

تطبيقات على نمذجة جدران القص في الأبنية العالية

- * الدكتور غاندي ججاج
** الدكتور غسان شيخ علي
*** أحمد ميهوب

(قبل للنشر في 2002/6/30)

□ الملخص □

تُعدّ فرضيات مختلفة في تشكيل النماذج التحليلية للعناصر الإنشائية في الأبنية العالية، و يتعلق نوع النموذج بشكل وحجم المنشأ الحقيقي وبمرحلة التصميم التي يُنجز من أجلها التحليل. وعند نمذجة المنشآت العالية يتم تمثيل العناصر الإنشائية الأساسية فقط مثل جدران القص والإطارات والنوى والبلاطات، بعناصر إنشائية بسيطة وبديلة مكونة من عناصر جائزية أو عناصر سطحية. يعرض هذا البحث الفرضيات الأكثر شيوعاً والمبادئ والتقنيات المستخدمة في النمذجة، ويشمل على دراسة تحليلية لجداري قص مختلفين (W_I و W_{II}) كل منهما معرض لحمولة أفقية منتظمة، وبحوي صفا شاقولياً من الفتحات المنتظمة، وتتم نمذجته بخمس طرق مختلفة. وتهدف هذه الدراسة لتحديد تأثير شكل النماذج على قيم الانتقالات الأفقية الحاصلة فيها، و تحدد لكل من الجدارين النموذج الأكثر دقة في تمثيله.

* أستاذ مساعد في قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
** أستاذ مساعد في قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.
*** طالب ماجستير في قسم الهندسة الإنشائية - كلية الهندسة المدنية - جامعة تشرين - اللاذقية - سورية.

Applications to Modelling Shear Walls in Tall Buildings

Dr. Ghandi Jahjah *
Dr. Ghassan Sheeh Ali**
Ahmad Myhoub ***

(Accepted 30/6/2002)

□ ABSTRACT □

This paper presents the most commonly assumptions, principles, and techniques employed in forming an analytical models for structural members in tall building.

The type of model relates to the type and size of structure and the stage of design for which the analysis is made.

In modeling tall structures for analysis, it is usual to represent only the main structural members like shear walls, frames, cores, and slabs by equivalent simple structural members of beams or membrane elements.

This research includes an analytical study for two different shear walls (W_I & W_{II}) everyone of them is subjected to uniform horizontal load, and has vertical row of regular openings, and modeled by five different models.

This study seeks to identify the influence of type model on its horizontal displacements, and to determine for every shear wall the most accurate model in representing it.

*Associate Professor, Department of structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia –SYRIA.

**Associate Professor, Department of structural Engineering, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia –SYRIA.

*** Master Student at Structural Engineering Department, Faculty of Civil Engineering, Tishreen University, Lattakia –SYRIA.

1. مقدمة :

تهدف نمذجة البناء العالي إلى تمثيل العناصر الإنشائية الأساسية فيه، مثل جدران القص والإطارات و النوى والبلاطات بعناصر إنشائية بسيطة وبديلة مكونة من قضبان أو عناصر سطحية، لها نفس مواصفات الصلابة و المرونة التي تملكها العناصر الحقيقية.

تعتمد عملية النمذجة على فرضيات أساسية، منها السلوك الخطي للمواد ، والصلابة العالية للبلاطات في مستويها، وإهمال التشوهات المحورية للعناصر القضبانية، والغاية من ذلك تبسيط النموذج قدر الإمكان بغية تحليله بالاستعانة بالبرامج التحليلية المتاحة.

إن التبسيط الذي يأخذه النموذج يتعلق بمرحلة التحليل، فالنماذج البسيطة تستخدم لإجراء تحليل تقريبي تمهيدي preliminary analysis ، وهذا التحليل سريع ومهم في إنجاز الاقتراحات البديلة للمنشأ، و تحديد التشوهات والقوى في العناصر الرئيسية بشكل مبدئي، وفي هذه النماذج تستبدل الإطارات وجدران القص و النوى بأعمدة مفردة مكافئة سهلة التحليل .تستخدم النماذج المفصلة في التحليل النهائي الدقيق final analysis ،حيث تمثل عناصر الجمل الإطارية (الجوائز والأعمدة) بعناصر خطية ، بينما تمثل جدران القص المستوية والبلاطات بشبكة من العناصر السطحية المستوية، و تمثل نوى الصلابة بشبكة فراغية من العناصر السطحية، ولهذه النمذجة أهميتها في حالة وجود فتحات منتظمة أو غير منتظمة في عناصر الصلابة. ومن طرق النمذجة المستخدمة أيضا ،طريقة التجميع الشاقولي أو الأفقي للعناصر المتشابهة بما يسمح به الشكل المتناظر للمنشأ حيث يمثل المنشأ الثلاثي البعد بنموذج تخطيطي ثنائي البعد.

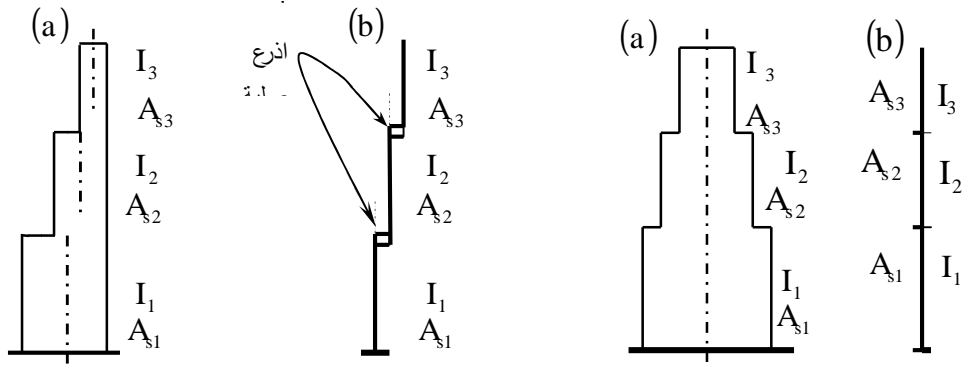
2. الهدف من البحث :

يهدف هذا البحث إلى استعراض بعض التقنيات المستخدمة في تشكيل النماذج التحليلية للمنشآت العالية، وإظهار تأثير طريقة النمذجة على نتائج التحليل وذلك باعتماد جداري قص مختلفين (W_{II} ، W_I)، كل منهما يحوي صفا شاقوليا من الفتحات المنتظمة ومعرض لحمولة أفقية منتظمة ، ويتم نمذجة كل منهما بخمس طرق مختلفة ،حيث تقارن قيم الانتقالات الأفقية الطابقية الناتجة عن تحليل نماذج كل منهما مع القيم الناتجة عن التحليل وفق طريقة العناصر المنتهية وطرق تقريبية أخرى . و يحدد لكل جدار النموذج الأكثر دقة في تمثيله.

3. التقنيات المستخدمة في تشكيل النماذج التحليلية للمنشآت العالية :

1.3 نمذجة العناصر الإنشائية باستخدام عناصر قضبانية::

تتم نمذجة جدار القص المتناظر حول محوره الشاقولي والمكون من أجزاء مختلفة العرض والسماكة الشكل (a-1) [1]، بتمثيل كل جزء فيه، بعمود طوله يساوي ارتفاع هذا الجزء ويملك مواصفات هذا الجزء من عطالة ومساحة مقطع. وفي النهاية نحصل على عمود مكون من ثلاثة أجزاء موثوقة مع بعضها البعض ومتوضعة على المحور الشاقولي للجدار كما في الشكل (b-1).



الشكل (1) نمذجة جدار قص متناظر

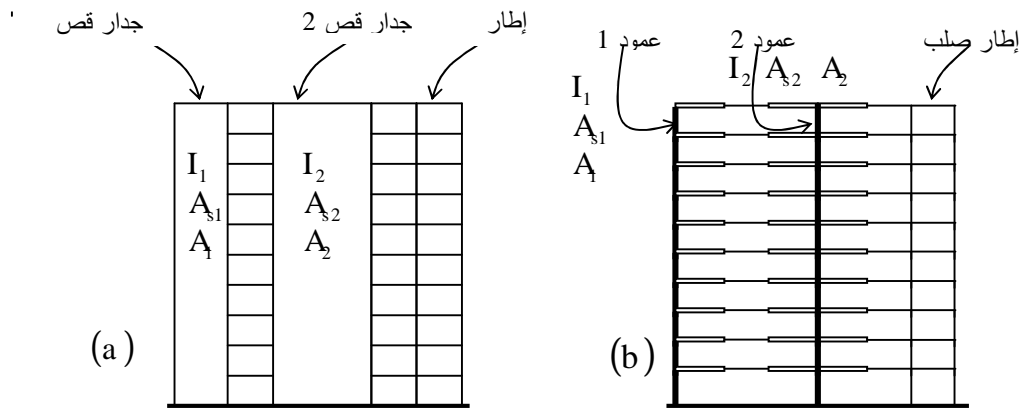
شكل جدار القص المتناظر ، -b شكل النموذج المكافئ

الشكل (2) نمذجة جدار قص غير متناظر

شكل جدار القص غير المتناظر ، -b شكل النموذج المكافئ

ويمكن نمذجة جدار القص غير المتناظر حول محور شاقولي والمكون من أجزاء مختلفة العرض والسماكة الشكل (a-2) [1]، بتمثيل كل جزء من أجزاء الجدار بعمود طوله يساوي ارتفاع هذا الجزء ويملك مواصفاته من عطالة ومساحة مقطع، ويتوضع على المحور المركزي لهذا الجزء من الجدار. و بالنهاية نحصل على ثلاثة أعمدة لا تقع على شاقول واحد، وتربط هذه الأعمدة ببعضها أفقياً بواسطة أذرع صلبة، لنحصل على النموذج المبين في الشكل (b-2). هذا وتحسب الإجهادات في الجدران الحقيقية بالاعتماد على قوى القص والعزوم الحاصلة في النماذج المكافئة لها.

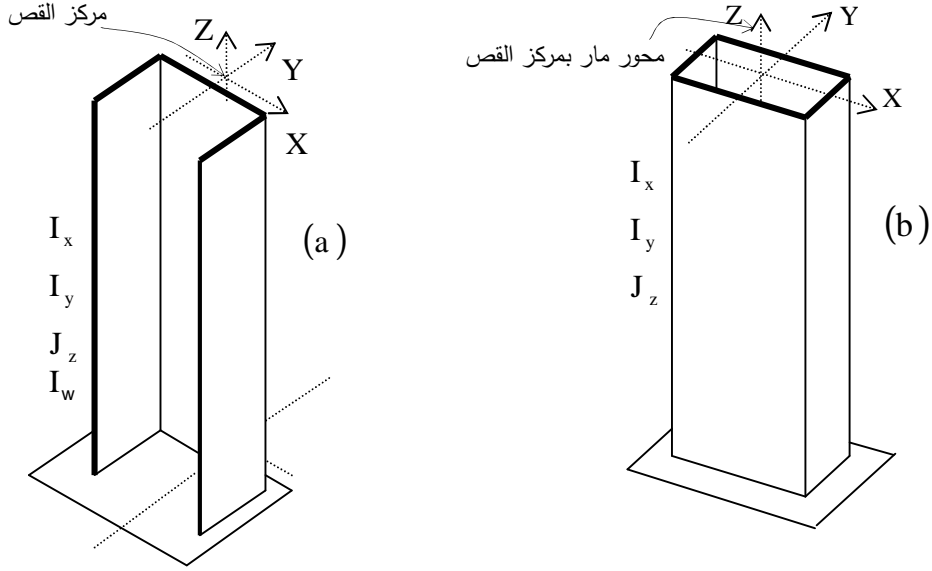
عند نمذجة الجملة الإنشائية المستوية والمكونة من جدران قص وإطارات كما في الشكل (a-3) [1]، يتم تمثيل كل جدار بعمود عريض يقع على المحور الشاقولي لهذا الجدار، ويُعطى المواصفات المتعلقة بالعطالة والمساحة الحقيقية والقصية لمقطع الجدار الحقيقي، ويرتبط هذا العمود في النموذج مع الجوائز المجاورة له وعلى مستوى كل طابق بأذرع صلبة، وذلك لنقل الدورانات والانتقالات الحاصلة على أطراف الجدار الحقيقي إلى هذه الجوائز في النموذج. تمثل أعمدة وجوائز الإطارات بعناصر قضبانية مكافئة من ناحية الطول وعزوم العطالة ومساحة المقاطع الحقيقية والقصية، كما في الشكل (b-3).



الشكل (3) نمذجة جملة إنشائية مستوية ، -a شكل الجملة الإنشائية الحقيقية ، -b شكل نموذج الجملة المكافئة.

إن الوظيفة الإنشائية لنوى الصلابة ذات المقطع المفتوح أو المغلق كما في الشكل (b,a-4) [1]، هي التي تحدد كيفية نمذجتها باستخدام عناصر قضبانية. إذا كانت النواة تتعرض للانعطاف ولا تتعرض للفتل، يمكن تمثيلها

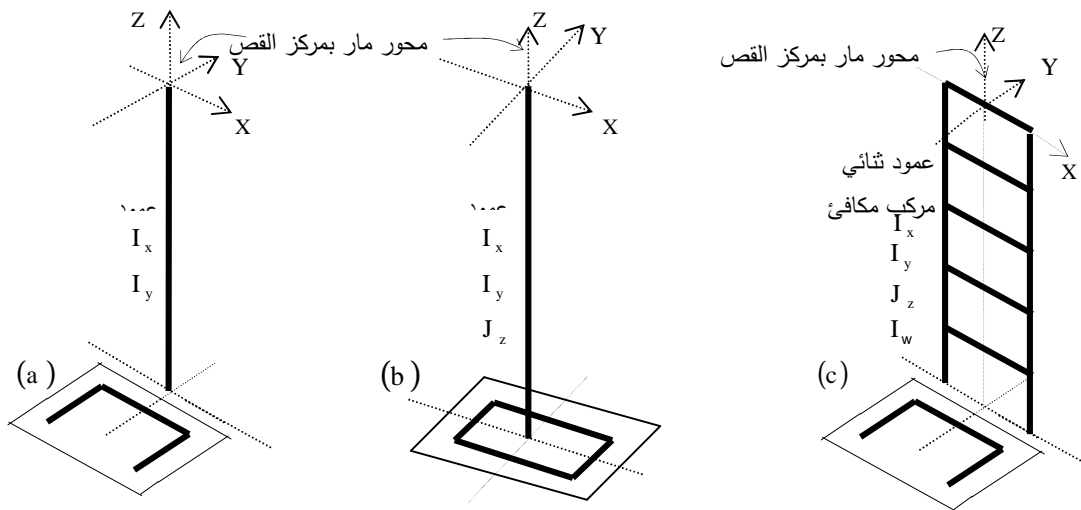
بعمود قضبانى مفرد يقع على محور القص الخاص بالمقطع و يعطى الخصائص المتعلقة بالعزوم الأساسية الستاتيكية لمقطع النواة الحقيقية الشكل (5-a,b).



الشكل (4) نمذجة نوى الصلابة المفتوحة والمغلقة المقطع .

a- نواة مفتوحة المقطع يقع مركز القص خارجها ، b- نواة مغلقة المقطع يقع مركز القص داخلها .

إذا كانت النواة تتعرض للفتل والانعطاف وكان مقطعها مغلقا، يأخذ العمود المكافئ لها عزوم عطالتها وثابت الفتل فيها (J) ، أما إذا كان مقطعها مفتوحا وتتعرض للفتل والانعطاف فيجب تمثيلها باستخدام نموذج عمود ثنائي لتحديد كافة الأفعال الناتجة عن الانعطاف والفتل كما في الشكل (5-c).

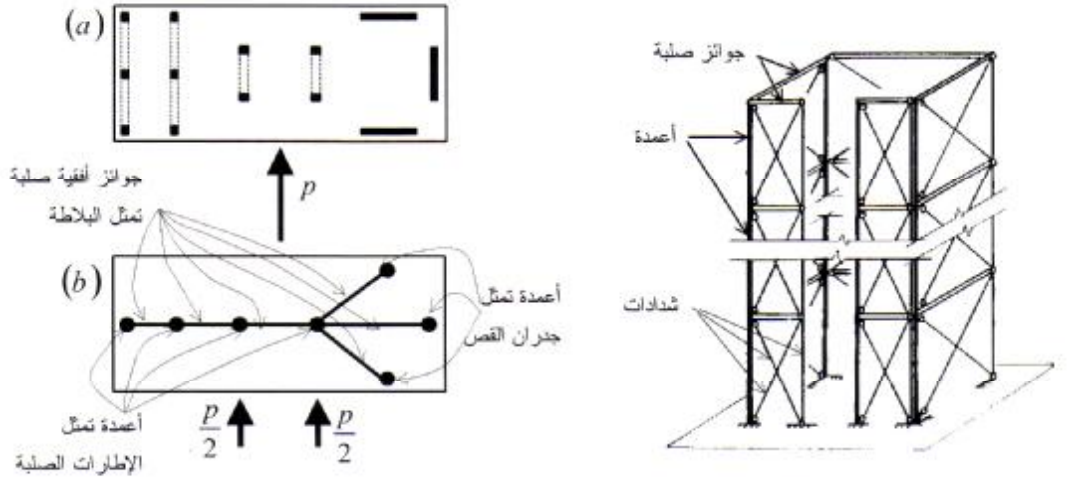


الشكل (5) شكل النماذج المكافئة لنوى الصلابة ، a- نموذج النواة المعرضة للانعطاف والمفتوحة المقطع

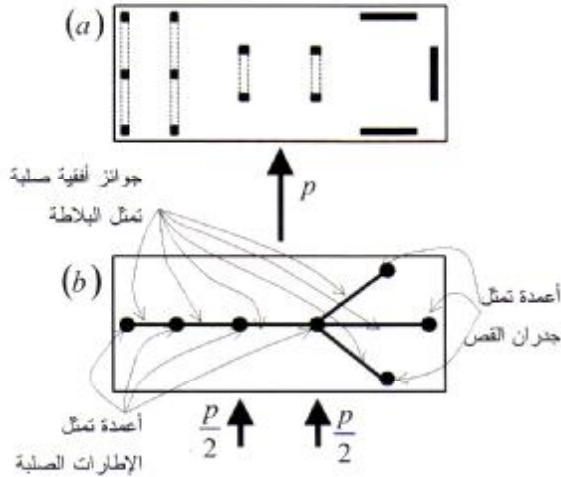
b- نموذج النواة المغلقة المقطع ، c- نموذج النواة المعرضة للانعطاف والفتل والمفتوحة المقطع

ويمكن تمثيل النواة فراغيا بواسطة عناصر قضبانية مكونة من جوائز صلبة وأعمدة وشدادات و يشكل النموذج هيكلا فراغيا 'مجمعا من إطارات مستوية شاقولية متعددة الطوابق، و تتصل الأعمدة والجوائز في كل إطار بشكل وثيق وترتبط قطريا مع بعضها البعض بواسطة شدادات كما في الشكل(6).

تقوم البلاطات في الأبنية العالية بدور الموزع للحمولات الأفقية بين العناصر الإنشائية الشاقولية، وذلك باعتبار صلابتها عالية في مستويها الشكل(7-a). و تمثل بلاطة كل طابق بجوائز صلبة أفقية تصل بين مراكز ثقل العناصر الشاقولية مشكلا إطارا أفقيا صلبا كما في الشكل(7-b)



الشكل(6) نمذجة النواة باستخدام عناصر قضبانية

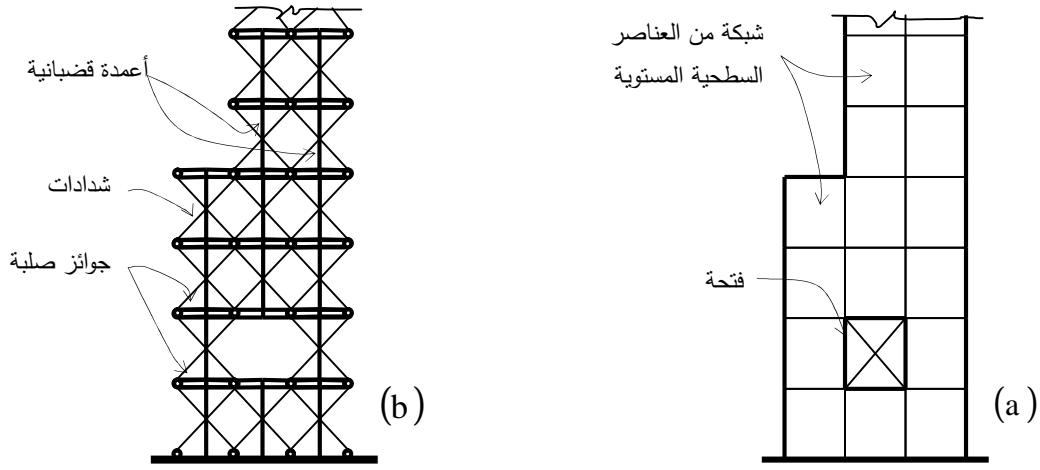


الشكل (7) نمذجة البلاطات في الأبنية العالية.
a- مسقط بلاطة في بناء عالي، b- شكل نموذج البلاطة.

2.3 النمذجة باستخدام عناصر سطحية:

تستخدم هذه الطريقة في نمذجة العناصر الإنشائية الرقيقة كجدران القص والبلاطات والنوى، بغية تحليلها باستخدام طريقة العناصر المنتهية. وعند نمذجة جدار القص الحاوي فتحات كما في الشكل(8-a)، يُقسم الجدار إلى مجموعة من العناصر السطحية الرباعية و تحذف هذه العناصر في مكان تواجد الفتحات أو تعطى سماكة صغيرة جدا بالمقارنة مع سماكة الجدار [1,2,3]. بعد التحليل نحصل على الانتقالات الشاقولية والأفقية لزوايا هذه العناصر السطحية وكذلك دوراناتها و الاجهادات الشاقولية و الأفقية و إجهادات القص في زوايا أو وسط العناصر وذلك حسب نوع البرامج التحليلية المستخدمة.

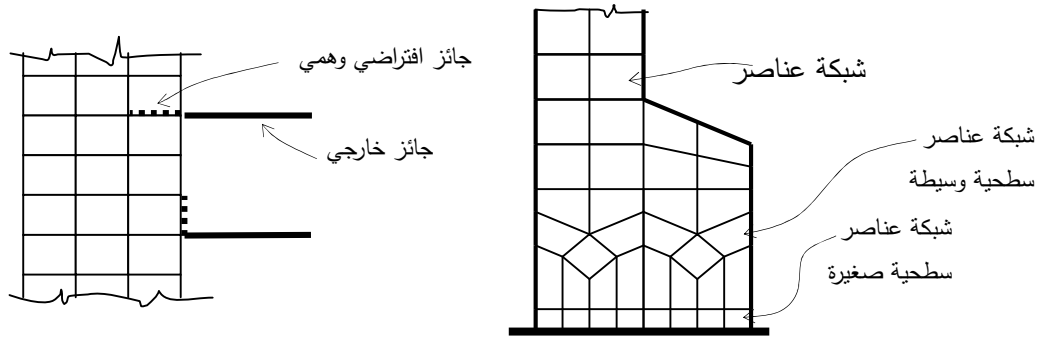
ويمكن تمثيل جدار القص الحاوي فتحات بعناصر قضبانية مكونة من جوائز أفقية صلبة وأعمدة شاقولية وشدادات ، تشكل جميعها إطارا مستويا شاقوليا كما في الشكل(8-b). و تلغى العناصر القضبانية في مكان تواجد الفتحات [1].



الشكل (8) نمذجة جدار القص الحايي فتحات ، a- النمذجة باستخدام عناصر سطحية ، b- النمذجة باستخدام عناصر قضبانية .

إذا كان جدار القص غير منتظم الشكل وصعب تمثيله بعناصر سطحية رباعية منتظمة كما في الشكل (9)، فإن الجدار يقسم إلى شبكة من العناصر السطحية الرباعية الكبيرة في المناطق القليلة الإجهاد ، وشبكة من العناصر السطحية الصغيرة والمنتظمة في المناطق العالية الإجهاد . و يتم وصل شبكتي العناصر الكبيرة والصغيرة بشبكة ثالثة من العناصر السطحية الوسيطة .

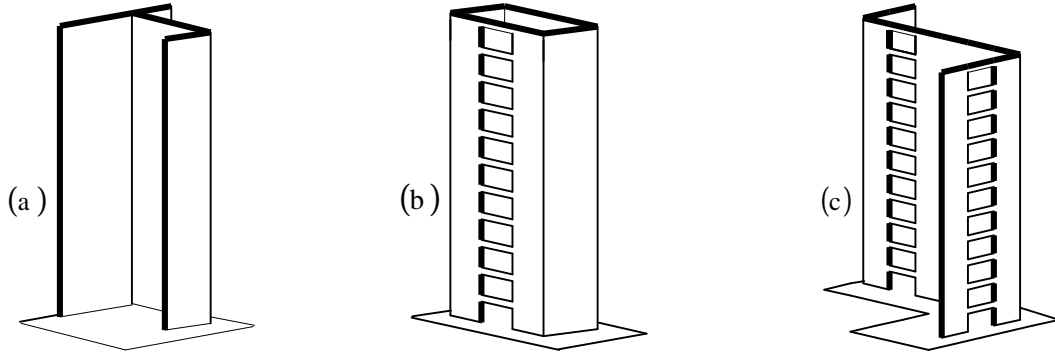
في بعض البرامج التحليلية قد لا تملك العناصر السطحية درجات حرية لتمثيل دورانات زواياها، لذلك يكون اتصال الجائز الخارجي بعنصر سطحي من خلال مفصل ، وللتخلص من هذا النقص يتم إضافة جائز افتراضي وهمي يصل بين زاويتين من زوايا العنصر السطحي المتصل بالجائز الخارجي ويأدى الطرق المبينة في الشكل (10) [1]. يتصل الجائز الافتراضي بالجائز الخارجي بشكل وثيق وبذلك تنتقل الدورانات والعزوم الحاصلة على أطراف الجدار إلى الجائز الخارجي المتصل به.



الشكل (10) نمذجة اتصال جائز بعناصر سطحية.

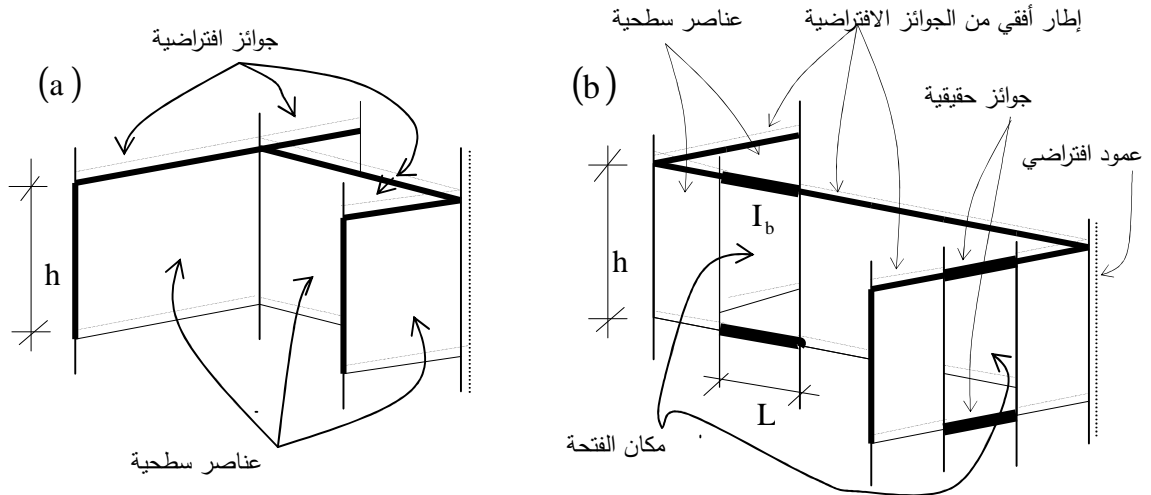
الشكل (9) نمذجة جدار قص غير منتظم الشكل.

يمكن أن تكون مقاطع جدران القص معقدة وتضم العديد من التشعبات، أو مغلقة على شكل نواة، أو على شكل جدران متوضعة فراغياً وتتصل مع بعضها بجوائز لتشكل الفتحات فيها، الشكل (11-a-b-c)[1,4,5]. تتمذج هذه الجدران باستخدام عناصر سطحية رباعية الشكل، ارتفاع كل عنصر يساوي ارتفاع الطابق وعرضه يساوي عرض الجدار المكافئ له، ونحصل من اتصال هذه العناصر مع بعضها البعض فراغياً على الجدار النموذج.



الشكل (11) أشكال جدران القص الفراغية التي يمكن نمذجتها باستخدام عناصر سطحية.

تعتمد بعض البرامج التحليلية اتصال العناصر السطحية مع بعضها فراغياً بشكل مفصلي مما يجعل مقطع النموذج قابلاً للتشوه وهذا يتناقض مع وضع الجدران الفراغية الحقيقية، حيث أنها في الواقع ذات مقطع فراغي صلب وغير قابل للتشوه نتيجة اتصاله الوثيق مع البلاطات على مستوى كل طابق، و للتخلص من هذا النقص في النموذج، نربط العناصر السطحية بجوائز افتراضية على مستوى كل صف عقد أفقي كما في الشكل (b-a-12). ويشكل اتصال الجوائز الافتراضية مع بعضها إطاراً أفقياً فراغياً صلباً على مستوى كل طابق ليمنع تشوه مقطع النموذج وليساعد في وصل الجوائز الحقيقية مع العناصر السطحية بشكل وثيق، وبذلك تنتقل العزوم والدورانات الحاصلة في العناصر السطحية إلى الجوائز الحقيقية المتصلة معها. يلزم إضافة جوائز شاقولي افتراضي واحد على شكل عمود واصل بين العقد الشاقولية في أي من زوايا مقطع جدار القص الفراغي، ويعطى هذا العمود الافتراضي ثابت فتل تساوي قيمته مجموع قيم ثوابت فتل الجدران في المقطع. ويشترط أن تكون مساحة مقطع العمود الافتراضي وعزم عطالته صغيرة جداً [1].



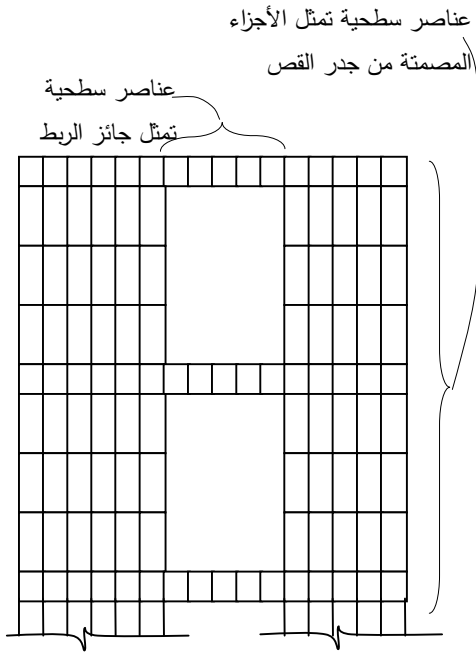
الشكل (12) نمذجة الجدران الفراغية بعناصر سطحية وعمود وجوائز افتراضية

a- نمذجة أحد طوابق جدار القص الفراغي المبين في الشكل (a-11)، b- نمذجة أحد طوابق جدار القص الفراغي المبين في الشكل (c-11) والحاوي فتحات منتظمة.

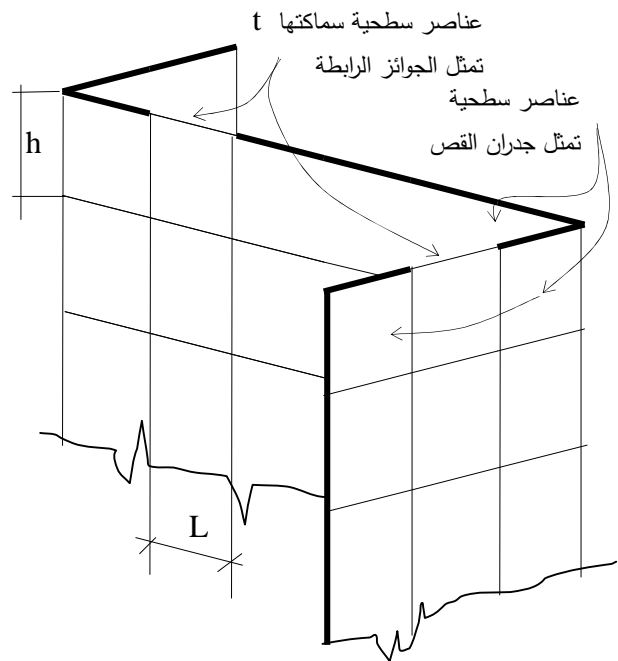
يمكن تمثيل الجوائز الرابطة بين جدارين بعناصر سطحية رباعية الشكل، ارتفاع كل منها يساوي ارتفاع الطابق (h)، وعرضه يساوي طول الجائز (L) كما في الشكل (13)، و تُحسب سماكة هذه العناصر المكافئة للجوائز من العلاقة التالية [1]:

$$t = \frac{1}{\frac{hc}{12I_b} \times \frac{G}{E} + \frac{1.2 \ddot{o}}{A_b \phi}} \quad (1)$$

حيث I_b عزم عطالة ومساحة مقطع الجائز. A_b



الشكل (14) تمثيل جوائز الربط في جدار القص بعناصر سطحية ذات سماكة تساوي عرض هذه الجوائز



الشكل (13) تمثيل جوائز الربط في جدران القص بعناصر سطحية مكافئة ذات سماكة t .

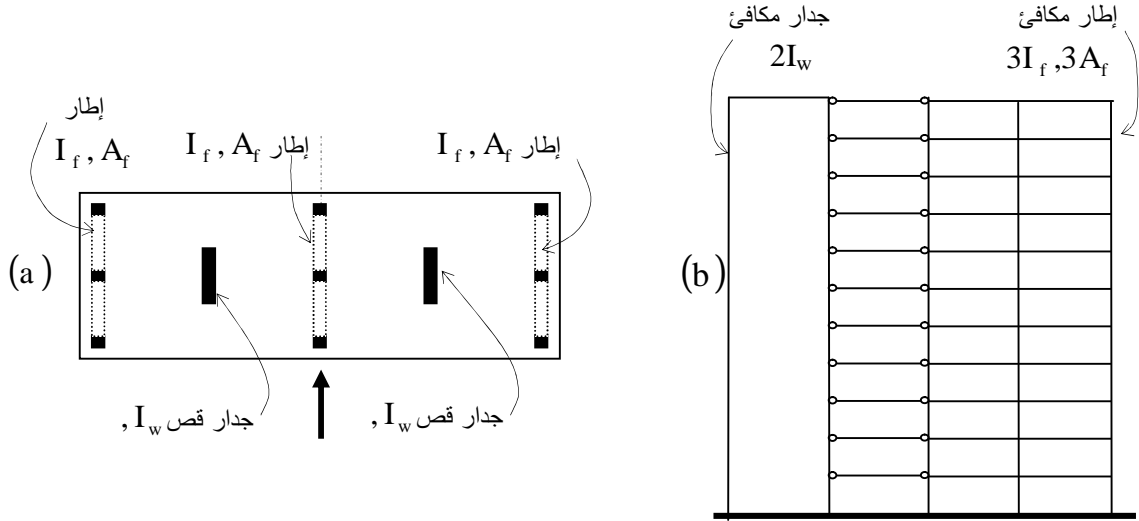
كما يمكن تمثيل الجوائز الرابطة في جدار القص بعناصر سطحية رباعية ذات ارتفاع يساوي ارتفاع هذا الجائز، وسماكتها تساوي عرض الجائز، على أن يكون عددها رقما مفردا لا يقل عن ثلاثة، وبحيث يكون مجموع عرضها يساوي طول الجائز كما في الشكل (14) [2].

3.3 النمذجة بطريقة التجميع لبعض العناصر المتشابهة في المنشأ:

التجميع يعني دمج مجموعة من العناصر الإنشائية المتشابهة والمتماثلة في سلوكها ضمن عنصر إنشائي واحد مكافئ وذلك لتخفيض حجم النموذج المحلل. بعد إجراء التحليل، توزع القوى الناتجة في العنصر المجمع لنحصل على القوى في العناصر الحقيقية المكافئة له و نُميز بين نوعين للتجميع [1,4].

التجميع الأفقي: يُستخدم هذا التجميع في المنشأ العالي الذي تتوضع العناصر الإنشائية في مسقطه بشكل متناظر كما في المثال المبين على الشكل (15)، حيث انه لا يتعرض للقتل بنتيجة التحميل بقوى أفقية، وتتكون

الجملة الإنشائية فيه من ثلاثة إطارات وجدارين .وعند نمذجة هذا المنشأ 'نجمع الجدارين في جدار واحد مكافئ ذي عطالة مضاعفة و'نجمع الإطارات الثلاثة في إطار واحد مكافئ ذي خصائص هندسية مضروبة بثلاثة ، ويرتبط الجدار المجمع مع الإطار المجمع بروابط أفقية صلبة تكافئ البلاطات ، فيتحول المنشأ ثلاثي البعد إلى جملة إنشائية مستوية سهلة التحليل.

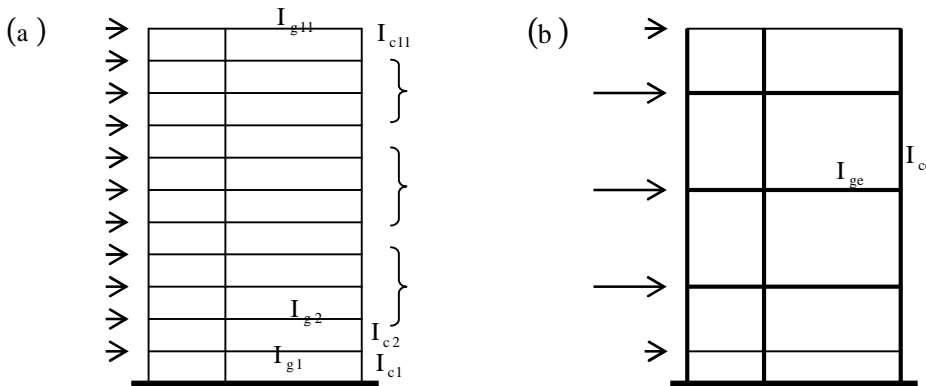


الشكل (15) تجميع المنشأ العالي الفراغي في جملة إنشائية مستوية
-a مسقط المنشأ العالي المتناظر ، -b- النموذج المجمع المكافئ.

التجميع الشاقولي: يُستخدم هذا التجميع في الإطارات المتعددة الطوابق والمتناظرة شاقولياً ،حيث يكون فيها ارتفاع الطوابق واحد والجوائز متماثلة ومكررة كما في الشكل (a-16) ،وكذلك في جدران القص الحاوية فتحات منتظمة كما في الشكل (a-17).

وتتم عملية النمذجة بتجميع كل ثلاثة أو خمسة جوائز في جوائز مفرد مكافئ يقع وسط هذه الجوائز و يُعطى عزم عطالة يساوي مجموع عزوم عطالات الجوائز المجمعة كما في الشكل (b-16) .

$$I_{ge} = \sum_{i=1}^n I_{gi} \quad (2)$$



الشكل (16) نمذجة إطار متعدد الطوابق بطريقة التجميع الشاقولي
-a- شكل الإطار الحقيقي ، -b- شكل نموذج الإطار المجمع المكافئ.

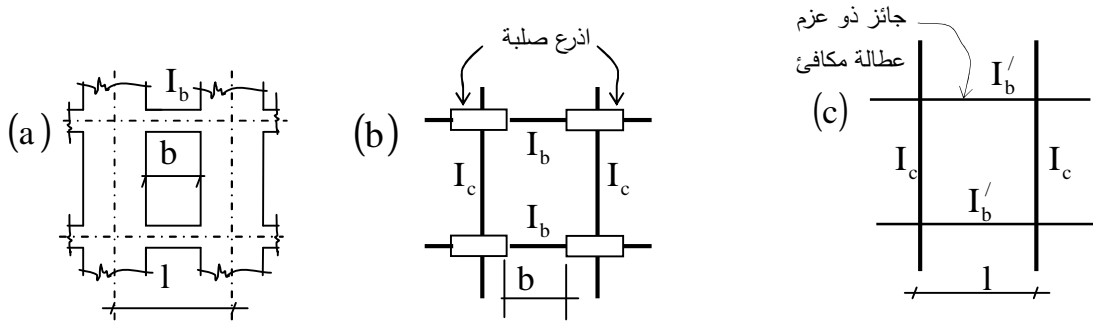
3. 4 نمذجة جدار القص الحاوي فتحات منتظمة بطريقة العمود العريض والجائز العميق :

يمكن نمذجة جدار القص الحاوي فتحات منتظمة كما في الشكل (18-a)، باستخدام أعمدة عريضة تتوضع على المحاور المركزية للجدران الحقيقية، ولها نفس عزوم عطالة الجدران. أما الجوائز فتعتبر مجازاتها في النموذج مساوية للمسافة الصافية بين أوجه الجدران، ولهذه الغاية، تعتمد أذرع صلابة عند منسوب الجوائز، طول كل منها يساوي عرض الجدار ومساحة مقطع كل منها لا تقل عن $(10^3 - 10^4)$ باحة مقطع الجائز كما في الشكل (18-b).

وفي حال تعذر تمثيل الأذرع الصلبة في البرامج التحليلية المتاحة، يمثّل الجائز بعنصر قضباني طوله يساوي المسافة بين أعمدة النموذج كما في الشكل (18-c) وعزم عطالته يحسب بالعلاقة التالية:

$$I_b' = \frac{I_b \cdot \frac{a^3}{b^3}}{I_b} \quad (4)$$

حيث I_b عزم عطالة الجائز الحقيقي، و I المسافة بين محوري الجدارين .



الشكل (18) نمذجة جدار القص الحاوي فتحات منتظمة بطريقة العمود العريض و الجائز العميق

a- شكل جدار القص الحقيقي، b- نمذجة الجدار باستخدام أعمدة مكافئة وجوائز بسيطة موصولة بأذرع صلابة

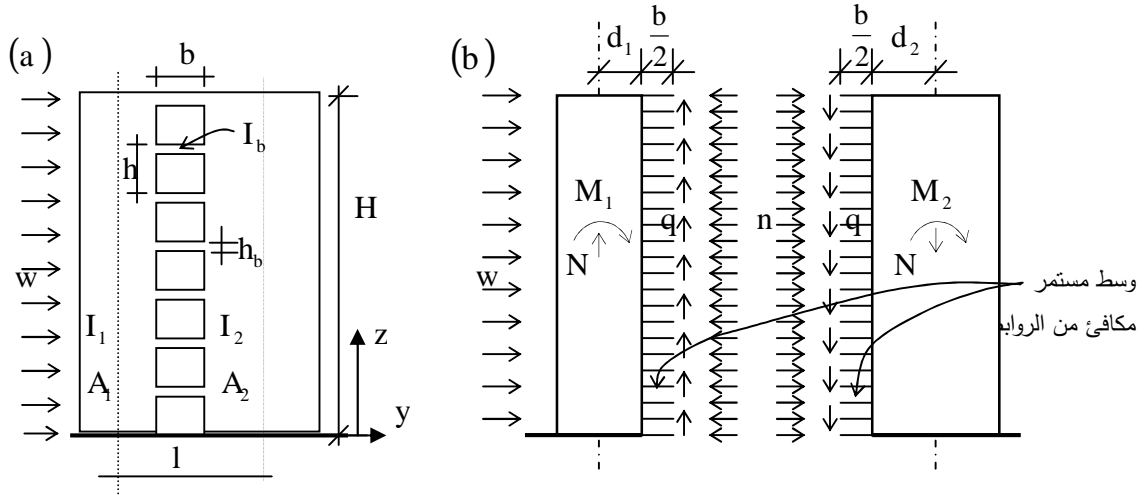
c- نمذجة الجدار باستخدام عناصر قضبانية.

3. 5 النمذجة باستخدام وسط مستمر مكافئ:

تستخدم هذه الطريقة في نمذجة وتحليل جدران القص الحاوية صفاً شاقولياً من الفتحات المنتظمة كما في الشكل (19-a).

حيث يتكون جدار القص من ثلاثة أجزاء شاقولية، جزءان طرفيان مصمتان وجزء وسطي يحتوي جوائز رابطة أفقية، صلابة كل منها EI_b ، حيث I_b عزم عطالة الجائز الرابط .

يمكن استنتاج معادلة الانتقال الأفقي لجدار قص حاوي فتحات منتظمة، اعتماداً على نمذجة الجوائز الرابطة فيه بوسط مستمر مكافئ ذي صلابة تساوي $\frac{EI_b}{h}$ موزعة على ارتفاع كل طابق كما في الشكل (19-b)[1].



الشكل (19) نمذجة جدار القص الحاووي فتحات منتظمة بتمثيل الجوانز فيه بوسط مستمر مكافئ ، a- شكل جدار القص الحقيقي
b- شكل نموذج جدار القص والقوى الداخلية فيه .

وباعتبار أن قوى القص والقوى المحورية والعزوم الحاصلة في جوانز المنشأ الحقيقي موزعة بانتظام على كامل ارتفاع الوسط المستمر المكافئ، نحصل في كل شريحة ارتفاعها (dz) من الوسط المستمر على قوة قص q ، وقوة محورية أفقية n ، وعزم انعطاف m ، و تحسب القوى المحورية الشاقولية في أي من جزئي الجدار بالعلاقة التالية:

$$q = \frac{-dN}{dz} \quad \text{أو} \quad N = \int_z^H q dz \quad (5)$$

‘نميز ثلاثة انتقالات نسبية تحصل في شريحة ارتفاعها dz من الوسط المستمر وعلى طول الخط الشاقولي المنصف له.

1- الانتقال النسبي الناتج عن انعطاف الجدارين المصمتين كما في الشكل (20-a)، ويحسب بالعلاقة التالية:

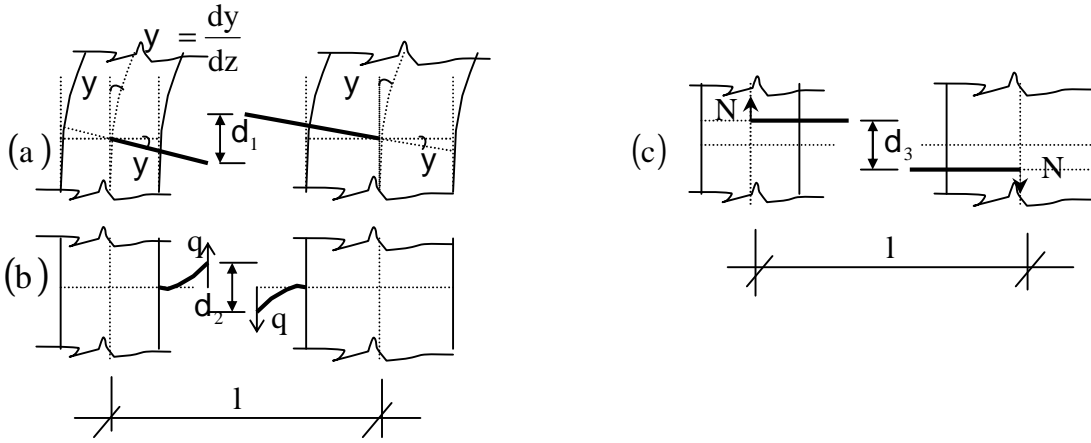
$$d_1 = \frac{qdz}{E} + d_1 \frac{\ddot{\phi}}{\phi dz} + \frac{qdz}{E} + d_2 \frac{\ddot{\phi}}{\phi dz} = l \frac{dy}{dz} \quad (6)$$

2- الانتقال النسبي الناتج عن التشوهات القصية والانعطافية في الشريحة ذات الارتفاع dz كما في الشكل (20-b)، ويحسب بدلالة القوة المحورية في الجدار بالعلاقة (7)، المستخرجة اعتمادا على العلاقة (5) وقيم المعاملات في (17) .

$$d_2 = - \frac{2qdz}{3C} \frac{\ddot{\phi}}{\phi} = - \frac{qb^3h}{12EI_b} = + \frac{b^3h}{12EI_c} \frac{dN}{dz} \quad (7)$$

3- الانتقال النسبي الناتج عن التشوهات المحورية الحاصلة في أجزاء الجدار المصممة نتيجة القوى المحورية فيها، كما في الشكل (20-c) ، ويحسب بالعلاقة التالية:

$$d_3 = - \frac{1}{E} \frac{\ddot{\phi}}{\phi} + \frac{1}{A_2} \frac{\ddot{\phi}}{\phi} N dz \quad (8)$$



الشكل (20) الانتقالات النسبية الحاصلة على الخط المنصف للوسط المستمر، لشريحة (خط) ارتفاعها dz .

من شروط التوازن، يكون مجموع الانتقالات النسبية السابقة مساويا للصفر، $d_1 + d_2 + d_3 = 0$ ، ويتعويض قيم هذه الانتقالات نحصل على العلاقة التالية:

$$1 \frac{dy}{dz} + \frac{b^3 h}{12EI_c} \frac{dN}{dz} - \frac{1}{E} \frac{\partial \epsilon}{\partial A_1} + \frac{1}{A_2} \frac{\partial \epsilon}{\partial z} N dz \dots \dots \dots (9)$$

كما يجب أن يكون العزم الخارجي المطبق على الجدار مساويا لمجموع العزوم الداخلية فيه، وذلك من شروط التوازن.

$$M = M_1 + M_2 + Nl \dots \dots \dots (10)$$

هذا و تحسب العزوم الداخلية و العزم الخارجي في العلاقة (10) بالعلاقات التالية:

$$M_1 = EI_1 \frac{d^2 y}{dz^2} \dots \dots \dots, M_2 = EI_2 \frac{d^2 y}{dz^2} \dots \dots \dots, M = w \frac{(H - z)^2}{2} \dots \dots \dots, (11)$$

وبتعويض العوامل في (5) و (11) بالعلاقة (10) نحصل على العلاقة التالية:

$$E(I_1 + I_2) \frac{d^2 y}{dz^2} = M - \int_z^H q dz \dots \dots \dots (12)$$

وباشتقاق العلاقة (9) والتعويض في العلاقة (12) نحصل على المعادلة التفاضلية لجدار القص بدلالة القوة المحورية فيه .

$$\frac{d^2 N}{dz^2} - (ka)^2 N = - \frac{a^2}{l} M \dots \dots \dots (13)$$

نحصل من العلاقات السابقة على المعادلة التفاضلية لجدار القص بدلالة الانتقال الأفقي.

$$\frac{d^4 y}{dz^4} - (ka)^2 \frac{d^2 y}{dz^2} = \frac{1}{EI_c} \frac{d^2 M}{dz^2} - (ka)^2 \frac{k^2 - 1}{k^2} M \frac{\partial \epsilon}{\partial z} \dots \dots \dots (14)$$

وبالتالي تعطى معادلة انتقال جدار القص الخاضع لحمولة موزعة بانتظام اعتمادا على المعادلة التفاضلية (14)

$$y = \frac{wH^4}{EI} \left[\frac{1}{24} \frac{\partial \epsilon}{\partial z} - \frac{z}{H} \frac{\partial \epsilon}{\partial z} + 4 \frac{z}{H} - 1 \right] \frac{\ddot{u}}{b} + \frac{1}{k^2} \left[\frac{1}{2} \frac{\partial \epsilon}{\partial z} - \frac{1}{2(kaH)^2} \frac{\partial \epsilon}{\partial z} \frac{z}{H} - \frac{\partial \epsilon}{\partial z} \frac{\partial \epsilon}{\partial z} \frac{\ddot{u}}{b} \right. \\ \left. - \frac{1}{24} \frac{\partial \epsilon}{\partial z} - \frac{z}{H} \frac{\partial \epsilon}{\partial z} + 4 \frac{z}{H} - 1 \right] \frac{\ddot{u}}{b} - \frac{1}{(kaH)^4 \cosh kaH} \\ \cdot [1 + kaH \sin kaH - \cosh kaH - kaH \sinh ka(H - z)] \left[\frac{\ddot{u}}{b} - \frac{\ddot{u}}{b} \right] \dots \dots \dots (15)$$

وفي قمة الجدار حيث $\frac{z}{H} = 1$ تأخذ العلاقة (15) الشكل التالي:

$$y_H = \frac{wH^4}{8EI} \times F(k, \alpha H) \dots \dots \dots (16)$$

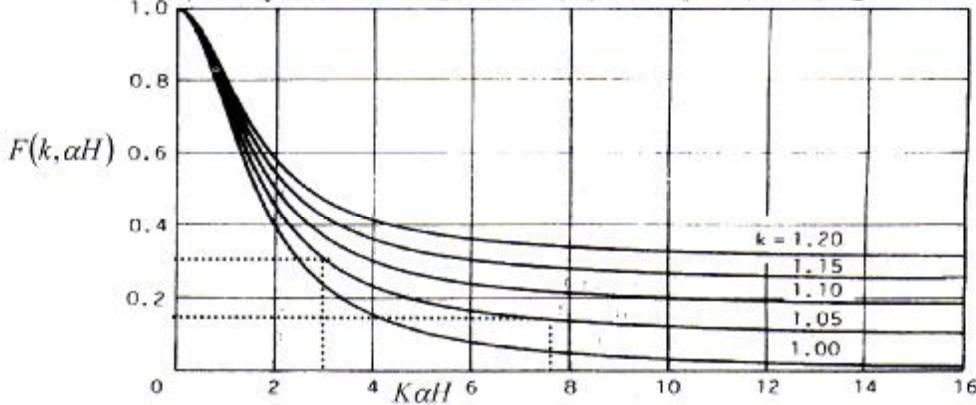
تُحسب قيمة المعاملات في العلاقات السابقة كما يلي:

$$\left. \begin{aligned} a^2 &= \frac{12I_c l^2}{b'^3 h I} ; \dots \dots \dots k^2 = 1 + \frac{AI}{A_1 A_2 l^2} ; \dots \dots \dots I = I_1 + I_2 ; \dots \dots \dots A = A_1 + A_2 ; \dots \dots \dots A_b = t_w h_b ; \\ I_c &= \frac{I_b}{1+r} ; \dots \dots \dots r = \frac{12EI_b}{b^2 GA_b} ; \dots \dots \dots G = \frac{E}{2(1+n)} ; \dots \dots \dots l = 1.2 ; \dots \dots \dots I_b = \frac{h_b^3 t_w}{12} ; \dots \dots \dots b' = b + \frac{h_b}{2} ; \end{aligned} \right\} \dots (17)$$

تعريف الرموز في العلاقات السابقة:

- (I) عزم العطالة الكلي للجدار ، — (A) مساحة مقطع الجدار الكلية ، — (A_b) مساحة مقطع العتبة (الجانز) .
- (I₁) عزم العطالة الحقيقي للعتبة ، — (I₂) عزم العطالة المكافئ للعتبة ، — (GA) الصلابة القصية ، — (λ) معامل شكل مقطع العتبة ، — (h) ارتفاع الطابق ، — (h_b) ارتفاع مقطع العتبة ، — (t_w) سماكة الجدار .
- K ، α ، r ، عوامل لا بعدية تدخل في حساب العامل الإنشائي KaH .
- وبقية الأبعاد الهندسية موضحة على الشكل (19) .

ويمكن إيجاد قيمة التابع $F(k, \alpha H)$ في العلاقة (16) اعتماداً على المخطط المبين في الشكل (21) [1].



الشكل (21) مخطط لحساب قيمة التابع $F(k, \alpha H)$ ، الذي يدخل في حساب الانتقال الأفقي في قمة جدار الفص الحاوي فتحات منتظمة.

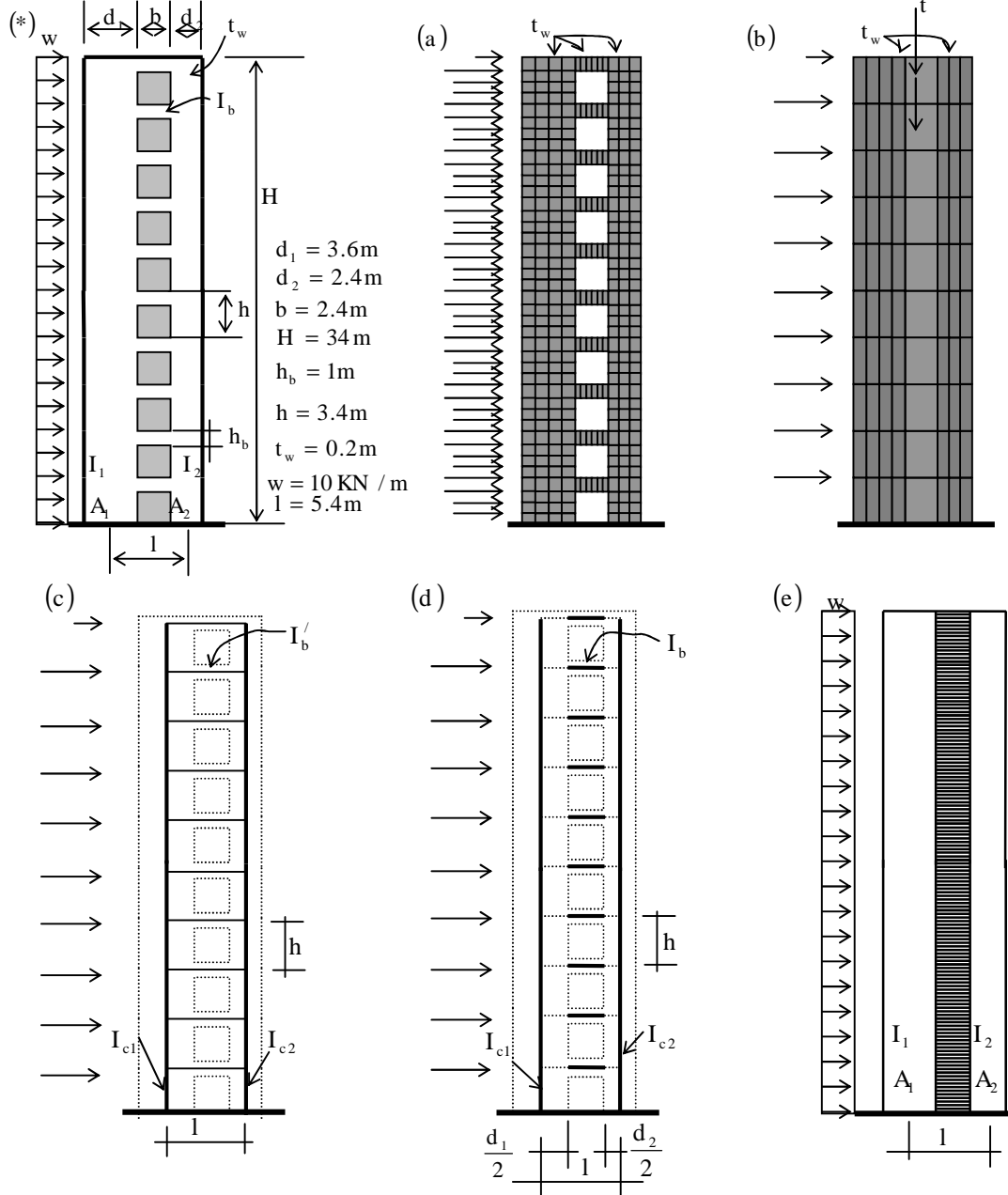
4. الدراسة التحليلية لجداري قص مختلفين (W_{II} ، W_I) كل منهما 'نموذج بخمس طرق مختلفة:

بهدف إظهار تأثير طريقة النمذجة على نتائج التحليل ولاسيما الانتقالات الأفقية الطابقية نعتمد المثالين التاليين:

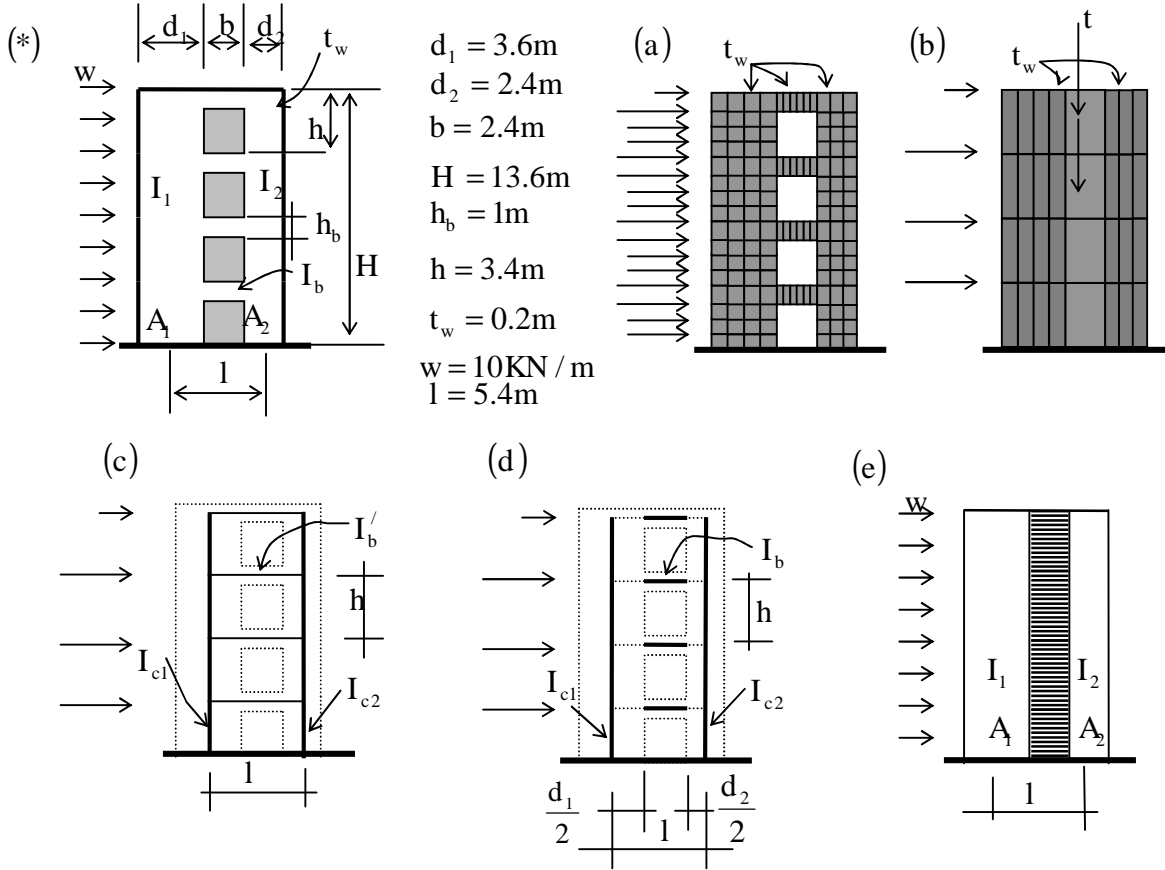
المثال الأول: جدار قص W_I مؤلف من عشرة طوابق ويحوي صفا شاقوليا من الفتحات المنتظمة ويخضع لحمولة أفقية موزعة بانتظام مقدارها $w = 10 \text{ KN/m}$ ، وعامل المرونة فيه $E = 2.5 \times 10^{10} \frac{N}{m^2}$ ، وعامل القص فيه $G = 1.1 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$. وأبعاده الهندسية ومواصفاته الأخرى موضحة على الشكل (22-*) .

'نموذج الجدار W_I بخمس طرق مختلفة وتحمل نماذجه الرموز التالية (A_1 ، B_1 ، C_1 ، D_1 ، E_1) وهي مبنية في الأشكال (22- a ، b ، c ، d ، e) ، حيث يتم تحليل النماذج (A_1 ، B_1 ، C_1 ، D_1) باستخدام برنامج التحليل والتصميم الإنشائي STAAD-III وتحدد قيم الانتقالات الأفقية الطابقية فيها وفي النموذج (E_1) تحسب قيمة الانتقال الأفقي الاعظمي يدويا وفق النمذجة بطريقة الوسط المستمر .

المثال الثاني: جدار قص W_{II} مؤلف من أربعة طوابق ويحوي صفا شاقوليا من الفتحات المنتظمة، وله نفس عامل المرونة والقص المبيينين في المثال السابق ويخضع لنفس الحمولة. وأبعاده الهندسية ومواصفاته الأخرى موضحة في الشكل (23-*) . يُنمذج الجدار W_{II} بخمس طرق مختلفة وتحمل نماذجه الرموز التالية (A_{II} ، B_{II} ، C_{II} ، D_{II} ، E_{II}) وهي مبينة في الأشكال (23، a، b، c، d، e)، حيث يتم تحليل النماذج (A_{II} ، B_{II} ، C_{II} ، D_{II}) باستخدام برنامج التحليل والتصميم الإنشائي STAAD-III وتحدد قيم الانتقالات الأفقية الطابقية فيها. وفي النموذج (E_{II}) تحسب قيمة الانتقال الأفقي الاعظمي يدويا وفق النمذجة بطريقة الوسط المستمر.



الشكل (22) نمذجة جدار القص W_I بخمسة نماذج مختلفة ، (*) شكل جدار القص الحقيقي W_I المدروس وابعاده الهندسية ، a - شكل النموذج (A_I) ، b - شكل النموذج (B_I) ، c - شكل النموذج الثالث (C_I) ، d - شكل النموذج الرابع (D_I) ، e - شكل النموذج الخامس (E_I) .



الشكل (23) نمذجة جدار القص W_{II} بخمسة نماذج مختلفة ، (*) شكل جدار القص الحقيقي W_{II} المدروس وأبعاده الهندسية ، -a شكل النموذج (A_{II}) ، -b شكل النموذج (B_{II}) ، -c شكل النموذج الثالث (C_{II}) ، -d شكل النموذج الرابع (D_{II}) ، -e شكل النموذج الخامس (E_{II})

1. 4 النماذج المدروسة للجدارين W_{II} و W_I

1 - النموذجين (A_{II}، A_I)، في كل منهما يتم تمثيل الجدار و الجوائز فيه باستخدام عناصر سطحية ذات سماكة واحدة تساوي سماكة الجدار.

يتم تقسيم الجدار W_I والجوائز فيه إلى عناصر سطحية كما في الشكل (a-22) [2] للحصول على النموذج A_I، ويمثل كل جائز بستة عناصر سطحية ذات ارتفاع يساوي ارتفاع الجائز (1m) وسماكة تساوي عرض الجائز (0.2m). على أن يكون ارتفاع العناصر الممثلة للجدار وعند طرفي كل جائز مساويا لارتفاع الجائز. تؤثر الحمولة الأفقية الموزعة بانتظام على شكل قوى مركزة في العقد الطرفية اليسرى للنموذج A_I وبما يتناسب مع ارتفاع العناصر السطحية الطرفية فيه. تحدد الانتقالات الأفقية للعقد الطرفية اليمنى على مستوى كل طابق بعد تحليل النموذج، وتوضع النتائج في الجدول (1).

وتتم نمذجة الجدار W_{II} بنفس الطريقة للحصول على النموذج A_{II} المبين في الشكل (a-23) ونتائج انتقالاته الأفقية موضحة في الجدول (2).

2 . النموذجين (B_{II}، B_I)، في كل منهما يتم تمثيل الجدار الحقيقي بعناصر سطحية ذات سماكة تساوي سماكته، أما الجوائز فتتمثل بعناصر سطحية ذات سماكة مكافئة.

تمثل الأجزاء الطرفية المصممة للجدار W_I بعناصر سطحية ذات سماكة تساوي سماكة الجدار (0.2m) وارتفاعها يساوي ارتفاع الطابق (3.4m)، أما الجوائز فمثل كل منها بعنصر سطحي عرضه يساوي طول الجائز (2.4m) وارتفاعه يساوي ارتفاع الطابق وسماكته تحسب بالعلاقة (1) [1] كما يلي:

$$t = \frac{1}{\frac{3.4 \times 12}{0.2 \times 12} \frac{(2.4)^2}{12} \div 2.5 + \frac{1.1}{0.2 \times 12} + \frac{1.2}{0.2 \times 12}} = 1.6 \text{ cm}$$

ونحصل بذلك على النموذج B_I المبين في الشكل (b-22).

تؤثر الحمولة على النموذج B_I بشكل قوى مركزة في العقد الطرفية اليسرى ، ويبين الجدول (1) قيم الانتقالات الأفقية للعقد الطرفية اليمنى على مستوى كل طابق في النموذج. وتتم نمذجة الجدار W_{II} بنفس الطريقة للحصول على النموذج B_{II} المبين في الشكل (b-23) ونتائج انتقالاته الأفقية مبينة في الجدول (2) .

3. النموذجان (C_{II}, C_I) ، يتم تمثيل كل من الجدارين باستخدام طريقة العمود العريض و الجائز العميق (الطريقة الإطارية).

في هذه الحالة يتم تمثيل الجزأين الطرفين للجدار W_I بعمودين يقعان على محوري هذين الجزئين ولكل منهما عزم عطالة يساوي عزم عطالة الجزء المكافئ له فنحصل على النموذج C_I المبين في الشكل (c-22)، حيث $I_{c1} = 0.7776 \text{ m}^4$ و $I_{c2} = 0.2304 \text{ m}^4$ و تمثل الجوائز بعناصر قضبانية طول كل منها يساوي المسافة بين محوري الجزئين الطرفين للجدار $l = 5.4 \text{ m}$ أما عزم عطالته فيحسب بالعلاقة (4) $I'_b = (5.4/2.4)^3 \times 6.66 \times 10^{-3} \text{ m}^4$ ويكون اتصال العناصر القضبانية مع الأعمدة بشكل وثيقة لتشكل إطاراً مستويًا، ويوضح الجدول (1) قيم الانتقالات الأفقية على مستوى كل طابق والمحسوبة وفق هذا النموذج. وتتم نمذجة الجدار W_{II} بنفس الطريقة للحصول على النموذج C_{II} المبين في الشكل (c-23) ونتائج انتقالاته الأفقية مبينة في الجدول (2) .

4. النموذجان (D_{II}, D_I) ، تمثيل كل من الجدارين بإطار مستوي واستخدام خيارات يوفرها البرنامج -STAAD.

.III

تتم نمذجة الجدار W_I بشكل مشابه للنموذج السابق (C_I) ، مع إمكانية استخدام إحدى الخيارات التي يوفرها برنامج التحليل المستخدم STAAD-III ، وهي إجراء سحب (offset) لبداية ونهاية جميع العناصر القضبانية الممثلة للجوائز فيصبح طول كل منها يساوي طول الجائز الحقيقي في الجدار 2.4m بدلا من 5.4m ، وذلك بان نسحب نهاية كل عنصر قضباني بمقدار () من طرفه الأيسر باتجاه محور الجدار ، وبمقدار () من طرفه الأيمن باتجاه محور الجدار فنحصل على النموذج D_I المبين في الشكل (d-22). وتبقى العناصر القضبانية متصلة

بشكل وثيق مع أعمدة النموذج على الرغم من إجراء سحب (offset) لها. و تحدد قيم الانتقالات الأفقية للنموذج D_I على مستوى كل طابق كما هو موضح في الجدول (1) .
وتتم نمذجة الجدار W_{II} بنفس الطريقة للحصول على النموذج D_{II} المبين في الشكل (c-23) ونتائج انتقالاته الأفقية مبينة في الجدول (2) .

5. النمذجة (E_{II} ، E_I) ، تمثيل كل من الجدارين وفق طريقة الوسط المستمر.

يتم تمثيل الجدارين W_I و W_{II} وفق النموذجين E_I و E_{II} المبينين في الشكل (e-22) والشكل (e-23) وبحسب ما ورد في الفقرة (3-5) حيث تحدد قيمة الانتقال الأفقي في قمة كل من النموذجين يدويا وباعتماد العلاقات الحسابية الواردة في تلك الفقرة وباستخدام الأبعاد الهندسية لكل من الجدارين المبينين على الشكل (22-*) والشكل (23-*) .

و تحدد لكل منهما قيم العوامل المبينة في العلاقات (17) كما يلي:
الجدار الأول W_I :

$$I_b = \frac{1^3 \times 0.2}{12} = 16.66 \times 10^{-3} \text{ m}^4 \quad I = 0.7776 + 0.2304 = 1.008 \text{ m}^4$$

$$a^2 = \frac{12 \times 1.306 \times 10^{-3} \times 5.4^2}{2.9^3 \times 3.4 \times 1.008} = 0.04733 \text{ } \mathbf{a} = 0.2176 \text{ m}^{-1} \quad A = 0.72 + 0.48 = 1.2 \text{ m}^2$$

$$A_b = 0.2 \times 1 = 0.2 \text{ m}^2 \quad k^2 = 1 + \frac{1.2 \times 1.008}{0.72 \times 0.48 \times 5.4^2} = 1.12 \text{ } \mathbf{k} = 1.05831$$

$$r = \frac{12 \times 2.5 \times 16.66 \times 10^{-3}}{2.4^2 \times 1.1 \times 0.2} \times 1.2 = 0.47348 \quad I_c = \frac{16.66 \times 10^{-3}}{1 + 0.47348} = 11.306 \times 10^{-3} \text{ m}^4$$

و تحدد قيمة التابع $F = (k, kaH)$ في العلاقة (16) من المخطط المبين في الشكل (21) وذلك باعتبار أن $k = 1.05831$ و $(F)_I = (k, kaH) \gg 0.15$ فنجد أن $(kaH)_I = 1.05831 \times 0.2176 \times 34 = 7.8216$ و نعوض قيمة التابع $(F)_I$ في العلاقة (16) لإيجاد قيمة الانتقال الأفقي في قمة النموذج E_I كما يلي:

$$(y_H)_I = \frac{1}{8} \frac{10 \times 34^4}{25 \times 10^6 \times 1.008} \times 0.15 = 9.96 \text{ mm}$$

ويوضح الجدول (1) قيمة الانتقال الأفقي الاعظمي المحسوب وفق النموذج E_I .

الجدار الثاني W_{II} :

تحدد قيمة التابع $F = (k, kaH)$ في العلاقة (16) من المخطط المبين في الشكل (21) وذلك باعتبار أن $k = 1.05831$ و $(F)_{II} = (k, kaH) \gg 0.31$ ، فنجد أن $(kaH)_{II} = 1.05831 \times 0.2176 \times 3.6 = 3.1319$ و نعوض قيمة التابع $(F)_{II}$ في العلاقة (16) لإيجاد قيمة الانتقال الأفقي في قمة النموذج E_{II} كما يلي:

$$(y_H)_{II} = \frac{1}{8} \frac{10 \times 3.6^4}{25 \times 10^6 \times 1.008} \times 0.31 = 0.525 \text{ mm}$$

ويوضح الجدول (2) قيمة الانتقال الأفقي الاعظمي المحسوب وفق النموذج E_{II} .

4. 2 نتائج الدراسة التحليلية:

من خلال الدراسة التحليلية السابقة حصلنا على نتائج قيم الانتقالات الأفقية الطابقية لنماذج الجدارين W_I و W_{II} المحسوبة باستخدام برنامج التحليل STAAD-III والمحسوبة يدويا ، وتمت مقارنتها مع قيم الانتقالات الأفقية المحسوبة بطرق تقريبية مثل طريقة Rosman-Beck [2] ، وطريقة D.Capuani [2] وطريقة العناصر المنتهية [2].

ووضعت نتائج تحليل نماذج الجدار W_I في الجدول (1) ، ونتائج تحليل نماذج الجدار W_{II} في الجدول (2).

الجدول (1) مقارنة الانتقالات الأفقية الطابقية الناتجة عن تحليل خمس نماذج مختلفة لجدار القص W_I مع النتائج المحسوبة وفق طرق تقريبية مختلفة لنفس الجدار .

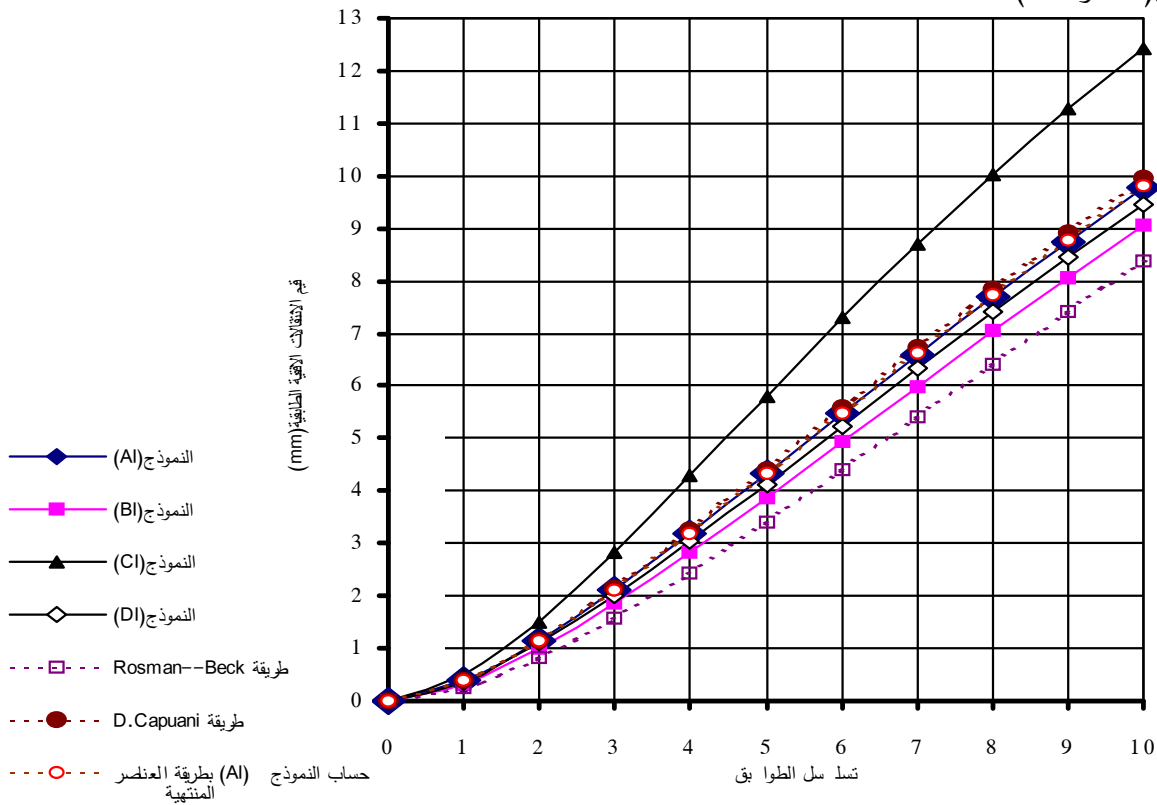
قيم الانتقالات الأفقية الطابقية mm								ح: الطابق
نماذج جدار القص W_I المدروسة								
القيم المحسوبة وفق طرق تقريبية مختلفة [2]		الحل اليدوي	التحليل باستخدام برنامج التحليل STAAD- III					
حساب النموذج بطريفة العناصر المنتهية (A_I)	طريفة D.Capuani	طريفة Rosman-Beck	النموذج (E_I)	النموذج (D_I)	النموذج (C_I)	النموذج (B_I)	النموذج (A_I)	
0	0	0	-	0	0	0	0	0
0.391	0.382	0.246	-	0.3697	0.4835	0.3278	0.3917	1
1.15	1.16	0.815	-	1.0971	1.516	0.9947	1.1483	2
2.11	2.15	1.57	-	2.017	2.8382	1.85	2.1089	3
3.2	3.26	2.44	-	3.0473	4.2999	2.8214	3.184	4
4.34	4.42	3.39	-	4.1353	5.8047	3.8589	4.3158	5
5.49	5.59	4.39	-	5.2438	7.2882	4.9258	5.4625	6
6.63	6.74	5.4	-	6.3457	8.7092	5.9953	6.595	7
7.73	7.86	6.4	-	7.4215	10.0444	7.0475	7.6967	8
8.79	8.93	7.4	-	8.4602	11.2859	8.0695	8.7553	9
9.82	9.96	8.37	9.96	9.4602	12.4416	9.0612	9.7774	10

الجدول (2) مقارنة الانتقالات الأفقية الطابقية الناتجة عن تحليل خمس نماذج مختلفة لجدار القص W_{II} مع النتائج المحسوبة وفق طرق تقريبية مختلفة لنفس الجدار .

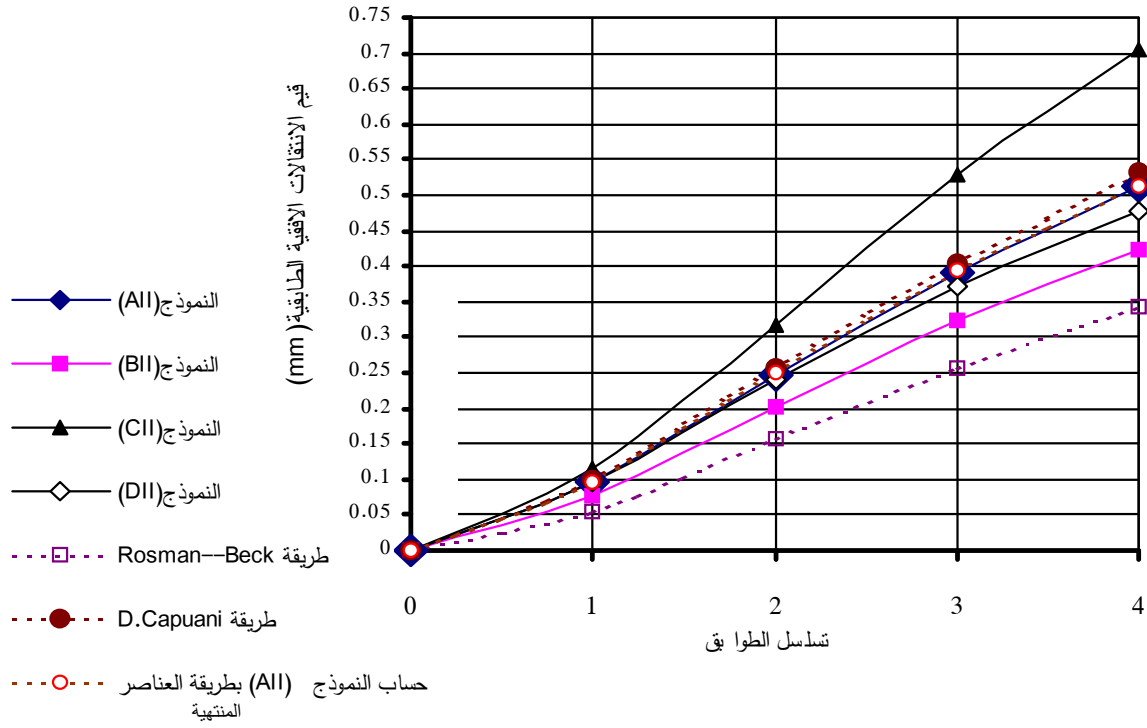
قيم الانتقالات الأفقية الطابقية mm		ح: الطابق
القيم المحسوبة وفق طرق تقريبية	نماذج جدار القص W_{II} المدروسة	

مختلفة [2]			الحل اليدوي	التحليل باستخدام برنامج التحليل STAAD- III					
حساب النموذج العناصر المنتهية (AII) بطريقة	طريقة D.Capuani	طريقة Rosman- Beck	النموذج (EII)	النموذج (DII)	النموذج (CII)	النموذج (BII)	النموذج (AII)		
0	0	0	-	0	0	0	0	0	
0.0975	0.100	0.0559	-	0.096	0.1139	0.0755	0.0977	1	
0.249	0.256	0.157	-	0.24	0.3185	0.2027	0.248	2	
0.393	0.405	0.257	-	0.373	0.5278	0.3238	0.3911	3	
0.514	0.531	0.344	0.525	0.4773	0.7052	0.4230	0.5115	4	

و بمقارنة نتائج حساب الانتقالات الأفقية الطابقية لنماذج جداري القص W_I و W_{II} المبينين في الشكل (22-*) والشكل (23-*) وفق طرق النمذجة المعتمدة وباستخدام برنامج التحليل الإنشائي STAAD-III ، مع نتائج حساب هذه الانتقالات بثلاث طرق تقريبية مختلفة [2] لنفس الجدارين حصلنا على المنحنيات الموضحة في الشكلين (24 و 25) .



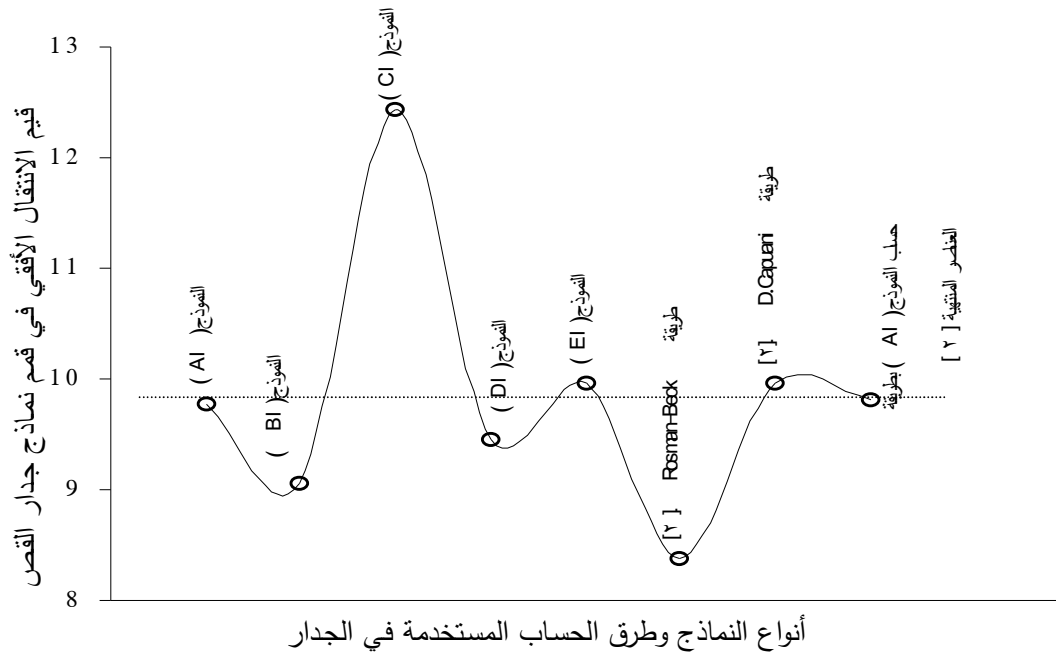
الشكل (24) مقارنة الانتقالات الأفقية الطابقية الناتجة عن تحليل أربعة نماذج مختلفة لجدار القص W_I مع النتائج المحسوبة وفق طرق تقريبية مختلفة لنفس الجدار .



الشكل (25) مقارنة الانتقالات الأفقية الطابقية الناتجة عن تحليل أربعة نماذج مختلفة لجدار القص W_{II} مع النتائج المحسوبة وفق طرق تقريبية مختلفة لنفس الجدار .

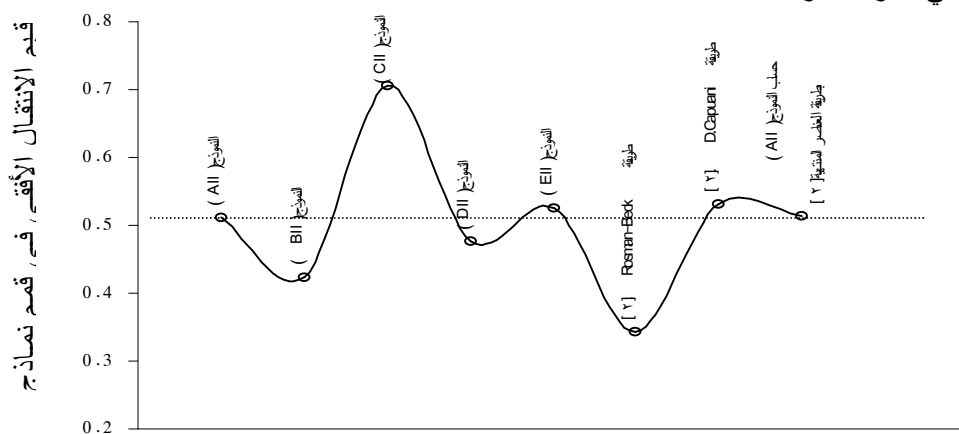
وبمقارنة قيم الانتقال الاعظمي في قمة الجدار والمحسوبة وفق النماذج المختلفة لكل من الجدارين W_I و W_{II} مع القيم المحسوبة باعتماد طريقة العناصر المنتهية [2] ، التي تعتبر أدق الطرق في حساب الانتقالات في الجدران [2,3] تبين أن اعتماد النموذجين (E_I و A_I) لجدار القص W_I ، والنموذجين (E_{II} و A_{II}) لجدار القص W_{II} يعطي قيماً أقرب إلى نتائج طريقة العناصر المنتهية من بقية النماذج الأخرى كما هو مبين في الشكلين (26 و 27) .

ونلاحظ أن قيمة الانتقال الأفقي الاعظمي المحسوبة وفق النماذج (E_I, D_I, C_I, B_I, A_I) لجدار القص W_I كانت بالمقارنة مع قيمة الانتقال الأفقي الاعظمي المحسوبة بطريقة العناصر المنتهية [2] كما يلي: عند اعتماد النموذج (A_I) كانت قيمة الانتقال الأفقي الاعظمي أقل بمقدار % 0.44 ، أما في حالة الحساب وفق النموذج (B_I) كانت قيمة الانتقال الاعظمي أقل بمقدار % 8.37 ، وفي حالة الحساب وفق النموذج (C_I) زادت قيمة الانتقال الاعظمي بمقدار % 21.07 ، لكن الحساب وفق النموذج (D_I) قلل قيمة الانتقال الاعظمي بمقدار % 3.8 ، وعند اعتماد النموذج (E_I) كانت قيمة الانتقال الاعظمي أكبر بمقدار % 1.41 .



الشكل (26) مقارنة قيم الانتقال الأفقي الاعظمي للنماذج (D_I, C_I, B_I, A_I) المحللة باستخدام برنامج التحليل STAAD- III ، مع قيمة الانتقال الاعظمي للنموذج (E_I) المحسوبة يدويا ، وقيم الانتقال الاعظمي المحسوبة وفق طرق تقريبية مختلفة للجدار W_I.

وأن قيمة الانتقال الأفقي الاعظمي المحسوبة وفق النماذج (E_{II}, D_{II}, C_{II}, B_{II}, A_{II}) لجدار القص W_{II} كانت بالمقارنة مع قيمة الانتقال الأفقي الاعظمي المحسوبة بطريقة العناصر المنتهية [2] كما يلي:
 عند اعتماد النموذج (A_{II}) كانت قيمة الانتقال الأفقي الاعظمي أقل بمقدار % 0.49 ، أما في حالة الحساب وفق النموذج (B_{II}) كانت قيمة الانتقال الاعظمي أقل بمقدار % 21.51 .
 وفي حالة الحساب وفق النموذج (C_{II}) زادت قيمة الانتقال الاعظمي بمقدار % 27.11 ، لكن الحساب وفق النموذج (D_{II}) قلل قيمة الانتقال الاعظمي بمقدار % 7.69 ، وعند اعتماد النموذج (E_{II}) كانت قيمة الانتقال الاعظمي أكبر بمقدار % 2 .



الشكل (27) مقارنة قيم الانتقال الأفقي الاعظمي للنماذج (D_{II}, C_{II}, B_{II}, A_{II}) المحللة باستخدام برنامج التحليل STAAD- III ، مع قيمة الانتقال الاعظمي للنموذج (E_{II}) المحسوبة يدويا ، وقيم الانتقال الاعظمي المحسوبة وفق طرق تقريبية مختلفة للجدار W_{II} ،

5. الخلاصة والاستنتاجات .

- إن اختلاف النماذج الممثلة للعنصر الإنشائي يؤدي إلى نتائج حسابية مختلفة ومتفاوتة الدقة مقارنةً مع نتائج طريقة العناصر المنتهية، والتي تعتبر أكثر الطرق دقة في إظهار عمل العنصر الحقيقي.
- إن تمثيل جداري القص W_I و W_{II} والجوائز فيهما بعناصر سطحية ذات سماكة واحدة (اعتماد النموذجين A_I و A_{II}) ، يعطي نتائج لقيم الانتقالات أفضل من النماذج الأخرى ونرى أنهما يعكسان العمل الفعلي للجدارين الحقيقيين ونوصي باعتماد هذا النوع من النمذجة لجدران القص الحاوية فتحات مهما كانت أبعادها.
- يمكن تمثيل الجوائز في جدار القص الحاوي فتحات منتظمة بوسط مستمر مكافئ (اعتماد النموذجين E_I و E_{II}) ، لحساب الانتقالات الأفقية يدويا وبدقة جيدة بالمقارنة مع نتائج طريقة العناصر المنتهية .
- تعطي نماذج جدار القص W_I (D_I , B_I , C_I) ، ونماذج جدار القص W_{II} (D_{II} , B_{II} , C_{II}) نتائج أقل دقة بالمقارنة مع القيم المحسوبة باعتماد طريقة العناصر المنتهية.

المراجع:

.....

- 1-STAFFORD SMITH, B., & COULL, A. 1991- Tall Building structures, JOHN WILEY & SONS, INC., U.S.A.
- 2-DOMENICO, C., & MAURIZIO, M. 1994- An equivalent continuum approach for coupled shear wall, Engineering structures, U.S.A., vol. 16, No. 1, pp. 63-73.
- 3-KWAN, A. K. H. & CHEUNG, Y. K. 1994- Analysis of coupled shear / core walls using a beam-type finite element, Engineering structures, U.S.A., vol. 16, No. 2, pp. 111-117.
- 4-BAIKOV, V., & SIGALOV, E. 1991- Reinforced concrete structures. General course, 5ed., Stroiizdat, Moscow.
- 5-NELSON, T.K., JOHN, L., & GRAHAM, L.H. 1997- Review of the torsional coupling of asymmetrical wall-frame buildings, Engineering structures, U.S.A., vol. 19, No.3, pp.233-