Journal of Al-Azhar University Engineering Sector

Vol. 19, No. 70, January 2024, 284 - 303

Precast Facades to Support Building Sustainability

Aya Hamdy Ragab[1]*, Eman Mohamed Eid[1], Mohammed Adel Shebl[1], Amal Abdel Hady Nasser[2]

[1] Department of Architecture, Faculty of Engineering, Shebin El-Kom, Menoufia University, Egypt.

[2] Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Shebin El-Kom, Menoufia University, Egypt.

*** Correspondence:** Aya.h.ragab90@gmail.com

Citation:

A.H. Ragab, E.M. Eid, M.A. Shebl and A.A. Nasser, " Precast Facades to Support Building Sustainability", Journal of Al-Azhar University Engineering Sector, vol. 19, pp. 284-303, 2024.

Received: 1 October 2023

Revised: 9 December 2023

Accepted: 23 December 2023

DOI:10.21608/auej.2023.240004.1433

Copyright © 2024 by the authors. This article is an open-access article distributed under the terms and conditions of Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International Public License (CC BY-SA 4.0)

ABSTRACT

In recent years building methods have received a fair share of technological development. Research into new materials and technical solutions has led to significant improvements in the quality and building materials. This is facilitated by new systems such as precast facades, which are one of the most popular technology solutions featuring high quality and better control. The current study aims to activating and restoration the technology of precast facades in the Egyptian building operations, as one of the effective steps to support building sustainability. This is done by highlighting Precast Facade Technology and the advantages of their use. Also, conducting an analytical study of a few international, Arab, and local models for the application of Precast facade technology in building construction. To reach a set of results and recommendations to take advantage of global experiences that have succeeded in applying the precast building technology, as one of the modern building systems, and to be guided by what it has achieved by the possibility of its local application.

KEYWORDS: Sustainability, Prefabricated Facades, Modern building systems, Building and Construction.

الواجهات سابقة التجهيز لدعم إستدامة المبانى

آيه حمدى سعيد رجب[1]*، إيمان محمد عيد عطية[1]، محمد عادل شبل[1]، أمل عبد الهادى ناصر[2]

[1] قسم الهندسة المعمارية، كلية الهندسة، جامعة المنوفية، المنوفية، مصر.

[2] قسم الهندسة المدنية، كلية الهندسة، جامعة المنوفية، المنوفية، مصر.

*** البريد الإلكترونى للباحث الرئيسي:** Aya.h.ragab90@gmail.com

الملخص

حازت طرق البناء على نصيب لا بأس به من تطور التكنولوجيا في السنوات الأخيرة الماضية، حيث أدى البحث في المواد الجديدة والحلول التقنية التي أجراها متخصصون في قطاع البناء والتشييد إلى تحسينات في الجودة والكفاءة، والتي يمكن رؤيتها في أنظمة مثل الواجهات الجاهزة. أصبحت الواجهات الجاهزة الآن واحدة من أكثر الحلول التقنية شيوعًا، حيث تتميز بجودة وتحكم أعلى، سرعة التنفيذ والتركيب، أكثر استدامة وتنوعًا. يهدف هذا البحث إلى تفعيل وإحياء تقنية الواجهات الجاهزة فى عمليات البناء والتشييد المصرية، كأحد الخطوات الفعالة لدعم إستدامة المبنى والحفاظ على الطاقة. وذلك من خلال القاء الضوء على تقنية الواجهات الجاهزة سابقة التصنيع ومميزات إستخدامها، وإجراء دراسة تحليلية لعدد من النماذج العالمية والعربية والمحلية لتطبيق تقنية الواجهات سابقة التجهيز فى تشييد المبانى. وصولاً إلى مجموعة من النتائج والتوصيات التي يجب مراعاتها للإستفادة من التجارب العالمية التى نجحت فى تطبيق تقنية المباني سابقة التجهيز كأحد أنظمة البناء الحديثة، والإسترشاد بما حققته بإمكانية تطبيقها محلياً. ومن ثم وضع التصورات والمقترحات التي تساعد على التطور بهذا الإتجاه مستقبلاً.

الكلمات المفتاحية : الاستدامة، الواجهات سابقة التجهيز، أنظمة البناء الحديثة، البناء والتشييد.

1. المقدمة

حازت طرق البناء على نصيب لا بأس به من تطور التكنولوجيا وثورة الاكتشافات، حيث تم تطوير مجموعة واسعة من أساليب وتقنيات البناء الحديثة التي غيرت تماماً سلوك صناعة البناء عما كانت عليه من قبل، وساهمت فى خلق عمليات بناء أسرع وأقل تكلفة من طرق البناء التقليدية، كما أبقت على الجودة والمتانة الخاصة بها. تعد تقنية المباني الجاهزة (Precast Buildings) أحد التطورات فى عالم البناء وإحدى الوسائل لحل مشكلة البناء بالطرق التقليدية، وتوجد عدة دول تعمل بها منذ أكثر من 50 عاماً مثل: اليابان، أمريكا، كندا، بريطانيا.

على جانب آخر، تشهد مصر طفرة إنشائية غير مسبوقة فى قطاع البناء والتشييد من خلال مدن الجيل الرابع، ومنها: العاصمة الإدارية الجديدة ومدينة العلمين الجديدة، والتى تعد حالة غير مسبوقة من سرعة الإنجاز وتكاتف الجهود لمسارعة الزمن، وذلك من أجل الوصول إلى الإنجاز فى وقت قياسي وكفاءة عالية. وعلى الرغم من ذلك تفتقد الدولة تقنيات وأساليب البناء الحديثة التى تستهدف تحويل 80% من الجهد المبذول إلى المصنع، والذى يضمن تقليل الوقت المستهلك فى عملية البناء، وضمان كفاءة المبنى ومكوناته ومطابقته للشروط والمواصفات القياسية. لذلك يسعى البحث إلى تحقيق هدف رئيسي وهو تفعيل تقنية الواجهات الجاهزة فى عمليات البناء والتشييد المصرية، كأحد الخطوات الفعالة لدعم إستدامة المبنى والحفاظ على الطاقة، وذلك من خلال القاء الضوء على تقنية الواجهات الجاهزة سابقة التصنيع ومميزات إستخدامها. وأيضاً، الإستفادة من تجارب الدول المتقدمة والإسترشاد بما حققته بإمكانية تطبيقها محلياً، من خلال دراسة حالة لعدد من المشاريع العالمية والعربية والمحلية قامت بتطبيق تقنية الواجهات الجاهزة فى تشييد المبانى.

2. تكنولوجيا المبانى سابقة التجهيز

تعد عملية الإنشاء بإستخدام الوحدات سابقة التجهيز نظام متكامل للبناء، وحدته الأساسية عناصر المبنى والتى تتمثل فى: السقف والحوائط والقواطيع، ويتم تجهيزها على أسس فنية واقتصادية، بحيث تصمم هذه العناصر بنظام وحدات تكرارية (موديول) لتسهيل عملية التصنيع وتطبيق نظام التصنيع بالجملة (Mass Production)، مما يساعد على تجميعها وتركيبها على أسس اقتصادية .

1.2. المبانى الجاهزة (المبانى سابقة التصنيع)

يمكن تعريف المبانى سابقة التصنيع بأنها التطبيق العملى للطاقة والميكنة والإنتاج الكمى للمبانى، ويتمثل الفكر الأساسي وراء التصنيع هو التنظيم العام لعمليات البناء بشكل متكامل، حيث أن المواد والمكونات والميكنة والعمالة تكون متوفرة وجاهزة فى الأوقات المناسبة لضمان استمرارية العمل سواء فى المصنع أو فى الموقع **(شكل (1))**[1].

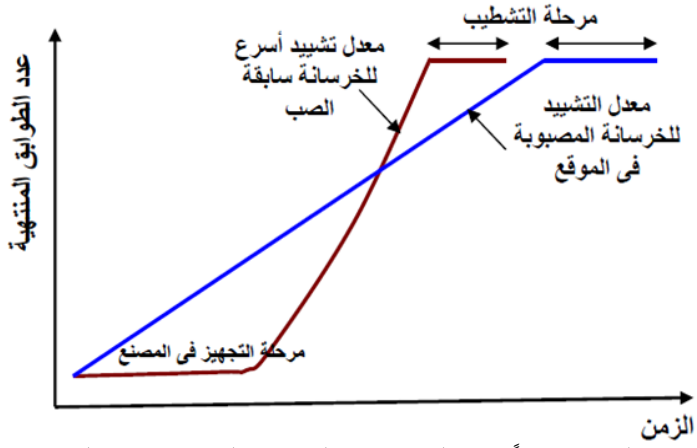
2.2. مميزات وعيوب المبانى الجاهزة سابقة التصنيع

تتميز المبانى الجاهزة سابقة التصنيع بمجموعة من المميزات، ويمكن إيجازها فيما يلي[2]:

- الإنتاجية المرتفعة (تقليل زمن التنفيذ والتكلفة).
- الحد من التأثيرات الضارة للطقس على عناصر المبنى.
- اختصار حجم الأعمال الغير منتجة، مثل عمل السقالات.
- توفير مناخ عمل مناسب أكثر من العمل فى الموقع.
- إلغاء الفاقد من المواد ومجهودات العمالة (تقليل التكلفة).

شكل (1) ميكنة وتصنيع أجزاء المبنى (أنظمة البناء سابقة الصب)[3].

ويوضح **شكل (2)** معدل التشييد السريع نسبياً فى حالة إستخدام الوحدات الجاهزة سابقة التصنيع فى عملية البناء.



شكل (2) معدل التشييد السريع نسبياً فى حالة إستخدام الوحدات الجاهزة سابقة التصنيع فى عملية البناء[4].

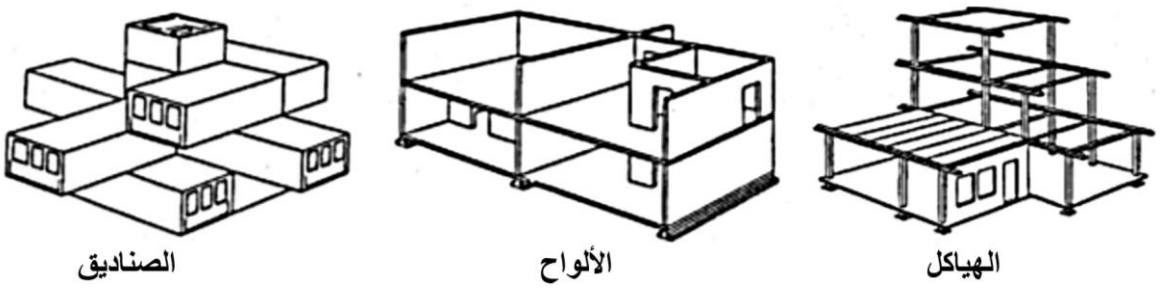
كما توجد مميزات للمبانى الجاهزة سابقة التصنيع، فهناك عدد من العيوب يمكن إيجازها فيما يلي[5]:

- التكلفة الإبتدائية المرتفعة، إلا فى حالة تنفيذ كميات كبيرة.
- الدخول المرتفعة للعاملين فى المصانع، مقارنة بالعاملين فى مواقع التنفيذ.
- لا تتيح نظم التصنيع قدراً كافياً من المرونة، وذلك بسبب اعتمادها على أبعاد ثابتة للوحدات (Modular Units).
- صعوبة إستخدام أكثر من نظام تصنيع، وذلك لعدم إمكانية تبادل مكونات الأنظمة المختلفة.

3.2. تصنيفات المبانى الجاهزة سابقة التصنيع

يمكن تصنيف أنظمة صناعة البناء (المبانى الجاهزة سابقة التصنيع) وفقاً للجوانب الهيكلية لتكوينها الهندسي إلى ثلاث فئات **(شكل (3))**، وهم على النحو التالى[6]:

- الوحدات الطولية أو الخطية أو الهيكلية (Linear Units).
- الوحدات المستوية أو الألواح (Panel & Slap Units) وتشمل الحوائط الداخلية والتكسيات الخارجية (الواجهات).
- الوحدات الحجمية أو الصندوقية أو الأنظمة ثلاثية الأبعاد (Box Units).



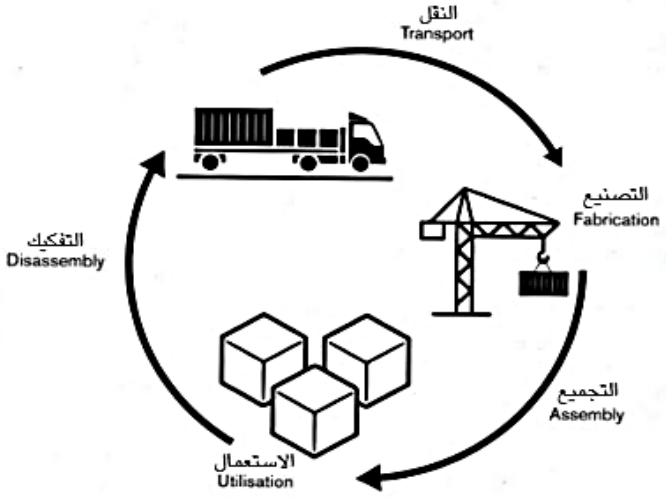
شكل (3) تصنيف المبانى الجاهزة سابقة التصنيع وفقاً للجوانب الهيكلية لتكوينها الهندسي[7].

4.2. الاستدامة والألواح الخرسانية الجاهزة مسبقة الصب

تؤدى عمليات التصنيع الآمنة ومنخفضة الطاقة إلى تحقيق نتائج مبهرة فى توفير الطاقة والمواد. الأهم من ذلك، ينتج عن التصنيع الجاهز كمية قليلة جدًا من النفايات فى المصانع الجاهزة المدارة جيداً والتى تستخدم أحدث التقنيات المستدامة، مثل: مضخات الحرارة الأرضية والمضخات الحرارية وإعادة تدوير المياه وتقليل المخاطر البيئية وإمكانية فك وتركيب الوحدات الجاهزة مرة أخرى (**شكل (4)**)[8].

تتمثل مزايا الاستدامة الرئيسية من استخدامها فى الآتى[9]:

- الكسوة الخرسانية سابقة الصب مرنة، موفرة للطاقة، منخفضة الصيانة، جذابة ومتينة.
- تتم عملية التصنيع فى منشآت إنتاج خاضعة للرقابة، ومنخفضة الطاقة، وذات كفاءة فى استخدام الموارد، ومنخفضة النفايات، وتديرها وتوظفها قوى عاملة مدربة ومبتكرة.
- استخدام الكسوة الخرسانية سابقة الصب تضيف للمشروع عدد من نقاط نظام تقييم LEED، والتى تصل إلى 20 نقطة من أصل 80 نقطة.

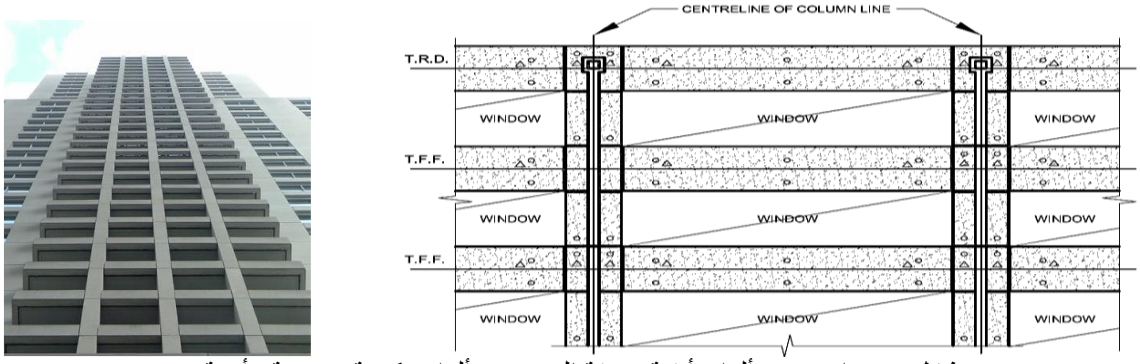


شكل (4) دورة التصنيع والنقل المستدامة للوحدات الخرسانية الجاهزة [10].

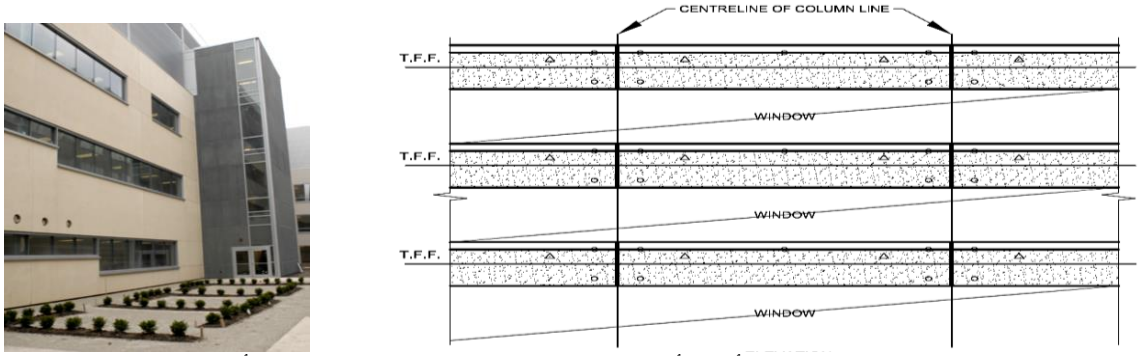
2. 5. تصميم الألواح الخرسانية الجاهزة مسبقة الصنع على الواجهات

تصميم شكل الألواح الخرسانية الجاهزة مسبقة الصنع على الواجهة له تأثير كبير على عدد الوصلات وتكاليف مواد التركيب المختلفة وعلى جودة العزل الحرارى والصوتى، لذا يفضل تكبير حجم الألواح الخرسانية الجاهزة لتقليل العدد الإجمالى للوصلات، ولكن يجب مراعاة شروط وقيود التصنيع فى المصنع وعملية النقل وكيفية التعامل معها فى مواقع البناء ومدى قدرة الروافع المتوفرة [11]. تصمم معظم أشكال الألواح الخرسانية الجاهزة المستخدمة فى التكسيات الخارجية وفقاً للتصنيفات التالية:

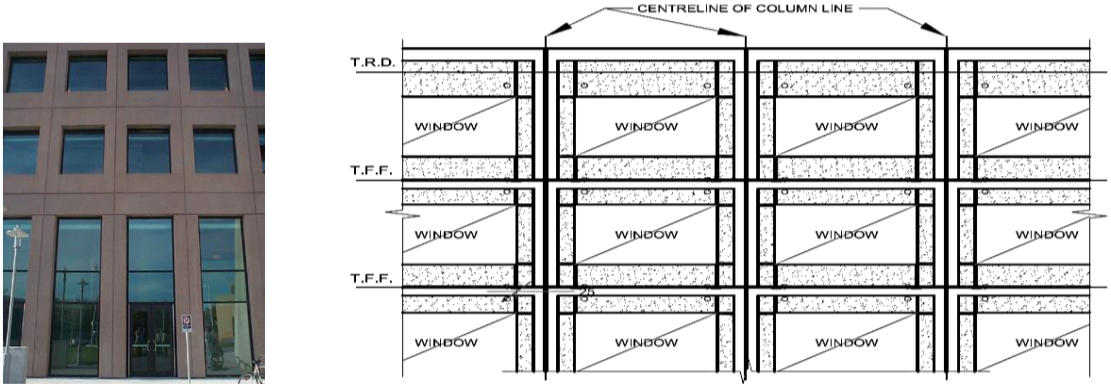
1. ألواح أفقية مسبقة الصب مع ألواح تكسية عمودية رأسية (**شكل (5)**).
2. ألواح أفقية مع فتحات زجاج بامتداد أفقى (**شكل (6)**).
3. ألواح مع فتحات للنوافذ (**شكل (7)**).
4. ألواح الجدران الصلبة (**شكل (8)**).



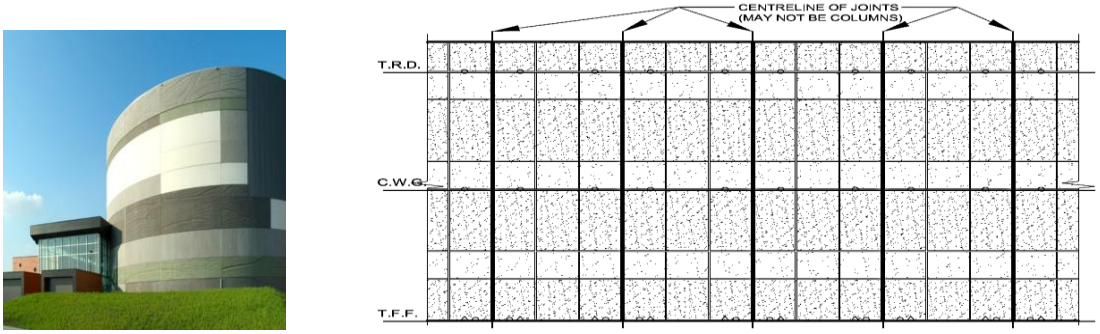
شكل (5) واجهه من ألواح أفقية مسبقة الصب مع ألواح تكسية عمودية رأسية.



شكل (6) واجهه من ألواح أفقية مسبقة الصب مع فتحات زجاج بامتداد أفقى.



شكل (7) واجهه من ألواح الخرسانة الجاهزة مسبقة الصنع مع فتحات للنوافذ.



شكل (8) واجهه من ألواح الخرسانة الجاهزة مسبقة الصنع المصمتة.

3. أمثلة عالمية وعربية ومحلية لإستخدام الواجهات الجاهزة سابقة التصنيع فى البناء

تزين منتجات الواجهات الجاهزة العديد من أفضل مشاريع البناء فى العالم، ولكن بشكل متزايد يختار المصممون الواجهات الجاهزة بسبب سمات استدامتها وأدائها وسرعة التنفيذ وضمان جودة المنتجات بالإضافة إلى مظهرها الجذاب والعديد من العوائد الاجتماعيه والاقتصاديه والبيئية [12].

1.3. نماذج تطبيق نظام الواجهات الجاهزة سابقة التصنيع على المستوى العالمى

سوف يتم دراسة عدد من المشاريع العالمية فى عدد من الدول المتقدمة فى إنشاء المبانى (سنغافورة – فرنسا – الصين)، والتى كانت فى وضع يكاد يشابه وضع كثير من الدول النامية الآن، وتم اختيار المشاريع بناءاً على:

- اختيار الأمثلة التى حققت عناصر تطبيق تكنولوجيا المبانى سابقة التجهيز مسيرتها الناجحة نحو التقدم التقنى.
- مشاريع تم الانتهاء من تشييدها وبدأت عملية تشغيل للمبنى بالفعل.
- إستخدام الواجهات الجاهزة فى جميع المبانى، وأيضاً إستخدام العديد من الوحدات الخرسانية الجاهزة، مثل: الحوائط الداخلية، السلالم، والنوافذ، والشرفات، وأعتاب الشبابيك، وغيرها.

1.1.3 نماذج تطبيق نظام الواجهات الجاهزة سابقة التصنيع فى سنغافورة

تقع سنغافورة على جزيرة فى جنوب شرق آسيا، وهى رابع أهم مركز مالى فى العالم ومدينة عالمية تلعب دوراً مهماً فى الاقتصاد العالمى، وتعتبر ثالث دولة فى العالم من ناحية الكثافة السكانية، استعادت سنغافورة تنامي اقتصادها في النصف الأول من عام 2010م لتصبح أسرع دولة فى إنعاش اقتصادها بنمو وصل إلى 17.9%.

أولاً: مشروع بارك جرين (Park Green Executive Condominium)

يتكون مشروع بارك جرين السكنى من كتلتين (A & B) مكونيين من 17 طابق، وثلاث كتل (C, D &E)، كما هو موضح فى الموقع العام للمشروع (**شكل (9-أ)**). يتكون المشروع من 18 طابق، كما هو موضح فى واجهات المبانى (**شكل (9-ب)**) [13].

(ب) (أ)

شكل (9) الموقع العام وواجهات مشروع بارك جرين [14].

أ- بيانات المشروع [15]

- نوع المشروع: مجمع سكنى.
- الموقع: سنغافورة.
- مساحة الموقع: 17000 متر مربع.
- المساحة الإجمالية: 51000 م2.
- سنة التنفيذ: 2005 ميلادى.
- إرتفاع المبنى: 55.5 متر.
- مدة التعاقد: 36 شهر.
- مبلغ التعاقد: 63.18 مليون دولار.
- عدد الوحدات السكنية: 368 وحدة.
- المالك: NTUC Homes Co-operative Ltd
- مورد الوحدات مسبقة الصب: Fermold Pte Ltd
- المقاول الرئيسي: Tiong Seng Contractors

ب- الاعتبارات التصميمية والتنفيذية لمشروع بارك جرين

اعتمد فريق المشروع على الاعتبارات التصميمية الأتيه [16]:

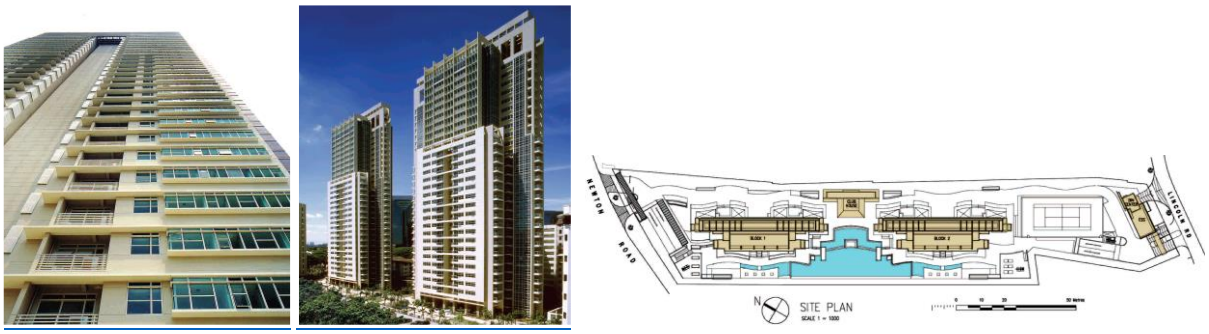
- اعتمد فريق المشروع على الدمج ما بين نظام الألواح المسطحة (Flat Plate System) مع ألواح وعناصر واجهات مسبقة الصنع، وذلك فى جميع المبانى الرئيسية داخل المشروع (**شكل (10-أ)**).
- استخدام عناصر الواجهات والحوائط الجاهزة كعناصر انشائية حاملة، لدعم الحمولة من الأرضيات.
- تم تصنيع وتجهيز عناصر الواجهه مسبقة الصنع لتكون بمثابة الجزء الخارجى النهائى للمبنى بدون أى تشطيبات أو تجهيزات أخرى فى الموقع، بالإضافة إلى استخدام قوالب لصب الوصلات فى الموقع لتشكيل غلاف مبنى فعال.
- اعتمدت السرعة الإجمالية للبناء على معدل وطريقة تثبيت عناصر ووحدات الواجهه سابقة التجهيز.
- تنفيذ معظم أعمال الموقع داخلياً، دون الحاجة إلى نظام سقالات خارجى.
- الحفاظ على التصميم المعمارى بسيطاً وعملياً، لتسهيل استخدام وتركيب وتثبيت العناصر مسبقة الصب.
- استخدام وحدات أخرى جاهزة مسبقة الصنع ودمجها مع الواجهات، مثل: النوافذ والشرفات الجاهزة (**شكل (10-ب)**).
- كانت دورة البناء المحققة حوالى 8 أيام لكل طابق.

(ب) (أ)

شكل (10) ايزومترى للوحدات سابقة الصب وحدات من النوافذ والشرفات الجاهزة المستخدمة فى مشروع بارك جرين.

ثانياً: مشروع Newton GEMS Condominium

يتكون مشروع Newton GEMS Condominium السكنى من 30 طابقاً مع قبو فى طريق نيوتن وطريق لينكولن بسنغافورة، يضم المشروع برجين متطابقين بإجمالى 190 وحدة (**شكل (11)**) [17].



شكل (11) الموقع العام وواجهات مشروع Newton GEMS Condominium [18].

أ- بيانات المشروع [19]

- نوع المشروع: مجمع سكنى.
- الموقع: سنغافورة.
- مساحة الموقع: 8705,5 متر مربع.
- مساحة البناء: 1735 م2.
- سنة التنفيذ: 2004 ميلادى.
- إرتفاع المبنى: 120 متر.
- مدة التعاقد: 29 شهر.
- مبلغ التعاقد: 43.4 مليون دولار.
- مساحة الدور: 30489 متر مربع..
- المالك: Sim Lian (Bukit Batok Central)
- مورد الوحدات مسبقة الصب: Poh Cheong Ltd
- المقاول الرئيسي: Sim Lian Construction.

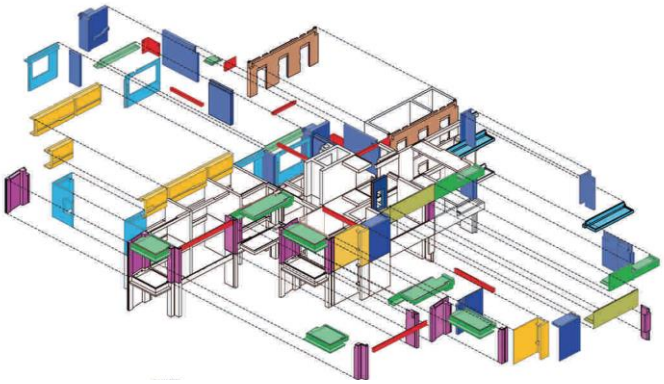
ب- الاعتبارات التصميمية والتنفيذية لمشروع Newton GEMS

كان المبنى المقترح مستقيم الخط مع نسبة طول إلى عرض حوالى 4، ونسبة العرض إلى الارتفاع حوالى 8، بالإضافة إلى التصميم المعقد لمثل هذا المبنى النحيف، فقد شكلت قيود الموقع العديد من التحديات لفريق المشروع، كالآتى [20]: -

- الوصول إلى الموقع عبارة عن شريط ضيق عرضه من 6 أمتار إلى 8 أمتار على جانبي المبنى.
- اعتبارات الأثر البيئي مثل الضوضاء والغبار التى يجب أخذها فى الاعتبار، بسبب وقوع المشروع بين الوحدات السكنية.

مع قيود الموقع وتعقيد التصميم، عمل الفريق معاً لدمج الاستخدام الأمثل لمكونات الخرسانة مسبقة الصب مع عناصر مصبوبة فى الموقع (**شكل (12)**)، حيث كان القصد من التصنيع المسبق خارج الموقع هو إتاحة الكثير من العمل الذى يتعين القيام به بأقل مساحة عمل فى الموقع، كما أتاح اعتماد واجهة مسبقة الصنع وتفاصيل مشتركة مناسبة إلى تركيب ألواح مسبقة الصب من داخل المبنى، مما يلغي الحاجة إلى وجود سقالات خارجية. إلى جانب ذلك، كانت الضوضاء الناتجة أثناء تركيب الألواح الجاهزة عادةً ضمن المستوى المقبول، مما ساعد على تقليل الازعاج الذى يتعرض له السكان المجاورون لموقع البناء.

أيضاً، استخدام المكونات الرأسية الأخرى مثل ألواح الجدران الداخلية مع فتحات الأبواب، ومزالق النفايات سابقة الصب، للتكامل مع العناصر المصبوبة فى الموقع. كما تم استخدام عناصر أخرى مثل: شرفات مسبقة الصب، وكاسرات للشمس، ونوافذ جاهزة وغيرهم. وتم استخدام إجمالي أربع (4) رافعات برجية (**شكل (13)**)، وكانت مدة تركيب وتثبيت الوحدات حوالي 6-8 أيام لكل طابق.



شكل (12) ايزومترى للوحدات سابقة الصب فى مشروع Newton.

شكل (13) أعمال البناء والرافعات فى مشروع Newton GEMS.

3. 2.1 نماذج تطبيق نظام الواجهات الجاهزة سابقة التصنيع فى فرنسا

تعتبر فرنسا من أهم الدول الكبرى التى خاضت تجربة إنشاء المبانى باستخدام نظام سبق التجهيز، لذا تعتبر تجربتها من التجارب الرائدة بالدراسة.

أولاً: مشروع وحدات سكنية إيفرى EVRY Housing units

يتكون مشروع إيفرى السكنى من 98 وحدة سكنية و4 محلات تجارية وموقف للسيارات، ويوضح **شكل (14)** الموقع العام وواجهات مبانى المشروع والتى توضح التصميمات الحديثة فى الواجهات سابقة التجهيز.

شكل (14) الموقع العام لمشروع إيفرى السكنى والواجهات العصرية لمبانى المشروع [21].

أ- بيانات المشروع [22]

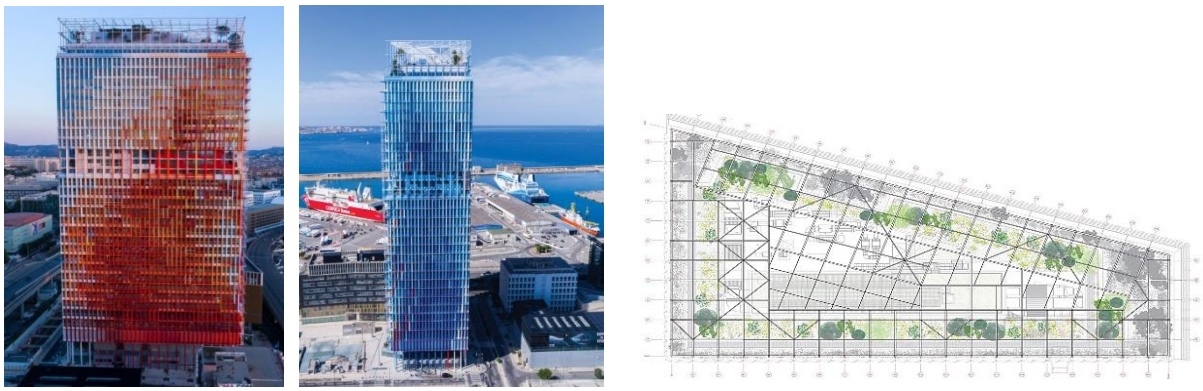
- نوع المشروع: سكنى.
- الموقع: إيفرى بفرنسا.
- سنة التنفيذ: ديسمبر 2012 ميلادى.
- التكلفة: 9 مليون يورو.
- عدد الوحدات السكنية: 98 وحدة.
- المعمارى: Beckmann N'thépé
- مورد الوحدات مسبقة الصب: Claus En Kaan
- الجهة المنفذة: Carlos Jimenez Studio.

ب- الاعتبارات التصميمية والتنفيذية لمشروع إيفرى [23]

1. إستخدام وحدات الواجهات سابقة التجهيز لزيادة الكفاءة والجودة، وتم تركيبها فى الموقع باستخدام الأوناش البرجية.
2. استخدام النوافذ الجاهزة وصب إطارات الشبابيك مع الواجهات فى آن واحد لتحقيق عزل ماء جيد.
3. استخدام التكسيات سابقة التجهيز كوسائل إنشائية جديدة، حيث يتم تثبيت هذه التكسيات على الخرسانة خفيفة الوزن.
4. تم تصنيع وحدات الواجهات الجاهزة فى بيئة مثالية خاضعة للرقابة وباستخدام أساليب متقدمة وأجهزة حديثة ذات مواصفات عالية الجودة، يمكن التحكم فيها بسهولة.

ثانياً: مشروع برج مارسيليا la-Marseillaise

ينقسم البرج إلى ثلاثة أقسام رئيسية: مكاتب، حضانة، ومطعم. ثم سلسلتين من ستة عشر طابقاً مكتبياً، ويفصل بين هذه الأقسام تراسات مناظر طبيعية، وأخر طابقان من البرج هم مركز التجارة العالمى (**شكل (15)**).



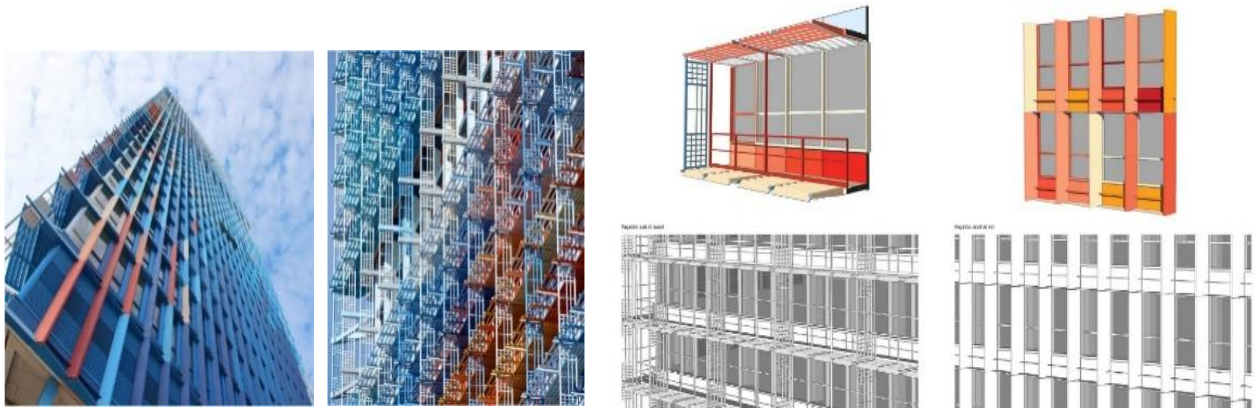
شكل (15) الموقع العام وواجهات مشروع برج مارسيليا بفرنسا.

أ- بيانات المشروع [24]

- نوع المشروع: سكنى- إدارى.
- الموقع: مارسيليا بفرنسا.
- سنة التنفيذ: 2018 ميلادى.
- التكلفة: 180 مليون يورو.
- مكونات البرج: مكاتب، حضانة، ومطعم.
- المعمارى: Ateliers Jean Nouve
- مورد الوحدات مسبقة الصب: Claus En Kaan
- الجهة المنفذة: Cla Ductal & Ermetika.

ب- الاعتبارات التصميمية والتنفيذية لمشروع إيفرى [25]

1. تم استخدام وحدات من الخرسانة سابقة التجهيز المكونة من: الألياف المعدنية الفلاذية وألياف البولى بروبيلين لمقاومة الحرائق والصوف المعدنى والزجاج، كل هذه المكونات فى وحدة واحدة، حيث كانت هناك حاجة إلى معايير أعلى من المعتاد للخرسانة سابقة التجهيز فى الموقع نظراً لارتفاع المبنى.
2. يتميز غلاف المبنى بمانع التسرب المحكم والمانع للماء والعزل الحرارى.
3. ساعد إستخدام وحدات الواجهه المجمعة فى عنصر واحد، إلى السرعة فى تركيب الوحدات وبالتالى السرعة فى تشييد المبنى، كان يتم الإنتهاء من كل طابق فى 7 أيام (**شكل (16-أ)**).
4. استخدام واجهات زجاجية تتكون من مادة UHPC، وهى مادة عازلة للشمس وتعمل كحل طويل الأمد لمعايير المتانة ومقاومة تعرض المبنى للرطوبة والأملاح، نظراً لقرب المبنى من البحر المتوسط. بالإضافة إلى، توفير عازل للصوت وتقليل الضوضاء فى الداخل تماماً بسبب كتلة الخرسانة العالية (**شكل (16-ب)**).



(أ) الوحدات سابقة التجهيز ومدمج معها النوافذ **(ب)** استخدام وحدات UHPC سابقة التجهيز فى الواجهات

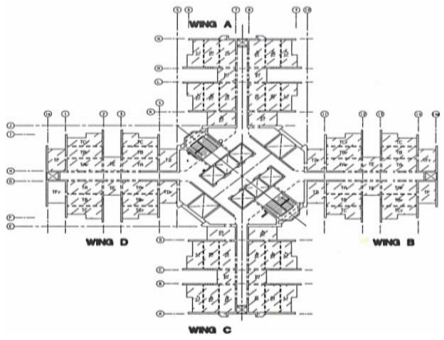
شكل (16) الوحدات سابقة التجهيز فى واجهات مشروع برج مارسيليا بفرنسا.

3.1 .3 نماذج تطبيق نظام الواجهات الجاهزة سابقة التصنيع فى الصين

بدأت الصين فى تطبيق نظم سبق التجهيز منذ أوائل السبعينات كمشروع استطلاعى، وذلك من خلال إنشاء مجموعة من العمارات السكنية ذات 6 طوابق. وفى نهاية الثمانينات، استخدمت نظم سبق التجهيز فى إنشاء الإسكان العام، حيث تم بناء جميع واجهات المبانى من الواجهات سابقة التجهيز. كما نجحت الصين فى عام 2020م فى إنشاء مستشفى لعلاج وباء كورونا خلال 10 أيام، وذلك باستخدام وحدات سابقة التجهيز [26] .

أولاً: مشروع هيرمونى بلوك Harmony Blocks

يتكون مشروع الإسكان الجماعى هيرمونى بلوك من 3 أبراج سكنية متطابقة، تم تصميمها على ميديول متكرر (**شكل (17)**).



شكل (17) المسقط الأفقى وواجهات مشروع هيرمونى بلوك Harmony Blocks.

أ- بيانات المشروع [27]

- نوع المشروع: إسكان جماعى.
- الموقع: ساو ماو بينغ، هونج كونج، الصين.
- سنة التنفيذ: 2000 ميلادى.
- الجهة المنفذة: Hong Kong Housing Authority.

ب- الاعتبارات التصميمية والتنفيذية لمشروع هيرمونى بلوك [28]

أ. استخدام وحدات الخرسانة الجاهزة للواجهة الخارجية بدلاً من صبها وتشكيلها بطريقة تقليدية فى الموقع (**شكل (18)**).
ب. استخدام الجدران الداخلية سابقة الصب، واستخدام مفصل هيدرولكى مقاوم للماء بينها وبين الجدران الخارجية.
ج. استخدام قوالب صب للوحدة المديولية، لتصنيع وحدات الواجهات سابقة التصنيع.
د. استخدام البلاطات سابقة التجهيز فى إنشاء الأسقف، وإستخدام الأبواب الجاهزة والنوافذ والسلالم الجاهزة ومزالق النفايات.
ه. استغرق وقت إنشاء الطابق الواحد 6 أيام فقط، وهذه هى المده المثلى المتفق عليها من قبل هيئة مشاريع الإسكان بالصين.

شكل (18) أعمال البناء بالوحدات الخرسانية سابقة التجهيز فى مشروع هيرمونى بلوك.

ثانياً: مشروع إسكان موظفى الحكومة Government Quarters

يتكون مشروع إسكان موظفى الحكومة (مشروع إسكان جماعى) من برجين متماثلين، يبلغ إجمالى مساحتهما 380م2، وكل منهما مكون من 37 طابق ولكن مرتبطين من خلال السطح، يضم المجمع 540 وحدة سكنية ومساحات خضراء مفتوحة ومناطق لعب الأطفال ومساحات لوقوف السيارات (**شكل (19)**) [29].

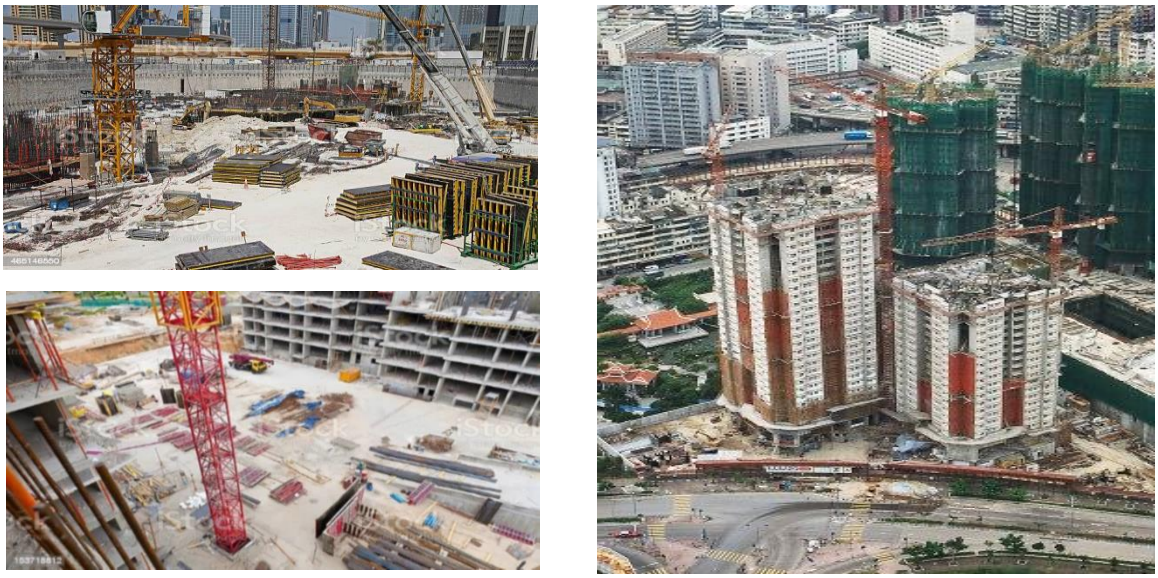
شكل (19) المسقط الأفقى وواجهات مشروع إسكان موظفى الحكومة بالصين.

أ- بيانات المشروع

- نوع المشروع: إسكان جماعى.
- الموقع: غرب كولون، هونج كونج، الصين.
- سنة التنفيذ: 2000 ميلادى.
- الجهة المنفذة: Hong Kong Housing Authority.

ب- الاعتبارات التصميمية والتنفيذية لمشروع إسكان موظفى الحكومة بالصين [30]

أ. استخدام وحدات الواجهات سابقة التجهيز والتى تعمل على زيادة الكفاءة والجودة، وتم تركيبها باستخدام الأوناش البرجية.
ب. استخدام النوافذ الجاهزة ذات جودة عزل للماء، بواسطة صب وتجهيز اطارات الشبابيك مع الواجهات فى آن واحد.
ج. استخدام وحدات جاهزة للحوائط الداخلية، وذلك للفصل بين الفراغات الداخلية للوحدة السكنية.
د. استخدام دورات المياه سابقة التجهيز فى المشروع، حيث تم تصنيع كل منهما ونقلها إلى الموقع كوحدة مديولية كاملة، ثم يتم تثبيتها فى التكوين الإنشائي للمبنى بواسطة الأوناش البرجية.
ه. استخدام التكسيات سابقة التجهيز فى المشروع كوسيلة إنشائية جديدة لأعمال التشطيبات، حيث تم تصنيع لك التكسيات فى مصانع سابقة التجهيز، بحيث تتكون من خرسانة خفيفة الوزن كاملة التشطيبات الخارجية والداخلية، وتم تثبيت هذه التكسيات بواسطة كوابيل رافعة (**شكل (20)**).



شكل (20) أعمال البناء فى مشروع إسكان موظفى الحكومة بالصين.

يوضح **جدول (1)** مقارنة بين المشاريع العالمية فى تجارب تطبيق تقنية الواجهات سابقة التجهيز على المبانى المختلفة.

جدول (1) مقارنة بين المشاريع العالمية فى تجارب تطبيق تقنية الواجهات سابقة التجهيز على المبانى المختلفة.

البلد	سنغافورة		فرنسا		الصين	
المشروع	Park Green Condominium	Newton GEMS Condominium	EVRY Housing	la-Marseillaise	Harmony Blocks	Government Quarters Units
النوع	سكنى	سكنى	سكنى - تجارى	سكنى - إدارى	سكنى	سكنى
سنة تنفيذ	2005م	2004م	2012م	2018م	2000م	2000م
مكونات	يتكون من كتلتين (A & B) مكونيين من 17 طابق، وثلاث كتل (C, D &E) مكونيين من 18 طابق	يتكون هذا المشروع من برجين متطابقين بارتفاع 30 طابق	وحدات سكنية + 4 محلات تجارية + موقف سيارات	يضم البرج مركز التجارة العالمى و16 طابق مكتبى وحضانة ومطعم	يتكون من 3 أبراج سكنية متطابقة، تم تصميمها على ميديول متكرر.	يتكون من برجين متماثلين، بإجمالى مساحه 380م2، وكل منهما مكون من 37 طابق ومرتبطين من خلال السطح
عدد الوحدات	368 وحدة سكنية.	190 وحدة سكنية.	98 وحدة سكنية	160 مكتب إدارى	830 وحدة سكنية	540 وحدة سكنية
الجهة المنفذة	Tiong Seng Contractors	Shimizu Corporation	Claus Kaan & Carlos Jimenez	Cla Ductal & Ermetika	Hong Kong Housing Authority	Hong Kong Housing Authority
الوقت	8 أيام للدور	7 أيام للدور	5 أيام للدور	7 أيام للدور	6 أيام للدور	6 أيام للدور
النمط المستخدم	الوحدات المستوية	الوحدات الهيكلية والمستوية	الوحدات المستوية	الوحدات المستوية	الوحدات الهيكلية والمستوية	الوحدات الهيكلية والمستوية
أسلوب الإنشاء ومواد البناء المستخدمة	- اعتمد فريق المشروع نهجاً متكاملاً فى التصميم والبناء، حيث تم وضع المتطلبات المعمارية والهيكلية والتشطيبات الداخلية والخارجية بعناية ودمجها فى عملية البناء. - إستخدام وحدات الواجهات الجاهزة كاملة التشطيبات الخارجية والداخلية. - استخدام النوافذ الجاهزة ذات الجودة	- إستخدام الواجهات الجاهزة ، وتم تركيبها فى الموقع باستخدام الأوناش البرجية. - إستخدام العناصر الحاملة مسبقة الصب بما فى ذلك: الأعمدة والجدران القصية والنوافذ الكبيرة والسلالم، لتشكيل الهياكل الداعمة لأغلفة المبنى . - استخدام ألواح الجدران الداخلية مع فتحات الأبواب، مزالق النفايات سابقة الصب، كما تم استخدام مكونات أفقية أخرى مثل: شرفات وكاسرات للشمس ونوافذ كبيرة جاهزة	إستخدام وحدات الواجهات الجاهزة ، وتم تركيبها فى الموقع باستخدام الأوناش البرجية. - استخدام النوافذ الجاهزة ذات الجودة الجيدة فى عزل الماء. - استخدام التكسيات سابقة التجهيز كوسائل إنشائية جديدة على الخرسانة خفيفة الوزن والتثبيت بواسطة كوابيل رافعة.	- استخدام وحدات من الخرسانة الجاهزة والمكونة من: الألياف المعدنية الفلاذية وألياف البولى بروبيلين، والتى جعلها تتمتع بقوة استثنائية وقابلية للتشكيل بسهولة. - استخدام واجهات زجاجية تتكون من مادة UHPC، وهى مادة عازلة للشمس وتتميز بالمتانة وسهولة الصيانة والعزل الصوتى والحرارى.	استخدام وحدات الخرسانة الجاهزة للواجهة الخارجية. - استخدام الجدران الداخلية سابقة الصب. واستخدام مفصل هيدرولكى مقاوم للماء بين الجدران الداخلية والجدران الخارجية. - استخدام قوالب صب للوحدة المديولية. - استخدام البلاطات الجاهزة فى إنشاء الأسقف والأبواب الجاهزة والنوافذ والسلالم الجاهزة	استخدام وحدات الواجهات الجاهزة وتم التركيب فى الموقع باستخدام الأوناش البرجية. - استخدام النوافذ الجاهزة ذات جودة عزل للماء جيدة. - استخدام وحدات جاهزة للحوائط الداخلية. - استخدام دورات المياه سابقة التجهيز فى المشروع. - استخدام التكسيات الجاهزة من الخرسانة خفيفة الوزن وكاملة التشطيبات الخارجية والداخلية، وتم تثبيتها بواسطة كوابيل رافعة.

2.3 نماذج تطبيق نظام الواجهات الجاهزة سابقة التصنيع على المستوى العربي والمحلى

اتجهت بعض الدول العربية إلى تطبيق نظام سبق التجهيز فى مشاريع البناء وخاصة فى المشارع السكنية، وذلك منذ فترة السبعينات، بهدف سد العجز فى عدد الوحدات السكنية.

3. 2. 1 نماذج تطبيق نظام الواجهات الجاهزة سابقة التصنيع فى دبى

يعتبر نظام سبق التجهيز من تكنولوجيا البناء المفضلة فى الإمارات العربية المتحدة، وذلك فى عدد من المشاريع التنموية، مثل: المطارات والمدارس والجامعات ومراكز التسوق والمبانى التجارية، ولكن فى الآونه الأخيرة زاد الطلب من قطاع الإسكان لإنشاء عدد وحدات سكنية تلبى رغبات المواطنين وتستوعب الزيادة فى عدد المغتربين.

مشروع تطوير فيلات الفلاح Al Falah Community

ينقسم المشروع إلى ثلاث مراحل (**شكل (21)**)، المرحلة الأولى: تضم 320 فيلا وسلمت فى ديسمبر 2010م، المرحلة الثانية: تضم 739 فيلا وسلمت فى سبتمبر 2011، المرحلة الثالثة: تضم 1010 فيلا وسلمت فى يونيو 2012.

شكل (21) مشروع تطوير فيلات الفلاح بدبي.

أ- بيانات المشروع [31]

- نوع المشروع: سكنى.
- عدد الفيلات: 2069 فيلا.
- سنة التنفيذ: 2012 ميلادى.
- التكلفة: 12 مليون درهم اماراتى.
- الموقع: منطقة الفلاح، إمارة أبوظبي، الامارات العربية المتحدة
- الجهة المنفذة: شركة جولف بريكاست للمبانى الجاهزة.

ب- الاعتبارات التصميمية والتنفيذية لمشروع فيلات الفلاح [32]

أ. استخدام وحدات الواجهات سابقة التجهيز التى تعمل على زيادة الكفاءة والجودة وتركيبها باستخدام الأوناش البرجية.
ب. استخدام النوافذ الجاهزة ذات جودة عزل للماء جيدة، وذلك عم طريق صب إطارات الشبابيك مع الواجهات فى آن واحد.
ج. أدى استخدام الوحدات الجاهزة سابقة التصنيع إلى استخدام ربع القوى العاملة فى الموقع لكل فيلا عند مقارنتها بالبناء المصبوب فى الموقع، بالإضافة إلى أنها كانت أكثر نظافة وبدون الحاجة إلى المصاعد والسقالات.
د. تمت عملية تصنيع الوحدات الجاهزة فى بيئة مثالية خاضعة للرقابة، واستخدام أساليب متقدمة وأجهزة حديثة ذات مواصفات عالية الجودة يمكن التحكم فيها بسهولة (**شكل (22)**).

شكل (22) أعمال البناء فى مشروع تطوير فيلات الفلاح.

2.2.3 نماذج تطبيق نظام الواجهات الجاهزة سابقة التصنيع فى الكويت

بدأت الكويت صناعة المبانى سابقة التجهيز خلال الستينات، وذلك لأنه يتميز بقلة العمالة وعدم تأثرها بالعوامل الجوية أثناء مرحلتى التصنيع والتنفيذ مما يتناسب مع طبيعة الكويت المناخية غير المستقرة.

مشروع مدينة شرق الأحمدى

يتكون مشروع شرق الأحمدى السكنى لمحدودى الدخل من 806 وحدة سكنية، 5 محلات تجارية، مواقف للسيارات **شكل (23).**

شكل (23) مشروع مدينة شرق الأحمدى بالكويت.

أ- بيانات المشروع [33]

- نوع المشروع: سكنى لمحدودى الدخل.
- سنة التنفيذ: 1977 ميلادى.
- الموقع: منطقة شرق الأحمدى، الكويت.
- الجهة المنفذة: الشركة الكويتية للمبانى الجاهزة.
- عدد الوحدات السكنية: 806 وحدة.
- التكلفة: 12 مليون دينار كويتى.

ب- الاعتبارات التصميمية والتنفيذية فى مشروع تطوير فيلات الفلاح [34]

أ. يعتبر هذا المشروع من أول المشروعات فى دولة الكويت التى تم تنفيذها باستخدام حوائط وأسقف من الخرسانة سابقة التجهيز، وبلغ الوقت المستغرق لتنفيذ الوحدة يومين ونصف للوحدة الواحدة (**شكل (24)**).
ب. استخدام الوحدات سابقة التجهيز لإنشاء الحوائط الحاملة والأسقف والسلالم، تنفيذ القواعد والأساسات بالأسلوب التقليدى.
ج. استخدام الطابوق الجيرى الملون فى تكسية الواجهات الخارجية.

شكل (24) أعمال البناء بالوحدات الخرسانية الجاهزة فى مشروع مدينة شرق الأحمدى.

3. 2. 3 نماذج تطبيق نظام الواجهات الجاهزة سابقة التصنيع فى مصر

تشهد طفرة إنشائية غير مسبوقة فى قطاع البناء من خلال المشاريع العملاقة التى تشيد حالياً ومنها العاصمة الإدارية الجديدة ومدينة العلمين الجديدة، ولكن لا يتم تطبيق نظام المبانى سابقة التجهيز على نطاق واسع بالرغم من نجاحها فى عدد من البلدان النامية، وتعتمد على تطبيق مبدأ الإنشاء الهجين فى العاصمة الإدارية، وهو الإنشاء الذى يستخدم فيه البناء بالطرق التقليدية والحديثة والوحدات سابقة التجهيز معاً [35].

أولاً: مشروع المقر الإدارى لشركة (Fourtex Head office Building)

يتكون المشروع من 5 طوابق إدارية لعدد من الشركات (**شكل (25)**)، ومن ضمنها المقر الإدارى للشركة المنفذة للمشروع (Modern for Concrete).

أ- بيانات المشروع [36]

- نوع المشروع: إدارى.
- الموقع: القاهرة، مصر.
- الجهة المنفذة: الشركة الحديثة للمنتجات الخرسانية والأسمنتية (Modern Concrete).
- سنة التنفيذ: 2012 ميلادى.
- عدد الطوابق: 5 طوابق.
- المالك: Fourtex Company.

ب- الاعتبارات التصميمية والتنفيذية للمشروع

1. يعد هذا المشروع الإدارى الوحيد الذى تم تنفيذه بالكامل باستخدام الوحدات الخرسانية مسبقة الصنع، ولكن يوجد عدد من المصانع التى نفذت بالكامل بتقنية سبق التجهيز.
2. تم تصنيع الألواح والوحدات المستخدمة فى مصانع مودرن كونكريت بمدينة السادات، وتخضع عمليات التصنيع إلى الجودة والرقابة فى بيئة عمل مثالية مع عمالة مدربة.
3. اعتمد المشروع على نظام الحوائط العاملة، حيث صممت الواجهات معمارياً وانشائياً، بحيث تتحمل الأحمال من الأرضية وذات جودة تشطيبات نهائية.

شكل (25) المقر الإدارى لشركة فورتكس.

ثانياً: مشروع مبنى البرلمان فى العاصمة الإدارية الجديدة

يتكون مشروع مبنى البرلمان الإدارى من المبنى الرئيسى (**شكل (26)**) ويضم بدروم وأرضى و8 أدوار متكررة، يضم أيضاً مبانى خدمية مثل: مركز طبى ومبنى أمنى ومبنى صيانة ومبنى خدمات كهروميكانيكية ومحطة إطفاء ومسجد ومواقف سيارات [37].

شكل (26) مبنى البرلمان بالعاصمة الإدارية الجديدة.

أ- بيانات المشروع

- نوع المشروع: إدارى.
- المساحة: 80 ألف متر مربع.
- سنة التنفيذ: 2020 ميلادى.
- المالك: Fourtex Company.
- الجهة المنفذة: شركة المقاولون العرب (The Arab Contractors (AC)).

ب- الاعتبارات التصميمية والتنفيذية للمشروع [38]

1. استخدم هذا المشروع أكثر من نظام إنشائى (نظام الحوائط الخرسانية – نظام steel frame – الواجهات الجاهزة).
2. اعتمدت الفكرة الإنشائية للحوائط على استخدام شدات معدنية تثبت فى البلاطة جيداً، ثم يتم وضع أشاير الحديد والوصلات الكهربائية داخلها، ثم تصب الخرسانة عن طريق الضخ داخل تلك الشدات، ثم تترك إلى أن تصل إلى القوى المطلوبة ويتم فك الشدة، ومن ثم تتكرر العملية فى الأدوار المتكررة.
3. استخدام وحدات الواجهات سابقة التجهيز من مادة GRC، وهى تتسم بالآتى: صلبة، خفيفة الوزن، سريعة الإنشاء، ذات مرونة عالية، سهلة المعالجة والنقل والتركيب.
4. استخدام النوافذ الجاهزة ذات جودة عزل للماء جيدة، وذلك عن طريق صب إطارات الشبابيك مع الواجهات فى آن واحد، وتم تركيب وحدات الواجهات الجاهزة باستخدام الأوناش البرجية (**شكل (27)**).

شكل (27) أعمال البناء وتركيب وحدات الواجهات الجاهزة بالأوناش البرجية فى مشروع مبنى البرلمان بالعاصمة الإدارية.

ثالثاً: مشروع مسجد الفتاح العليم بالعاصمة الإدارية الجديدة

يعتبر المسجد درة العمارة الإسلامية الحديثة وجوهرة الإنشاءات داخل العاصمة الإدارية[1](**شكل (28)**)، تبلغ السعة الإجمالية للمسجد والساحة المكشوفة 17 ألف مصلي، ويحتوى على أربعة مآذن على الطراز الفاطمى بإرتفاع 95 متر[2].

شكل (28) مسجد الفتاح العليم بالعاصمة الإدارية الجديدة.

أ- بيانات المشروع

- نوع المشروع: ديني.
- الموقع: العاصمة الإدارية الجديدة، مصر.
- الإشراف العام: الهيئة الهندسية للقوات المسلحة
- الاستشاري المعماري: برفكت للاستشارات الهندسية.
- المساحة: 2 فدان.
- مدة التنفيذ: عام ونصف.
- الجهة المنفذة: شركة المقاولون العرب.
- سنة التنفيذ: 2019 ميلادى.

ب- أسلوب الإنشاء ومواد البناء المستخدمة فى المشروع [39]

1- اعتمد النظام الانشائي على نظام (frame steel) والواجهات وتامآذن والقباب سابقة التجهيز، والاعتماد على الأوناش البرجية فى رفع ونقل وتثبيت الوحدات الجاهزة (**شكل (29)**).

2- الاعتماد على مادة (GRC) سابقة التجهيز، والتى تتسم بالآتى:

- وهى عبارة عن مادة متكاملة من المركبات المعتمدة على الأسمنت عالى الآداء المسلح بالألياف الزجاجية، تتميز بأنها منتجات صلبة وخفيفة الوزن، سريعة الانشاء، سهلة المعالجة والنقل والتركيب، ذات جمالية عالية وصديقة للبيئه، قابلة للتطويع فى مجال واسع من التطبيقات.
- يمكن تشكيل منتجات GRC بمقاطع رقيقة بسماكات تتراوح ما بين 6: 12 مم، مما يجعل وزنها أخف من وزن المنتجات سابقة التصنيع المماثلة بالحجم، فتخفف الحمولات على الأبنية بعوامل آمان للهياكل الضخمة والأساسات.
- توضع فى قوالب لإنتاج الأشكال والتفاصيل الدقيقة، وتعطى الملمس وجودة التشطيبات المطلوبة.
- تم استخدام منتجات GRC فى الأسقف (**شكل (30)**)، وفى القباب (**شكل (31)**)، وفى المآذن (**شكل (32)**).

شكل (29) استخدام الأوناش البرجية فى رفع ونقل وتثبيت الوحدات الجاهزة بمسجد الفتاح العليم بالعاصمة الإدارية.

شكل (30) تركيب وحدات الأسقف الجاهزة بمسجد الفتاح العليم بالعاصمة الإدارية الجديدة.

[1] https://www.presidency.eg/EN/Al-Fattah Al-Alim Mosque

[2] https://www.sis.gov.eg/Story/233425/%D9%85%D8%B3%D8%AC%D8%AF

شكل (31) تركيب وتثبيت القباب الجاهزة سابقة التصنيع بمسجد الفتاح العليم بالعاصمة الإدارية الجديدة.

شكل (32) رفع وتثبيت المآذن الجاهزة سابقة التصنيع بمسجد الفتاح العليم بالعاصمة الإدارية الجديدة.

يوضح **جدول (2)** مقارنة بين المشاريع العربية والمحلية فى تجارب تطبيق تقنية الواجهات سابقة التجهيز على المبانى المختلفة.

جدول (2) مقارنة بين المشاريع العربية والمحلية فى تجارب تطبيق تقنية الواجهات سابقة التجهيز على المبانى المختلفة.

البلد	دبي	الكويت	مصر		
المشروع	مشروع تطوير فيلات الفلاح	مشروع مدينة شرق الأحمدى	شركة Fourtex	مجلس النواب الجديد بالعاصمة الإدارية الجديدة	مسجد الفتاح العليم بالعاصمة الإدارية الجديدة
النوع	سكنى	سكنى	إدارى	إدارى	دينى
سنة تنفيذ	2012م	1977م	2012م	2020م	2019م
مكونات	ينقسم المشروع إلى ثلاث مراحل، الأولى: 320 فيلا والثانية: 739 فيلا، والثالثة: 1010 فيلا	يتكون المشروع من 806 وحدة سكنية وخمسة محلات تجارية ومواقف للسيارات.	5 طوابق إدارية لعدد من الشركات	يتكون من بدروم وأرضي و8 أدوار متكررة و قبة قطرها 50 متر ويضم قاعة رئيسية سعة ألف عضواً ومكاتب إدارية.	يتكون من مبنى المسجد، وساحة خارجية مخصصة للصلاة وقاعات لتحفيظ القرآن وأماكن للوضوء ومكتبة ومكاتب إدارية.
عدد الوحدات	2069 فيلا.	806 وحدة سكنية.	5 طوابق	9 طوابق	17 ألف مصلي
الجهة المنفذة	شركة جولف بريكاست للمبانى الجاهزة.	الشركة الكويتية للمبانى الجاهزة	الشركة الحديثة للمنتجات الخرسانية والأسمنتية (Modern Concrete).	شركة المقاولون العرب (The Arab Contractors).	شركة المقاولون العرب (The Arab Contractors).
النمط المستخدم	الوحدات المستوية	الوحدات المستوية	الوحدات الهيكلية والمستوية	الوحدات المستوية	الوحدات المستوية وقباب وملاذن
أسلوب الإنشاء ومواد البناء المستخدمة	- استخدام وحدات الواجهات سابقة التجهيز والعناصر الزخرفية خفيفة الوزن. - استخدام الجدران الداخلية والأرضيات والأسقف الجاهزة. - معدل التنفيذ كان 7 فيلات فى اليوم.	- استخدام الوحدات سابقة التجهيز لإنشاء الحوائط الحاملة والأسقف والسلالم، بينما تم تنفيذ القواعد والأساسات بالأسلوب التقليدى. - معدل التنفيذ كان 2 يوم ونصف للوحدة	تم تنفيذه بالكامل باستخدام الوحدات الخرسانية الجاهزة مسبقة الصنع. - اعتمد المشروع على نظام الحوائط الحاملة، حيث صممت الواجهات انشائياً لتتحمل أحمال المبنى وصممت معمارياً ذات جودة تشطيبات نهائية.	استخدام وحدات الواجهات سابقة التجهيز من مادة GRC . - استخدام النوافذ الجاهزة ذات جودة عزل للماء. - تركيب وحدات الواجهات الجاهزة باستخدام الأوناش البرجية.	استخدام وحدات الواجهات سابقة التجهيز من مادة GRC فى الأسقف والقباب والمآذن.

4. نتائج البحث:

4. 1 نتائج الدراسة النظرية:

أ. تتدرج وسائل التنفيذ لتكنولوجيا البناء ما بين: الآلات اليدوية البسيطة والمعدات الميكانيكية وميكنة الهيكل الإنشائى ثم ميكنة وتصنيع أجزاء المبنى بالكامل، مما كان له تأثير واضح على سرعة معدلات البناء وظهور المبانى النمطية التكرارية وسبق التصنيع.

ب. تعد عملية الإنشاء بإستخدام الوحدات سابقة التجهيز نظام متكامل للبناء، وحدته الأساسية عناصر المبنى والتى تتمثل فى: السقف والحوائط والقواطيع، ويتم تجهيزها على أسس فنية واقتصادية، بحيث تصمم هذه العناصر بنظام وحدات تكرارية (موديول) لتسهيل عملية التصنيع وتطبيق نظام التصنيع بالجملة (Mass Production).

ج. تصنف المبانى الجاهزة سابقة التصنيع وفقاً للجوانب الهيكلية لتكوينها الهندسي إلى ثلاث فئات: الوحدات الطولية - الوحدات المستوية - الوحدات الحجمية أو الصندوقية.

د. تمتاز الواجهات الجاهزة سابقة الصب بالآتى: توفر غلافاً طويل الأمد للمبنى يحقق العزل الحرارى والصوتى ومقاوم للحريق، يمكن فك ألواح الواجهه بآمان وإعادة تركيبها مرة أخرى، الجودة فى استخدام الموارد المحلية والتقليل من النفايات وعمليات صيانة أقل، تحقيق التشطيبات السطحية عالية الجودة التي بتم تحقيقها فى المصنع.

4. 2 نتائج الدراسة التحليلية:

من خلال دراسة الأمثلة العالمية تم استنتاج الآتى:

أ- تعمل مكونات المبانى سابقة التجهيز على الانتاج الضخم (الإنتاج بالجملة)، فيتم انتاج (الواجهات سابقة التجهيز، النوافذ والسلالم سابقة التجهيز، الحوائط الداخلية والأرضيات سابقة التجهيز)، مما يؤدى إلى تقليل التكلفة وتوفير الوقت والتخلص من معظم النفايات الناتجة من عمليات الإنشاء.

ب- حققت عمليات تصنيع المبانى سابقة التجهيز التى طبقتها سنغافورة وهيئة الإسكان بهونج كونج فى مشاريع المبانى وخاصة مشاريع الإسكان نجاحاً واضحاً فى التحكم فى التكلفة وزمن الإنشاء.

ج- ساعدت تكنولوجيا البناء سابقة التجهيز المطبقة فى مشاريع الإسكان على توفير الوقت، حيث يتم الانتهاء من دور بأكمله فى 6 أيام.

د- اعتمدت الأمثلة العالمية على التخلص من مشكلة تسرب مياه الأمطار فى الواجهات سابقة التجهيز عن طريق صب الواجهات وإطارات الشبابيك معاً فى آن واحد.

ه- تفتح صناعة المبانى سابقة التجهيز مجالاً واسعاً لمجموعة متنوعة من التشطيبات المعمارية مقارنة بالمكونات التقليدية التى يتم تجهيزها فى الموقع، مما يساعد فى تقليل التكلفة الإجمالية للمبنى بسبب خفض تكلفة بنود التشطيبات، كما هو الحال فى برج مارسيليا بفرنسا.

و- اعتمدت سنغافورة على تطبيق نظام سبق التجهيز فى العديد من المشاريع، وذلك لتجنب وحل القيود التى يفرضها موقع بعض المشروعات وظروف البيئة المحيطة، وبالفعل حقق تطبيق هذا النظام النتائج المرجوة منه، مثل: جودة البناء وسرعة التنفيذ وتقليل النفايات والإزعاج الصوتى والحفاظ على البيئة وتحقيق الاستدامة فى عملية البناء والتشييد.

ز- اعتمدت الصين على تطبيق نظام سبق التجهيز بجميع أنواعه، بالإضافة إلى بعض النظم المميكنة والعمالة المدربة، مما آدى إلى سرعة وجودة المشاريع المنفذه.

ح- تعد تجربة فرنسا من التجارب الناجحة فى إنشاء المبانى باستخدام نظام سبق التجهيز، حيث نجحت فى بناء برج مارسيليا باستخدام مادة UHPC، فهى مادة عازلة للحرارة والصوت، واستخدام مادة االفلاذ والصوف المعدنى مع هيكل المبنى الخفيف أدى إلى كفاءة عالية فى المبنى والمتانة على مستوى البناء العالمى .

من خلال دراسة الأمثلة العربيه والمحليه تم استنتاج الآتى:

أ- نجاح تطبيق تكنولوجيا المبانى سابقة التجهيز فى المشاريع فى بعض الدول النامية، حيث تمثلت فى استخدام وحدات سابقة التجهيز فى المشاريع العامة والسكنية، وساعد تطبيق هذا النظام على التوفير فى التكلفة والوقت.

ب- اثبتت الوحدات الجاهزة سابقة التصنيع فى مشروع فيلات الفلاح بأنها طريقة أكثر آماناً فى تنفيذ التطوير مقارنة بالطرق التقليدية، نظراً لأن العمل يتم فى بيئة مصنع مستقرة وليس فى موقع بناء حيث تتغير البيئة باستمرار.

ج- استخدام الوحدات الجاهزة سابقة التصنيع يعمل على نقل 70% من الأعمال داخل المصانع المتخصصة، مما يؤدى إلى تحقيق الجودة وعدم التأثر بظروف الطقس السيئة وارتفاع درجات الحرارة كما فى دبى والكويت.

د- استخدام نظام سبق التجهيز فى انتاج وحدات زخرفية وعناصر جمالية مثل المشربيات سابقة التجهيز.

ه- ساعد استخدام الوحدات الجاهزة فى الكويت على تقليل التكلفة بنسبة تتراوح ما بين 10:5% عن مثيلها فى البناء التقليدى.

و- مصانع الخرسانة الحديثة بالسادات/مصر (Modern Concrete) هى مصانع متخصصة فى صب وتصنيع وتجهيز أنواع مختلفة من الوحدات الخرسانية الجاهزة سواء وحدات انشائية أو غير إنشائيه وتتم عمليات التصنيع داخل المصانع المتخصصه والخاضعة للرقابة لتحقيق أعلى معدلات الجودة والسلامه المهنيه.

ز- حقق مشروع مسجد الفتاح العليم الهدف من إنشائه، وهو إنشاء مشروعات بجودة عالية وفى أقصر وقت ممكن، حيث اعتمد على تطبيق أكثر من نظام انشائى واستخدام قوالب GRC فى الواجهات والقباب والأسقف الداخلية والتى تم تنفيذ 70% من العمل بها فى المصانع المتخصصة ومن ثم تم النقل والتركيب فى الموقع فساعد على تقليل زمن تنفيذ المشروع وتقليل مخاطر الصب فى الموقع.

ح- استغرق تنفيذ مبنى البرلمان وقت تنفيذ أطول مقارنة بمسجد الفتاح العليم، نظراً لتقليل استخدام تكنولوجيا سبق التجهيز والاعتماد بصورة أكبر على الطرق التقليدية.

ط- يوجد بعض السلبيات فى تنفيذ المشاريع فى مصر، حيث لا يتم تطبيق المبانى سابقة التجهيز على نطاق واسع فى المشاريع بالرغم من نجاحها فى عدد من البلدان النامية.

ي- وجود عدد محدود من مصانع سبق التجهيز فى مصر، وأشهرهم هى الشركة الحديثة للمنتجات الخرسانية والأسمنتية (Modern Concrete)، ويوجد المصنع بمدينة السادات.

ك- يمكن تطبيق هذه التقنية على جميع أنواع المبانى (سكنى – إدارى – تجارى – دينى) بالأبعاد وجودة التشطيبات النهائية المطلوبة.

التوصيات:

1. يجب على الحكومة مراجعة آثار طرق البناء التقليدية على البيئة وإهدارها للموارد والوقت، وإعادة النظر في أساليب وطرق البناء وصناعته للتقريب بين الحاجه إلى النمو الإقتصادى كطرف والمحافظة على البيئة كطرف آخر.
2. إحياء وتفعيل تقنية المبانى سابقة التجهيز وإعادة تأهيل صناعة البناء المصرية، عن طريق توجيه الإهتمام نحو تقنيات وأساليب البناء الحديثة عامة، والوحدات سابقة التجهيز خاصة، كأحد الخطوات الفعالة لدعم إستدامة المبنى والحفاظ على الطاقة.
3. الإستفادة من التجارب العالمية التى نجحت فى تطبيق تقنية المباني سابقة التجهيز، كأحد أنظمة البناء الحديثة، والإسترشاد بما حققته بإمكانية تطبيقها محلياً.
4. تأهيل وتوعية المعماريين والمخططين ومهندسى البناء وموظفى التصنيع، لكونهم الآداه الفعاله لتطبيق مفهوم تكنولوجيا البناء سابق التصنيع، من خلال التعاون المشترك بينهم، وتوفير دورات تدريبية لتدريب الأيدي العاملة وتوفير الإحتياجات المختلفة.
5. يجب على الحكومة التعاون مع الجهات الدولية المانحة فى مجال دعم التطور التكنولوجى فى البناء والتشييد، وذلك لتعزيز الإنتاجية وتحسين الجودة، بالإضافة إلى تحسين الصحة والسلامة المهنية، وتحقيق الجودة والأداء البيئي والاستدامة.

تضارب المنفعة

المؤلفون ليس لديهم أي تضارب في المنفعة فيما يتعلق بمحتوى هذه المقالة.

المراجع

[1] E. Elhisain, "The Decision to Use Off-Site Manufacturing (OSM) Systems for House Building Projects in the UK", Ph.D. dissertation, Dept. Arch. Eng., University of Brighton, 2014.

[2] Dorce. (2023, Aug.1). Dorce prefabricated & construction [Online]. Available: https://www.dorce.com/es/dorce-prefabricated-construction-es.

[3] S. Elliott," Precast concrete structures", Crc Press, 2019.

[4] IIBEC. (2023, July.20). The International Institute of Building Enclosure Consultants (IIBEC) [Online]. Available: https://iibec.org/ precast-Panels/

[5] Dorce. (2023, Aug.1). Dorce prefabricated & construction [Online]. Available: https://www.dorce.com/es/dorce-prefabricated-construction-es.

[6] M. Iskandar, "Critical Success Factors and Barriers for Industrialized Building System (IBS) Adoption in Construction Project", Ph.D. dissertation, Dept. Arch. Eng., University of Malaysia Pahang, 2010.

[7] J. Skibniewski and K. Zavadskas,"Technology development in construction: a continuum from distant past into the future", Journal of Civil Engineering and Management vol. 19, pp. 303-308, 2013.

[8] M. Mahmood,"Architectural Precast Cladding: Advantages and Sustainability", Engineering Union ID # 1490, November 2011.

[9] N. Allen,"Lightweight Precast Building Envelopes Maximize Performance", Architectural Record, vol. 206, pp. 156-159, 2018.

[10] IIBEC. (2023, July.20). The International Institute of Building Enclosure Consultants (IIBEC) [Online]. Available: https://iibec.org/composite-precast-sandwich

[11] Architecture Precast Concrete Walls: Best Practice Guide, Canadian Prestressed Concrete Institute, P:2-8.

[12] Mahmood, Mahmood Abdul. "Architectural Precast Cladding: Advantages and Sustainability." Engineering Union ID # 1490, November 2011.
[13] BCA Buildability Series, ”Buildable Solutions for High-Rise Residential Development”, Building and Construction Authority, Singapore, pp.92, 2004.
[14] Edge prop. (2023, Aug.3). Singapore Condo & Apartment Directory [Online]. Available: www.edgeprop.sg/condo-apartment/park-gree
[15] Edge prop. (2023, Aug.3). Singapore Condo & Apartment Directory [Online]. Available: https://www.edgeprop.sg/condo-apartment/park-green
[16] BCA Buildability Series,” Buildable Solutions for High-Rise Residential Development”, Building and Construction Authority, Singapore, pp.93:97, 2004.
[17] SRX. (2023, Aug.5). Singapore's Most Trusted Property & Real Estate Portal [Online]. Available: https://www.srx.com.sg/condo/newton-gems-20061
[18] SRX. (2023, Aug.5). Singapore's Most Trusted Property & Real Estate Portal [Online]. Available: https://www.srx.com.sg/condo/newton-gems
[19] https://www.propertyguru.com.sg/project/newton-gems-1157
[20] BCA Buildability Series.” Buildable Solutions for High-Rise Residential Development”. Building and Construction Authority, Singapore, PP.106, 2004.
[21] Architizer. (2023, Aug.5). Architizer is how architects find building products. [Online]. Available: https://architizer.com/blog/projects/evry-housing-units
[22] Arch2O. (2023, Aug.5). Arch2o LLC [Online]. Available: https://www.arch2o.com/evry-housing-units-beckmann-nth
[23] Architizer. (2023, Aug.5). Architizer is how architects find building products. [Online]. Available: https://architizer.com/blog/projects/evry-housing-units
[24] Archdaily. (2023, Aug.15). archdaily [Online]. Available: https://www.archdaily.com/905380/la-marseillaise-ateliers-jean-nouvel
[25] AJN. (2023, Aug.15). Ateliers Jean Nouvel [Online]. Available: http://www.jeannouvel.com/en/projects/la-marseillaise
[26] D. Ya Hong, "Comparing carbon emissions of precast and cast-in-situ construction methods–A case study of high-rise private building", Construction and building materials, vol.99, PP.39-53, 2015.
[27] http://www.citiesmods.com/hong-kong-housing-block-harmony-2-rico/
[28] Alamy. (2023, Aug.5). Alamy [Online]. Available: https://www.alamy.com/stock-photo/hong-kong-harmony-block.html
[29] Dragages. (2023, Aug.6). Dragages Hong Kong [Online]. Available: http://dragageshk.com/project/government-quarters-at-west-kowloon
[30] Q. Charlie, Z. Hailing and J. Roberts,” An urban island floating on the MTR station: A case study of the West Kowloon development in Hong Kong”, Urban Design International, 2010.
[31] https://www.film.gov.ae/en/locations/al_falah_community /
[32] D. Pfeffer, “Total Precast Solutions for Large Villa Developments in the UAE - A Case Study”, The Master builder, www.masterbuilder.co.in, June 2015.
[33] Osman Ahmed Osman & Co. (2023, June.15). The Arab Contractors [Online]. Available: https://www.arabcont.com/English/project
[34] Detailed Project Report, Ray Nagar Federation, Solapur, Maharashtra Housing and Development Authority, 2017.
[35] https://almalnews.com/%D8%AE%D8%A8%D9%8A%D8%B1-%D9%85%D8%B5%D8%B1
[36] Modern Concrete. (2023, Aug.18). modern concrete company [Online]. Available: https://modern4concrete.com/our-projects/
[37] Abdul Mohsen Salameh & Maged Mounir. (2023, Aug.18). Al-Ahram Gate [Online]. Available: https://gate.ahram.org.eg
[38] Osman Ahmed Osman & Co. (2023, June.15). The Arab Contractors [Online]. Available: https://www.arabcont.com/project-589
[39] Osman Ahmed Osman & Co. (2023, June.15). The Arab Contractors [Online]. Available: https://www.arabcont.com/project-573