

نمذجة تأثير استخدام الخرسانة فائقة الأداء على تخفيض الإنتقالات باستخدام برنامج ETABS

الدكتور عبد الحميد كيخيا*

علاء سعادات**

(تاريخ الإيداع 12 / 10 / 2015. قُبِلَ للنشر في 10 / 12 / 2015)

□ ملخص □

جذبت الخرسانة فائقة الأداء الاهتمام في المنشآت الهندسية في الآونة الأخيرة حيث أنها ذات مقاومة و صلابة عاليتين.

إن ما يقدمه الـ UHPC من مقاطع صغيرة يبرر استخدامه في الأبنية العالية للاستفادة من مقاومته الكبيرة للضغط والشد .

تم استخدام هذه المادة في الجسور لما تملكه من مقاومة عالية مما يتناسب مع الحمولات الكبيرة وكذلك كمادة صالحة للعوامل الخارجية مما يؤمن ديمومة أكبر للمنشأة . مما برر لنا التفكير في استخدام الخرسانة فائقة الأداء في الأبنية العالية كونها منشآت مكلفة ويلزم الإستفادة منها لأطول فترة ممكنة .

درسنا عدة نماذج من الأبنية متعددة الطوابق و باستخدام الخرسانة فائقة الأداء و تمت مقارنة ماحققته هذه المادة من نتائج في تخفيض الإنتقالات مع نموذج أساسي الخرسانة العادية هي مادة البناء فيه. و وجدنا بعد التحليل كفاءة عالية لهذه المادة و خاصة في ديافرامات البلاطات .

الكلمات المفتاحية: الخرسانة فائقة الأداء، الأبنية العالية ، المادة اللاخظية .

* أستاذ مساعد - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق - سورية .

** طالب دراسات عليا (ماجستير) - كلية الهندسة المدنية - جامعة دمشق - سورية .

Modelling The Effect Use Of Ultra-High Performance Concrete To Decrease Displacement by ETABS

Dr. Abd Alhamed Kikhea*
Alaa Saadat**

(Received 12 / 10 / 2015. Accepted 10 / 12 / 2015)

□ ABSTRACT □

Ultra-High-performance concrete (UHPC) attracted attention in the civil engineering industry in recent times, because it has high resistance and rigidity .

What provided the UHPC of skinny clips justifies using it in high buildings to take advantage of pressure and tensile its resistance .

The largest use of this material in the bridges because of its high resistance which suitable for large loads as well as a valid treated outside the center and sustainability of the high buildings, We study several models of building and we use this material in several elements of these .

We found after analysis of the high efficiency of this models, especially in Diaframat

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

* Assistant Professor , Faculty of Civil Engineering , Damascus University, Syria .

** Postgraduate Student , Faculty of Civil Engineering , Damascus University, Syria .

مقدمة :

تتكون الخرسانة فائقة الأداء (Ultra-High-Performance-Concrete) (UHPC) من الببتون مع ألياف معدنية ذات مقاومة وصلابة عاليتين و ديمومة كبيرة ، إذ تبلغ مقاومتها للضغط سبع مرات أكثر وعلى الشد ثلاث مرات أكثر من الخرسانة التقليدية . تم الإستخدام الأكثر لهذه المادة في منشآت البنية التحتية للطرق السريعة في الولايات المتحدة و في الجسور والمنشآت ذات المجازات الكبيرة ، لما تملكه من مقاومة عالية للإجهادات بما يتناسب مع الحمولات الكبيرة المطبقة على هذه المنشآت . إن استخدام هذه المادة في الأبنية العالية محدود جدا ، حيث اقتصر استخدامها في بعض الحالات الخاصة في العناصر الشاقولية (أعمدة ، جدران قص) . رغم خصائصها الميكانيكية الفائقة ، وذلك لأنها مواد مكلفة ، ولكن بسبب صغر مقاطعها فانها تقلل من الكلفة الاجمالية للمنشأ حيث أن المقاطع الصغيرة التي تتطلبها تخفض الكمية الإجمالية للببتون المستخدم في المنشأ بشكل عام، حيث بينت الشركة الأسيوية للصناعات الخرسانية أن هذه المادة ساهمت في توفير 30 في المئة من كلفة الهيكل الانشائي لبرج كريستال في الكويت . مما يجعلها منافسة للفولاذ عالي المقاومة والخرسانة مسبقة الإجهاد.

**مكونات UHPC :**

تتألف UHPC من ببتون مضاف إليه ألياف معدنية ذات مقاومة وصلابة عاليتين . تشكل الألياف (2%) من الحجم أي ما يقارب [6% من الوزن] . بينما w/c أقل من (0.2)

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

Material	Amount (kg/m ³ (lb/yd ³))	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

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

تشكل الحصىات الخشنة والناعمة مكونين أساسين للببتون العادي حيث تشكل الحصىات الخشنة نسبة (35%) من الوزن بينما الناعمة (25 - 35 %) من الوزن وبالتالي يستخدمان مع بعضهما بنسبة (60 - 70 %) من الوزن . أما في الخرسانة فائقة الأداء فلا يحوي حصىات خشنة بل يستعاض عنها بألياف التسليح بنسبة (6.2%) . بينما الحصىات الناعمة تشكل نسبة وزنية (41%) ، كما مبين في الجدول . يشكل الأسمنت البورتلاندي في الخرسانة العادية نسبة وزنية (9 - 18 %) ، بينما يرتفع في الخرسانة فائقة الأداء إلى (28.5%) . يشكل الماء في الخرسانة العادية نسبة (6 - 9 %) ، بينما يشكل في الخرسانة فائقة الأداء حوالي (4.4%) وهذا ما يفسر انخفاض نسبة الماء للأسمنت إلى (0.2) مقارنة بالخرسانة العادية (0.4 - 0.5) .

التسميات التجارية لل UHPC :

- Ductal : في الولايات المتحدة الأمريكية .
- Bsi,Densit,Cemtec,UHPFRC : أوروبا
- PRC : في استراليا .
- UHSFRC : في اليابان .

1 - استخدامات UHPC والكودات الناظمة لأستخدامها :

- لقد استخدمت UHPC في بعض المشاريع الحيوية نذكر منها :
- جسر شيربوك مجازه (60 م) (Blais and Couture , 1999)
- جسر شيفيرد مجازه (15م) له أربع حارات مرورية (Rebentrost and Wight , 2009)
- مستخدمة في جسرين في نيوزلاند جوائز مبتكرة مع ثقب (Rebentrost and Wight , 2009) مصنوع في استراليا
- جسر في اليابان (Tanaka etal , 2002)
- جسر مارس هيل (Bierwagen etal , 2005)
- جسر جاك وي (Keierleber , 2008)
- *الكود الأوربي : (BFFUP,2002)

يعد الكود الأوربي نتاج الخبرة المكتسبة من التطبيقات الصناعية و 10 أعوام من البحث في مجال UHPFRC (Ultra-high performance fiber reinforced concrete) ويتكون الكود من ثلاث أجزاء : الجزء الأول يتعلق بتوصيف المواصفات الميكانيكية له مع بعض الضوابط والإجراءات لوضعه في المكان ، أما الجزء الثاني يبين تصميم وتحليل منشآت ، والجزء الثالث يتناول المتانة مع الإشارة للضرر الممكن أن يلحق به .

*الكود الياباني : (Uchida,Tanaka,2005)

إن جسر ساكاتا ميريا هو الأول في اليابان المصمم باستخدام البيتون مسبق الإجهاد مع (Ultra-high Strength Fiber-reinforced Concrete) UFC

و نوضح فيما يلي بعض خصائص هذه المادة المعتمدة في الكود الياباني للإستفادة منها في العينة المدروسة :

- يوصف السلوك والخواص الميكانيكية على أساس تجارب أجريت على أسطوانة بقطر 100 مم وجد أن قوة الضغط (180 N/mm²) .
- يوصى بأخذ معامل يونغ (5*10⁴ N/mm²) مع الإشارة الى الإختبارات المناسبة للحصول على القيمة الدقيقة .

○ معامل بواسون (0.2) .

○ تحدد الخصائص الحرارية بحيث تتغير بتغير المحتوى المائي و درجة الحرارة و عوامل أخرى ويعطي قيماً إرشادية لحالة محددة .

○ الأنكماش بعوامل عدة منها : نوعية المادة ، نسب الخلط ، المعالجة ، أبعاد العنصر .

وينصح بقيمة معامل الزحف (0.4) . يتم إعطاء معادلات لحساب قوة التعب في التصميم على الضغط والإنعطاف وهي قابلة للتطبيق لمدة تصل إلى (2×10^6) دورة حمل مع هامش أمان قليل .

دراسة مرجعية :

مثلا تم استخدام UHPC في برج تايبيه في تايوان

Shieh, S.S., Chang, C.C. and Jong, J.H. (2003) "التصميم الإنشائي

للأعمدة المختلطة فانفة الأداء لبرج التايبيه 101 "

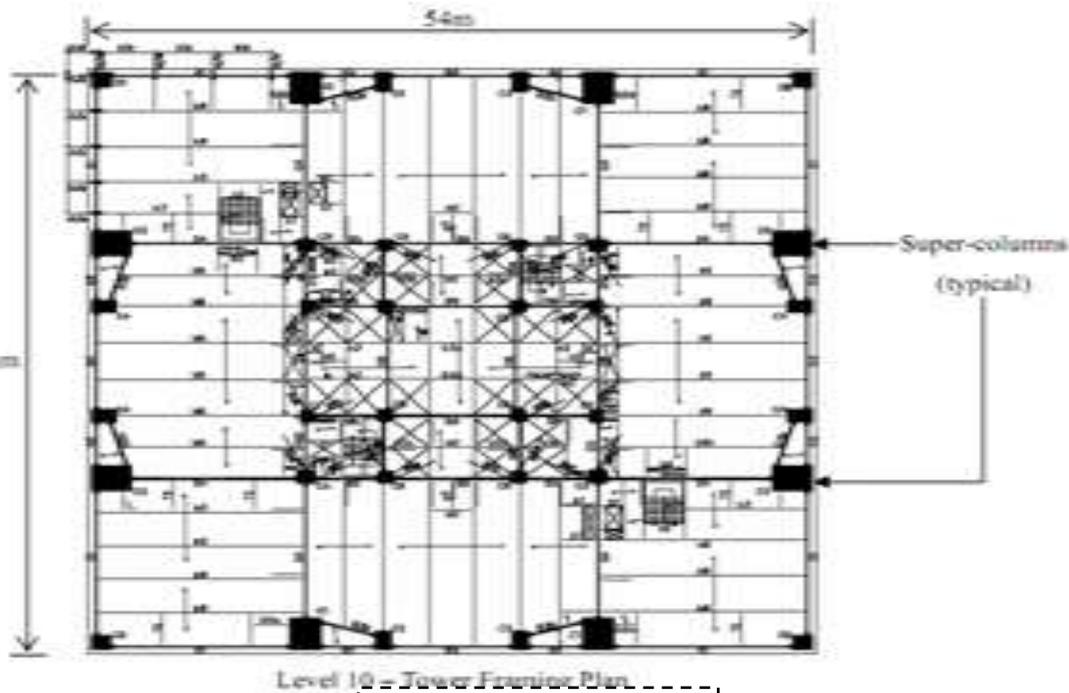
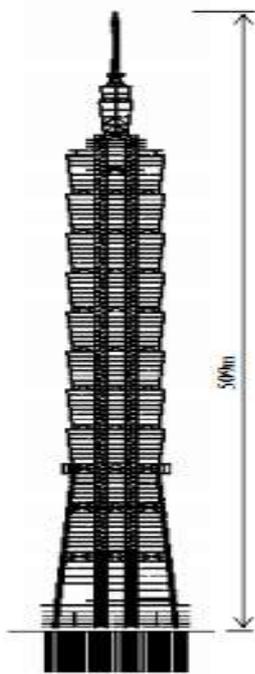
منذ عام 1960، مع ظهور uhpc، تبين أن بناء عمود خرساني مركب أكثر إقتصادية من بناء عمود فولاذ خالص و كما دلت دراسات في أمريكا الشمالية على أن الكلفة تقل أربع إلى خمس مرات .

تلعب الأحمال الميتة دوراً أساسياً في حساب العناصر الإنشائية وخاصة الأعمدة في الأبنية العالية حيث تجمع الأحمال الميتة تراكمياً لتبلغ أقصاها عند مستوى الأرض ففي مبنى (20 - 30) طابق قد يصل قطر العمود في الطابق الأرضي إلى ثلاثة أمتار باستخدام الخرسانة العادية فمن المنطقي التفكير باستخدام uhpc بسبب مزاياه .

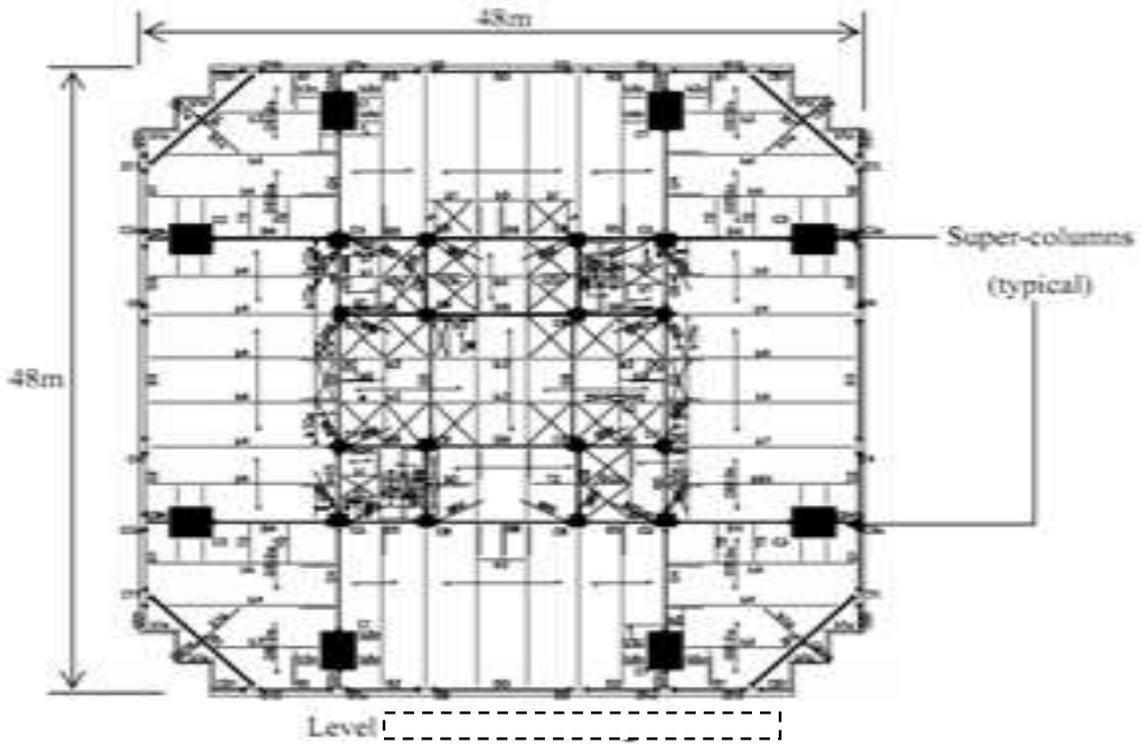
معلومات عن البرج :

ارتفاعه الكلي = 509 م ، أعلى بلاطة = 449 م ، أعلى طابق = 439 م ،

تقاوم الأحمال الشاقولية بواسطة الأعمدة ، وكما تقاوم الأحمال الجانبية بواسطة الإطارات ضمن النواة . تم استخدام أعمدة من الخرسانة الفائقة الأداء بمقاومة و وصلت إلى (70 ميغاباسكال) لحد الطابق 62. أما فوق الطابق 62 تم استخدام إطارات خاصة مقاومة للأحمال الشاقولية و الأفقية تبين الأشكال التالية مسقط الطوابق المتكررة مع أماكن توضع الإطارات ضمن النواة وكذلك أماكن Super-columns



الشكل رقم (1) مسقط الطابق العاشر (Shieh, s.s et al , 2003)



الشكل رقم(2) مسقط الطابق الثاني و الثالثون (Shieh,s.s etal , 2003)

يبين الجدول التالي مواصفات المادة المستخدمة في الأعمدة حيث وصلت المقاومة إلى (83 ميغا باسكال)

الجدول (2) : مواصفات عينة UHPC المستخدمة في أعمدة البرج (Shieh,s.s etal , 2003)

المقاومة التصميمية (90 يوم)	الهبوط	الهبوط	أكبر قطر للحصويات	الكميات (kg \ m ³)									
				الماء	مواد الإسمنت				الحصويات			خلاط	
					ماء \ اسمنت	اسمنت	الخبث	سيليكافوم	خشنة	ناعمة	حجر كلسي		
													w
	Cm	Cm	in										
	25±2	60±10	0.5	160	0.31	340	150	30	760	957	-		
10.000 psi	25±2	60±10	0.5	160	0.31	340	130	30	772	920	80	7.25	

ولعبت الخرسانة فائقة الأداء دوراً مهماً في تصنيع هذه الأعمدة والتي ساعدت البرج لأن يمتد شاقولياً لأكثر من

نصف كيلومتر و نلاحظ أنه أمن لنا فراغ معماري و لاسيما أنه في الأبنية الشاهقة كان من الصعب الحصول عليها باستخدام الخرسانة العادية ، و جاري العمل على تطوير استخدامها في دبي والصين مع الحاجة لابتكارات جديدة لبناء الأبنية العالية .

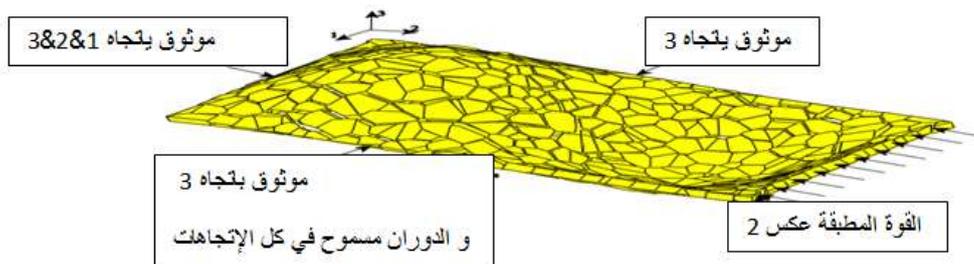
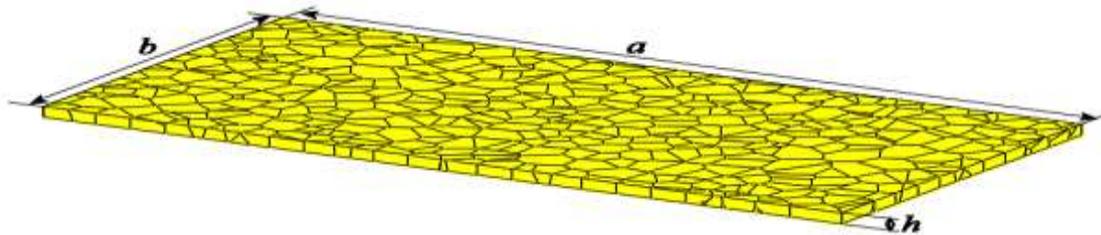
النتيجة: إن استخدام الأعمدة المصنعة من هذه المادة يسمح بالحصول على مساحات واسعة كما هو ملاحظ من المساقط رغم الإرتفاع الكبير للبرج مما يبرر لنا التفكير في استخدام في الأبنية البرجية العالية متوقعين الحصول على نتائج تؤمن فراغات معمارية كبيرة.

قام **Kumarease , 2011** بدراسة تحليلية لبلاطات من UHPC ، حيث حل 24 عينة من بلاطات وفق Laattic 3D بقسمة البلاطة إلى 500 عقدة و 5540 عنصر:

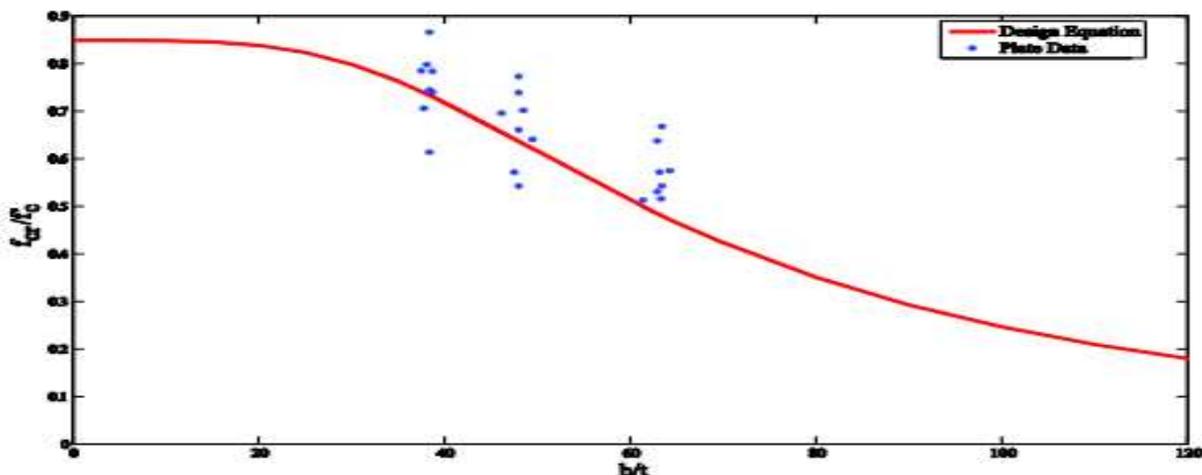
$$a = 96 \text{ cm (37.8 in.)}, b = 48 \text{ cm (18.9 in.) and } h \text{ of } 2 \text{ cm (0.78 in)}$$

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

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



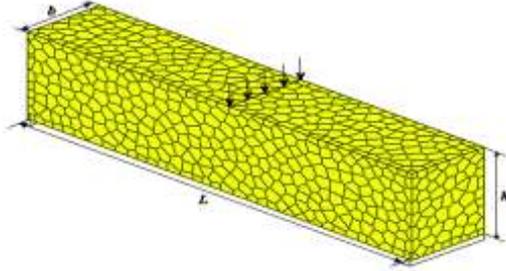
الشكل رقم (3) : نموذج البلاطة المستخدمة في التحليل (Kumaresan , 2011)



الشكل رقم (4) : مقارنة البلاطات المدروسة مع بلاطات عادية (Kumaresan , 2011)

النتيجة:

أكبر من مثيلتها من البلاطات العادية $f_{cr} \neq f_c$ تلاحظ من المخطط السابق أن 20 عينة من أصل 24 عينة كانت فيها نسبة مما يدعونا إلى التفكير في محاولة استخدام بلاطات الخرسانة فائقة الأداء كبلاطات لأبنية عالية متوقعين انخفاض في الكلفة كون البلاطات تشكل الكتلة البيتونية الأكبر في هكذا منشآت .



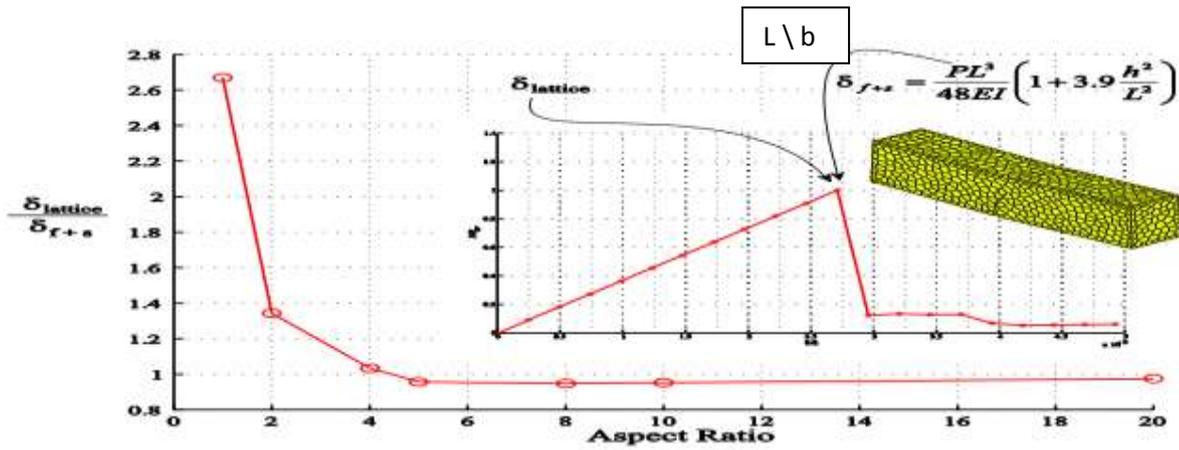
بدراسة تحليلية للجوائز **Kumaresan, 2011** كما قام

تحليل جوائز مستند من الطرفين ومعرض لقوى موزعة على عرض الجائز في نقطة وسط المجاز (ثلاث نقاط انحناء) وفق المواصفات $L = 16 \text{ in } (40.46 \text{ cm })$ التالية للجوائز :

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

الشكل رقم (5) : الجائز المدروس (Kumaresan , 2011)

وحسب القوانين التالية :



الشكل رقم (6) : علاقة $(\delta_{lattice} / \delta_{f+s}) (L/b)$ (Kumaresan , 2011)

$$I = \frac{bh^3}{12} , \quad M = \frac{pl}{4} , \quad \sigma_f = \frac{MI}{y} \Rightarrow \sigma_f = \frac{3p_{cr}L}{2bh^2}$$

$$\delta_{f+s} = \frac{P * L^3}{48 * EI} * (1 + 3.9 * \frac{h^2}{L^2}) : \text{السهم الناتج عن الحملات}$$

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

نلاحظ من المخطط السابق أن نسبة δ_{L} عند $\text{Aspect Ratio} > 5$ ثابتة عند قيمة قريبة من الواحد أي أن الإنهيار سيتم تقريباً عند تساوي الوصول للإجهادات المسموحة بينما عند قيم L/b أقل من ذلك سيكون الإنهيار بسبب تجاوز الإجهادات الحدية المسموحة . إن أغلب الجوائز المستخدمة في الأبنية تكون نسبة L/b تساوي تقريباً 10 ومن الملاحظ هنا أن $\delta_{L} = 1,6 * 10^{-4}$ بينما في الجوائز العادية تكون النسبة δ_{L} من (1\14 - 1\8) أي (0.07 - 0.125) . نلاحظ مما سبق الفرق الواضح الذي يبين التفكير في استخدام UHPC لجوائز الأبنية

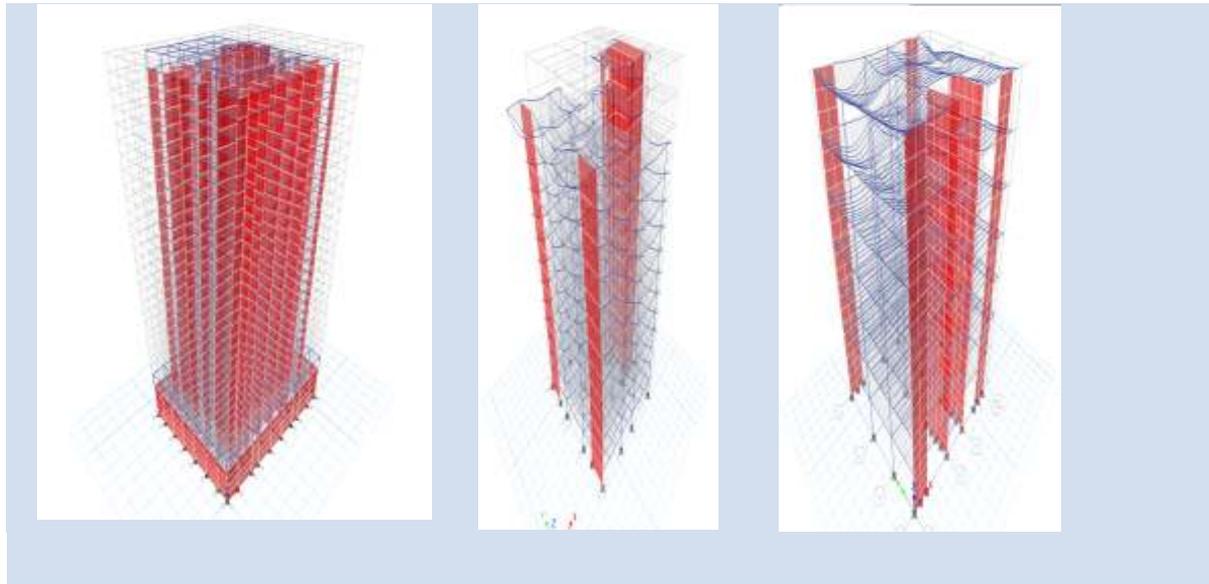
العالية و ذلك بسبب معامل المرونة الكبير . يمكن ملاحظة أن نتائج ضغط العينات أعطت عند 28 يوم قيم قريبة من 125 Mpa مقابل قيم قريبة من 25 Mpa للخرسانة العادية . يمكن ملاحظة أن نتائج شد العينات أعطت عند 14 يوم قيم قريبة من 8 Mpa مقابل قيم قريبة من 3 Mpa للخرسانة العادية .

3- الدراسة التحليلية لإظهار أثر UHPC في تخفيض الإنتقالات في الأبنية :

تمت دراسة تأثير استخدام UHPC في تخفيض الإنتقالات تم أخذ ثلاث نماذج من أبنية متعددة الطوابق (15،7،30) طابق ، ذات جمل إنشائية مختلفة. حللنا النماذج الأساسية و التي مادة البناء المستخدمة فيها البيتون العادي التقليدي ، و بعد ذلك أعدنا التحليل لنماذج معدلة بإدخال الخرسانة فائقة الأداء في بعض العناصر الإنشائية (أعمدة ، بلاطات ، جدران قص) كل على حدى ، وذلك بهدف دراسة تأثير استخدام هذه المادة على تخفيض الإنتقالات في الجملة الإنشائية . تم التركيز على دراسة امكانية استخدام UHPC في البلاطات باعتبارها كديافرامات في الجملة الإنشائية ، وذلك باعتبار إن استخدامها في العناصر الشاقولية (الأعمدة وجدران القص) يعطي فعالية كبيرة (برج تايبه 101) ، وقد تم تجربتها واستخدامها بنجاح في هذه العناصر .

*التعريف بالنماذج :

النموذج	الأول	الثاني	الثالث
عدد الطوابق	7	13	30
الجملة الإنشائية	جدارية	جدارية + إطارية	جدارية



الشكل رقم (7) : النماذج المستخدمة في التحليل

*البرنامج المستخدم :

تم استخدام ETABS 2013 لكفاءته في تحليل الأبنية المعرضة للأحمال الزلزالية (أحمال أفقية متزايدة) إضافة إلى قدرته على التعامل بسهولة مع المواد ذات الطبيعة المرنة اللاخطية : الخواص اللاخطية للمادة. يعرف

السلوك اللاخطي للمادة بدلالة منحنى (إجهاد - تشوه) للمادة كما يمكن تعريف السلوك الهستيرى للمادة بثلاث نماذج وهي: Elastic , Kimatic , Tekeda

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 والنموذج

الأساسي.

اعتمد أثناء التحليل لاخطية UHPC

*تعريف المواد :

البيتون العادي : [الكود العربي السوري ، 2012]

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

الخرسانة فائقة الأداء :

سنأخذ مواصفات العينة المستخدمة في التحليل حسب [KarthikKumaresan , (2011)] يبين الجدول

التالي مكونات عينة UHPC المستخدمة :

المواد	الكمية (Kg \ m ³)	النسبة للوزن (%)
الإسمنت البورتلاندي	712	28.5
رمل ناعم	1020	40.8
غبار السيليكا	231	9.3
الكوارتز	211	8.4
ملدنات	30.7	1.2
مسرعات	30	1.2
ألياف معدنية	156	6.2
ماء	109	4.4

و كما يبين الجدول التالي مجال قيم مواصفات العينة :

المواصفات	مجال القيم
المقاومة على الضغط (Mpa)	180 - 225
معامل المرونة (Gpa)	55 - 58.5
معامل الزحف	40 - 50
الكثافة (Kg/m ³)	2440 - 2550

و مواصفات الألياف الفولاذية المستخدمة :

المواصفات	القيمة
القطر (mm)	0.2
الطول (mm)	12.7
مقاومة الشد (Mpa)	2600

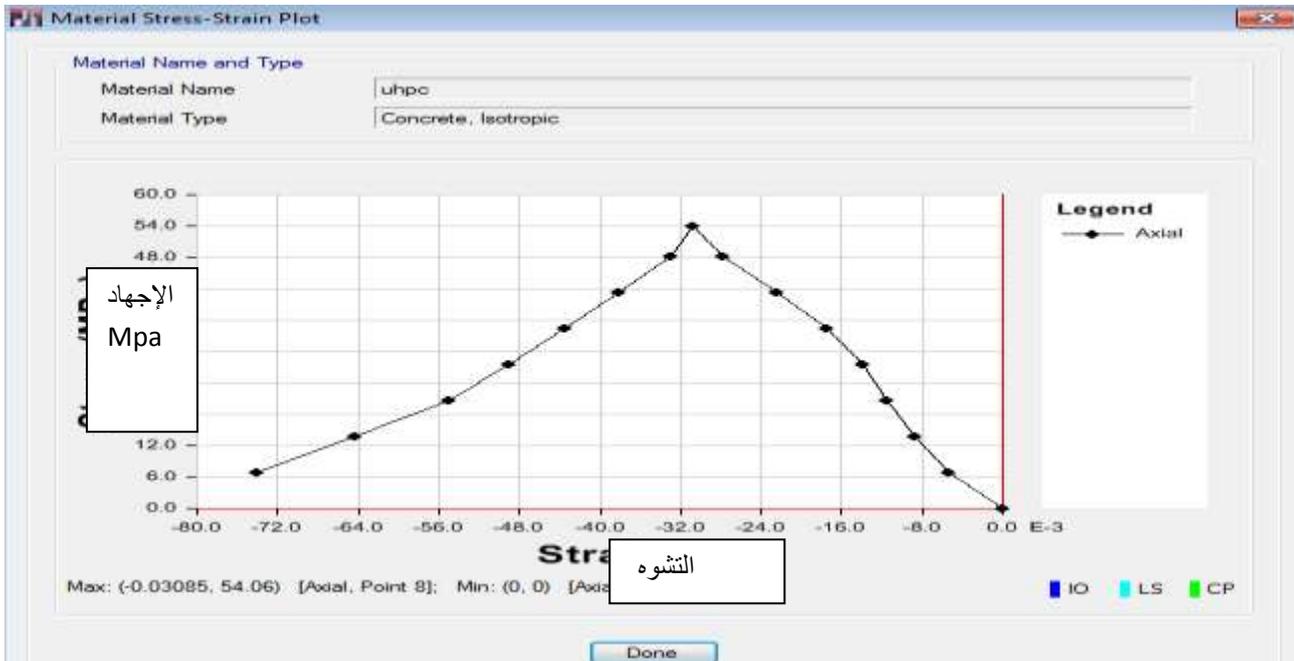
و تعطى المواصفات الكيميائية للفولاذ كما يلي :

العنصر	النسبة
الكربون	0.69 – 0.76
السيليكون	0.15 – 0.3
المنغنيز	0.4 – 0.6
الفوسفور	<= 0.025
الكبريت	<= 0.025
الكروم	<= 0.08
الألمنيوم	<= 0.003

نختار مواصفات البيتون للعيينة :

يوضح الشكل التالي مخطط (إجهاد - تشوه) وهو $F_c = 25 \text{ Mpa}$, $E = 55 \text{ Gpa}$, $\nu = 0.2$

متطابق مع المخطط المأخوذ عند الباحث KarthikKumaresan . :



الشكل رقم (8) : مخطط ($\sigma - \epsilon$) للعيينة المدروسة

يبين الجدول التالي قيم (الإجهاد - التشوه) للعينة :

$\sigma = P/A$ (MPA)	$= \Delta L/L$ (mm/mm) ϵ
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

4- تحليل النتائج للنماذج المدروسة :

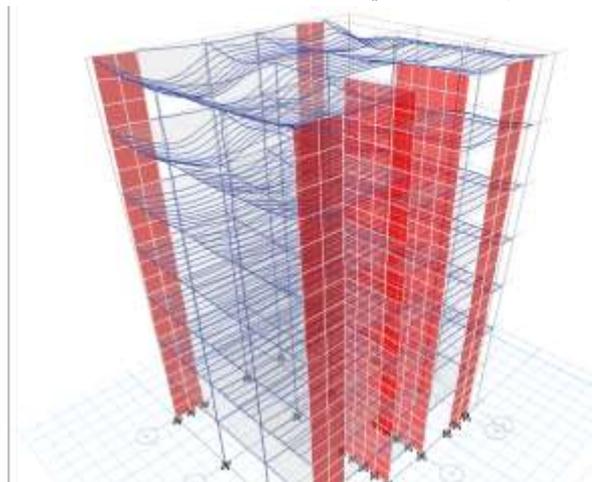
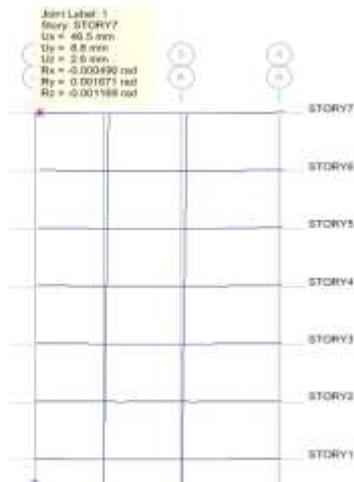
*** استخدام UHPC في الأعمدة:**

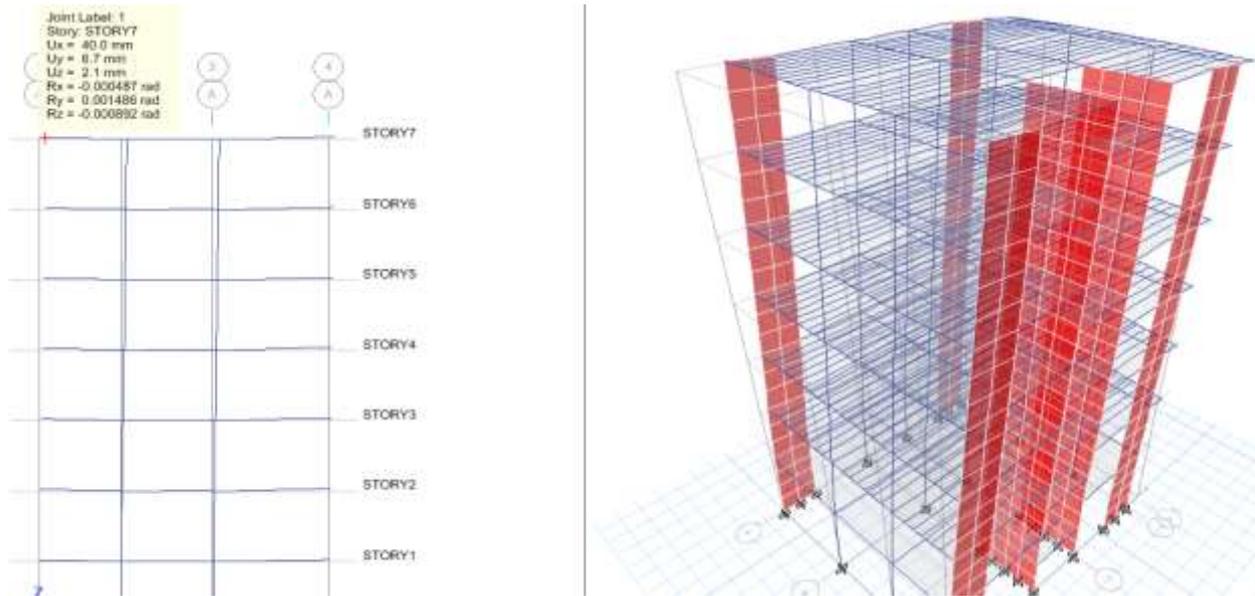
تم وضع UHPC في الأعمدة للنماذج الثلاثة كما يلي:

(أ) - النموذج الأول :

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنتقال Ux تحت تأثير القوة الزلزالية Vx1 بين النموذج الأساسي

وإستخدام UHPC في الأعمدة فقط :

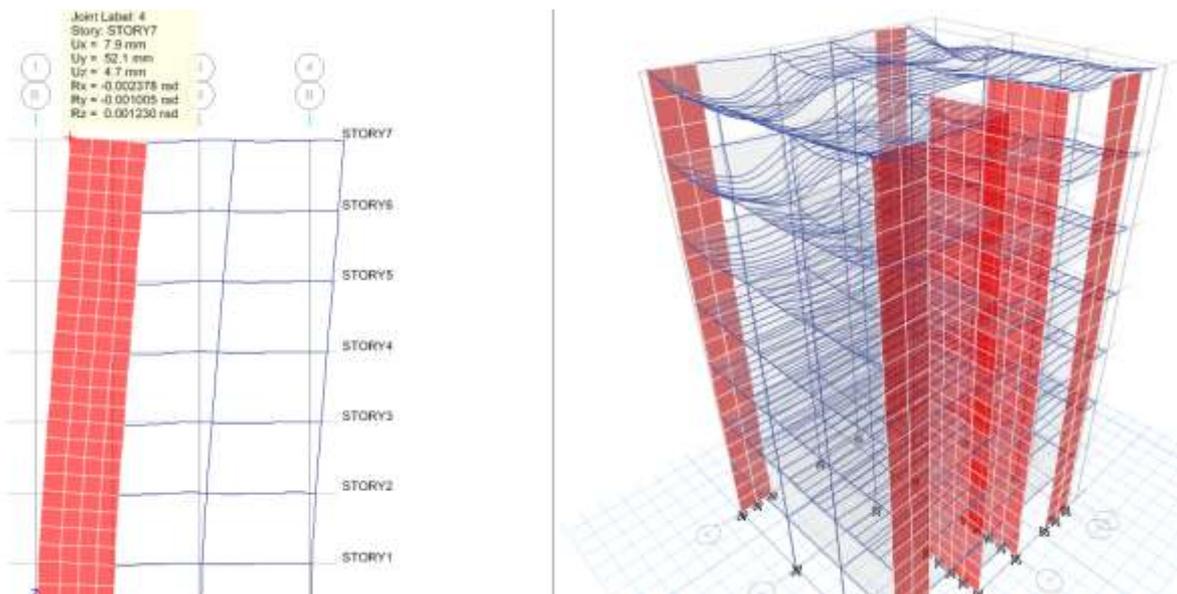


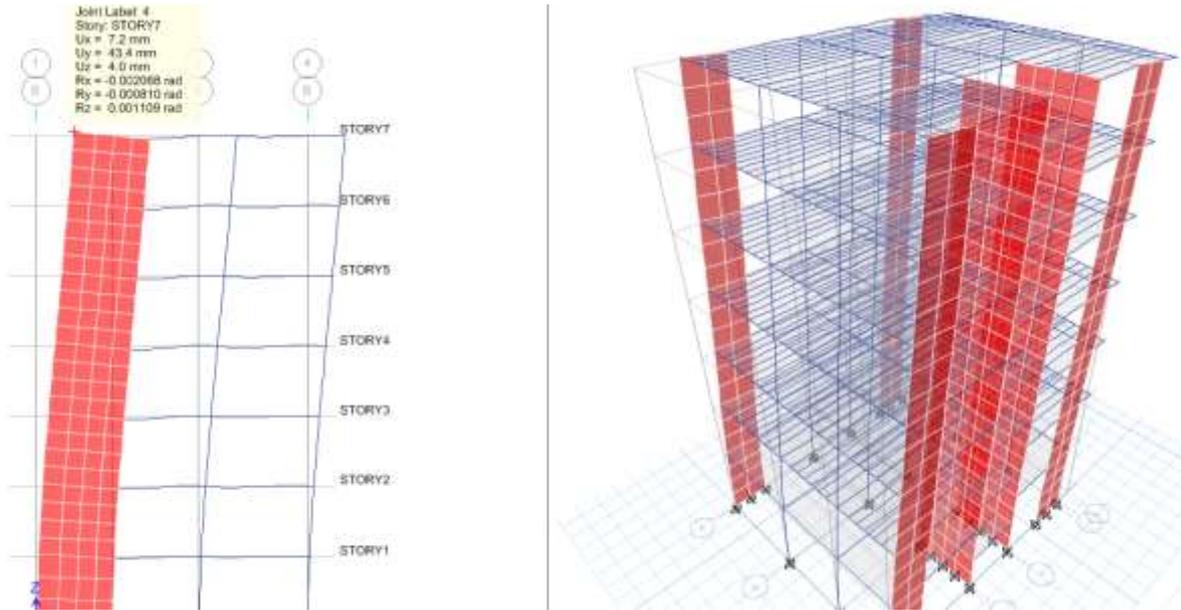


الشكل رقم (9) : الإنتقال أعلى المبنى في النموذج الأول باتجاه X

الأعمدة	القوة	الانتقال (mm)	المادة المستخدمة	
			عادي	UHPC
	Vx1	Ux	46.5	40

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





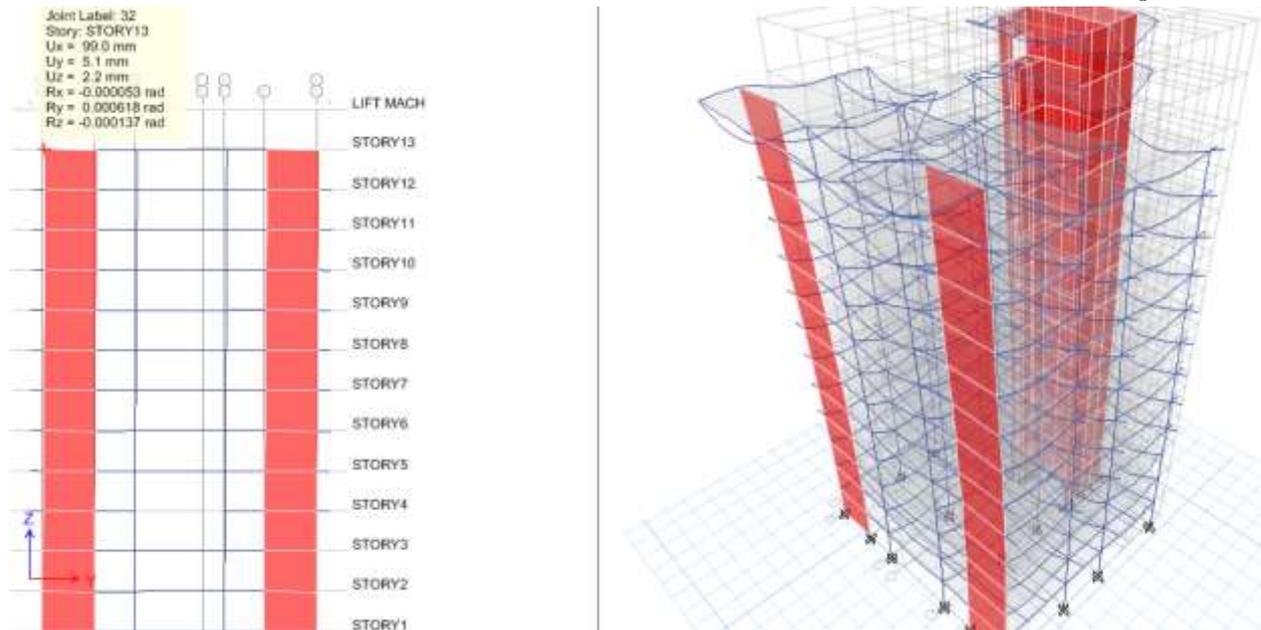
الشكل رقم (10) : الإنتقال أعلى المبنى في النموذج الأول باتجاه Y

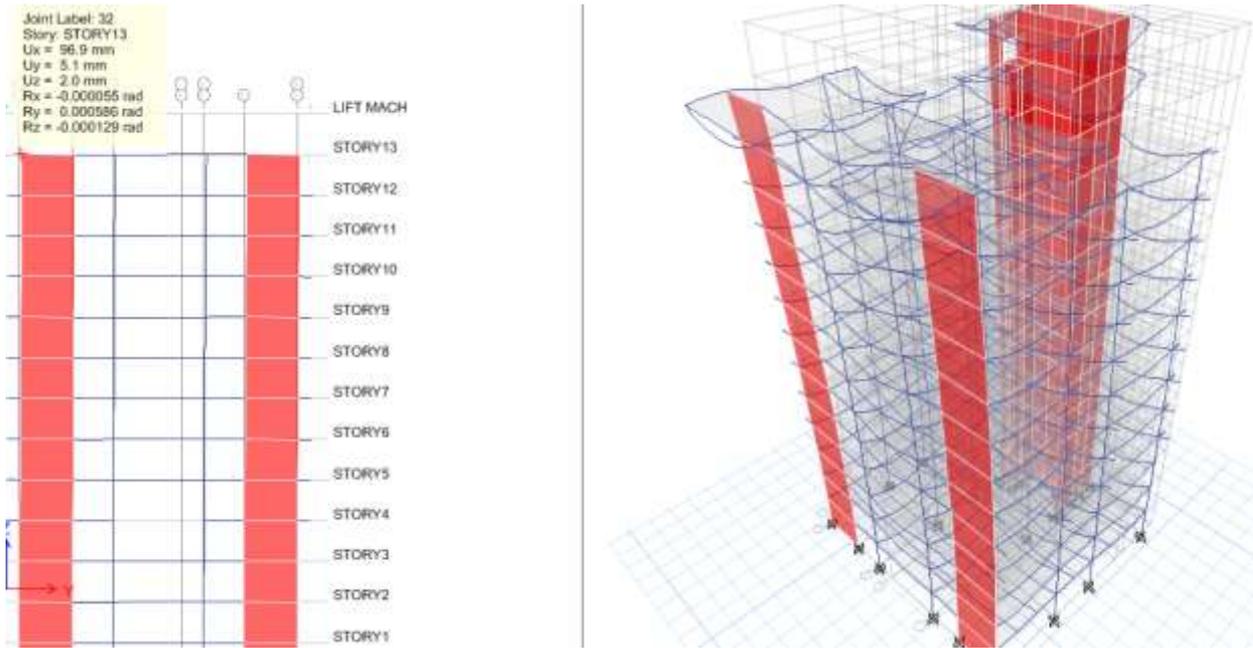
الأعمدة	القوة	الانتقال (mm)	عادي	UHPC
			Vy1	Uy

(ب)- النموذج الثاني :

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنتقال Ux تحت تأثير القوة الزلزالية Ex بين النموذج الأساسي واستخدام

UHPC في الأعمدة فقط :

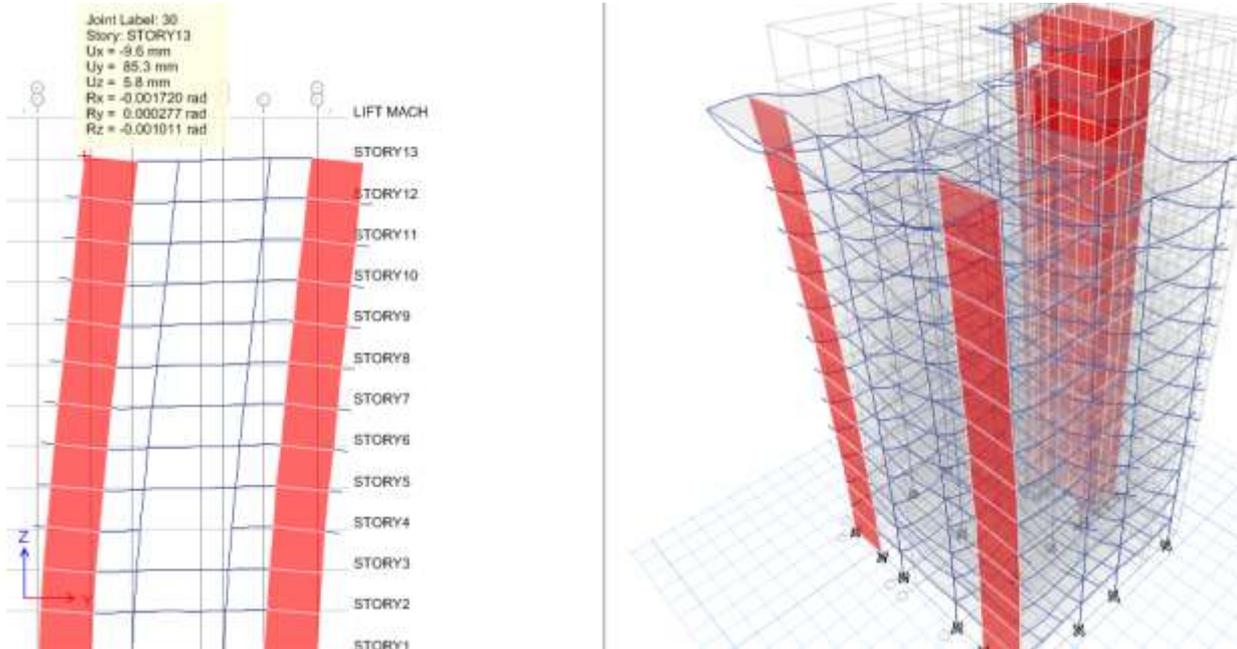


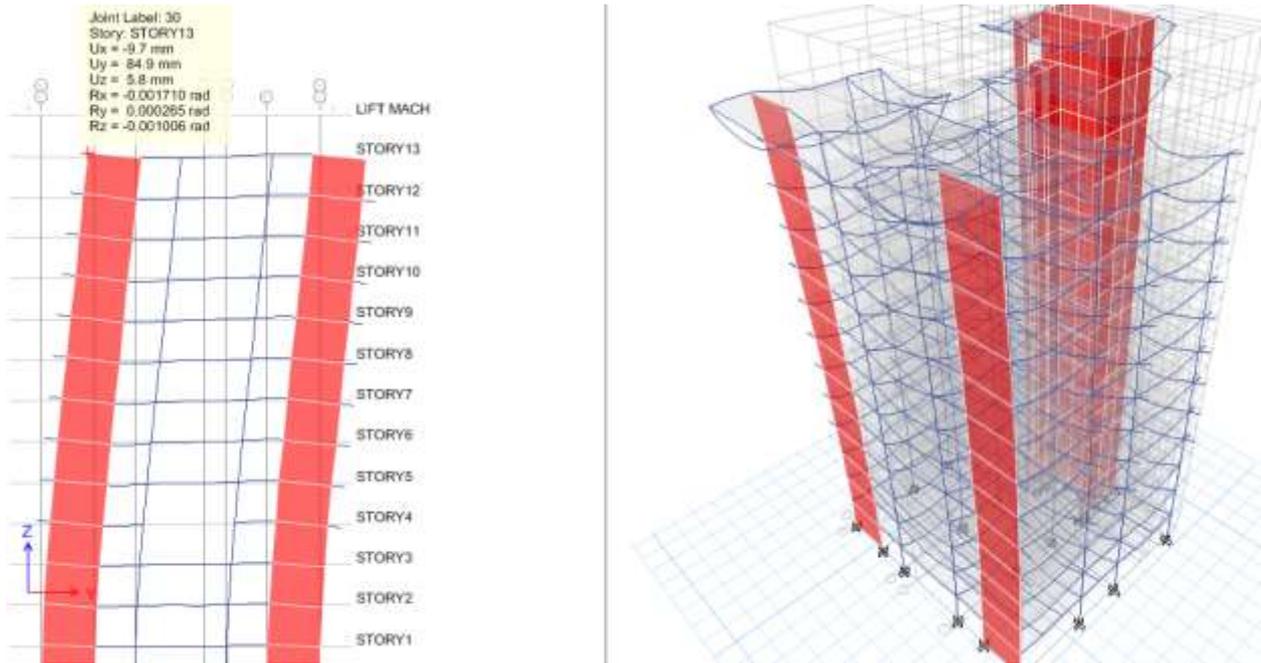


الشكل رقم (11) : الإنتقال أعلى المبنى في النموذج الثاني باتجاه X

الأعمدة	القوة	الانتقال (mm)	المادة المستخدمة	
			عادي	UHPC
	Ex	Ux	99.0	96.9

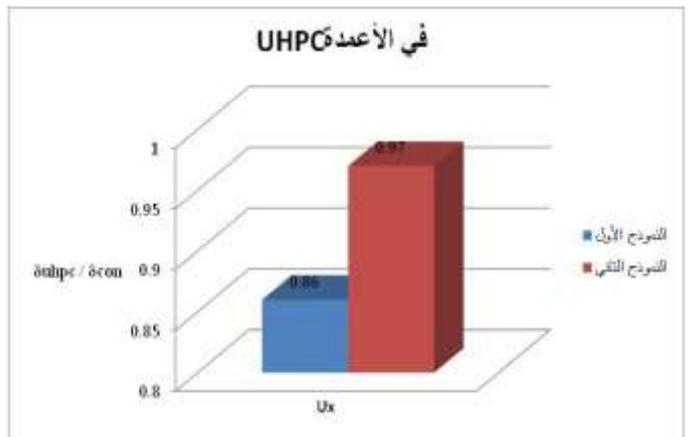
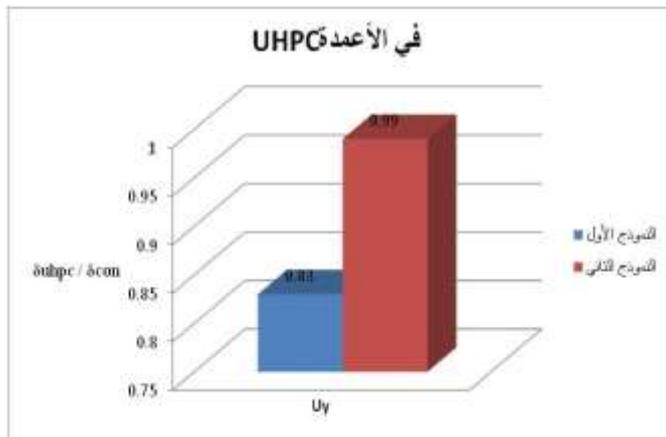
نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنتقال U_y تحت تأثير القوة الزلزالية E_y بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في الأعمدة فقط :





الشكل رقم (12) : الإنتقال أعلى المبنى في النموذج الثاني باتجاه Y

الأعمدة	القوة	الانتقال (mm)	المادة المستخدمة	
			عادي	UHPC
	Ey	Uy	85.3	84.9



الشكل رقم (13) : $\delta_{uhpc} / \delta_{con}$ عند استخدام UHPC في الأعمدة

النتيجة :

نلاحظ كفاءة عالية لهذه المادة عند استخدامها في أعمدة الجمل الجدارية حيث تم تخفيض الإنتقال لحدود (10 - 15) % . بينما لم تعط تغيراً ملحوظاً في الجمل الإطارية .

***استخدام UHPC في البلاطات :**

أ- النموذج الأول :

نلاحظ التغير في الإنتقال U_x تحت تأثير القوة الزلزالية V_{x1} بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في

البلاطات فقط :

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

نلاحظ التغير في الإنتقال U_y تحت تأثير القوة الزلزالية V_{y1} بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في

البلاطات فقط :

البلاطات	القوة	الإنتقال (mm)	المادة المستخدمة	
			عادي	UHPC
	V_{y1}	U_y	52.1	32.0

ب- النموذج الثاني :

نلاحظ التغير بالإنتقال U_x تحت تأثير القوة الزلزالية E_x بين النموذج الأساسي و استخدام UHPC في

البلاطات فقط :

البلاطات	القوة	الإنتقال (mm)	المادة المستخدمة	
			عادي	UHPC
	E_x	U_x	99.0	107.9

نلاحظ التغير في الإنتقال U_y تحت تأثير القوة الزلزالية E_y بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في

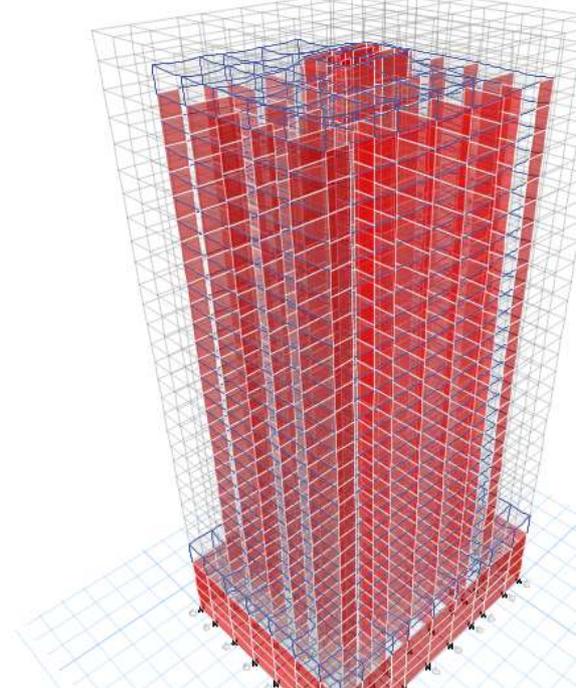
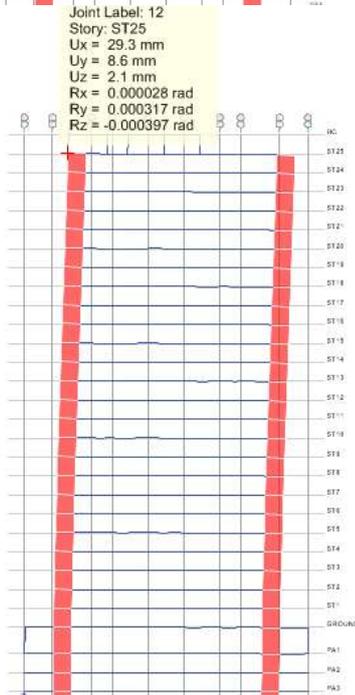
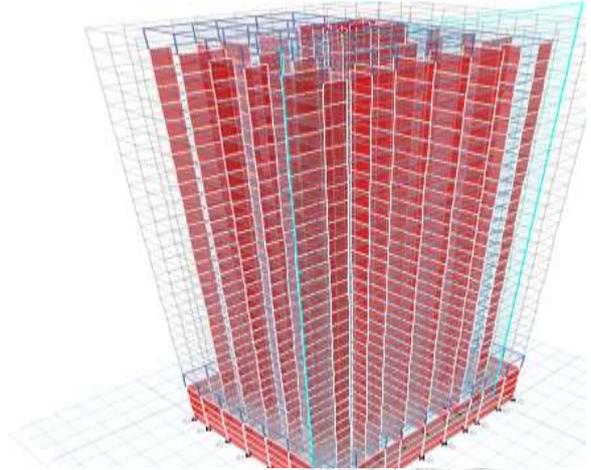
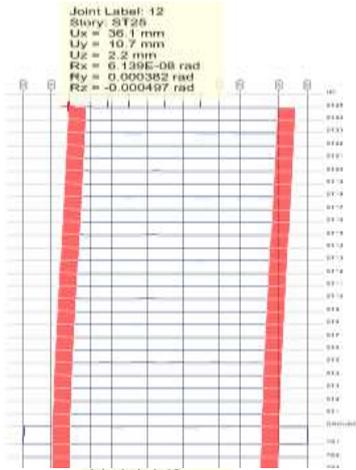
البلاطات فقط :

البلاطات	القوة	الإنتقال (mm)	المادة المستخدمة	
			عادي	UHPC
	E_y	U_y	85.3	98.1

ج- النموذج الثالث :

نلاحظ في الصور التالية التغير في الإنتقال U_x تحت تأثير القوة الزلزالية V_{x1} بين النموذج الأساسي

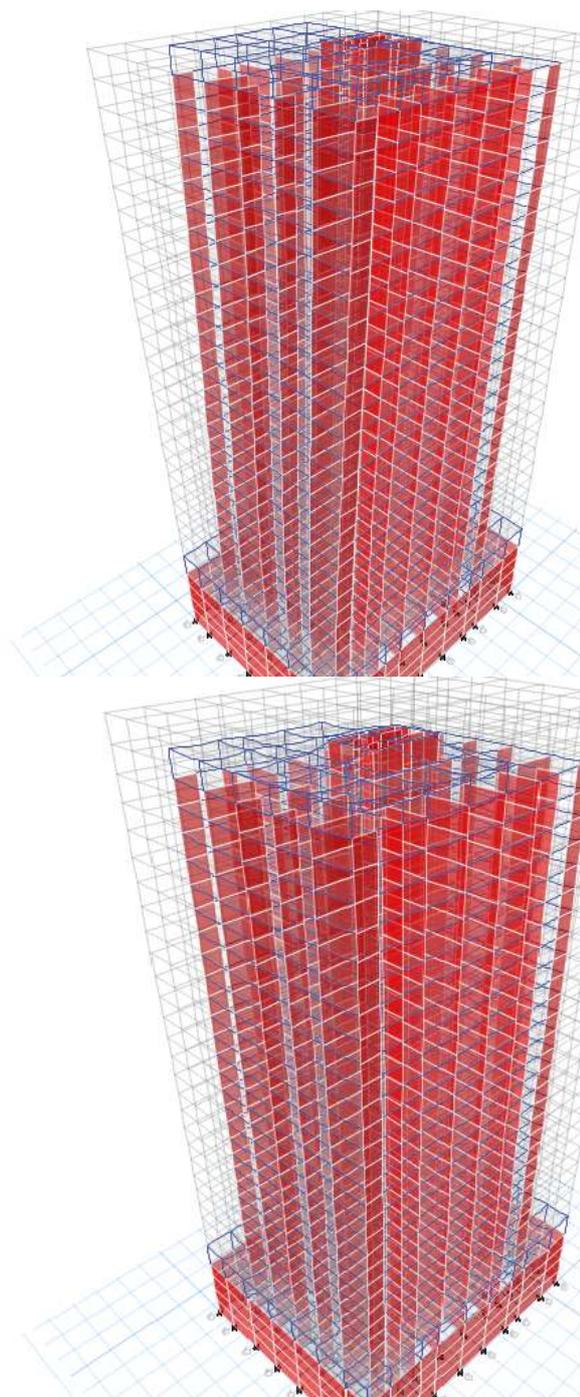
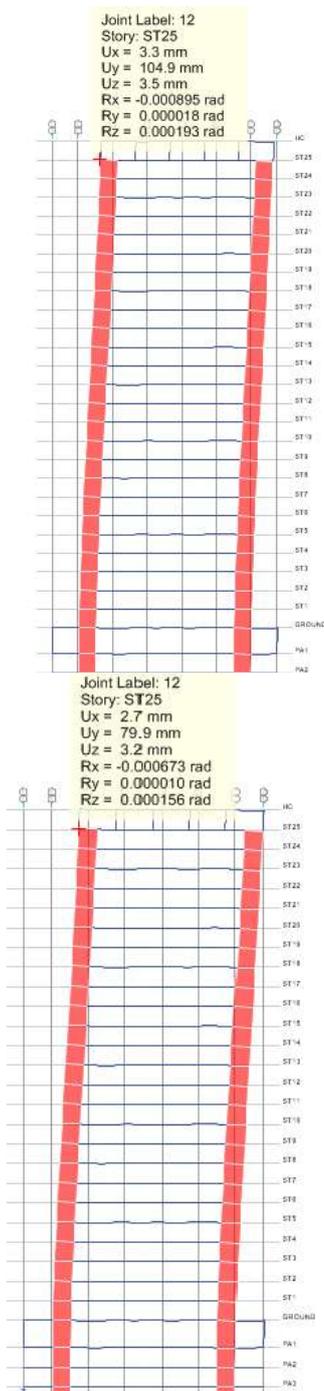
وإستخدام UHPC في كل البلاطات فقط :



الشكل رقم (14) : الإنتقال أعلى المبنى في النموذج الثالث باتجاه X

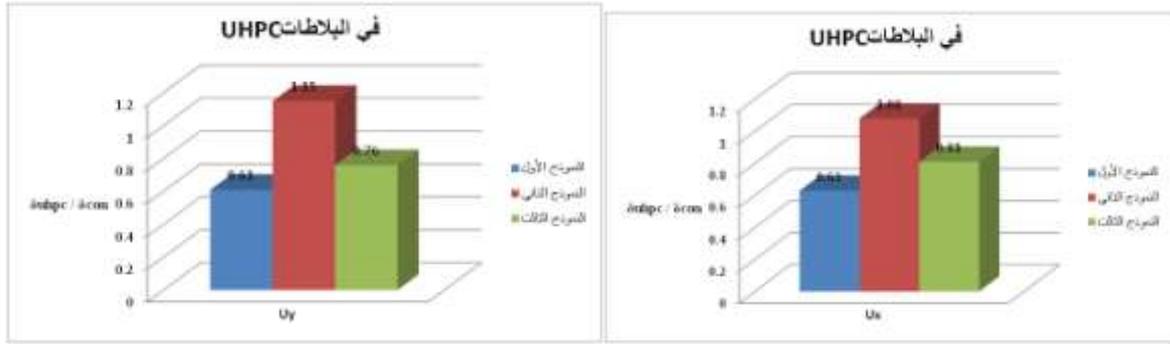
البلاطات	القوة	الانتقال (mm)	المادة المستخدمة	
			عادي	UHPC
	Vx1	Ux	36.1	29.3

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



الشكل رقم (15) : الإنتقال أعلى المبنى في النموذج الثالث باتجاه Y

البلاطات	القوة	الانتقال (mm)	المادة المستخدمة	
			عادي	UHPC
	Vy1	Uy	104.9	79.9



الشكل رقم (16) : $\delta_{uhpc} / \delta_{con}$ عند استخدام UHPC في البلاطات

النتيجة :

نلاحظ كفاءة عالية لهذه المادة في بلاطات جمل جدارية حيث تم تخفيض الإنتقالات لحدود (20 - 40)% بينما نلاحظ شذوذ القيم في النموذج الثاني كون الجملة المقاومة للحمولات الزلزالية هي (إطارات + جدران *استخدام UHPC في جدران القص :

(أ)- النموذج الأول :

نلاحظ التغير في الإنتقال Ux تحت تأثير القوة الزلزالية Vx1 بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في جدران القص فقط

جدران القص	القوة	الانتقال (mm)	المادة المستخدمة	
			عادي	UHPC
	Vx1	Ux	46.5	41.1

نلاحظ التغير في الإنتقال Uy تحت تأثير القوة الزلزالية Vy1 بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في جدران القص فقط

جدران القص	القوة	الانتقال (mm)	المادة المستخدمة	
			عادي	UHPC
	Vy1	Uy	52.1	44.1

(ب)- النموذج الثاني :

نلاحظ التغير في الإنتقال Ux تحت تأثير القوة الزلزالية Ex بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في جدران القص فقط :

جدران القص	القوة	الانتقال (mm)	المادة المستخدمة	
			عادي	UHPC
	Ex	Ux	99.0	76.5

نلاحظ التغير في الإنتقال Uy تحت تأثير القوة الزلزالية Ey بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في جدران القص فقط :

جدران القص	القوة	الانتقال (mm)	المادة المستخدمة	
			عادي	UHPC
	Ey	Uy	85.3	65.6

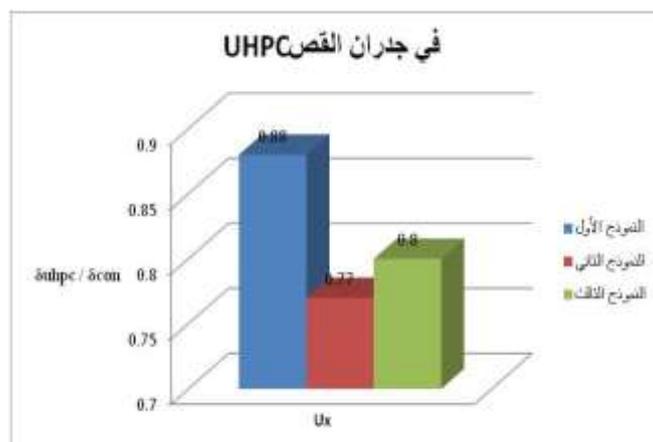
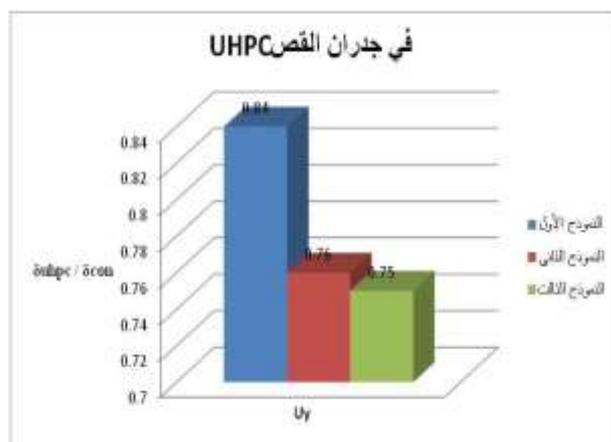
(ب) - النموذج الثالث :

نلاحظ التغير في الانتقال Ux تحت تأثير القوة الزلزالية Vx1 بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في جدران القص فقط

جدران القص	القوة	الانتقال (mm)	المادة المستخدمة	
			عادي	UHPC
	Vx1	Ux	46.0	37.2

نلاحظ التغير في الانتقال Uy تحت تأثير القوة الزلزالية Vy1 بين النموذج الأساسي واستخدام UHPC في جدران القص فقط

جدران القص	القوة	الانتقال (mm)	المادة المستخدمة	
			عادي	UHPC
	Vy1	Uy	104.5	79.6



الشكل رقم (17) : $\delta_{uhpc} / \delta_{con}$ عند استخدام UHPC في جدران القص

النتيجة :

نلاحظ كفاءة هذه المادة عند استخدامها في جدران القص في تخفيض الإنتقالات و هذه نتيجة منطقية كون الجدران هي المسؤولة بشكل أساسي عن مقاومة الحمولات الزلزالية

الاستنتاجات و التوصيات :

أ- نلاحظ كفاءة هذه المادة عند استخدامها في البلاطات حيث تم تخفيض الانتقال بما يقارب 40% في النموذج الأول و 25% في النموذج الثالث و ذلك كون الجملة المقاومة في هذين النموذجين للأحمال الزلزالية هي جملة جدارية مما يمنح الديافرامات القدرة على ربط جدران القص بشكل جيد وخلق جملة فراغية مكونة من الديافرامات

وجدران القص ذات كفاءة عالية في تحمل القوى الزلزالية. أي بإمكاننا التفكير في قدرة هذه المادة على صنع ديافرامات صلبة دون الحاجة للطوابق الصلبة . ب- نلاحظ في النموذج الثاني أن تخفيض الإنتقال تم بنسبة تقارب 25% عند استخدام المادة في جدران القص وشذوذ باقي القيم عما سبق و ذلك كون الجملة المقاومة للحمولات الزلزالية في هذا المبنى هي عبارة عن (جدران قص + إطارات مقاومة للعزوم). حيث أن أجزاء أساسية من الديافرامات وهي الجوائز داخلية أصلا في عمل الإطارات المقاومة للعزوم . ج- تخفيض بسيط لحدود 5% عند استخدام المادة في بلاطات معينة (3 ، 11 ، 19) و ذلك في النموذج الثالث حيث أنه تم توزيع صلابات الديافرامات المشكلة من هذه المادة مما أدى للتقليل من قدرة هذه الديافرامات على ربط جدران القص و بالتالي عدم الإستفادة المثلى منها . د- تخفيض بمقدار 25% عند استخدامها في جملة تربيط واحدة فقط و ذلك في النموذج الثالث كجملة مقترحة لتبين كفاءة المادة عند استخدامها في الجمل الرابطة عند الحاجة . هـ- يمكن في دراسات مستقبلية التركيز على عدد محدد من الديافرامات المصنوعة من UHPC بحيث نحقق نتائج متقاربة مع تخفيض في الكلفة . و- يمكن دراسة الأثر التخمدي لهذه المادة و انعكاسه على عمل الجملة الإنشائية المقاومة للزلازل . ز- يمكن التركيز على استخدام هذه المادة في عناصر خاصة كالجوائز الرابطة بين جدران القص في الأبنية العالية لما لها من مقاومات عالية متوافقة مع الحمولات الكبيرة المطبقة على هكذا عناصر .

المراجع:

1. BFFUP, A. (2002). "Ultra High Performance Fiber-Reinforced Concretes: Interim Recommendations: Scientific and Technical Committee." Association Française de Genie Civil.
2. Blais, P. Y., and Couture, M. (1999). "Precast, Prestressed Pedestrian Bridge - World's First Reactive Powder Concrete structure." PCI Journal, 4 (Compendex), 60-71 , 1999.
3. Graybeal, B. A. (2006). "Material Property Characterization of Ultra-High performance concrete " .
4. KarthikKumaresan. (2011), Ultra-High Performance Concrete and Lattice Models, 79 – 111.
5. Rebentrost, M., and Wight, G. (2009)."UHPC Perspective from a Specialist Construction Company."
6. Shieh, S.S., Chang, C.C.and Jong, J.H. (2003), "Structural Design of Composite Super-columns for the Taipei 101 Tower":
7. Tanaka, Y., Musya, H., Ootake, A., Shimoyama, Y., and Kaneko, O. "Design and construction of Sakata–Mirai footbridge using reactive powder concrete." 417–424.
8. 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.
- 9-الكود العربي السوري لتصميم و تنفيذ المنشآت بالخرسانة المسلحة 2012 و ملحقاته ، نقابة المهندسين السوريين ، دمشق ، سورية .