مجلة جامعة دمشق للعلوم الهندسية
المجلد 40- العدد 2 (2024)11-28

Damascus University Journal For Engineering Sciences
Vol 40 No.2 (2024):11-28

تأثير متطلبات الانشاء الحجمي على تقنيات تنفيذ المباني السكنية المسبقة الصنع

مازن الحسن[1]، أ.د. غسان عبود[2]

[1]طالب دكتوراه في كلية العمارة- جامعة دمشق.

[2]أستاذ في كلية العمارة -جامعة دمشق.

الملخص

تهدف هذه الورقة البحثية إلى معرفة تأثير متطلبات الانشاء الحجمي على تقنيات تنفيذ المباني السكنية المسبقة الصنع. وللوصول إلى هذا الهدف، تم سبر أنواع الانشاء الحجمي المسبق الصنع والاكساء، ومكوناته، وتم التعرف على أبرز تقنيات التنفيذ المستعملة حالياً بهذا النوع من الانشاء، وكذلك تم التعرف على تقنيات التنفيذ المستعملة حالياً في سورية (أي طريقة الألواح ثنائية البعد) لإنشاء المباني المسبقة الصنع، مع المقارنة بين الطريقتين. إضافة لذلك، تم عمل استبيان محلي لمعرفة مدى انتشار هذا النوع من الانشاء في سورية، سواء من ناحية التنفيذ أو من ناحية الخبرات.

وقد اتم اختيار مجال المباني السكنية، كونه المجال الأكثر طلباً حول العالم بشكل عام، وفي سورية بشكل خاص، وقد تم الوصول لبعض النتائج الهامة التي تُشير إلى الانتشار المحدود لهذا النوع في سورية، وإلى الدور الإيجابي الذي يُمكن أن يلعبه عند زيادة الاعتماد عليه واستعمال تقنياته الحديثة.

تاريخ الإيداع: 2022/7/15
تاريخ القبول: 2022/12/21

حقوق النشر: جامعة دمشق -سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق النشر بموجب الترخيص
CC BY-NC-SA 04

الكلمات المفتاحية: الموديولات، الألواح (العناصر المسطحة ثنائية البعد)، الوحدات الحجمية ثلاثية البعد، الوصلات البينية، التكاملية الانشائية، المباني السكنية المسبقة الصنع.

The Impact of Requirements of the Volumetric Construction on the Construction Techniques of Prefabricated Residential Buildings

Mazen Al-Hassan[1], prof. Gassan Aboud[2]

[1]Ph.D student- Department of execution and building science- faculty of Architecture- Damascus university

[2]Professor at the Department of execution and building science- faculty of Architecture- Damascus university

Received: 15/7/2022
Accepted: 21/12/2022

Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

Abstract

This paper aims to know the impact of requirements of Prefabricated Prefinished Volumetric Construction on construction techniques of residential buildings. In order to reach this aim, the types of Prefabricated Prefinished Volumetric Construction and it's components was explored, the most prominent construction techniques used in this method of construction recently was found, in addition to the exploitation of construction techniques already used in Syria (2-D Panels), for construction of prefabricated buildings, and a comparison was made between the two methods. A local survey was done, in order to know the extensity of spread of this construction type in Syria, in regard of the execution or expertise scopes.

The residential buildings were chosen, because they are the most demanded type of buildings over the world in general, and in Syria in particular. Some important results were arrived to in regard of the limited use of this type in Syria, and the positive role that it may play, if it is widely used, especially with its new techniques.

Key words: Modules, 2D flat panels, 3D volumetric units, Interconnections, Structural integrity, Pre-fabricated residential buildings.

المقدمة:

لقد أصبح قطاع البناء (في كل أنحاء العالم) يعاني كثيراً من نقص العمالة، وغلاء مواد البناء، وارتفاع كلف الانشاء بشكل كبير، كما أن الزمن الطويل الذي تأخذه المشاريع بالإنشاء والاكساء يؤخر استثمار المبنى بشكل كبير (وهذا يعني خسارة إضافية). وقد كان دائماً يتم البحث عن طرائق لتخفيض الكلفة ولتخفيض الوقت المطلوب للبناء، وكان البناء المسبق الصنع هو أحد الحلول التي يجري العمل عليها لتجاوز هذه الصعوبات.

إن مفهوم الانشاء مسبق الصنع ليس جديداً، ولكن تقنياته والمتطلبات الاقتصادية واختلاف طريقة التفكير جذبت موجة غير مسبوقة من الاهتمام والاستثمار، من المتوقع أن تؤمن حلاً لأزمة السكن مقبول الكلفة عن طريق تأمين متطلبات الإسكان بسرعة وبكلفة أقل[1265:1].

والبناء المسبق الصنع هو عنوان عريض، تندرج ضمنه العديد من طرائق الانشاء، وأبرزها هي طريقة الانشاء الحجمي المسبق الصنع والاكساء، أو كما يسمى في الغرب "**الانشاء المودیولي Modular construction**"، والتي أجريت عليها دراسات وتطويرات كثيرة، لما لها من إيجابيات جذبت المستثمرين نحوها.

حدود البحث:

يتخصص هذا البحث بالمباني السكنية المسبقة الصنع المصنوعة من الفولاذ أو من البيتون المسلح.

إشكالية البحث:

تختلف الأبنية المسبقة الصنع بطريقة انشائها، تبعاً لمادة البناء ونظام الانشاء الذي تُبنى به، وهذا الاختلاف يصبح جوهرياً عندما يكون بين البناء بالألواح المسطحة والبناءً بالوحدات الحجمية ثلاثية الأبعاد، والتي تختلف بشكل كبير بالتفاصيل وطريقة الوصل.

هدف البحث:

يهدف البحث إلى إظهار متطلبات البناء الحجمي وأثرها على المباني السكنية المسبقة الصنع، بالإضافة إلى شرح ميزات البناء الحجمي وعيوبه وطرائق انشائه المختلفة.

أهمية البحث:

تكمن أهمية البحث في التعريف بهذا النوع من الانشاء والذي – كما سيظهر لاحقاً – لازال شديد الندرة، سواء من ناحية الاستعمال أو من ناحية معرفة العاملين في المجال الهندسي في سورية به، بالرغم من فوائده المتعددة.

1- لمحة تاريخية:

بالرغم من أن الانشاء المودیولي قد أصبح شائعاً بشكل متزايد في السنوات الأخيرة، لكنه ليس طريقة جديدة في البناء، ففي القرن التاسع عشر عندما بدأ جزء كبير من السكان بالاتجاه غرباً – كما حدث في فورة البحث عن الذهب في كاليفورنيا عام 1849 – جرى نقل المنازل المسبقة الصنع من نيويورك إلى كاليفورنيا.

كانت المباني المسبقة الصنع شائعة أيضاً في النصف الأول من القرن العشرين، خصوصاً خلال أوقات الحاجة الماسة للمساكن، كما في السنوات التالية مباشرةً للحرب العالمية الثانية. وفي أواخر الخمسينات من القرن العشرين بدأ استعمال الانشاء المودیولي لمجالات أوسع من أنواع المشاريع، بما فيها المدارس ومنشآت الرعاية الصحية. وفي الستينات والسبعينات من القرن العشرين، بدأ استعمال الانشاء المودیولي في مشاريع الفنادق الضخمة.

والآن، ومع تطور التكنولوجيا وازدياد الخبرة في هذه الصناعة، أصبحت طرائق الانشاء المودیولي متنوعة بشكل متزايد، وتُستعمل في مجال واسع من المشاريع، بما فيها المكاتب التجارية والحكومية، بالإضافة لمشاريع السكن والتعليم والرعاية الصحية والمشافي[4:2].

2- تعريف الإنشاء الحجمي المسبق الصنع والاكساء (الإنشاء الموديولي)[3]:

يوصف الانشاء الموديولي بأنه عملية يتم بها انشاء البناء خارج الموقع، في معمل تحت شروط معملية مضبوطة، باستعمال المواد ذاتها وبتصميم يتبع الكودات والمعايير ذاتها التي تنفذ وفقها المشاريع التقليدية، ولكن مع توفير بمدة التنفيذ، بنسبة قد تصل لنصف المدة.

يتم تصنيع المباني على شكل أجزاء تسمى الموديولات، بحيث تُعطي (عندما يتم جمعها في الموقع) التصميم المطلوب وبالمواصفات المطلوبة لأكثر المنشآت المبنية في المكان تعقيداً، ودون تخفيض في المواصفات.

3- ميزات الإنشاء الموديولي:

يتميز الإنشاء الموديولي بالميزات الآتية:

3-1- من ناحية البيئة:

* ينتج عن العمليات المضبوطة معملياً نفايات أقل، وتُسبب إخلالاً أقل للموقع، وتسمح بإنشاء أكثر أناقة.

* تُؤمن هذه العمليات المضبوطة مرونة أكبر في الاستعمال، مع إمكانية لإعادة الاستعمال، حيث أن الأبنية الموديولية يُمكن فكها وإعادة نقلها أو إعادة تصنيعها للاستعمال الجديد، وبذلك تنخفض الحاجة لمواد جديدة، وتُقلل من مقدار الطاقة المصروفة لبناء مبنى يتوافق مع الحاجات الجديدة.

* تخفيف الهدر في المواد عن طريق إعادة تدوير المواد، والتحكم بالمواد الموجودة، وحمايتها من العوامل الخارجية.

* تأمين جودة هواء أفضل، لأن هياكل الوحدات الموديولية يجري إتمامها بشكل أساسي في ظروف مضبوطة معملياً باستعمال مواد جافة، لذا لا يتم احتجاز مستويات مرتفعة من الرطوبة ضمن البناء الجديد، كما في الأبنية المبنية بطرائق الانشاء التقليدية.

3-2- من ناحية سرعة التنفيذ:

* تخفيض الوقت اللازم للإنشاء، حيث أن انشاء البناء الموديولي ضمن المعمل يُمكن أن يحدث بالتوازي مع أعمال الموقع والأساسات، لذا فإنه يُمكن إنجاز المشاريع بوقت أسرع بنسبة بين 30% إلى 50% من البناء التقليدي.

* التخلص من التأخيرات الناتجة عن الطقس، حيث أن 60-90% من الانشاء الموديولي يتم داخل المعمل، مما يُخفض من أخطار تأخيرات الطقس. وهكذا، يتم إشغال الأبنية أبكر، وهذا يخلق عائداً أسرع من الاستثمار.

3-3- من الناحية التقنية:

* يتم بناء المباني الموديولية باستعمال المواد ذاتها (أي خشب وبيتون وفولاذ) ووفق كودات البناء والخصائص المعمارية ذاتها المستعملة في البناء بالطريقة التقليدية.

* تُوفر أماناً أكبر بعملية الانشاء، حيث أن بيئة الانشاء داخل معمل، تُخفض من مخاطر الحوادث والمسؤوليات القانونية المرتبطة بها للعمال.

* توفر إمكانية لاحتواء تمديدات الخدمة (وخاصة التمديدات الصحية) مما يجعلها أفضل من ناحية الكتامة المائية.

* تُعطي مباني أفضل هندسياً من الناحية التقنية، لأن المباني الموديولية الدائمة تعتمد على نمذجة حاسوبية متقدمة للإظهار، وذلك لتقييم أداء الطاقة وتحديد الإجراءات الأكثر كفاءة وفعالية للكلفة. وتُعد المباني الموديولية الدائمة، مثالية لمثل هذه التكنولوجيا، حيث تكون عملية البناء منذ بدايتها عبارة عن تكامل للأنظمة والمواد والأشخاص، بشكل مشابه كثيراً لبرنامج النمذجة ذاته.

* تُوفر فرص تصميم غير محدودة، فالوحدات الموديولية يُمكن أن تُصمم لتناسب الجماليات الخارجية لأي بناء موجود، والوحدات الموديولية حال

تجميعها، لن يمكن تمييزها ظاهرياً عن نظيرتها من المباني المشابهة المبنية في الموقع.

4- عيوب الإنشاء الموديولي:

1- يحتاج الإنشاء الموديولي لكلفة تأسيس عالية، تشمل معمل ورافعات ووسائل نقل، وهذا يُشكل كلفة كبيرة لا بد من توفيرها، قبل بداية العمل.

2- حتى يكون الإنشاء الموديولي اقتصادياً ومنافساً للإنشاء التقليدي، يجب وجود عدد كبير من المباني المتماثلة لإنتاج موديولات متكررة.

3- محدودية أبعاد الموديولات التي يُمكن انتاجها لتوفير إمكانية النقل على الطرقات، وأن يكون الوزن ضمن قدرة الروافع التي ستقوم بتحميل وتركيب الموديولات.

4- تحتاج الوصلات بين الموديولات لعناية خاصة جداً، وإلا فإن التكاملية الإنشائية للمباني الموديولية تبقى أضعف منها في حالة المباني المنفذة في الموقع، ولذا فإن تأمين التكاملية الانشائية هو موضوع شديد الأهمية في هذه الصناعة التي تبرز حالياً الى الوجود.

5- تحتاج ليد عاملة ذات خبرة كبيرة في هذا النوع من الإنشاء.

5- تصنيف المباني الموديولية:

من خلال الاطلاع على المنشآت الموديولية التي تم بناؤها حول العالم والمراجع الخاصة في هذا المجال، نجد أن المباني الموديولية تندرج تحت التصنيفات الأتية:

5-1- من ناحية مدة الاستثمار:

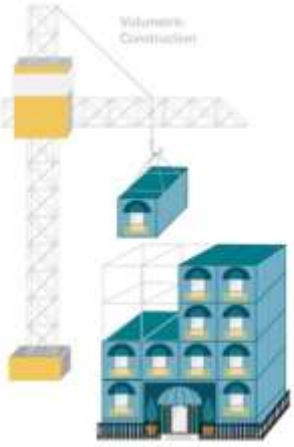
تكون هذه المباني إما مؤقتة قابلة للنقل، أو دائمة.

5-2- من ناحية الشكل والتركيب (أو النظام الموديولي):

بشكل عام، تتكون عناصر البناء الموديولي التي يتم تصنيعها خارج الموقع، إما من مكونات جزئية غير حجمية تشكل عند تركيبها كتلاً حجمية، أو من وحدات حجمية. يتضمن الانشاء الموديولي الحجمي التصنيع في المعمل لوحدات منفردة ثلاثية الأبعاد لفراغ مغلق، يتم جمعها بعد ذلك في الموقع لتشكيل بناءً واحداً كما في الشكل (1). على سبيل المثال، يُستعمل الانشاء الحجمي الموديولي عادةً في المشاريع السكنية متعددة الوحدات، كالفنادق والسكن الطلابي ومباني الشقق السكنية. يُمكن أن تُصنع كل وحدة – اعتماداً على حجمها – من جزء أو أكثر. وهناك أمثلة أخرى على العناصر الحجمية، تتضمن غرف المرضى وحجرات الاستحمام ومقاطع لنوى المباني المتضمنة المصاعد والأدراج.

أما الانشاء الموديولي بالموديولات غير الحجمية، فتتضمن عناصر البناء المسبقة الصنع خارج الموقع (يتم عادةً الإشارة إليها بالتجميعات الموديولية) التي يتم وصلها عند وصولها للموقع، كما في الشكل (2)، لتُشكل الحجوم المطلوبة. ومن الأمثلة الشائعة لعناصر البناء غير الحجمية:

- مقاطع لواجهة البناء والاكساء.
- الجدران المسطحة والقواطع الداخلية.
- الأرضيات الصندوقية واللوحية.
- الأسقف الجملونية[8:2].



الشكل (1) الانشاء بالموديولات الحجمية[8:2]

وتلعب المجازات المطلوبة للمشروع دوراً مهماً في اختيار أي من هذه الأنظمة الموديولية يكون أكثر مناسبة للمشروع المطلوب، وبالنسبة للمباني السكنية فإن كلا النظامين صالح للاستعمال، ولكن يتم تفضيل الانشاء بالموديولات غير الحجمية (الألواح المسطحة)

عند الحاجة لفراغات ذات مجازات واسعة كونها أسهل بعملية النقل والتركيب.

5-3- من ناحية مادة الصنع:

تتعدد المواد التي يمكن أن تصنع منها هذه الموديولات، فمن الممكن أن تصنع من الخشب أو من البيتون أو الفولاذ أو من البيتون والفولاذ معاً. وبشكل عام فإن الأبنية الموديولية الحالية تعتمد إما على الفولاذ أو على البيتون في تصنيع الموديولات. مع ذلك، فإن كلا الموديولات الفولاذية والبيتونية لها

إيجابياتها وسلبياتها الخاصة بها. وتكون الموديولات المصنوعة من الفولاذ أخف وزناً بـ 20-35% من الموديولات البيتونية، وأسرع في الإنشاء، ولكن مقاومتها للحريق والعزل الصوتي والحراري أقل.

الشكل (2) الانشاء بالموديولات غير الحجمية[8:2]

6- أنظمة الموديولات من ناحية المتطلبات الخاصة للمشروع، والمقارنة بينها:

هناك ثلاثة أنظمة للموديولات:

6-1- نظام الحجوم ثلاثية الأبعاد:

* الحجوم الثلاثية الأبعاد هي وحدات مُجهزة بشكل كامل، حيث يُمكن أن تؤلف غرفة أو جزء من غرفة، ويمكن أن تُجمع في الموقع كسلسلة من قطع الليغو. تتضمن عملية التركيب في الموقع: رفع الموديولات إلى مكانها، ووصل الخدمات كالكهرباء والسباكة (للتمديدات الصحية). تتم معظم الأعمال في المعمل خارج الموقع.

* تُعطي طريقة الحجوم ثلاثية الأبعاد إمكانية الوصول لأعلى كفاءة للمواد وتوفير للوقت، ولكن من سلبياتها موضوع كلفة النقل، ومحدودية الحجم.

* وهذه الطريقة هي الأكثر مناسبة للفنادق وبيوت الشباب أو السكن الاقتصادي. وهي مفيدة أيضاً للغرف ذات الإكساءات المتشابكة، وبالذات للفراغات الرطبة كالحمامات والمطابخ. كما أنها الأكثر مناسبة للمشاريع التي فيها نسبة عالية من التكرار ودرجة عالية من نسبة الغرف الرطبة إلى الجافة. يجب ملاحظة أن التكرار لا يعني أن جميع المباني ستبدو متماثلة، لأنه يُمكن أن يتم تركيب مجموعة من الموديولات المعيارية بشكل مختلف للوصول إلى النتيجة النهائية المطلوبة[9:4].

6-2- نظام الألواح (العناصر المسطحة ثنائية البعد):

* يتم تنفيذ طريقة الألواح، بطريقة مماثلة لطريقة الحزمة المسطحة التي تستعمل في تركيب المفروشات المنزلية، وعند اللزوم تحوي الألواح الفتحات والأقنية المطلوبة للخدمات كالتدفئة والتهوية والتكييف وأنابيب السباكة، والتي يُمكن أن يتم وصلها مع بعضها بالتوصيلات المعتادة.

* تكون أعمال التركيب في الموقع (في هذا النظام) أبسط بكثير من البناء التقليدي، ولكنه أعقد من طريقة جمع الموديولات الحجمية ثلاثية الأبعاد مع بعضها، وتتطلب إنهاءات داخلية أكثر.

* ولكن من ناحية أخرى، فإن نقل الألواح أسهل بكثير من نقل الموديولات ثلاثية البعد. يُمكن (في الحالة المثالية لنظام الألواح) نقل المكونات المطلوبة لبناء عدة غرف، في حاوية بطول 7,62 متراً. وبذلك، تسمح طريقة الألواح بنقل المواد المطلوبة لبناء مساحة طابقية أكبر بكثير بنقلة واحدة، فنقل الوحدات الحجمية مُكلف بأكثر من خمسة أضعاف من كلفة نقل الألواح ثنائية البعد لبناء المساحة الطابقية ذاتها.

* توفر طريقة الألواح مرونة أكبر من الموديولات ثلاثية البعد. على سبيل المثال: لا يمكن بناء المكاتب الكبيرة ذات المساقط المفتوحة بعنصر واحد ثلاثي الحجم. كما أن العناصر اللوحية ثنائية البعد مرتبطة أيضاً بالمباني السكنية عالية المستوى، سواء كانت

منازل لعائلات مستقلة أو شقق سكنية، لأن الاختلاف في المسقط مؤثر، ونسبة المساحات الرطبة إلى الجافة أقل[9:4].

6-3- النظام الهجين بين الثنائي والثلاثي الأبعاد:

يُمكن استعمال مزيج من الموديولات ثلاثية الأبعاد والألواح ثنائية البعد في مشروع واحد، أو جمع هاتين الطريقتين في موقع بناء بالطريقة التقليدية. يتم عادةً تصنيع المناطق الرطبة (كحجرات الاستحمام) بوحدات ثلاثية البعد، بينما يتم عمل باقي البناء من الألواح ثنائية البعد. يؤدي هذا إلى الوصول للفعالية القصوى لإنشاء هاتين المساحتين المختلفتين في البناء، وتأمين فوائد الإنتاجية العالية والسريعة لفراغات الحمامات، والمرونة القصوى لكامل باقي المساحات.

عند تقييم الاختلافات بين هذه الخيارات الثلاثة من أجل سكن اقتصادي، مكون من أربعة طوابق على سبيل المثال، وُجد أن طريقة العناصر ثنائية البعد، يُمكن أن تكون أرخص بـ 17% من طريقة البناء التقليدية، في حين أن الطريقة الهجينة بين العناصر الثنائية البعد والثلاثية الأبعاد تخفض الكلف بنسبة 20%، وطريقة العناصر الثلاثية الأبعاد تخفض الكلف بنسبة 24%. وتختلف هذه النسب حسب المشروع، ولكن هذه التقديرات تعطي مؤشراً على حجم التوفير الممكن [10:4].

7- أهم طرائق الانشاء للمباني الموديولية الحجمية ومكوناتها:

هناك ثلاث طرائق انشاء رئيسة لتكديس الوحدات الموديولية، هي أنظمة النواة والطابق المرتفع والهياكل المعبأة.

7-1- الطريقة المعتمدة على النواة (Core):

تكون الموديولات جميعها (في هذه الطريقة) مُجمعة حول نواة استقرار واحدة أو أكثر كما هو موضح بالصورة (1). وتكون الوحدة الموديولية مصممة لمقاومة أحمال الجاذبية (الأحمال الشاقولية) على طول ارتفاع المبنى فقط، بينما يتم مقاومة القوى الجانبية (الأفقية) الناتجة عن الرياح والزلازل بشكل منفصل عن طريق الأنوية cores. لذلك يجب أن تكون الإطارات الجانبية والوصلات بين الموديولات والأنوية قوية بما فيه الكفاية، لنقل الأحمال الجانبية إلى النواة. ويُمكن للنواة أن تكون مبنية من البيتون المسبق الصب أو جدران مختلطة من الفولاذ والبيتون المصبوب في المكان. ويُمكن زيادة ارتفاع المبنى، عن طريق تأمين أنظمة تكتيف إضافية ضمن الأرضيات والأسقف[1266:1].

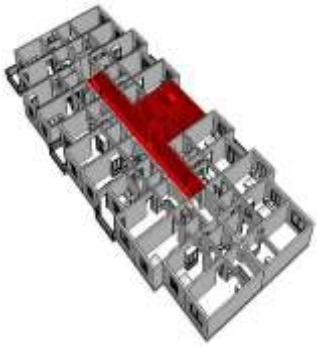
الصورة (1) طريقة النواة[1266:1]

مبنى Apex House- ويمبيلدون- بريطانيا

يتكون المبنى (في هذه الطريقة) من نواة من البيتون المسلح المصبوب في المكان، كما يبين الشكل (3)، أو من نواة فولاذية.

الشكل (3) موديولات مرتبطة بنواة[149:5]

ويتم تجميع الوحدات الموديولية عليها عن طريق وصلات مشتركة، تؤمن الثبات والصلادة الانشائية. وقد تكون النواة مرتبطة بممر موزع للموديولات كما يظهر بالشكل (4)، وعندها يكون هذا الممر مُقوى انشائياً بعناصر تكتيف، ليعمل بشكل متكامل مع النواة للربط بين الموديولات.



الشكل(4) موديولات مرتبطة بنواة وممر صلد[149:5]

7-2- الطريقة المعتمدة على الطابق الأرضي المرتفع (Podium): تكون الوحدة الموديولية متموضعة فوق منشأة بشكل قاعدة مرتفعة، أو منصة مُصممة بشكل منشأة تقليدية من الفولاذ أو البيتون، أو هجين من الفولاذ والبيتون معاً كما هو موضح بالشكل (5).

الشكل(5) طريقة الطابق الأرضي المرتفع[1266:1]

نموذج توضيحي ثلاثي الأبعاد

تعمل المنصة كأساس للوحدات الموديولية، والتي يُمكن أن تكون إما مُكدسة أو مُجمعة حول النواة، للحصول على بناء أطول. تكون هذه الطريقة مناسبة خصيصاً للمباني المتعددة الاستعمالات، حيث تؤمن المنشأة ذات الفراغ الداخلي فضاءً مفتوحاً للبيع أو الوظائف التجارية أو مرآب للسيارات تحت الأرض[1266:1].

ويتم في هذه الطريقة، تكديس الموديولات فوق بعضها البعض، مع الربط بينها بوصلات فولاذية.

7-3- طريقة الهيكل المعبأ: يتم (في هذه الطريقة) وضع الوحدات الموديولية بين الجوائز والأعمدة لمنشأة إطارية رئيسية، كما هو ظاهر في الصورة (2).

الصورة (2) طريقة الهياكل المعبأة[1266:1]

مبنى منتجع ديزني المعاصر- لوس أنجلس- أمريكا

وبما أن المنشأة الاطارية الرئيسية مبنية في الموقع بالطرائق التقليدية، فإن الاستقرار الإجمالي للمبنى الموديولي مضمون[1266:1].

تكون الوصلات الأساسية (في هذه الطريقة) بين الموديولات والهيكل الانشائي، ويقوم الهيكل بالحفاظ على ثبات واستقرار الموديولات.

نتيجة لميزات هذه الطرائق الثلاث، ومن الاطلاع على التجارب حول العالم، لوحظ أن طريقة النواة هي الأنسب والأوسع استعمالاً في المباني السكنية الموديولية، وفي كثير من الأحيان يتم دمجها مع طريقة الطابق المرتفع وذلك لتفعيل استثمار الطابق الأرضي بوظائف مختلفة.

8- أنواع الوصلات البينية في المباني الموديولية:

تسمى الوصلات بين الموديولات بالوصلات البينية، وهي تلعب دوراً ذا أهمية انشائية، بتأمين التكامل في تركيب الموديولات، عن طريق التأثير بقوة في الثبات والمتانة الانشائية الاجمالية. ولكن السلبية الكبيرة لهذه المثبتات الميكانيكية، هو احتمال حدوث التفكك المفاجئ الذي يُمكن أن يحدث دون تحذيرات في حالات التحميل القصوى. والسلبية الأخرى لهذا النوع من الوصلات، هو تركيز الإجهاد في نقاط

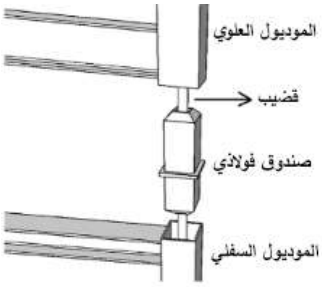
الوصل، والتي يُمكن أن تُؤدي لبعض حالات الفشل، وتهدد الاستقرار الكلي للمنشأة[263:6].

تكون الوصلات البينية في المباني الموديولية البيتونية، هي ربط لقضبان التسليح بين الموديولات مع تطبيق مونة اسمنتية رابطة لتثبيت الاتصال كما في الصورة (3)، بينما تكون الوصلات البينية في المباني الموديولية الفولاذية متعددة ومتنوعة بشكل كبير من ناحية الشكل وطرائق التثبيت.

الصورة(3) توضح قضبان التسليح البارزة من الموديول جاهزة للربط مع الموديولات أو العناصر المصبوبة بالمكان[6:7]

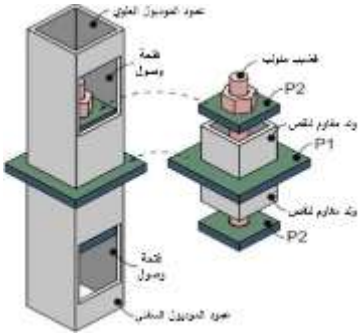
تتعرض الوصلات المعدنية للعديد من الاختبارات والتجارب لمعرفة السلوك الانشائي للوصلة، عند تعرضها لحمولات الشد والضغط، وتتدرج هذه الوصلات حالياً تحت ثلاثة تصنيفات أساسية، وذلك حسب طريقة تثبيت الموديولات:

8-1- الوصلات التي تستعمل القضبان الممتدة ضمن الأعمدة لربط الموديولات: حيث يتم وضع قضبان ممتدة ضمن أعمدة الموديولات لتأمين استمرارية الربط الشاقولي بينها، كما نلاحظ في الوصلات الموضحة بالأشكال (6) و (7) و (8).



الشكل (6) وصلة قضيب باستعمال العلبة الفولاذية[779:8]

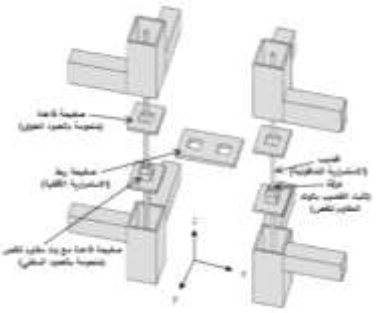
تقوم الوصلة الموضحة بالشكل (6) بالوصل الشاقولي بين أعمدة الموديول العلوي والموديول السفلي، ولها صندوق فولاذي ذو حواف مشطوفة من الأعلى والأسفل، وقضيب لاحق الشد في منتصف الصندوق الفولاذي. يتم لحام جوائز الموديولات مع الأعمدة في المعمل خارج الموقع. أظهرت التجارب على عدة نماذج مختلفة، أن الوصلات لاحقة الشد تملك مقاومة كافية للقوى الأفقية، وأظهرت تبديداً أفضل للقوى المتصاعدة[785:8].



الشكل (7) وصلة قضيب باستعمال القضيب الملولب[4:9]

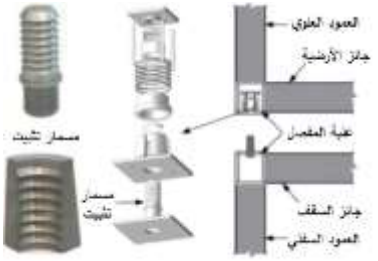
وفي التصميم الموضح بالشكل (7)، هناك قضيب ملولب ووتد مقاوم للقص داخل المقطع الفولاذي المفرغ، وهو الذي يثبت الموديولات مع بعضها البعض. تكون الصفيحة P1 التي تحوي ثقباً في المنتصف (لتسمح للقضيب الملولب بالمرور) ملحومة بالوتد المقاوم للقص، بينما تكون الصفيحة P2 ملحومة بالأعمدة. تسمح فتحة الوصول (الموجودة في أعمدة الموديول) بأن يتم ادخال القضيب خلال الموديولات وأن يتم شده. من ناحية أخرى، وفي حين أن هذه الوصلة تؤمن الاتصال الشاقولي بفضل القضيب الواصل بين الموديولات، فإن الاتصال الأفقي لم يتم أخذه في الحسبان في هذا التصميم. لذا فقد تم اختبار سلوك الانزلاق عبر التجارب عن طريق تغيير سطح طبقة التغليف، ومساحة سطح الاتصال والأحمال الأولية. وقد أظهرت النتائج أن العينات ذات السطح الخشن الرملي، زادت من عامل الانزلاق، وبذلك أعطت مقاومة أكبر للانزلاق[25:9].

تؤمن صفيحة الاتصال الفولاذية الاتصال الأفقي بين الموديولات، بينما يؤمن القضيب الفولاذي الملولب المثبت بواسطة العزقة، الاتصال الشاقولي، كما في الشكل (8). يقاوم القضيب الفولاذي قوى الشد الشاقولي ويمنع الانفصال، بينما تقاوم الأعمدة قوى الضغط الشاقولي، كما تتم مقاومة قوى القص عن طريق الوتد المقاوم للقص[15:10].



الشكل(8) وصلة قضيب باستعمال صفيحة ربط[5:10]

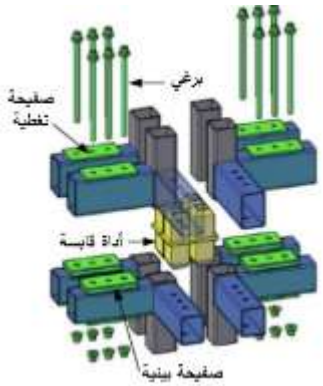
8-2- الوصلات التي تستعمل البراغي للتثبيت بشكل مباشر عند الوصلة والجوائز المتصلة بها: حيث تكون البراغي هي المسؤولة بشكل مباشر عن ربط الموديولات مع بعضها البعض، كما يظهر من التفصيلتين الموضحتين بالشكلين (9) و (10).



الشكل (9) وصلة ذاتية الاقفال[147:11]

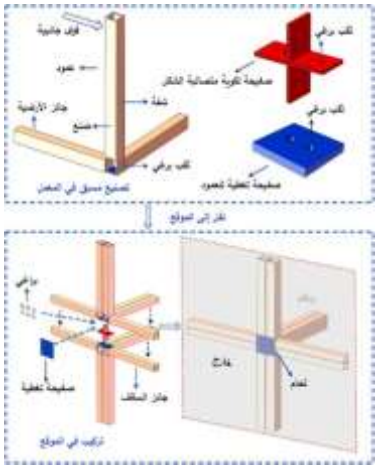
تكون علب المفاصل الموجودة في زوايا الموديول (في هذه الطريقة) ملحومة بأعمدة وجوائز الموديول كما يظهر بالشكل (9). يتم ادخال مسمار التثبيت إلى الجزء العلوي من الموديول السفلي، بينما تكون باقي أجزاء الوصلة موجودة داخل علبة المفصل في الموديول العلوي، ويتم حفر فتحة في السطح السفلي لعلبة المفصل في الموديول العلوي من أجل التثبيت. يتم (خلال عملية التركيب) محاذاة الموديول العلوي على الموديول السفلي، وعندما يدخل مسمار التثبيت في فتحة التثبيت لعلبة المفصل للموديول العلوي، فستقفل الوصلة آلياً. بعد اجراء العديد من تجارب التحميل الدورية، وتجارب السحب لتحليل الأداء الانشائي للوصلة، لوحظ أن المفصل أظهر سلوكاً جيداً في مقاومة الشد حيث كانت القدرة على مقاومة قوى الشد تعتمد بشكل رئيسي على قطر مسمار التثبيت وخواص مادته. ولم يكن نمط الانهيار عائداً للانزلاق، وإنما للكسر الذي حدث في النقطة الأضعف من مسمار التثبيت، ولوحظ في الوقت ذاته أداءً زلزالياً ممتازاً للوصلة[161:11].

في هذه الوصلة البينية المقترحة، تؤمن الأداة القابسة (والتي تملك أربعة أنابيب) الاتصال الأفقي، في حين تؤمن البراغي عالية التحمل الاتصال الشاقولي، ويمكن تفادي انبعاج صفيحة الجائز نتيجة قوى الشد للبراغي عن طريق لحام صفيحة التغطية البينية لجوائز الموديول، ويتم ادخال أعمدة الموديولات في الأداة القابسة خلال عملية التركيب كما هو موضح بالشكل (10)، عندما يتم وضع الأعمدة بمكانها، فإن الاتصال الأفقي يجري تلقائياً بتأثير الربط الذي تؤمنه الأداة القابسة. وفي النهاية تدخل براغي طويلة خلال الثقوب في جوائز الموديولات، وبذلك يكون الاتصال قد اكتمل. من خلال التجارب ظهر حدوث فجوة بين أعمدة الموديولات والأداة القابسة، وكانت هذه الفجوة تزداد بازدياد القوى الجانبية، وحال وصول الانزياح الجانبي إلى قيمة حرجة لوحظ وجود تشققات في منطقة اتصال الجوائز والأعمدة، بالإضافة لذلك، لوحظ وجود انحناء في الأعمدة عند الوصلة[635:12].



الشكل (10) وصلة مثبتة بالبراغي باستعمال أداة قابسة[628:12]

8-3- الوصلات التي تستعمل البراغي وصفائح الوصل: تكون صفائح الوصل هي المسؤولة عن ربط الموديولات مع بعضها البعض كما في الأمثلة الموضحة بالشكلين (11) و(12).



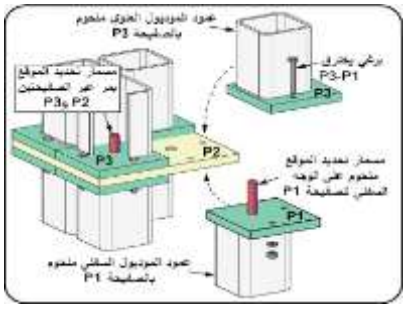
الشكل (11) وصلة مثبتة بالبراغي باستعمال صفيحة تقوية زاوية وصفيحة تغطية[109:13]

تتكون جميع العناصر الانشائية في الموديول من مقاطع فولاذية مفرغة، لتركيب الوصلة الموضحة في الشكل (11)، ويجب أن يكون جزء من العمود مقصوصاً في المعمل، ويتم حفر ثقوب في صفيحة التقوية الزاوية ذات الشكل المتصالب.

يؤمن هذا الشكل الاتصالين الأفقي والشاقولي، حسب الثقوب. يتم أولاً (في موقع العمل) وضع صفيحة التقوية الزاوية المتصالبة بين الموديولين السفليين، ثم يوضع الموديولان العلويان فوق السفليين، وفي النهاية يتم إغلاق الجزء المقصوص من العمود، بلحام صفيحة التغطية فوقه.

بعد اجراء مجموعة من التجارب على أربع عينات من الوصلات (مقواة وغير مقواة)، فقد أظهرت الوصلات المقواة قدرة أكبر على مقاومة العزم من الوصلات غير المقواة. وبشكل عام لوحظ ظهور انبعاجات محلية عند الوصلة في العينات، بالإضافة إلى ظهور تمزق في منطقة التقاء العمود بالجائز[117:13].

يُظهر الشكل (12) وصلة مثبتة بالبراغي مع استعمال مسمار تحديد الموقع. تسمح هذه الوصلة بدمج ما مجموعه ثمانية موديولات، حيث تكون أربعة موديولات في الأعلى وأربعة موديولات في الأسفل. تؤمن الصفيحة P2 الاتصال الأفقي، ويتم تأمين الاتصال الشاقولي عن طريق البراغي. تكون مسامير تحديد الموقع ملحومة (في المعمل) على الصفيحة P1، وتكون الصفيحتان P1 و P3 ملحومتان على نهايات أعمدة الموديول، ثم يتم وضع الصفيحة P2 على الصفيحة P1 والصفيحة P3 على الصفيحة P2. وفي النهاية يتم تثبيت الصفائح مع بعضها ببراغي مسبقة الإجهاد. ظهر، من خلال مجموعة من الاختبارات، أن وجود كلا العنصرين في الوصلة (مسامير تحديد الموقع، والبراغي) أدى إلى زيادة في مقاومة القص. بالإضافة إلى ذلك، تبين أنه عند تغير الحمل الأولي للبراغي، فإن مقاومة الانزلاق تتغير، ويكون لمقدار التسامح في الثقوب بعض التأثير على مقاومة الانزلاق[25:14].



الشكل (12) وصلة مثبتة بالبراغي باستعمال مسمار تحديد الموقع[5:14]

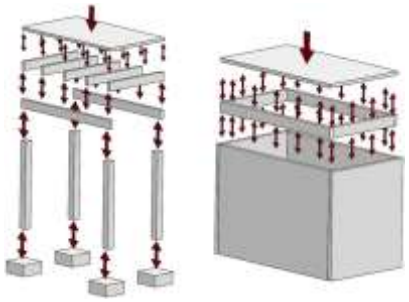
9- السلوك الانشائي للمباني المنفذة بالإنشاء الموديولي:

بالرغم من الفوائد المميزة للإنشاء الموديولي، فإن التطبيقات الواسعة لنظام الإنشاء الموديولي للمباني المتعددة الطوابق، تواجه بعض التحديات الكبيرة. أحد التحديات الانشائية الكبيرة هي الحفاظ على التكاملية الانشائية للبناء، فيما يخص ثبات الجملة الانشائية الموديولية في ظروف التحميل القصوى. كما أن التكاملية الانشائية والتماسك الفعال للموديولات المُشكلة لمبنى كامل، هي أيضاً مطلوبة لمنع الانهيار المُتسارع في المباني الموديولية في الحوادث الطارئة، أو عند حدوث التحميل المفرط. وتبعاً للطبيعة المنفصلة للأنظمة الموديولية، فإن تأمين التكاملية الانشائية هو موضوع شديد الأهمية في الانشاء الموديولي[263:6]. وتلعب الوصلات البينية بين الموديولات دوراً ذا أهمية

انشائية خاصة في تأمين التكامل بين مجموعة الموديولات، كما جرى ذكره سابقاً.

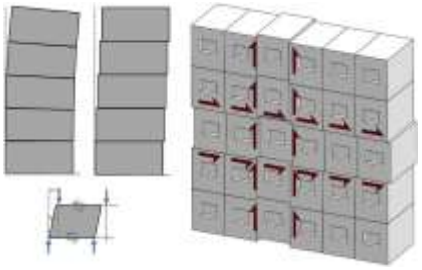
10- محددات الانشاء الموديولي:

هناك آليتان لنقل الأحمال يجري اعتمادهما عند تصميم المباني الموديولية، ففي الأولى تنتقل أحمال الجاذبية الأرضية عبر الجدران الجانبية أو الركائز الركنية للوحدات المتموضعة فوق بعضها البعض، كما يوضح الشكل (13)، وهذا يعني أن الموديولات مصممة بطريقة تستطيع مقاومة أحمال الوزن الذاتي المطبقة من الأعلى من دون مساعدة كبيرة من الوصلات بين الموديولات، وفي الثانية تنتقل الأحمال الأفقية إلى الموديولات الأخرى عبر عناصر مقاومة الأحمال الأفقية و/أو الإطارات داخل الوحدات الموديولية، أو تنتقل إلى نظام خارجي لمقاومة الأحمال الجانبية من خلال الوصلات البينية.



الشكل (13) آلية نقل أحمال الجاذبية في الأبنية الموديولية[264:6]

وبالرغم من ان أحمال الوزن الذاتي تعتمد على الأداء الانشائي لكل وحدة على حدة، فإن جودة آلية نقل الأحمال الأفقية والسلوك الإجمالي للإطار في مجموعة الموديولات، تعتمد على قدرة التحمل الملائمة للوصلات البينية. في الحقيقة، يتألف المبنى الموديولي من عدد من الإطارات الأفقية والشاقولية المنفصلة، والتي تعتمد تكامليتها وأدائها الإجمالي في مقاومة القوى الأفقية على سلوك الوصلات البينية وتسامحات الإنشاء كما هو موضح في الشكل (14)[264:6].



الشكل (14) الاجهادات بين الموديولات واختلال الاستقرار الناتج عن التفاوت المسموح في الانشاء[265:6]

وهناك نوعان شائعان من الأنظمة الموديولية بأنواع مختلفة من مسارات التحميل. يتم في النوع الأول استعمال الموديولات ذات الجدران الحاملة (الشائعة في المباني البيتونية)، حيث تقوم الجدران بنقل أحمال الجاذبية إلى الأساسات، بالإضافة لمقاومة الأحمال الجانبية كما هو مبين بالشكل(15)[2:7].

الشكل (15) موديول ذو جدران حاملة[3:7]

ويعتمد النوع الآخر من النظام الموديولي على الموديولات ذات الدعامات الركنية كما في الشكل (16)، حيث تُصنع الدعامات والجوائز بشكل عام من الفولاذ، وفيها تنتقل أحمال الجاذبية إلى البلاطة، ثم إلى الجوائز الطرفية والأعمدة الركنية ومنها إلى الأساسات[2:7]. وتتم مقاومة الأحمال الجانبية عن طريق إطارات مكتفة أو جدران نواة من البيتون المسلح. بشكل عام يبلغ وزن الوحدة الموديولية الفولاذية بين 15 إلى 20 طن، وهي أخف بحدود 20 إلى 35% من الوحدة الموديولية البيتونية والتي يتراوح وزنها من 20 إلى 35 طن.

الشكل (16) موديول ذو أعمدة طرفية وإطارات إنشائية[3:7]

علاوة على ذلك، تتمتع الأنظمة الموديولية الفولاذية بمرونة أكبر في التصميم المعماري، بفضل نظام الإطارات الفراغية المفتوحة والحجوم الأكبر للموديولات، بمجازات تتراوح بين 6–12 متر. وهذا يؤدي إلى عدد أقل من الموديولات والوصلات في نظام الموديولات الفولاذية، مقارنةً بتلك التي تستعمل البيتون.

وفي مجال سرعة الانشاء، فإن تركيب الموديولات الفولاذية أسرع من تركيب الموديولات البيتونية، كونها تعتمد الوصلات باللحام أو بالبراغي والعزقات، عوضاً عن الوصلات المصبوبة بالمكان. سيقلل الوزن الكبير للموديولات البيتونية من طولها بسبب محدودية قدرة الروافع على الرفع من ناحية الوزن، مما يؤدي إلى زيادة عدد الموديولات والوصلات[1286:1].

مع ذلك، فإن الانشاء الموديولي الفولاذي له مشاكل فيما يخص الديمومة ومقاومة الحريق. بالإضافة إلى ذلك، فإن النظام الموديولي الفولاذي يتطلب فحصاً دورياً للوصلات المثبتة بالعزقات للتأكد من سلامتها، وأنها لم تتعرض للخطر نتيجة الصدأ والاهتراء خلال دورة حياة المبنى. لذا تستعمل أنظمة الموديولات الفولاذية بشكل شائع في مباني المؤسسات والمباني التعليمية والسكن الطلابي، حيث تكون الفراغات المفتوحة الكبيرة مطلوبة، ويمكن إجراء الفحص الدوري بشكل أكثر سهولة. أما مناطق الفحص، فيجب أن تكون متوضعة بشكل استراتيجي في المساحات العامة لتسهيل الفحص.

أما الأنظمة الموديولية البيتونية فهي مفضلة في المباني السكنية، لأن هذه الموديولات تتميز بعزل صوتي وحراري أفضل، وهي أكثر سهولة بالصيانة. كما أن الموديولات البيتونية أقل تشدداً فيما يخص التصنيع وتسامحات الانشاء لأن الوصلات الخاصة بها تصنع عن طريق تطبيق الملاط الاسمنتي على الفراغات بين الموديولات، وبذلك يمكن عمل التصحيح ضمن الموقع أثناء تركيب الموديول[2:7]. ومع ذلك فمن الملاحظ أن معظم المباني الموديولية السكنية حول العالم قد اعتمدت الموديولات المعدنية، وذلك للميزات التي تتمتع بها، بالإضافة لكونها تسمح ببناء طوابق أكثر، مما يعني عامل استثمار أكبر، وهذا ينعكس ايجاباً على كلفة الشقة الواحدة.

11- خطوات تنفيذ الانشاء الموديولي:

تبدأ عملية الانشاء الموديولي وفق طريقة الانشاء ذاتها المستعملة في المشاريع التقليدية، أي بحفر الأساسات للمبنى الجديد. بشكل عام، يتم استعمال طرائق الانشاء التقليدية وصولاً إلى بلاطة أرضية أول طابق موديولي، والتي تؤمن القاعدة لوضع موديولات هذا الطابق. عندما تصبح بلاطة الطابق الأول جاهزة، يتم نقل الموديولات من المعمل إلى موقع البناء، تمهيداً لرفعها كما يوضح الشكل (17). إن نقل الموديولات هو موضوع أساسي لفعالية عملية رفع وتركيب الموديولات في موقع البناء، حيث يتم استعمال عملية الرفع المستمر، إذ أنه حالما تصل الموديولات إلى موقع العمل يتم تركيبها عن طريق رافعة وفريق من العمال المدربين والمؤهلين بشكل جيد في رفع الموديولات. إن استعمال فريق عمل محترف يُخفض بشكل كبير من الأخطاء والمشاكل في عملية تركيب الموديولات، ويؤدي للوصول إلى تسامح أقل بكثير في الانشاء الموديولي. وعندما يتم رفع كافة الموديولات لتشكيل هيكلية المبنى الرئيسية، يتبقى فقط بعض الإنهاءات في الموقع. إن تنفيذ أكبر قدر من الاكساءات في المصنع، يؤمن قيمة أكبر لنسبة القيمة إلى الحجم، ويرفع الفوائد الاقتصادية للإنشاء

الموديولي إلى حدها الأقصى. ولكن تبقى بعض الأعمال في الموقع ضرورية من أجل إكمال بعض التوصيلات بين الموديولات وخطوط الالتقاء مثل:

- أنظمة التدفئة والتكييف والتهوية.
- توصيلات السباكة ورشاشات الحريق.
- الوصلات الكهربائية.
- أعمال النجارة عند التقاء الجدران والتلبيسات الزخرفية.
- إنهاءات الأرضيات على طول خطوط الالتقاء.
- إكمالات الممرات والمناطق العامة.
- الاكساء الخارجي[256:15].

الشكل (17) مخطط التسلسل الأساسي لعمليات الرفع والتركيب للموديولات[232:16]

12- الأمان والوقاية من الحريق للمباني الموديولية السكنية:

إن الوقاية من الحريق للمباني الموديولية هي جانب مهم خلال مرحلتي التصميم والانشاء. وتشير الوقاية المحلية من الحريق إلى مقاومة الحريق لكل موديول بشكل مستقل، والوقاية الكلية من الحريق تشير إلى منع انتشار الحريق من موديول إلى موديول. ويتم الوصول إلى وقاية البناء من الحريق عن طريق التقسيم إلى أجزاء مستقلة، واستعمال المواد المقاومة للاشتعال لمنع انتشار الحريق. تكون كل وحدة موديولية معزولة بجدار مقاوم للحريق وبلاطة لتشكيل حجرة احتواء منفصلة للحريق. وبذلك فإن جميع المكونات الانشائية (كالجوائز والأعمدة والبلاطات) وغير الانشائية (كالجدران الفاصلة)، المصنوعة من مواد مختلطة خفيفة وعالية المقاومة، يجب أن تملك مقاومة مناسبة للحريق، ويجب أن يتم تأمين فواصل للحريق في جميع الفجوات بين الموديولات، لمنع تغلغل الحريق فيما بين الجدران والبلاطات، كما يجب الأخذ بالحسبان طرق النجاة منذ المراحل الأولى من التصميم، وذلك لضمان أن تصميم الموديولات والتخطيط بشكل كامل، يفي بهذه المتطلبات[12:7].

13- الانشاء الموديولي في سورية:

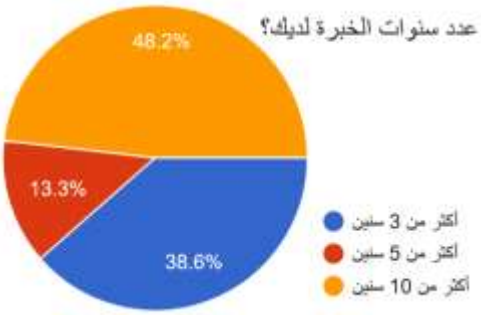
لوحظ (من خلال زيارات ميدانية) أن جميع المعامل التي تنتج الأبنية المسبقة الصنع في سورية تتبع مبدأ الانشاء اللوحي ثنائي البعد، وقد نفذت هذه المعامل العديد من المباني السكنية بهذه الطريقة بارتفاعات تصل حتى 8 طوابق، وهي من انتاج الشركة العامة للبناء، أما الوحدات الحجمية فتنتجها معامل الإسكان العسكري، وبارتفاع لا يتجاوز الطابقين، وذلك بسبب ضعف الإمكانيات وعدم دعم المعمل بخطوط انتاج حديثة وخبرات متخصصة في هذا المجال، خصوصاً مع عدم انتشار المعرفة والخبرة بهذا النوع من الانشاء.

وبهدف معرفة مقدار اطلاع العاملين في المجال الهندسي في سورية على الانشاء الموديولي والمسبق الصنع، ومدى إمكانية تطبيقه في الأبنية السكنية الجديدة، تم إجراء استبيان مغلق موجه للعاملين في مجال البناء (دارسين- مشرفين- متعهدين- عاملين في معامل مسبق الصنع)، حيث تم طرح مجموعة من الأسئلة (9 أسئلة) تتعلق بمقدار التوفير بالوقت والكلفة ونوعية الخبرات المطلوبة للعمل في هذا النوع من الانشاء، مع وجود سؤال مفتوح حول رأيهم بمزايا وعيوب الانشاء المسبق الصنع في سورية.

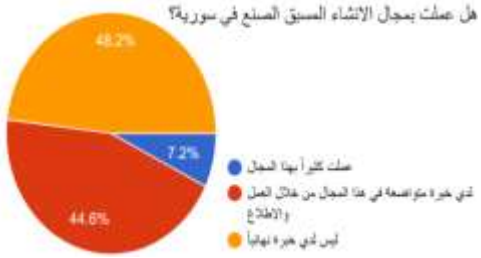
كان معظم المشتركين في الاستبيان يعملون في مجال الدراسات.

وكانت الأسئلة المطروحة في الاستبيان والاجابات عليها، كما يأتي.

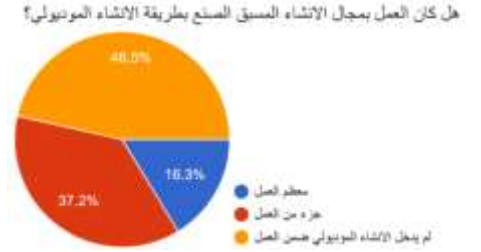
وكانت نسبة من لديه خبرة تزيد على العشر سنوات في العمل الهندسي تقترب من النصف.



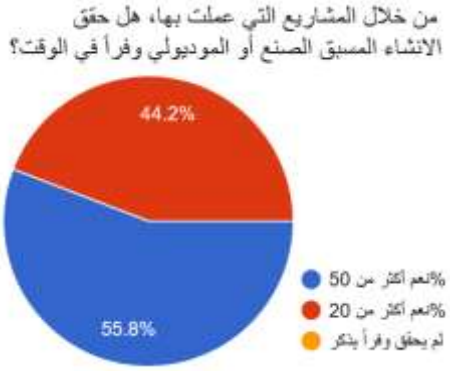
وقد كان 7.2% منهم يعملون بشكل أساسي في مجال المسبق الصنع، و44,6% عملوا في هذا المجال.



منهم 16.3% عمل في مجال الانشاء الموديولي بشكل أساسي و 37,2% دخل الانشاء الموديولي ضمن عمله.

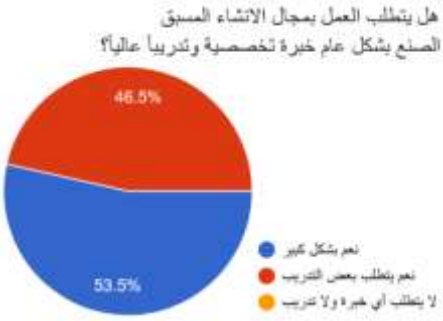


من خلال عملهم في مجال المسبق الصنع، وجد 55,8% منهم أن هذا الانشاء قد حقق نسبة توفير تزيد على 50% في الزمن، و44,2% وجدو أنه يحقق وفراً أكثر من 20%.

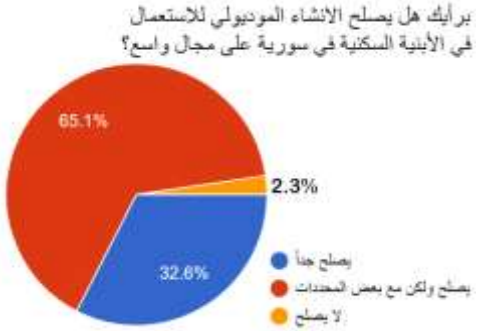


أما بخصوص الكلفة، فقد وجد 53.5% منهم أنه يحقق وفراً أكثر من 10%، و 37,2% وجد أن التوفير يزيد على 20%.

وقد رأى أكثر من نصف المشتركين وجوب امتلاك العمال في مجال المسبق الصنع للخبرة التخصصية والتدريب التقني العالي في هذا المجال، بينما رأى باقي المشتركين أن بعض الخبرة والتدريب كافيين لهذا العمل.



كما وجد 32.6% من المشتركين أن المسبق الصنع بشكل عام مناسب جداً للأبنية السكنية، بينما رأى 65.1% منهم أنه مناسب ولكن مع بعض المحددات.



وبحسب الاستبيان، كان 57.3% من المشتركين يشجع على البناء الموديولي والمسبق الصنع بشكل عام و 39% منهم رأى أنه بالإمكان استعمال هذه النوع من الانشاء في البناء في سورية.

أما فيما يخص الإيجابيات والسلبيات والتي قام المشتركون بسردها ضمن السؤال المفتوح، فيمكن إيجازها بما يلي:

أ- الإيجابيات: هي سرعة التنفيذ والاقتصاد بالكلفة، والدقة في قياسات الفتحات وأبعاد الفراغات، وسهولة القيام بالتمديدات التي تم أخذها بالحسبان أثناء التصنيع.

ب- السلبيات: التكرار ورتابة التصميم والشكل العام للكتلة وصعوبة اجراء التعديلات المعمارية بعد البناء، والحاجة لعمليات العزل المائي وظهور عيوب العزل بسهولة، وضعف العزل الصوتي والحراري للجدران، والتخوف من متانة الوصلات بين الأجزاء في مقاومة الأحمال الزلزالية.

14- النتائج والتوصيات:

14-1- النتائج:

1- يُتيح الانشاء الموديولي سرعة ومتانة في الانشاء مع وفر بمواد البناء والاكساء، كون تصنيع الموديول يتم في بيئة معملية مضبوطة تتيح الحد من الهدر بشكل كبير.

2- يُتيح تطور وتعدد طرائق الانشاء ونظم الموديولات والمواد الداخلة في التصنيع، إمكانيات واسعة في تنوع التصميمات والأشكال الناتجة عن تجميع الموديولات، مما يغير مفهوم الجمود الذي كان يتصف به الانشاء المسبق الصنع خصوصاً في المباني السكنية.

3- بالرغم من أن الانشاء الموديولي يحتاج إلى كلفة تأسيسية مرتفعة من معامل وتجهيزات صب متطورة وأجهزة القص والحفر الرقمي، إلا أن الوفر الذي سيحققه فيما بعد، بالوقت والمواد والجودة، سيعيد الكلف التأسيسية بسرعة تبعاً للحاجة الملحة لتأمين السكن وبشكل سريع، وهو ما يؤدي حالياً إلى الاتجاه العالمي المتزايد نحو هذا النوع من الانشاء.

4- تتنوع الوصلات البينية التي تربط الموديولات مع بعضها بشكل كبير، ولازالت الأبحاث مستمرة للتوصل إلى تبسيط هذه الوصلات وزيادة قدرتها على مقاومة القوى المطبقة عليها بكفاءة، وزيادة عوامل الأمان فيها، إضافة إلى صعوبة النقل والتركيب ومحدودية الحجوم.

5- إن السرعة والوفر المالي التي يؤمنها الانشاء الموديولي، يجعله مناسباً لتغطية الحاجة المتزايدة للمباني السكنية سواء الخاصة أو العامة (كالسكن الطلابي)، خصوصاً أن الوفر الزمني والمادي سيُعجل من حل مشاكل السكن وبكلفة مقبولة وجودة لا تقل عن جودة الانشاء التقليدي.

6- للإنشاء الحجمي العديد من التأثيرات على تقنية البناء للأبنية السكنية المسبقة الصنع أهمها الحاجة لروافع ذات قدرة رفع عالية ووسائل نقل أكبر حجماً من تلك التي تستعمل لنقل ورفع الألواح الخاصة

بالأبنية، كما أنها تحتاج أيضاً لعدد أكبر من وسائط النقل لتأمين انتقال الوحدات الحجمية كونها تأخذ حجماً أكبر من الألواح عند النقل.

7- يتم تطبيق الوصلات البينية بين الموديولات بطريقة مختلفة عنها في البناء اللوحي مسبق الصنع، المستعمل حالياً في المباني السكنية، وتتطلب خبرة أكبر في الرفع والتركيب والوصل.

14-2- التوصيات:

1- يجب أن تركز الأبحاث المستقبلية على تطوير موديولات جديدة، تكون أقوى وأخف، مع تحقيق المتانة المطلوبة، حيث سيُسمح للمباني الموديولية بأن تُبنى بارتفاعات أكبر، مما يزيد بالوفر المادي ويؤمن عدد شقق أكثر.

2- يجب على الباحثين المحليين الاتجاه إلى عمل دراسات تهدف إلى تبسيط التجهيزات وطرائق التصنيع، بحيث تشجع المستثمرين المحليين للاتجاه نحو بناء مصانع خاصة بتصنيع الموديولات، بشتى نظمها وأنواعها، باستعمال الخبرات المحلية وبأقل ما يمكن من التجهيزات المستوردة.

التمويل: هذا البحث ممول من جامعة دمشق وفق رقم التمويل (501100020595).

References

1. TaiThai Huu, Ngo Tuan, and Uy Brian, (December 2020), A review on modular construction for high-rise buildings, Structures, Vol:28.
2. Wilson James, Design for modular construction: an introduction for architects, National Institute of Building Sciences.
3. https://www.modular.org/why-modular/
4. Bertram Nick, Fuchs Steffen, Mischke Jan, Palter Robert, Strube Gernot, and Woetzel Jonathan,(June 2019), Modular construction: From projects to products, McKinsey report, McKinsey & Company.
5. Lawson Mark, Ogden Ray, and Bergin Rory, (July 2011), Application of modular construction in high-rise buildings, Journal of architectural engineering, Vol:18.
6. Sharafi Pezhman, Mortazavi Mina, Samali Bijan, and Ronagh Hamid, (January 2018), Interlocking system for enhancing the integrity of multi-storey modular buildings, Automation in Construction, Vol:85.
7. Liew J.Y.R., Chua Y.S., and Dai Z., (October 2019), Steel concrete composite systems for modular construction of high-rise buildings, Structures Vol:21.
8. Sanches Rafaela, Mercan Oya, and Roberts Brent, (November 2018), Experimental investigations of vertical post-tensioned connection for modular steel structures, Engineering Structures, Vol:175.
9. Lacey Andrew, Chen Wensu, Hao Hong, and Bi Kaiming, (November 2019) Shear behaviour of post-tensioned inter-module connection for modular steel buildings, Journal of Constructional Steel Research, Vol:162.
10. Chua Yie Sue, Liew Jat Y. R, and Pang Sd, (December 2019), Modelling of connections and lateral behavior of high-rise modular steel buildings, Journal of Constructional Steel Research, Vol:166.
11. Dai Xiao-Mend, Zong Liang, Ding Yang, and Li Zhong-Xian, (February 2019), Experimental study on seismic behavior of a novel plug-in self-lock joint for modular steel construction, Engineering Structures, Vol:181.
12. Chen Zhihua, Liu Jiadi, and yu Yujie, (September 2017), Experimental study on interior connections in modular steel buildings, Engineering Structures, Vol:147.
13. Deng En-Feng, Zong Liang, Ding Yang, and Luo Yunbiao, (December 2018), Seismic behavior and design of cruciform bolted module-to-module connection with various reinforcing details, Thin-Walled Structures, Vol:133.
14. Lacey Andrew, Chen Wensu, Hao Hong, and Bi Kaiming, (November 2019), New interlocking inter-module connection for modular steel buildings: Experimental and numerical studies, Engineering Structures, Vol:198.
15. Han Ahn Yong and Kim Kyoon-Tai, (November 2014), Sustainability in modular design and construction: a case study of "The Stack", International Journal of Sustainable Building Technology and Urban Development, Vol:5.
16. Goh Matthew, Goh Yang Miang, (December 2018), Lean production theory-based simulation of modular construction processes, Automation in Construction, Vol:101.