية نسبة (*L/h*) حوالي(5- 7)
جملة الإطار من الخشب الرقائقي مكون من أجزاء خشبية		٩- ٤٥	٢٠- ٤٠	حواف وصل وتثبيت أجزاء الجوائز من خشب البناء، مثبتة بالخشب الرقائقي إما بالمسامير أو الغراء، وتعمل جميع الأجزاء كنسيج واحد متكامل المسافة بين الإطارات حوالي ٤- ٦ متر
جملة الأقوس من الصفائح الخشبية		١٥- ١٠٠	٣٠- ٥٠	أعظم طول ملائم للنقل(15–25m) شكل القوس قريب من الجملون (من أجل حالات الحمولات المهمة) تشكل الأقواس إما مسقط دائري أو مستطيل نسبة (*L/h*) حوالي(5- 7)
جملة الإطارات المُقَوَّاة المدعَّمة بوصلات		٢- ٤ طابق		تتم تقوية الإطار بقضبان فولاية شاقولية أو بألواح من الخشب الرقائقي تعمل على دعم وتقوية الإطار

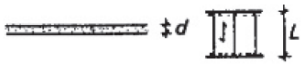
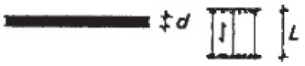
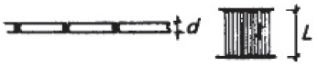
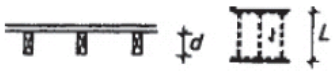
٣-٢-٢-٢ استخدام الخشب في الجمل السطحية

يأخذ المقطع العرضي في البلاطات الخشبية عادة، الشكل المستطيل.

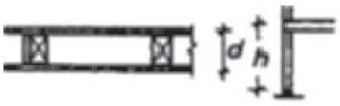
تتوزع الجمل السطحية الخشبية بين الجمل المستخدمة في الأرضيات، الجدران، الأسقف الداخلية والأسقف الخارجية النهائية.

الجداول التالية تبين أهم أنواع وخصائص الخشب المستعمل في الجمل السطحية.

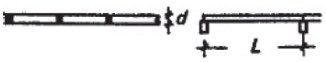
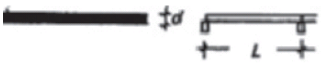
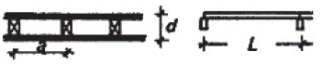
جدول(٣-١٣): استخدام الخشب في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

الأرضيات					
العنصر	**المسقط والمقطع**	**السقوط النموذجي (d) (mm)**	**المجاز النموذجي (L) (m)**	**نسبة L/d النموذجية**	**العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات**
الألواح الخشبية الرقيقة		١٢-٣٠	٠,٣- ٠,٦	٢٤	القوة ينحرف ببطء ويتغير شكله
الأرضيات المكسوّة بالخشب الرقائقي		١٢-٣٠	٠,٣- ٠,٩	٣٠- ٤٠	الانحراف نقاط التحميل القوة
ألواح من الخشب اللين		١٦- ٢٥	٠,٦- ٠,٨	٢٥- ٣٥	الانحراف القوة
ألواح أرضية ذات عوارض - خشب لين - خشب قاسي		٢٠٠- ٣٠٠ ١٠٠- ٢٥٠	٢- ٦ ٢- ٧	١٢- ٢٠ ٢٢- ٢٨	البعد بين العوارض حوالي (450–600mm) الانحراف
أرضيات الخشب الصفائحي		١٨٠- ١٤٠٠	٥-١٢	١٤- ١٨	الانحراف نسبة (d/b) من (3–5) لتمنع عدم الثبات في المقطع ذو الاستقرار الحر

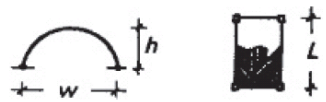
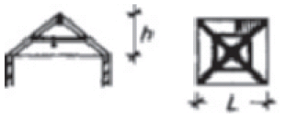
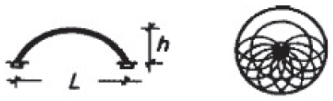
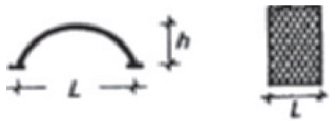
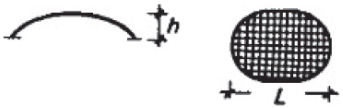
جدول(٣-١٤): استخدام الخشب في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

العناصر الداعمة الشاقولية (الجدران)					
العنصر	**المقطع الأفقي و الشاقولي**	**الارتفاع النموذجي (h) (m)**	**نسبة h/d بين الدعائم الجانبية**	**العوامل المؤثرة على الحجم**	**ملاحظات**
لوح جداري مع قوائم خشبية		2-4	20-35	التحنيب و الانهيار السماكة مطلوبة للعزل	القوائم الخشبية عادة ما تكون حوالي ٤٠ سم وتثبت بالمنتصف بين رقائق الخشب أو بين أي طبقات أخرى

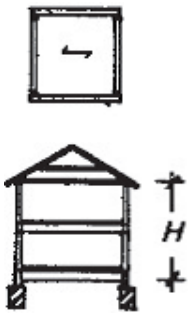
جدول(٣-١٥): استخدام الخشب في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

الأسقف					
العنصر	**المقطع والواجهة**	**العمق النموذجي (d) (mm)**	**المجاز النموذجي (L) (m)**	**نسبة L/d النموذجية**	**العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات**
ألواح خشب السقف		٢٥- ٧٥	٢- ٦	٤٥- ٦٠	الانحراف يفترض أن تدعم الألواح بشكل بسيط
بلاطة سقف بالخشب الرقائقي		١٠- ٢٠	١,٢- ٠,٣	٥٠- ٧٠	الانحراف بلاطة السقف يفترض أن تكون مستمرة
سقف من ألواح الخشب الرقائقي وبسطح خارجي مضغوط		١٠٠- ٤٥٠	٣- ٧	٣٠- ٣٥	الانحراف يفترض أن تدعم الألواح بشكل بسيط البعد (*a*) هو حوالي (300–500mm)

جدول(٣-١٦-أ): استخدام الخشب في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

تغطيات الأسقف: السطوح الخارجية				
العنصر	**المقطع والمسقط**	**المجاز النموذجي (L) (m)**	**نسبة L/d النموذجية**	**ملاحظات**
قبوة برميلية من حبال خشبية		9- 30	4-8	القشرية لها جوائز على الحواف نسبة (w/h) حوالي (2-4)
سقف هرمي		12- 35	2-6	سهلة التركيب غالبا ما تستخدم عناصر شد فولاذية عند القاعدة
قبة من الخشب الصفائحي		12- 100	5-7	نموذجيا، عناصر القبة تتألف من ثلاث شبكات من الخشب صفائحي ، على شكل خطوط شعاعية أو أقواس عندما نسقطها على الرسم الوصلات صلبة أو ممسمرة
قبة من الخشب الرقائقي		15- 25	5-7	نموذجيا، عناصر الشكل تتألف من شبكتين متقاطعتين من خطوط الخشب الصفائحي المتوازية
قبة قشرية شبكية		12- 30	5-7	عناصر الشبكة مرنة بحيث تسمح للشكل بالتقوس شكل معتدل قريب للشكل القوسي من أجل الأحمال الميتة
شبكة مستطيلة مفتولة تكون المجسم المكافئ الزائدي		12- 80	5-10	الشبكة مكسوة بالواح من طبقات رقيقة من الخشب نسبة (L/d) للألواح حوالي(60-80)
المجسم المكافئ الزائدي من حبال خشبية		12- 30	2-8	السطح القشري له جوائز على الحواف بنسبة (L/d) حوالي(60-80)

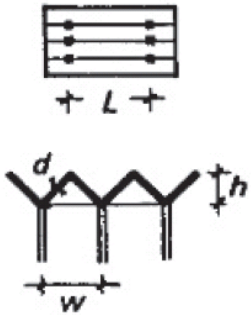
جدول(٣-١٦-ب): استخدام الخشب في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

تغطيات الأسقف (أنظمة الهيكلية والإطارات)				
العنصر	**المسقط والمقطع**	**المجاز النموذجي (L) (m)**	**نسبة L/d النموذجية**	**ملاحظات**
ألواح وسقف من الخشب الرقائقي		الارتفاع،H ٢- ٤ طابق		عادة يتم تغليف البناء، على مبدأ انشاء المنصات حيث تكون عناصر التغليف الشاقولية غير مستمرة

٣-٢-٢-٣ استخدام الخشب في الجمل الفراغية

يستعمل الخشب في الجمل الفراغية في تغطيات الأسقف، ويأخذ عدة أشكال هندسية، أشهرها تغطيات الجملونات الخشبية، والتغطيات من العوارض والجوائز الداعمة. الجدول (٣- ١٧) يوضح ذلك.

جدول(٣- ١٧): استخدام الخشب في الجمل الفراغية [إعداد الباحث]

تغطيات الأسقف (السطوح الخارجية)				
العنصر	**المقطع والمسقط**	**المجاز النموذجي (L) (m)**	**نسبة L/d النموذجية**	**ملاحظات**
سقف بلاطة مثنية مشكل من الألواح الخشبية		9- 20	8-12	الألواح مكونة من قشرتين بنسبة (w/d) من20-30 وبسماكة حوالي (75-200mm)

٣-٢-٢-٤ معايير اختيار الخشب في الجمل الإنشائية

٣-٢-٣ البناء باستخدام الخرسانة المسلحة

تقسم الخرسانة المستخدمة في الأعمال الإنشائية إلى نوعين:

- **الخرسانة المسلحة**

تكون نسبة السقوط إلى المجاز، التي تعطيها الخرسانة المسلحة لتغطية مجاز كبير، كبيرةً بشكل مزعج، ولذلك فهي تعتبر غير ملائمة للمجازات الطويلة وخاصة في حالة تصميم الجوائز.

- **الخرسانة المسبقة الإجهاد**

تكون الجوائز الخرسانية المسبقة الإجهاد أرفع من الجوائز الخرسانية المسلحة ولهذا السبب استخدامها شائع أكثر في حالة المجازات الطويلة. [12]

٣-٢-٣-١ استخدام الخرسانة المسلحة في الجمل الخطية

تتألف العناصر الخطية من الخرسانة المسلحة بشكل عام، من الأعمدة والجوائز.

تتنوع أشكال وأنواع الأعمدة التي تعطيها الخرسانة المسلحة وتختلف مقاطعها العرضية حيث يمكن استعمالها وفقا لمختلف متطلبات المباني والتصميمات الإنشائية.

أما في حالة الجوائز، فيمكن عمل مجازات كبيرة من الخرسانة المسلحة بدون أعمدة في الفراغات الداخلية، وتغطي مساحات واسعة جداً.

يفترض ألا تتجاوز نسبة المجاز إلى السقوط من أجل التصاميم الأولية في الحالات الطبيعية، القيم الاسترشادية الموضحة في الجداول التالية وذلك حتى تكون قيمة الصلابة مقبولة. [13]

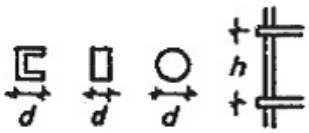
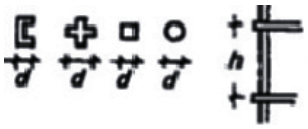
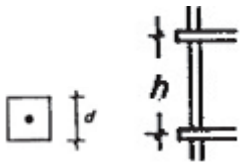
جدول(٣-١٩): نسبة المجاز إلى السقوط بالنسبة للجوائز (وذلك من أجل التصاميم الأولية) [13]

الجوائز الخرسانية المسلحة	
نوع الجائز	**نسبة L/d**
الجوائز البسيطة	٢٠
الجوائز المستمرة	٢٥
الجوائز الظفرية	١٠

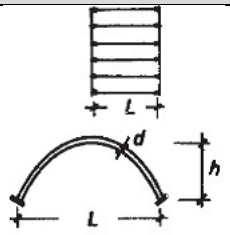
المجاز(L)، السقوط(d)

الجداول التالية تبين لنا أهم خصائص الأعمدة والجوائز الخرسانية المسلحة وصفاتها الإنشائية

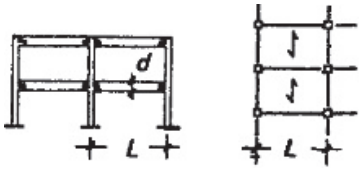
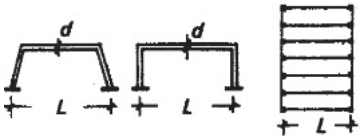
جدول(٣- ٢٠): استخدام الخرسانة في الجمل الخطية [إعداد الباحث]

العناصر الحاملة الشاقولية					
العنصر	المقطع الشاقولي والأفقي	الارتفاع النموذجي (m) (h)	نسبة h/d بين الدعائم الجانبية	العوامل المؤثرة على الحجم	ملاحظات
عمود مصبوب في المكان – لطابق واحد – لعدة طوابق		8-2 4-2	18-12 15-6	الانبعاج والتحطم (h/d>10) الانهيار (h/d<10) التقوس	الأعمدة تتصل بالجوائز بشكل صلب ويشكلان الهيكل الذي يعمل كنظام شاقولي لتقوية البناء
عمود مسبق الصنع – لطابق واحد – لعدة طوابق		8-2 4-2	30-15 20-6	الانبعاج والتحطم (h/d>10) الانهيار (h/d<10) التقوس الارتباط /الاتصال	يمكن التحكم بجودة المنتجات في المسبق الصنع
عمود مسبق الاجهاد – لطابق واحد – لعدة طوابق		8-4 4-2	25-15 20-10	الانبعاج	الشد المسبق يساعد على تقليل مقاومة الشد الناتجة عن الانحناء
الشداد البيتوني المسبق الاجهاد		40-1	150-1	الاختلاف في الحمولة	صلب و مقاوم للتأكسد والتآكل أكثر من الشداد الفولاذي

جدول(٣- ٢١): استخدام الخرسانة في الجمل الخطية[إعداد الباحث]

العناصر الحاملة المنحنية					
العنصر	المقطع والمسقط	السقوط النموذجي (mm) (d)	المجاز النموذجي (m) (L)	نسبة L/d لنموذجية	العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات
الأقواس		-	١٥- ٦٠	٢٨- ٤٠	تكون الأقواس مستمرة بجانب بعضها ومثبتة بشكل صلب بين نقاط الوصل نسبة L/H حوالي ٤- ١٢

جدول(٣- ٢٢): استخدام الخرسانة في الجمل الخطية [إعداد الباحث]

النظام الهيكلي ونظام الجدران				
العنصر	**المقطع والمسقط**	**المجاز النموذجي (L) (m)**	**نسبة L/d النموذجية**	**ملاحظات**
بناء مسبق الصنع من وحدات الأعمدة والجوائز والأرضيات		٦- ١٢	١٤- ١٦	باستخدام الوصلات الصلبة وبدون دعائم شاقولية اضافية يمكن أن يصل هذا النظام حتى طابقين
طابق واحد من اطارات مسبقة الصنع		١٢- ٢٤	٢٢- ٣٠	نقاط الاتصال بين العناصر الأفقية تتم عادة عند الزوايا أو بمسافة(L/4)عن الزاوية اذا كان الاطار كبيرا

٣-٢-٣-٢ استخدام الخرسانة المسلحة في الجمل السطحية

تتنوع أشكال عناصر الجمل الخرسانية المسلحة وتختلف تصاميمها الإنشائية، وتتوزع بين الجدران والبلاطات والأرضيات، وعادة ما يأخذ المقطع العرضي من البلاطات الخرسانية الشكل المستطيل.

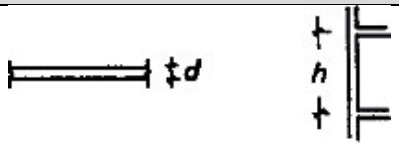
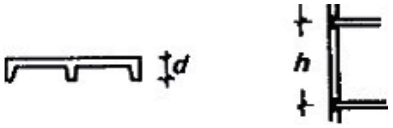
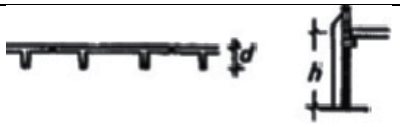
وتكون نسبة المجاز إلى السقوط من أجل التصاميم الأولية كما هو موضح في الجدول التالي:

جدول(٣-٢٣): نسبة المجاز إلى السقوط بالنسبة للبلاطات (وذلك من أجل التصميم الأولي) [13]

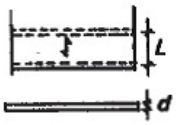
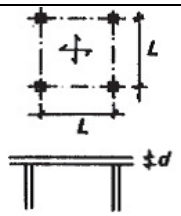
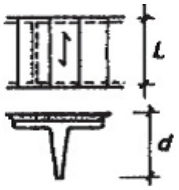
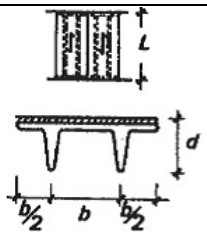
البلاطات	
نوع البلاطة	**نسبةL/d**
بلاطة تعمل باتجاه واحد، عادية بسيطة	٣٠
بلاطة تعمل باتجاه واحد، مستمرة	٣٥
بلاطة تعمل باتجاهين، عادية بسيطة	٣٥
بلاطة تعمل باتجاهين، مستمرة	٤٠
بلاطة ظفرية	١٢

المجاز(L)، السقوط(d)

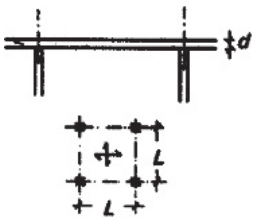
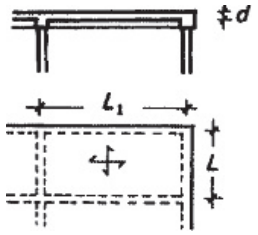
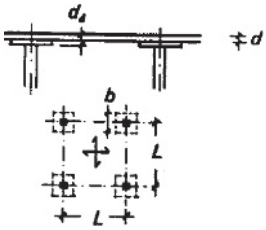
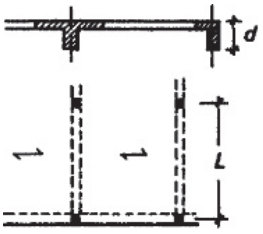
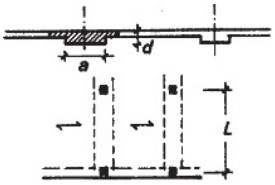
جدول(٣- ٢٤): استخدام الخرسانة في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

العناصر الحاملة الشاقولية (الجدران)				
العنصر	المقطع الأفقي و الشاقولي	الارتفاع النموذجي (m) (h)	نسبة h/d النموذجية	العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات
جدار مصبوب في المكان		2-4	18- 25	الانبعاج نظام التشييد
الألواح المسبقة الصنع		٢- ٣	٢٠- ٢٥	الانبعاج الارتباط /الاتصال طريقة معالجة الاجهادات
الألواح المسبقة الصنع مدعَّمة		٤- ٨	١٥- ٢٥	طريقة معالجة الاجهادات

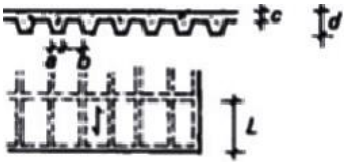
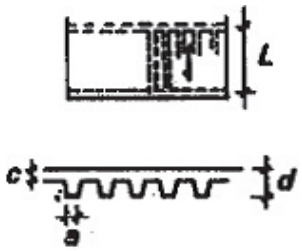
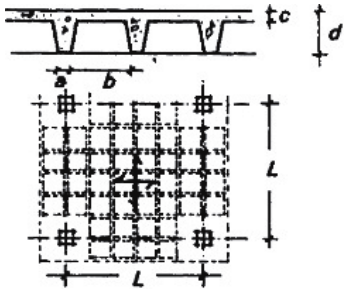
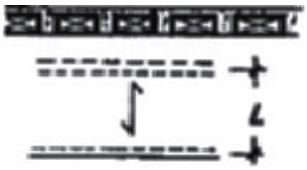
جدول(٣-٢٥- أ): استخدام الخرسانة في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

بلاطات الأسقف المستوية					
العنصر	المقطع والمسقط	السقوط النموذجي (mm) (d)	المجاز النموذجي (m) (L)	نسبة L/d لنموذجية	العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات
بلاطة مصمتة وتعمل باتجاه واحد		١٢٥- ٥٠٠	٣- ٦	٢٠- ٣٠	الانحراف الانحناء
بلاطة مصمتة وتعمل باتجاهين		٤٠٠- ٩٠٠	٤- ٨	٣٢	القص حول(يعطف)الجدران الانحراف الانحناء
بلاطة بجوائز T مفردة ومسبقة الاجهاد والصنع		٧٥٠- ٢٥٠٠	١٥- ٢٥	٣٠- ٣٥	الانحناء والقص طريقة معالجة الاجهادات في الموقع تصب الخرسانة فوقها بسماكة 75 -50 مم
بلاطة بجوائز T مزدوجة (وحدات مسبقة الصنع والاجهاد)		٢٥٠- ٨٠٠	٩- ٢٥	٢٠- ٣٥	الحمولات الحية القص والانحناء طريقة معالجة الاجهادات في الموقع تصب الخرسانة فوق الجوائز بسماكة 75 -50 مم

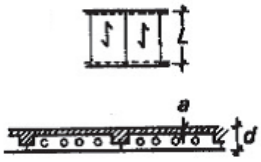
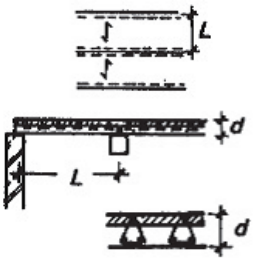
جدول (٣-٢٥- ب): استخدام الخرسانة في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

البلاطات الوسطية					
العنصر	**المقطع والمسقط**	**السقوط النموذجي (d) (mm)**	**المجاز النموذجي (L) (m)**	**نسبة L/d النموذجية**	**العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات**
بلاطة مستوية بدون جوائز ساقطة					القص حول(يعطف)الجدران الانحراف الانحناء البلاطات المستوية تقلل العمق وتكاليف القوالب، ولكن مقاومتها للقوى الجانبية ضعيفة
– مسلحة		١٢٥- ٢٠٠	٤- ٨	٢٨- ٣٦	
– مسبقة الاجهاد		٢٠٠- ٢٢٥	٩- ١٠	٤٠- ٤٨	
بلاطة مستوية تعمل بالاتجاهين وبجوائز ساقطة		١٠٠- ٢٥٠	٦- ١١	٢٨- ٣٥	الانحراف الانحناء مناسبة للحمولات الثقيلة والحمولات المركزة $L < L_1 < 1.4\ L$
بلاطة مستوية مع جوائز ساقطة فوق الأعمدة فقط					القص عند السقوط الانحراف الانحناء
– مسلحة		١٢٥- ٣٠٠	٥- ١٠	٢٨- ٣٦	البعد (d_d) حوالي ($1.25d-1.45d$) و(b) حوالي ($L/3$)
– مسبقة الاجهاد		٢٠٠- ٢٢٥	١٢- ١٤	٤٠- ٤٨	
بلاطة مستوية بجوائز ساقطة (شكل T أو L)					المسافات بين الجوائز حوالي ٣-٧م وتعطى البلاطة سماكة بين ١٠٠-١٧٥مم
– مسلحة		٤٠٠- ٧٠٠	٥- ١٥	١٤- ٢٠	الجوائز الداعمة البسيطة تأخذ قيم (L/d) أقل من القيم المعطاة
– مسبقة الاجهاد		٣٠٠- ٨٥٠	٩- ٢٤	٢٠- ٣٠	
بلاطة مستوية مع جوائز عريضة مخفية					الانحراف الانحناء تستخدم للارتفاعات المحدودة
– مسلحة		٣٥٠- ٦٥٠	٦- ١٢	١٦- ٢٢	الجوائز الداعمة البسيطة عادة ما تأخذ قيم (L/d) أقل من القيم المعطاة
– مسبقة الاجهاد		٣٠٠- ٥٠٠	٩- ١٥	٢٢- ٣٢	البعد (a) حوالي ٦٠٠-١٢٠٠ مم

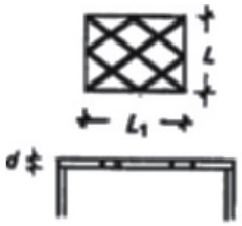
تابع جدول(٣-٢٥- ب): استخدام الخرسانة في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

البلاطات الوسطية					
العنصر	**المقطع والمسقط**	**السقوط النموذجي (d) (mm)**	**المجاز النموذجي (L) (m)**	**نسبة L/d النموذجية**	**العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات**
بلاطة مضلعة من الأسفل تعمل باتجاه واحد - مسلحة - مسبقة الاجهاد		٢٢٥- ٦٠٠ ٣٠٠- ٤٥٠	٤- ١٢ ١٠- ١٨	١٨- ٢٦ ٣٠- ٣٨	الانحراف الانحناء القص مناسبة للمجازات الكبيرة مع حمولات خفيفة الأبعاد a ١٠٠- ٢٠٠ مم b ٩٠٠- ١٨٠٠ مم c ٦٠- ١٠٠ مم
بلاطة مسلحة معصبة باتجاه واحد (جوائزمنخفضة)		٥٠٠- ١٢٠٠	٦- ١٤	٢٥- ٣٠	الانحراف القص الانحناء الأبعاد (a,b,c) كما في الأعلى
بلاطة معصبة باتجاهين - مسلحة - مسبقة الاجهاد		٣٥٠- ٦٥٠ ٤٥٠- ٦٥٠	٩- ١٥ ١٠- ٢٢	١٨- ٢٤ ٢٥- ٣٢	الأبعاد (a,b,c) كما في الأعلى الانحناء موديول الشكل من أكثر المقاييس المنتشرة مكلفة أكثر من البلاطة المثنية الانحراف
بلاطة الهوردي		١٥٠- ٣٠٠	٣- ٧	٢٠- ٢٥	الانحناء القص يمكن بسهولة عمل ثقوب بالأرضية من أجل الخدمات

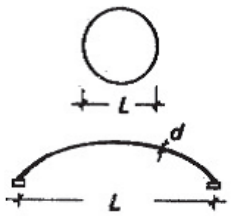
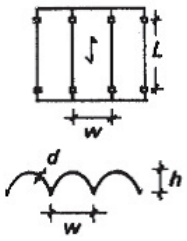
تابع جدول (٣-٢٥- ب): استخدام الخرسانة في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

البلاطات الوسطية					
العنصر	**المقطع والمسقط**	**السقوط النموذجي (mm) (d)**	**المجاز النموذجي (m) (L)**	**نسبة L/d النموذجية**	**العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات**
بلاطة من وحدات جائزية مسبقة الاجهاد ومسبقة الصنع		١٥٠- ٢٠٠	٣- ٧	٣٠- ٣٥	الانحناء الانحراف الوحدات الجائزية مسبقة الاجهاد، لكن تصب فوقها في الموقع خرسانة بسماكة ٥٠ - ٧٥ مم
بلاطة من ألواح مسبقة الاجهاد ومسبقة الصنع		١٠٠- ٢٠٠	٦- ٩	٣٥- ٤٥	يحدث الانحراف بسبب الحمولات الحية الانحناء غالبا البلاطات بسقوط أكثر من ١٧٥ مم تصنع مع تجاويف السقوط العلوي (a) بسماكة من٥٠- ٧٥ مم
بلاطة مسبقة الاجهاد مفرغة من الداخل (بقلب مفرغ)		١٠٠- ٣٥٠	٦- ١٠	٣٥- ٤٠	الانحناء مقاومة ضغط الوحدة تغير الحمولات الحية الوحدات مسبقة الصنع والاجهاد وفي الموقع تصب الخرسانة فوقها بسماكة a :٣٥-٥٠مم
بلاطة بمجاز عريض - مسلحة - مسبقة الاجهاد		١٠٠- ٣٠٠ ١٠٠- ٢٢٥	٣- ٧ ٤- ٩	٢٦- ٣٢ ٣٥- ٤٥	في الموقع، تصب الخرسانة فوق البلاطات مسبقة الصنع غالبا ما يتم سند البلاطة خلال التشييد الانحناء الانحراف

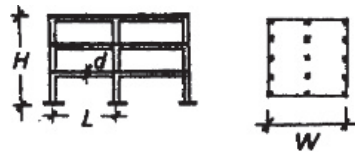
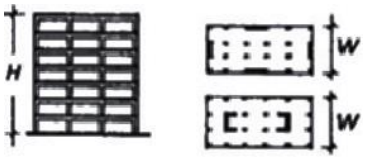
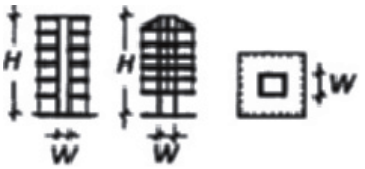
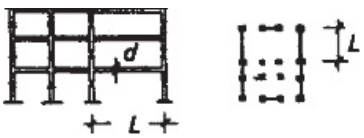
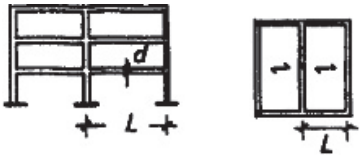
جدول(٣-٢٥- ج): استخدام الخرسانة في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

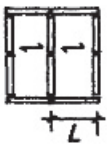
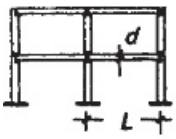
بلاطات الأسقف المستوية					
العنصر	**المقطع والمسقط**	**السقوط النموذجي (d) (mm)**	**المجاز النموذجي (L) (m)**	**نسبة L/d النموذجية**	**العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات**
بلاطات خرسانية رغوية مسلحة		١٠٠- ٢٠٠	٢- ٥	٢٠- ٢٥	الانحناء يتم وصل قطع البلاطات في الموقع بالخرسانة وبالتسلسل
بلاطة ذات جوائز متصالبة بشبكة منحرفة		٣٠٠- ٧٠٠	١٠- ٢٠	٢٥- ٣٥	الانحراف الانحناء شبكة الجوائز المتصالبة تبدأ من الزوايا، وبالقياس إلى شبكة موازية للأطراف فإنها تسمح بمجازات أكبر

جدول(٣-٢٦): استخدام الخرسانة في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

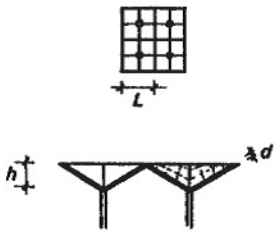
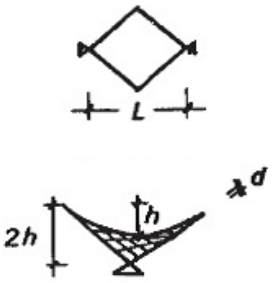
بلاطات الأسقف المنحنية					
العنصر	**المقطع والمسقط**	**السقوط النموذجي (d) (mm)**	**المجاز النموذجي (L) (m)**	**نسبة L/d لنموذجية**	**العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات**
القباب		٧٥- ٣٠٠	١٥- ١٢٠	٣٠٠- ٤٥٠	انبعاج القشرية تغطية القضبان أقل سماكة(d)حوالي ٦٠مم حلقة الشد حول القاعدة غالبا تكون مسبقة الاجهاد
قبوات مسلحة		٧٥- ١٠٠	٢٥- ٤٠	٥٠- ٦٥ (w/d)	تغطية القضبان أقل سماكة(d)حوالي ٦٠مم غالبا تكون القشرية مسبقة الاجهاد لتتغلب على اجهادات الشد نسبة L/H حوالي ١٠- ١٥

جدول(٣-٢٧):استخدام الخرسانة المسلحة في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

النظام الهيكلي ونظام الجدران والنواة الحاملة				
العنصر	**المقطع والمسقط**	**المجاز النموذجي (L) (m)**	**نسبة L/d النموذجية**	**ملاحظات**
بناء متعدد الطوابق ومصبوب في المكان		٥- ١٥ طابق	١- ٥	الهيكل المصبوب في المكان بدون دعائم شاقولية اضافية اقتصادي ويصل عدد طوابقه حتى ١٥ طابقا نسبة L/H حوالي ٢٠- ٤٠
بناء مع جدران قص مركزية أو بنواة محيطية		١٠- ٥٥ طابق	٤- ٥	النواة أو جدران القص تعمل مع النظام الهيكلي على تثبيت المنشأة شاقوليا وبالتالي تسمح لنا بالارتفاعات العالية قيم نسبة الارتفاع (H/W) تصبح أكبر في الأبنية التي ارتفاعها أقل من ٢٠ طابقا
الهيكل الأنبوبي مع النواة		٤٠- ٦٥ طابق	٦- ٧	يعرف بنظام الانبوب داخل انبوب الهيكل الأنبوبي يعمل مع النواة
نظام النواة الحاملة مع الأرضيات المعلقة المشدودة (الهيكل شبه الصلب)		٤٠- ٦٥ طابق	٨- ١٢	توفر النواة كامل الاستقرار الجانبي مساحات المساقط محدودة بأرضيات معلقة
هيكل خارجي مسبق الصنع مع داخلي مصبوب في المكان		٦- ١٢	٢٢- ٣٠	الربط بين المكونات المسبقة الصنع يتم بالخرسانة المصبوبة في المكان الهيكل الداخلي من الممكن ان يكون مسبق الصنع أو أن يصب ضمن القوالب في الموقع النظام المستخدم يصل إلى نحو ٢٠ طابقا المجازات حسب المعطاة فقط
نظام الأرضيات والجدران المصبوبة في المكان		٦- ١٢	٢٥- ٣٠	عادة يستخدم هذا النظام القوالب المعيارية البناء صلب وتصل الطوابق حتى ٢٠ طابقا

نظام الأرضيات والجدران المسبقة الصنع			٦- ١٢	٢٢- ٢٥	عادة لا يتم الربط بشكل صلب بين الأرضيات وألواح الجدران، وبالتالي هذا النظام في كثير من النواحي مماثل لنظام البلاطات مع الجدران من الحجر اقتصاديا، يصل البناء حتى ١٥ طابقا

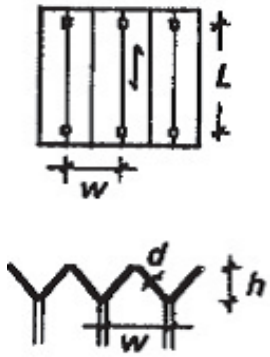
جدول(٣-٢٨):استخدام الخرسانة المسلحة في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

بلاطات تغطية الأسقف					
العنصر	**المقطع والمسقط**	**السقوط النموذجي (mm) (d)**	**المجاز النموذجي (m) (L)**	**نسبة L/d النموذجية**	**العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات**
بلاطة المجسم المكافئ الزائدي مقلوبة ومسلحة (مظلات)		٧٥- ١٠٠	٩- ١٥	١٢٠- ٢٠٠	يجب تغطية قضبان التسليح المشدودة في قمة المظلة المظلات مستقلة بذاتها وممكن أن تختلف بالارتفاع نسبة L/H حوالي ٦- ١٢
قشرية مسلحة المجسم المكافئ الزائدي		٧٥- ١٠٠	١٥- ٥٥	٢٠٠- ٤٥٠	الانحراف في القمم تغطية القضبان من الممكن أن تكون جوائز الأطراف مسبقة الاجهاد لتتغلب على اجهادات الشد نسبة L/H حوالي ٤- ٧

٣-٢-٣-٣ استخدام الخرسانة المسلحة في الجمل الفراغية

تعتبر الأسقف الفراغية الرقيقة من المنشآت الخرسانية المسلحة فعالة جداً، لقلة وزنها واقتصادها في المواد المستهلكة ولصفاتها الإنشائية والمعمارية الممتازة. تستخدم في تغطية البحور الواسعة العادية التي تتراوح بين ١٨ إلى ٣٦ متر وقد تصل إلى ١٠٠ متر. [٢٥]

جدول(٣-٢٩):استخدام الخرسانة المسلحة في الجمل الفراغية [إعداد الباحث]

بلاطات تغطية الأسقف					
العنصر	**المقطع والمسقط**	**السقوط النموذجي (d) (mm)**	**المجاز النموذجي (L) (m)**	**نسبة L/d النموذجية**	**العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات**
بلاطات خرسانية مثنية مسلحة		٧٥- ١٢٥	٩- ٣٦	٤٠-٥٠ (w/d)	الانحناء في البلاطة قوة الربط بين المنخفض المشكل بتقابل جانبين مائلين أقل سماكة(d)حوالي ٦٠مم نسبة L/H حوالي ٨- ١٥

٣-٢-٣-٤ معايير اختيار الخرسانة المسلحة في الجمل الإنشائية

٣-٢-٤ البناء باستخدام الفولاذ

يتطلب تصميم الجمل الإنشائية من الفولاذ، أن ننشئ عدداً كافياً من عناصر الجمل، سواءً الخطية منها أو السطحية أو الفراغية ثم يتم وصل هذه الأجزاء ببعضها، ويتم الوصل عملياً، بين معظم الجوائز والأعمدة المعدنية والمكنات الأخرى المختلفة بمساعدة داعمات الزوايا والبراغي. [1]

هذا ويختلف طول المجازات من الفولاذ، باختلاف نوع الجملة الإنشائية وبالتالي الجائز المعدني المستخدم، سواءً كان مسطحاً، مفرغاً، شبكياً، أو شبكياً فراغياً، ولكن بشكل عام يغطي الفولاذ مجازات تصل حتى ١٠٠ متر. [12]

الفولاذ معرض للتأكسد والنار ولذلك يحتاج أن يكون محمياً. أيضا مقاطع الفولاذ الاسطوانية عرضة للتحنيب والانبعاج، لذلك يجب أخذها بعين الاعتبار في مرحلة التصميم. [1]

٣-٢-٤-١ استخدام الفولاذ في الجمل الخطية

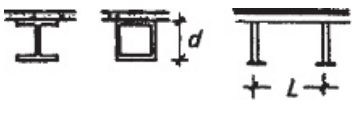
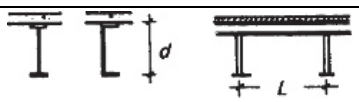
أشهر عناصرالجمل الخطية الأعمدة، الجوائز، الجملونات والإطارات:

- **الأعمدة:** من أجل تجنب خطر التحنيب في الأعمدة المعدنية، يتم تنفيذها بمقطع (بروفيلي (ا)). [1]
- **الجوائز:** لتعيين المقطع الأكثر فعالية للجوائز المعدنية، نتذكر بأن الجائز يخضع للانعطاف.[1]
- **الجملونات والإطارات:** تكون عادة أجزاء مقاطع الجملونات الفولاذية على شكل أقنية أو زوايا.[26]

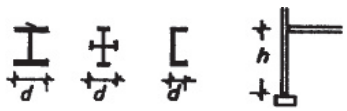
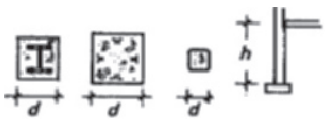
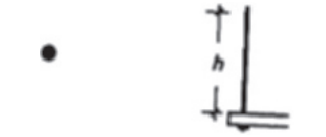
وجميع هذه العناصر تتوفر بمقاطع وأحجام قياسية.

تبين لنا الجداول التالية، العناصر المختلفة لعناصر الجمل الإنشائية الفولاذية الخطية، كل حسب استخدامه.

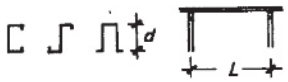
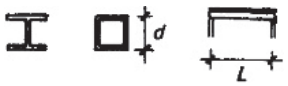
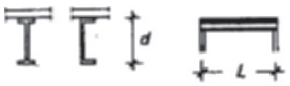
جدول(٣- ٣١): استخدام الفولاذ في الجمل الخطية [إعداد الباحث]

العناصر الحاملة الأفقية (الأرضيات)					
العنصر	الواجهة والمقطع	السقوط النموذجي (d) (mm)	المجاز النموذجي (L) (m)	نسبة L/d النموذجية	العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات
مقاطع فولاذية مدرفلة بحواف عريضة		١٠٠-٥٠٠	٤-١٢	١٨-٢٨	الانحراف
مقاطع فولاذية عميقة		٢٠٠-٥٠٠	٦-٣٠	١٥-٢٠	الانحراف / مقاومة الانحناء

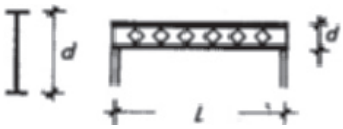
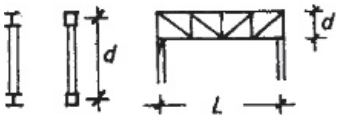
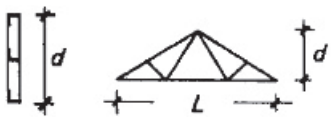
جدول(٣- ٣٢): استخدام الفولاذ في الجمل الخطية [إعداد الباحث]

العناصر الحاملة الشاقولية					
العنصر	المقطع الأفقي و الشاقولي	الارتفاع النموذجي (h) (m)	نسبة h/d بين الدعائم الجانبية	العوامل المؤثرة على الحجم	ملاحظات
عمود فولاذي مدرفل للمقاطع المفتوحة - طابق واحد - عدة طوابق		٨-٢ ٤-٢	٢٥-٢٠ ١٨-٧	الانبعاج (h/d>14)	المقاطع المدرفلة الخاصة تصنع باللحام
				الانبعاج والانضغاط (h/d<14)	عمليات الوصل بالمقاطع المفتوحة أسهل من المغلقة
عمود فولاذي مدرفل للمقاطع المفرغة - طابق واحد - عدة طوابق		٨-٢ ٤-٢	٣٥-٢٠ ٢٨-٧	الانبعاج (h/d<20)	المقاطع المغلقة سطحها المكشوف صغير، ومقاومتها على الالتواء أكبر من المقاطع المفتوحة ذات نفس الوزن
				الانبعاج والانضغاط (h/d>20)	
الأعمدة الشبكية		١٠-٤	٢٥-٢٠	الانبعاج	نستخدم الشبكة إذا كان المطلوب أعمدة كبيرة
عمود فولاذي مدعَّم بالخرسانة		٤-٢	١٥-٦	الانبعاج و الانهيار (h/d>10)	تزيد الخرسانة من الصلابة، ومقاومة الحريق
شدادات فولاذية عالية المقاومة		٤٠-١	-	المتانة محورية	عادة ما تكون الشدادات من القضبان الصلبة، الحبال أو الكوابل الحبلية. القضبان لها مقاومة شد أقل لكن قوتها وصلابتها المحورية أكبر من قوة وصلابة الكبل

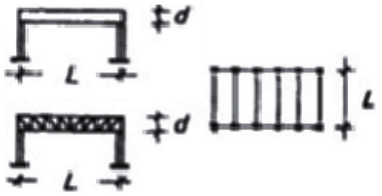
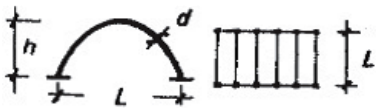
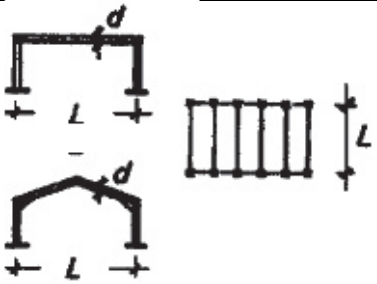
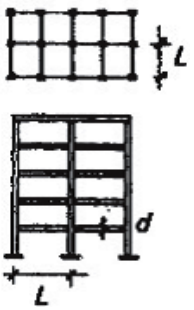
جدول(٣- ٣٣): استخدام الفولاذ في الجمل الخطية [إعداد الباحث]

جوائز الأسقف					
العنصر	**المقطع والواجهة**	**السقوط النموذجي (mm) (d)**	**المجاز النموذجي (m) (L)**	**نسبة L/d النموذجية**	**العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات**
مقاطع فولاذية مشكلة على البارد		١٢٠ -٣٠٠	٣ -١٢	٢٥- ٣٠	الانحراف غالبا ما تكون قابلة للانثناء حول المحور الثانوي
مقاطع فولاذية مدرفلة بحواف عريضة		١٠٠ -٥٠٠	٦ -١٤	٢٠- ٣٠	الانحراف
مقاطع فولاذية عميقة(Deep)		٢٠٠ -١٠٠٠	٦ -٦٠	١٨ -٢٦	الانحراف مقاومة الانحناء انبعاج الحافة العلوية

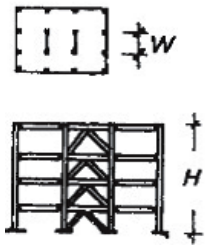
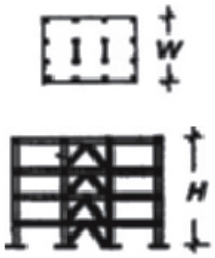
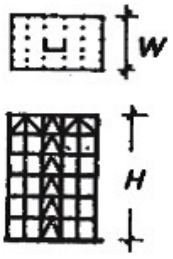
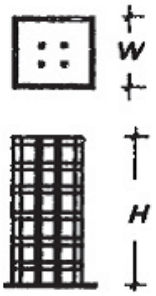
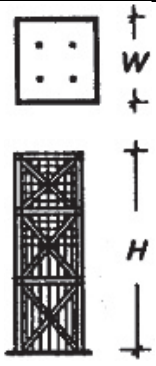
جدول(٣- ٣٤): استخدام الفولاذ في الجمل الخطية [إعداد الباحث]

تغطيات الأسقف: الجوائز والسطوح الخارجية					
العنصر	**المقطع والواجهة أو المسقط**	**المجاز النموذجي (m) (L)**	**نسبة L/d أو L/b النموذجية**	**ملاحظات**
جائز كاستيلتيد مدرفل فولاذي		٦ -١٨	١٠ -١٨	القص يسبب انبعاج الشبكة
جائز فولاذي شبكي مستو		١٢ -٧٥	١٠ -١٨	مقاومة الانحناء الانحراف البعد النموذجي بين الجسور ٦- ١٢ م يتحدب الجائز إذا كان المجاز > ٢٥ م
جملون منحدر في الاتجاهين		٨ -٢٠	٥ -١٠	عادة يثبت الجمالون بزوايا فولاذية

جدول(٣-٣٥- أ): استخدام الفولاذ في الجمل الخطية [إعداد الباحث]

تغطيات الأسقف: أنظمة الاطارات الهيكلية/ أنظمة الأقواس/ أنظمة الجملونات				
العنصر	**المقطع والمسقط**	**المجاز النموذجي (L) (m)**	**نسبة L/d النموذجية**	**ملاحظات**
جائز أو دعامة لطابق واحد		٦- ٤٠	١٢- ٢٠	نحتاج الى الدعائم الشاقولية لنثبت عليها التغطية، مثلا: جملونات صلبة موصولة بمسقط السقف
قوس لطابق واحد		٦٠- ١٥٠	٤٠- ٥٠	الانبعاج غالبا عامل حرج عادة يثبت القوس عند القاعدة بالمسامير وأحياناً عند القمة أيضاً نسبة (*L*/*H*) النموذجية حوالي(5- 15)
إطار صلب لطابق واحد		٩- ٦٠	٣٥- ٤٠	الاطار ثابت في مسقطه المسافة النموذجية بين الإطارات L/4-L/6
إطار متعدد الطوابق		٦- ٢٠	٢٠- ٣٥	المسافات عند القمة وبين الطوابق عادة ما تكون حرجة الاتصال الصلب بين الجوائز والأعمدة يتم باللحام أو بالمسامير واللحام هذا النظام اقتصادي للأبنية حتى ٢٥ طابقاً، المفاصل تتحمل العزوم بين الأعمدة والجوائز، ويتم الربط بالبراغي، ويمكن أن يصل ارتفاع البناء إلى ١٥ طابقاً دون استخدام دعامات شاقولية اضافية

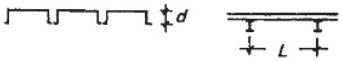
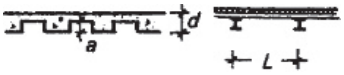
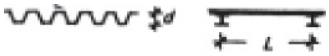
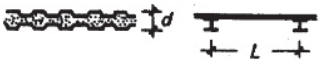
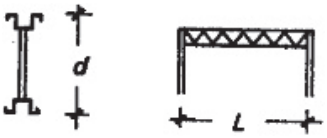
جدول(٣-٣٥- ب): استخدام الفولاذ في الجمل الخطية [إعداد الباحث]

تغطيات الأسقف: أنظمة الهياكل الصلبة			
العنصر	**المقطع والمسقط**	**الارتفاعات النموذجية (H)(عدد الطوابق)**	**نسبة H/W النموذجية**	**ملاحظات**
جملونات قص واطارات بسيطة		الارتفاع،H ٢٠-٥ طابق	H/W: ٦-٨	الاطارات ليست متصلة بشكل صلب بجملونات القص جملونات القص أكثر فعالية كدعائم شاقولية من الاطارات الصلبة
جملونات قص واطارات صلبة		١٠- ٤٠ طابق	٣- ٤	الهيكل مربوط ببعضه بشكل صلب ويتفاعل مع جملونات القص يؤمن الهيكل مقاومة للتمدد في المناطق الزلزالية
جملونات قص واطارات صلبة مع أحزمة جملونية داعمة		٤٠- ٦٠ طابق	٥- ٧	الأحزمة الداعمة أفقية تقلل المسافات الجانبية بين العناصر
الهيكل الأنبوبي		٣٠- ٨٠ طابق	٥- ٧	مقاطع الجوائز والأعمدة الداخلية العميقة تعمل على ثبات الهيكل بحيث من الممكن أن نعتبره كأنبوب مثقب (مخرم)
الهيكل الأنبوبي ذو الأقطار		٦٠- ١١٠ طابق	٥- ٧	الأقطار تتحمل الحمولات الأفقية والشاقولية وتعمل على تثبيت الإطار

٣-٢-٤-٢ استخدام الفولاذ في الجمل السطحية

أهم عناصر الجمل السطحية الأرضيات، الجدران والأسقف. الجداول التالية توضح أهم استخداماتها.

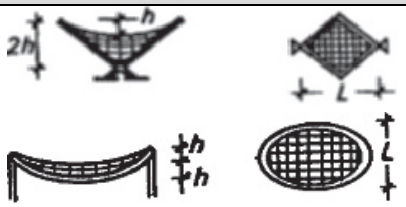
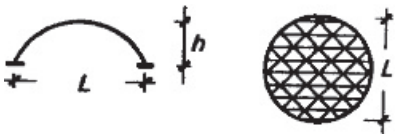
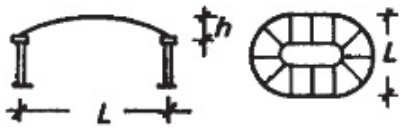
جدول(٣- ٣٦): استخدام الفولاذ في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

بلاطات الأرضيات والأسقف						
العنصر	**الواجهة والمقطع**	**السقوط النموذجي (mm) (d)**	**المجاز النموذجي (m) (L)**	**نسبة L/d النموذجية**	**العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات**	
أرضية فولاذية		٥٠- ٧٥	٢- ٣	٣٥- ٤٠	الانحراف	
أرضية فولاذية مشكلة على البارد مع طبقة خرسانية في الأعلى		١٠٠- ١٥٠	٢- ٤	٢٥- ٣٠	انحراف الأرضية عندما تستخدم كقوالب	
					سماكة الخرسانة للحماية ضد الحريق	
					البعد(a)من٤٠-٨٠مم	
					مقاومة الانحناء	
سقف فولاذي مشكل على البارد		٢٥- ١٢٠	٢- ٦	٤٠- ٧٠	الانحراف	
سقف مكون من ألواح (الساندويش بانيل)		٧٥	٢- ٣	٢٥- ٣٠	نحقن بين طبقتي الفولاذ بعازل من الفوم	
					عازل جيد إذا كان عزل الالواح مهما	
سقف مكون من شبكة فولاذية متفصلة مشكلة على البارد		٣٠٠- ١٠٠٠	٥- ٢٠	١٥- ٢٥	الانحراف	
					الانبعاج	

جدول(٣- ٣٧): استخدام الفولاذ في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

العناصر الحاملة الشاقولية (الجدران)					
العنصر	**المقطع الأفقي و الشاقولي**	**الارتفاع النموذجي (m) (h)**	**نسبة h/d بين الدعائم الجانبية**	**العوامل المؤثرة على الحجم**	**ملاحظات**
فولاذ مشكل على البارد مكون من القوائم والألواح		٢- ٨	١٥- ٥٠	الانبعاج	يمكن أن تكون القوائم من ألواح الجبس أو الخشب الرقائقي أو GRC

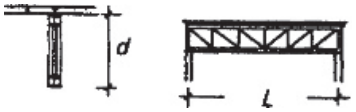
تابع جدول(٣-٣٨): استخدام الفولاذ في الجمل الفراغية [إعداد الباحث]

تغطيات الأسقف: السطوح الخارجية					
العنصر	المقطع والواجهة أو المسقط	المجاز النموذجي (m) (L)	نسبة L/d أو L/b النموذجية	ملاحظات
الأسقف الشبكية مع تغطيات صلبة		٣٠- ١٨٠	٦- ١٢	الأسقف لها شكل منحني مزدوج متين وصلب
قبة من شبكة قضبان متصالبة مفردة		١٥- ١٠٠	٥- ٧	أيضا القبة المشيدة من شبكة فولاذية مزدوجة يصل مجازها إلى ٢٠٠ م
قشرية مجسم مكافئ زائدي مسبقة الاجهاد ومكونة من طبقتين		٩- ٣٠	٦- ١٢	تثبت الكوابل على قمة سرج الحصان، وتثبت فوقها الألواح الفولاذية
قبة من غشاء فولاذي مدعوم بالهواء		٨٠- ٣٠٠	٢٥- ٣٠	نسبة L/H المنخفضة تعطي الرياح حركة سهلة فوق السقف، ويتطلب ذلك تغيير بسيط للمسقط عن شكل المسقط المسطح

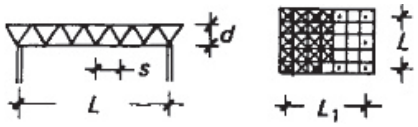
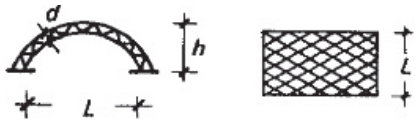
٣-٢-٤-٣ استخدام الفولاذ في الجمل الفراغية

يقدم الإنشاء الفراغي باستخدام الفولاذ أنواعاً وأشكالاً مختلفةً لمقاطع عناصر الجمل الإنشائية منه، والتي يمكن استعمالها وفقاً لمختلف متطلبات المباني والأشكال التصميمية والإنشائية المختلفة.

جدول(٣- ٣٩): استخدام الفولاذ في الجمل الفراغية [إعداد الباحث]

العناصر الحاملة الأفقية (الأسقف والأرضيات)					
العنصر	الواجهة والمقطع	السقوط النموذجي (mm) (d)	المجاز النموذجي (m) (L)	نسبة L/d النموذجية	العوامل المؤثرة على الحجم/ملاحظات
جائز فولاذي شبكي		١٠٠٠- ٤٠٠٠	١٢- ٤٥	٨- ١٥	الانضغاط المحوري للعناصر انحراف المفاصل
جائز فرنديل		١٠٠٠- ٣٠٠٠	٦- ١٨	٤- ١٢	مقاومة الانحناء للعناصر قرب الدعائم الانحراف

جدول(٣- ٤٠- أ): استخدام الفولاذ في الجمل الفراغية [إعداد الباحث]

تغطيات الأسقف: السطوح الخارجية				
العنصر	المقطع والواجهة أو المسقط	المجاز النموذجي (L) (m)	نسبة L/d أو L/b النموذجية	ملاحظات
سطح شبكي فراغي		٣٠- ١٥٠	١٥- ٣٠	الوصلات في السطح الشبكي الفراغي تتم بالمسامير أو تكون نصف صلبة وتعمل باعتبارها منشأة شبكية ثلاثية الأبعاد المسقط الهندسي يعتمد الشبكة المستطيلة، المثلثية أو السداسية الأضلاع حجم الشبكة(d) حوالي(1.4 h) وحوالي (٥-١٢%) من المجاز (L) حيث ($L < L_1 < 1.4\ L$)
قبوة برميلية من سطح شبكي فراغي		20- 100	55 60	تتكون القبوة من شبكة فولاذية مفردة أو مزدوجة نسبة L/H حوالي ٥- ٦

جدول(٣-٤٠- ب): استخدام الفولاذ في الجمل الفراغية [إعداد الباحث]

تغطيات الأسقف: السطوح الخارجية				
العنصر	المسقط أو المقطع والواجهة	المجاز النموذجي (L) (m)	نسبة L/d أو L/b النموذجية	ملاحظات
قوس مضلع (مموج)		٣٠- ٤٥	٤- ٥	يصنع من طبقتين من ألواح الفولاذ المضلعة والمشكلة على البارد وملحومتين بالبراغي والعازل بينما
بلاطة مثنية مسبقة الاجهاد ومن طبقتين		٩- ٣٠	١٠- ٢٠	المنشأة من طبقة واحدة يصل مجازها إلى ٢٥م تقريباً يحدث الانهيار عادة بسبب الوصلات، أو الانبعاج

٣-٢-٤-٤ معايير اختيار الفولاذ في الجمل الإنشائية

٣-٢-٥ البناء باستخدام الأغشية

٣-٢-٥-أ البناء باستخدام البلاستيك

أصبح البلاستيك وعلى مر السنين، المادة المفضلة لتحقيق التوازن الاقتصادي والبيئي، بين التحديات التكنولوجية والتصميم الوظيفي. حيث يعد قطاع البناء والتشييد باستخدام البلاستيك وخاصة في مجال التغطيات مزدهراً، ومن المتوقع أن يستمر بالنمو بشكل كبير في المستقبل.

تطبيقات البلاستيك في البناء والتشييد:

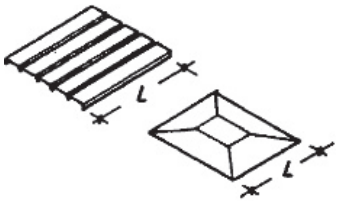
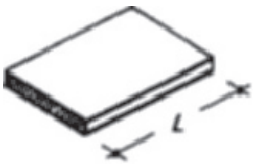
- البلاستيك لحديد التسليح.
- البلاستيك للأرضيات وأغطية الجدران.
- البلاستيك للمواد العازلة.
- البلاستيك للتسقيف.
- البلاستيك للنوافذ والأبواب الجانبية. [٥١]

تطبيقات البلاستيك نادرة في الجمل الخطية وأهم استخداماته في الجمل السطحية والفراغية.

٣-٢-٥-أ-١ استخدام البلاستيك في الجمل السطحية

تبين لنا الجداول التالية، العناصر المختلفة للجمل الإنشائية الفولاذية السطحية، كل حسب استخدامه.

جدول(٣-٤٢): استخدام البلاستيك في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

الألواح البلاستيكية				
العنصر	المنظور الاكسونومتري	المجاز النموذجي (m) (h)	العوامل المؤثرة على الحجم	ملاحظات
ألواح الأسقف		1-5	الانحراف	يجب أن تكون الألواح صلبة ومقاومة للدونة والمرونة
لوح مؤلف من طبقات من الصفائح		4-6	الانحراف	تصنع بجودة عالية ويستخدم العزل بين الطبقات بسماكة من ٤٠-٦٠ مم تستخدم للأسقف وكألواح حاملة ولأرضيات المباني المكونة من طابقين أو ثلاثة ولها مساحات طابقية صغيرة

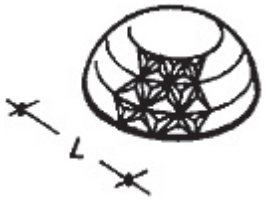
٣-٢-٥-أ-٢ استخدام البلاستيك في الجمل الفراغية

تنقسم العناصر الإنشائية من البلاستيك في الجمل الفراغية إلى: خطية وسطحية، لكن العناصر الفراغية الخطية منها نادرة الاستخدام نظراً لضعف فاعليتها أمام نفس العناصر من المواد الأخرى، أما العناصر السطحية الفراغية فتتعدد أشكالها، وتستعمل في الغالب في التغطيات الإنشائية، وتتنوع بين الأسقف الفراغية المستوية منها، المنحنية والمثنية والقباب المموجة.

ويتميز الإنشاء الفراغي باستخدام البلاستيك بقدرته على تقديم أنواعاً وأشكالاً مختلفةً لمقاطع عناصر الجمل الإنشائية منه، والتي يمكن استعمالها وفقاً لمختلف متطلبات المباني والأشكال التصميمية والإنشائية المختلفة.

الجدول (٣-٤٣) يدرس فعالية هذه العناصر الإنشائية تحت تأثير عدة عوامل تؤثر على صفاتها وخصائصها الإنشائية.

جدول(٣-٤٣): استخدام البلاستيك في الجمل الفراغية [إعداد الباحث]

تغطيات الأسقف(السطوح الخارجية)				
العنصر	**المنظور الاكسونومتري**	**السقوط النموذجي (h) (m)**	**العوامل المؤثرة على الحجم**	**ملاحظات**
القباب المقرنصة/المثنية المشكلة من ألواح مقولبة		5-20	تتأثر السماكة بحجم وشكل اللوح	قاعدة القبة ممكن أن تكون دائرية أو مستطيلة تتشكل القبة من خلال تثبيت ألواح القبة ببعضها البعض بالبراغي السماكة النموذجية للألواح البلاستيكية من (٢-٦) مم وتكون أسمك عند الأطراف
البلاطات المثنية المشكلة من ألواح مقولبة		5-20	تتأثر السماكة بحجم وشكل اللوح	تتشكل من خلال تثبيت نوعين أو ثلاثة أنواع مختلفة من الألواح أحيانا تتكون الألواح من طبقتين بينهما عازل

٣-٢-٥-أ-٣ معايير اختيار البلاستيك في الجمل الإنشائية

يدرس الجدول (٣-٤٤) فعالية عناصر الجمل الإنشائية من البلاستيك تحت تأثير عدة عوامل تؤثر على صفاتها وخصائصها الإنشائية.

جدول(٣-٤٤): معايير اختيار البلاستيك في الجمل الإنشائية [إعداد الباحث]

الجملة الإنشائية		العنصر الإنشائي	المعايير																												
			تحمل الشد	تحمل الضغط	مقاومة القص	مقاومة الانحناء	مقاومة الانكسار	مقاومة التحدب	مقاومة الالتواء	مقاومة الانحراف	مقاومة الانشاء	مقاومة التشقق	مقاومة الانهيار	مقاومة التمزق	اللدونة	المرونة	الارتفاع الفعال	وظيفة المبنى	المجاز المطلوب	التكلفة الاقتصادية	متوفر محليا	خبرة المصممين	تقنيات التنفيذ	سرعة التشييد	قابلية النقل والتحريك	العمر الافتراضي	الأمان	المظهر
الجمل السطحية	مستوية شاقوليه	الألواح الجدارية	●	●	●	ø	ø	●	●	ø	●	○	○	ø	○	○	●	●	ø	○	○	○	○	○	○	●	●	○
	مستوية مائلة	الأسقف المائلة	●	●	●	ø	ø	ø	●	ø	●	○	○	ø	○	○	ø	●	○	○	○	○	○	○	○	●	●	○
		الهرم	●	●	●	ø	ø	ø	●	ø	●	○	○	ø	○	○	ø	●	○	○	○	○	○	○	○	●	●	○
	مستوية أفقية	البلاطة المستوية	●	●	●	ø	ø	●	●	●	●	○	○	ø	○	○	ø	●	○	○	○	○	○	○	○	●	●	○
	منحنية باتجاه واحد	القبوة	●	●	●	ø	ø	●	●	ø	●	○	○	ø	○	○	ø	●	○	○	○	○	○	○	○	●	●	○
		المخروط	●	●	●	○	ø	●	●	ø	●	○	○	ø	○	○	ø	●	○	○	○	○	○	○	○	●	●	○
	منحنية باتجاهين	القبة	●	●	●	○	ø	●	●	ø	●	○	○	ø	○	○	ø	●	○	○	○	○	○	○	○	●	●	○
الجمل الفراغية	سطحية مستوية	المثنية	●	●	●	ø	ø	●	●	●	○	○	○	ø	○	○	ø	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○
	سطحية منحنية باتجاهين	مثنية مؤلفة من سطوح منحنية	●	●	●	○	ø	●	●	●	○	○	○	ø	○	○	ø	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○
		قباب مموجة	●	●	●	○	ø	●	●	ø	●	○	○	ø	○	○	ø	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○

○ (فعال) ● (غير فعال) Ø (لا شيء)

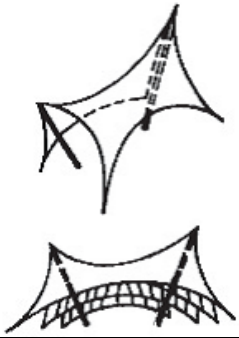
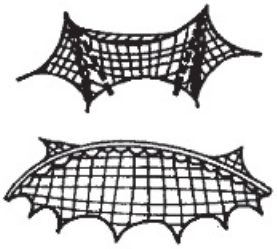
٣-٢-٥-ب البناء باستخدام القماش

تقتصر استخدامات القماش على التغطيات، سواءً في الجمل السطحية أو الفراغية، وتتميز التغطيات القماشية بتصاميمها التي من الصعب أن تعطيها مواد البناء الأخرى، الجداول التالية توضح ذلك.

٣-٢-٥-ب-١ استخدام القماش في الجمل السطحية

الجدول (٣-٤٥) يدرس فعالية العناصر الإنشائية السطحية من القماش تحت تأثير عدة عوامل تؤثر على صفاتها وخصائصها الإنشائية.

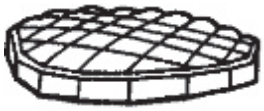
جدول(٣-٤٥): استخدام القماش في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

تغطية الأسقف					
العنصر	**المنظور الاكسونومتري**	**المجاز النموذجي (L) (m)**	**درجة الانحناء النموذجية (m)**	**العوامل المؤثرة على الحجم**	**ملاحظات**
خيمة عادية		9- 18	25- 35	- نصف قطر الانحناء - مقاومة التمزق (خرق/ثقب)	- سطح الخيمة مسبق الاجهاد (الشد) وله شكل سرج الحصان - المقدار النموذجي للشد في القماش ٥- ١٠ kN/m - يحدد الشد حسب الحمولات ودرجة الانحناء
خيمة مدعمة بكوابل		18- 60	80- 100	- مقاومة التمزق، - المسافات بين الكوابل - نصف قطر الانحناء - حمولات الرياح والثلج	- سطح الخيمة مشدود بالكوابل وله شكل سرج الحصان - يحدد الشد في القماش والكوابل حسب الحمولات ودرجة الانحناء
شبكة فولاذية مسبقة الاجهاد مع تغطية قماشية		25- 100	-	- نصف قطر الانحناء - حمولات الرياح والثلج	- تقطيعات شبكة الكوابل حوالي ٥٠٠×٥٠٠ مم - سطح الخيمة له شكل سرج الحصان - معدل الشد النموذجي للشبكة ٤٠- ٦٠ kN/m - المقاومة الكبيرة للشبكة تسمح بأنصاف أقطار انحناء أكبر

٣-٢-٥-ب-٢ استخدام القماش في الجمل الفراغية

يوضح الجدول(٣-٤٦) أهم معايير وخصائص القماش، المستخدم في الجمل الفراغية.

جدول(٣-٤٦): استخدام القماش في الجمل الفراغية [إعداد الباحث]

تغطية الأسقف					
العنصر	**المنظور الاكسونومتري**	**المجاز النموذجي (m) (L)**	**درجة الانحناء النموذجية (m)**	**العوامل المؤثرة على الحجم**	**ملاحظات**
عناصر قماشية محمولة بضغط الهواء		15- 45	-	- نصف قطر الانحناء - مقاومة التمزق - حمولات الرياح والثلج	- ضغط الانتفاخ منخفض - سطوح العناصر مشدودة ولها شكل انحناءة القبة
عناصر قماشية محمولة بضغط الهواء مدعمة بشبكة كوابل		90- 180	80- 100	- مقاومة التمزق، المجازات، المسافات بين الكوابل وحمولات والثلج	- الكوابل مثبتة إلى جوائز حلقية لها شكل السكك - ارتفاع السقف المنخفض يسمح بحركة سهلة للرياح
هيكل مكون من اطارات يعمل بالهواء المضغوط (انبوب مسبق الاجهاد)		6- 45	-	- مقاومة التمزق - قطر وشكل الأنبوب - حمولات الرياح والثلج	- تتطلب الأنابيب أقطار كبيرة وشد عالي لتحقق الصلابة الكافية

٣-٢-٥-ب-٣ معايير اختيار القماش في الجمل الإنشائية

يدرس الجدول (٣-٤٧) فعالية عناصر الجمل الإنشائية من القماش تحت تأثير عدة عوامل تؤثر على صفاتها وخصائصها الإنشائية.

جدول(٣-٤٧): معايير اختيار القماش في الجمل الإنشائية [إعداد الباحث]

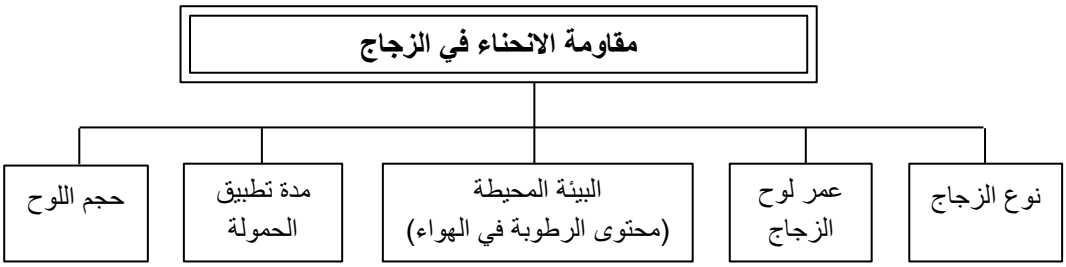
الجملة الإنشائية		العنصر الإنشائي	المعايير																										
			تحمل الشد	تحمل الضغط	مقاومة القص	مقاومة الانحناء	مقاومة الانكسار	مقاومة التحدب	مقاومة الالتياع	مقاومة الانحراف	مقاومة الانثناء	مقاومة التشقق	مقاومة الانهيار	مقاومة التمزق	اللدونة	المرونة	الارتفاع الفعال	وظيفة المبنى	المجاز المطلوب	التكلفة الاقتصادية	متوفر محليا	خبرة المصممين	تقنيات التنفيذ	سرعة التشييد	قابلية النقل والتحريك	العمر الافتراضي	الأمان	المظهر
الجمل السطحية	مستوية شاقوليه	الجدار الغير حامل	●	●	Ø	○	Ø	Ø	Ø	Ø	○	Ø	Ø	●	Ø	○	Ø	●	Ø	○	○	○	○	○	○	●	●	○
	مستوية مائلة	الهرم	●	●	Ø	○	Ø	Ø	Ø	Ø	○	Ø	Ø	●	Ø	○	Ø	○	●	○	○	○	○	○	○	●	●	○
	منحنية باتجاه واحد	المخروط	●	●	Ø	○	Ø	Ø	Ø	Ø	○	Ø	Ø	●	Ø	○	Ø	○	●	○	○	○	○	○	○	●	●	○
	منحنية باتجاهين	المجسم المكافئ الزائدي	●	●	Ø	○	Ø	Ø	Ø	Ø	○	Ø	Ø	●	Ø	○	Ø	○	○	○	○	●	●	○	○	●	●	○
الجمل الفراغية	سطحية مطلقة خيمية	الخيمة	●	●	Ø	○	Ø	Ø	Ø	Ø	○	Ø	Ø	●	Ø	○	Ø	○	○	○	○	○	○	○	○	●	●	○
		الأسقف الكبلية	●	●	Ø	○	Ø	Ø	Ø	Ø	○	Ø	Ø	●	Ø	○	Ø	○	○	○	○	●	●	○	○	●	●	○
	سطحية مطلقة المنفوخة	غشاء قماشي مدعوم بالهواء	●	●	Ø	●	Ø	●	●	Ø	○	●	○	●	Ø	○	Ø	○	○	●	●	●	●	○	○	○	●	○
		عناصر محمولة بضغط الهواء	●	●	Ø	●	Ø	●	●	Ø	○	●	○	●	Ø	○	Ø	○	○	○	○	○	○	○	○	○	●	○
		هيكل مكون من اطارات يعمل بالهواء المضغوط	●	●	Ø	●	Ø	●	●	Ø	○	●	○	●	Ø	○	Ø	○	○	○	●	●	●	●	○	○	●	○

○ (فعال) ● (غير فعال) Ø (لا شيء)

٣-٢-٦ البناء باستخدام الزجاج

لا ينتشر استخدام الزجاج في العمارة كبقية المواد الإنشائية الأساسية، وينتشر استخدامه بشكل عام، في الجمل الخطية السطحية ويندر في الجمل الفراغية التي تقتصر فقط على بعض التغطيات التي يساعد المعدن في تشكيلها. هذا ويعطي الزجاج أشكالاً عديدة، تتميز بالابتكار، التنوع والجمالية.

يتعرض الزجاج للانحناء والالتواء، ولكنه يبدي مقاومة للحمولات المطبقة على عناصره الإنشائية، الأشكال والجداول التالية تبين ذلك.

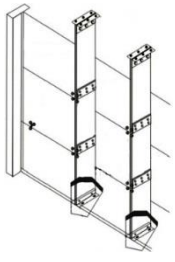


شكل (٣-١) مقاومة الانحناء في الزجاج [إعداد الباحث]

٣-٢-٦-١ استخدام الزجاج في الجمل الخطية

أشهر عناصر الجمل الخطية الدعامات والجوائز، وجميع هذه العناصر تتوفر بمقاطع وأحجام قياسية. تبين لنا الجداول التالية، العناصر المختلفة للجمل الإنشائية الخطية من الزجاج واستخداماتها.

جدول(٣-٤٨): استخدام الزجاج في الجمل الخطية [إعداد الباحث]

العناصر الداعمة الأفقية					
العنصر	**المنظور الاكسونومتري**	**المجاز النموذجي (L) (m)**	**السماكة النموذجية (mm)**	**العوامل المؤثرة على الحجم**	**ملاحظات**
الأعمدة الزجاجية/ الدعائم		-	١٢- ٢٥	- ثبات التمدد - يأخذ بالاعتبار السلامة المرافقة لتحطم الزجاج	- نستخدم عدة طبقات من صفائح زجاجية للدعم عند الحواف
الجوائز/ الروافد/ العوارض		٤ - ٦		- الانحراف و ثبات التمدد	- مدعمة بشكل بسيط أو ظفري - الطول المتاح لأطباق الألواح يحدد المجاز الأعظمي لها

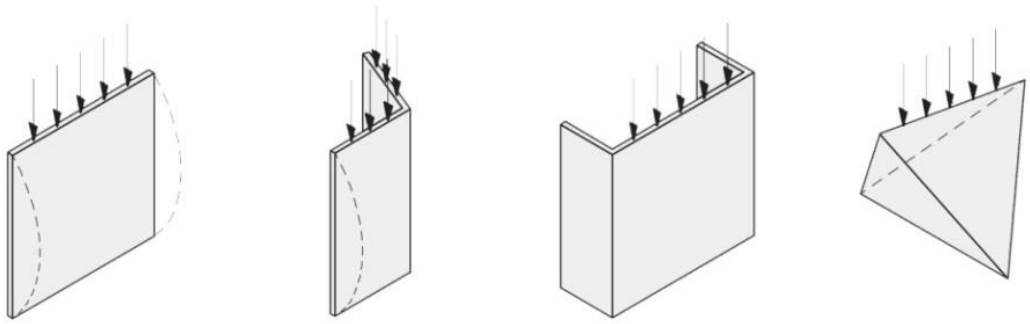
٣-٢-٦-٢ استخدام الزجاج في الجمل السطحية

أهم عناصر الجمل السطحية الزجاجية: الأرضيات، الجدران وتغطيات الأسقف. الجداول التالية توضح أهم استخداماتها.

جدول(٣-٤٩): استخدام الزجاج في الجمل السطحية [إعداد الباحث]

العناصر الحاملة السطحية من الزجاج				
العنصر	**المجاز النموذجي (m) (L)**	**السماكة النموذجية (mm)**	**العوامل المؤثرة على الحجم**	**ملاحظات**
- ألواح الأرضيات	١- ٤	١٢- ٢٥	- حساسية المستخدم للانحراف	- قابلة للتصدع وتخدش السطح
- ألواح الدرج	-		-	- نستخدم عدة طبقات من صفائح زجاجية للدعم عند الحواف
- الدرابزين	١,١ ظفري		-	- نشكل الأظفار بمد العنصر أو بتثبيت جزء في الدعامة
- الجدران	-		- ثبات التمدد - يأخذ بالاعتبار السلامة المرافقة لتحطم الزجاج	-

تتعرض الألواح الزجاجية أيضاً للالتواء، لكن الاتصالات بين الحواف المتجاورة تعمل على زيادة صلابتها وتماسكها مع بعضها. الشكل التالي(٤-٣) يوضح اتجاه الالتواء في الألواح الزجاجية حسب الحمولات.



شكل (٣-٢) اتجاه الالتواء في الألواح الزجاجية [إعداد الباحث]

٣-٢-٦-٣ معايير اختيار الزجاج في الجمل الإنشائية

يدرس الجدول (٣-٥٠) فعالية عناصر الجمل الإنشائية من الزجاج تحت تأثير عدة عوامل تؤثر على صفاتها وخصائصها الإنشائية.

جدول(٣-٥٠): معايير اختيار الزجاج في الجمل الإنشائية [إعداد الباحث]

الجملة الإنشائية		العنصر الإنشائي	المعايير																												
			تحمل الشد	تحمل الضغط	مقاومة القص	مقاومة الانحناء	مقاومة الانكسار	مقاومة التحدب	مقاومة الانبعاج	مقاومة الانحراف	مقاومة الانشاء	مقاومة التشقق	مقاومة الانهيار	مقاومة التمزق	اللدونة	المرونة	الارتفاع الفعال	وظيفة المبنى	المجاز المطلوب	التكلفة الاقتصادية	متوفر محليا	خبرة المصممين	تقنيات التنفيذ	سرعة التشييد	قابلية النقل والتحريك	العمر الافتراضي	الأمان	المظهر
الجمل الخطية	مستقيمة	الأعمدة	●	○	●	○	●	●	●	Ø	●	○	○	Ø	●	●	●	●	Ø	●	●	●	●	●	●	●	●	○
		الجوائز	●	●	●	●	●	●	●	Ø	●	○	○	Ø	●	●	Ø	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
		الدعائم	●	○	●	○	●	●	●	Ø	●	○	○	Ø	●	●	●	●	Ø	●	●	●	●	●	●	●	●	○
		العوارض	●	●	●	Ø	●	●	Ø	Ø	●	○	○	Ø	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
		الروافد	●	●	●	Ø	●	●	Ø	Ø	●	○	○	Ø	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
		القوائم	●	○	●	○	●	●	●	Ø	●	○	○	Ø	●	●	●	●	Ø	●	●	●	●	●	●	●	●	○
الجمل السطحية	مستوية شاقولية	الجدار الغير حامل	●	○	●	○	●	●	●	Ø	●	○	○	Ø	●	●	●	●	Ø	●	●	●	●	●	●	●	●	○
	مستوية مائلة	الأسقف المائلة	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	Ø	●	●	Ø	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
		الهرم	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	Ø	●	●	Ø	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
	مستوية أفقية	الأرضيات	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	Ø	●	●	Ø	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
		البلاطة المستوية	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	Ø	●	●	Ø	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
	منحنية باتجاه واحد	القبوة	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	Ø	●	●	Ø	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
		المخروط	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	Ø	●	●	Ø	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○
	منحنية باتجاهين	القبة	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○	○	Ø	●	●	Ø	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	○

○ (فعال) ● (غير فعال) Ø (لا شيء)

٣-٣ مواد البناء الأفضل في الجمل الإنشائية

إذا نظرنا إلى كل ما يحيط بنا في حياتنا اليومية، نلاحظ أن هناك أشياء معينة، لا تصنع إلا من مواد معينة فقط، وذلك لأن هذه المواد هي الأنسب من أجل ذلك.

٣-٣-١ الاختيار بين مواد البناء

إن تحديد أفضل مادة إنشائية للبناء يختلف باختلاف المعايير المطلوبة للتصميم المعماري، وبالطبع ذلك يعتمد على ماذا نقصد بكلمة أفضل. هل تعني الأقوى، الأصلب، الأرخص، السهلة التعامل، الأكثر جاذبية، أو كل هذه الأشياء أو لا شيء من هذه الصفات.

وبشكل واضح ليس هذا هو الواقع لأنه بنظرة إلى الأبنية حول العالم، نجد أن هناك أبنية من الحجارة أو الخشب أو الفولاذ أو الخرسانة المسلحة وفي بعض الأجزاء نجد أبنية من الثلج أو الطين أو الخيزران، وعليه نرى أنه يوجد هناك العديد من المواد المستخدمة في البناء ولكل منها ميزاتها ومساوئها.

نستنتج من الفصول السابقة، أنه لا تعتبر أي مادة بناء هي الأفضل من كل هذه النواحي، لأنه لو كان الأمر كذلك لكانت جميع الأبنية في كل أنحاء العالم مبنية من مادة واحدة.

٣-٣-٢ مواد البناء المناسبة لتصميم عناصر الجمل الإنشائية

الدراسات والجداول الواردة في الفصول السابقة، تمكننا من تحديد مادة البناء الأفضل في إنشاء عناصر إنشائية محددة.

خاتمة

إن القدرة الابداعية للإنسان، مسلحة بالتكنولوجيا الحديثة، أوجدت بنىً انشائيةً غايةً في الجمال، بأبعاد لم يكن يحلم بها من قبل، فليست هناك حدود لصناعة المستقبل في هذا الميدان الساحر من ميادين النشاط الإنساني، حيث يتعاون الفن المعماري والعلم الهندسي في سبيل الارتقاء بمستوى حياة الانسان.

ومن هنا تأتي أهمية التأكيد على أن الفهم الصحيح والعميق، لمواصفات وخصائص مواد البناء، يؤدي إلى الاستخدام الفعال لها في عملية البناء، وذلك من خلال استخدام مادة البناء التي تناسب تصميم جملة إنشائية معينة، من خلال الاختيار الصحيح لمقاطع العناصر الإنشائية، وارتفاعاتها الفعالة، وبالتالي تحقيق المجازات التي تؤدي الغرض المطلوب من وظيفة هذه الجمل، مما يحقق التوازن بين الممارسات الفعلية وبين المفاهيم الإنشائية، وذلك فيما يتعلق بالأداء والكفاءة في استخدام مواد البناء. ويساهم في حل المشكلة الأساسية المتمثلة بهدر الوقت والمواد وبالتالي عدم استدامة عملية الإنشاء، والتي تؤدي إلى استنفاذ الموارد الطبيعية، الطاقة، التغير المناخي وتراكم النفايات، وبالتالي عدم تحقيق الاقتصاد بالطاقة.

النتائج والتوصيات

❖ النتائج

تناولت الأطروحة دراسة مفصلة لمواد البناء الإنشائية، خصائصها، صفاتها، مقاطعها الانشائية، مجازاتها وارتفاعاتها الفعالة، وكذلك دراسة الجمل الإنشائية، أنواعها، أقسام كل منها ومدى تأثير مواد البناء على كل منها، وتمت صياغة أهم نتائج هذه الدراسة كما يلي:

- تعد مواد البناء المحدد الرئيسي في اختيار الجمل الإنشائية بما تقدمه من إمكانات في تنفيذها، وتلعب خصائص هذه المواد الفيزيائية والكيميائية والتكنولوجية دوراً أساسياً في تحديد طريقة الإنشاء المناسبة، وبالتالي الاستخدام الفعال والبيئي لها بالشكل الأمثل بما يحافظ على أهمية وقيمة هذه المواد، خاصة في ظل ارتفاع سعرها وارتفاع نسبة الغازات الضارة المتصاعدة أثناء تصنيعها، إلى جانب زيادة الطاقة المستخدمة في التصنيع ونقص مصادر المواد الخام.
- تتنوع الأنظمة المستخدمة في عملية الإنشاء المعماري للأبنية، وذلك تبعاً لمواد البناء المستخدمة، والتي تؤثر تأثيراً أساسياً في شكل و تكوين البناء، ونوع طريقة فتح النوافذ المستخدمة فيه، فالعلاقة المتكاملة بين الجملة الإنشائية ومواد بناء تلك الجملة، تعتبر الأساس في استدامة المنشأة وبالتالي تشكيل الهدف البيئي والاقتصاد بالطاقة.
- لا تقتصر الوظيفة التي تؤديها مواد البناء على اختيار الجملة الإنشائية فقط، بل وعلى اختيار مقاطع عناصرها الانشائية وارتفاعاتها الفعالة وبالتالي سقوط ومجازات الأجزاء الأخرى المكونة لهذه الجملة لتحقيق الغرض الوظيفي منها.
- إضافة إلى الناحية الإنشائية، يعتمد اختيار المصمم لمواد البناء التي يرغب بتوظيفها في المنشأة، على مواصفات هذه المادة وما تقدمه من إمكانيات وما تضفيه من تأثير بصري على واجهة المبنى، يساعد على قبول الشكل النهائي للتصميم.
- استعمال المواد البنائية القابلة للتدوير وإعادة الاستعمال مثل الالمنيوم والحديد وبالأبعاد القياسية مما يضمن سهولة تجميعها ومن ثم سهولة تفكيكها إذا ما اقتضت الحاجة وإعادة استعمالها او إعادة تدويرها، للتقليل من التأثير السلبي لهذه المواد على البيئة.
- يعد استخدام المواد الطبيعية ذات الاستهلاك الأقل لكميات الطاقة في عمليات التصنيع مثل الخشب لها أثر فعال في تقليل التأثير البيئي، وإن لم يكن استعمال المواد غير الطبيعية قابلاً للتجنب فيجب أن

يكون مشروطا بمنافع أخرى مثل الديمومة العالية للحصول على مدى عمري أطول اثناء فترة حياة المبنى.

- لا تعتبر أي مادة بناء هي الافضل من كافة النواحي، لأنه لو كان الامر كذلك لكانت جميع الابنية في كل انحاء العالم مبنية من مادة واحدة.
- أدت المواد والتقنيات الجديدة إلي توفير إمكانيات واسعة ، لإنتاج حلول جديدة متحررة من القيود التقليدية ونتيجة لذلك ظهرت مباني متعددة ومتنوعة، أدت إلى انقطاع التواصل الحضاري وغياب بصمة إثبات الهوية على المباني
- تعتبر مواد البناء وأساليب التنفيذ من أهم العوامل المستهلكة للطاقة في قطاع المباني.
- يجب الانتباه الى التوزيع الدقيق للعناصر الانشائية وعلاقتها مع بعضها للتأكد من توزيع جميع الاحمال ومقاومتها بقوى ضغط محورية، لأن القوى الغير محورية تسبب انحناء في العناصر الانشائية، وبالتالي إلى انهيار المنشأ

❖ التوصيات

- وضع استراتيجية واضحة للمشروع قبل البدء بالتصميم، مثل تحديد عمر المبنى وما يترتب عليه من اعتبارات كالمواد، الهياكل المستعملة ونظم الأنشاء.
- الدراسة المستفيضة للموقع من حيث المواد المتوفرة محلياً ضمن الموقع وطرق الإنشاء في المنطقة والوسائل والأنظمة المستعملة في الإنشاء تساعد فريق العمل لتقييم الاستراتيجيات الفعالة في ذلك الموقع وتحديدها.
- إجراء مشاريع البحوث ذات الصلة بأداء مواد و مكونات البناء والنظم الهيكلية المختلفة.
- تقييم قابلية التصدع و مقاومة المباني و إبداء الآراء التقنية فيما يتعلق بإعادة تأهيل المباني القائمة مقابل الظروف الخارجية المختلفة و من جملتها لزلازل و تقديم أساليب ترميم المباني التي تضررت جراء الزلازل.
- إجراء الاختبارات الاستاتيكية والديناميكية للأنواع المختلفة من منشآت البناء بالمقاييس المناسبة،
- إشاعة الأساليب التقنية التنفيذية الجديدة المتلائمة مع الظروف السائدة في البلاد و التعاون مع الباحثين من ذوي الخبرة و أساتذة الجامعات و المراكز العلمية في جميع أنحاء العالم.
- توفير عدة بدائل للمعماري للاختيار فيما بينها مما يسبب تقليل استهلاك الطاقة في مواد البناء ونظم الانشاء وأساليب النقل والتشغيل لتلك المواد.

- إصدار أدوات تقييم لحساب مدى التأثيرات البيئية الحرجة للمواد البنائية خلال دورة حياة المبنى الناجمة عن انشاء وتشغيل المبنى، ومن ثم الهدم والإزالة.
- تأسيس مراكز بحثية متخصصة لدراسة المواد البنائية من حيث تأثيراتها البيئية واقامة المحاضرات والندوات والدورات التدريبية للهيئات الهندسية والمهنية.
- لابد أثناء اختيار مواد البناء من الأخذ بالاعتبار تأثير هذه المواد في توفير الطاقة من خلال دورها في العزل الحراري ولونها و نفاذية سطحها للإشعاع وضبطها للرطوبة على الواجهات الخارجية.
- استخدام مواد بنائية طبيعية منتجة محلياً لتجنب استخدام طاقة كبيرة في نقلها والتي تحتاج إلى أقل ما يمكن من عمليات التصنيع.
- استعمال مواد بنائية متقاربة أو مماثلة في مدى ديمومتها للحد من الطاقة المستهلكة في عمليات الصيانة على مدى طول عمر المبنى.
- الابتكار ونقل التقنيات من وجهة نظر الهندسة الإنشائية. وتوظيف الإمكانات الإنشائية لمواد البناء بما يتوافق مع معطيات المناخ في سورية، وبما يحقق استخدامها بالشكل الأمثل بيئياً، لمواكبة سمات العصر، والاستفادة من التطورات التقنية لمواد البناء ونظم الإنشاء الحديثة، وتوظيفها في سورية بعد معرفة الجدوى الاقتصادي والبيئي لها، ولكن بما يحافظ على خصوصية هذه القطر ويضمن تجدده.
- ضرورة توجيه البحث العلمي إلى عمل دراسات وأبحاث تهدف إلى التعمق في الإمكانيات الإنشائية لمواد البناء، وذلك بغية اختيار التقنيات المستحدثة لمواد البناء، وتوظيفها بما يتوافق مع ظروف وإمكانات ومتطلبات المجتمع.
- المهندس المعماري جزء من البيئة المحيطة به، ولذلك عليه أن يتفاعل بإيجابية مع التطورات التقنية والتكنولوجية الحديثة، وأن يقدمها إلى المجتمع بما يلائم مناخه ويلبي احتياجاته ومتطلباته بصورة واعية.
- يجب على المهندس المعماري، التركيز على كفاءة الطاقة في الأبنية، كمطلب أساسي من خلال المعالجات البيئية والتقنيات المبتكرة في الأنظمة الإنشائية ومواد البناء المستخدمة لإنشائها.
- التركيز على الاستخدام الفعال لمواد البناء، وذلك بالعمل على تطوير فكرة و آلية التعامل مع مواد البناء، من خلال دمج التطور العلمي لصناعتها مع الخبرة العملية في عمليات الإنشاء وتنفيذ الجمل الإنشائية المختلفة.

المراجع العربية:

[١] م، سلفادوري. (1992) الصراع ضد الجاذبية الأرضية من الخيمة إلى ناطحات السحاب. بيروت: دار الشروق.

[٢] ع، رأفت. (2010) ثلاثية الإبداع المعماري (الابداع الإنشائي في العمارة) .

[٤] ن، حسن. (2012) نظريات العمارة.

[٣٢]غ، عبود. (٢٠١٥) نظريات الإنشاء.

المراجع الأجنبية :

[٣] structres- Daniel L.Schodek- fourth edition- (2001)

[٩] Reddy, 2004, P.8898

[١٦] Architectural Structures ،Lecture Note Set ،Anne Nichols (2013)

[١١]Tony Hunt's Struttures Notebook(Second Edition 2003)

[١٢]Basic Structures for Engineers and Architects, Philip Garrison (2005)

[١٣]Metric Handbook, Planning and Design Data, Third Edition, David Littlefield (2008)

[١٩] Assessments Criteria Of Building Materials From- Ecological Point Of View- By Ana-Cristina Tudora (2011)

[٢١] Architecture :Design Notebook-2nd edition (2003)A. Peter Fawcett

[٢٢] Basic Theory of Plates and Elastic Stability - Eiki Yamaguchi-1999

[٢٣] Building construction illustrated- Forth edition- Francis D.K. ching- (2008)

[٢٦] Building design and construction handbook / Frederick S. Merritt-Jonathan T. Ricketts,—6th ed. (2000)

[٢٧]How Buildings Work -The Natural Order Of Architecture- Third Edition- Edward Allen -(2005)

[٢٨]Earthbag Building-The Tools,Tricks and Techniques- 2004 by Kaki Hunter and Donald Kiffmeyer.

[٢٩]Masonry design and detailing- McGraw- (2004)

[٣٠]Building with Earth- Design and Technology of a Sustainable Architecture- (2006)-Gernot Minke

[٣١]Masonry and Concrete- Christine beall –(2004)

[٣٤] Seismic design for architects- Andrew Charleson- (2008)

[٣٥] Smart Materials and New Technologies (for Architecture and design professions) Michelle Addington and Daniel Schode

[٣٩] structural steel designer’s handbook- Roger L. Brockenbrough Editor- Frederick S. Merritt Editor - Third Edition- (1999)

[٤٠] Steel Designers' Manual - 6th Edition (2003) – (Buick Davison -Graham W.Owens)

[٤٥] Concrete and Masonry Databook- -Christine Beall- Rochelle Jaffe- (2003)

[٤٦] The Ecology of Building Materials- Bjørn Berge- (2001)

[٤٧] Design of reinforced concrete- Seventh edition 2006- Jack C.McCormac- James K.Nelson

[٤٨] Economic concrete frame elements-(1997)

[٤٩] Advanced Materials and Techniques for Reinforced Concrete Structures Mohamed A. El-Reedy, Ph.D. (2009)

[٥٣] Structural Engineer's Pocket Book- Fiona Cobb- (2004)
[٥٤] Glass structures- design and construction of self-supporting skins- jan wurm - (2007)

المؤسسات والشركات وهيئات البحث :

[١٨]_عصام الدين خليل حسن، سلسلة كراسات مستقبلية، مستقبل الطاقة، المكتبة الأكاديمية (١٩٩٩)

المؤتمرات والندوات والدوريات :

[٨] العدد 11 مجلد 18 تشرين الثاني 2012 مجلة الهندسة– أثر تكنولوجيا المواد على استدامة الأبنية

[١٤] مجلة جامعة النجاح للأبحاث (العلوم الطبيعة) المجلد ١٦(١)، ٢٠٠٢

[٤١] مجلة البناء السعودية (٢٠٠٦/٣/٣) العدد١٦٣

[٥٠] International Journal on Architectural Science, Volume 6, Number 4, p.144-167, 2005

مواقع الانترنت:

[٦] ٧–١٠–٢٠٠٩منتدى كلية الهندسة المدنية والتقنية > كلية الهندسة المدنية > قسم الطبوغرافيا –جامعة حلب

[٢٥] منتدى كلية الهندسة المدنية والتقنية – جامعة حلب ١٠–٢–٢٠١٣

[٥]www.m3mare.com
[٧] [١٠] www.ar.wikipedia.org
[١٥] www.engaswan.com 18/09/08, 01:05 am
[١٧] www.pbs.org/wgbh/buildingbig/lab/materials_text.html
[٢٠]www.engaswan.com
[٢٤] www.studyblue.com
[٣٣] www.el-benaa.com
[٣٦] www.albaathmedia.sy
[٣٧] www.all4syria.com
[٣٨] www.esyria.com
[٤٢]www.startimes.com
[٤٣] www.moqatel.com
[٤٤] www.bytocom.com
[٥١] www.ids-plastics.com
[٥٢] www.seatingchartview.com
[٥٥] www.fabricarchitecturemag.com
[٥٦] www.qalqilia.edu.ps/glass.htm

Aim of the research:

The research aims to prepare a study methodology, considering building materials, and its impact on the choice of structural system to achieve the desired end, a way that saves time, energy and ensure durability and quality. Accordingly, the study focuses on the following points:

-Study the factors that affecting on the choice of structural systems.

-Develop scientific basis for how to take advantage of the impact of construction material in the selection of construction system.

Research Methodology:

The research focus on materials that used locally, and building technology which employed in the field of architecture, and in conducting the study relies on a set of scientific methods where:

-The historical method used in analytical introductions.

-Review of the evolution of building materials and construction systems.

-Using the theoretical approach to reach the theoretical foundations and concepts in the study of the relationship between the building materials and construction systems.

-Using the analytical approach applied in the review of experimental models performed locally and globally.

-The adoption of deductive and inductive approach in the search for the development of the results and proposals circulating about the possibility of building material for a particular structural system.

Research fields:

-The Scientific field of research: Located in the Building Science and execution own construction system for previewing the various building materials as well as construction systems used in buildings, and studying full correlation between construction material and system construction, to get to the best building systems dealing with construction problems, and provides an integrated solution to the needs of construction and contribute to mitigate the negative effects on the environment.

The research present public buildings as a case study, because of the public buildings, characterized by richness and diversity in all of the building materials, construction systems, functions and spans, and thus covers all common building materials and construction systems to use the in Syria.

-The time domain of search: reviews the evolution of the use of building materials, and the accompanying development in the implementation of construction techniques and systems, with a focus on modern and contemporary methods for these systems.

-Spatial area of search: heading to the study and analysis of building materials and construction systems for some experiments in Syria and the world models, and try to reach the best results and their suitability for use in Syria.

Introduction

Since the very beginning of its existence consciousness fact, human start looking for reasons to stay, and working on stabilizing that relieve him from the trouble of mobility and hardship hopping in search of livelihoods factors.

Human consciousness has clashed in natural forces it was miraculous compared to the potential of the human in that very old period, putting him in the midst of an unequal struggle with the forces of nature, come force Earth's gravity at the forefront of those forces which also include wind forces, in addition to the differences in heat degrees, daily, quarterly, as well as rain, snow, earthquakes that were left in certain historical periods devastating impact on the entire human groups.

During a period of thousands of years of suffering, hard struggle, man has achieved great victories in many of the sites of this conflict, the historical building that still tells the splendor of philanthropy since the eras of the Babylonians and the Pharaohs and the Greeks and Romans not only are vivid reminders of those victories.

Since the second half of the twentieth century, the man was able to deal with the laws of nature, and to find a solution to its problems with it, he invented solutions to it, and went out, flying in outer space, revealing that the enormous reserve capacity creative when human beings, and is no doubt that the struggle against the forces of Nature take in this day very character development, human Enter the latest cutting-edge science and technology, leading to innovations solid construction and high resistance.

Now, after thousands of years, the man still build their houses, and even though it is built by artificial materials as steel, concrete and brick, it uses the same skill used by the grandparents in their conflict with natural forces, and in order to guarantee that their buildings temples that will not collapse. But the evolution of jobs and the emergence of new functions imposed on us new construction systems these systems emerged as a result of the understanding of the possibilities of each article, and as a result of technical and technological evolution, evolution of construction techniques keep pace with the evolution of their products and standards of building materials, so this study was to find a scientific database, to try to reach the connect between materials construction and the effects of the forces of nature, as well as man's struggle with itself and with nature, to find the best solutions to the construction systems, in order to reach the best possible results in the field of construction, from the selection of certain structural systems for a job, to determine the appropriate construction material for this systems, and the factors influencing the selection of each of them and by clarifying the link between them fully.

Abstract

The architecture means basically - in what we see at the end of process - the materials that make it up, and this is why we insist on the importance of taking care of what we see, because it is what constitutes our impression of any building. So, building materials form the environment around us, and sets us substantially what is beautiful and what is ugly. Over that, there are materials and techniques have contributed to form the image of contemporary architecture more than others.

Building material is the basis for any construction system, thus, the good Understanding for the possibilities of building materials and construction system, led to the development in both building materials and construction system.

This research provides us an overview of the building materials and construction system, beginning with the historical evolve as of the simplest forms known to structural engineering, and finishing with what we reached nowadays, which was a result of the progress and scientific development in the usage of building materials. It also explains simplifying, the nature of the structural elements, each by its location in the construction, and the forms that known by Structural Engineering for those elements, until it settled opinion on the most typical forms of both: functional and economic.

The Search comes in three chapters:

The first chapter examines:
The relationship between construction and architecture, as well as studying the structural system of both sides: the factors that effect on its choosing, and its elements way of acting under the effected loads.

The second chapter examines:
The evolution of the relationship, between the building materials and the construction system, and its impact on architecture.

The third chapter examines:
The impact of building material on the selection of structural system, and the compatibility between the material, and the used structural system.

Syrian Arab Republic
Damascus University
Faculty Of Architecture
Department Of Construction Sciences And Execution

The Impact of Building Materials On Choosing Construction Methods

(Public Buildings in Syria As Prototype)

A Thesis Submitted in Fulfillment of the
Requirements for the Master Degree in Architecture

By

Architect: Salah Eddin Hamad

Supervised by

Prof.Dr: Ghassan Aboud

Damascus/ December/ 2015-2016