حل مبنى نموذجي يدوياً ومقارنة النتائج مع برنامج

التصميم الزلزالي

JWDQuake 4.0.1

إعداد: م. عبد الجواد الحاج يونس

http://www.jwdstructure.com
http://www.facebook.com/jwdstructure
http://www.youtube.com/jwdstructure
info@jwdstructure.com

جدول المحتويات

مقدمة ..... - ٣ -
نص المثال ..... - ٤ -
المعطيات: ..... - ٤ -
المطلوب: ..... - ٥ -
حساب أوزان الطوابق ومراكز ثقلها ووزن المبنى ..... - ٦ -
حساب وزن البلاطة ومركز ثقلها: ..... - ٦ -
حساب أوزان الجدران ومركز ثقلها: ..... - ٧ -
حساب وزن الطابق الأول كاملاً ومركز ثقله: ..... - ٨ -
حساب إحداثيات مركز صلابة الجدران وحساب اللامركزية ..... - ١٠ -
حساب إحداثيات مركز الصلابة في الطابق الأول: ..... - ١٠ -
حساب اللامركزية واللامركزية الطارئة لحالة القوة الزلزالية بالاتجاه Y: ..... - ١١ -
حساب قوة القص القاعدية في الاتجاه Y حسب الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة IBC2009، وتوزيعها شاقولياً ..... - ١٣ -
تحديد العوامل الزلزالية: ..... - ١٣ -
حساب الدور التقريبي (الفترة التقريبية) - الطريقة A: ..... - ١٣ -
حساب الدور (الفترة) بالطريقة B أي بإحدى الطرق الديناميكية: ..... - ١٣ -
حساب قوة القص القاعدية في الاتجاه Y: ..... - ١٤ -
توزيع قوة القص القاعدية شاقولياً على الطوابق: ..... - ١٦ -
توزيع قوة القص في الاتجاه Y ولامركزية طارئة 5%- أي نحو اليسار، أفقياً على الجدران ..... - ١٨ -
حساب القوى المطبقة على الجدار W1 وحساب العزوم الناتجة عنها والعزوم التصميمية ..... - ٢٠ -
تصميم (حساب تسليح) المقطع العرضي للجدار W1 في الطابق الأول ..... - ٢٣ -
حساب الحمولات التصميمية: ..... - ٢٣ -
استخدام مخططات الترابط التصميمية: ..... - ٢٤ -
اقتراحات لحل هذه المشكلة: ..... - ٢٦ -
حساب الانتقالات ..... - ٢٨ -
أخيراً ..... - ٣٠ -

مقدمة

في هذا الملف مثال محلول يدوياً لمبنى نموذجي بسيط الهدف منه التحقق من نتائج برنامج التصميم الزلزالي JWDQuake الإصدار الرابع.

هذا الحل مرفق أيضاً ضمن ملف التعليمات المرفق مع البرنامج.

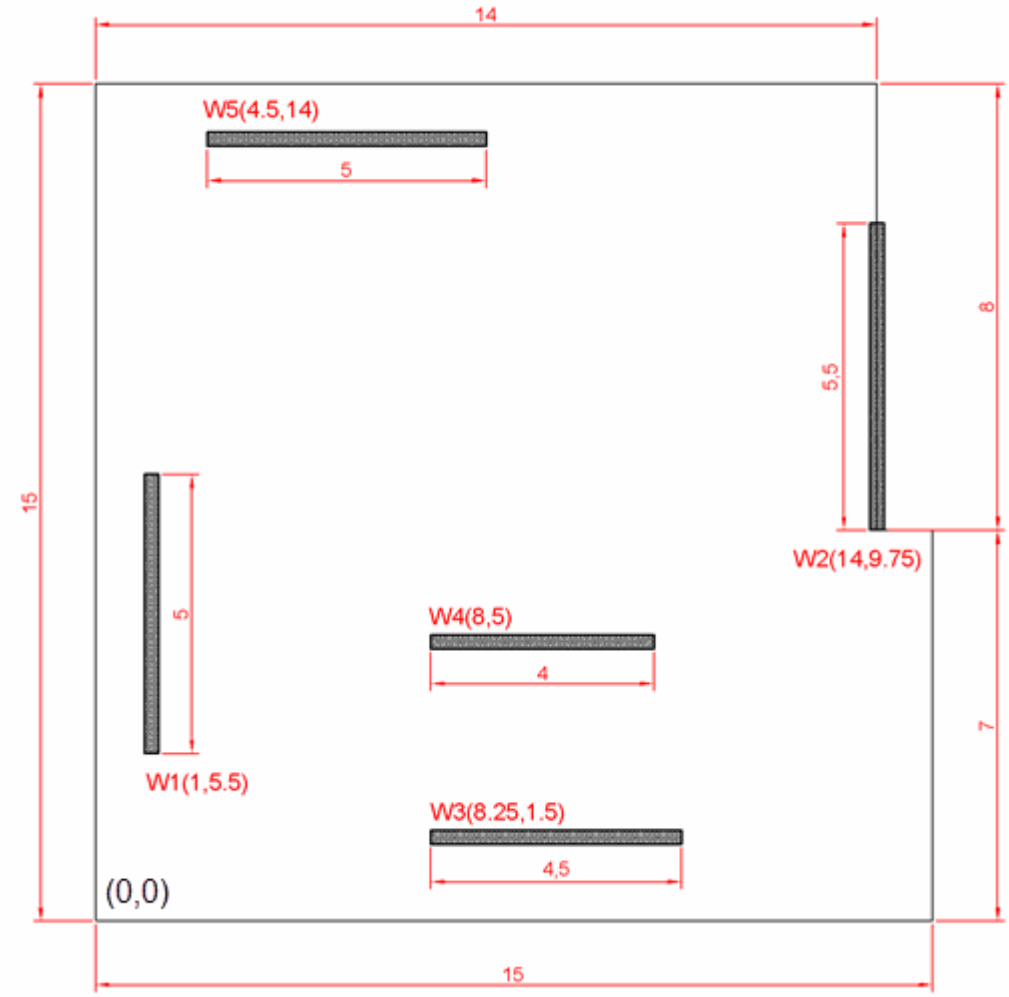
عملية نمذجة المبنى في البرنامج موضحة في ملفات الفيديو التعليمية (راجع قناة السلسلة على موقع يوتيوب أعلاه)، وكذلك عملية التصدير إلى إيتابس والتحقق من النمذجة فيه، وتم استخدام الإصدار ٤,٠,١ من البرنامج وإصدار ٢٠١٥ من برنامج إيتابس.

مع ملاحظة أنه عند الحل اليدوي لا نحتاج إلى الدقة التي سأحل بها المشروع، فنحن نتكلم عن قوى زلازل، هي في الأصل غير دقيقة، أي ليست كالحمولات الشاقولية مثلاً، لكني أحاول أن أصل إلى نتائج تطابق نتائج البرنامج للتأكد من صحة عمله ولتوضيح كيف يقوم بالحساب.

ملاحظة: لا يعتبر هذا الملف مرجعاً علمياً، ولا حلاً نهائياً متكاملاً، فالهدف منه شرح طريقة استخدام بعض العلاقات في البرنامج والتحقق من نتائجه.

نص المثال

المسقط الأفقي التالي هو لمبنى نموذجي مكون من ستة طوابق، نريد أن نحله يدوياً ونطابق النتائج مع البرنامج.



المعطيات:

- الأبعاد والمسافات موضحة على المسقط بالمتر، ومبدأ الإحداثيات هو الزاوية السفلية اليسرى للبلاطة، أما الإحداثيات التي بقرب الجدران فهي إحداثيات المركز الهندسي لها.
- عدد الطوابق ٦ طوابق متكررة، ارتفاع الطابق 3.5 m وحمولة البلاطة الميتة (بما فيها تسييح جدران البلوك) 1 tf/m^2 ، والحية 0.2 tf/m^2
- سماكات الجدران المبدئية 25 cm وعامل تشققها 0.7
- المطلوب استخدام الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة (IBC2009) لحساب القوى الزلزالية
- المبنى واقع في مدينة حمص، وتصنيف الموقع Sc أو C، ومعامل الأهمية $I_e = 1$
- يطلب حساب الدور الديناميكي (لن يتم حسابه يدوياً لصعوبة ذلك إنما سيتم أخذه من البرنامج ومقارنته مع إيتابس)
- معامل الجملة الإنشائية $R = 5$ ومعامل تكبير الانتقالات $C_d = 5$
- معامل عدم التقرير $\rho = 1.3$
- f'_c=200 kg/cm^2 ، f_{yp}=4000 kg/cm^2 ، f_y=4000 kg/cm^2
- التصميم حسب الكود العربي السوري الطبعة الرابعة

المطلوب:

- حساب الأوزان ومركز ثقل الطابق الأول
- حساب مركز الصلابة للجدران في الطابق الأول
- حساب الدور وقوة القص القاعدية في الاتجاه Y وتوزيعها شاقولياً على الطوابق
- توزيع قوة القص بالاتجاه Y على الجدران بعد أخذ لامركزية اعتبارية تساوي 5%- من بعد المبنى المعامد
- حساب مخطط العزم على الجدار W1 الناتج عن الحمولة السابقة
- تصميم مقطع الجدار W1 في الطابق الأول على افتراض أنه يحمل من بلاطة كل طابق حمولة ميتة قيمتها 40 tf، وحمولة حية قيمتها 8 tf
- حساب الانتقال اللدن للبلاطة بعد الحصول على الانتقال المرن من البرنامج

حساب أوزان الطوابق ومراكز ثقلها ووزن المبنى

ملاحظة: عملية حساب الأوزان ومراكز الثقل هي نفسها من أجل طريقتي التصميم الزلزالي اللتين يعتمدهما البرنامج.

سأقوم بحساب الوزن ومركز الثقل كما يتم حسابهما عن طريق البرنامج، وذلك للتحقق من صحة نتائجه، وقد لا أحتاج إلى هذه الدقة عندما أدقق مشروعاً آخر، أو عندما أحسب مشروعاً بشكل يدوي.

البرنامج يعتبر أن الحمولة الميتة الموزعة على البلاطة تمثل الوزن الذاتي للبلاطة مضافاً إليه كل الأوزان الميتة الأخرى ما عدا أوزان جدران القص، أي مضافاً إليه أوزان قواطع البلوك والجدران الخارجية والإكساء الحجري إن وجد، وأن مركز ثقل هذه الأوزان (بدون وزن جدران القص) هو المركز الهندسي للبلاطة بعد طرح الفتحات إن وجدت.

بعد حساب وزن البلاطة السابق يضاف إليها أوزان جدران القص، حيث يحسب نصف وزن الجدران فوق البلاطة ونصف وزن الجدران تحتها، فيكون الناتج من إضافة أوزان الجدران إلى وزن البلاطة هو وزن الطابق، ويعيد حساب مكان مركز الثقل من جديد.

إذاً فالبرنامج يعتبر أن نصف وزن جدران الطابق الأول يذهب إلى الأرض مباشرة ولا يدخل في حساب وزن هذا الطابق أو وزن المبنى. كذلك فإن بلاطة الطابق الأخير لا يوجد فوقها جدران لذلك تكون أخف من البلاطات الأخرى عادة بقليل.

سنقوم الآن بحساب وزن الطابق الأول ومركز ثقله، وهذه العملية تتم على مرحلتين، الأولى حساب وزن البلاطة ومركز ثقلها، والثانية حساب وزن الجدران ومركز ثقلها، ثم من هذه القيم نقوم بحساب وزن الطابق ومركز ثقله.

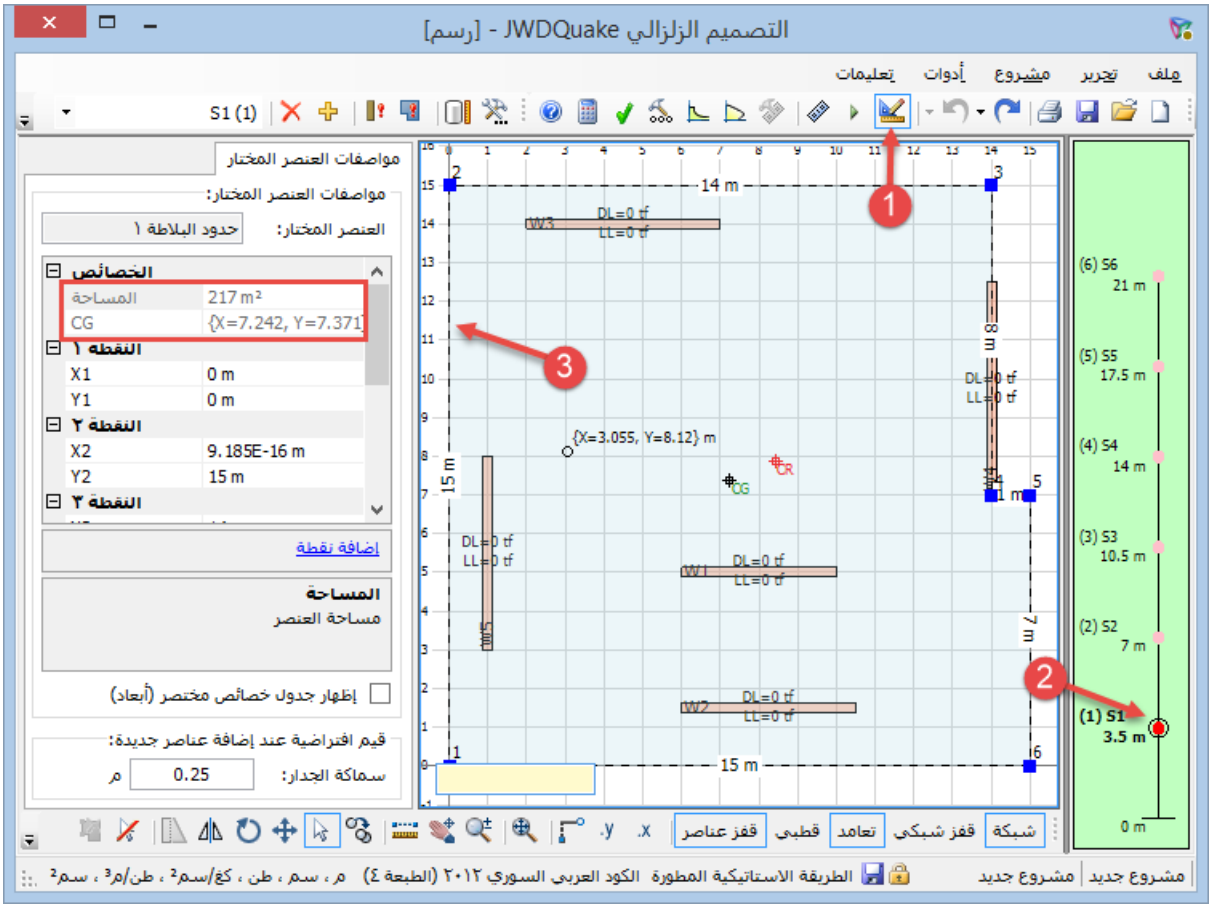
حساب وزن البلاطة ومركز ثقلها:

وزن البلاطة W_{slab} يساوي مساحتها A مضروباً بالحمل الميت الموزع عليها، وفي حالة المستودعات نضيف لها ربع الحمل الحي. في حالتنا هذه نكتفي بالميت.

أما مركز الثقل فهو المركز الهندسي للبلاطة، ويحسب بسهولة كما يلي:

$$A = 14 \times 15 + 1 \times 7 = 217\ m^2$$
$$W_{Slab} = DL.A = 1 \times 217 = 217\ tf$$
$$X_{gSlab} = \frac{14 \times 15 \times 7 + 1 \times 7 \times 14.5}{A} = 7.242\ m$$
$$Y_{gSlab} = \frac{14 \times 15 \times 7.5 + 1 \times 7 \times 3.5}{A} = 7.371\ m$$

مقارنة: يمكننا مقارنة مساحة البلاطة ومركز ثقلها الهندسي مع البرنامج في نافذة الرسم، حيث نختار الطابق الأول من لوحة الطوابق، ثم نقوم باختيار حدود البلاطة، ثم نقرأ المساحة والمركز الهندسي في جدول المواصفات كما هو موضح في الصورة التالية:



حساب أوزان الجدران ومركز ثقلها:

سنحسب وزن الجدار W1 فقط، وبقية الجدران بنفس الطريقة.

نصف ارتفاع الجدار أعلى البلاطة يساوي 0.5 x 3.5 ونصف ارتفاعه أسفل البلاطة يساوي 0.5 x 3.5 وبما أن سماكته ثابتة أعلى وأسفل البلاطة نقوم بجمع الارتفاعين فيكون 3.5 m

نحسب حجم الجدار ونضرب بالوزن الحجمي للخرسانة فنحصل على وزن الجدار.

$$V = L \times B \times H = 5 \times 0.25 \times 3.5 = 4.375\ m^3$$
$$W = \gamma \times V = 2.5 \times 4.375 = 10.9375\ tf$$

نكرر العملية لبقية الجدران، وننظمها في جدول كما يلي، حيث X,Y إحداثيات مركز ثقل الجدار:

	L	B	H	V	X_i	Y_i	W_i	$W_i.X_i$	$W_i.Y_i$
W1	5	0.25	3.5	4.375	1	5.5	10.938	10.938	60.156
W2	5.5	0.25	3.5	4.8125	14	9.75	12.031	168.438	117.305
W3	4.5	0.25	3.5	3.9375	8.25	1.5	9.844	81.211	14.766
W4	4	0.25	3.5	3.5	8	5	8.750	70.000	43.750
W5	5	0.25	3.5	4.375	4.5	14	10.938	49.219	153.125
						Total:	52.500	379.805	389.102

نحسب مركز ثقل الجدران وفق العلاقات:

$$X_{gWalls} = \frac{\sum W.Xg}{\sum W} = \frac{379.8}{52.5} = 7.234\ m$$
$$Y_{gWalls} = \frac{\sum W.Xg}{\sum W} = \frac{389.1}{52.5} = 7.411\ m$$

حساب وزن الطابق الأول كاملاً ومركز ثقله:

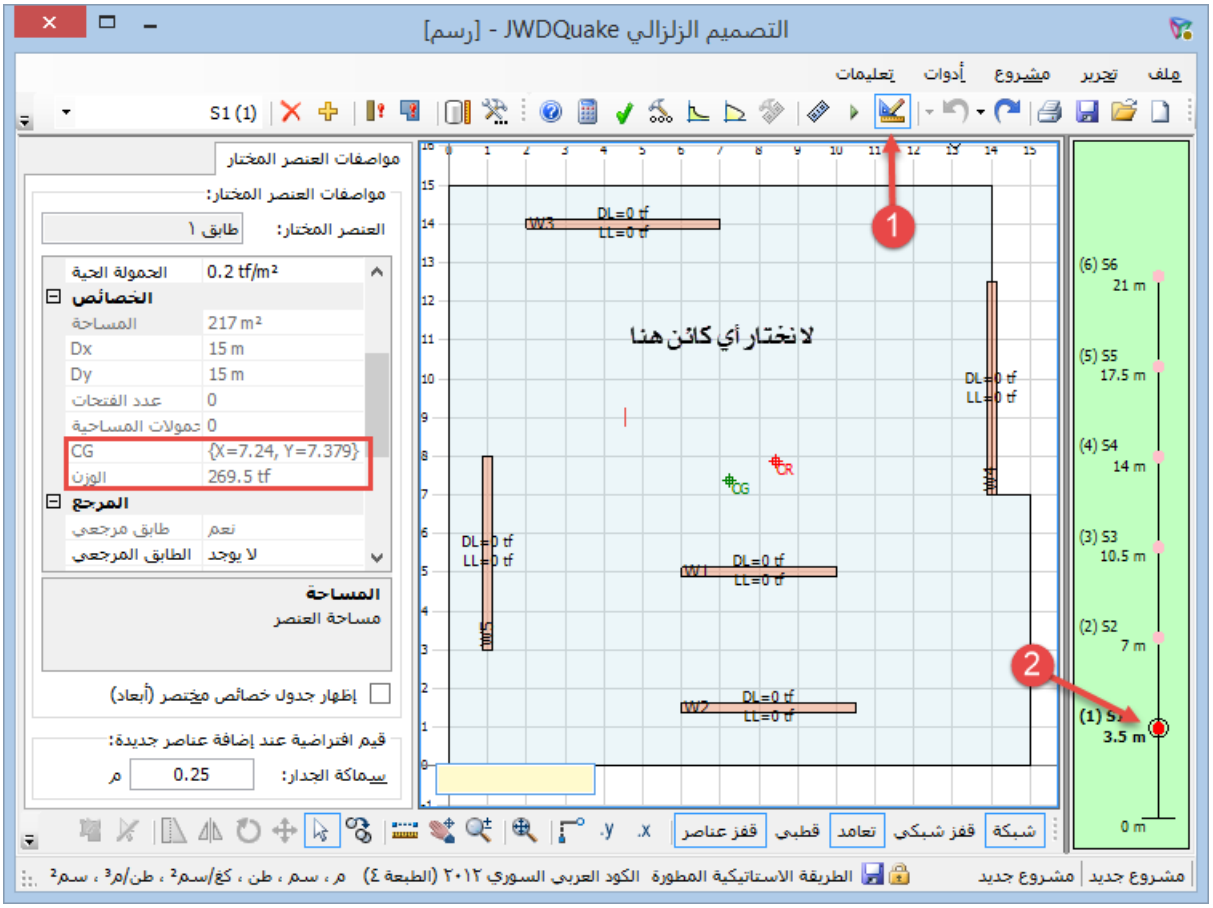
بعد حساب الأوزان الفرعية السابقة نحسب وزن الطابق كاملاً بجمع الوزنين السابقين:

$$W = W_{Walls} + W_{Slab} = 52.5 + 217 = 269.5\ tf$$

ونحسب إحداثيات مركز ثقله من العلاقات التالية:

$$X_g = \frac{W_{Walls} \times X_{gWalls} + W_{Slab} \times X_{gSlab}}{W_{Walls} + W_{Slabs}} = \frac{52.5 \times 7.234 + 217 \times 7.242}{269.5} = 7.24\ m$$
$$Y_g = \frac{W_{Walls} \times Y_{gWalls} + W_{Slab} \times Y_{gSlab}}{W_{Walls} + W_{Slabs}} = \frac{52.5 \times 7.411 + 217 \times 7.371}{269.5} = 7.379\ m$$

مقارنة: من البرنامج، يمكننا قراءة وزن ومركز ثقل الطابق في نافذة الرسم عن طريق اختيار هذا الطابق من لوحة الطوابق على اليمين، وعدم اختيار أي كائن في لوحة الرسم، فتظهر القيم في جدول الخصائص الذي يظهر في هذه الحالة (أي حالة عدم اختيار أي عنصر) خصائص الطابق، كما هو موضح في الصورة التالية:



بعد أن حددنا وزن ومركز ثقل الطابق الأول، نكرر العملية من أجل بقية الطوابق، وبما أن البلاطات متشابهة الشكل والحمولات والارتفاع، والجدران لم تختلف سماكاتها فإن الأوزان ستكون متساوية وكذلك مراكز الثقل ما عدا الطابق الأخير.

أوزان الطوابق مع مناسيبها موضحة في الجدول التالي، وفي نهايته وزن المبنى:

	المنسوب	الوزن	X_{cg}	Y_{cg}
الطابق ٦	21	243.25	7.241	7.375
الطابق ٥	17.5	269.5	7.24	7.379
الطابق ٤	14	269.5	7.24	7.379
الطابق ٣	10.5	269.5	7.24	7.379
الطابق ٢	7	269.5	7.24	7.379
الطابق ١	3.5	269.5	7.24	7.379
	Total:	1590.75		

في البرنامج يمكننا قراءة وزن المبنى في نافذة التحليل، كما سيأتي ذكره لاحقاً عند حساب قوة القص القاعدية .

ملاحظة: نلاحظ من الجدول أعلاه أن وزن الطابق الأخير وإحداثيات مركز ثقله تختلف عن باقي الطوابق للسبب الذي ذكرته أعلاه، وفي حالتنا سأتجاهل تغير إحداثيات مركز الثقل (لأن التغير في هذه الحالة مهمل أصلاً)، لكن أردت أن أنبه إلى أن البرنامج يحسب مركز الثقل لكل طابق على حدة، ويدخل تأثير ذلك في حساب اللامركزية وبالتالي مصفوفة القوى.

حساب إحداثيات مركز صلابة الجدران وحساب اللامركزية

ملاحظة: عملية حساب إحداثيات مركز الصلابة واللامركزيات نفسها من أجل طريقتي التصميم الزلزالي اللتين يعتمدهما البرنامج.

حساب إحداثيات مركز الصلابة في الطابق الأول:

بما أن جميع العناصر عبارة عن جدران قص، وصلاباتها النسبية ثابتة في كل الطوابق، لذلك فإن مركز الصلابة سيكون ثابتاً لكل الطوابق، لذلك فإن الطريقة المبسطة المشروحة في الكود ستعطي نتائج دقيقة نسبياً في هذه الحالة.

إذن سأحسب مركز الصلابة باستخدام الطريقة المبسطة مع العلم أن البرنامج يستخدم طريقة أكثر دقة من أجل الحالات الأعم (مثلاً عندما تختلف سماكات الجدران بين الطوابق، أو عندما تختلف صلاباتها النسبية، كأن يتغير طول جدار واحد في بعض الطوابق، في هذه الحالات يتغير مكان مركز الصلابة بين طابق وآخر).

وبما أن ارتفاعات الجدران واحدة فيمكننا الاكتفاء بحساب عزوم العطالة، وبما أن السماكات أيضاً ثابتة وموحدة فيمكننا الاكتفاء بحساب مكعبات أطوال الجدران، لكن سأحسب هنا عزوم العطالة. أما البرنامج فيحسب الصلابات.

في الحل اليدوي، نكتفي بحساب عزم العطالة في الاتجاه الرئيسي (القوي) للجدار، لكن حتى تتطابق النتائج مع البرنامج سأحسب أيضاً عزم العطالة في الاتجاه الثانوي (الضعيف)، وبما أن عامل تشقق الجدران كما هو مفروض في نص المسألة يساوي ٠,٧ فسيتم ضرب عزوم العطالة بهذا الرقم، أي:

$$I_{main} = \frac{0.7 \times B \times L^3}{12} \quad , \quad I_{sec} = \frac{0.7 \times L \times B^3}{12}$$

حيث:

- I_{main} عزم العطالة (أو بتسمية أدق عزم المساحة) في الاتجاه الرئيسي (القوي)
- I_{sec} عزم العطالة في الاتجاه الثانوي (الضعيف)
- L طول الجدار
- B سماكة الجدار

نحسب عزوم العطالة لكل جدار، ونحسب مراكز قص الجدران، ثم نحسب إحداثيات مركز الصلابة من القوانين التالية:

$$X_{CR} = \frac{\sum I_x . X_c}{\sum I_x} \quad , \quad Y_{CR} = \frac{\sum I_y . Y_c}{\sum I_y}$$

حيث:

- X_c، Y_c: إحداثيات مركز قص الجدار، وفي حالة الجدران المستطيلة هي نفسها المركز الهندسي.
- I_x، I_y: عزوم العطالة في الاتجاهين X و Y من محاور الجملة.
- X_{CR}، Y_{CR}: إحداثيات مركز الصلابة

ننظم العملية في جدول كما يلي:

الجدار	الاتجاه الرئيسي	L	B	X_c	Y_c	I_x	I_y	$X_c.I_x$	$Y_c.I_y$
W1	Y	5	0.25	1	5.5	1.8229	0.0046	1.8229	0.0251
W2	Y	5.5	0.25	14	9.75	2.4263	0.0050	33.9682	0.0489
W3	X	4.5	0.25	8.25	1.5	0.0041	1.3289	0.0338	1.9934

W4	X	4	0.25	8	5	0.0036	0.9333	0.0292	4.6667
W5	X	5	0.25	4.5	14	0.0046	1.8229	0.0205	25.5208
					Total:	4.2615	4.0947	35.8747	32.2548

نحسب إحداثيات مركز الصلابة:

$$X_{CR} = \frac{35.8747}{4.2615} = 8.418\ m, \quad Y_{CR} = \frac{32.2548}{4.0947} = 7.877\ m$$

كما ذكرت أعلاه، فإن مركز الصلابة هذا سيكون ثابتاً لكل الطوابق، لكن البرنامج يحسبه لكل طابق على حدة (طبعاً ليس بالطريقة المبسطة هذه).

ملاحظة: أهملنا هنا أثر تشوهات القص في حساب صلابات الجدران، وفي البرنامج أيضاً تم إهمالها من أجل المقارنة مع هذا المثال، لكن عند مقارنة نتائج البرنامج مع إيتابس في ملفات الفيديو المشار إليها سابقاً، تم طلب أخذها بعين الاعتبار من قبل البرنامج، وهذا سيؤدي إلى تغير الصلابات وبالتالي مكان مركز القص قليلاً.

حساب اللامركزية واللامركزية الطارئة لحالة القوة الزلزالية بالاتجاه Y:

اللامركزية تعني المسافة بين مركز الصلابة ومركز الثقل، واللامركزية الطارئة تعني انزياح مركز الثقل عن مكانه المحسوب وتؤخذ كنسبة من بعد المبنى في الاتجاه المعامد على الاتجاه المدروس.

بما أننا سندرس القوة في الاتجاه Y فإن قيمة اللامركزية e_x في هذه الحالة تساوي:

$$e_{x(R-G)} = X_G - X_{CR} = 7.24 - 8.418 = -1.178\ m$$

الإشارة السالبة هي مجرد اصطلاح، وتعني أن مركز الثقل يقع على يسار مركز الصلابة، وتفيدنا في تحديد جهة عزم الفتل، أي المهم هو الانتباه إلى الجهة.

بالنسبة للّامركزية الطارئة، تؤخذ بقيمة 5% من طول البلاطة في الاتجاه المعامد للاتجاه المدروس، وبما أن اتجاه القوة هو Y فسنأخذ أكبر بعد للبلاطة في الاتجاه X وهو 15 m، إذن:

$$e_{x(5\%)} = \pm 0.05 \times D_x = \pm 0.05 \times 15 = \pm 0.75\ m$$

اللامركزية الطارئة هذه تضاف مرة للامركزية الأصلية وتطرح مرة أخرى وفي كل مرة نعيد حساب القوى على الجدران، ثم نحدد الحالة الأخطر ونحسب التسليح.

بما أننا في هذا المثال سنحسب تسليح الجدار W1 فإن الحالة الأخطر عندما تكون اللامركزية الطارئة سالبة، أي ينحرف مركز الثقل باتجاه اليسار، أي أن هذه اللامركزية الطارئة تضاف (بالقيمة المطلقة) للامركزية الحسابية، فتصبح اللامركزية المطلوبة:

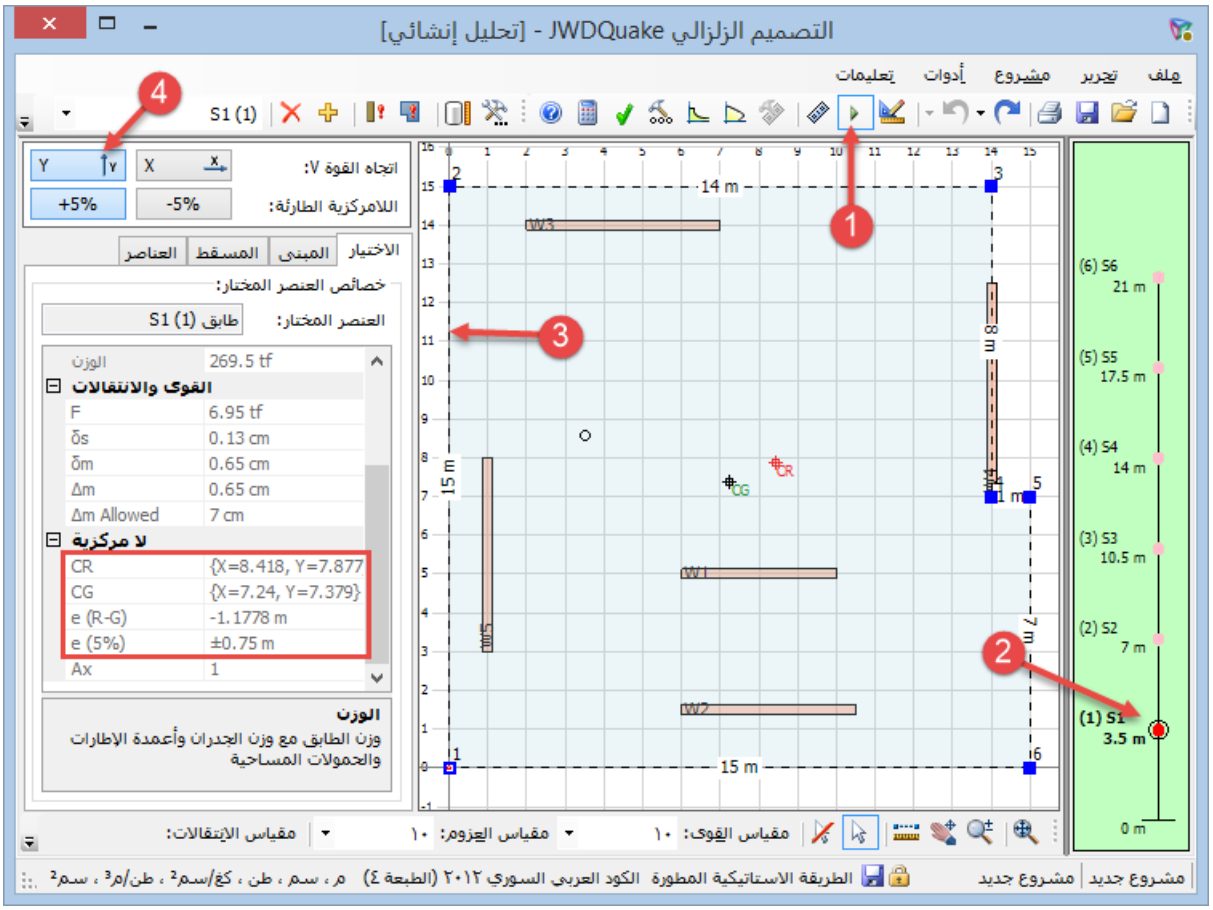
$$e = e_{x(R-G)} + -e_{x(5\%)} = -1.178 - 0.75 = -1.928\ m$$

ملاحظة: بعد حساب الانتقالات في المبنى نقوم بحساب معامل تكبير الفتل الطارئ Ax لكل بلاطة في الاتجاهين، ثم نضرب اللامركزية الطارئة لكل بلاطة وكل اتجاه بهذا المعامل ونعيد الحساب، وهذا البرنامج يقوم بهذه العملية تلقائياً، لكن أظن أنه في الإصدار الحالي من إيتابس يجب تعديل قيم اللامركزية الطارئة يدوياً، ثم إعادة التحليل. في مثالنا قيمة Ax تساوي الواحد لجميع الطوابق في الاتجاهين.

مقارنة: في البرنامج يمكننا قراءة إحداثيات مركز الصلابة واللامركزيات (وكذلك قيمة Ax) في نافذة التحليل (نضغط F5 للتحليل)، حيث نقوم باختيار الطابق من لوحة الطوابق، ثم نختار حدود البلاطة وكذلك اتجاه القوة الزلزالية، فتظهر لنا بعض النتائج في جدول

الخصائص (ضمن تبويب الاختيار) من ضمنها إحداثيات مركز الصلابة للطابق المختار واللامركزيات، وكذلك مركز ثقل الطابق، كما هو موضح في الصورة التالية.

أعيد فأذكّر أنه تم في هذا المثال الطلب من البرنامج إهمال تشوهات القص في الجدران من أجل المقارنة مع الحل اليدوي، مما سيؤثر على مكان مركز الصلابة قليلاً، أما في ملفات الفيديو ولأن المقارنة تتم مع إيتابس فلم يتم إهمال تشوهات القص، لذلك قد نجد اختلافاً بسيطاً بين صورة النافذة هنا وملفات الفيديو.



ملاحظة: يمكننا أيضاً قراءة إحداثيات مركز الصلابة من نافذة الرسم مثلما نقرأ إحداثيات مركز ثقل الطابق كما هو موضح سابقاً، فإن لم تكن عملية التحليل قد تمت بعد يتم عرض إحداثيات مركز الصلابة كما هو محسوب وفق الطريقة المبسطة هذه، ويرمز له بالرمز 'CR'، أما إن كانت عملية التحليل قد تمت فيتم عرض قيمة إحداثيات مركز الصلابة كما هو محسوب وفق طريقة الصلابة، وفي حالتنا ستكون النتيجتان متطابقتين كما ذكرت سابقاً.

حساب قوة القص القاعدية فى الاتجاه Y حسب الطريقة الاستاتيكية المكافئة المطورة IBC2009، وتوزيعها شاقولياً

تختلف طريقة حساب قوة القص القاعدية وطريقة توزيعها على الطوابق بين طريقتي التصميم الزلزالي المعتمدتين في البرنامج، أما بالنسبة للدور (أو الفترة)، فإن الدور التقريبي يختلف أيضاً بينهما، لكن عند حساب الدور بدقة أو عن طريق علاقة ريليه (وهي طريقة دقيقة نوعاً ما لحساب الدور الأساسي للمنشأة) فالطريقة نفسها، لأن الدور في هذه الحالة يعتمد على صلابة المبنى.

تحديد العوامل الزلزالية:

المبنى في مدينة حمص، نبحث في الجدول في ملحق الكود أو الخريطة الزلزالية للمنطقة فنجد أن متغيرات التسارعات الخرائطية هي:

$$S_S = 1.191\,,\ S_1 = 0.347$$

وبما أن صنف الموقع هو Sc أو C، إذن من الجداول يمكننا معرفة معاملات الموقع بالاستعانة بمتغيرات التسارعات الخرائطية السابقة، وبعمل توسط خطي للقيم في الجداول الخاصة نجد:

$$F_a = 1.0\,,\quad F_v = 1.453$$

نحسب متغيرات تسارع الاستجابة الطيفي الأعظمي والتصميمي كما يلي:

$$S_{MS} = F_a.S_S = 1 \times 1.191 = 1.191$$
$$S_{M1} = F_v.S_1 = 1.453 \times 0.347 = 0.504$$
$$S_{DS} = \frac{2}{3}S_{MS} = \frac{2}{3} \times 1.191 = 0.794$$
$$S_{D1} = \frac{2}{3}S_{M1} = \frac{2}{3} \times 0.504 = 0.336$$

حساب الدور التقريبي (الفترة التقريبية) - الطريقة A:

الدور التقريبي Ta له علاقة بارتفاع المبنى ونوع الجملة الإنشائية.

ارتفاع المبنى يساوي 21 m، والجملة الإنشائية جدران قص خرسانية إذن من الجدول Ct = 0.0488 و x = 0.75، نحسب الدور من العلاقة:

$$h_n = 21\ m$$
$$T_a = C_t.h_n^x = 0.0488 \times 21^{0.75} = 0.479\ sec$$

حساب الدور (الفترة) بالطريقة B أي بإحدى الطرق الديناميكية:

يقوم البرنامج بحساب دور المبنى الأساسي من علاقة ريليه وهي طريقة تعطي نتائج مقبولة جداً، أما برنامج إيتابس فيحسب الدور الرئيسي (والأدوار الأخرى) عن طريق تحليل أطوار الاهتزاز، ونلاحظ حسب ملفات الفيديو التعليمية المشار إليها سابقاً أن الدور الذي حسبه البرنامج (من أجل هذا المثال) مطابق للدور الذي حسبه إيتابس مع اختلاف طريقتي الحساب.

إن كان الدور الدقيق المحسوب بالطريقة B أكبر من الدور التقريبي، فيجب أن لا يزيد هذا الدور الدقيق عن قيمة محددة عند التصميم، أما عند حساب الانتقالات فنعتمده كما هو دون حد أعلى، وهذا ما يقوم به البرنامج، وكذلك إيتابس ٢٠١٥ عندما نحدد له الحمولة الزلزالية الخاصة بحساب الانتقالات.

أما في حال تعذر حساب قيمة الدور بإحدى الطرق الديناميكية (كطريقة ريليه)، نكتفي -حسب الكود- بالدور التقريبي ونتابع، ولكن غالباً سنحصل على قيم تسليح أعلى وانتقالات أكبر.

من الصعب تطبيق علاقة ريليه يدوياً (بسبب حاجتنا إلى حساب القوى على الطوابق ثم حساب الانتقالات الناتجة عنها ثم حساب الدور، وتكرار العملية أكثر من مرة)، لذلك سنعتمد قيمة الدور الرئيسي كما حسبها البرنامج في الاتجاه Y ونتابع، وهذه القيمة موضحة في الصورة أدناه:

$$T_{rayleigh} = 0.84\ sec$$

عند حساب الانتقالات نعتمد هذه القيمة دون النظر إلى الحد الأعلى، لكن عند التصميم (أي حساب القوى التصميمية والتسليح) نقارن هذه القيمة مع الحد الأعلى، فنجد:

$$T_{max} = C_u.T_a = 1.4 \times 0.479 = 0.67\ sec \Rightarrow T_{Design} = 0.67\ sec$$

حيث أن قيمة C_u تؤخذ من الجدول حسب قيمة S_{D1}، وهي في هذه الحالة تساوي 1.4

حساب قوة القص القاعدية في الاتجاه Y:

نحسب قوة القص القاعدية كما هو موضح في الملحق، كما يلي:

$$V = C_s.W$$

$$C_s = \frac{S_{DS}}{\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0.794}{\left(\frac{5}{1}\right)} = 0.1588$$

$$T \le T_L = 8\,\text{sec} \Rightarrow C_s = \frac{S_{D1}}{T\left(\frac{R}{I_e}\right)} = \frac{0.336}{0.67 \times \left(\frac{5}{1}\right)} = 0.1003$$

$$C_s = min\{0.1588\,,0.1003\} = 0.1003$$

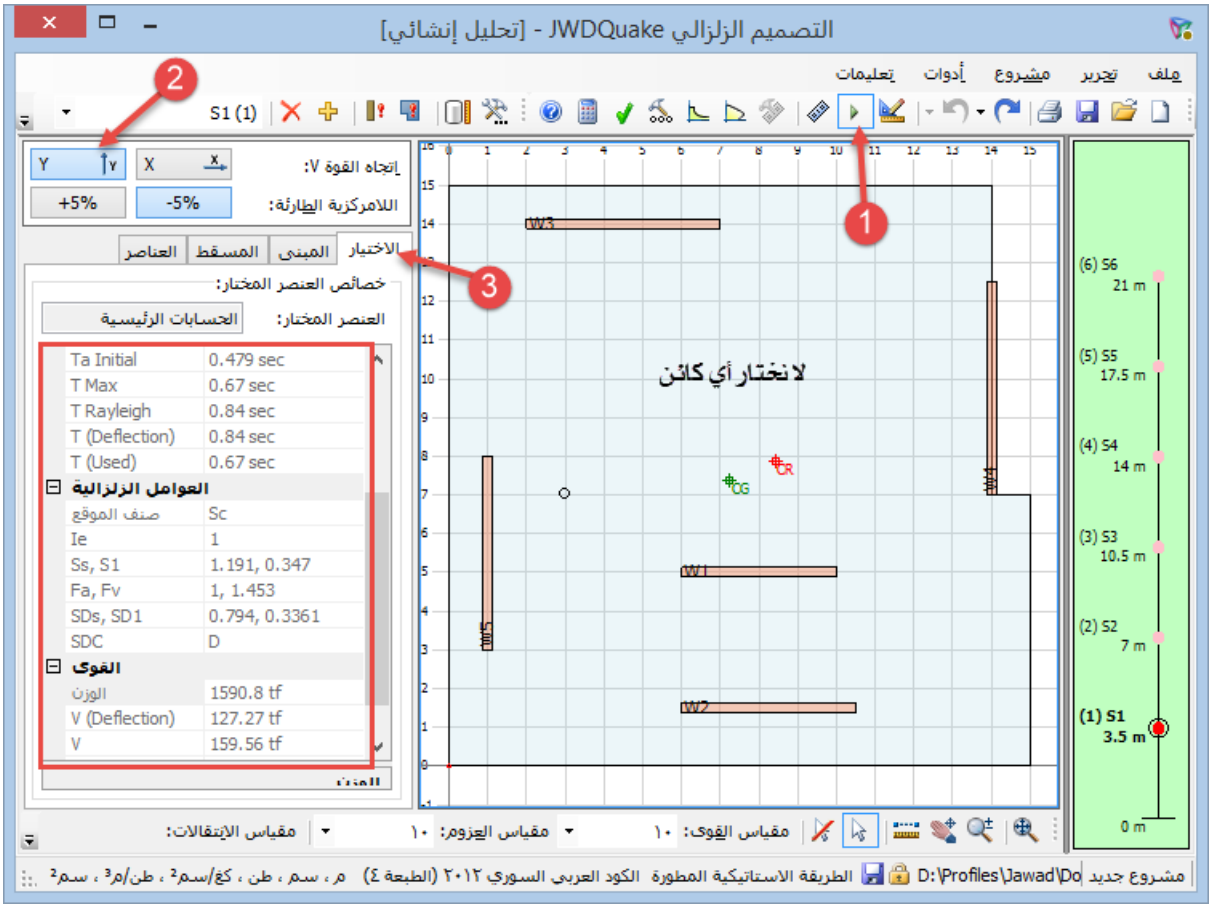
يجب أن لا تقل قيمة C_s عما يلي:

$$C_s = 0.044 S_{DS} I_e = 0.044 \times 0.794 \times 1 = 0.035 > 0.01 \Rightarrow C_s(\text{min}) = 0.035$$

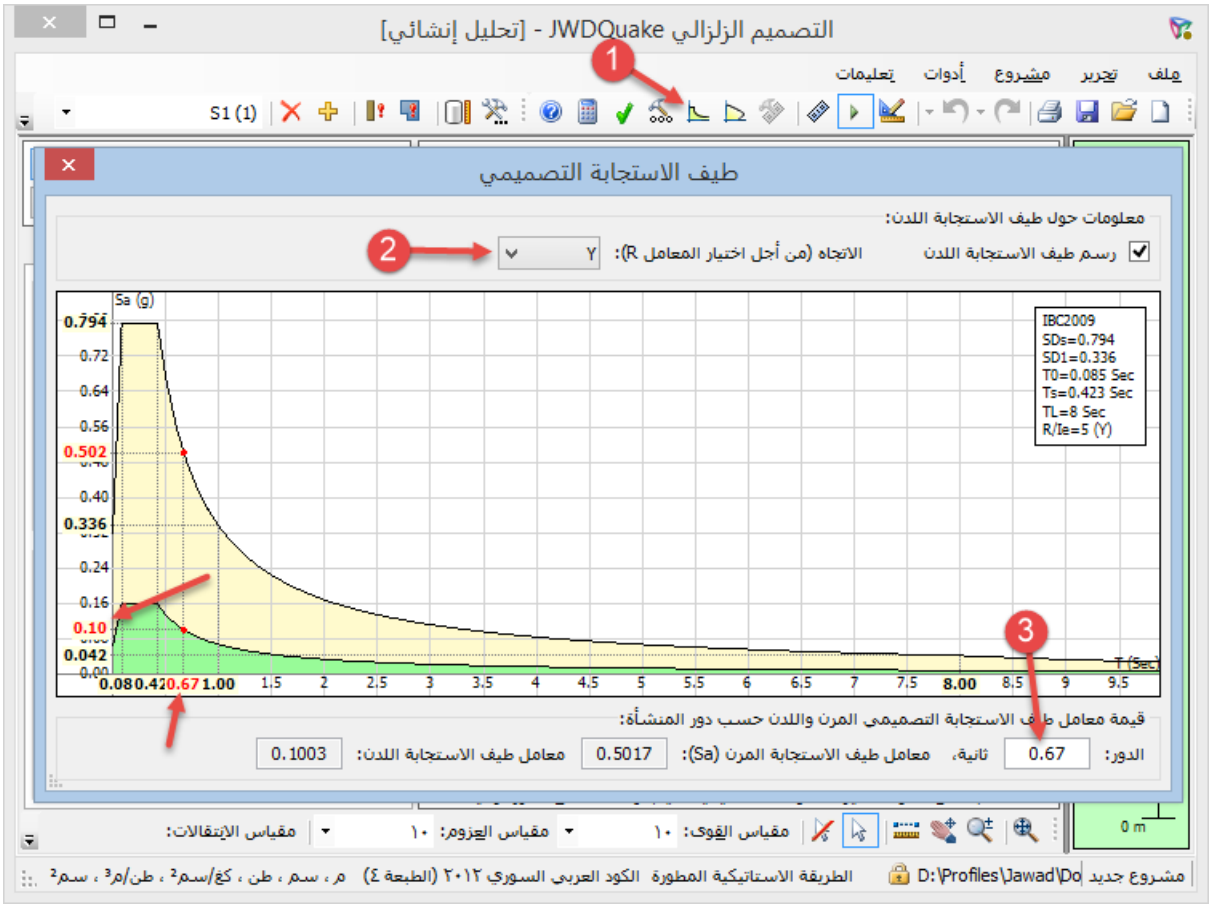
إذن:

$$\Rightarrow C_s = 0.1003 \Rightarrow V = 0.1003 \times 1590.75 = 159.55\ tf$$

مقارنة: يمكننا قراءة قيمة الدور التقريبي والدور حسب ريليه وكذلك العوامل الزلزالية ووزن المبنى وقيمة قوة القص القاعدية الخاصة بحساب الانتقال والأخرى الخاصة بالتصميم من نافذة التحليل بعد اختيار اتجاه القوة الزلزالية، في التبويب (الاختيار) ودون أن نختار أي كائن في لوحة الرسم، كما هو موضح في الصورة التالية.



أيضاً يمكننا الحصول على قيمة C_s من مخطط طيف الاستجابة التصميمي، حيث نطلب من البرنامج إظهار هذا المخطط، ثم نطلب منه رسم مخطط طيف الاستجابة التصميمي اللدن في الاتجاه المدروس وهو Y، ثم نحدد له قيمة الدور، فنقرأ قيمة C_s على المحور الشاقولي، كما هو موضح في الصورة التالية: (يمكننا أيضاً النقر ضمن الصورة لاختيار الدور)



توزيع قوة القص القاعدية شاقولياً على الطوابق:

يتم توزيع قوة القص شاقولياً كما هو موضح في الملحق، حسب العلاقة التالية:

$$F_x = C_{vc} V$$

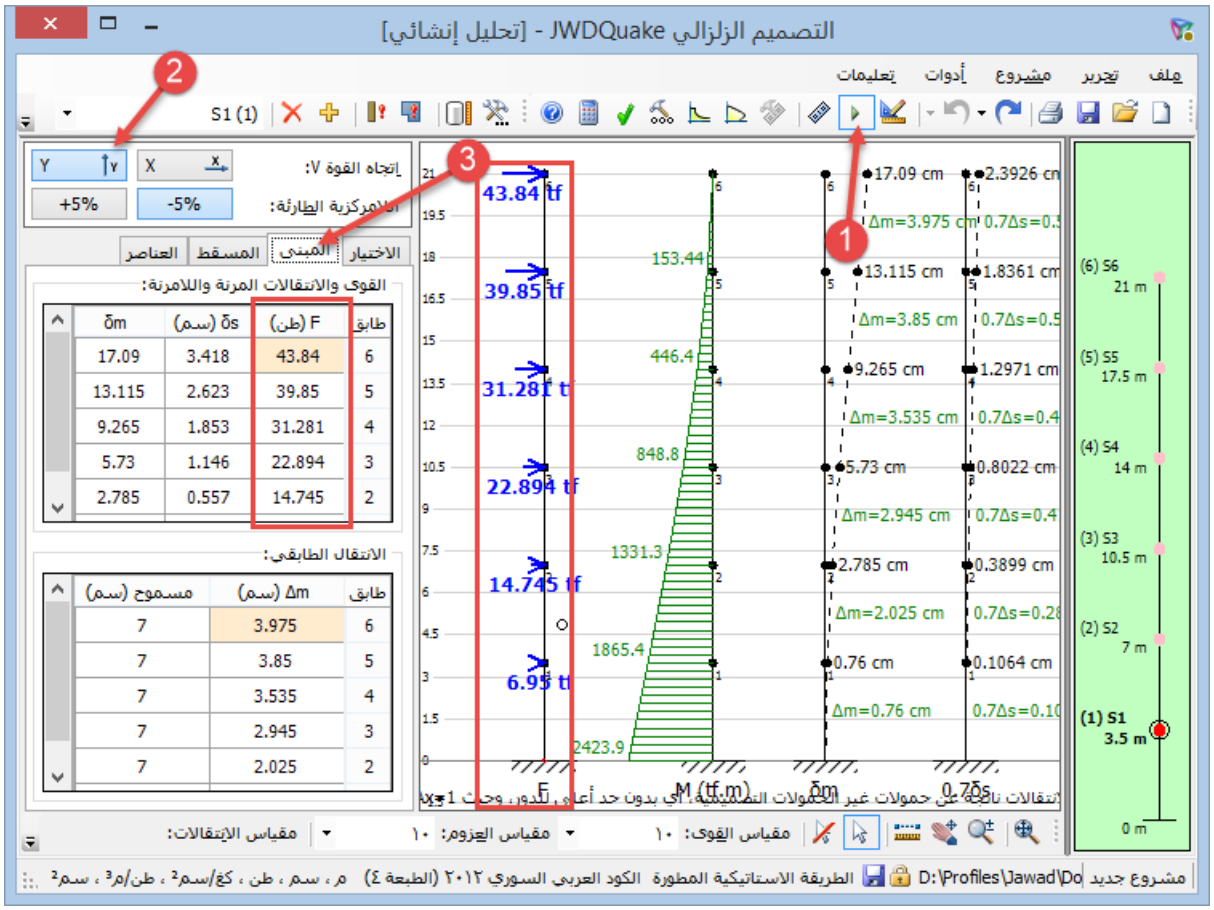
$$C_{vx} = \frac{w_x h_x^k}{\sum w_i h_i^k}$$

حيث أن الأس k له علاقة بالدور، وبما أن الدور في الاتجاه Y يساوي 0.67 ثانية فإن k = 1.085، و x في هاتين العلاقتين تشير إلى المنسوب وليس الاتجاه X

لتوزيع القوة في الاتجاه Y شاقولياً ننظم الجدول التالي:

الطابق	h_x	w_x	$w_x.h_x k$	C_{vx}	F_x
الطابق ٦	21	243.25	6616.995	0.274736	43.83
الطابق ٥	17.5	269.5	6015.269	0.249752	39.85
الطابق ٤	14	269.5	4721.801	0.196048	31.28
الطابق ٣	10.5	269.5	3455.804	0.143484	22.89
الطابق ٢	7	269.5	2225.821	0.092416	14.74
الطابق ١	3.5	269.5	1049.235	0.043564	6.95
	Total:	1590.75	24084.92	1	159.55

مقارنة: لرؤية توزيع القوة الزلزالية شاقولياً في البرنامج، نذهب إلى نافذة التحليل أيضاً، ونختار تبويب (المبنى) بعد اختيار اتجاه القوة الزلزالية كما هو موضح في الصورة التالية، وللتذكير فإنه يمكننا نسخ أي جدول في البرنامج إلى حافظة ويندوز عن طريق النقر عليه بالزر الأيمن فتظهر قائمة نختار منها أمر النسخ، ثم نذهب إلى وورد أو إكسل فنلصق الجدول.



توزيع قوة القص في الاتجاه Y ولامركزية طارئة 5%- أي نحو اليسار، أفقياً على الجدران

حصلنا سابقاً على قوة مطبقة في الطابق الأخير تساوي 43.83 tf، سنقوم بحساب حصة كل جدار منها في هذا الطابق مع الأخذ بعين الاعتبار أن اللامركزية الطارئة 5%-

البرنامج يعتمد طريقة مصفوفة الصلابة في الحساب، أي أنه يحسب الانتقالات أولاً ومنها يحسب القوى، لكن من أجل هذه الحالة سأستخدم الطريقة المبسطة المشروحة في الملحق وستعطي نتائج دقيقة للسبب المذكور سابقاً.

حسب ما وجدنا سابقاً فإن اللامركزية التي سنحسب على أساسها بعد إضافة اللامركزية الطارئة إليها هي:

$$e = e_{x(R-G)} + -e_{x(5\%)} = -1.178 - 0.75 = -1.928\ m$$

القوة المطبقة على الطابق الأخير، وعزم الفتل الناتج عنها والذي يدور مع عقارب الساعة (لأن مركز الثقل يقع على يسار مركز الصلابة، واتجاه القوة الزلزالية افترضناه للأعلى):

$$V = 43.83\ tf$$
$$M_t = V.e = 43.83 \times 1.928 = 84.5\ tf.m\ \curvearrowright$$

نحسب الآن حصة كل جدار من العلاقات التالية، بعد اختزال الحدود الغير الضرورية على اعتبار أن القوة في الاتجاه Y:

$$F_{yj} = \frac{I_{xj}}{\sum I_{xi}} V_y \pm \frac{I_{xj}\bar{X}_j}{\sum\left(I_{xi}\bar{X}_i^2 + I_{yi}\bar{Y}_i^2\right)} M_t$$
$$F_{xj} = \frac{I_{yj}\bar{Y}_j}{\sum\left(I_{xi}\bar{X}_i^2 + I_{yi}\bar{Y}_i^2\right)} M_t$$

حيث:

- Xj، Yj : إحداثيات مركز قص الجدار j بالنسبة لمركز الصلابة
- بالنسبة للإشارة ± نأخذ الإشارة + عندما يكون تأثير العزم متوافقاً مع القوة، والإشارة - عندما يكون التأثيران متعاكسان، ومن أجل حالتنا هذه نجد أنه إذا كان الجدار يسار مركز الصلابة أي الإحداثي X بالنسبة لمركز الصلابة سالب، يكون تأثير العزم موافقاً للقوة، والعكس صحيح، لذلك نأخذ هنا الإشارة - لكل الجدران.

كنا قد حسبنا سابقاً إحداثيات مركز الصلابة، وهي:

$$X_{CR} = 8.418\ m,\ \ Y_{CR} = 7.877\ m$$

نحسب إحداثيات مركز الجدار W1 بالنسبة لمركز الصلابة:

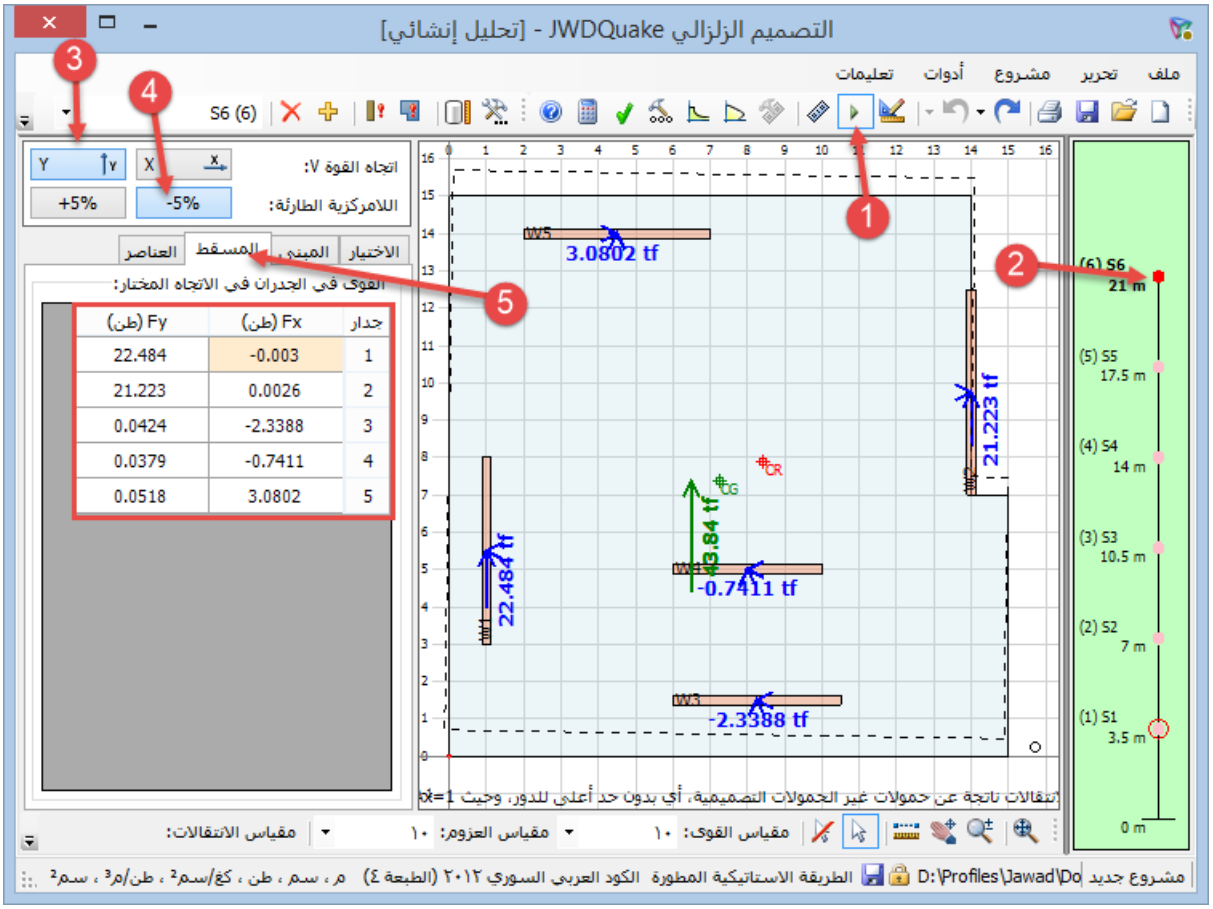
$$\bar{X}_1 = 1 - 8.418 = -7.418\ m$$
$$\bar{Y}_1 = 5.5 - 7.877 = -2.377\ m$$

نتابع لبقية الجدران، وننظم العملية في جدول مع التذكير أن عزوم العطالة قد تم حسابها سابقاً:

الجدار	X	Y	$\bar{X}$	$\bar{Y}$	I_x	I_y	$I_x.\bar{X}^2$	$I_y.\bar{Y}^2$	F_y	F_x
W1	1	5.5	-7.418	-2.377	1.8229	0.0046	100.309	0.026	22.481	-0.003
W2	14	9.75	5.582	1.873	2.4263	0.0050	75.600	0.018	21.216	0.003
W3	8.25	1.5	-0.168	-6.377	0.0041	1.3289	0.000	54.041	0.042	-2.339

W4	8	5	-0.418	-2.877	0.0036	0.9333	0.001	7.725	0.038	-0.741
W5	4.5	14	-3.918	6.123	0.0046	1.8229	0.070	68.343	0.052	3.081
				Total:	4.262	4.095	175.980	130.153	43.830	0.000

مقارنة: لقراءة نتائج التوزيع في البرنامج نذهب إلى نافذة التحليل، ونختار الطابق المختار من لوحة الطوابق، ثم نحدد جهة القوة الزلزالية وجهة اللامركزية الطارئة، ثم ننتقل إلى تبويب (المسقط) فنقرأ نتائج التوزيع على اللوحة وضمن الجدول كما هو موضح في الصورة التالية:



بعد أن وزعنا هذه القوة، نتابع توزيع القوى في بقية الطوابق، ومن أجل هذه الحالة الخاصة للمبنى فإن التوزيع سيكون بنفس النسب التي حصلنا عليها للطابق الأخير، وبعدها نحسب العزوم وقوى القص على الجدران كما سنرى في الفقرة اللاحقة، ثم نكرر العملية من أجل لامركزية طارئة موجبة، ونكرر العمليتين من أجل الاتجاه X، لكن لن أكرر شيئاً هنا.

ويمكن طبعاً حسب تقدير المهندس أن يعلم أي حالة هي الأخطر لكل جدار فلا يقوم بتكرار كل الحسابات، لكن أنا هنا أقارن مع البرنامج.

حساب القوى المطبقة على الجدار W1 وحساب العزوم الناتجة عنها والعزوم التصميمية

حسبنا سابقاً حصة الجدار W1 من القوة الزلزالية في الاتجاه Y بلا مركزية طارئة ٥-% في الطابق الأخير، فكانت:

$$F_{1y} = 22.481\ tf$$
$$V = 43.83\ tf$$
$$\frac{F_{1y}}{V} = \frac{22.481}{43.83} = 0.5129$$

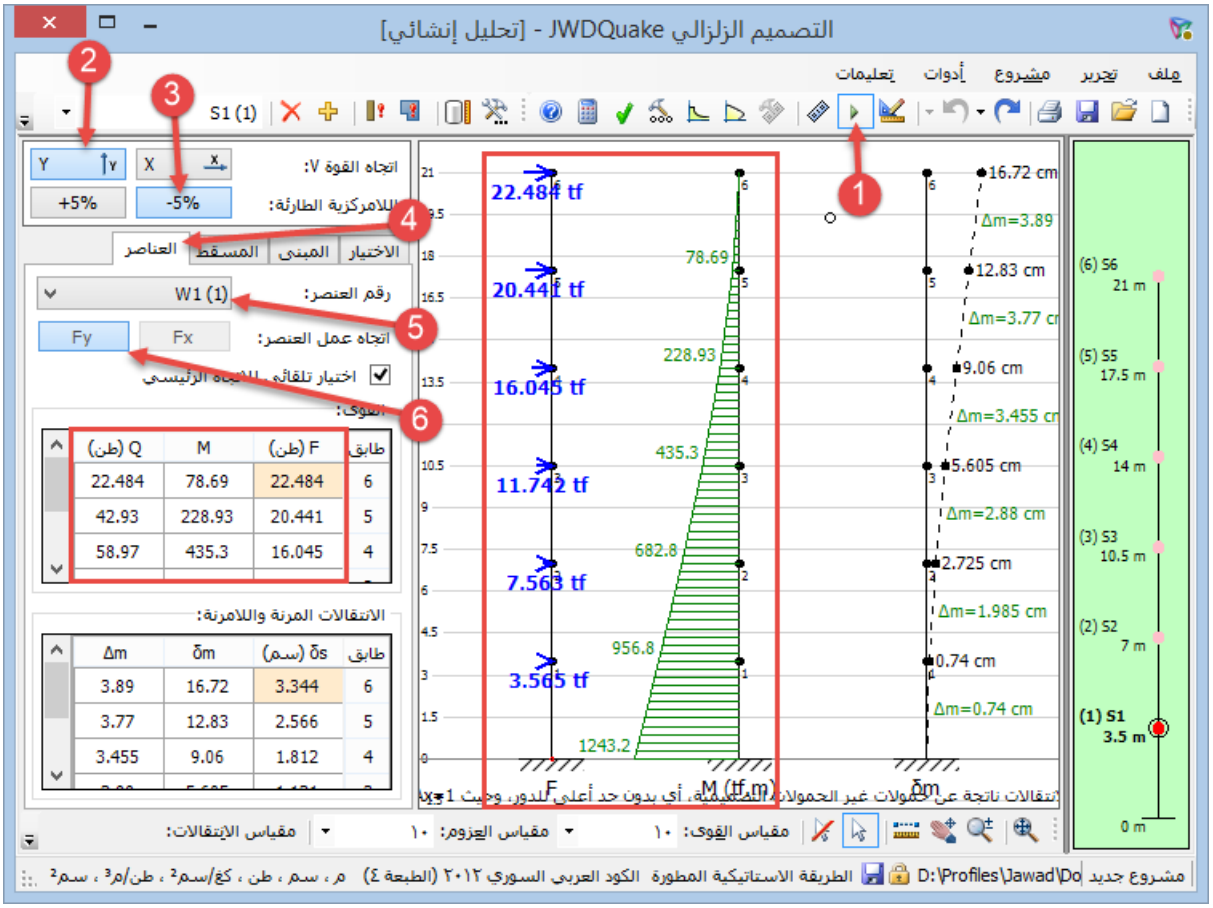
ومن أجل هذه الحالة الخاصة (جدران قص فقط ذات سماكة وأطوال ثابتة على ارتفاع المبنى)، فإن توزيع القوى الزلزالية في بقية الطوابق سيكون بنفس النسبة للطابق الأخير، لذلك نحسب حصة هذا الجدار في بقية الطوابق كما هو موضح في الجدول التالي:

الطابق	V	F_{1y}	المنسوب	Q	M	1.1ρ.Q	1.1ρ.M
الطابق ٦	43.83	22.48	21	22.48	78.69	32.15	112.53
الطابق ٥	39.85	20.44	17.5	42.92	228.91	61.38	327.34
الطابق ٤	31.28	16.04	14	58.96	435.28	84.32	622.46
الطابق ٣	22.89	11.74	10.5	70.71	682.75	101.11	976.34
الطابق ٢	14.74	7.56	7	78.27	956.69	111.92	1368.07
الطابق ١	6.95	3.56	3.5	81.83	1243.11	117.02	1777.65

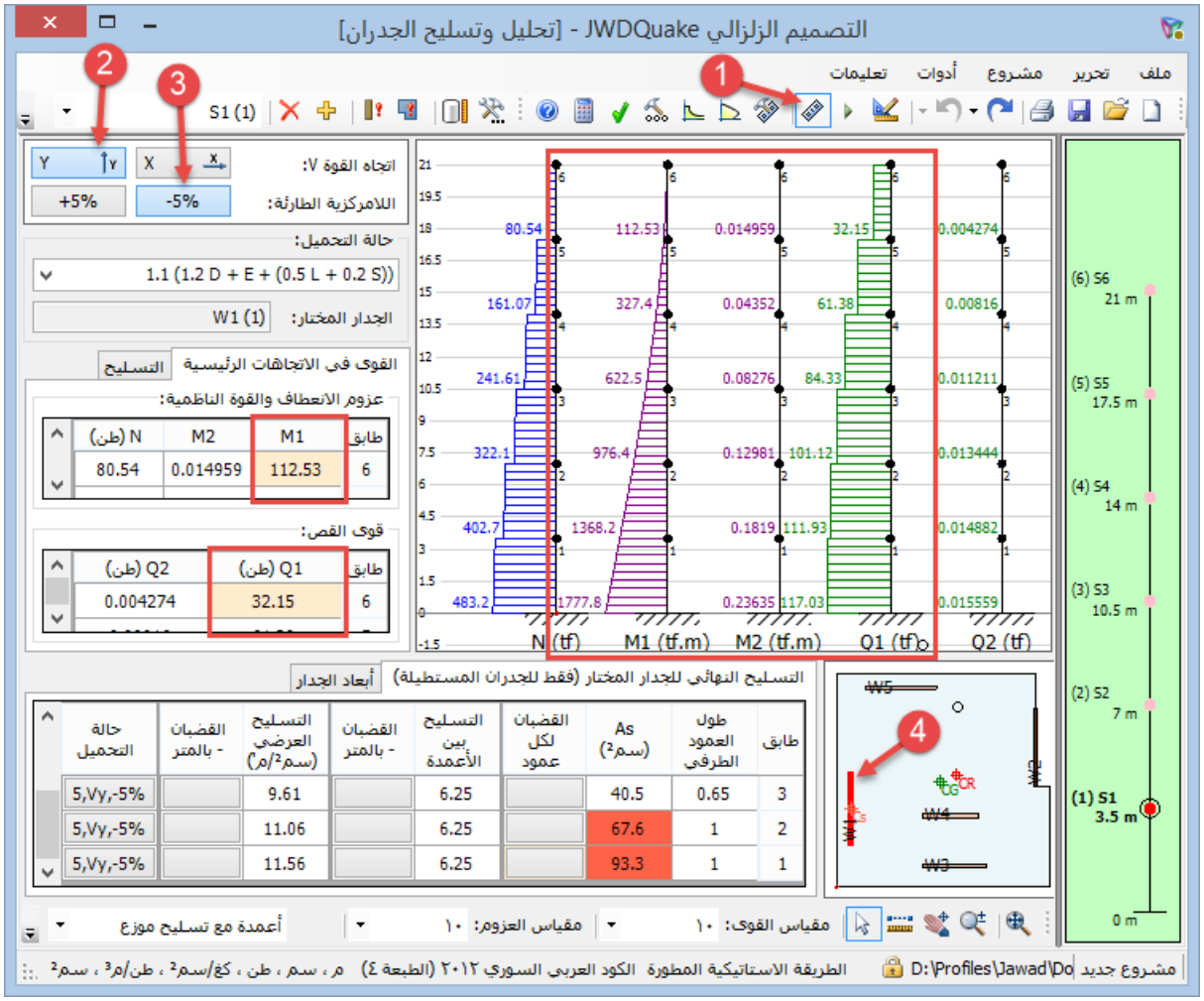
في الجدول السابق قمنا أيضاً بحساب القص والعزم الناتجين عن القوى، وكذلك العزم والقص التصميميين. العزوم محسوبة أسفل الطابق.

العزم التصميمي ينتج عن ضرب العزم الحسابي بالمعامل ρ وهو يساوي حسب المعطيات 1.3، وحسب الكود السوري نضرب أيضاً ب 1.1 من أجل حالة الجدران الخرسانية (كما سيتم توضيحه في الفقرة اللاحقة)، أما في الكود الأمريكي فلا يوجد هذا العامل في طريقة الكود IBC2009.

مقارنة: لقراءة نتائج القوى على الجدار والعزوم الناتجة عنها نذهب إلى نافذة التحليل ثم نختار منها جهة القوة الزلزالية وإشارة اللامركزية الطارئة، ثم نختار الجدار وجهة عمله التي نريد أن نقرأ نتائجها، فتظهر النتائج على اللوحة وفي الجدول كما هو مبين في الصورة التالية:



أما العزوم وقوى القص التصميمية فنحصل عليها من نافذة (تحليل وتسليح الجدران)، حيث نطلب أمر تصميم الجدران المستطيلة، ثم نختار جهة القوة الزلزالية وإشارة اللامركزية الطارئة، ثم نختار الجدار من اللوحة الصغيرة، فنحصل على القوى التصميمية كمخططات أو كقيم في جداول، كما هو موضح في الصورة التالية:


التصميم الزلزالي JWDQuake - [تحليل وتسليح الجدران]
ملف تحرير مشروع أدوات تعليمات
S1 (1)
1
2
3
4
اتجاه القوة V:
Y
X
اللامركزية الطارئة:
+5%
-5%
حالة التحميل:
1.1 (1.2 D + E + (0.5 L + 0.2 S))
الجدار المختار:
W1 (1)
القوى في الاتجاهات الرئيسية
التسليح
عزوم الانعطاف والقوة الناظمية:
طابق | M1 | M2 | N (طن)
6 | 112.53 | 0.014959 | 80.54
قوى القص:
طابق | Q1 (طن) | Q2 (طن)
6 | 32.15 | 0.004274
N (tf)
M1 (tf.m)
M2 (tf.m)
Q1 (tf)
Q2 (tf)
(6) S6 21 m
(5) S5 17.5 m
(4) S4 14 m
(3) S3 10.5 m
(2) S2 7 m
(1) S1 3.5 m
0 m
التسليح النهائي للجدار المختار (فقط للجدران المستطيلة)
أبعاد الجدار
طابق | طول العمود الطرفي | As (سم²) | القضبان لكل عمود | التسليح بين الأعمدة | القضبان - بالمتر | التسليح العرضي (سم²/م') | القضبان - بالمتر | حالة التحميل
3 | 0.65 | 40.5 | | 6.25 | | 9.61 | | 5,Vy,-5%
2 | 1 | 67.6 | | 6.25 | | 11.06 | | 5,Vy,-5%
1 | 1 | 93.3 | | 6.25 | | 11.56 | | 5,Vy,-5%
مقياس القوى: ١٠
مقياس العزوم: ١٠
أعمدة مع تسليح موزع
الطريقة الاستاتيكية المطورة الكود العربي السوري ٢٠١٢ (الطبعة ٤)
م ، سم ، طن ، كغ/سم² ، طن/م³ ، سم²
D:\Profiles\Jawad\Do
مشروع جديد

تصميم (حساب تسليح) المقطع العرضى للجدار W1 فى الطابق الأول

سنقوم بتصميم مقطع الجدار W1 في الطابق الأول عندما تكون القوة الزلزالية في الاتجاه Y وجهة اللامركزية الطارئة سالبة، ومن الواضح أنها الحالة الأخطر لهذا الجدار.

حساب الحمولات التصميمية:

تراكيب الأحمال الأخطر لحالة جدران القص حسب الكود السوري هي:

$$1.1(1.2\,D + E + f_1 L)$$
$$1.1(0.9\,D - E)$$
$$\therefore E = \rho E_h \pm E_v \;\; \therefore \;\; E_v = 0.2\,S_{DS} D$$

حيث:

- D تأثير الحمل الميت، وهنا يدخل في حساب القوة الناظمية فقط، ويشمل الحمولة المطبقة على الجدار + وزنه الذاتي
- L تأثير الحمل الحي، وهنا يدخل في حساب القوة الناظمية
- f_1 عامل تصعيد ويساوي في حالتنا ٠,٥
- E تأثير الزلازل، وهو يتألف من مركبة أفقية Eh تدخل في حساب العزم والقص، ومركبة ناظمية Ev تدخل في حساب القوة الناظمية.

بالتعويض في الحالة الأولى (رقم ٢ في البرنامج)، ونتذكر أن SDS = 0.794، نجد:

$$N = 1.1 \times (1.2 \times D + 0.2 \times 0.794 \times D + 0.5 \times L) = 1.495 \times D + 0.55 \times L$$
$$M = 1.1 \times (1.3 \times E_h) = 1.43 \times E_h$$

وفي الحالة الثانية (رقم ٥ في البرنامج):

$$N = 1.1 \times (0.9 \times D - 0.2 \times 0.794 \times D) = 0.815 \times D$$
$$M = 1.43 \times E_h$$

نحسب القوى المطبقة عند قاعدة الجدار W1 على اعتبار أن الجدار يحمل من كل بلاطة 40 tf حمل ميت + وزنه الذاتي، و 8 tf حمل حي، أما العزم الناتج عن الزلازل فقد تم حسابه سابقاً:

$$D = 40 \times 6 + 0.25 \times 5 \times 21 \times 2.5 = 305.625\ tf$$
$$L = 8 \times 6 = 48\ tf$$
$$E_h = 1243.11\ tf.m$$

نحسب القوى التصميمية لكل حالة:

الحالة الأولى:

$$N = 1.495 \times 305.625 + 0.55 \times 48 = 483.3\ tf$$
$$M = 1.43 \times 1243.11 = 1777.6\ tf.m$$

الثانية:

$$N = 0.815 \times 305.625 = 249.1\ tf$$
$$M = 1777.6\ tf.m$$

سيتم إذن تصميم المقطع على الضغط اللامركزي لزوجي الحمولات التالية:

$$(N, M) = (483.3\,, 1777.6)\,, (249.1\,, 1777.6)$$

استخدام مخططات الترابط التصميمية:

لتصميم مقطع الجدار سنستخدم مخططات الترابط التصميمية للمقاطع المستطيلة ذات التسليح المتناظر، وهناك العديد من هذه المخططات وقد تختلف فيما بينها بطريقة الإدخال والإخراج لكنها تعطي نفس النتيجة طالما أنها تعتمد نفس المبدأ النظري.

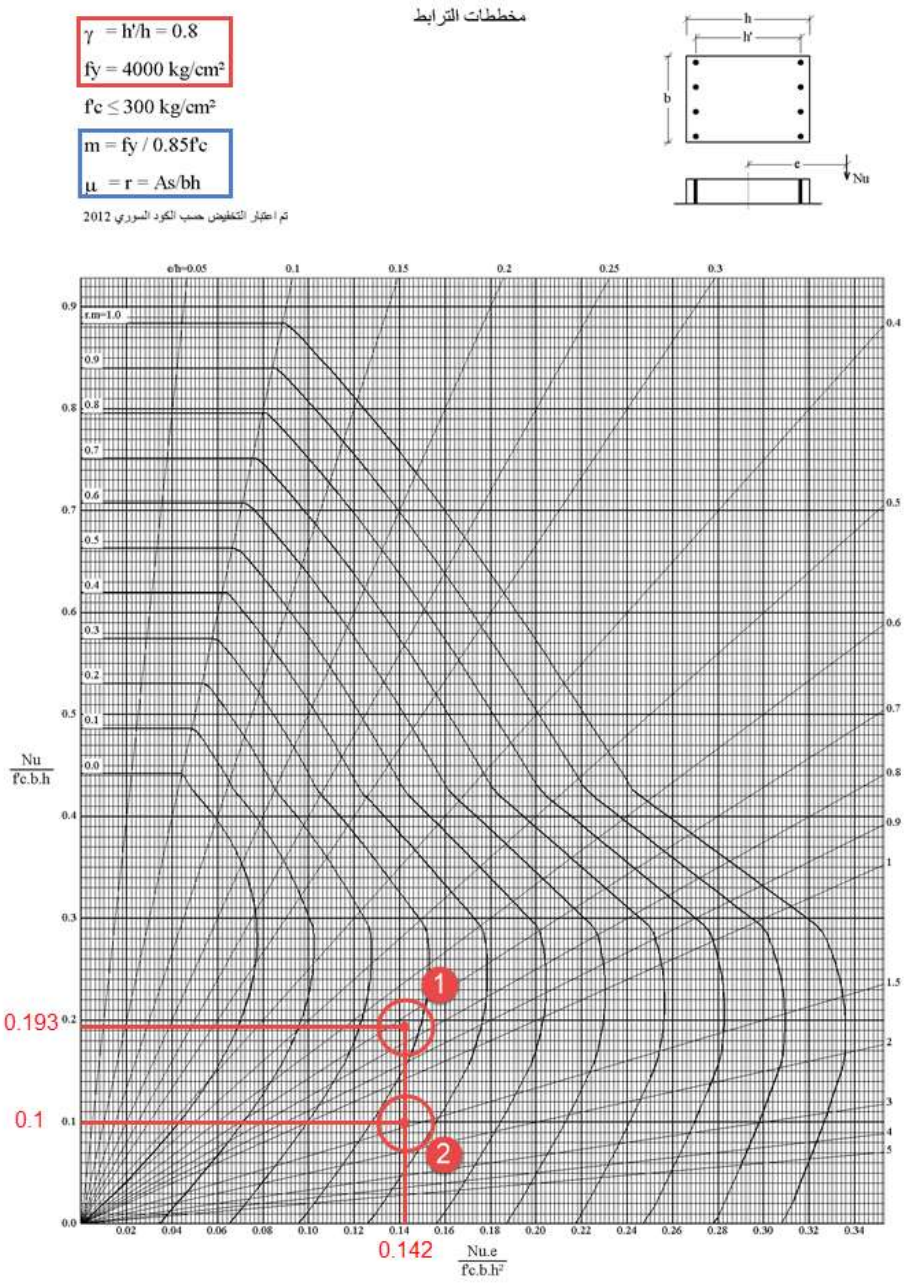
بالنسبة للمخططات التي سأستخدمها، يتم اختيار المخطط المناسب عن طريق f_y ونسبة البعد بين مركزي حديد الشد والضغط إلى طول المقطع، وقد تم فيها إدخال عامل تخفيض المقاومة حسب الكود السوري ٢٠١٢، أي أننا نستخدم القوى الحدية مباشرة دون تقسيمها على عامل تخفيض المقاومة.

على الرغم من أن هذه المخططات هي للمقاطع المستطيلة إلا أنه يمكن استخدامها أيضاً للجدران المستطيلة ذات التسليح المتناظر، بحيث يكون طول الجدار هو طول المقطع، والبعد بين مركزي العمودين الطرفين هو البعد بين مركزي حديد الشد والضغط.

نفرض أن طول العمود الطرفي للجدار هو ١ م (أكبر طول مسموح هو ١ م = ٢٠% من طول الجدار) إذن:

$$\frac{h'}{h} = \frac{5 - 0.5 - 0.5}{5} = 0.8$$

وبما أن $f_y = 4000\ kg/cm^2$ فإننا نختار مخطط الترابط الموضح في الصورة التالية:



بعد اختيار المخطط المناسب نحسب النسب التالية لكل تركيب أحمال:

$$\left(\frac{N_u}{f'_c bh}, \frac{M_u}{f'_c bh^2}\right)$$

$$Case1: \left(\frac{483.3 \times 10^3}{200 \times 25 \times 500}, \frac{1777.6 \times 10^5}{200 \times 25 \times 500^2}\right) = (0.193, 0.142)$$

$$Case2: \left(\frac{249.1 \times 10^3}{200 \times 25 \times 500}, \frac{1777.6 \times 10^5}{200 \times 25 \times 500^2}\right) = (0.1, 0.142)$$

من المخطط نحصل على قيمة r.m حيث m موضحة فوق المخطط، و r هي نسبة التسليح الكلية، أي مساحة التسليح الكلية بالنسبة لمساحة المقطع، ومساحة التسليح هنا هي مجموع مساحة الفولاذ في العمودين الطرفيين، ومساحة المقطع هي مساحة الجدار كاملاً.

نضع هذه الأزواج على المخطط كما هو موضح أعلاه، فنلاحظ أن الحالة الثانية تعطي نسبة تسليح أكبر، والمنحني الخاص بها له قيمة 0.35 وهي تمثل قيمة r.m

بعد الحصول على قيمة r.m نحسب التسليح كما يلي:

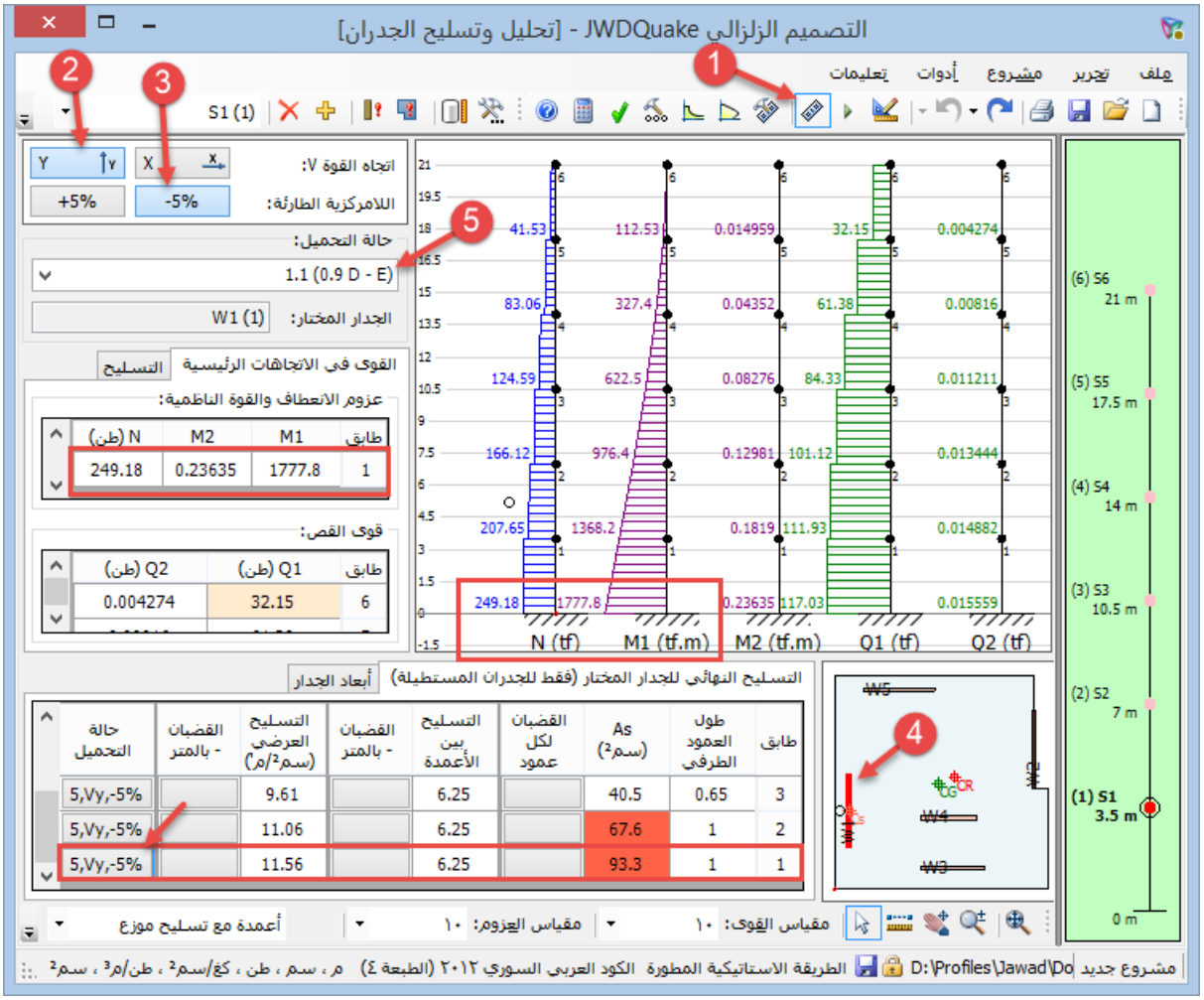
$$r.m = 0.35$$
$$m = \frac{f_y}{0.85f'_c} = \frac{4000}{0.85 \times 200} = 23.53$$
$$r = \frac{0.35}{23.53} = 0.0149$$
$$A_{s(Total)} = r.A = 0.0149 \times 25 \times 500 = 186.25\ cm^2$$
$$A_{s(Column)} = \frac{A_{s(Total)}}{2} = \frac{186.25}{2} = 93.13\ cm^2$$
$$\mu_{(Column)} = \frac{A_{s(Column)}}{A_{(Column)}} = \frac{93.13}{25 \times 100} = 3.7\% > 2.5\% \rightarrow NOT.OK$$

نلاحظ أن نسبة التسليح الناتجة أكبر من نسبة التسليح الأعظمية المسموحة في الكود السوري وهي ٢,٥%، إذن هي مرفوضة ويجب إيجاد حل آخر. (عند استخدام الكود الأمريكي يسمح البرنامج بنسبة تسليح ٤%، عندها تكون القيمة هذه مسموحة)

اقتراحات لحل هذه المشكلة:

- يمكن مثلاً تكبير سماكة الجدار أو جعل العمود الطرفي ظاهراً، ونظرياً في هذه الحالة يجب إعادة التحليل مرة أخرى بسبب اختلاف الصلابة، وهذا ما يقوم به البرنامج، لكن يدوياً يمكن تجاهل إعادة التحليل إن لم يكن التغير كبيراً.
- إضافة جدران، ومن الواضح أنه يجب إعادة التحليل في هذه الحالة.
- تغيير طول الجدار، إما أن نزيد طوله لزيادة ذراع المزدوجة التي تقاوم القوى، لكن في هذه الحالة ستزيد صلابته وبالتالي ستزيد العزوم عليه، أي قد يكون المفعول عكسياً. أو يمكننا إنقاص طوله لتخفيف صلابته وبالتالي تخفيف القوى عليه، لكن ذراع المزدوجة سينقص أيضاً...!! الحل في التجريب.
- زيادة صلابات الجدران الأخرى مما يخفف من القوى على هذا الجدار.
- عندما يكون العزم على الجدار كبيراً فهذا يعني أنه متشقق أكثر، فيمكننا مثلاً أن نغير قيمة عامل التشقق إلى قيمة أقل مما يقلل من صلابته وبالتالي يقل العزم المطبق عليه دون التأثير على ذراع المزدوجة، لكن هذا سيؤدي إلى زيادة القوى على الجدران الأخرى
- أخيراً وقبل المحاولة بالحلول السابقة نطلب من البرنامج أن يدخل شبكة الحديد الشاقولية الموجودة أصلاً بين الأعمدة في تحمل القوى مما يخفف من تسليح الأعمدة الطرفية، والبرنامج لا يقوم بإدخال هذا الحديد في الحساب حتى يتم اختيار الشبكة، ويقوم البرنامج بإعادة حساب تسليح الأعمدة الطرفية تلقائياً بمجرد تغيير اختيار الشبكة.
- إن لم تنجح أي طريقة يجب اعتماد حل إنشائي آخر

مقارنة: يمكننا قراءة قيم القوى التصميمية وقيم التسليح النهائية المعتمدة لكل جدار في نافذة (تصميم جدران القص المستطيلة)، كما هو موضح في الصورة التالية:

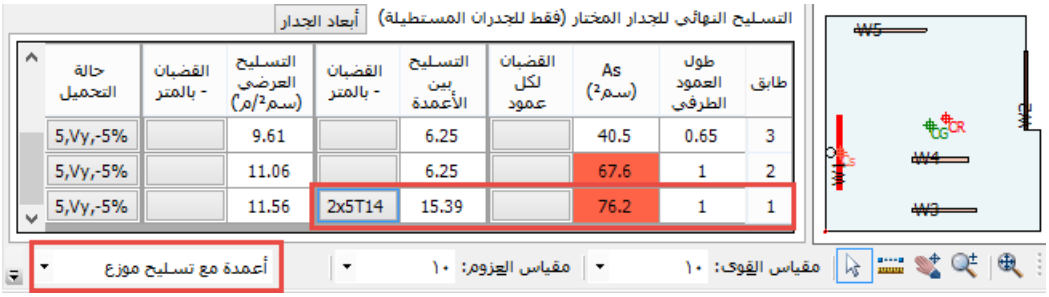


نلاحظ في هذه الصورة ما يلي:

عندما تزيد قيمة التسليح الطرفي عن القيمة الأعظمية يلونها البرنامج باللون الأحمر

في جدول التسليح النهائي يوجد عمود اسمه (حالة التحميل) وهو يعطي حالة التحميل الأسوأ التي تم تصميم مقطع الجدار عليها، وعند النقر على زر حالة التحميل هذه يتم عرض مخططاتها، فمثلاً من أجل حالتنا مكتوب: Case: 5,Vy,-5% أي تركيب الأحمال رقم ٥ (حسب البرنامج، وهو الثاني الذي أشرنا إليه أعلاه)، واتجاه الحمولة الزلزالية Y واتجاه اللامركزية الطارئة بالاتجاه السالب، وهذه الحالة هي التي صممنا عليها.

سنقوم مثلاً باختيار شبكتي تسليح شاقولي بين الأعمدة 2x5T14 فنلاحظ أن البرنامج أعاد حساب تسليح الأعمدة فأصبحت القيمة 76.2 cm^2 لكل عمود بدلاً من 93.3 cm^2، وبقيت أكبر من المسموحة !



حساب الانتقالات

تعتبر عملية حساب الانتقالات صعبة نوعاً ما يدوياً، لذلك سنعتمد قيم الانتقالات المرنة التي حسبها البرنامج بعد الاطمئنان أنها قريبة جداً من الانتقالات التي حسبها إيتابس، كما تم بيانه في ملفات الفيديو المشار إليها سابقاً، لكن سنقوم الآن بحساب الانتقالات اللدنة، وسنقارن النتائج مع نتائج البرنامج.

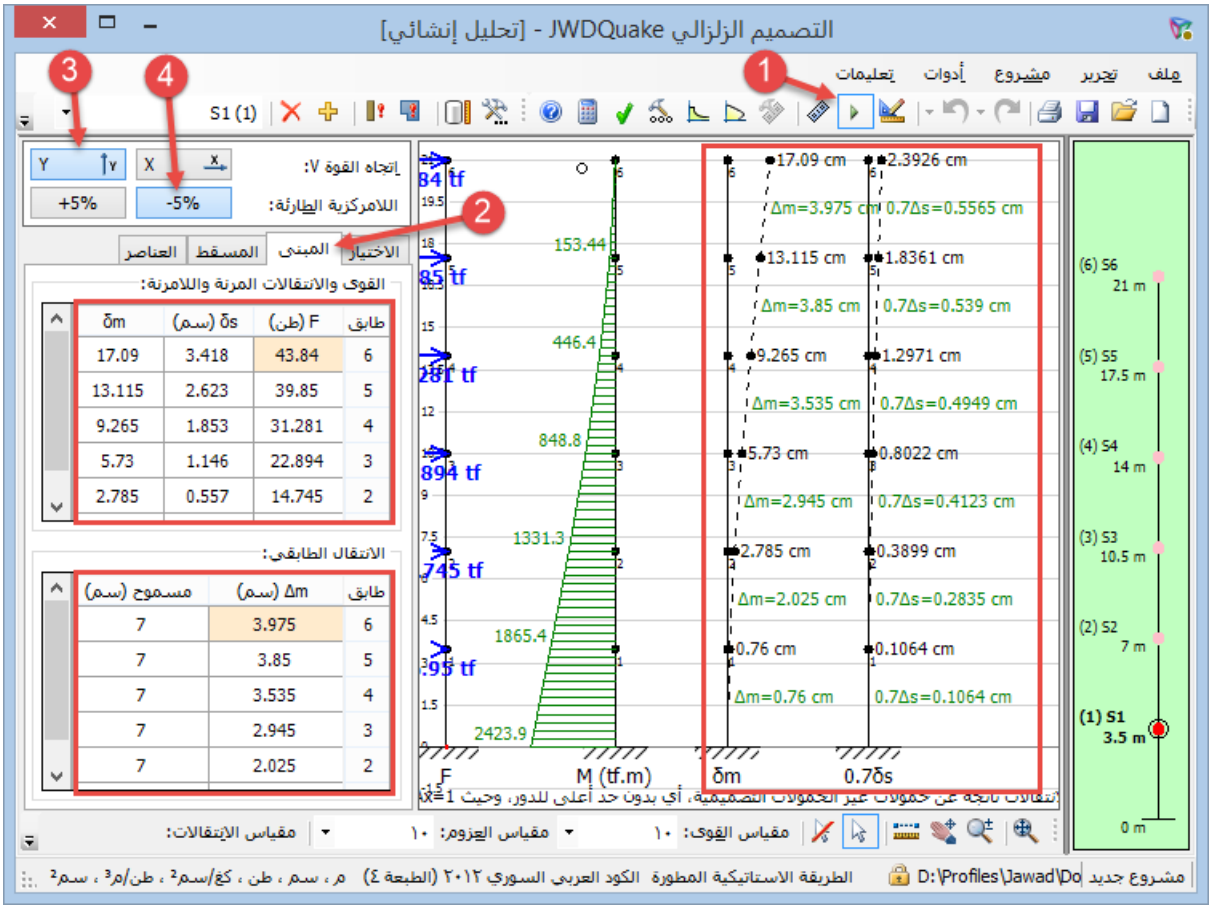
يقوم البرنامج، وكذلك إيتابس، بحساب الانتقالات المرنة δ_s ، ويجب أن نقوم بحساب الانتقالات اللدنة δ_Mمنها لمقارنتها بالانتقالات المسموحة، وهذا البرنامج يقوم بذلك تلقائياً عن طريق تطبيق العلاقة التالية الخاصة بالطريقة المطورة (IBC2009)، أما الطريقة الأخرى (UBC97) فلها علاقة أخرى:

$$\delta_M = \frac{C_d \delta_s}{I}$$

وحسب الكود السوري أيضاً يجب التحقق من قيمة الانتقالات المرنة بعد إلغاء التصعيد عنها بضربها بالعامل 0.7

يقوم البرنامج بحساب الانتقالات عند أطراف المبنى ليحسب منها عامل تكبير الفتل الطارئ، ثم إنه يخزن القيم العظمى ليحسب منها الانتقال الطابقي (المرن الغير المصعد، واللدن) لكل طابق ليقارنها مع القيم المسموحة.

يمكننا قراءة قيم هذه الانتقالات في نافذة التحليل (تبويب المبنى)، حيث نختار أيضاً اتجاه القوة الزلزالية، وجهة اللامركزية الطارئة، ونقرأ قيم الانتقالات في الجدول والمخططات كما هو موضح في الصورة التالية:



في الجدول الأول يوجد قيمة δ_s وهي الانتقال المرن الناتج عن تطبيق الحمولات الأفقية الناتجة عن القوة الزلزالية الخاصة بحساب الانتقالات، وهذه القيمة هي التي يحسبها إيتابس.

كما يوجد في الجدول الأول قيمة δ_M وهي الانتقال اللدن والذي يُحسب من الانتقال المرن بتطبيق العلاقة أعلاه. فمثلاً من أجل الطابق الأخير، وحيث أن $C_d = 5$ من فرضيات المسألة:

$$\delta_M = \frac{C_d \delta_s}{I} = \frac{5 \times 3.418}{1} = 17.09\ cm$$

أما في الجدول الثاني فنقرأ قيم الانتقال الطابقي وهو فرق الانتقال بين أعلى وأسفل الطابق، والتي يجب مقارنتها بالانتقال الطابقي المسموح والذي هو نسبة من ارتفاع الطابق، هذه النسبة في حالتنا هذه تساوي 2%، فمثلاً للطابق الأخير:

$$\Delta_M = 17.09 - 13.115 = 3.975\ cm$$
$$\Delta_{M(Allowed)} = 0.02 \times 350 = 7\ cm$$

أما في المخططات فنقرأ على أحدها (اسم المخطط موجود أسفله) قيم الانتقالات اللدنة نفسها، وعلى نفس المخطط الانتقالات الطابقية اللدنة، أما في المخطط الثاني فنقرأ قيمة الانتقالات المرنة الغير المصعدة، أي المضروبة بالعامل 0.7 وعلى نفس المخطط نقرأ قيم الانتقالات الطابقية المرنة الغير المصعدة والتي نقارنها حسب الكود السوري مع القيمة المسموحة التي نحددها في مواصفات المشروع.

في حال كانت إحدى القيم غير محققة يتم تلوينها باللون الأحمر في الجداول والمخططات.

يجب أن نتحقق من الانتقالات في الاتجاهين X و Y من أجل اللامركزية الطارئة السالبة والموجبة.

ملاحظة هامة: يجب أن ننتبه إلى أن الانتقالات تحسب من قوة زلزالية تختلف عادة عن القوة الزلزالية التي نحسب منها القوى التصميمية، لذلك فإن الانتقالات المبينة في الصورة أعلاه ليست ناتجة عن القوى المبينة على يسارها، إنما عن قوى أخرى أقل منها عادة أو تساويها، وقد تم ذكر ذلك سابقاً. لذلك عندما نقارن مع إيتابس نقارن القوى مع القوى الناتجة عن حالة تحميل الزلازل التصميمية، ونقارن الانتقالات مع الانتقالات الناتجة عن حالة تحميل الزلازل التي يحسب من خلالها الانتقالات، وعند التصدير من البرنامج إلى إيتابس يقوم البرنامج بإنشاء حالتي التحميل هاتين.

أخيراً

أرجو أن يكون هذا المثال واضحاً، وأن يكون قد وضح طريقة عمل البرنامج بشكل أفضل، مما يعطي راحة أكبر في التعامل معه.

وأرجو إن وجد في هذا الملف أي خطأ أو تصحيح أن ترسلوا لي اقتراحاتكم، وشكراً لكم