



جامعة دمشق  
كلية الهندسة المدنية  
قسم الهندسة الانشائية

## الخرسانة فائقة الأداء وإمكانية استخدامها في الأبنية العالية

دراسة أهدت لنيل درجة الماجستير في الهندسة الانشائية  
جامعة دمشق - كلية الهندسة المدنية

إعداد  
المهندس علاء علي سعادات

إشراف  
الدكتور المهندس  
عبد الحميد كيخيا

دمشق 2015



جامعة دمشق

كلية الهندسة المدنية

قسم الهندسة الإنشائية

الدراسات العليا

## الخرسانة فائقة الأداء و إمكانية استخدامها في الأبنية العاليّة

دراسة أعدت كمتطلب جزئي لنيل درجة الماجستير في الهندسة المدنية

إشراف :

الدكتور المهندس عبد الحميد كيخيا

إعداد:

المهندس علاء سعادات

لجنة الحكم

د.م عبد الحميد كيخيا

عضوأ و مشرفاً

د.م هيثم زرزور

عضوأ

د.م محمد نزيه اليغشى ايلوش

عضوأ

# فهرس المحتويات

I	.....	فهرس المحتويات
III	.....	فهرس الأشكال .....
V	.....	فهرس الجداول .....
VI	.....	الرموز المستخدمة .....
VII	.....	شكر.....
VIII	.....	الملخص.....
1	.....	<b>الفصل الأول (المقدمة) .....</b>
2		1 – 1 تعريف
2		1 – 2 الخرسانة فائقة الأداء ، مكوناتها ، إيجابياتها
3		1 – 3 استعراض مشاريع استخدمت الـ UHPC
7		1 – 4 الأسماء التجارية للـ UHPC
7		1 – 5 مبررات البحث
8		1 – 6 هدف البحث
8		1 – 7 محتويات الأطروحة
9	.....	<b>الفصل الثاني (الدراسة المرجعية) .....</b>
10		2 – 1 مراجع سُتخدمت بعض الكودات العالمية
11		2 – 1 – 1 – 2 الكود الأوروبي
15		2 – 1 – 2 الكود الياباني
19		2 – 1 – 3 الكود الأسترالي
11		Kumaresan , 2011 2 – 2
11		1 – 1 تحليل بلاطات من الـ UHPC
15		1 – 2 تحليل جوانز من الـ UHPC
19		1 – 3 إجراء تجارب شد لعينات من الـ UHPC
23		Perry and Zakariasen , 1995 3 – 2
24		Adal et al , 2010 4 – 2
25		Shieh , 2003 “ Taipei 101 Tower ” 5 – 2
27	.....	<b>الفصل الثالث (منهجية العمل) .....</b>
28		3 – 1 تحليل بعض النماذج باستخدام UHPC
28		3 – 2 التعريف بالنماذج
30		3 – 3 البرنامج المستخدم
30		3 – 4 التعريف بالمواد
33	.....	<b>الفصل الرابع (الدراسة التحليلية) .....</b>
34		4 – 1 تحليل النموذج الأول
34		4 – 1 – 1 الأعدمة

# فهرس المحتويات

36	2 – 1 – 4 ال بلاطات
38	3 – 1 – 4 جدران القص
41	4 – 2 تحليل النموذج الثاني الأعمدة 1 – 2 – 4
41	2 – 2 – 4 ال بلاطات
43	3 – 2 – 4 جدران القص
45	4 – 3 تحليل النموذج الثالث الأعمدة 1 – 2 – 4
48	1 – 2 – 4 ال بلاطات
50	4 – 4 تحليل النموذج الرابع كل البلاطات 1 – 3 – 4
54	2 – 3 – 4 ال بلاطات ( 19 , 11 , 3 )
54	3 – 3 – 4 آخر خمس بلاطات
56	4 – 3 – 4 جملة تربيط واحدة
58	
60	
63	4 – 4 استخدام UHPC في الجائز الرابط
67	<b>الفصل الخامس ( النتائج والتوصيات )</b>
68	1 – 5 النتائج
68	5 – 2 توصيات عامة للدراسات والأبحاث المستقبلية
69	<b>( المراجع المستخدمة )</b>

## فهرس الأشكال

---

4	جسر شيربورك	1 – 1
4	جسر شيفيرد	2 – 1
4	جوائز جديدة مبتكرة مع التقوب	3 – 1
5	جسر في نيوزيلاند	4 – 1
5	جسر في كوريا الجنوبية	5 – 1
5	جسر ساكاتا ميرا في اليابان	6 – 1
6	جسر مارس هيل	7 – 1
6	جسر جاك وي	8 – 1
6	جسر في نيويورك	9 – 1
11	نموذج بلاطة يوضح الحقد	1 – 2
12	نموذج البلاطة المستخدمة في التحليل	2 – 2
12	شكل البلاطة بعد التشوه	3 – 2
13	توزيع الإجهادات على عرض البلاطة	4 – 2
13	مقارنة البلاطات المدرosaة مع بلاطات عادية	5 – 2
15	الجازن المدروس	6 – 2
16	علاقة $P/P_{cr}$ مع $\delta/L$	7 – 2
16	العينة المدرosaة وفق Lattic 3D حيث $L/b = 1$	8 – 2
17	علاقة $P/P_{cr}$ مع $\delta/L$ حيث $L/b = 1$	9 – 2
17	العينة المدرosaة وفق Lattic 3D حيث $L/b = 2$	10 – 2
18	العينة المدرosaة وفق Lattic 3D حيث $L/b = 10$	11 – 2
18	علاقة $P/P_{cr}$ مع $\delta/L$ حيث $L/b = 10$	12 – 2
19	علاقة $L/b$ مع Aspect Ratio	13 – 2
20	علاقة الحمولة مع التشوه لعينات بعد 7 أيام صب	14 – 2
24	مخطط (تشوه ، إجهاد) للخلطات السابقة	15 – 2
28	النموذج الأول	1 – 3
29	النموذج الثاني	2 – 3
29	النموذج الثالث	3 – 3
30	النموذج الرابع	4 – 3
31	مخطط (ε - σ ) للعينة المدرosaة	5 – 3
34	الانتقال أعلى المبني باتجاه x " استخدام UHPC في الأعمدة "	1 – 4
35	الانتقال أعلى المبني باتجاه y " استخدام UHPC في الأعمدة "	2 – 4
36	الانتقال أعلى المبني باتجاه x " استخدام UHPC في البلاطات "	3 – 4
37	الانتقال أعلى المبني باتجاه y " استخدام UHPC في البلاطات "	4 – 4
38	الانتقال أعلى المبني باتجاه x " استخدام UHPC في جدران القص "	5 – 4
39	الانتقال أعلى المبني باتجاه y " استخدام UHPC في جدران القص "	6 – 4

## فهرس الأشكال

---

40	$\delta_{UHPC} / \delta_{con}$ للنموذج الأول بالاتجاه x	7 – 4
40	$\delta_{UHPC} / \delta_{con}$ للنموذج الأول بالاتجاه y	8 – 4
41	الانتقال أعلى المبني باتجاه x " استخدام UHPC في الأعمدة "	9 – 4
42	الانتقال أعلى المبني باتجاه y " استخدام UHPC في الأعمدة "	10 – 4
43	الانتقال أعلى المبني باتجاه x " استخدام UHPC في البلاطات "	11 – 4
44	الانتقال أعلى المبني باتجاه y " استخدام UHPC في البلاطات "	12 – 4
45	الانتقال أعلى المبني باتجاه x " استخدام UHPC في جدران القص "	13 – 4
46	الانتقال أعلى المبني باتجاه y " استخدام UHPC في جدران القص "	14 – 4
47	$\delta_{UHPC} / \delta_{con}$ للنموذج الثاني بالاتجاه x	15 – 4
47	$\delta_{UHPC} / \delta_{con}$ للنموذج الثاني بالاتجاه y	16 – 4
48	استخدام UHPC في مقاطع الأعمدة	17 – 4
49	الانتقال أعلى المبني باتجاه x " استخدام UHPC في الأعمدة "	18 – 4
49	الانتقال أعلى المبني باتجاه y " استخدام UHPC في الأعمدة "	19 – 4
50	تغير مواصفات مقاطع الأعمدة	20 – 4
51	الانتقال أعلى المبني باتجاه x " استخدام UHPC في البلاطات "	21 – 4
52	الانتقال أعلى المبني باتجاه y " استخدام UHPC في البلاطات "	22 – 4
53	$\delta_{UHPC} / \delta_{con}$ للنموذج الثالث بالاتجاه x	23 – 4
53	$\delta_{UHPC} / \delta_{con}$ للنموذج الثالث بالاتجاه y	24 – 4
54	الانتقال أعلى المبني باتجاه x " استخدام UHPC في البلاطات "	25 – 4
55	الانتقال أعلى المبني باتجاه y " استخدام UHPC في البلاطات "	26 – 4
56	الانتقال أعلى المبني باتجاه x " استخدام UHPC في بلاطات معينة "	27 – 4
57	الانتقال أعلى المبني باتجاه y " استخدام UHPC في بلاطات معينة "	28 – 4
58	الانتقال أعلى المبني باتجاه x " استخدام UHPC في البلاطات الأخيرة "	29 – 4
59	الانتقال أعلى المبني باتجاه y " استخدام UHPC في البلاطات الأخيرة "	30 – 4
60	الانتقال أعلى المبني باتجاه x " استخدام UHPC في جملة تربيط واحدة "	31 – 4
61	الانتقال أعلى المبني باتجاه y " استخدام UHPC في جملة تربيط واحدة "	32 – 4
62	$\delta_{UHPC} / \delta_{con}$ للنموذج الرابع بالاتجاه x	33 – 4
62	$\delta_{UHPC} / \delta_{con}$ للنموذج الرابع بالاتجاه y	34 – 4
64	قطع الجائز الرابط	35 – 4
65	الجزائر الرابط المستخدم	36 – 4
65	مخططات العزم و القص للجازير الرابط باستخدام البيتون العادي	37 – 4
66	مخططات العزم و القص للجازير الرابط باستخدام UHPC	38 – 4

## فهرس الجداول

2	مكونات UHPC	1 – 1
11	مكونات الـ UHPC في الكود الاسترالي	1 – 2
14	اختبارات بلاطات خرسانية عادية	2 – 2
20	مواصفات خلطة UHPC	3 – 2
21	مقاومة على الضغط لعينات الـ UHPC	4 – 2
21	قدرة تحمل على الشد لعينات الـ UHPC	5 – 2
23	مقاومات UHPC	6 – 2
23	خلطات UHPC	7 – 2
32	قيم ( $\sigma - \epsilon$ ) للعينة المدرosaة	1 – 3

## الرموز المستخدمة

---

عرض الجائز	$b_w$
الارتفاع الفعال للجازز	$d$
اجهاد الخصوص التسلیح العرضي	$f_yw$
اجهاد الخصوص التسلیح المستخدم (المقاومة التصميمية)	$f_y$
الإجهاد في البيتون	$\sigma$
الخرسانة فائقة الأداء	$UHPC$
معامل يونغ	$E$
معامل بواسون	$\nu$
التشوه في البيتون	$\epsilon$
نسبة الماء للإسمنت في الخلطة الخرسانية	$W/C$
اجهاد البيتون على الضغط	$f_c$
اجهاد تحنيب البيتون	$f_{cr}$
نسبة النحافة (نسبة عرض البلاطة إلى سمكها)	$b/t$
القوية المطبقة	$p$
القوية الحدية	$p_{cr}$
السهم النسبي	$\delta L$
السهم الناتج من التحليل وفق برنامج Lattic3D	$\delta_{lattic}$
السهم الناتج من الحمولات	$\delta_{f+g}$
نسبة طول الجائز لعرضه	<i>Aspect Ratio</i>
القوية الزلزالية المطبقة باتجاه X	$E_x, V_x$
القوية الزلزالية المطبقة باتجاه Y	$E_y, V_y$
الانتقال الحاصل باتجاه X	$U_x$
الانتقال الحاصل باتجاه Y	$U_y$
قدرة تحمل الجائز الرابط	$V_n$
قدرة تحمل التسلیح الرئیسي	$V_s$
قدرة تحمل التسلیح القطری	$V_{sd}$
التسلیح الرئیسي	$A_s$
التسلیح القطری	$A_{sd}$
التسلیح العرضي	$A_v$
قدرة تحمل البتون فائق الأداء	$V_c$

## شكراً وتقدير

في نهاية هذا العمل أقدم بحظير شكر وامتنان وتقدير واحترام لصاحب الفضل الأكبر في  
إجازة هذه الإطروحة

الدكتور المهندس عبد الحميد كيخيا

الذى أكملنى مشكوراً باختضان هذا العمل ولله حزيل الفضل على جهده ووقته المبذول في إغناء  
هذا البحث بأفكاره النيرة ودعمه الدائم لإنما مر العمل بأحسن صورة

من كل قلبي إلى

أهلي . . .

أصدقائي . . .

من فخرت حياتي ابنتي الغالية . . .

## **الملخص :**

الخرسانة فائقة الأداء (UHPC) هي مادة متطورة هيكلاً جذبت الاهتمام في منشآت الهندسة المدنية في الآونة الأخيرة ، بشكل عام هي مادة مكونة من البeton و ألياف معدنية له مقاومة وصلابة عاليتين إضافة إلى ديمومة كبيرة كما أظهر عدة نقاط من القوة فلديه ضغط أكبر بسبع مرات وقوة الشد أكبر بثلاث مرات من الخرسانة التقليدية.

إن ما يقدمه ال UHPC من مقاطع نحيفة يبرر لنا التفكير في اتجاه استخدامه في الأبنية العالية للاستفادة من مقاوماته على الضغط والشد الكبیرتين ولاسيما أن العناصر المقاومة للأحمال الأفقية في الأبنية العالية تتعرض لقوى كبيرة يمكن أن تستنزف كامل مقاومة UHPC مما يحقق الإقتصادية المثلثي .

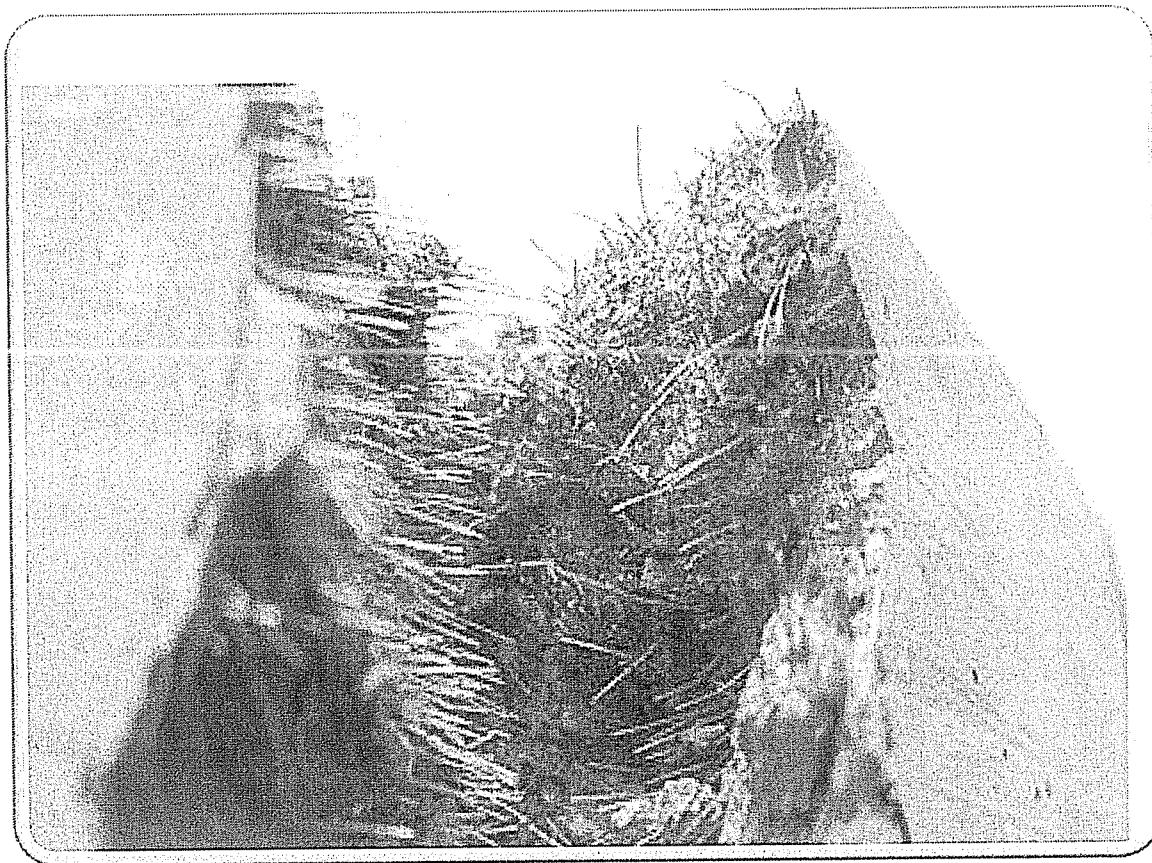
إن استخدام الأعمدة المصنعة من هذه المادة أمن كما هو ملاحظ مساحات واسعة رغم الإرتفاع الكبير للأبنية العالية مما يبرر لنا التفكير في استخدام UHPC في الأبنية البرجية العالية متوقعين الحصول على نتائج تؤمن فراغات معمارية كبيرة وحلول إنسانية مناسبة .

تمأخذ أربع نماذج من أبنية متعددة الطوابق ( 7 , 13 , 16 , 20 ) طابق ، ذات جمل إنسانية مختلفة . و قمنا بتحليل النماذج الأساسية والتي كانت مادة البناء المستخدمة هي البeton العادي التقليدي و مواصفاته مأخوذة من الكود العربي السوري . و بعد ذلك أخذنا التحليل لنماذج معدلة بإدخال الخرسانة فائقة الأداء في بعض العناصر الإنسانية (أعمدة ، بلاطات ، جدران قص ) كل على حده ، وذلك بهدف دراسة تأثير استخدام هذه المادة على كفاءة الجملة الإنسانية . ثم أخذنا الإنتقالات أعلى المبني تحت تأثير القوة الزلزالية بالاتجاهين X , Y و تم مقارنة النتائج بين النموذج الأساسي والمعدل . تم التركيز على دراسة امكانية استخدام UHPC في البلاطات باعتبارها كديافرامات في الجملة الإنسانية ، وذلك باعتبار إن استخدامها في العناصر الشاقولية (الأعمدة وجدران القص ) يعطي حتماً فعالية كبيرة ، وقد تم تجربتها واستخدامها بنجاح في هذه العناصر .

وجدنا بعد التحليل كفاءة عالية لهذه المادة و خاصة في صلادة البلاطات و لاسيما أنه بشكل عام غالباً ما يتم إهمال تأثير العناصر الإنسانية الأفقية ( البلاطات ) في تحمل القوى الزلزالية .

**الكلمات المفتاحية:** الخرسانة فائقة الأداء (UHPC) ، الأبنية العالية ، المادة الخطية .

صورة توضح الألياف المعدنية ضمن عينة من UHPC



## الفصل الأول : المقدمة

ستتعرف في هذا الفصل على الخرسانة فائقة الأداء مستعرضين مكوناتها و ميزاتها و إيجابيتها إضافة إلى استعراض بعض المشاريع التي كانت هذه المادة أساساً في إنشائها و تعرف على بعض الأسماء المتداولة لهذه المادة في مختلف البلدان ، و كما سنبين مبررات هذا البحث و الهدف منه .

## تعريف : 1-1

الخرسانة فائقة الأداء Ultra High Performance Concrete (UHPC) هي مادة مكونة من البeton و ألياف معدنية لها مقاومة وصلابة عاليتين إضافة إلى ديمومة كبيرة ، حيث تبلغ مقاومتها على الضغط أكبر بسبع مرات وعلى الشد أكبر بثلاث مرات من الخرسانة التقليدية . تم الإستخدام الأكثر لهذه المادة في منشآت البنية التحتية في الطرق السريعة في الولايات المتحدة ، في الجسور والمنشآت ذات المجازات الكبيرة ، في القشريات ، لما تملكه من مقاومة عالية للإجهادات المتشكلة في عناصرها الإنسانية ، بما يتتناسب مع الحمولات الكبيرة المطبقة على هذه المنشآت ، وكذلك كمادة صالحة لمقاومة التأثيرات السلبية للوسط الخارجي ، وبالتالي توفر ديمومة أكبر للمنشآت . إن استخدام هذه المادة في الأبنية العالية محدود جداً، حيث اقتصر استخدامها في بعض الحالات الخاصة في العناصر الشاقولية (أعمدة ، جدران قص ) . نظراً لخصائصها الميكانيكية الفائقة ، بالرغم من أنها مواد مكلفة مادياً ، ولكن بسبب نحالة مقاطعها فإنها تقلل من الكلفة الإجمالية للمنشآت ، و يجعلها منافسة الفولاذ عالي المقاومة والخرسانة مسبقة الإجهاد.

## الخرسانة فائقة الأداء ، مكوناتها ، إيجابيتها : 2-1

(Karthik Kumaresan. (2011), Ultra-High Performance Concrete and Lattice Models)

1-2-1 مكونات UHPC :

يمكن وصف الخرسانة فائقة الأداء بشكل عام كمادة مولفه من بيتون مضانف إليه ألياف له مقاومة وصلابة عاليتين إضافة إلى ديمومة كبيرة . يبيّن الجدول (1-1) مكونات هذه الخلطة مضانفاً إليها ألياف معدنية .

تشكل الألياف (2 %) من الحجم و ما يقارب (6 %) من الوزن . وتكون نسبة C/W أقل من (0.2) .

Material	Amount (kg/m <sup>3</sup> (lb/yd <sup>3</sup> ))	Percent by Weight
Portland Cement	712 (1200)	28.5
Fine Sand	1020 (1720)	40.8
Silica Fume	231 (390)	9.3
Ground Quartz	211 (355)	8.4
Superplasticizer	30.7 (51.8)	1.2
Accelerator	30 (50.5)	1.2
Steel Fibers	156 (263)	6.2
Water	109 (184)	4.4

$$1 \text{ kg/m}^3 = 1.686 \text{ lb/yd}^3$$

الجدول رقم (1-1) : مكونات UHPC (Graybeal , 2006)

تشكل الحصويات الخشنة والناعمة مكونين أساسين للبيتون العادي حيث تشكل الحصويات الخشنة نسبة (35 %) بينما الناعمة (25 - 35 %) وبالتالي يستخدمان مع بعضهما بنسبة (60 - 70 %) وكل ما ذكر سابقاً هو نسبة من الوزن .

أما في UHPC فلا يحوي حصويات خشنة بل يستعاض عنها بألياف التسليح بنسبة (6.2 %)

بينما الحصويات الناعمة تشكل كما هو ملاحظ في الجدول نسبة (%) 40 .  
 الأسمنت البورتلاندي يشكل في الخرسانة العادية ما نسبته تساوي تقريباً ( 10 - 18 % ), بينما في UHPC يرتفع إلى ( % 29 ) .  
 الماء يشكل في الخرسانة العادية نسبة ( 6 - 9 % ) ، بينما في UHPC يشكل حوالي ( % 4.4 ) وهذا ما يفسر انخفاض نسبة C W/C إلى 0.2 في ال UHPC مقارنة ب ( 0.4 - 0.5 ) في الخرسانة العادية .  
 هناك أيضاً العديد من الإضافات الهامة التي تساعد في ربط جميع المواد مع بعضها و تقليل النسبة المئوية للفراغات البالغة في الخرسانة العادية ( 2 - 6 % )، حين نلاحظ استخدام ملدنات بنسبة ( % 1.2 ) .

#### 2-2-1 خصائص UHPC :

واعتماداً على ما سبق في نسبة المكونات وطريقة المعالجة نذكر الخصائص التالية لـ UHPC :

- مقاومة الضغط : ( 120 - 240 ) Mpa
- معامل المرونة : ( 42000 - 55000 ) Mpa
- معامل الزحف : ( 0,3 - 0,8 )
- قدرة الشد : ( 6 - 11 ) Mpa

#### 3-1 استعراض مشاريع استخدمت ال UHPC :

الخرسانة فائقة الأداء (UHPC) هي مادة متطرفة هيكلاً جذبت الاهتمام في صناعة الهندسة المدنية في الآونة الأخيرة . حالياً يجري استخدامها أساساً للبنية التحتية في الطرق السريعة في الولايات المتحدة وأيضاً بدأ استخدامها لتطبيقات أخرى مختلفة .

الخرسانة و الفولاذ اثنين من المواد الأكثر استخداماً على نطاق واسع في البنية التحتية في الطرق السريعة . التحدي الرئيسي الذي يواجه المهندسين لفترة طويلة هو من أجل التوصل إلى المعرفة التكنولوجية لمنشآت طويلة الأمد، وهياكل مرنة . وكانت UHPC أظهرت عدة نقاط من القوة :

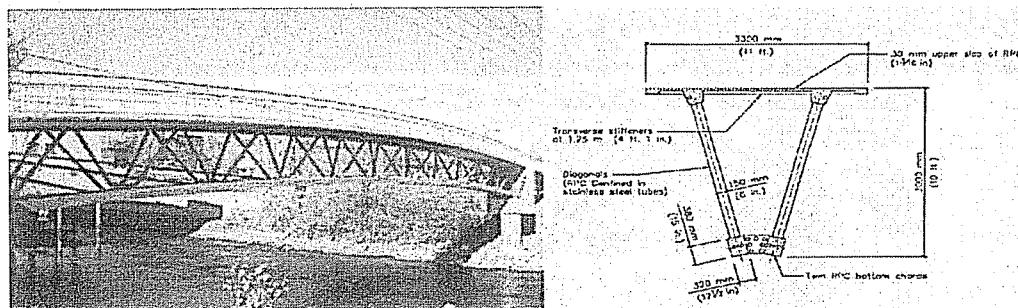
لديها قدرة على الضغط أكبر بسبعين مرات وقدرة تحمل على الشد أكبر بثلاث مرات من الخرسانة التقليدية . (Graybeal and Hartmann, 2003)

العديد من الجسور تقترب من نهاية حياتها وهناك حاجة فورية لاستبدالها بمادة ذات ديمومة أكبر . التحدي الذي يواجه المهندسين هو في إتمام الاستبدال بأقصر وقت ممكن منعاً لتعطيل حركة المرور فترة زمنية طويلة وكذلك استخدام مقاطع صغيرة نسبياً تؤمن سهولة التنفيذ . وقد أظهر استخدام UHPC تلبية معظم هذه المتطلبات بشكل مريح جداً وتوصف بشكل كبير كمادة للمستقبل . حتى الآن شيدت خمسة جسور في الولايات المتحدة من UHPC .

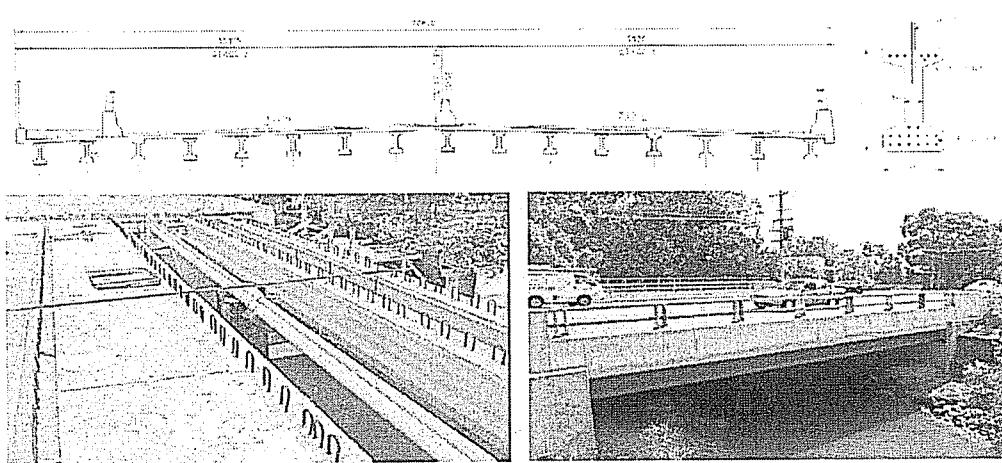
هناك العديد من المشاريع يجرى التخطيط لها في جميع أنحاء العالم، ويجري على نطاق واسع في فرنسا، استراليا واليابان وألمانيا وبلدان أخرى كثيرة .

لإزال الحاجة إلى دليل شامل من أجل UHPC مثل الذي في الخرسانة والفولاذ وهو ضروري لجعل استخدامها أكثر شعبية .

تبين الأشكال التالية بعض المشاريع البارزة في جميع أنحاء العالم حيث تم استخدام UHPC ذكر منها :

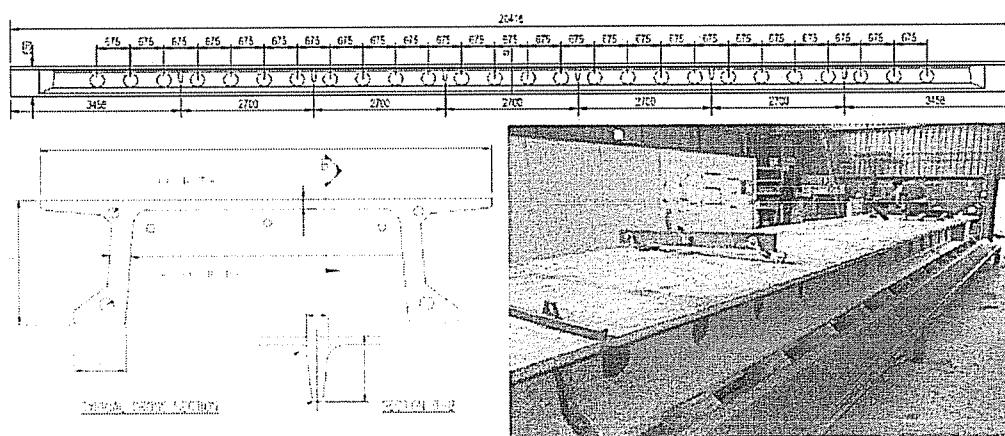


الشكل رقم ( 1-1 ) جسر شيربوك مجازه ( Blais and Couture , 1999 ) ( 60 م )



الشكل رقم ( 2-1 )

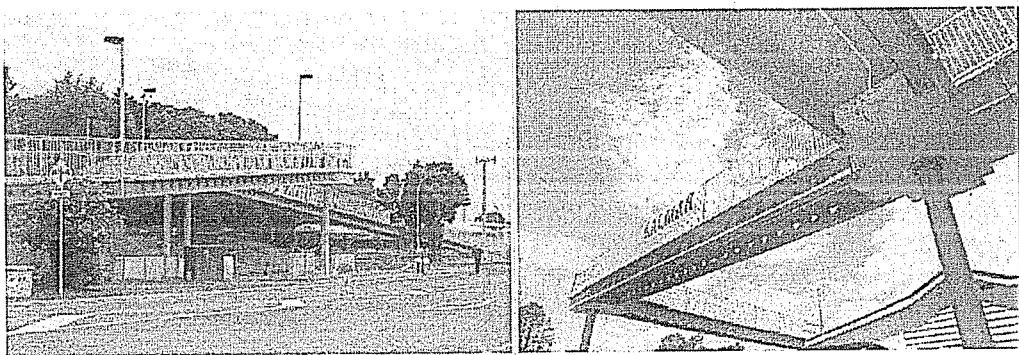
جسر شيفيرد مجازه ( 15 م ) له أربع حارات مرورية ( Rebentrost and Wight , 2009 )



الشكل رقم ( 3-1 )

جوائز جديدة مبتكرة من UHPC مع الثقوب مصنوع في استراليا ، ومستخدمة في جسرين في نيوزيلاند

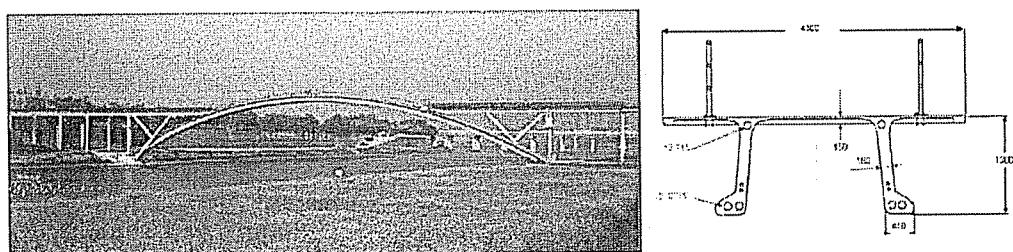
( Rebentrost and Wight , 2009 )



الشكل رقم ( 4-1 )

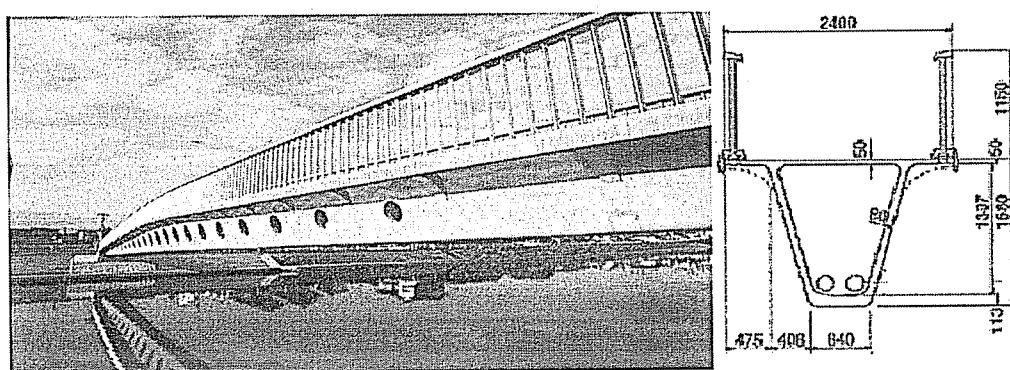
مجازه ( 20م ) وله نفس مقطع العرضي في الشكل ( 3 ) وبلاطته سماكته 50مم غير مسلحة

( Rebentrost and Wight , 2009 )



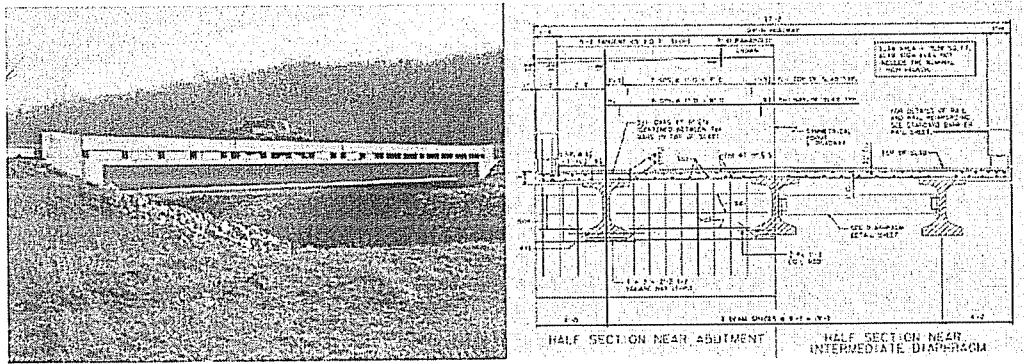
الشكل رقم ( 5-1 )

جسر في كوريا الجنوبية ( Ricciotti , 2002 )



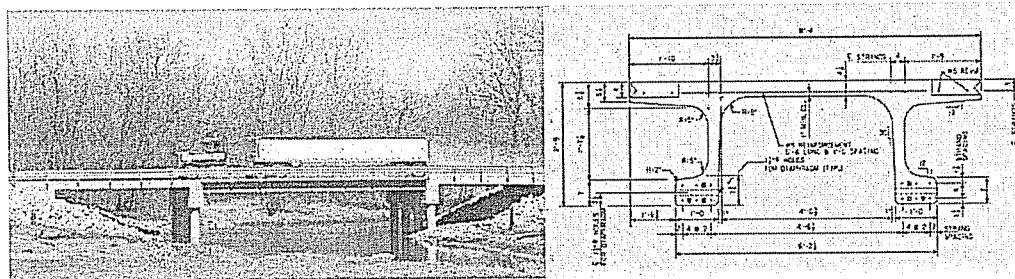
الشكل رقم ( 6-1 )

جسر في اليابان ( Tanaka et al , 2002 )



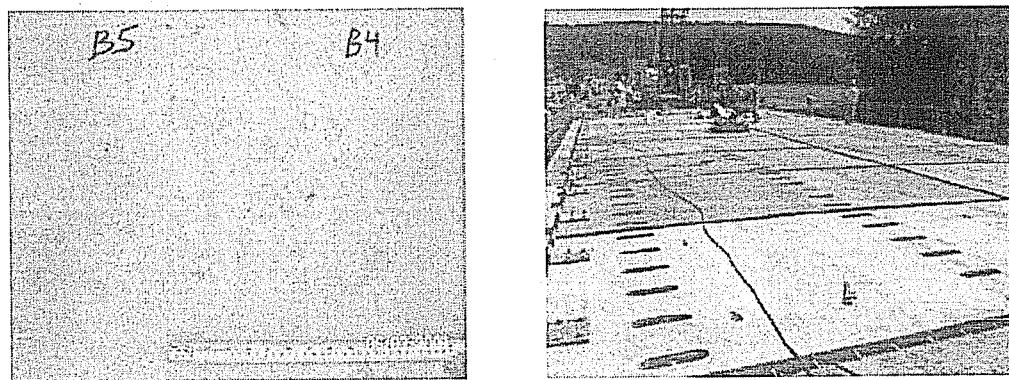
الشكل رقم ( 7-1 ) جسر مارس هيل

( Bierwagen et al , 2005 )



الشكل رقم ( 8-1 ) جسر جاك وي

( Keierleber , 2008 )



الشكل رقم ( 9-1 )

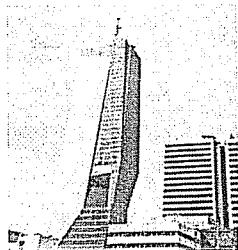
جسر في نيويورك ( Perry and Rocye , 2010 )

كما و كشفت الشركة الآسيوية للصناعات الخرسانية في ندوة حول تطبيق الخرسانة العالية الأداء للمبني عاليه الارتفاع عن الاحتياجات الجديدة والمطلوبة لبناء مبان ذات كفاءة عالية وذات ارتفاعات هائلة مما يحتم انتاج خرسانة ذات ديمومة وقوة تحمل عالية التي تتواءم مع الكلفة العالية للمشاريع التي يتم اقامتها حاليا مؤكدا انها توفر الكثير من التكاليف على المدى البعيد .  
عمر المنشآت المصبوبة بهذه الخرسانة يمكن أن يصل فترة أطول من المنشآت المصبوبة من الخرسانة

## المسلحة التقليدية .

هذه الخرسانة سهلة الصب دون أي مشاكل أثناء النقل فتتميز الخرسانة العالية الأداء أنها تصل إلى ارتفاعات حتى 500 م في حين لا يتعدي هذا الى 80 م في الخرسانة التقليدية و ذلك بسبب مكونات هذه المادة الخالية من الحصويات الخشنة مما لا يجعلها معرضة للفصل أثناء الصب .

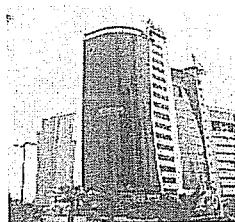
عرض تجربة المصنع في المبني العالية الارتفاع في الكويت . وقال ان المصنع قام باستخدام المادة الجديدة في أكثر من 10 مشاريع منها 3 أبراج وهم برج كريستال وبرج انتركونتيننتال وبرج جرافتي .



الشكل (10-1)

### برج كريستال

المكون من 53 طابق بارتفاع يقارب من 240 متر تبلغ مساحة الطابق المتكرر فيه 680 مترأ مربعاً مما شكل تحدياً هندسياً في الوصول إلى أجمل تصميم إنساني ان برج كريستال شهد استبدال الهيكل المعدني بخرسانة عالية الجودة ما ساهم في تقليل التكلفة للمشروع حيث ساهمت في توفير 30 في المئة من كلفة الهيكل الانشائي واضفت إلى ذلك ان هذه الخرسانة ذات ديمومة وقوه تحمل عاليه .



الشكل(11-1)

### برج انتركونتيننتال

يبلغ ارتفاعه 270 متراً وقد تم صب الخرسانات الخاصة بالركائز الخرسانية (Piling)، الأساسات، الأعمدة، العوائط، البلاطات مع العلم بأن هذه الخرسانة كونت 90 في المئة من الهيكل الأساسي .

## الأسماء التجارية لل UHPC 4-1

# هناك بعض الأسماء التجارية لـ UHPC :

Ductal : في الولايات المتحدة الأمريكية . ✓

UHPFR (Ultra High Performance Fiber Reinforced Concrete) : في أوروبا . ✓

Reactive Powder Concrete (PRC) : في استراليا . ✓

UHSFRC (Ultra High Strength Fiber Reinforced Concrete ) : في اليابان . ✓

## 5-1 مبررات البحث :

- إن ما يقدمه ال UHPC من مقاطع نحيفة يبرر لنا التفكير في اتجاه استخدامه في الأبنية العالية لاستفادته من مقاوماته على الضغط وقدرة تحملها على الشد الكبيرتين ولاسيما أن العناصر المقاومة للأحمال الأفقية في الأبنية العالية تتعرض لقوى كبيرة يمكن أن تستنزف كامل مقاومة UHPC مما يحقق الإقتصادية المثلثي .

- يلاحظ بأن الإستخدام الأكبر لهذه المادة هو في الجسور لما تملكه من مقاومة عالية مما يتناسب مع الحمولات الكبيرة المطبقة على الجسر وكذلك كمادة صالحة لعومل الوسط الخارجي وتؤمن ديمومة أكبر للمنشا لذلك كان من المفروض التفكير في استخدامها في الأبنية العالية ولاسيما أنها منشآت مكلفة وهناك حاجة لاستخدامها لأطول فترة ممكنة .

- إن استخدام الأعمدة المصنعة من هذه المادة أمن كما هو ملاحظ مساحات واسعة رغم الإرتفاع الكبير للأبنية العالية مما يبرر لنا التفكير في استخدام UHPC في الأبنية البرجية العالية متوقعين الحصول على نتائج تؤمن فراغات معمارية كبيرة وحلول إنسانية مناسبة .

## 6-1 هدف البحث :

معرفة إمكانية استخدام UHPC كبديل أساسي عن الخرسانة التقليدية في بعض الأبنية العالية .

## 7-1 محتويات الأطروحة :

تتألف الأطروحة من ستة فصول كما يلي :

**الفصل الأول :** يتضمن مقدمة عامة عن الخرسانة فائقة الأداء توضح تعريف للمادة إضافة لخصائص و مكونات هذه المادة مع استعراض لبعض المشاريع المنفذة و لبعض الأسماء التجارية المتداولة .

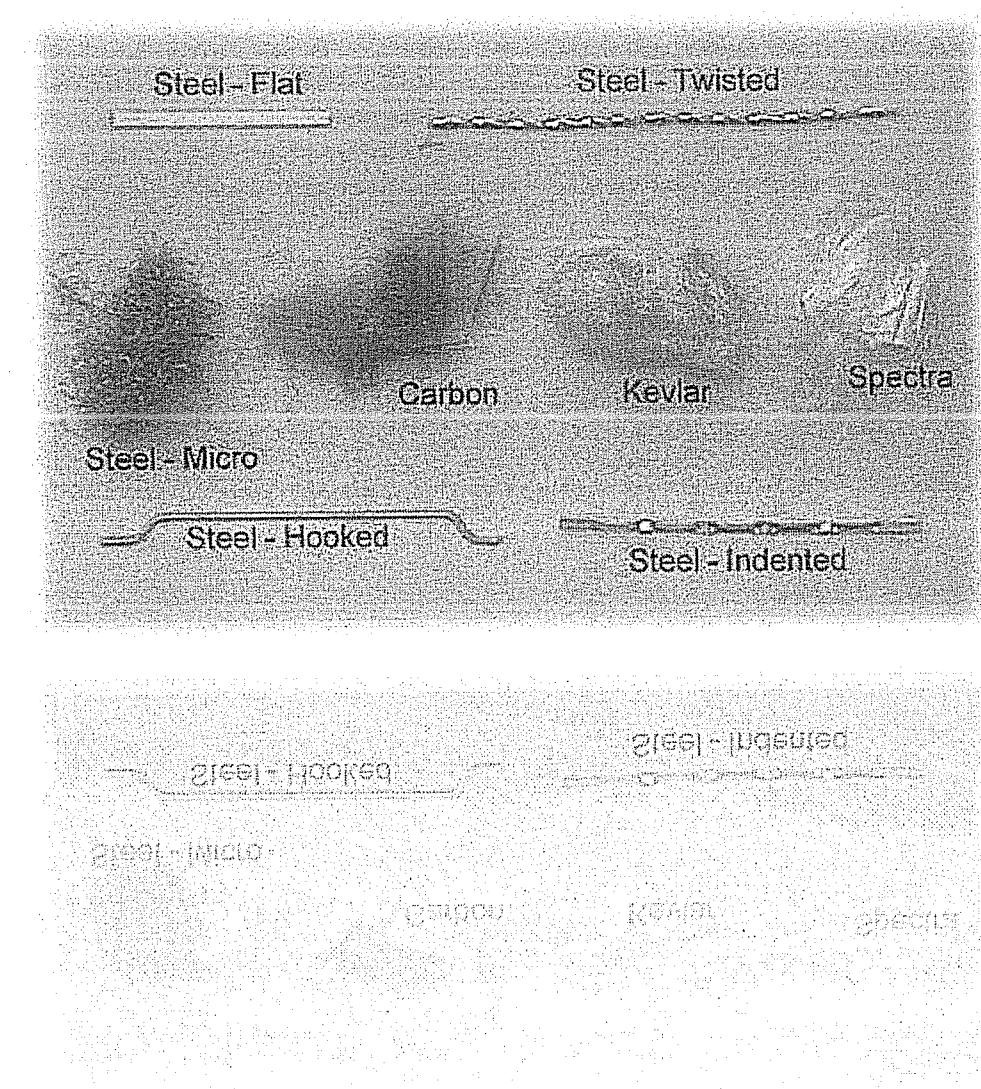
**الفصل الثاني :** يتضمن دراسة مرجعية توضح بعض الكودات التي اهتمت بدراسة الخرسانة فائقة الأداء إضافة لدراسات توضح كفاءة هذه المادة في البلاطات و الجوانز مع التركيز على مقاوماتها العالية و يحتوي أيضا دراسات دلت على كفاءة استخدامها في منشآت كالقشريات و الأبنية العالية .

**الفصل الثالث :** يتضمن منهجة العمل و تعريف بالمواد المستخدمة في التحليل إضافة لنبذة بسيطة عن البرنامج المستخدم .

**الفصل الرابع :** يتضمن الدراسة التحليلية للنماذج المدروسة حيث سيتم دراسة النموذج الأساسي باستخدام البيتون العادي ثم إدخال الخرسانة فائقة الأداء على بعض عناصر هذا النموذج ( أعمدة ، جدران قص ، بلاطات ) كنموذج معدل ثم تحليل النماذجين الأساسي والمعدل و مقارنة النتائج لتبيين كفاءة هذه المادة في كل عنصر على حدا .

**الفصل الخامس :** و يتضمن النتائج و التوصيات .

صورة توضح بعض أنواع الألياف المستخدمة في الخرسانة فائقة الأداء



## الفصل الثاني: الخرسانة المترددة

يستعرض هذا الفصل بعض المراجع التي أشارت إلى الكودات العالمية كما يستعرض البحث الذي قام به Kumaresn,2011 حيث قام بتحليل بلاطات و جوائز من UHPC وأجرى تجارب شد مخبرية لعينات منها. كما استعرض بحث Adal et al,2010 الذي قام بفحص بعض الإضافات على خلطة UHPC ، وبين هذا الفصل استخدام هذه المادة في برج 101 Taipa .

## 1-2 مراجع استخدمت بعض الكودات العالمية :

### 1-1-2 - الكود الأوروبي : (BFFUP,2002)

يعد الكود الأوروبي كمستند تم إنشاءه عن طريق الخبرة المكتسبة من التطبيقات الصناعية و 10 أعوام من البحث في مجال UHPFRC

(Ultra-high performance fiber reinforced concrete) ويكون الكود من ثلاثة أجزاء.

الجزء الأول يتعلق بتوصيف UHPFRC مع المواصفات الميكانيكية له مع بعض الضوابط والإجراءات لوضعه في المكان ، أما الجزء الثاني بين تصميم وتحليل منشآت UHPFRC ، والجزء الثالث يتناول المثانة مع الإشارة للضرر الممكن أن يلحق به .

كما يحوي 9 ملحقات ( يمكن الاستعانة بها عند اللزوم ) .

### 2-1-2 - الكود الياباني :

إن جسر ساكاتا ميريا هو الأول في اليابان المصمم باستخدام البeton مسبق الإجهاد

(Ultra-high Strength Fiber-reinforced Concrete) UHSFRC وقد خضع للفحص الفني واستخدمت النتائج لإعداد توصيات التصميم والبناء .

- يرد وصف السلوك والخواص الميكانيكية على أساس تجارب أجريت على أسطوانة بقطر 100 مم وجد أن قوة الضغط ( $N/mm^2$ ) 180 .
- يوصي بأخذ معامل يونغ ( $N/mm^2$ ) مع الإشارة إلى الاختبارات المناسبة للحصول على القيمة الدقيقة .
- معامل بواسون ( 0.2 ) .
- تحديد الخصائص الحرارية بحيث تتغير بتغير المحتوى المائي و درجة الحرارة و عوامل أخرى ويعطي قيماً إرشادية لحالة محددة .
- ترد قيم ارشادية لمعامل الإنكماش وينصح باختبارات للحصول على القيم الدقيقة وكما يتأثر الإنكماش بعوامل عده منها: نوعية المادة ، نسب الخلط ، المعالجة ، أبعاد العنصر .
- ينصح بقيمة معامل الزحف ( 0.4 ) .
- يتم إعطاء معادلات لحساب قوة التعب في التصميم على الضغط والإنتفاف وهي قابلة للتطبيق لمدة تصل إلى ( $10^6 * 2$ ) دورة حمل مع هامش أمان قليل .
- كما يحوي الكود 11 فصلاً ( يمكن الرجوع إليها ) .

### 3-1-2 - الكود الأسترالي :

يشار لل UHPC في استراليا ب (Reactive Powder Concrete) RPC واستندت المبادئ التوجيهية التي نشرت عام 2000 على البحوث القائمة في جامعة نيوساوث ويلز في استراليا . والبحث في خصائص RPC لا يزال في مرحلة الأولى وتم وضع مكونات نموذجية في الكود الأسترالي حسب الجدول التالي :

Component Material	Quantity (kg/m <sup>3</sup> )
Cement	705
Silica fume	230
Crushed quartz	210
Sand	1010
Superplasticizer	17
Steel fibres	190
Water	195

### الجدول رقم (1-2) : مكونات UHPC (Australian Code)

المبادى تتفق غالباً مع AS3600 - 1994 وهو الكود الاسترالي للمنشاءات الخرسانية :

- يتم إعطاء قوة شد مع الإنحناء ( 8 Mpa ) .
- معامل المرونة ( 2400 - 2650 ) kg/m<sup>3</sup> .
- معامل بواسون ( 0.16 - 0.24 ) .

### Karthik Kumaresan. (2011), Ultra-High Performance Concrete 2-2 : and Lattice Models

قام الباحث Kumaresan بإجراء تحليل لنمذج بلاطات و جواز من UHPC تحليلياً و كما قام بكسر بعض العينيات لبيان مقاومات هذه المادة . مواصفات المادة المستخدمة بالتحليل مأخوذة من (Graybeal , 2006) :

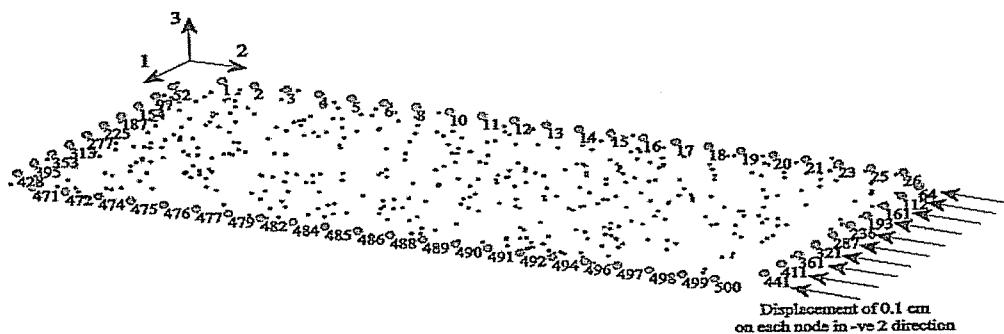
$$E = 55 \text{ Mpa} , v = 0.2 , \sigma_t = 5 \text{ Mpa} , \delta = 0.003 \text{ mm}$$

سلوك المادة المستخدمة بالتحليل : مرنة لخطية

#### 1-2-2 تحليل بلاطات من الـ UHPC :

قام بتحليل 24 عينة من بلاطات UHPC وفق برنامج Laattic 3D حيث قسم البلاطة إلى 500 عقدة و 5540 عنصر و أبعاد البلاطة كالتالي :

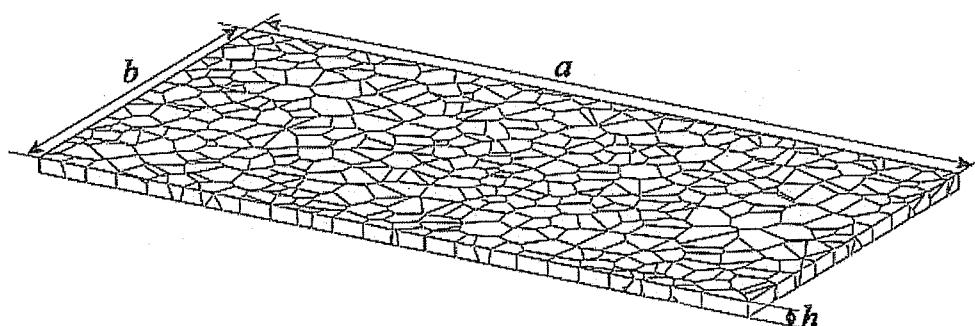
$$a = 96 \text{ cm (37.8 in.)}, b = 48 \text{ cm (18.9 in.)} \text{ and } h \text{ of } 2 \text{ cm (0.78 in)}$$



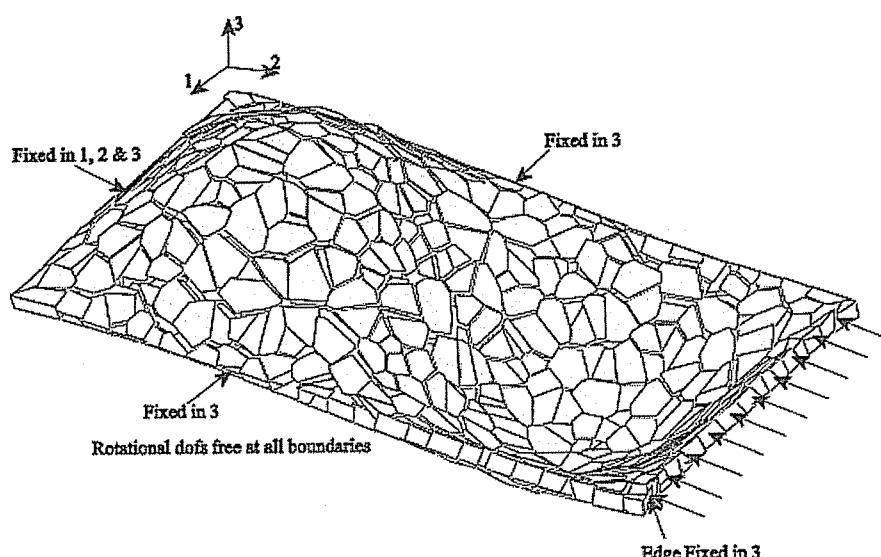
الشكل رقم (1-2) : نموذج البلاطة يوضح الحقد ( Kumaresan , 2011)

القوى المطبقة : قوة ضغط في أحد الأطراف عكس اتجاه المحور 2

شروط الاستناد : الأطراف الثلاثة الباقية ممنوعة من الانتقال في كافة الاتجاهات مع إمكانية الدوران

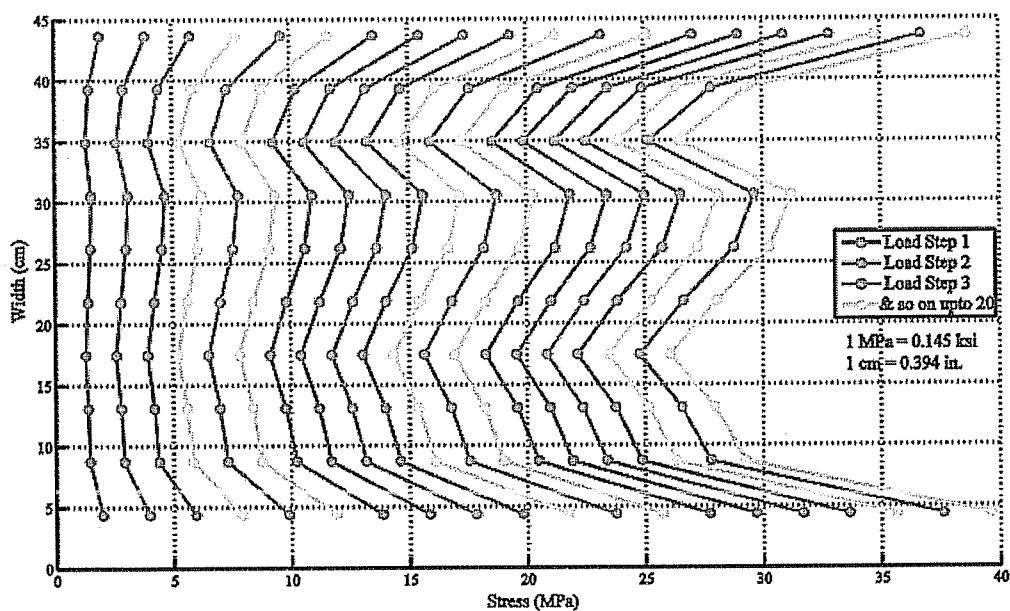


الشكل رقم (2-2) : نموذج البلاطة المستخدمة في التحليل ( Kumaresan , 2011 )

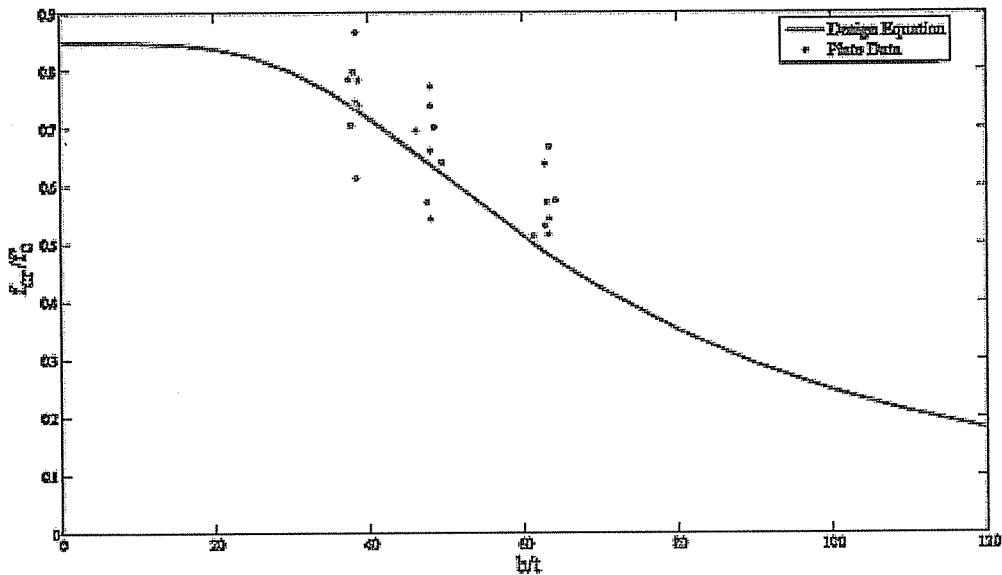


الشكل رقم (3-2) : شكل البلاطة بعد التشوه ( Kumaresan , 2011 )

يوضح الشكل التالي كيفية توزع الإجهادات على كامل عرض البلاطة حيث تمأخذ عشر نقاط في مقطع البلاطة ورسم المخطط مع ازدياد التحميل حيث تم ملاحظة زيادة كبيرة للإجهادات على طرف في البلاطة بسبب المساند عن وسط البلاطة وتزداد القيمة كلما ازداد التحميل .



الشكل رقم (4-2) : توزع الإجهادات على عرض البلاطة (Kumaresan , 2011)



الشكل رقم (5-2) : مقارنة البلاطات المدروسة مع بلاطات عاديّة (Kumaresan , 2011)

إن أبعاد البلاطة المدروسة هنا منسوبة إلى الأبعاد المأخوذة في اختبارات البلاطات الخرسانية لحساب قدرة التحمل على الإنعطاف من قبل (Swartz, Rosebraugh and Berman, 1974)

Plate	Plate Thickness t (in.)	b/t	Concrete Buckling Stress, $f_{cr}$ (psi)	28 Day Compressive Strength, $f_c$ (psi)	$f_{cr}/f_c$
1	1.000	48.000	2575	3896	0.661
2	1.000	48.000	2065	3802	0.543
3	1.010	47.525	1806	3156	0.572
4	1.000	48.000	2530	3430	0.739
5	1.000	48.000	2550	3298	0.773
6	1.040	46.154	2470	3546	0.696
7	0.990	48.485	2590	3688	0.702
8	0.970	49.485	2050	3201	0.641
9	1.250	38.400	1908	2564	0.745
10	1.250	38.400	2295	2653	0.866
11	1.260	38.095	1922	2414	0.798
12	1.240	38.710	1924	2600	0.74
13	1.250	38.400	1565	2546	0.614
14	1.270	37.795	2027	2873	0.706
15	1.280	37.500	2265	2882	0.785
16	1.240	38.710	2030	2590	0.784
17	0.757	63.408	2185	3272	0.668
18	0.763	62.910	2160	3386	0.638
19	0.757	63.408	1872	3448	0.543
20	0.747	64.257	2040	3546	0.575
21	0.760	63.158	2070	3626	0.572
22	0.758	63.325	1854	3590	0.516
23	0.763	62.910	1805	3396	0.531
24	0.782	61.381	2010	3917	0.513

الجدول رقم (2-2): اختبار بلاطة خرسانية عادية (Swartz et al , 1974)

يبين الجدول أنه عند أكبر قيمة لسمكية البلاطة و لنسبة النحافة  $t/b$  تكون الإجهادات أقرب للحدية و الإنهايار يتم على حد المقاومة بينما عندما تقل هذه القيم يصبح الإنهايار على التحنّب

النتيجة:

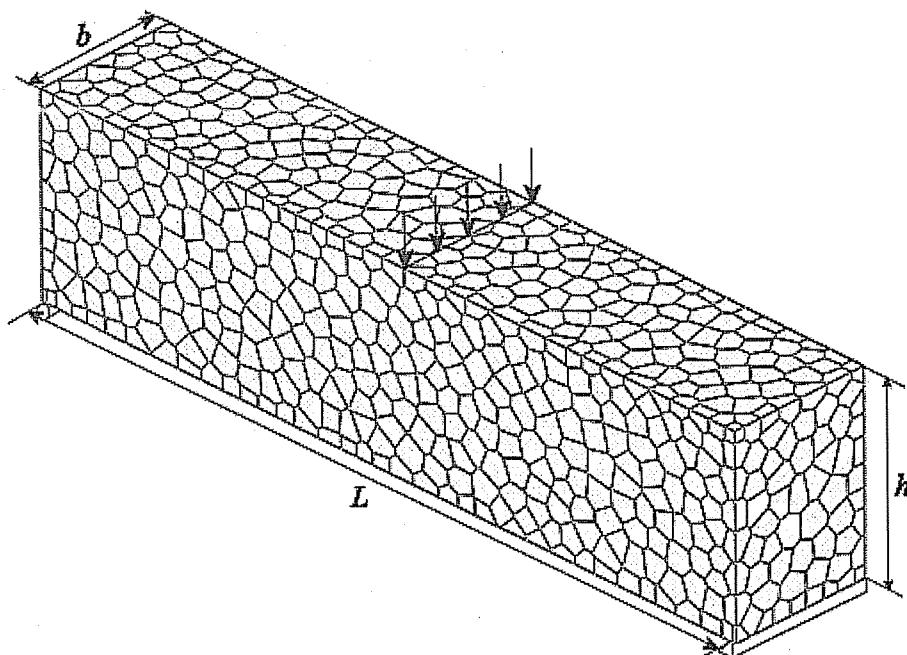
نلاحظ من المخطط السابق أن 20 عينة من أصل 24 كانت فيها نسبة  $f_{cr}/f_c$  أكبر من مثيلاتها من البلاطات العادية مما يدعونا إلى التفكير في محاولة استخدام بلاطات UHPC ك بلاطات لأبنية عالية متوقفين انخفاض في الكفة لأن المقاومة العالية ستعطي سمكارات أقل و كون البلاطات تشكل الكتلة البيتونية الأكبر في هكذا منشآت .

## 2-2-2 تحليل جائز من الـ UHPC

كما قام الباحث Kumaresan بتحليل جائز مستند من الطرفين ومعرض لقوى في نقطة وسط المجاز (ثلاث نقاط انحناء) وفق الموصفات التالية للجاز :

$$L = 16 \text{ in} (40.46 \text{ cm}), \quad h = 4\text{in} (10.16 \text{ cm}), \quad b = 0.75h = 3\text{in} (7.62 \text{ cm})$$

و مواصفات المواد مأخوذة وفق : Graybeal (2006)



الشكل رقم (6-2) : الجائز المدروس (Kumaresan , 2011)

و حسب القوانين التالية :

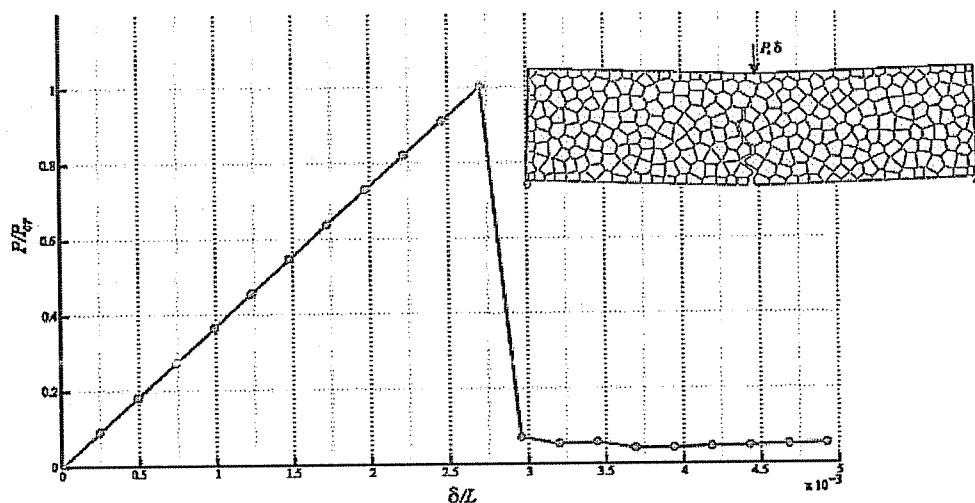
$$I = b * h^3 / 12$$

$$M = P * L / 4$$

$$\sigma_f = M * I / y$$

$$\sigma_f = 3 * P_{cr} * L / 2 * b * h^2$$

يوضح الشكل التالي كيفية زيادة الحمل المطبق  $P$  لحد الوصول لقيمة الحمل الحدي  $P_{cr}$  أي عند حصول الانهيار وأخذ قيمة السهم الناتج عند الوصول لـ  $P_{cr}$ .

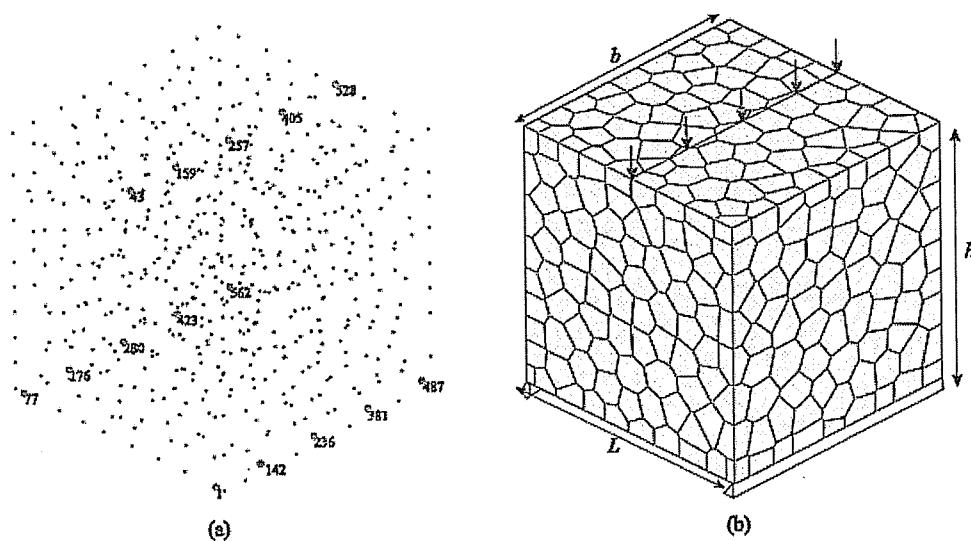


الشكل رقم (7-2) : علاقة  $P/P_{cr}$  مع  $\delta/L$  (Kumaresan , 2011)

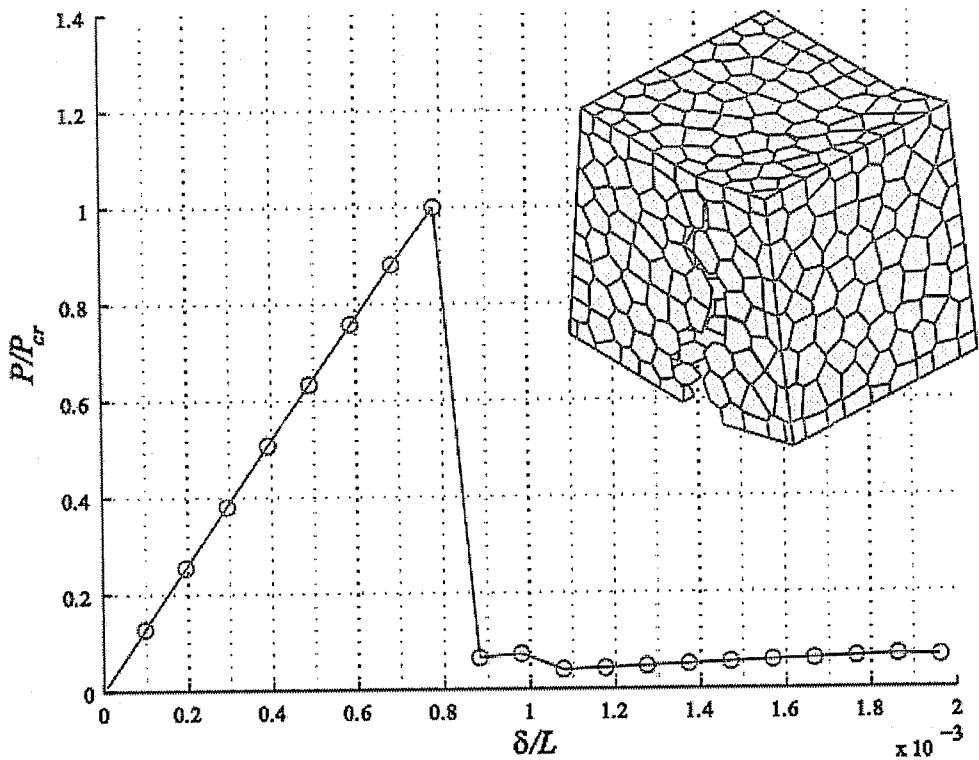
\* - وكما قام بإجراء التحليل على عينة مكعبية نموذجية :  $L = b = h = 51 \text{ mm} (2 \text{ in})$

$$\text{ratio} = L/b = 1 :$$

يبين الشكل التالي على اليمين العينة المكعبية مقسما إلى عناصر و على اليسار العينة مقسمة إلى عقد .

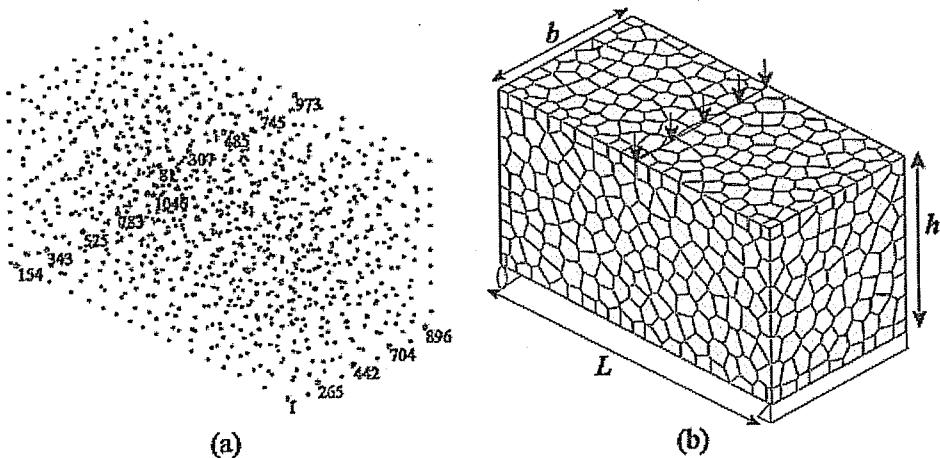


الشكل رقم (8-2) : العينة المدرستة وفق 3D Lattic (Kumaresan , 2011)



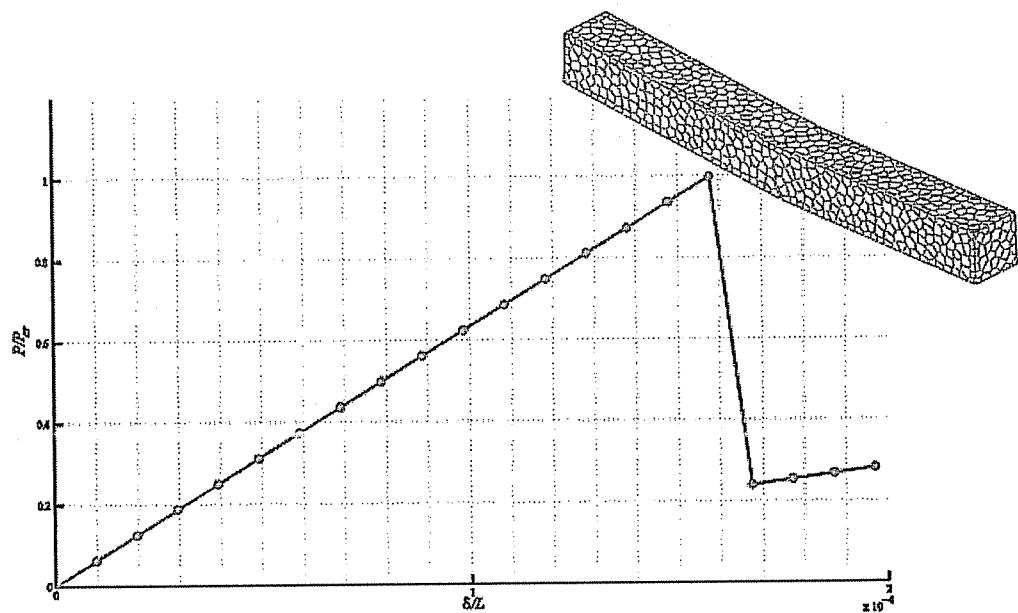
الشكل رقم (9-2) : علاقة  $P/P_{cr}$  مع  $\delta/L$  من أجل  $L/b = 1$  (Kumaresan , 2011) و لدراسة جوانز أكثر طولاً و ملائمة للعناصر المستخدمة في المنشآت قام بإجراء التحليل بتغير النسبة  $L/b$  فحصل على النتائج التالية :

$$\text{ratio} = L/b = 2 :$$

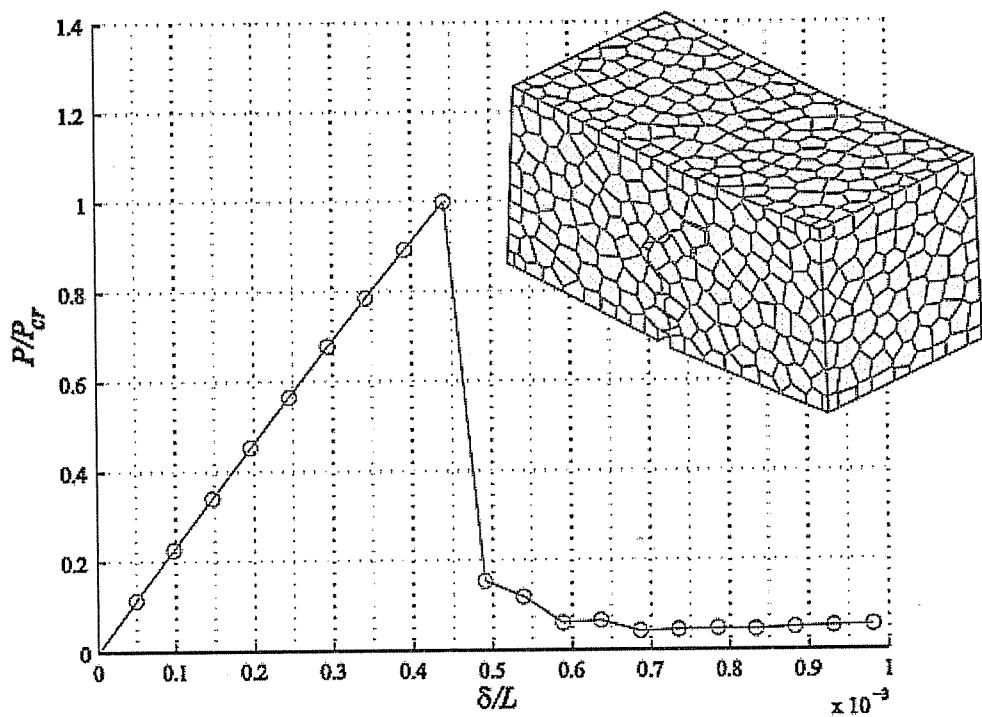


الشكل رقم (10-2) : العينة المدروسة وفق 3D Lattic من أجل  $L/b = 2$  (Kumaresan , 2011)

ratio = L\b = 10 :



الشكل رقم (11-2) : العينة المدروسة وفق 3D Lattic من أجل  $L/b = 10$  (Kumaresan , 2011)

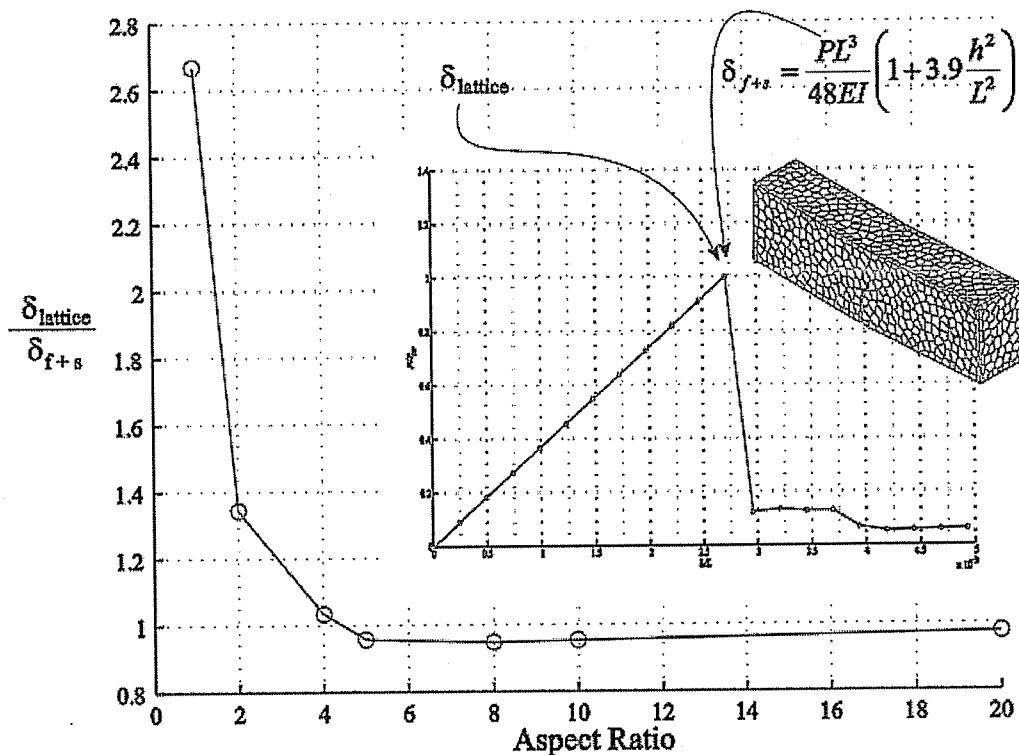


الشكل رقم (12-2) : علاقة  $P/P_{cr}$  مع  $\delta/L$  من أجل  $L/b = 10$  (Kumaresan , 2011)

وبتعريف  $\delta_{lattice}$  : السهم الناتج من تحليل الجوائز حسب برنامج Lattice 3D المستخدم من قبل الباحث.

$$\delta_{f+s} = \frac{P * L^3}{48 * EI} * (1 + 3.9 * \frac{h^2}{L^2})$$

و استنتج مما سبق ما يلي :



الشكل رقم (13-2) : علاقة  $L/b$  مع Aspect Ratio (Kumaresan , 2011)

النتيجة :

- نلاحظ من الشكل رقم (13-2) ثبات نسبة  $\delta/L$  عند  $Aspect\ Ratio > 5$  عند قيمة قريبة من الواحد أي أن الإنهاير سيتم تقربياً عند تساوي الوصول للإجهادات المسموحة بينما عند قيمة  $L/b$  أقل من ذلك سيكون الإنهاير بسبب تجاوز الإجهادات الحدية المسموحة .
- إن أغلب الجوائز المستخدمة في الأبنية تكون نسبة  $L/b$  تقربياً تساوي 10 ومن الملاحظ هنا أن  $\delta/L = 1,6 * 10^{-4}$  بينما في الجوائز العادية تكون النسبة  $\delta/L$  من  $(1/14 - 1/8)$  أي  $(13 - 7) * 10^{-2}$  . نلاحظ مما سبق الفرق الواضح الذي يبين التفكير في استخدام UHPC لجوائز الأبنية العالية و ذلك بسبب معامل المرونة الكبير .

### 2-2-3 إجراء تجارب الشد لعينات من ال UHPC :

قام بإجراء تجارب لشد عينات من UHPC وفق ( AASHTO T 132-87 ( 2004 ) ومواصفات UHPC مأخوذة من ( Graybea ( 2006 )

مواصفات المادة المستخدمة في التجربة :

- الألياف المعدنية : قطر 0.2 mm , طول 12.7 mm
- مواصفات الخلطة وفق الجدول التالي :

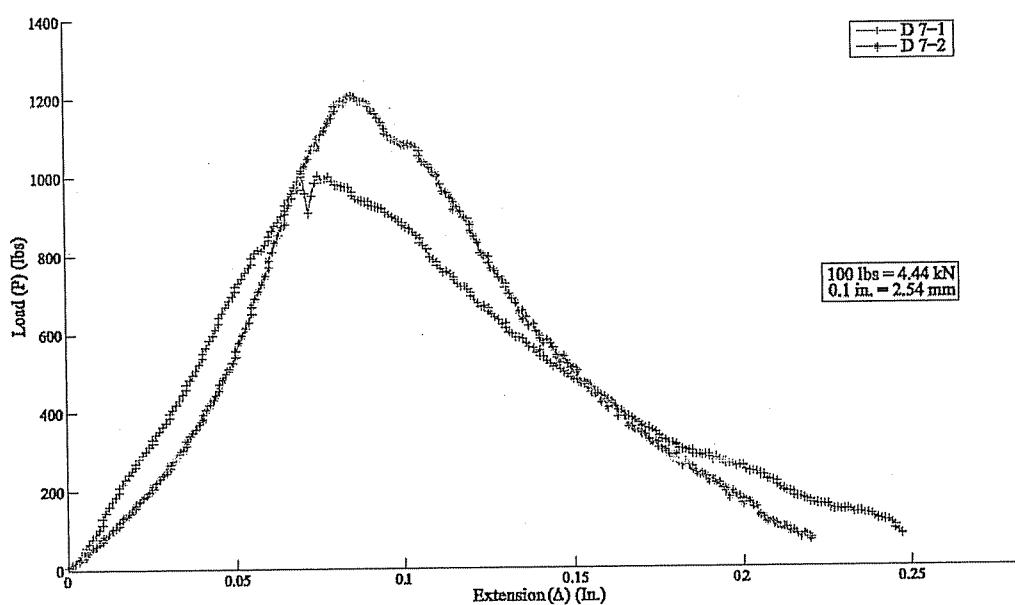
Premix:

Portland Cement	44.44 lb/ft <sup>3</sup> (712 kg/m <sup>3</sup> )
Fine Sand	63.7 lb/ft <sup>3</sup> (1020.53 kg/m <sup>3</sup> )
Silica Fume	14.44 lb/ft <sup>3</sup> (231.4 kg/m <sup>3</sup> )
Ground Quartz	13.14 lb/ft <sup>3</sup> (210.63 kg/m <sup>3</sup> )
Total Premix	135.72 lb/ft <sup>3</sup> (2174.5 kg/m <sup>3</sup> )

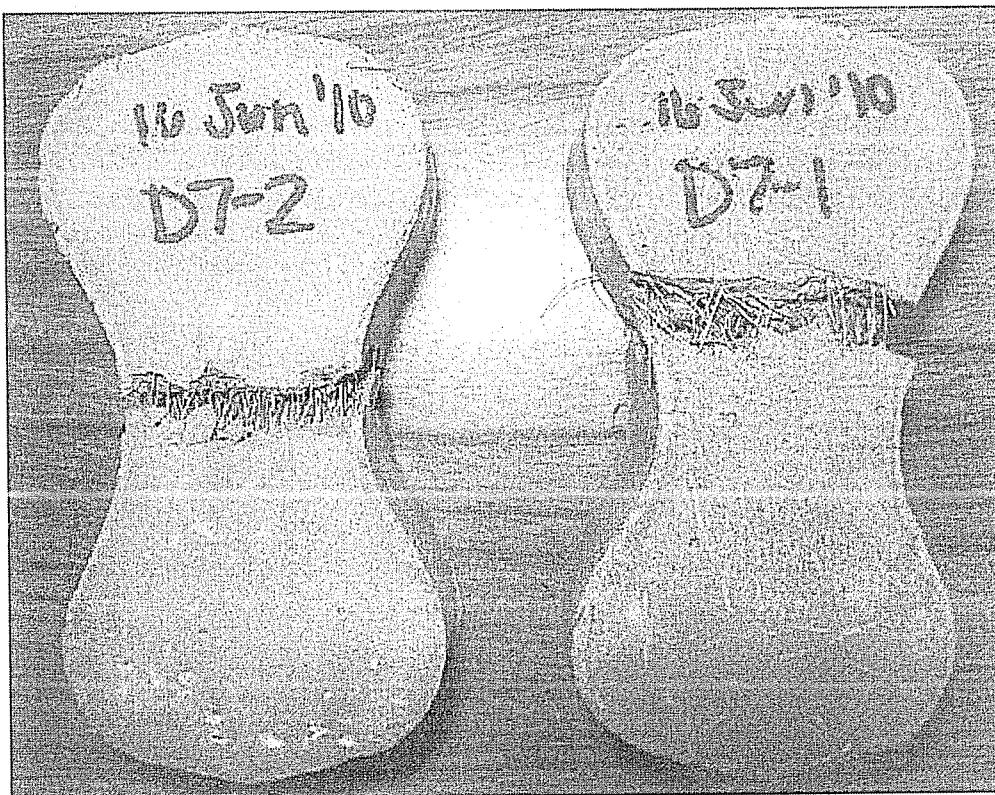
Final UHPC mix proportions

Premix	135.72 lb/ft <sup>3</sup> (2174.5 kg/m <sup>3</sup> )
HRWA	1.92 lb/ft <sup>3</sup> (30.8 kg/m <sup>3</sup> )
Steel Fibers	9.74 lb/ft <sup>3</sup> (156 kg/m <sup>3</sup> )
Water	8.68 lb/ft <sup>3</sup> (139.05 kg/m <sup>3</sup> )

الجدول رقم (3-2) : مواصفات خلطة ال UHPC (Kumaresan , 2011)



الشكل رقم (14-2) : علاقة الحمولة مع التشوه للعينات بعد 7 أيام من الصب (Kumaresan , 2011)



	Day 2 Compressive Strength (ksi)	Day 7 Compressive Strength (ksi)	Day 14 Compressive Strength (ksi)	Day 28 Compressive Strength (ksi)
Specimen 1	6.875	17.250	17.500	18.125
Specimen 2	7.750	19.375	16.750	17.250
Specimen 3	8.125	16.250	-	17.375
Average Strength	7.58	17.625	17.125	17.583

1 ksi = 6.89 MPa

الجدول رقم (4-2) : المقاومة على الضغط للعينات (Kumaresan , 2011)

	Day 2 Tensile Strength (ksi)	Day 7 Tensile Strength (ksi)	Day 14 Tensile Strength (ksi)	8 Months Tensile Strength (ksi)
Specimen 1	0.478	0.963	1.24	1.306
Specimen 2	0.630	1.143	1.1	1.019
Specimen 3	-	-	0.962	-
Average Strength	0.554	1.053	1.1	1.163

1 ksi = 6.89 MPa

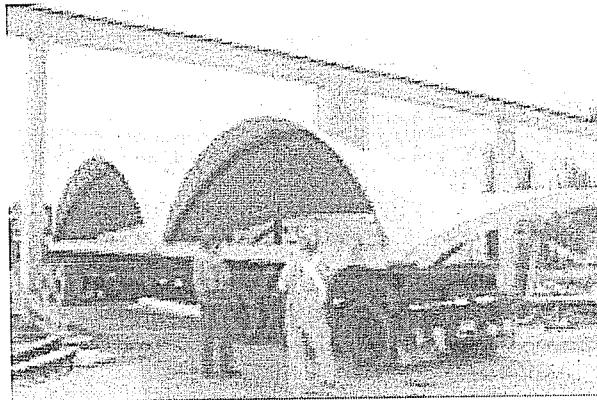
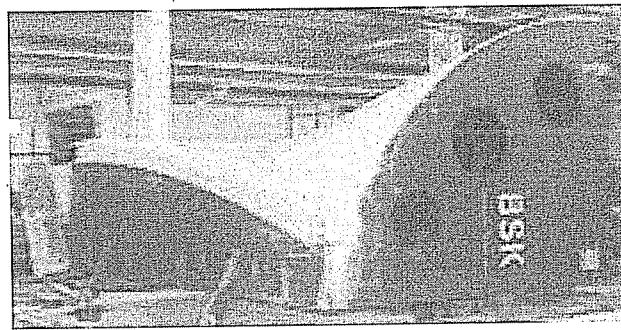
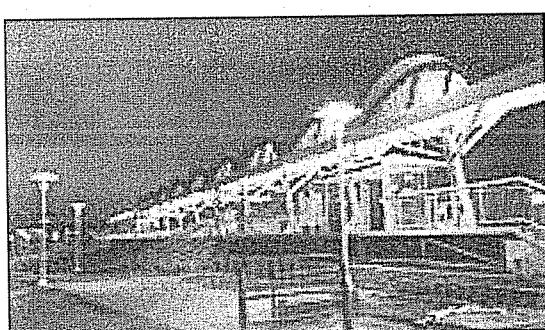
الجدول رقم (5-2) : قدرة التحمل على الشد للعينات (Kumaresan , 2011)

### النتيجة :

- يمكن ملاحظة أن نتائج ضغط العينات أعطت عند 28 يوم قيم قريبة من Mpa 125 مقابل قيم قريبة من 25 Mpa للخرسانة العادية .
- يمكن ملاحظة أن نتائج شد العينات أعطت عند 14 يوم قيم قريبة من Mpa 8 مقابل قيم قريبة من 3 Mpa مما سبق نلاحظ تفوق UHPC على الخرسانة العادية في حالتي الشد و الضغط مما يجعلنا نفكر باستخدامه في الأبنية العالية للإستفادة من خواصه .

### Perry and Zakariasen , 1995 3-2

تم بناء The Shawnessy Light Rail Transit (LRT) Station في خريف 2003 وشتاء 2004



وذلك باستخدام UHPC وهي مكونة من 24 قشرية رقيقة السماكة مصنعة من الخرسانة فائقة الأداء بدون تسليح بأبعاد ( 6 \* 5.1 m<sup>2</sup> ) وكانت السماكة فقط 20 مم ويوضح الجدول التالي مواصفات الびتون المستخدم :

القيمة بعد 72 ساعة من الصب	
الخاصية	Mpa
مقاومة على الضغط	152
قدرة تحمل على الشد	18

الجدول رقم (6-2) : مقاومات ال UHPC المستخدم ( Perry and Zakariasen , 1995 )

نلاحظ أن هذه المادة تعطي المهندس المعماري القدرة على تصميم منشآت جذابة وكما تقدم حلول إنشائية مميزة مع مزايا أخرى مثل :

سرعة البناء ، قدرة تحمل متوقفة ، الكتمة ضد التآكل ، انخفاض الصيانة ، وفتررة ديمومة أطول للبناء .

وكان هذا المشروع هو الأول من نوعه باستخدام UHPC و في السنوات القليلة القادمة من المتوقع الكثير من التقدم في مجال الحول المثلث.

النتيجة :

- نلاحظ مما سبق مرة أخرى ارتفاع مقاومة UHPC على الضغط وكذلك على الإنحناء أي هي مقومات مثلى للأبنية البرجية ذات الحمولات الكبيرة .
- كما نلاحظ السماكة القليلة الناتجة أي احتمال تخفيض الكلفة يصبح كبيراً .

#### Adal et al , 2010 4-2

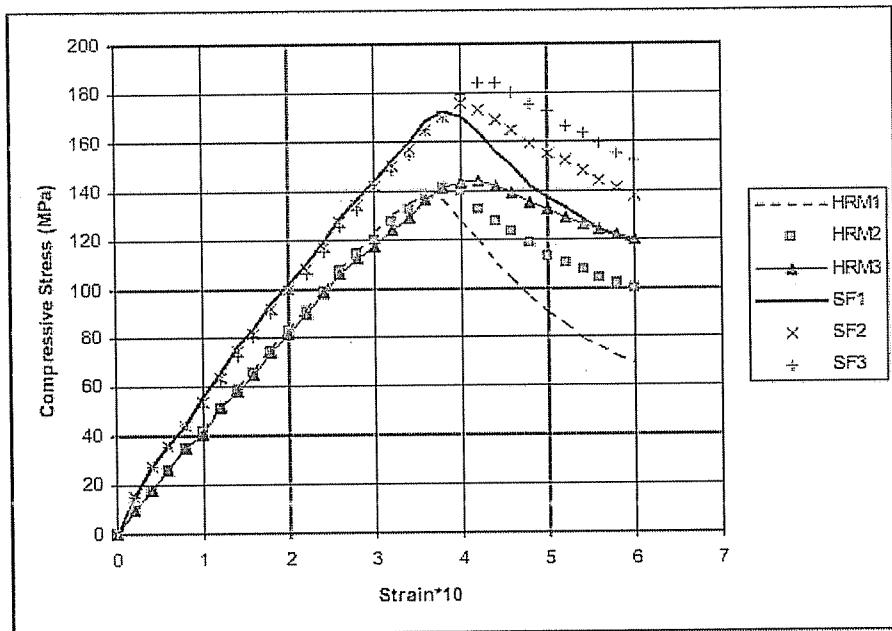
قام الباحث Adal و زملائه من جامعة بغداد بتطوير عدة خلطات من هذه الخرسانة و ذلك بحيث هناك ثلاثة خلطات تحوي سيليكون و أخرى لاتحتوي مع تغير نسبة الألياف المعدنية المستخدمة في كل النوعين من : ( 1 % , 1.5 % , 2 % ) و الجداول التالية تبين المقاييس و مدى التأثير الحاصل جراء هذه الإضافات .

يبين الجدول التالي عدة خلطات من UHPC مع تغيير بعض نسب المواد في كل خلطة كما هو موضح :

Mix	Compressive strength (MPa)							
	Cement (kg/m <sup>3</sup> )	H. R. Metakaolin %	Silica fume %	Steel fibers %	w/c ratio	3 days	7 days	28 days
HRM1	850	15%	-----	1.0%	0.174	88	103	151
HRM2	850	15%	-----	1.5%	0.178	90	106	155
HRM3	850	15%	-----	2.0%	0.179	91	109	159
SF1	900	-----	10%	1.0%	0.186	98	122	191
SF2	900	-----	10%	1.5%	0.189	99	124	195
SF3	900	-----	10%	2.0%	0.19	102	127	198

( Adel et al , 2009) خلطات ال UHPC

كما يبين المخطط التالي في هذه الدراسة العلاقة بين التشوه و المقاومة على الضغط للخلطات السابقة :



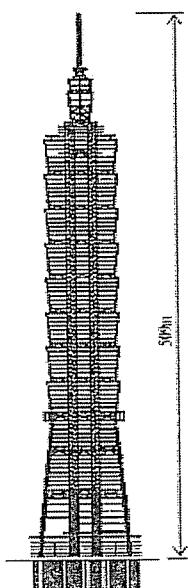
الشكل رقم (15-2) : مخطط ( التشوه ، الإجهاد ) للخلطات السابقة ( Adel et al , 2009 )

النتيجة :

نلاحظ مما سبق أن الخلطة ذات نسب الألياف و نسبة W/C الأكبر هي ذات المقاومة الأكبر أي يمكننا أثناء استخدام UHPC في الأبنية اختيار الخلطة الأكثر كفاءة .

## 5-2 للأعمدة المختلطة فائقة الأداء لبرج التايبيه 101 :

عام 1960، مع ظهور uhpc، كان هناك إدراك متزايد بأن بناء عمود خرساني مركب أكثر إقتصادية من بناء عمود فولاذ خالص و كما دلت دراسات في أمريكا الشمالية على أن الكلفة تقل من أربع إلى خمس مرات .



في الأبنية العالية تلعب الأحمال الميئية دوراً أساسياً في تحديد العناصر الإنسانية وخاصة الأعمدة حيث تجمع الأحمال الميئية تراكمياً لتبلغ أقصاه عند مستوى الأرض ففي مبني متوسط الارتفاع ( 20 - 30 ) طابق قد يكون حجم العمود في الطابق الأرضي بقطر ثلاثة أمتار باستخدام الخرسانة العادي لذلك نتخيل عدم وجود فراغات في حال كان البناء على ( أكثر من 60 طابق ) فالتفكير الطبيعي هو في استخدام uhpc بسبب مزاياه ( قوة عالية ، متانة عالية ، ليونة عالية ) . ويمكن استخدامها في جميع العناصر الإنسانية لبناء عالي مثل : البلاطات ، الجوانز ، الأعمدة ، الأساسات .

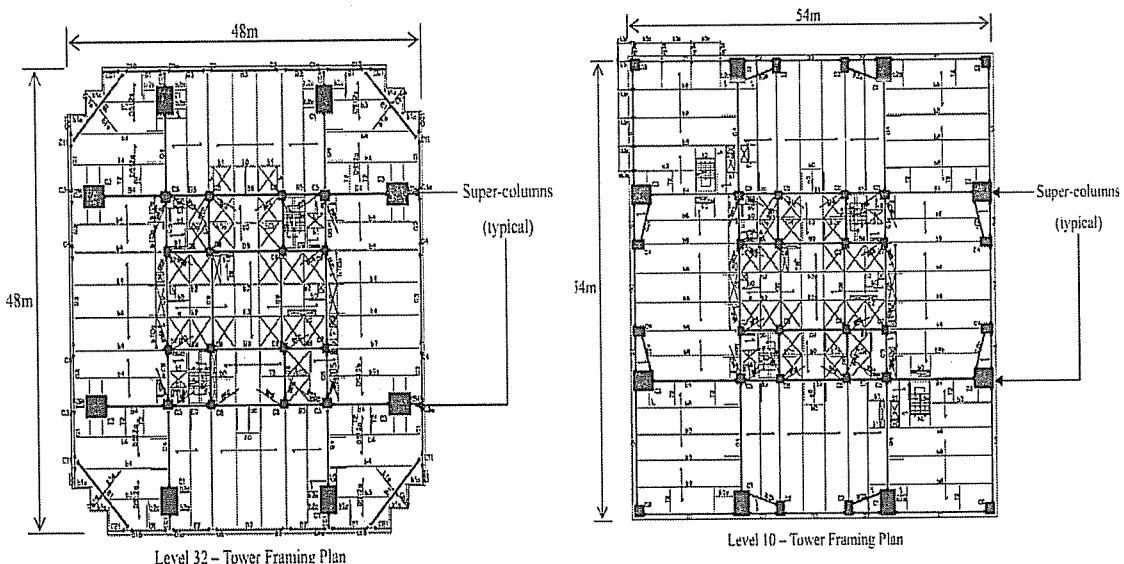
### معلومات عن البرج :

ارتفاعه الكلي = 509 م ، أعلى بلطة = 449 م ، أعلى طابق = 439 م يقع البرج في منطقة زلزالية نشطة بقوة أكبر من 7 ، وسرعة الرياح 60 م / ثا. تقاوم الأحمال الشاقولية بواسطة الأعمدة ، وكما تقاوم الأحمال الجانبية بواسطة الإطارات ضمن النواة . تم استخدام أعمدة من الخرسانة الفائقة بمقاومة وصلت إلى ( 70 ميجاباسكال ) لحد الطابق 62. أما فوق الطابق 62 تم استخدام إطارات خاصة مقاومة للعزم . تبين الأشكال التالية مسقط الطوابق المتكررة مع أماكن توضع الإطارات ضمن النواة وكذلك أماكن

Super-columns : وهي عبارة عن أعمدة مخلطة من البeton والفلز مع وصلات قص بينهما و لرفع مقاومة هذه الأعمدة تم استخدام الخرسانة فائقة الأداء .

يبين الجدول التالي مواصفات المادة المستخدمة في الأعمدة حيث وصلت المقاومة إلى ( 83 Mpa ) .

Design Strength (90days)	Slump (cm)	Slump Flow (cm)	Max. Dia. of Coarse Aggregates (in)	Unit Quantity (kg/m³)								
				Water	Cementitious Materials			Aggregates			Admixture	
					Water Cementitious Ratio	Cement	Slag	Silica Fume	Coarse Agg.	Fine Agg.	Limestone	
10,000psi (HPC)	25±2	60±10	0.5	160	0.31	340	150	30	760	957	--	6.24
	25±2	60±10	0.5	160	0.31	340	130	30	772	920	80	7.25

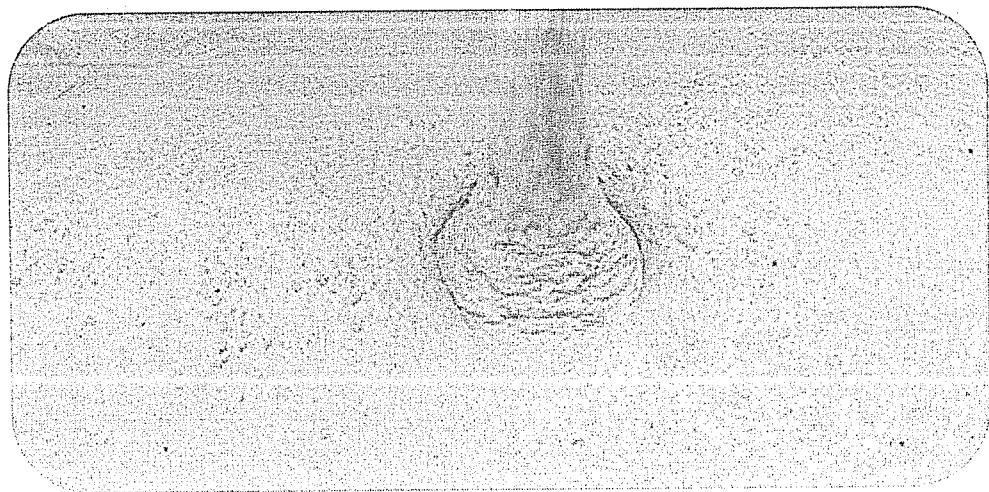


يلاحظ أن الأعمدة هي من أهم العناصر الإنسانية في البرج والتي ساعدته للوقوف شاقولياً لأكثر من نصف كيلومتر ولعبت الخرسانة فائقة الأداء دوراً مهماً في تصنيع هذه الأعمدة . ونلاحظ أنه أمن لنا مساحة معقولة حرة في الأبنية الشاهقة كان من الصعب الحصول عليها باستخدام الخرسانة العادي ، و جاري العمل على تطوير استخدامها في دبي والصين مع الحاجة لابتكارات جديدة لبناء الأبنية العالية .

#### النتيجة :

إن استخدام الأعمدة المصنعة من هذه المادة أمن كما هو ملاحظ من المساقط مساحات واسعة رغم الإرتفاع الكبير للبرج مما يبرر لنا التفكير في استخدام UHPC في الأبنية البرجية العالية متوقعين الحصول على نتائج تؤمن فراغات معمارية كبيرة وحلول إنشائية مناسبة .

صورة توضح الخلطة الأسمانية المستخدمة في UHPC



التفاصيل التالية هي ملخص لعمل

يبين هذا البحث طريقة العمل المتبعة في هذه الإطروحة و كما يوضح النماذج المستخدمة في الدراسة و مواصفات الびتوبون العادي و البيتون فائق الأداء المستخدمين في النماذج الأساسية و المعدلة .

### 1-3 تحليل بعض النماذج باستخدام ال UHPC :

بهدف دراسة تأثير استخدام UHPC في بعض عناصر الجملة الإنسانية سنقوم بما يلي :

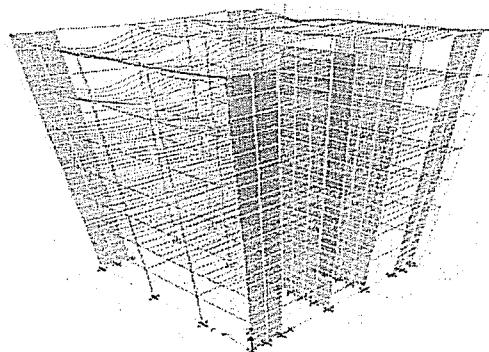
- (1) تم أخذ أربع نماذج من أبنية متعددة الطوابق ( 7 , 13 , 16 , 20 ) طابق ، ذات جمل إنسانية مختلفة .
- (2) قمنا بتحليل النماذج الأساسية و التي كانت مادة البناء المستخدمة هي البيتون العادي التقليدي و مواصفاته مأخوذة من الكود العربي السوري .
- (3) وبعد ذلك أعدنا التحليل لنماذج معدلة بإدخال الخرسانة فائقة الأداء في بعض العناصر الإنسانية (أعمدة ، بلاطات ، جدران قص ) كل على حده ، وذلك بهدف دراسة تأثير استخدام هذه المادة على كفاءة الجملة الإنسانية .
- (4) أخذنا الانتقالات أعلى المبني تحت تأثير القوة الزلزالية بالاتجاهين  $\text{Y}$  ،  $\text{X}$  و تم مقارنة النتائج بين النموذج الأساسي و المعدل .
- (5) تم التركيز على دراسة امكانية استخدام UHPC في البلاطات باعتبارها كديافرامات في الجملة الإنسانية ، وذلك باعتبار إن العناصر الشاقولية (الأعمدة وجدران القص ) يعطي حتماً فعالية كبيرة ، وقد تم تجربتها واستخدامها بنجاح في هذه العناصر .

### 2-3 التعريف بالنماذج :

تم استخدام النماذج التالية ذات البلاطات المصمتة لأنها أكثر قدرة على إظهار تأثير UHPC على صلابة الديافرامات من أنواع البلاطات الأخرى و تحوي النماذج على عدد طوابق مختلف ( 7,13,16,30 ) لتبيين مدى تأثير هذه المادة مع زيادة عدد الطوابق و كذلك جمل إنسانية مختلفة ( جدارية ، مختلطة ) لتبيين الجملة الإنسانية الأكثر ملائمة من غيرها .

1)- النموذج الأول :  
مبني سكني 7 طوابق ، الجملة الإنسانية : جدارية

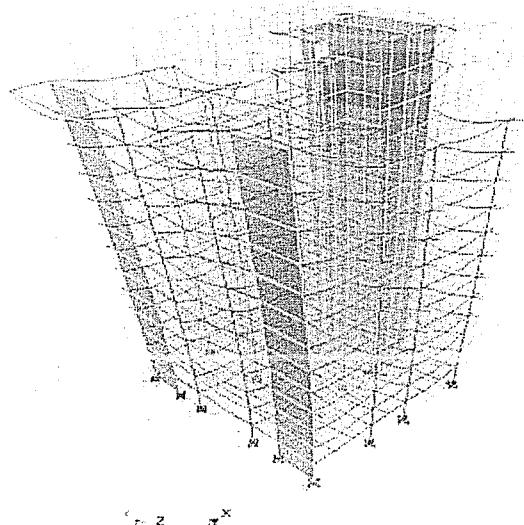
البلاطات مصممة ، المبني متناظر .



الشكل رقم (1-3) : النموذج الأول

(2)- النموذج الثاني :

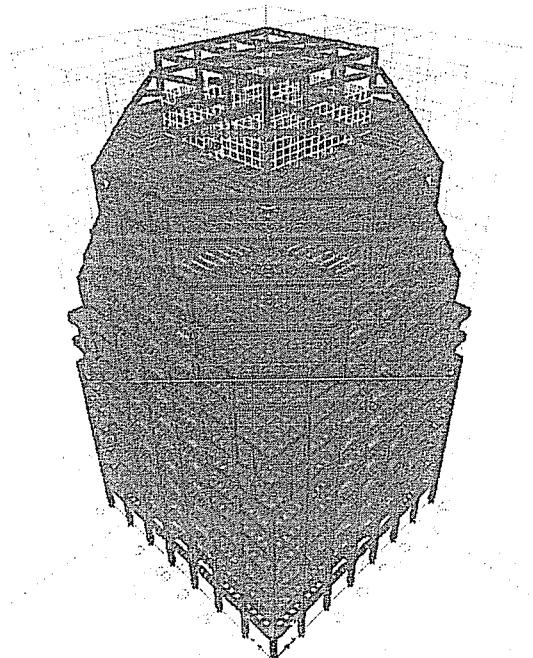
مبني سكني 13 طابق، الجملة الإنسانية : جدارية+إطارية  
البلاطات مصممة ، المبني غير متاظر .



الشكل رقم (2-3) : النموذج الثاني

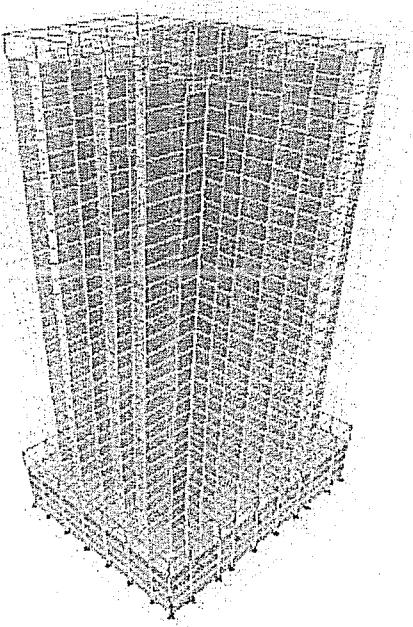
(3)- النموذج الثالث :

مبني سكني 16 طابق، الجملة الإنسانية : جدارية+إطارية  
البلاطات مصممة ، المبني متاظر .



الشكل رقم (3-3) : النموذج الثالث

4)- النموذج الرابع :  
مبني سكني 30 طابق ، الجملة الإنسانية : جدارية  
البلاطات مصممة ، المبني متراز .



الشكل رقم (4-3) : النموذج الرابع

### 3-3 البرنامج المستخدم ETABS 2013

لκفاءته في تحليل الأبنية المعرضة للأحمال الزلزالية (أحمال أفقية متزايدة) إضافة إلى قدرته على التعامل بسهولة مع المواد ذات الطبيعة المرنة اللاخطية : الخواص اللاخطية للمادة . يتم تعريف السلوك اللاخطي للمادة بدلالة منحني الاجهاد تشوه للمادة كما يمكن اعتبار السلوك الهستيري للمادة بثلاث نماذج وتم اعتماد النموذج: Elastic

النماذج المستخدمة : أبنية (جدارية ، إطارية ) متعددة الطوابق .

القوى المطبقة : قوى أفقية (زلزالية ) متزايدة .

تم تحليل النماذج أولاً باستخدام الخرسانة التقليدية . ثم أدخل UHPC في عناصر مختلفة من النموذج أجريت مقارنة بين النموذج المعدل عليه والنماذج الأساسية اعتمد أثناء التحليل لخطية UHPC

### 4-3 التعريف بالمواد :

البيتون العادي : مواصفات مؤخونة وفق الكود السوري , 2004 . [15]

$$F_c = 25 \text{ Mpa} , E = 20 \text{ Gpa} , v = 0.2$$

الخرسانة فائقة الأداء :  
بين الجدول التالي مكونات عينة UHPC المستخدمة :

العنوان	الكمية (kg/m³)	النسبة (%) المئوية
Portland Cement	712	28.5
Fine Sand	1020	40.8
Silica Fume	231	9.3
Ground Quartz	211	8.4
Superplasticizer	30.7	1.2
Accelerator	30	1.2
Steel Fibers 1	156	6.2
Water	109	4.4

و كما يبين الجدول التالي مجال قيم مواصفات العينة :

العنوان	مجال النطاق
Compressive Strength (MPa)	180 – 225
Modulus of Elasticity (GPa)	55 – 58.5
Flexural Strength (MPa)	40 – 50
Creep Coefficient	0.2 – 0.5
Density (kg/m³)	2440 – 2550

و مواصفات الألياف الفولاذية المستخدمة :

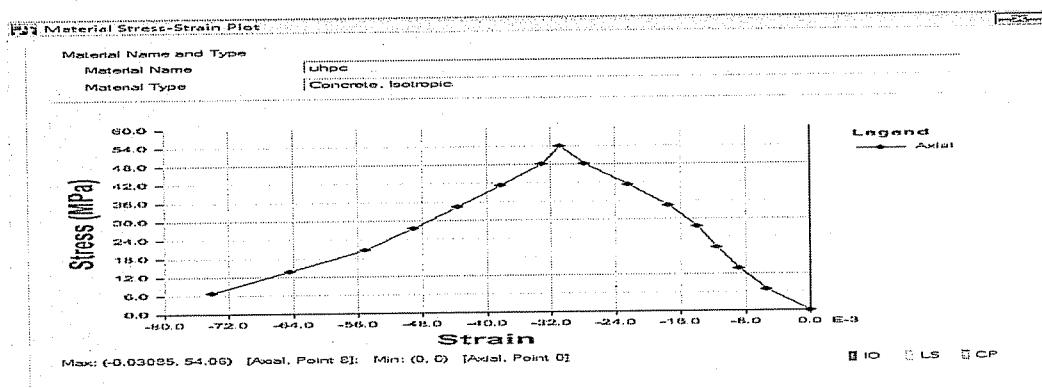
العنوان	المقدار
القطر (mm)	0.2
الطول (mm)	12.7
مقاومة الشد (Mpa)	2600

و تعطى المواصفات الكيميائية للفولاذ كما يلي :

العنوان	المقدار
Carbon	0.69 – 0.76
Silicon	0.15 – 0.3
Manganese	0.4 – 0.6
Phosphorus	≤ 0.025
Sulfur	≤ 0.025
Chromium	≤ 0.08
Aluminum	≤ 0.003

ختار مواصفات البeton للعينة :

يوضح الشكل التالي مخطط ( إجهاد - تشوہ ) :  $E = 55 \text{ Gpa}$  ,  $v = 0.2$



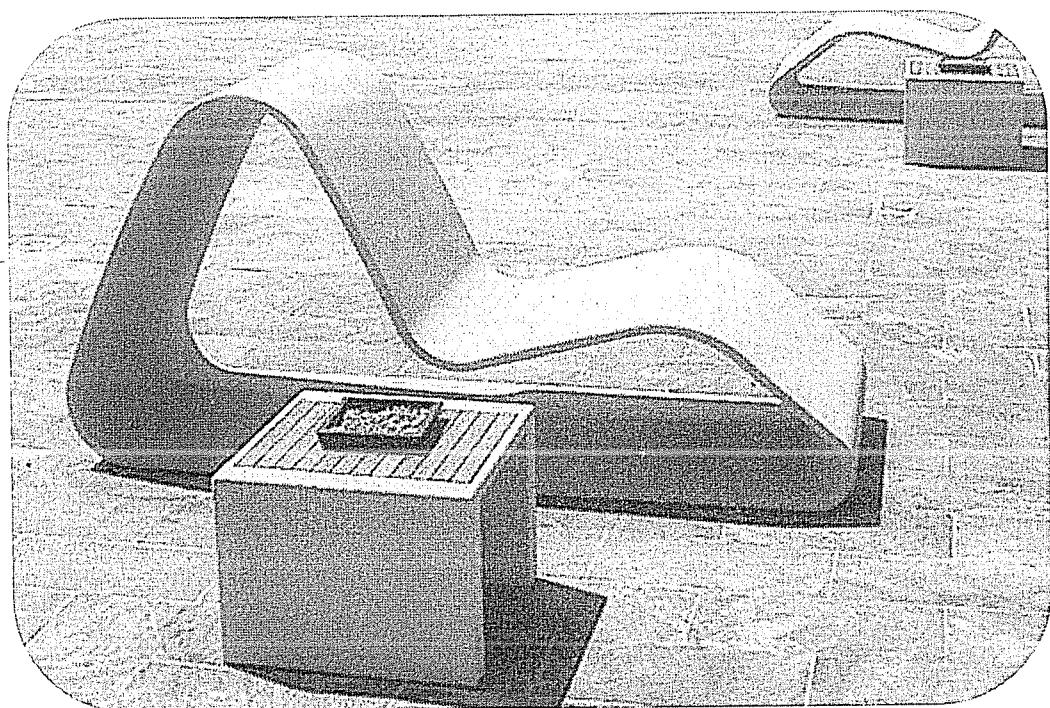
الشكل رقم (5-3) : مخطط ( $\sigma - \epsilon$ ) للعينة المدرستة

يبين الجدول التالي قيم ( الإجهاد - التشوه ) لعينة UHPC المدرورة :

$\sigma = P/A$ ( MPa )	$\epsilon = \Delta L/L$ ( mm/mm )
6.884	0.00539877
13.767	0.00874087
20.6512	0.0115688
27.5349	0.01388256
34.4186	0.01748174
41.3023	0.02236634
48.1861	0.02776511
54.06	0.03085012
48.1861	0.0329068
41.3023	0.03804849
34.4186	0.04344726
27.5349	0.04910311
20.6512	0.05501605
13.767	0.06427109
6.884	0.0740403

الجدول رقم (1-3) : قيم (  $\sigma - \epsilon$  ) لعينة المدرورة

صورة توضح أشكال معمارية جذابة من UHPC



البعض الرابع: المرايا المائية

يبين هذا البحث بشكل أساسي مضمون الأطروحة و مدى الفائدة من استخدام UHPC في العناصر الأنθائية المختلفة للأبنية العالية من أعمدة و جوانز كعناصر شاقولية في تحمل القوى المطبقة و كذلك التركيز على دور البلاطات كعناصر أفقية في رفع كفاءة الجملة الإنسانية من خلال دراسة أربع نماذج مختلفة للأرتفاع و الجمل المقاومة للزلزال .

#### 1-4 تحليل النموذج الأول :

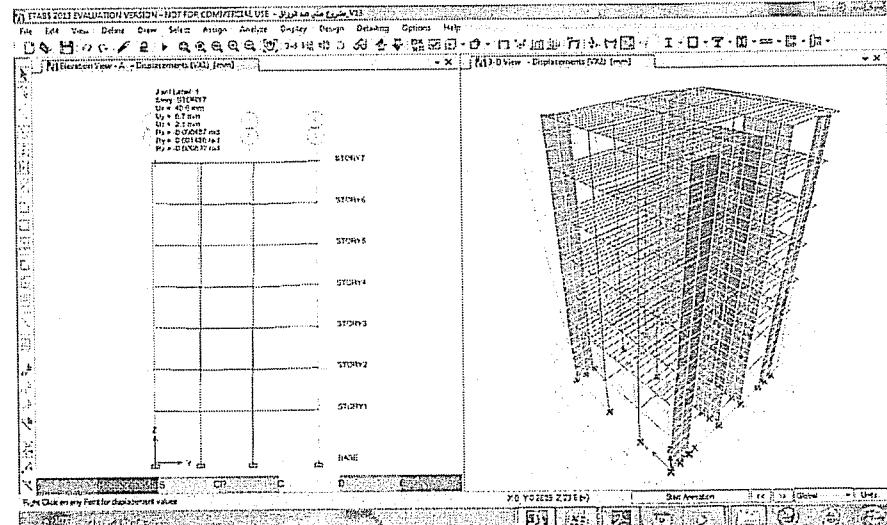
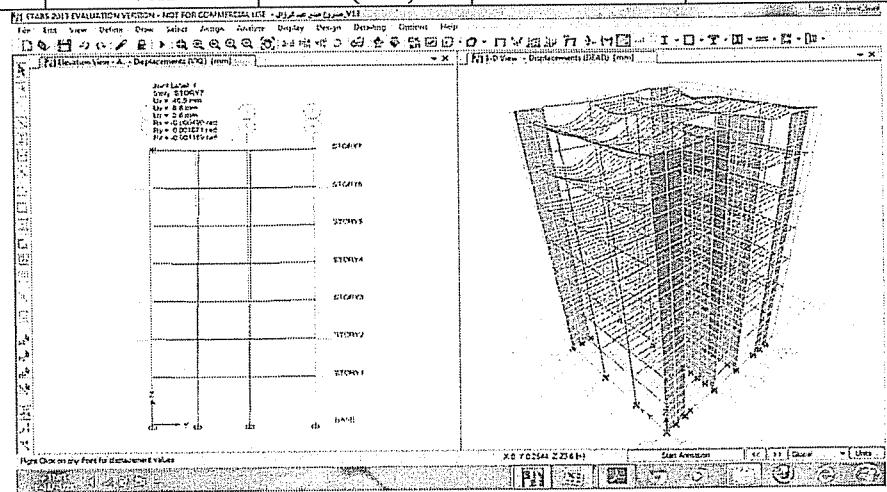
هو عبارة عن مبني سكني من 7 طوابق . الجملة الإنسانية : جدارية

تم وضع UHPC في عدة عناصر كل على حدا كما يلي :

1-1-4) - في الأعمدة :

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $U_x$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $V_{x1}$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في الأعمدة فقط :

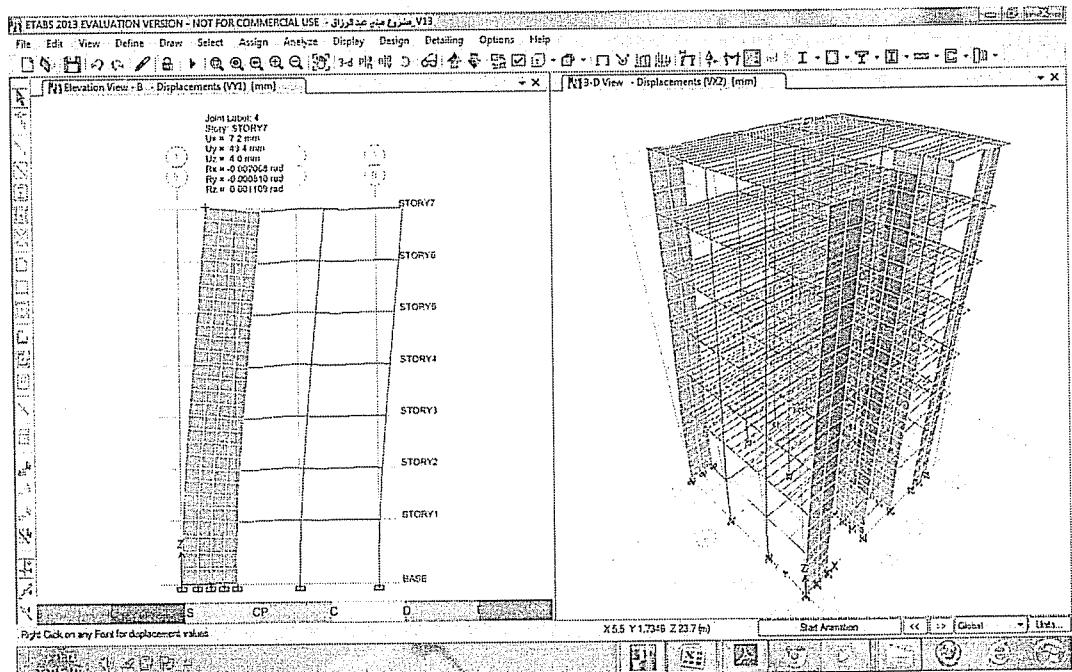
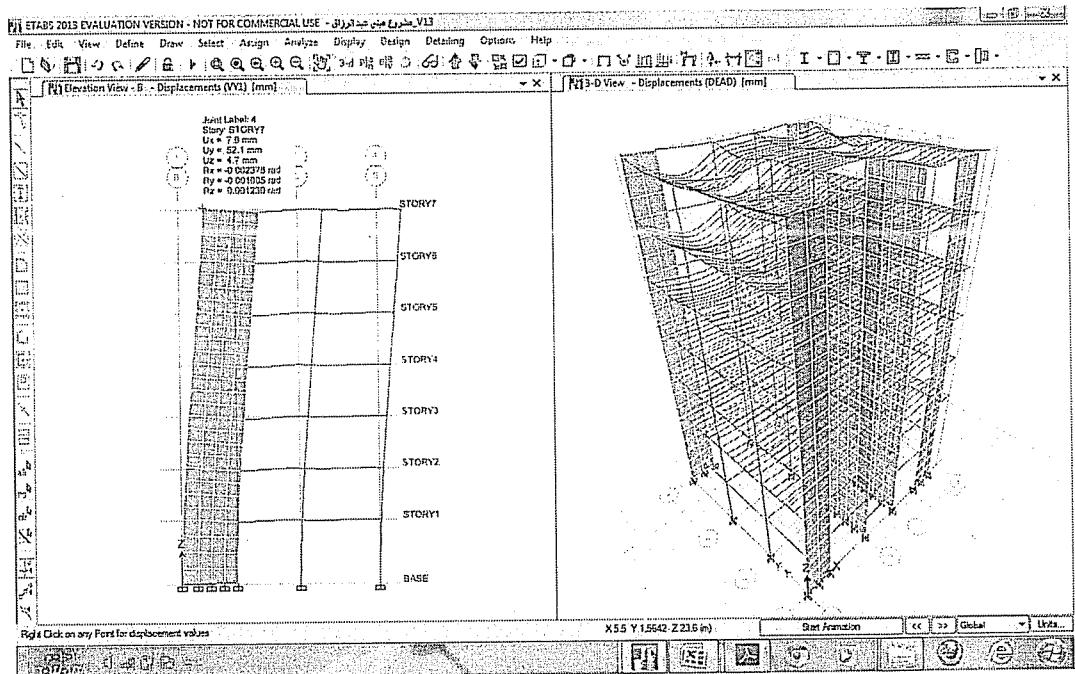
الأعمدة	القرة	الإنقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	$V_{x1}$	$U_x(\text{mm})$	46.5	40



الشكل رقم (4) : الإنقال أعلى المبني باتجاه X "استخدم UHPC في الأعمدة"

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $U_y$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $V_{y1}$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في الأعمدة فقط :

الأعمدة	القوة	الإنقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	$V_{y1}$	$U_y$ (mm)	52.1	43.4

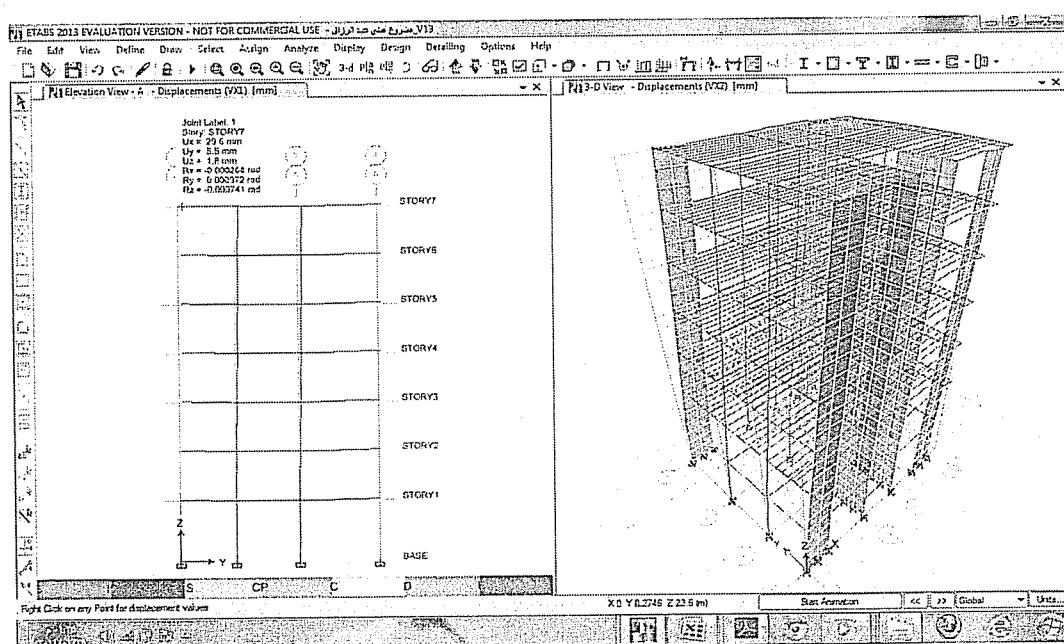
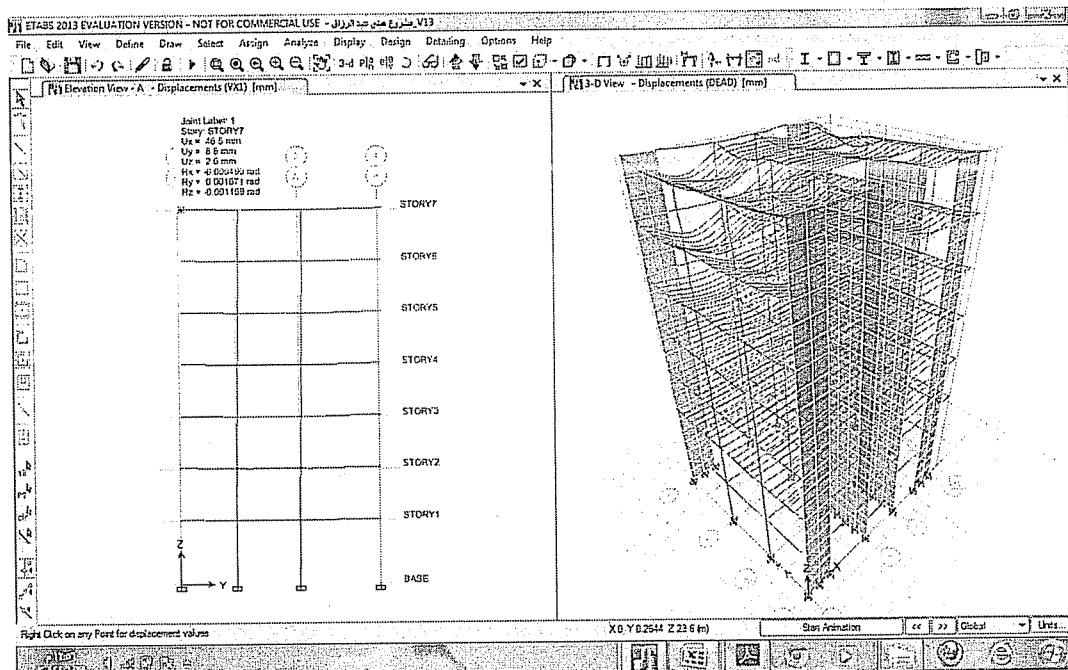


الشكل رقم (2-4) : الإنقال أعلى المبني باتجاه y "استخدم UHPC في الأعمدة"

(2-1-4)- في البلاطات :

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $U_x$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $V_{x1}$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في البلاطات فقط :

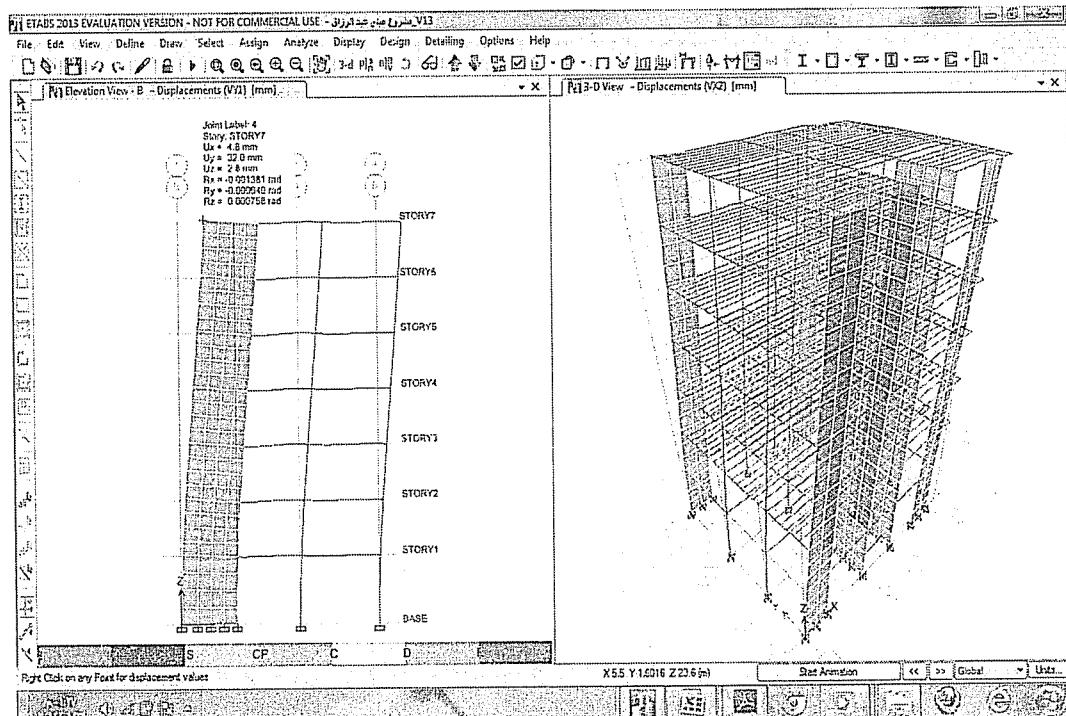
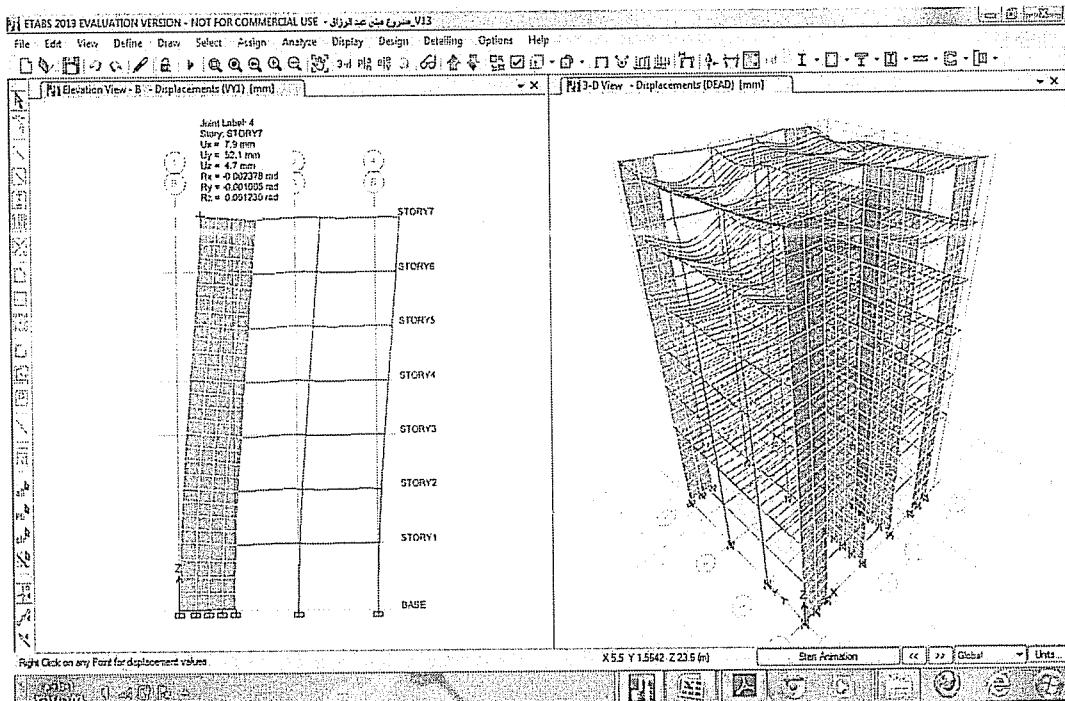
البلاطات	القوة	الإنقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	$V_{x1}$	$U_x$ (mm)	46.5	29.6



الشكل رقم (3-4) : الإنقال أعلى المبني باتجاه x "استخدم UHPC في البلاطات"

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $Uy$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $Vy1$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في البلاطات فقط :

البلاطات	القوة	الإنقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	$Vy1$	$Uy$ (mm)	52.1	32.0

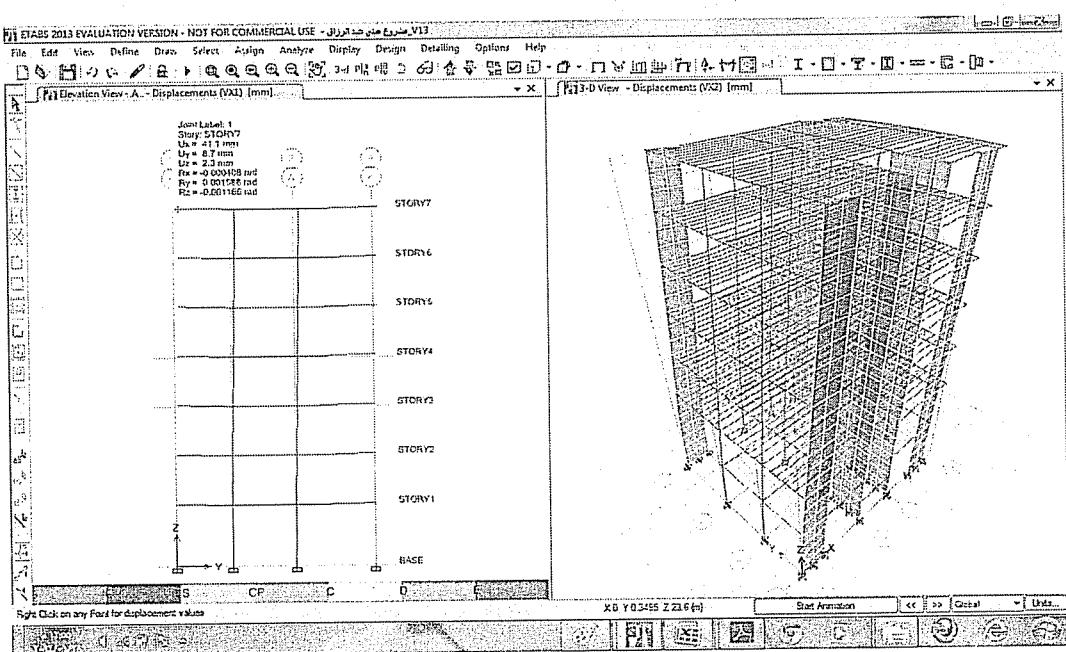
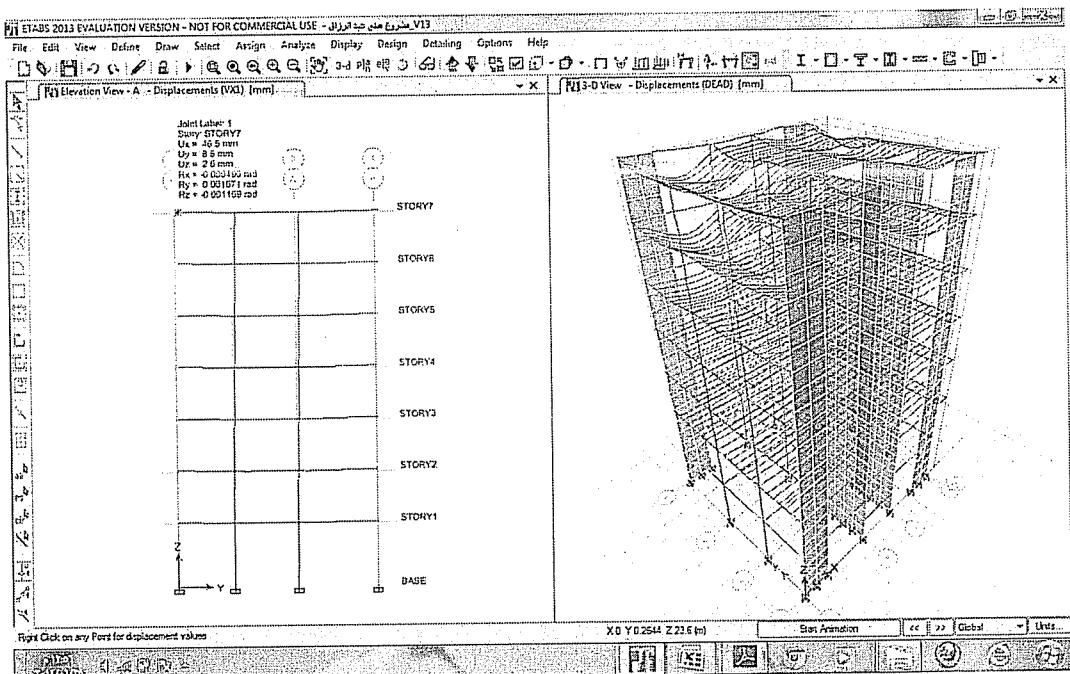


الشكل رقم (4-4) : الإنقال أعلى المبني باتجاه y "استخدم UHPC في البلاطات"

3-1-4- في جدران القص :

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $U_x$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $Vx1$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في جدران القص فقط :

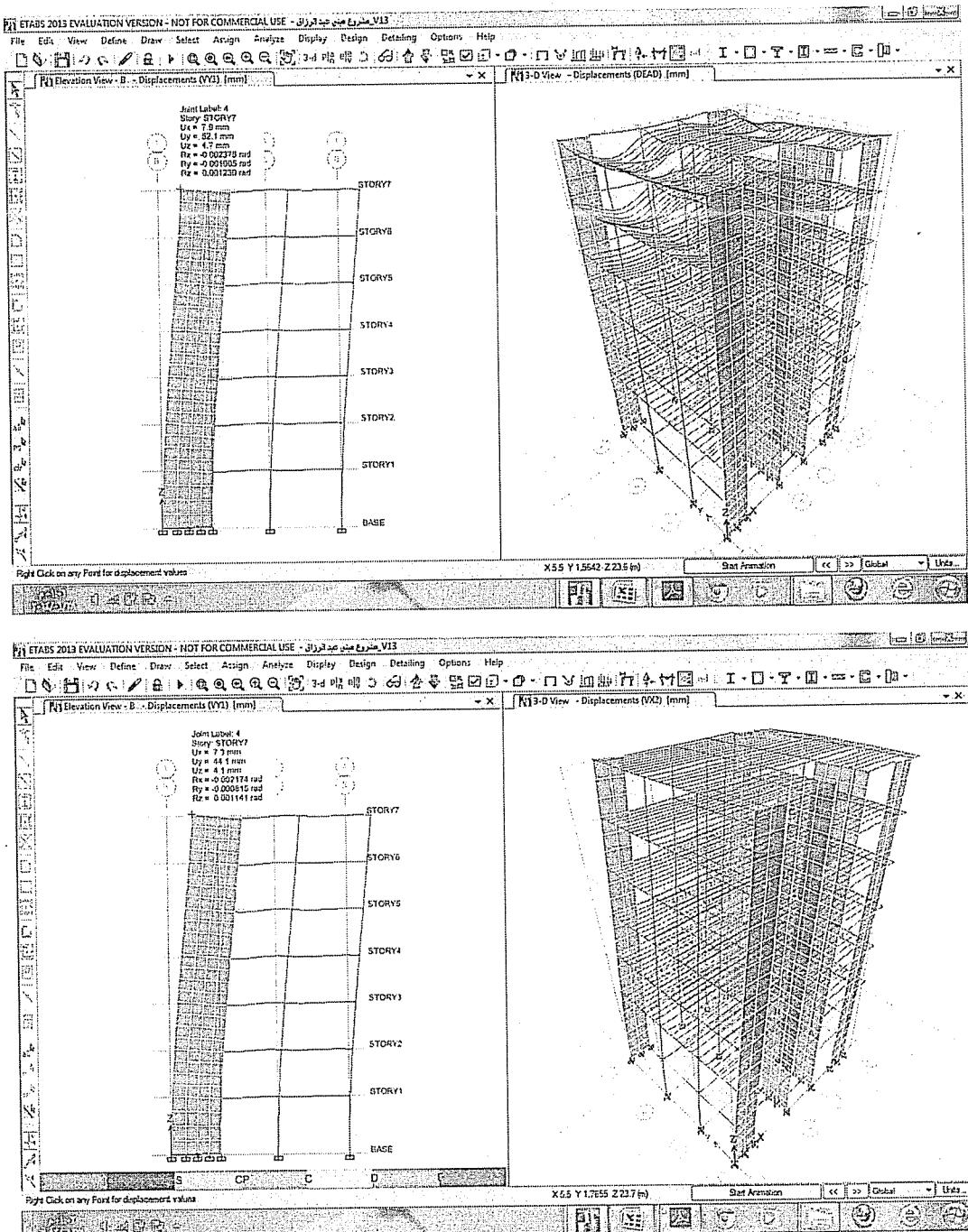
جدران القص	القوة	الإنقال	المادة المستخدمة	
	$Vx1$	$U_x$ (mm)	بيتون عادي	UHPC
		46.5	41.1	



الشكل رقم (5-4) : الإنقال أعلى المبني باتجاه X "استخدم UHPC في جدران القص"

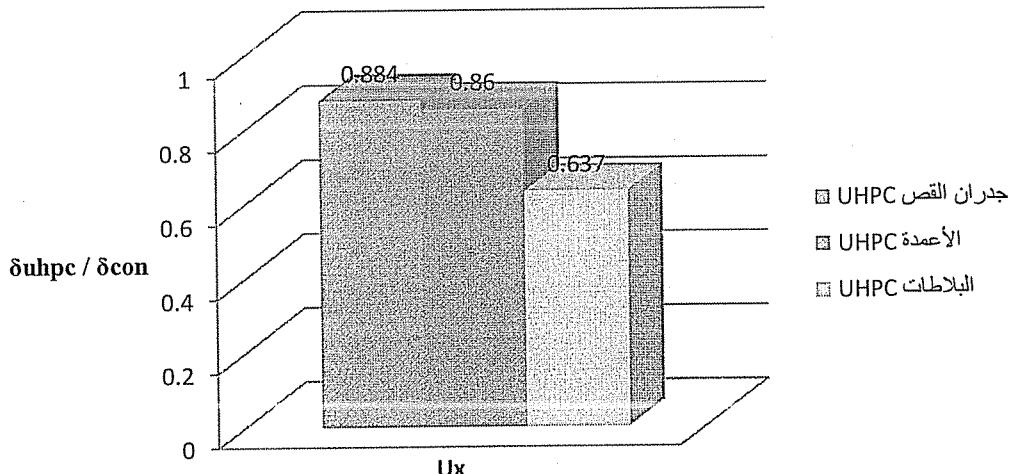
نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $Uy$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $Vy1$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في جدران القص فقط :

جدران القص	القوة	الإنقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	$Vy1$	$Uy$ (mm)	52.1	44.1



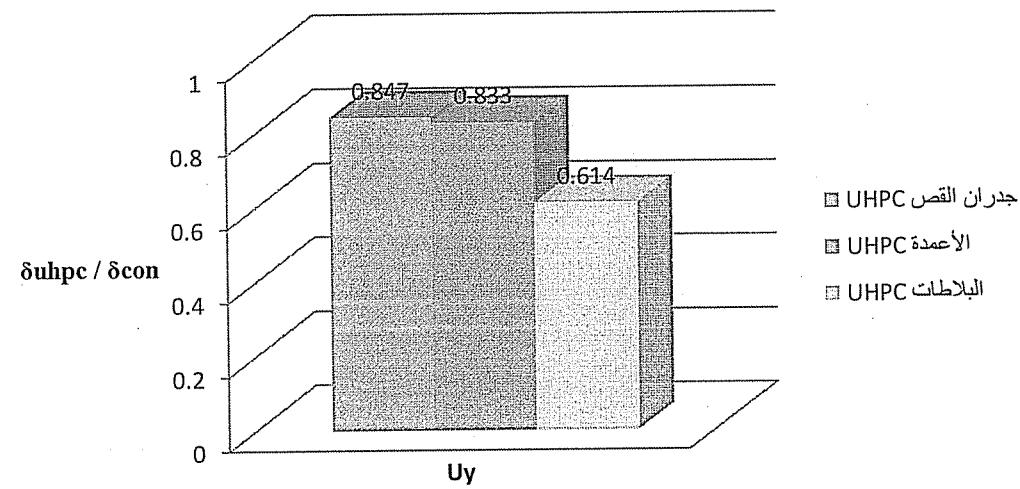
الشكل رقم (6-4) : الإنقال أعلى المبني باتجاه y "استخدم UHPC في جدران القص"

## النموذج الأول



الشكل رقم (7-4) :  $\delta_{uhpc} / \delta_{con}$  للنموذج الأول باتجاه x

## النموذج الأول



الشكل رقم (8-4) :  $\delta_{uhpc} / \delta_{con}$  للنموذج الأول باتجاه y

.  $\delta_{uhpc}$  : الانتقال أعلى النموذج المعدل باستخدام UHPC .

.  $\delta_{con}$  : الانتقال أعلى النموذج الأساسي .

النتيجة :

نلاحظ كفاءة هذه المادة عند استخدامها في البلاطات حيث تم تخفيض الإنفاق بما يقارب 40% . أي بإمكاننا التفكير في قدرة هذه المادة على صنع ديافرامات صلبة دون الحاجة لخلق جمل تربيط أو طوابق صلبة .

## 2-4 تحليل النموذج الثاني :

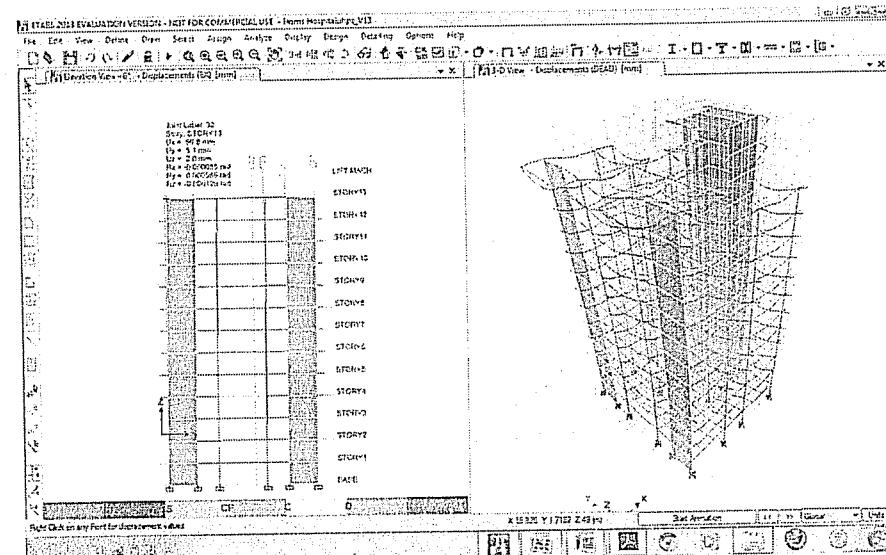
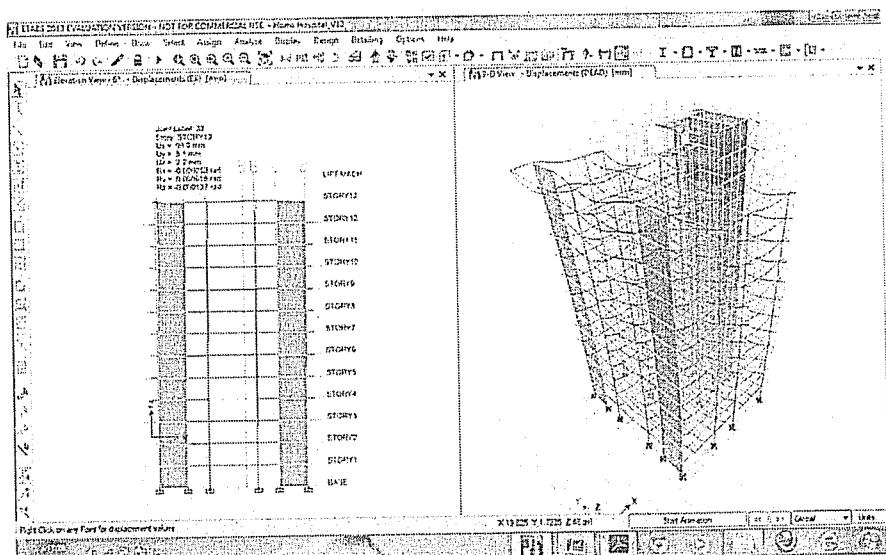
هو عبارة عن مبني من 13 طابق . الجملة الأنسانية : جدارية + إطارية

تم وضع UHPC في عدة عناصر كل على حدا كما يلي :

1-2-4) - في الأعمدة :

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنتقال  $U_x$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $Ex$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في الأعمدة فقط :

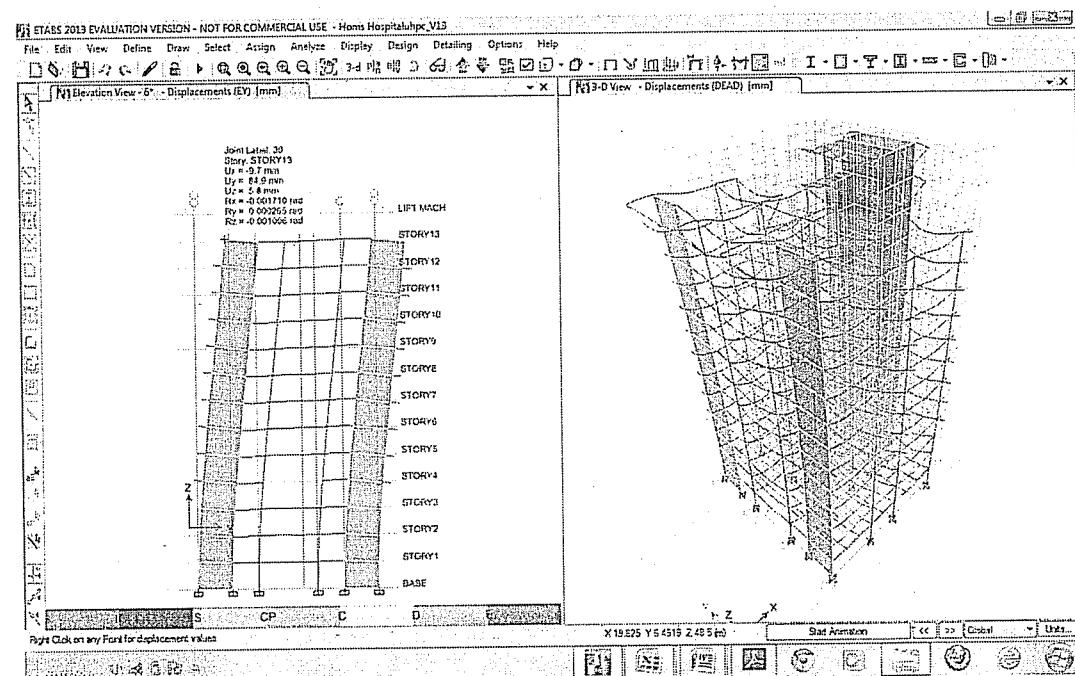
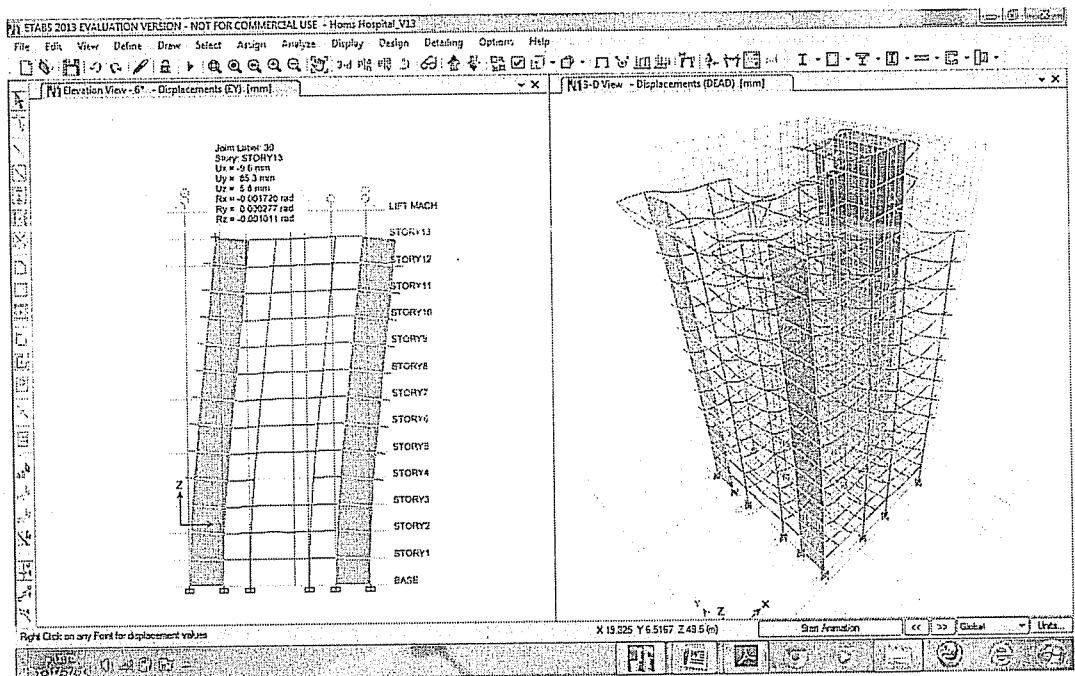
الأعمدة	القوة	الإنتقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	Ex	$U_x$ (mm)	99.0	96.9



الشكل رقم (9-4) : الإنتقال أعلى المبني باتجاه X "استخدم UHPC في الأعمدة"

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $U_y$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $E_y$  بين النموذج الأساسي واستخدام الأعمدة UHPC :

الأعمدة	القوة	الإنقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	$E_y$	$U_y$ (mm)	85.3	84.9

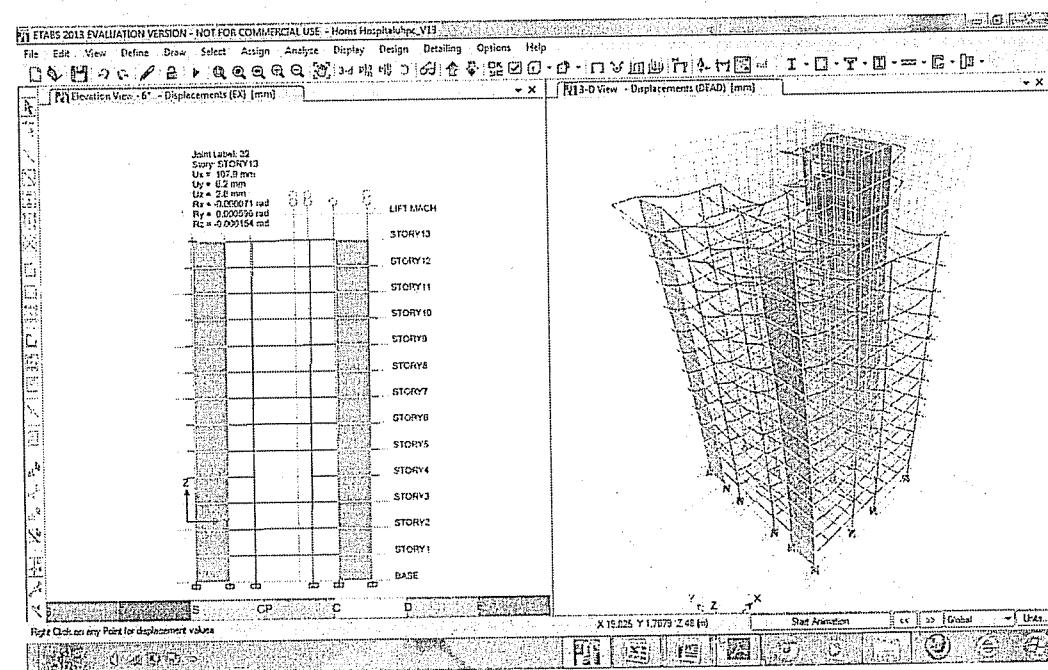
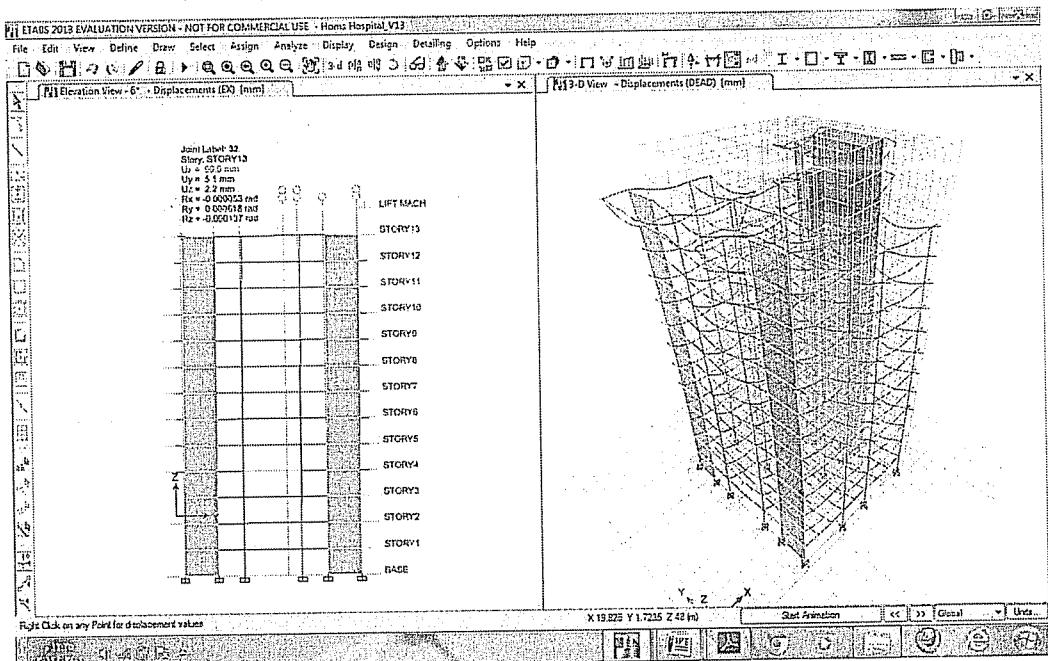


الشكل رقم (10-4) : الإنقال أعلى المبني باتجاه y "استخدم UHPC في الأعمدة"

2-4) في البلاطات :

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $U_x$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $Ex$  بين النموذج الأساسي واستخدام في البلاطات فقط :

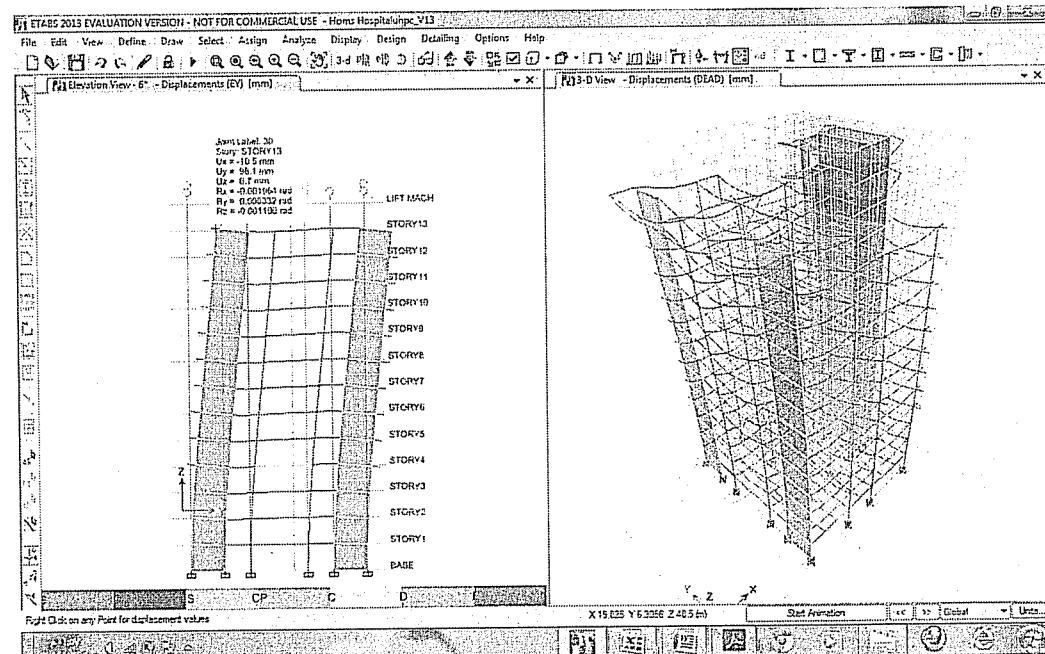
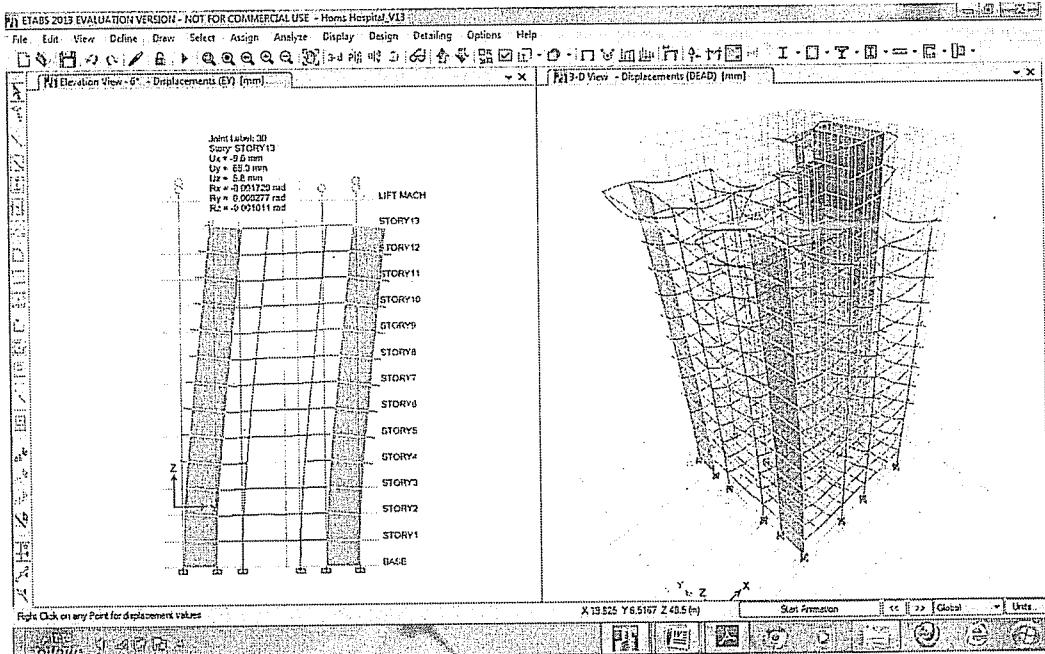
البلاطات	القوة	الإنقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	$Ex$	$U_x$ (mm)	99.0	107.9



الشكل رقم (11-4) : الإنقال أعلى المبنى باتجاه X "استخدم UHPC في البلاطات"

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $Uy$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $Ey$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في البلاطات فقط :

البلاطات	القوة	الإنقال	المادة المستخدمة	
	$Ey$	$Uy$ (mm)	بيتون عادي	UHPC
		85.3	98.1	

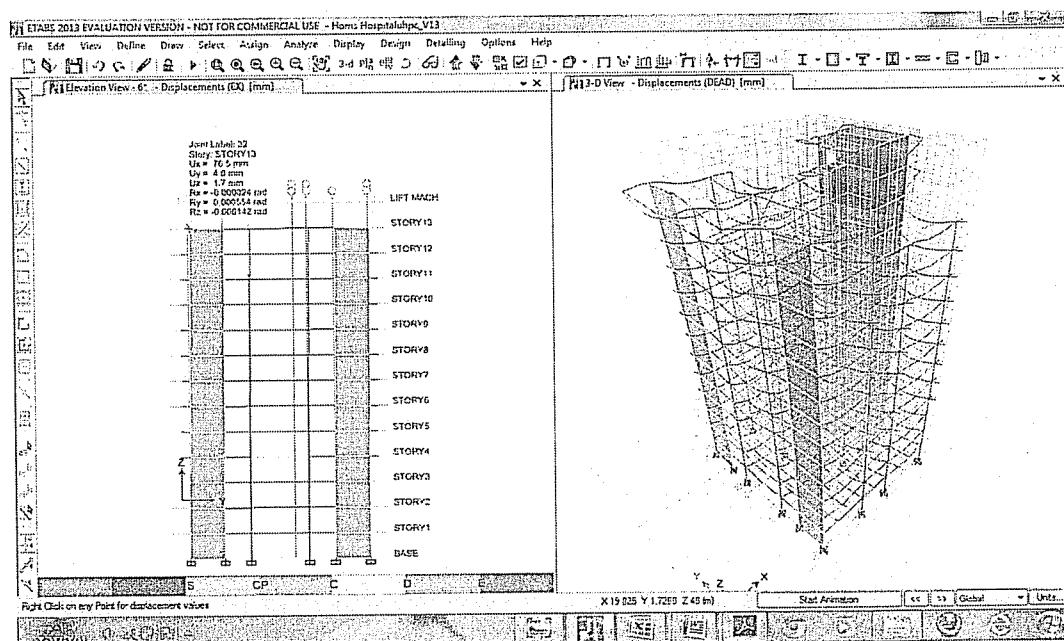
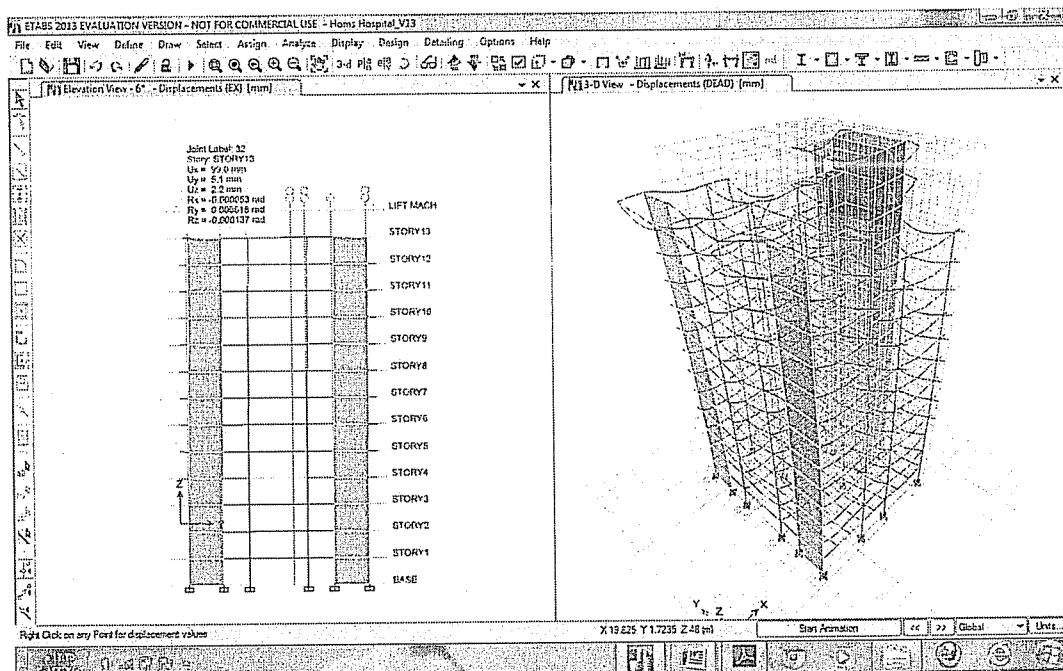


الشكل رقم (4-12) : الإنقال أعلى المبني باتجاه y "استخدم UHPC في البلاطات"

3-2-4- في جدران القص :

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $U_x$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $Ex$  بين النموذج الأساسي واستخدام  $UHPC$  في جدران القص فقط :

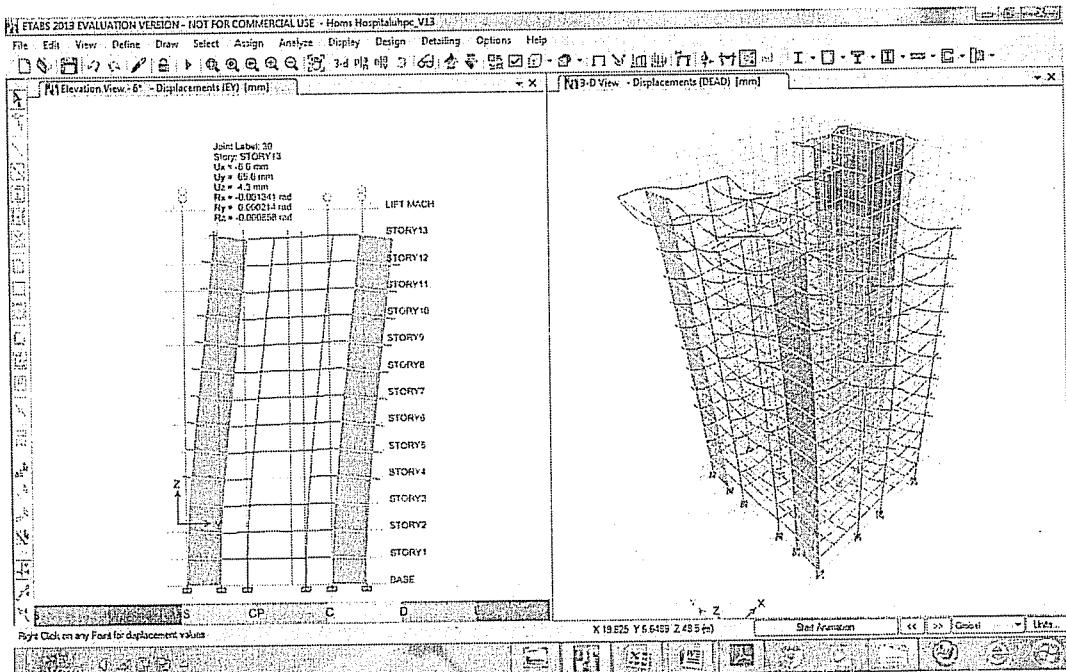
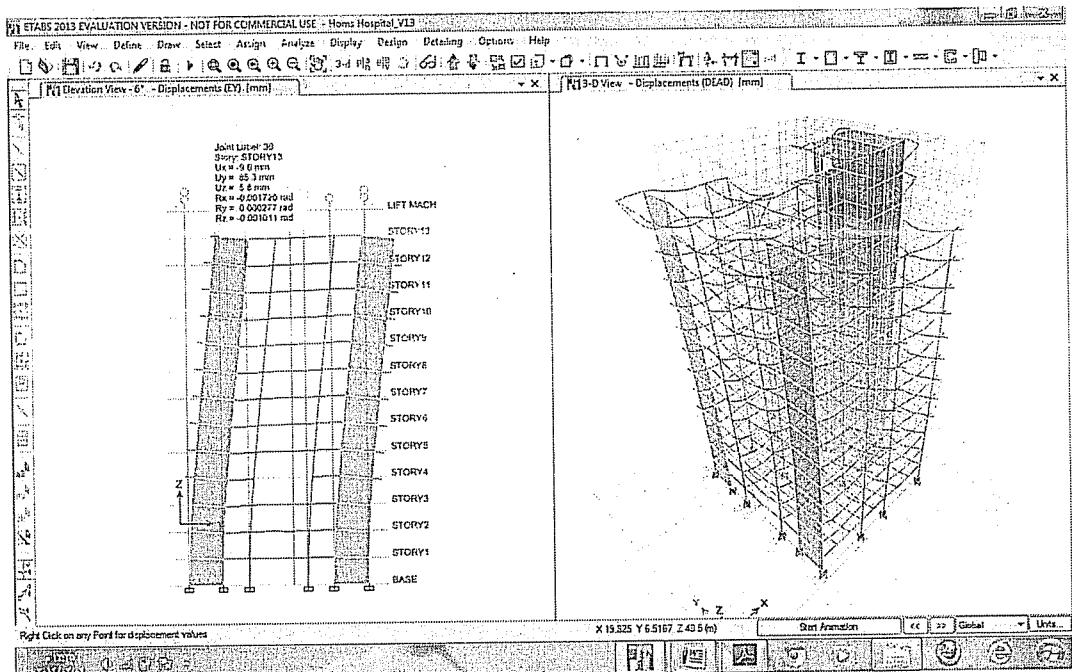
جدران القص	القوة	الإنقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	$Ex$	$U_x$ (mm)	99.0	76.5



الشكل رقم (13-4) : الإنقال أعلى المبني باتجاه x "استخدم UHPC في جدران القص"

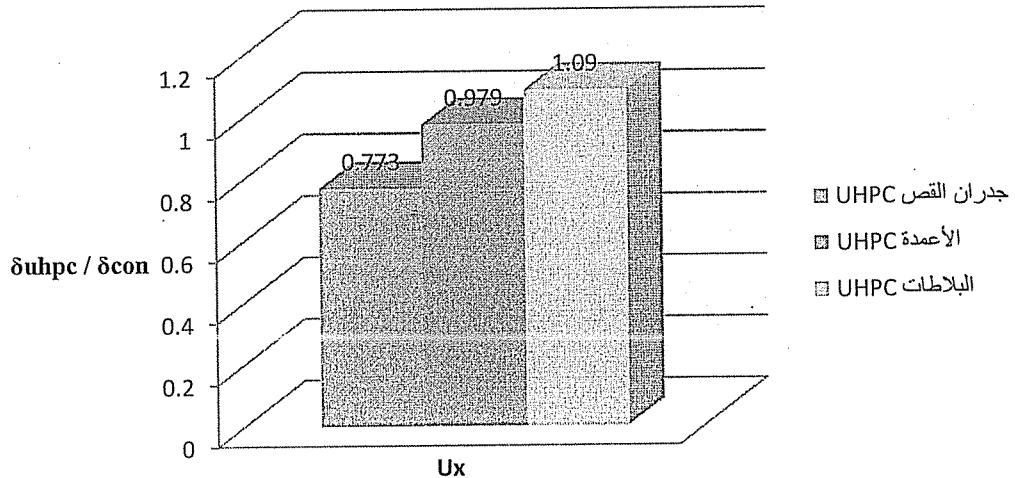
نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $U_y$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $E_y$  بين النموذج الأساسي واستخدام جدران القص فقط :

جدران القص	القوة	الإنقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	$E_y$	$U_y$ (mm)	85.3	65.6



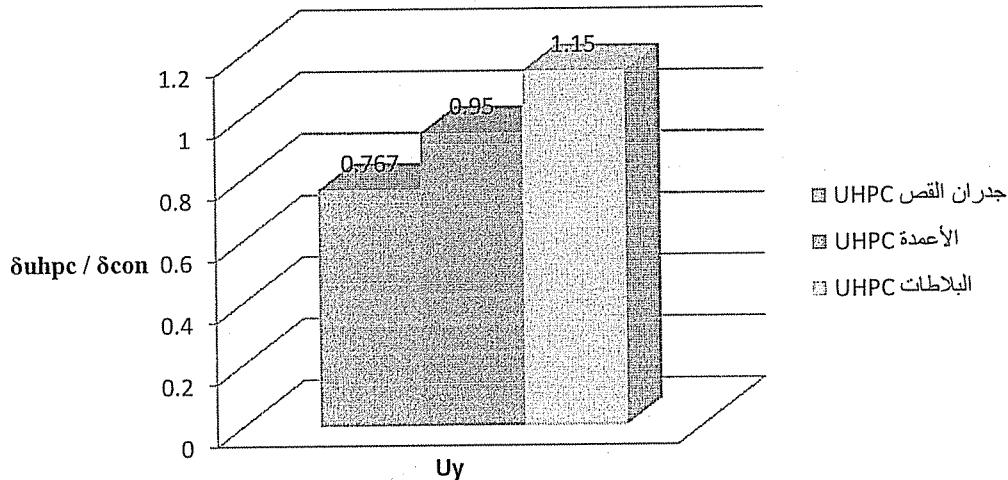
الشكل رقم (14-4) : الإنقال أعلى المبني باتجاه y "استخدم UHPC في جدران القص"

## النموذج الثاني



الشكل رقم (15-4) :  $\delta_{uhpc} / \delta_{con}$  للنموذج الثاني باتجاه x

## النموذج الثاني



الشكل رقم (16-4) :  $\delta_{uhpc} / \delta_{con}$  للنموذج الثاني باتجاه y

$\delta_{uhpc}$  : الانتقال أعلى النموذج المعدل باستخدام UHPC .

$\delta_{con}$  : الانتقال أعلى النموذج الأساسي .

### النتيجة :

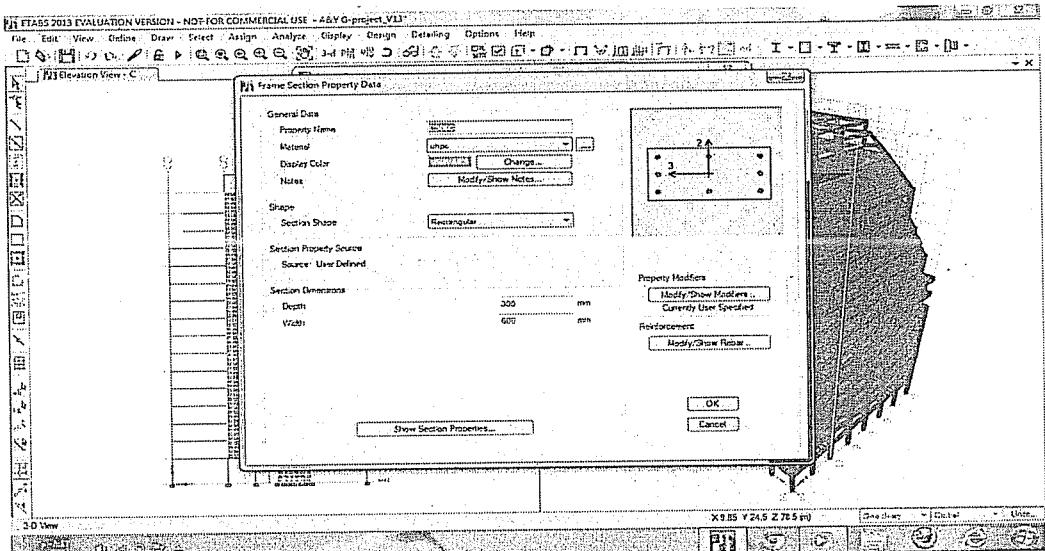
نلاحظ هنا أن تخفيف الانتقال تم بقيمة تقارب 25% عند استخدام المادة في جدران القص وشذوذ باقي القيم مما سبق مبررین ذلك كون الجملة المقاومة للحمولات الزلزالية في هذا المبني هي عبارة عن ( جدران قص + إطارات مقاومة للمزروم ) .

### 3-4 تحليل النموذج الثالث :

هو عبارة عن مبني تجاري من 16 طوابق . الجملة الإنسانية : نواة + إطارات

تم وضع UHPC في عدة عناصر كل على حدا كما يلي :

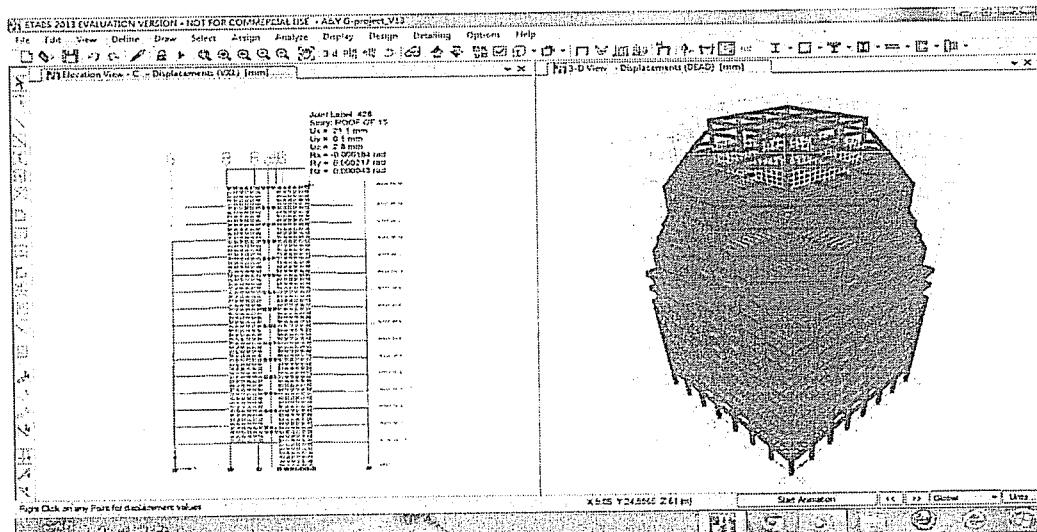
(1-1-4)- في الأعمدة :

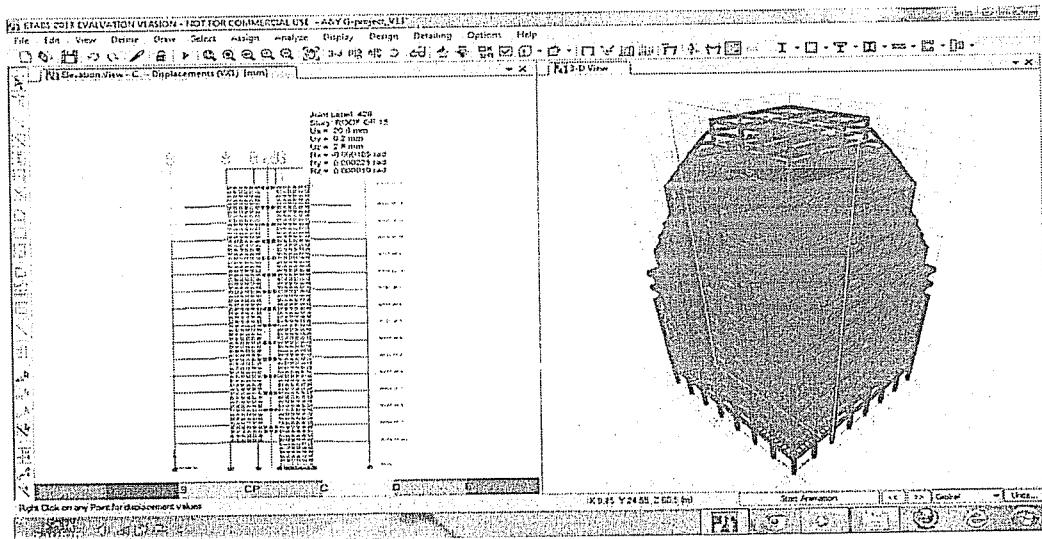


الشكل رقم (17-4) : استخدام UHPC في مقاطع الأعمدة

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $U_x$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $V_{x1}$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في الأعمدة فقط :

الأعمدة	القوة	الإنقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	$V_{x1}$	$U_x(\text{mm})$	21.1	20.8

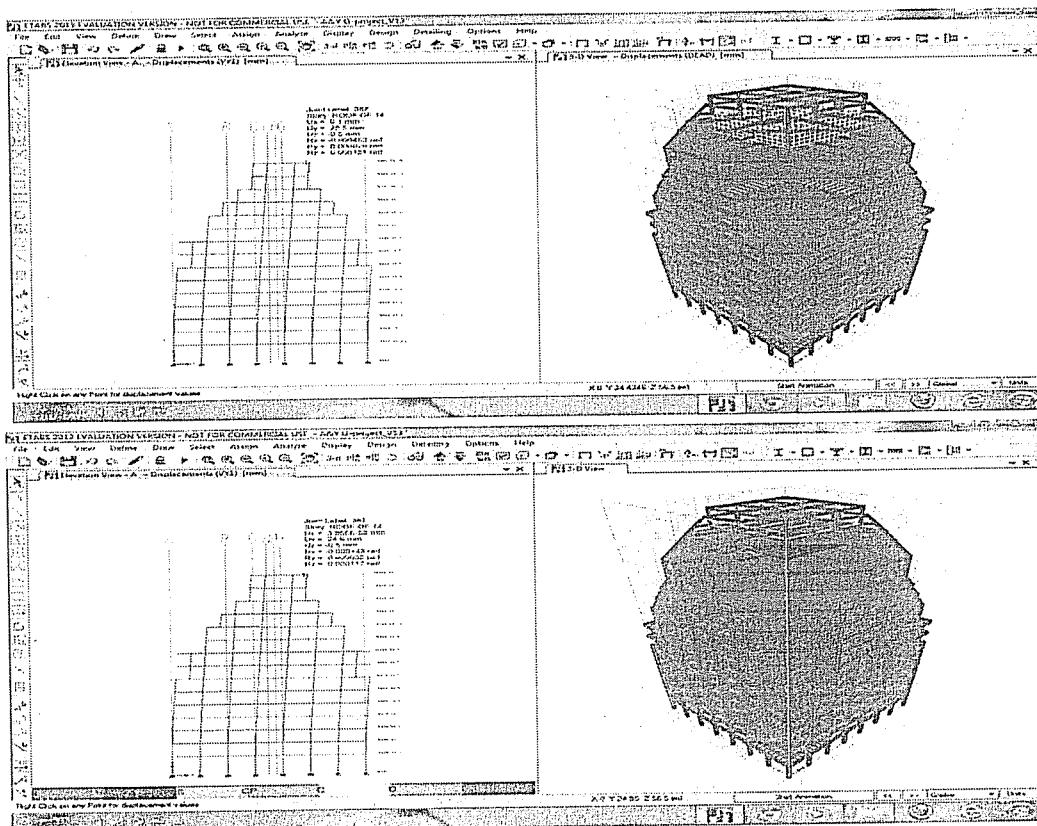




الشكل رقم (18-4) : الإنقال أعلى المبني باتجاه x "استخدم UHPC في الأعمدة"

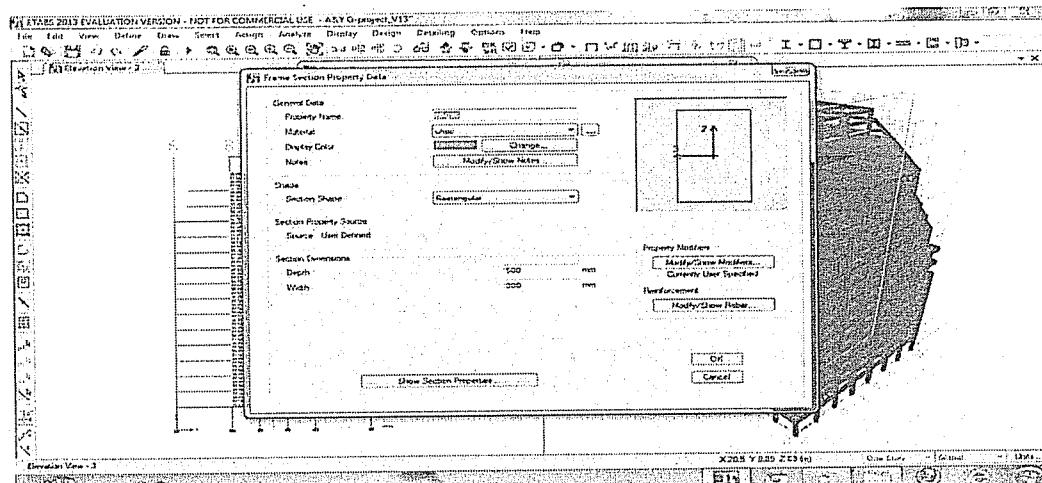
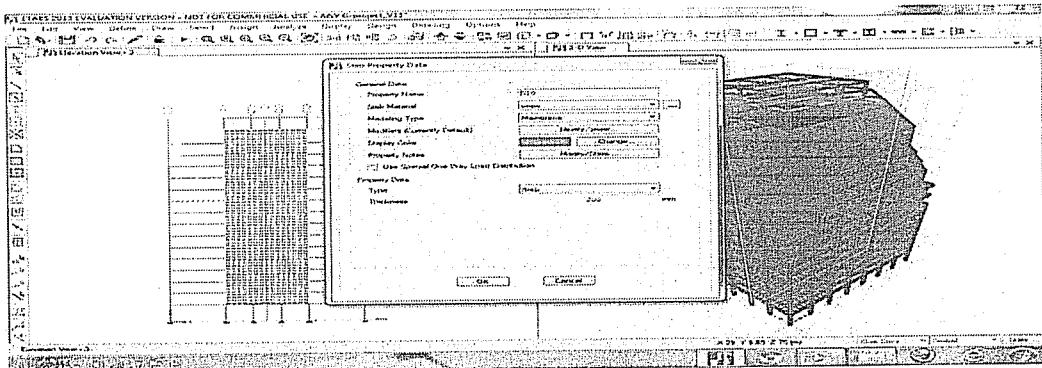
نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $Uy$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $Vy1$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في الأعمدة فقط :

الأعمدة	القوة	الإنقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	$Vy1$	$Uy$ (mm)	25.5	24.6



الشكل رقم (19-4) : الإنقال أعلى المبني باتجاه y "استخدم UHPC في الأعمدة"

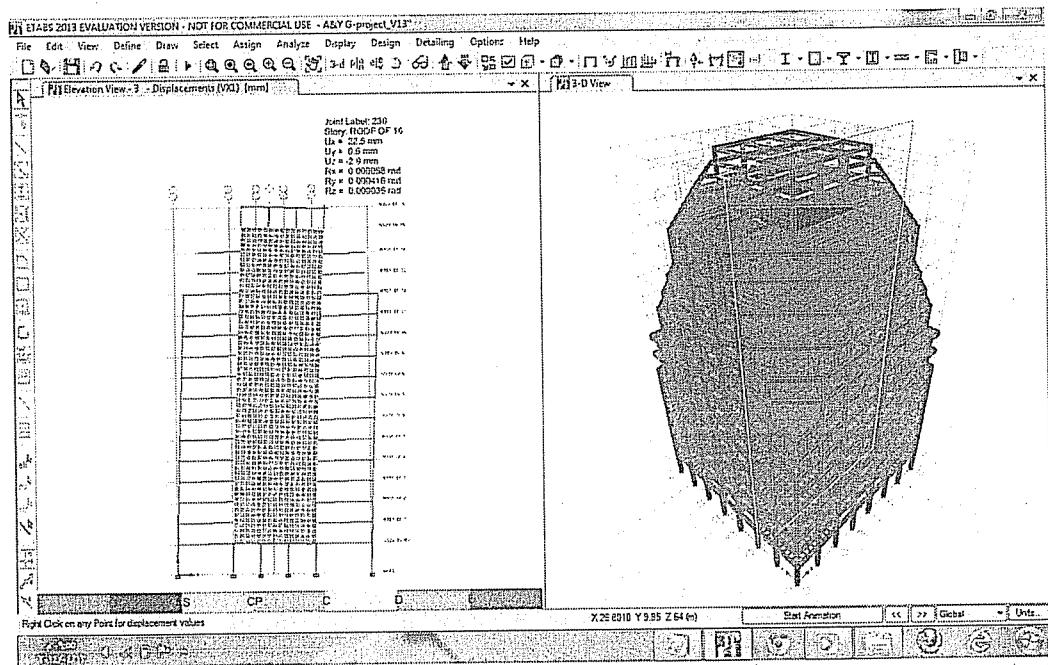
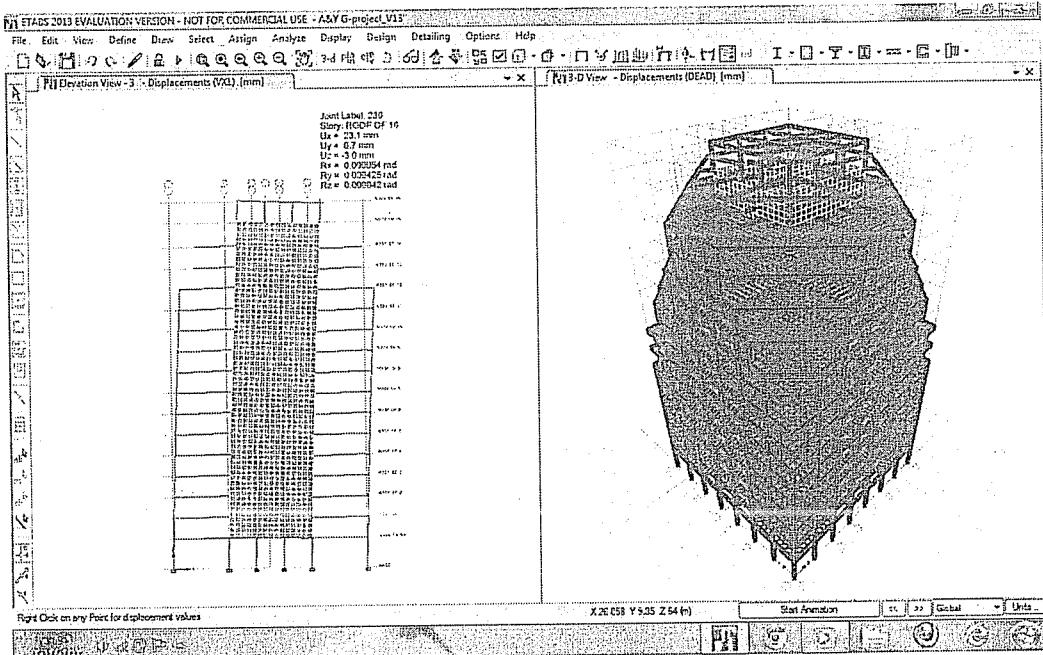
(2-1-4)- في البلاطات :



الشكل رقم (20-4) : تغير مواصفات مقاطع الأعمدة

نلاحظ في الصور التالية التغير في الانتقال تحت تأثير القوة الزلزالية UX بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في البلاطات فقط :

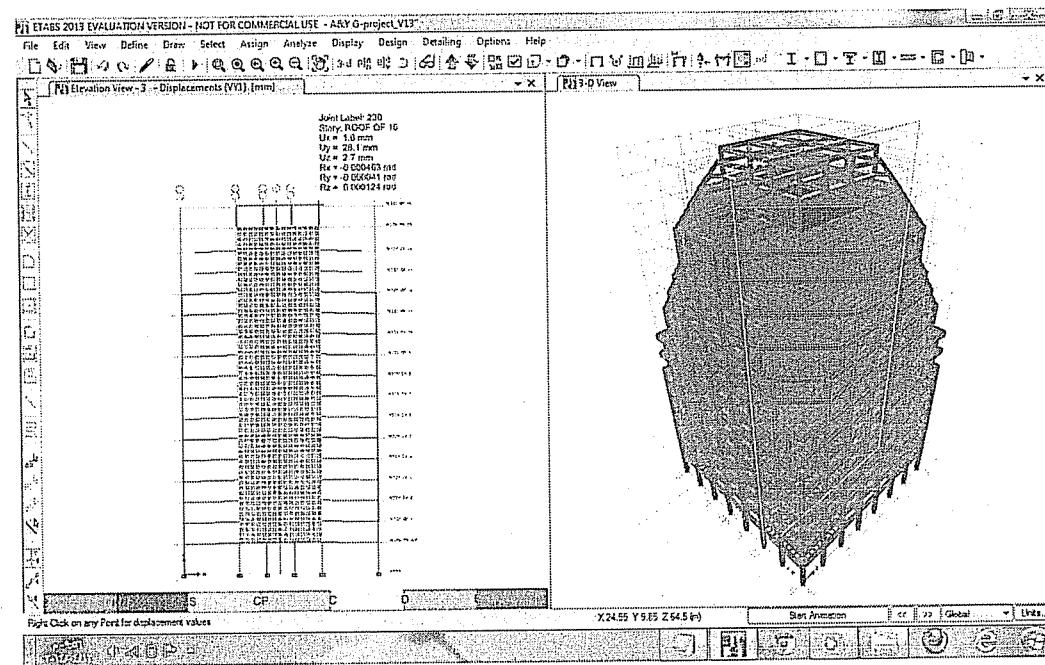
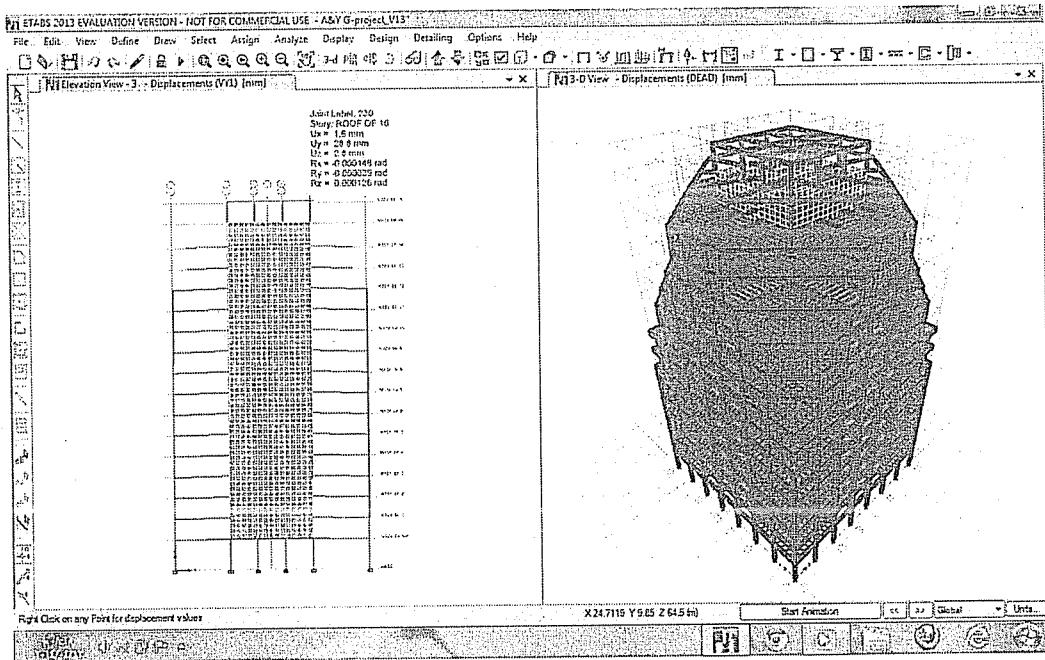
البلاطات	القوة	الانتقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	Vx1	UX (mm)	23.1	22.5



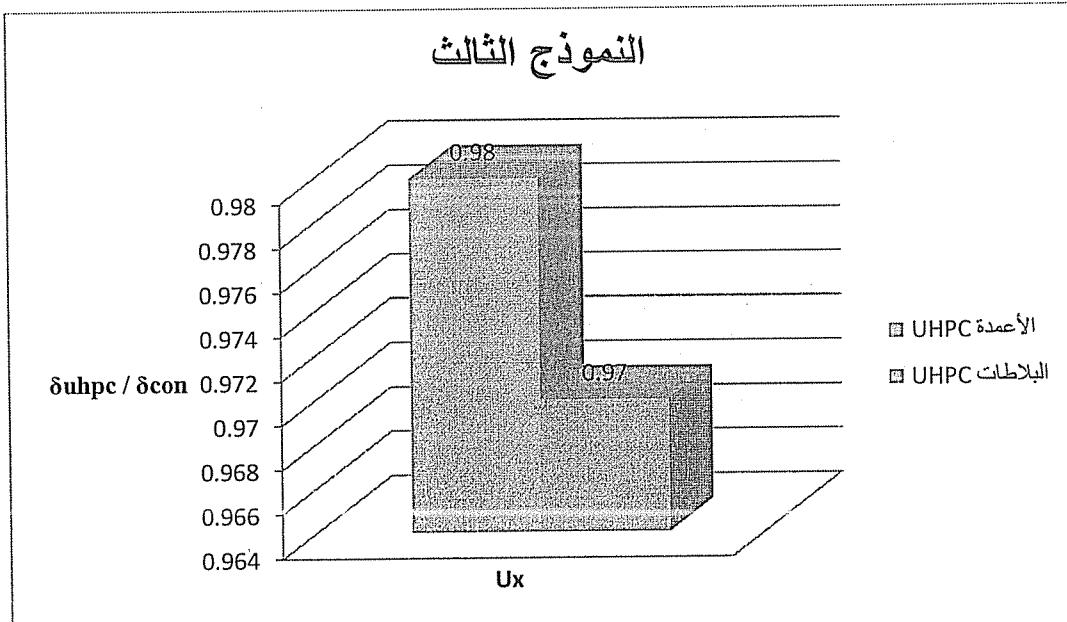
الشكل رقم ( 21-4 ) : الانتقال أعلى المبني باتجاه X " استخدم UHPC في البلاطات "

نلاحظ في الصور التالية التغير في الانتقال  $U_y$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $V_y$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في البلاطات فقط :

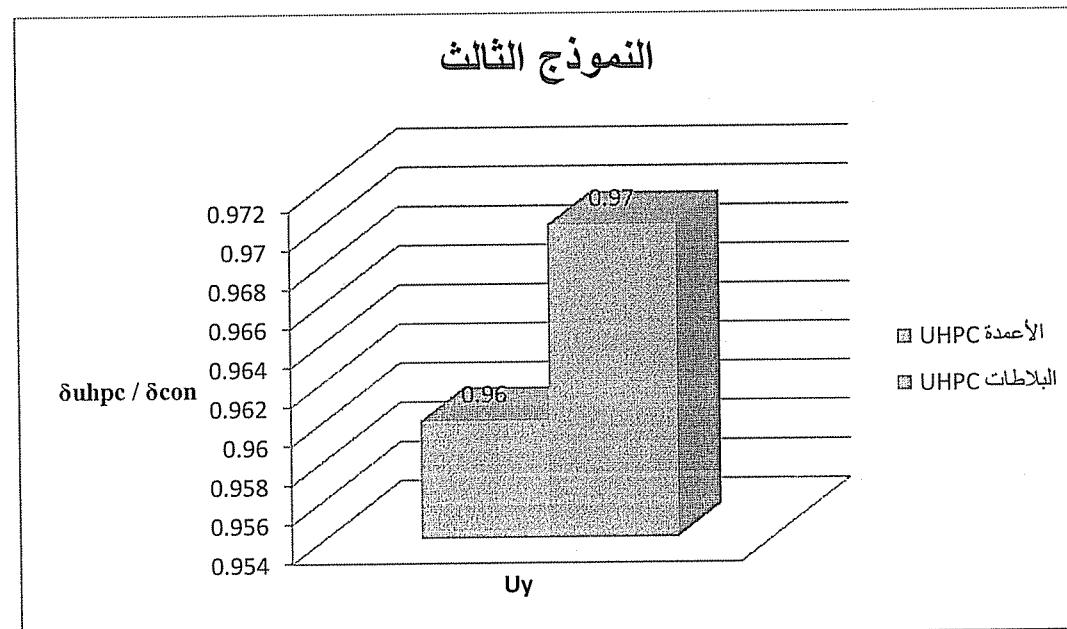
البلاطات	القوة	الانتقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	$V_y 1$	$U_y$ (mm)	28.8	28.1



الشكل رقم ( 22-4 ) : الانتقال أعلى المبني باتجاه y " استخدم UHPC في البلاطات "



الشكل رقم (23-4) :  $\delta_{uhpc} / \delta_{con}$  للنموذج الثالث باتجاه  $x$



الشكل رقم (24-4) :  $\delta_{uhpc} / \delta_{con}$  للنموذج الثالث باتجاه  $y$

$\delta_{uhpc}$  : الانتقال أعلى النموذج المعدل باستخدام UHPC .

$\delta_{con}$  : الانتقال أعلى النموذج الأساسي .

النتيجة :

نلاحظ عدم كفاءة هذه المادة عند استخدامها في النماذج التي تحوي إطارات بشكل أساسي حيث تم تخفيض الانتقال بما يقارب 2 %. لأنه كما استنتجنا سابقاً فإن الجزء الأساسي من الديافراغمات وهو الجوانز يشكل الجزء الأهم من الإطارات .

#### ٤-٤ تحليل النموذج الرابع :

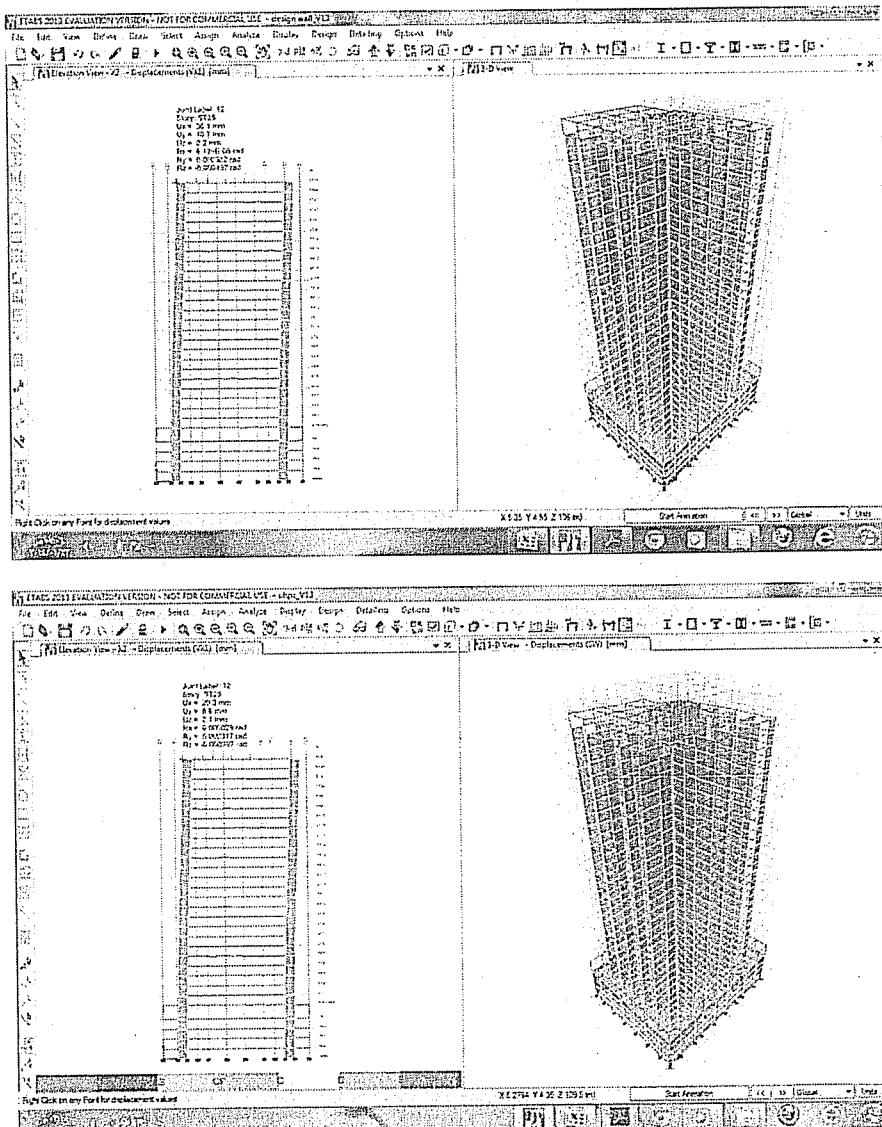
هو عبارة عن مبني من 30 طابق . الجملة الإنشائية جدارية .

تم وضع UHPC في عدة عناصر كل على حدا كما يلي :

(١-٣-٤) - في كل البلاطات :

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $U_x$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $V_{x1}$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في البلاطات فقط :

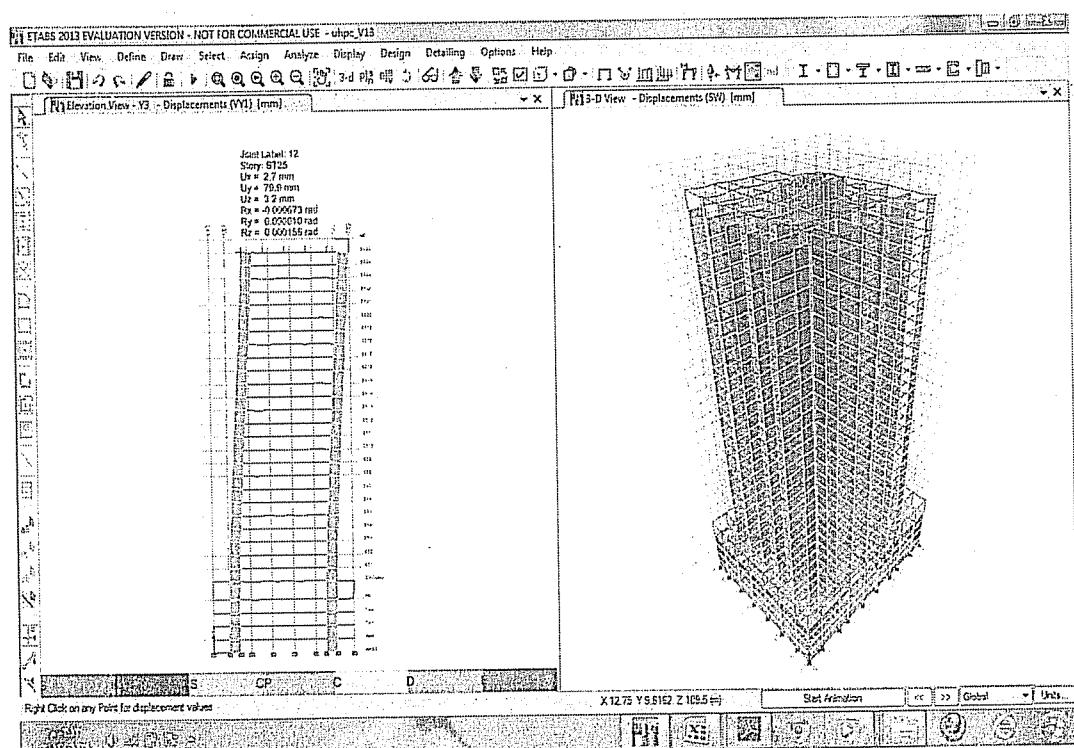
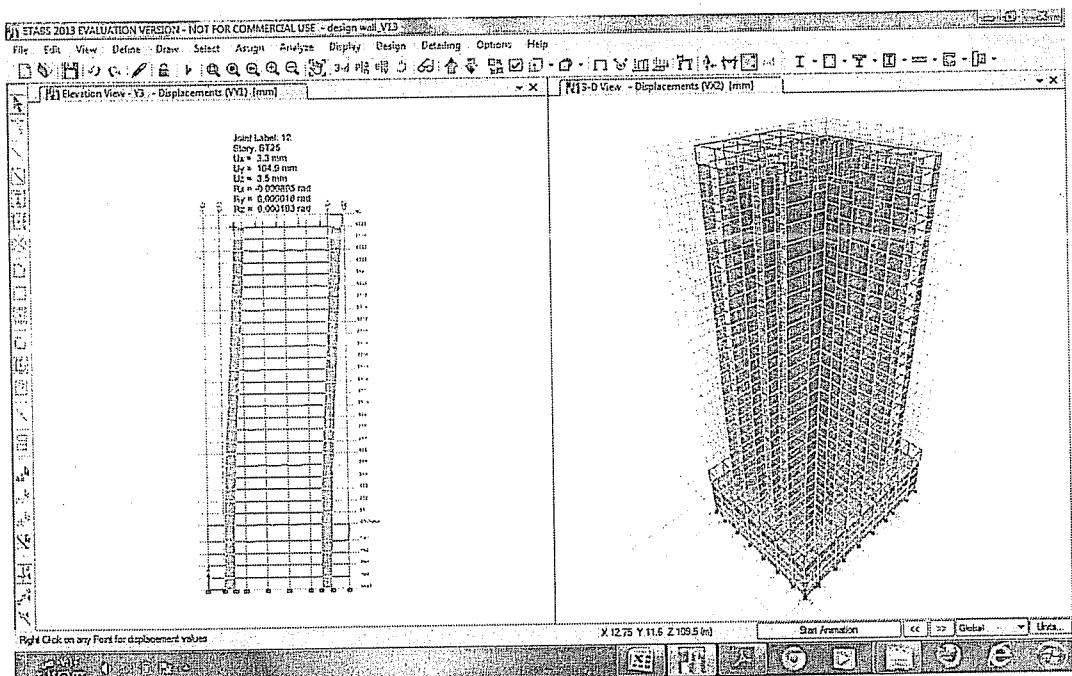
البلاطات	القدرة	الإنقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	$V_{x1}$	$U_x$ (mm)	36.1	29.3



الشكل رقم (٤-٢٥) : الإنقال أعلى المبني باتجاه X "استخدم UHPC في البلاطات"

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $U_y$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $V_{y1}$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في البلاطات فقط :

البلاطات	القوة	الإنقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	$V_{y1}$	$U_y$ (mm)	104.9	79.9



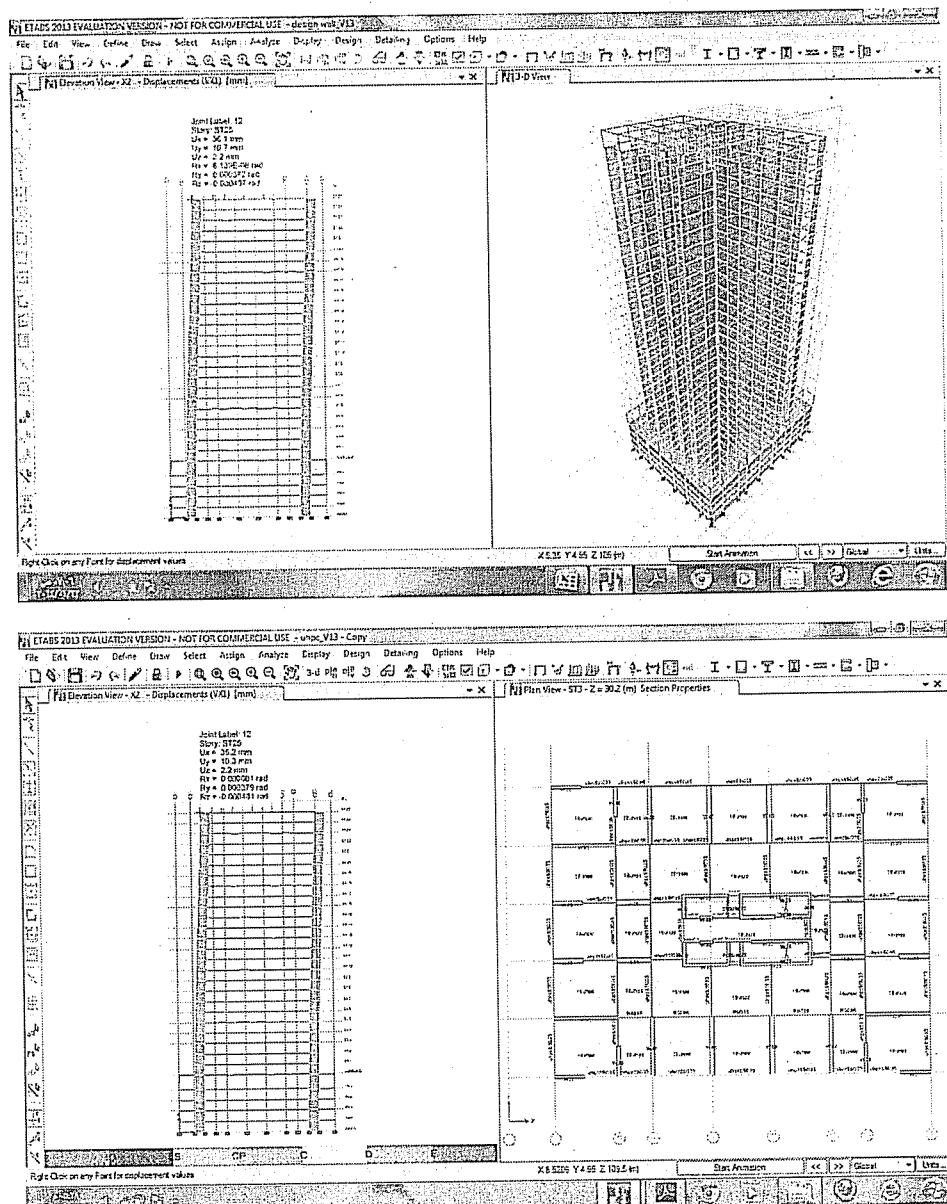
الشكل رقم (4-26) : الإنقال أعلى المبنى باتجاه  $y$  "استخدم UHPC في البلاطات"

(2-3-4)- في البلاطات ( 3, 11, 19 ) :

(( استخدم UHPC في البلاطات والجوانز هنا . كما تم التجربة باستخدام UHPC في البلاطات دون أي تغير يذكر )) .

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $U_x$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $Vx1$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في البلاطات فقط :

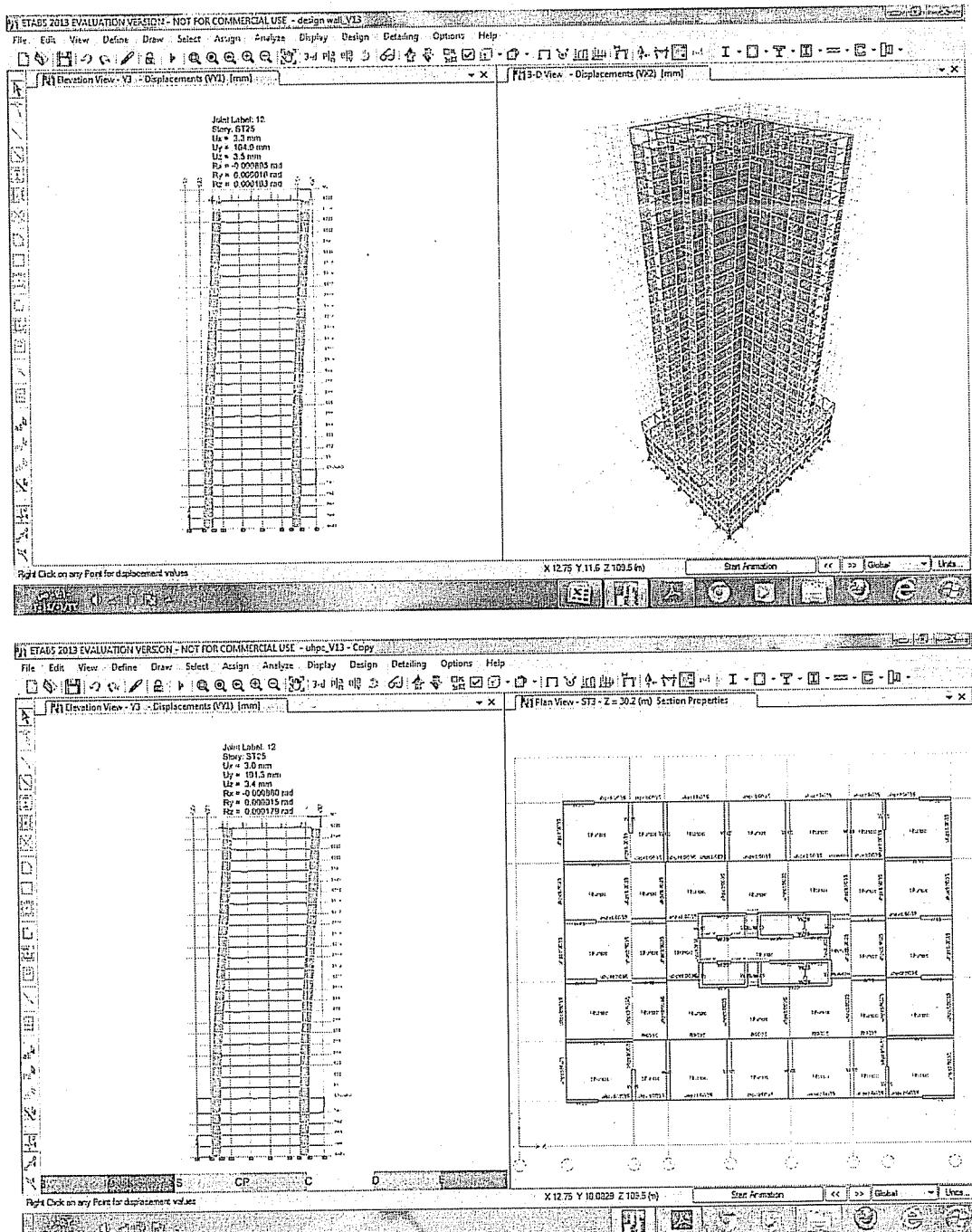
البلاطات	القوة	الإنقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
3,11,19	$Vx1$	$U_x$ (mm)	36.1	35.2



الشكل رقم (27-4) : الإنقال أعلى المبني باتجاه x "استخدم UHPC في بلاطات معينة"

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $Uy$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $Vy1$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في البلاطات فقط :

البلاطات	القوة	الإنقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
3,11,19	$Vy1$	$Uy$ (mm)	104.9	101.3

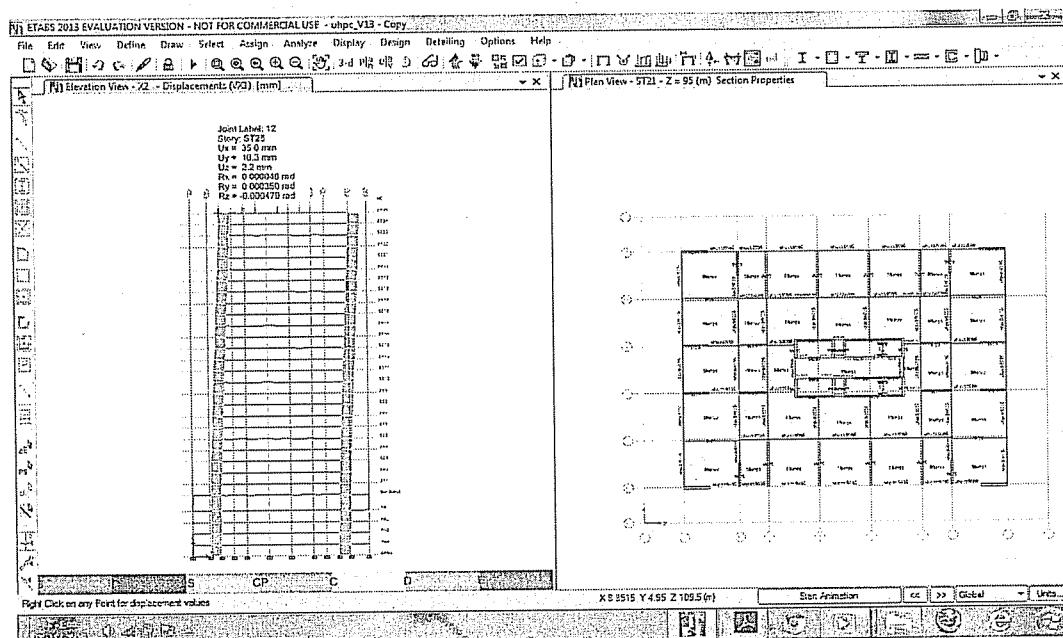
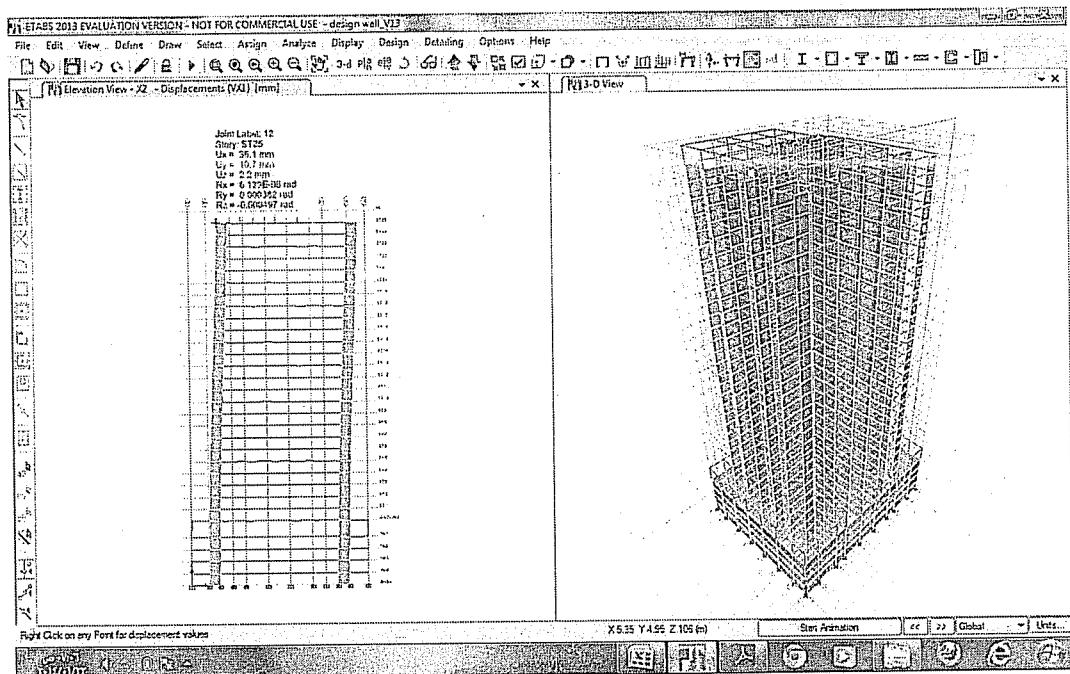


الشكل رقم (28-4) : الإنقال أعلى المبني باتجاه y "استخدم UHPC في بلاطات معينة"

(3-3-4)- في البلاطات الأخيرة ( 21 ..... 25 ) :

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $U_x$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $Vx1$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في البلاطات فقط :

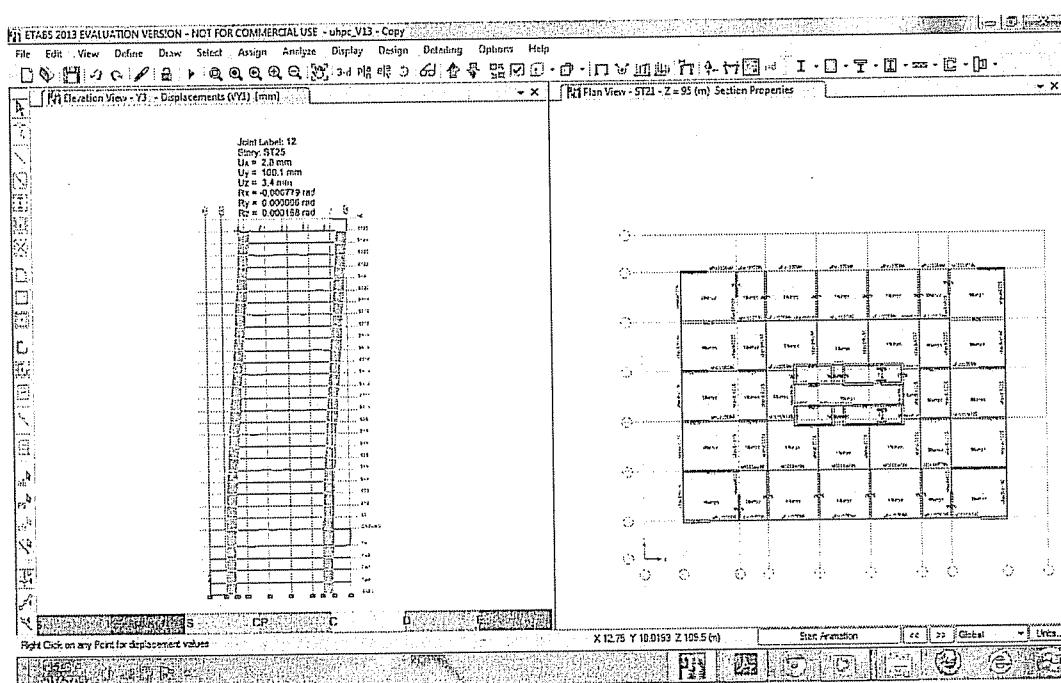
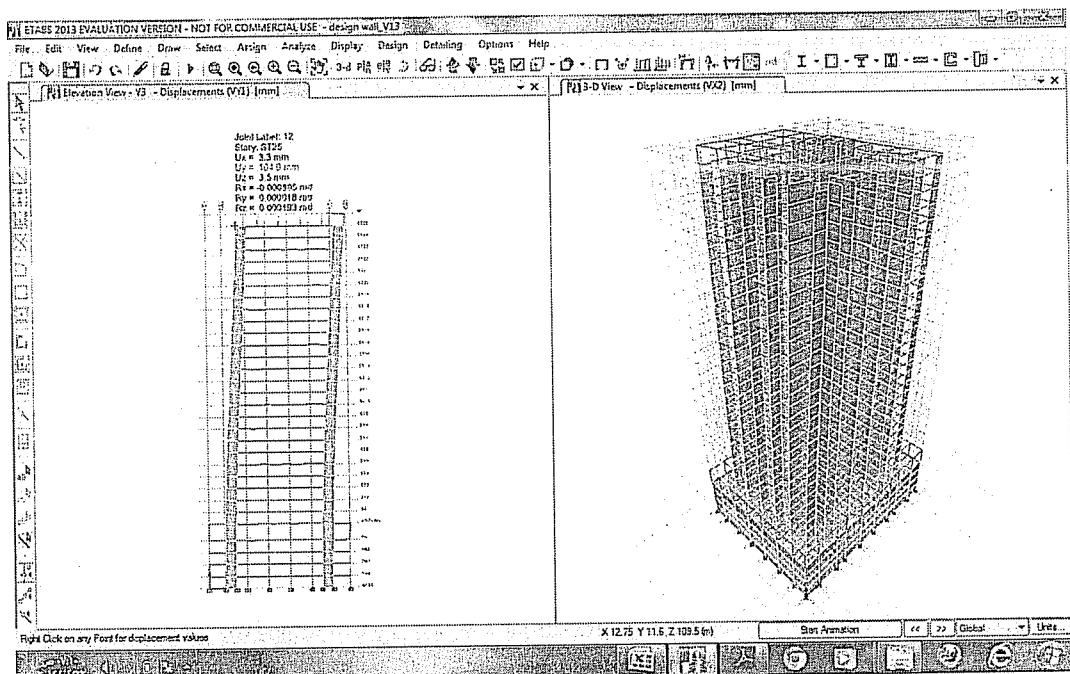
آخر خمس بلاطات	القوة	الإنقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	$Vx1$	$U_x$ (mm)	36.1	35.0



الشكل رقم (29-4) : الإنقال أعلى المبني باتجاه x "استخدم UHPC في البلاطات الأخيرة"

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنقال  $Uy$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $Vy1$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في البلاطات فقط :

آخر خمس بلاطات	القوة	الإنقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	$Vy1$	$Uy$ (mm)	104.9	100.1



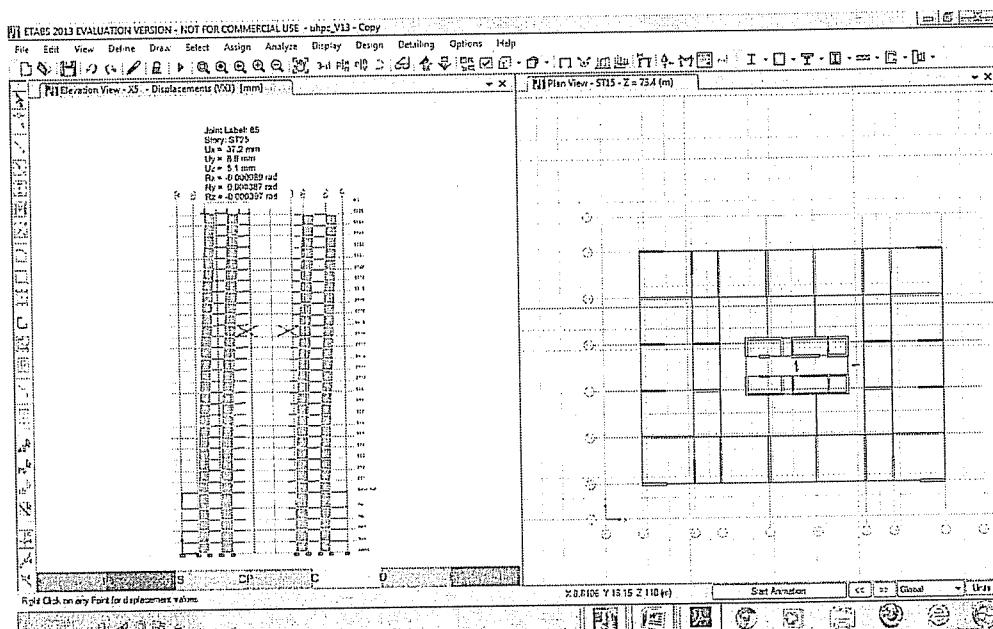
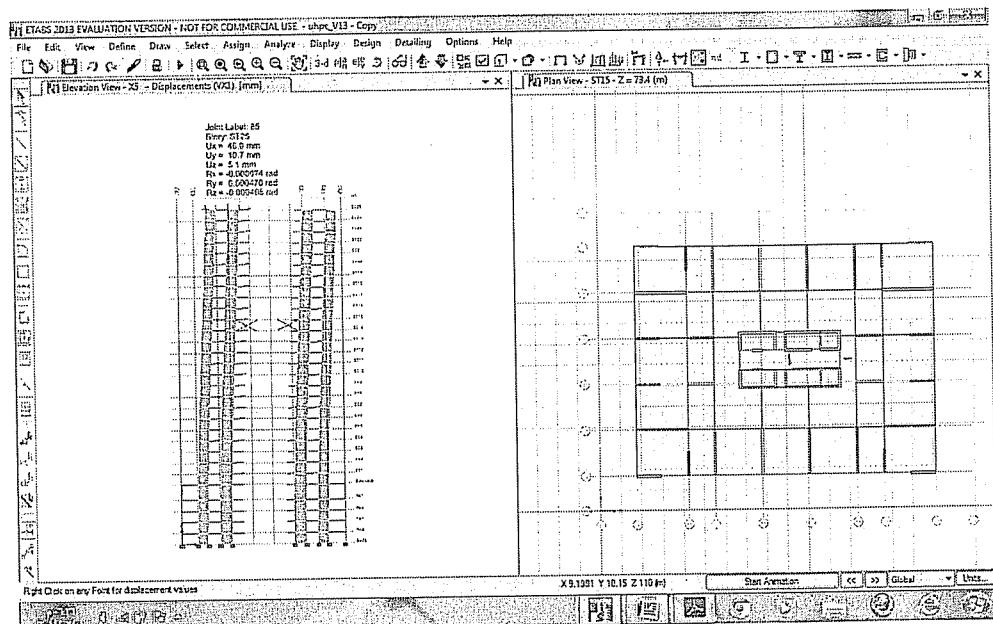
الشكل رقم (30-4) : الإنقال أعلى المبني باتجاه y "استخدم UHPC في البلاطات الأخيرة"

4-3-4) في جملة تربيط واحدة :

(( استخدم أيضاً جملتين وثلاث جمل تربيط والنتائج قريبة من حالة جملة تربيط واحدة )) .

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنتقال UX تحت تأثير القوة الزلزالية Vx1 بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في عنصر التربيط فقط :

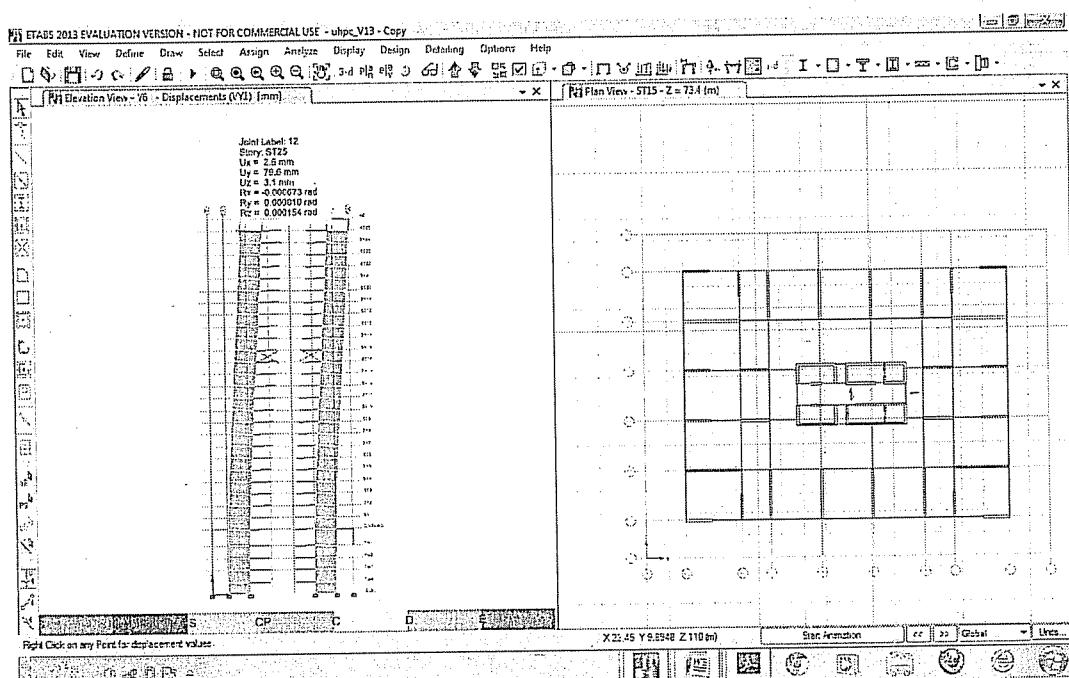
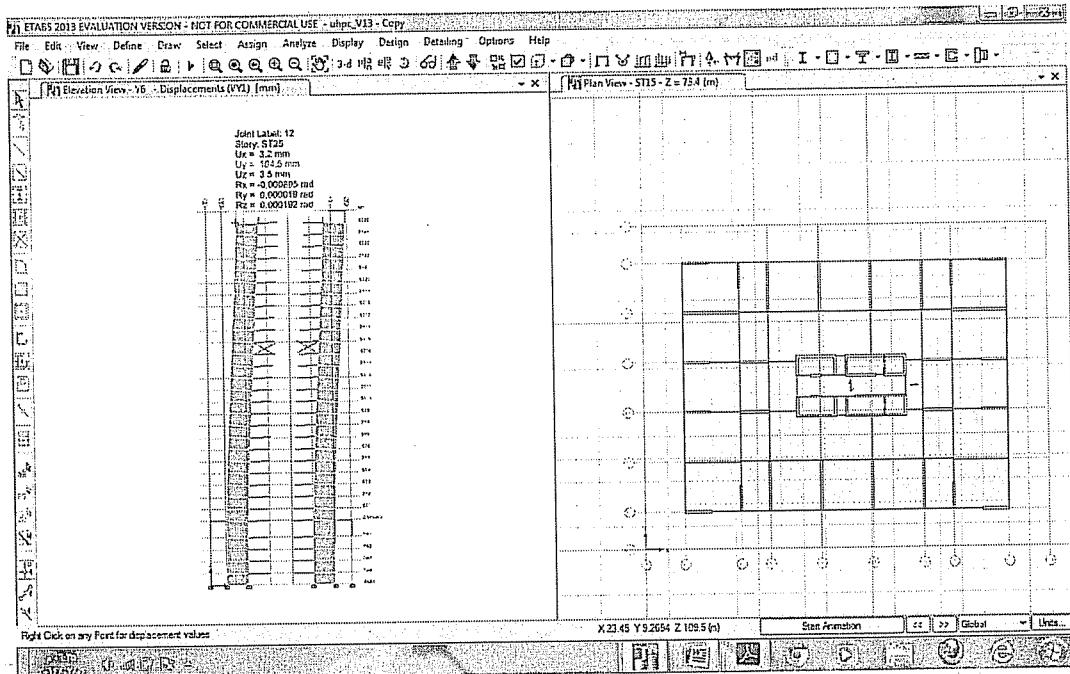
جملة تربيط واحدة	القوة	الإنتقال	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	Vx1	UX (mm)	46.0	37.2



الشكل رقم (31-4) : الإنتقال أعلى المبنى باتجاه X "استخدم UHPC في جملة تربيط واحدة"

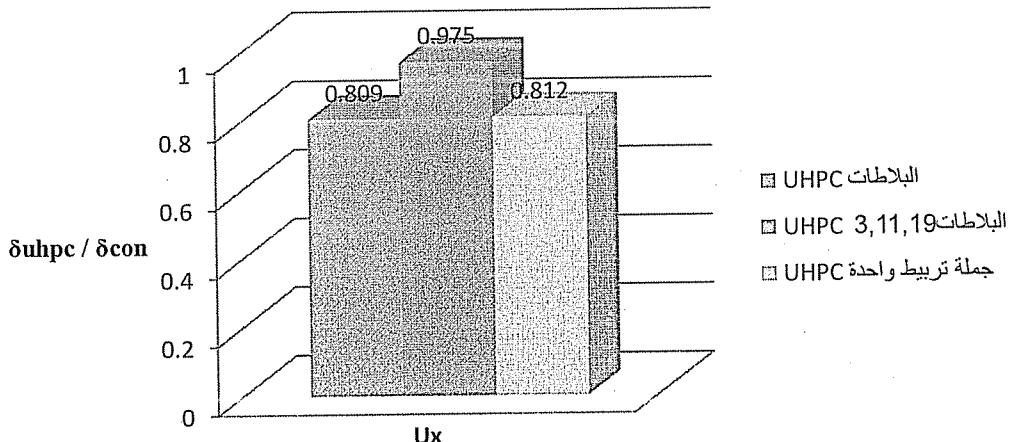
نلاحظ في الصور التالية التغير في الإننقل  $U_y$  تحت تأثير القوة الزلزالية  $V_y1$  بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في عنصر التربيط فقط :

جملة تربيط واحدة	القوة	الإننقل	المادة المستخدمة	
			بيتون عادي	UHPC
	$V_y1$	$U_y$ (mm)	104.5	79.6



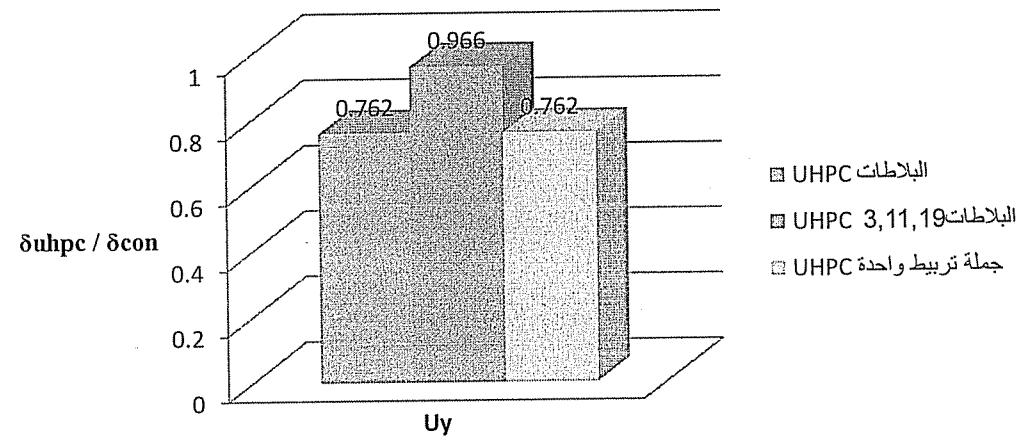
الشكل رقم (32-4) : الإننقل أعلى المبني باتجاه y "استخدم UHPC في جملة تربيط واحدة"

### النموذج الرابع



الشكل رقم (33-4) :  $\delta_{uhpc} / \delta_{con}$  للنموذج الرابع باتجاه  $x$

### النموذج الرابع



الشكل رقم (34-4) :  $\delta_{uhpc} / \delta_{con}$  للنموذج الرابع باتجاه  $y$

.  $\delta_{uhpc}$  : الانقلال أعلى النموذج المعدل باستخدام UHPC

.  $\delta_{con}$  : الانقلال أعلى النموذج الأساسي .

النتيجة :

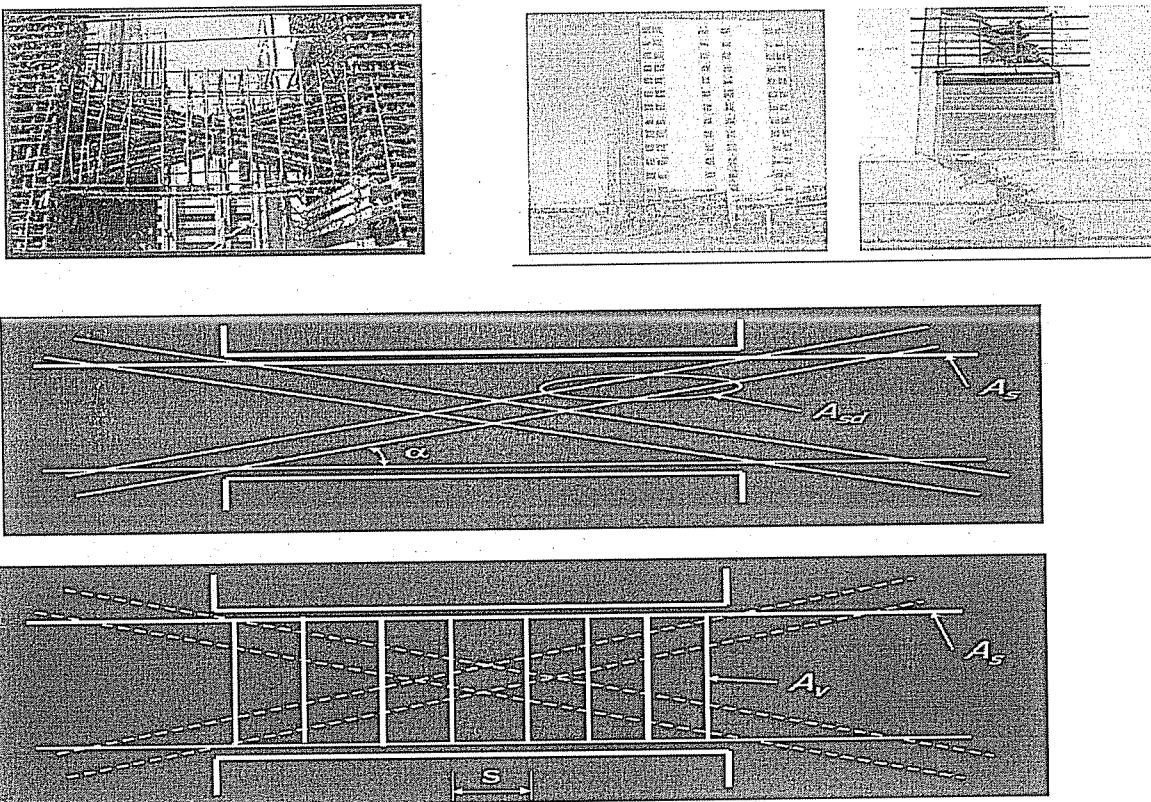
نلاحظ هنا أن تخفيض الإنقلال تم بقيمة ( 20% - 25% ) عند استخدام المادة في كل البلاطات .

تخفيض بسيط لحدود 5% عند استخدام المادة في بلاطات معينة .

تخفيض بقدر 25% عند استخدامها في جملة تربيط واحدة فقط .

#### استخدام UHPC في الجائز الرابط : 4-4

بما أن الجوانز الرابطة تتعرض لقوى كبيرة كان من المجدى التفكير باستخدام هذه المادة لما لها من مقومات عالية متوقعين زيادة كفاءة هذه العناصر :



$$V_n = V_c (V_{cf}) + V_{sd} + V_s$$

For reinforced concrete, use  $V_c = 0$

For fiber reinforced concrete, use  $V_{cf} = 4\sqrt{f'_c} \cdot b_w \cdot d$

$$V_{sd} = 2 (A_{sd} \cdot \sin \alpha \cdot f_y)$$

$$V_s = \frac{A_v f_{yt} d}{s}$$

.  $V_n$  : قدرة تحمل الجائز الرابط الكلية على القص .

$V_c$  : قدرة تحمل البeton العادي في الجائز الرابط على القص .

$V_{cf}$  : قدرة تحمل البeton فائق الأداء في الجائز الرابط على القص .

$V_{sd}$  : قدرة تحمل التسلیح القطری للجازن الرابط على القص .

Vs : قدرة تحمل التسلیح العرضي للجائز الرابط على القص .

$F_c$  : المقاومة المميزة الإسطوانية على الضغط المستخدمة في عينة UHPC.

اجهاد السيلان للأساور . fyt

bw : العرض الفعال للجائز الرابط.

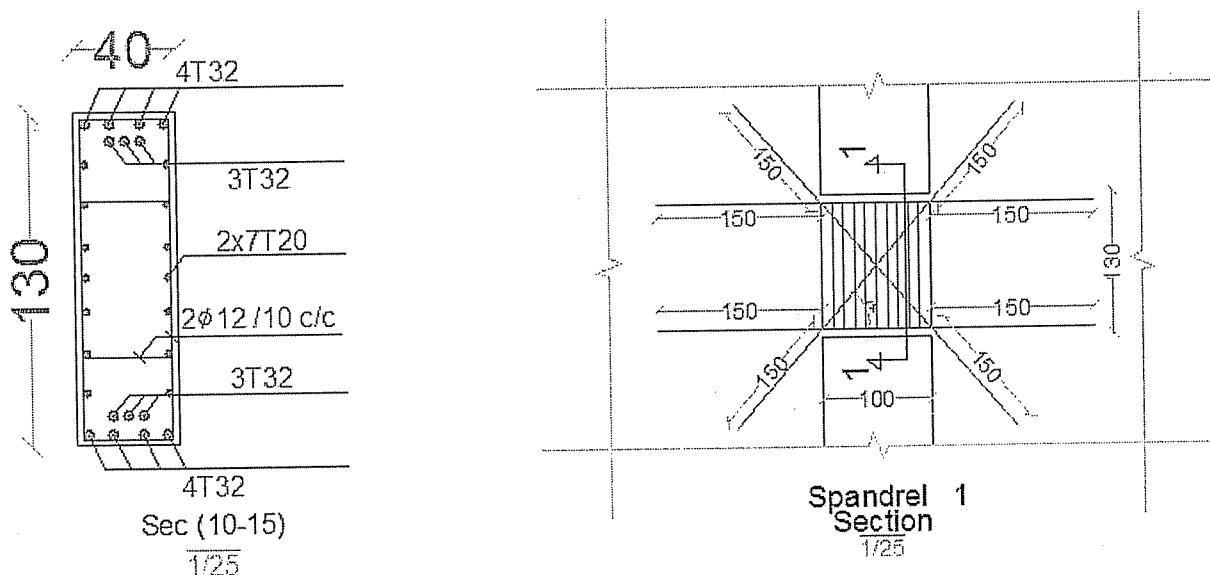
d : الإرتفاع الفعال للجائز الرابط.

خطوة الإسوارة .

Av : التسلیح العرضی للجائز الرابط

Asd : التسلیح القطری للجائز الرابط

ستقوم بدراسة الجائز الرابط ( spandrel beam 1 ) المؤخذ من النموذج ذو ال 30 طابق و الجملة الإنسانية الجدارية :



الشكل رقم (4-35) : مقطع الجائز الرابط

$$Vc = 4 * 5 * 400 * 1200 / 1000 = 9600 \text{ Kn} \quad ..... \quad 82\%$$

$$V_{sd} = 2 * 3 * \pi * 32^2 * \sin(49) * 400 / (4 * 1000) = 1457 \text{ Kn} \quad \dots \quad 12.5\%$$

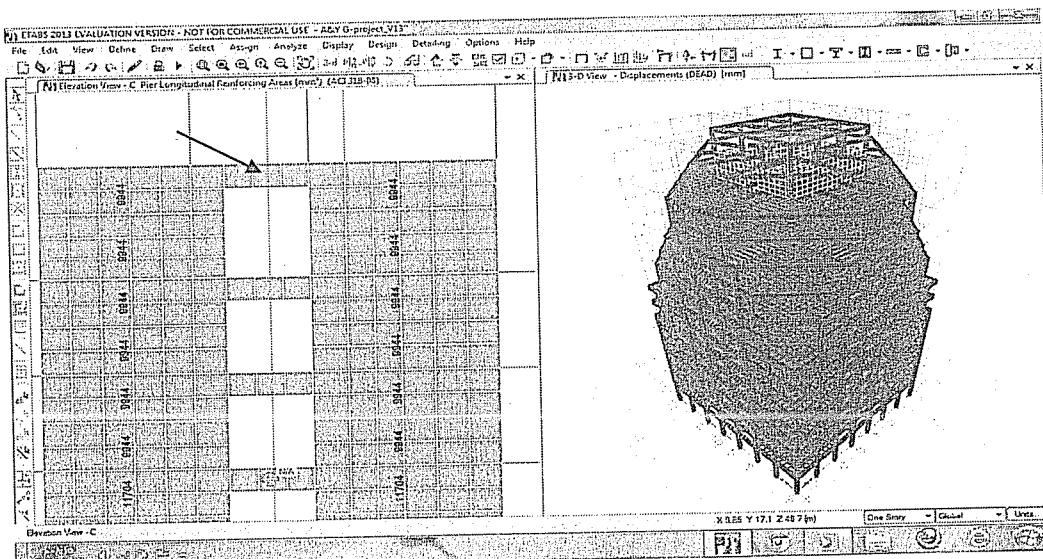
$$V_s = 2 * \pi * 12^2 * 240 * 1200 / (1000 * 100) = 651 \text{ Kn} \quad ..... 5.5\%$$

$$V_p = 9600 + 1457 + 651 = 11708 \text{ Kn} \quad ..... 100$$

### **النتيجة:**

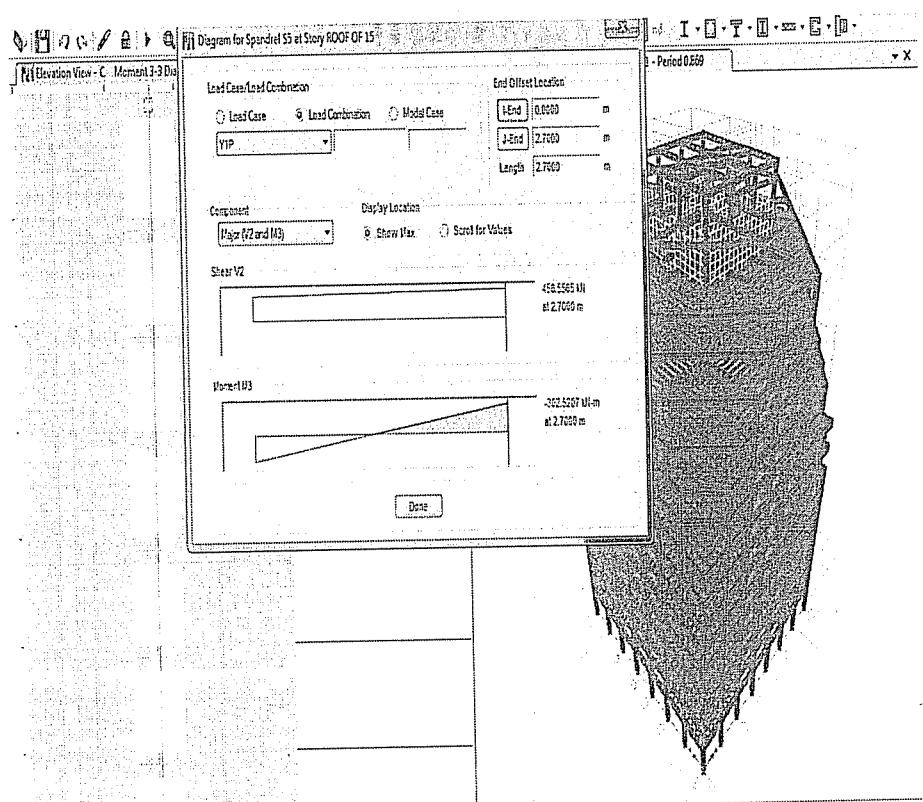
كفاءة عالية لهذه المادة تصل ل 80% من قدرة التحمل الكلية للجائز الرابط.

وإظهار كفاءة هذه المادة في الجواز الرابطة تم استخدامها في الجائز الرابط الموضح للمبني البرجي المؤلف من 16 طبق التالي :

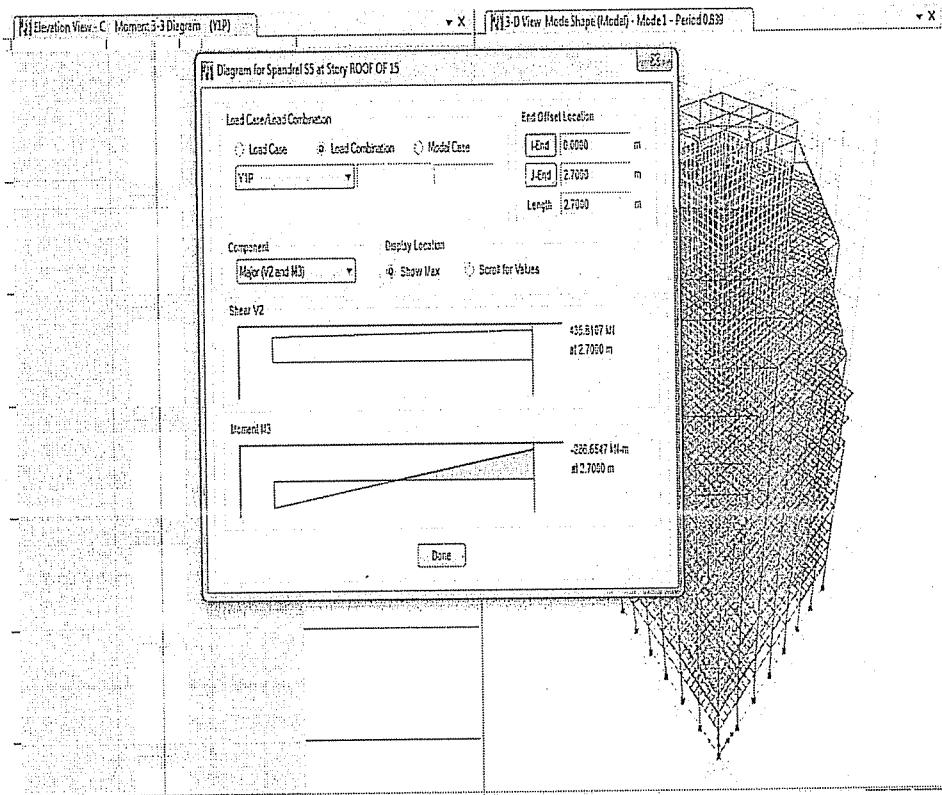


الشكل رقم (36-4) : الجائز الرابط المستخدم

نلاحظ تخفيف قوى القص و عزوم الانعطاف :



الشكل رقم (37-4) : مخططات العزم و القص للجائز الرابط باستخدام البeton العادي

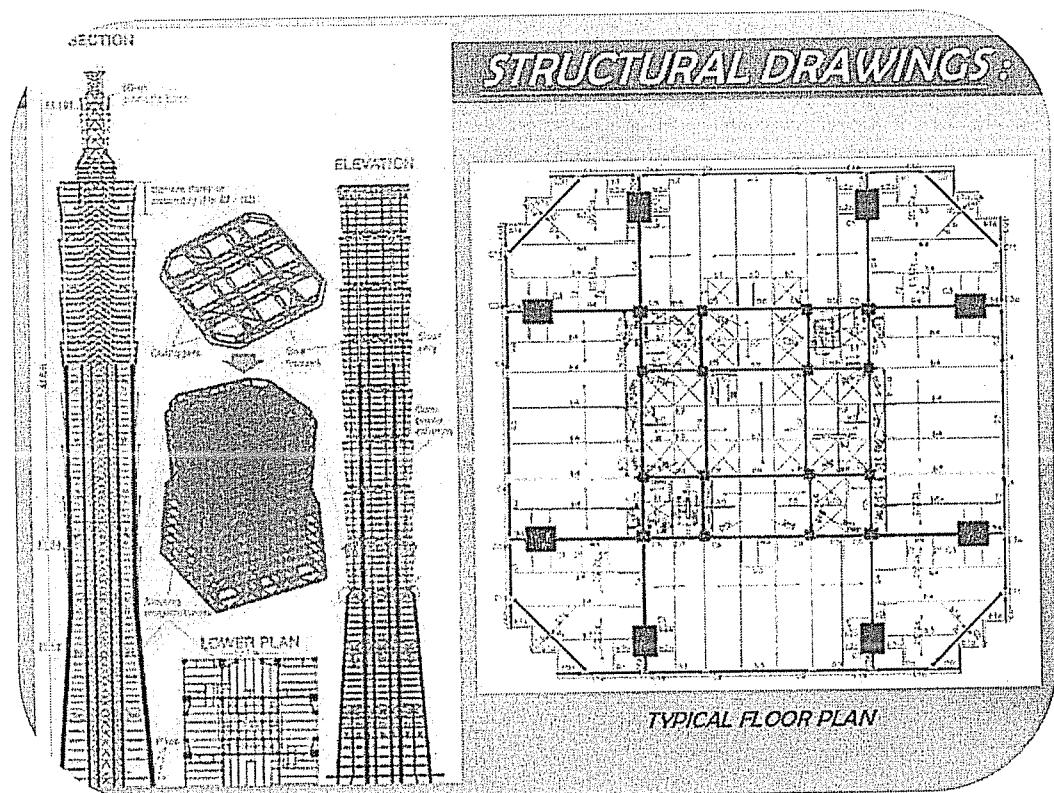


الشكل رقم (38-4) : مخططات العزم و القص للجائز الرابط باستخدام UHPC

الجائز الرابط	المادة المستخدمة		
	عادي	UHPC	
قوه القص (Kn)	458.56	435.81	
عزم الانعطاف ( Kn.m )	302.52	286.65	

النتيجة :  
تخفيض في قوى القص و عزم الانعطاف بحدود ( 6 % )

صورة توضح برج الحاوي على أعمدة UHPC Taipa 101



الأسفل الخامس بالطبع والتوصيات

نستعرض في هذا البحث ما توصلنا له من نتائج مع الإشارة لبعض التوصيات الممكن الاستفادة منها في أبحاث مستقبلية تدرس استخدام UHPC في الأبنيةالية.

### 1-5 النتائج :

- نلاحظ كفاءة هذه المادة عند استخدامها في البلاطات حيث تم تخفيض الإنفاق بما يقارب 40% في النموذج الأول و 25% في النموذج الثالث و ذلك كون هذين النموذجين الجملة المقاومة فيما للأحمال الزلزالية هي جملة جدارية مما يمنح الديافرماط القراءة على ربط جدران القص بشكل جيد وخلق جملة فراغية مكونة من الديافرماط و جدران القص ذات كفاءة عالية في تحمل القوى الزلزالية . أي بإمكاننا التفكير في قدرة هذه المادة على صنع ديافارماط صلبة دون الحاجة لخلق جمل تربيط أو طوابق صلبة .
- نلاحظ في النموذج الثاني أن تخفيض الإنفاق تم بقيمة تقارب 25% عند استخدام المادة في جدران القص وشذوذ باقي القيم عما سبق مبررين ذلك كون الجملة المقاومة للحملات الزلزالية في هذا المبنى هي عبارة عن ( جدران قص + إطارات مقاومة للعزم ). حيث أن أجزاء أساسية من الديافرماط وهي الجوانز داخلة أصلاً في عمل الإطارات المقاومة للعزم .
- تخفيض بسيط لحدود 5% عند استخدام المادة في بلاطات معينة و ذلك في النموذج الثالث حيث أنه تم توزيع صلبات الديافرماط المشكلة من هذه المادة مما أدى للتقليل من قدرة هذه الديافرماط على ربط جدران القص وبالتالي عدم الاستفادة المثلث منها .
- تخفيض بمقادير 25% عند استخدامها في جملة تربيط واحدة فقط و ذلك في النموذج الثالث كجملة مفترحة لتبيين كفاءة المادة عند استخدامها في الجمل الرابطة عند الحاجة .
- كفاءة عالية لتحمل القص لهذه المادة عند استخدامها في الجوانز الرابطة تصل لحدود 80% من قدرة التحمل الكلية للجانز إضافة إلى تخفيض قوة القص و عزم الانعطاف بمقادير 6% .

### 2-5 توصيات عامة للدراسات والأبحاث المستقبلية :

- # دراسة نماذج أكثر ارتفاعاً محاولين التركيز على استخدام ال UHPC ضمن ديافارماط البلاطات حيث أعطت أفضل نتائج ضمن تحليل النماذج السابقة .
- # محاولة الحصول على الاستخدام الأمثل لل UHPC ضمن مجموعة ديافارماط محددة بحيث تعطي نفس الكفاءة وبكلفة أقل .
- # يمكن دراسة الآثار التخادملي لهذه المادة و انعكاسه على عمل الجملة الإنسانية المقاومة للزلزال يمكن التركيز على استخدام هذه المادة في عناصر خاصة كجوانز الرابطة بين جدران القص في الأبنيةالية لما تملك من مقاومات عالية متوقعة مع الحمولات الكبيرة المطبقة على هكذا عناصر .



- [1] Adel A. Al-Azzawi, Ahmed Sultan Ali and Husam K. Risan , Nahraian University, Baghdad, Iraq ,2010.
- [2] BFFUP, A. (2002). "Ultra High Performance Fiber-Reinforced Concretes: Interim Recommendations: Scientific and Technical Committee." Association Française de Genie Civil.
- [3] Bierwagen, D., Abu-Hawash, A., and Abu, A. "Ultra high performance concrete highway bridge." 1-14 , 2005.
- [4] Blais, P. Y., and Couture, M. (1999). "Precast, Prestressed Pedestrian Bridge - World's First Reactive Powder Concrete structure." PCI Journal, 44(Compendex), 60-71 , 1999 .
- [5] Gowripalan, N., and Gilbert, R. (2000). "Design guidelines for RPC prestressed beams." Sydney, Australia: School of Civil and Environmental Engineering, University of New South Wales.
- [6] Graybeal, B. A. (2006). "Material Property Characterization of Ultra-High Performance concrete."
- [7] Graybeal, B. A., and Hartmann, J. "Strength and Durability of Ultra-High Performance Concrete." Proc., Concrete Bridge Conference, 2003 .
- [8] - KarthikKumaresan. (2011), Ultra-High Performance Concrete and Lattice Models, 79 – 111 .
- [9] Keierleber, B., Bierwagen, D., Wipf, T. (2008). "Design of Buchanan County, Iowa, Bridge, Using Ultra High-Performance Concrete and Pi-Beam Cross Section.",2008.
- [10] Perry, V., and Royce, M. "Innovative Field Cast UHPC Joints for Precast Bridge Decks (side-by-side deck-tees) Village of Lyons, NY.",2010.
- [11] Rebentrost, M., and Wight, G. (2009). "UHPC Perspective from a Specialist Construction Company."
- [12] Ricciotti, R. (2002). "The Footbridge of Peace." Concrete, 36(10), 11-13.
- [13] Tanaka, Y., Musya, H., Ootake, A., Shimoyama, Y., and Kaneko, O. "Design and construction of Sakata-Mirai footbridge using reactive powder concrete." 417–424.

[14] Uchida, Y., Tanaka, Y., Katagiri, M., and Niwa, J. (2005). "Outlines of JSCE - Recommendations for Design and Construction of Ultra High Strength Fiber Reinforced Concrete Structures (Draft)." Concrete Journal.

[15] الكود العربي السوري لتصميم و تنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة 2004 و ملحقاته ، نقابة المهندسين السوريين ، دمشق ، سوريا

## **Abstract :**

High-performance concrete (UHPC) Ultra High Performance Concrete is a sophisticated structural material attracted attention in civil engineering facilities in recent times.

In general composed material of concrete and fiber metal has resistance and rigidity in addition to the large sustainability.

This material also shows several points of strength ( seven times on compression and three times on tensile strength greater than conventional concrete ).

The slim sections of these materials using it in high buildings to take advantage of his opponents on the pressure and tensile two large and in particular that the resistance elements for horizontal loads in high rise buildings under considerable powers can drain entire resistance UHPC thus achieving optimal economic.

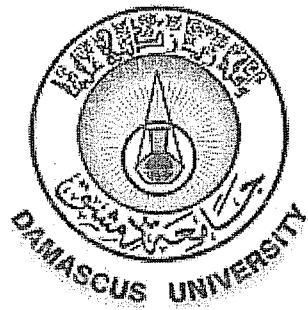
The use of (UHPC) in R/c columns reduces column sizes and extend opening areas in high rise buildings .

Several building models were used in order to study various parameters controlling the capacity of these buildings , It was taken four models of multi-storey buildings (7.13, 16.20) floor, with different structural sentences. And we analyzed the basic models and which was the construction material used are the traditional normal concrete and specifications are taken from the Syrian Arab code. And then we redefined analysis of the modified high-performance models in some of the structural elements enter the concrete (columns, slabs, walls Cut) separately, in order to study the effect of the use of this material on the efficiency of construction sentence. Then we take the transitions top of the building under the influence of seismic force in both directions X, Y, and the results were compared between the basic model and average. Emphasis was placed on the study of the possibility of the use of UHPC in slabs as Kdiamat in construction sentence, and that as that used in the vertical elements (columns and shear walls) gives inevitably highly effective, has been tried and successfully used in these elements.

Results of our study show high efficiency of this material and especially in the hardness of the slabs and in general are often neglect the effect of the horizontal structural elements (slabs) to bear the seismic forces.

**Keywords:** high-performance concrete (UHPC), high building ,Non Liner Material .

Damascus University  
Faculty of Civil Engineering  
Department of Hydro Engineering



## **Ultra-High Performance Concrete And Possibilities Of Usage In High Rise Buildings**

**A Thesis submitted To The Faculty of Civil Engineering In Partial  
Fulfillments Of The Requirements For The Master Degree**

**Prepared by  
Eng. Alaa Saadat**

**Supervised By  
Dr. Eng Abd Alhamed Kikhea**

**Damascus-2015**