المباني مسبقة الصنع في الهندسة المدنية

المقدمة :

شهدت صناعة البناء تطورا ملحوظا مع ظهور تقنيات المباني السابقة الصنع .

المباني سابقة الصنع{Prefabricated Buildings}

هي هياكل يتم تصنيعها خارج موقع البناء ثم نقلها وتركيبها في الموقع النهائي وتعتبر هذه الطريقة من الطرق الحديثة في مجال الهندسة المدنية والتي تهدف الى تحسين الكفاءة وتقليل الوقت والتكاليف .

وفي هذه الحلقة البحثية سنناقش تاريخ استخدام هذه المباني ، أنواعها ، أهميتها ، دراسة حالة ناجحة ، إيجابياتها ، سلبياتها والمراجع العلمية المستخدمة

الشكل (1) : أمثلة عن المباني الخرسانية مسبقة الصنع

تاريخ استخدام المباني السابقة الصنع:

يعود استخدام المباني سابقة الصنع إلى العصور القديمة حيث استخدمت المواد الطبيعية كالأخشاب والحجارة في تشكيل وحدات بدائية، لكن التطوير الحديث بدأ في القرن الثامن عشر بإنجلترا لبناء مساكن العمال ثم تطور خلال الحرب العالمية الثانية لإنشاء مساكن سريعة للجنود والمشردين

بداية ظهور المباني سابقة الصنع بالخرسانة المسلحة:

ظهرت في أوائل القرن العشرين، من تطوير شركة "إديسون " للألواح الخرسانية مسبقة الصنع عام (1908) وفي الخمسينات انتشرت في الاتحاد السوفيتي لدعم مشاريع الإسكان الجماعي في أوروبا بعد الحرب العالمية الثانية .

تعريف المباني مسبقة الصنع وأنواعها حسب مادة الإنشاء:

هي هياكل تصنع مسبقا في المصانع كوحدات منفصلة مثل (جدران، أسقف، أعمدة) ثم تنقل إلى موقع البناء للتركيب.

الأنواع:

1- الخرسانة المسلحة: تستخدم في الهياكل الإنشائية الثقيلة مثل الجسور والمباني متوسطة الإرتفاع.

2- الفولاذ: يفضل في المنشآت الصناعية والمستودعات لقوته، وخفة وزنه النسبية.

3- الخشب: يستخدم في المباني السكنية الصغيرة بسهولة تشكيله .

4- المواد المركبة: مثل البلاستيك المدعم بالألياف، تستخدم في الوحدات الخفيفة.

أهمية المباني مسبقة الصنع في الهندسة المدنية:

- سرعة التنفيذ: تقليل زمن البناء بنسبة بين (30-50) % مقارنة بالطرق التقليدية.
- تحقيق الإستدامة: تقليل النفايات بنسبة (40%) بسبب التصنيع الدقيق في المصانع.
- التكيف مع الظروف الصعبة: مثالية للمناطق النائية، أو ذات الكثافة السكانية العالية.
- الجودة: ضبط أعلى للمواصفات، في البيئة الصناعية.
- المرونة: إمكانية تفكيك وإعادة استخدام المكونات.

دراسة حالة ناجحة عن المباني المستخدمة للخرسانة مسبقة الصنع:

برج (CCTV):

هو مقر التلفزيون المركزي الصيني في بكين، وهو مبنى مكون من 51 طابقا يتميز بتصميمه المعماري الفريد الذي يشكل حلقة، فهو مثال رائع على استخدام الخرسانة مسبقة الصنع في إنشاء المباني الضخمة والمعقدة، تصميمه الفريد يتطلب دقة في التصنيع والتركيب للعناصر الخرسانية ومثل تلك الأمثلة تظهر كيف تساهم الخرسانة مسبقة الصنع في تحقيق التصاميم المعمارية المبتكرة

فمن حيث الزمن، فقد تم إنشاؤه خلال 18 شهرا (بدلا من 36 شهرا إذا كان قد نفذ بالطريقة التقليدية)

ومن حيث التكلفة، فقد تم توفير 20 % بسبب تقليل العمالة الميدانية .

وبالنسبة إلى المتانة، فمقاومته للزلازل وصلت الى 8 درجات على مقياس ريختر.

الشكل (2): مقر التلفزيون المركزي الصيني

" الجدول رقم (1): مقارنة بين المباني مسبقة الصنع والمباني التقليدية "

المعيار	المباني مسبقة الصنع	المباني التقليدية
المرونة الهيكلية	محدودة بسبب التصميم المعياري المعد مسبقا	مرونة عالية في التعديلات أثناء البناء
المرونة في التصميم	تصميمات نمطية قد لا تناسب المشاريع المعقدة	تتيح تصميمات فريدة ومعقدة
مقاومة العوامل الجوية	جودة عالية بسبب التصنيع في بيئة مغلقة (تقليل الشقوق والمسامية)	قد تتأثر بظروف الطقس أثناء الصب مثل الأمطار والحرارة
العمر الافتراضي	50–100 سنة بسبب التحكم في جودة المواد	يعتمد على مهارة العمالة وجودة التنفيذ ويكون من 30–70 سنة
الأداء الزلزالي	إذا صممت الوصلات بشكل صحيح يمكنها تحقيق مقاومة زلزالية عالية	تعتمد على تفاصيل التسليح وجودة الربط بين العناصر
نقاط الضعف	قد تنشأ مشاكل في الوصلات بين الوحدات المسبقة إذا لم تحسب بدقة	أخطاء في تنفيذ التسليح أو الصب قد تضعف المقاومة
الوقت والكلفة	توفير من 30–50 % من الوقت تكاليف عمالة أقل وقد تكون التكلفة الأولية أعلى ولكن على المدى الطويل فإنها أكثر اقتصادية نظرا لتقليل الهدر في المواد	وقت أطول تكاليف أعلى بشكل عام
الصيانة	سهولة استبدال الوحدات التالفة	إصلاح الأضرار قد يتطلب هدم أجزاء من الهيكل
العزل الحراري والصوتي	غالبا أفضل بسبب استخدام مواد عازلة مدمجة في التصنيع	يعتمد على المواد المضافة بعد البناء

إيجابيات المباني الخرسانية مسبقة الصنع:

1- التصنيع المسبق يقلل من الحوادث في موقع البناء

2- الخرسانة مسبقة الصنع تسمح بالتنفيذ (التصنيع والتركيب) حتى بالظروف الجوية الصعبة مثل الأمطار أو الثلوج

3- تقلل من الضوضاء في موقع البناء لأن عمليات الصب والتجهيز تتم بمكان ثاني

4- تعطي أيضا مرونة أكبر بإدخال تعديلات أو إضافات أثناء التصنيع

5- الخرسانة مسبقة الصنع تسهل التحكم بالجودة لأن كل قطعة تمر بنفس معايير الإنتاج

6- تقلل من استهلاك المياه خلال عمليات الصب وهذه النقطة مهمة خاصةً بمناطق ندرة المياه

7- الخرسانة مسبقة الصنع تقلل من الضغوط على البنية التحتية للموقع لأنها لا تحتاج لآلات كبيرة في المنطقة من أجل الصب والجبل

8- الخرسانة مسبقة الصنع تساهم في تقليل الفاقد من المواد لأنها تصنع بدقة عالية

9- تزيد من كفاءة استخدام المساحة في الموقع فبالتالي يكون هناك مجال أكبر للتخطيط والتنظيم

10- يكون لديك مرونة أكثر في تحديد مواعيد العمل لأن الخرسانة مسبقة الصنع لا تعتمد كثيرا على الظروف الجوية الحالية

11- بفضل كون القطع جاهزة تساعد على تسريع وتيرة إنجاز أجزاء معينة من المشروع.

12- يريح الفريق الهندسي لأنه يعمل على تركيب القطع بدل العمل على صبّه

سلبيات المباني الخرسانية مسبقة الصنع:

1- التكاليف الابتدائية لتجهيز المصنع قد تكون مرتفعة

2- القيود في تصميم القطع لتلائم النقل والرفع

3- الصعوبات في تعديل أو إصلاح القطع التالفة

4- الحاجة لتدريب العمال على تركيب القطع بشكل صحيح

5- الصعوبات في التكيف مع التغيرات المفاجئة في متطلبات التصميم بعد بدء التصنيع

6- الحاجة لمساحات كبيرة في المصنع للتخزين والمعالجة

7- محدودية الابتكار في الشكل والتصميم مقارنة بالخرسانة التقليدية

8- الاعتماد الكبير على المعدات والتقنيات الحديثة، مما قد يزيد من حاجات الصيانة

9- النمطية المتكررة

10- نقاط الضعف الهيكلية إذا لم تصمم الوصلات بين الوحدات المسبقة الصنع بدقة خاصة في المناطق الزلزالية قد تنشأ تشققات أو انهيارات جزئية

11- احتمال تسرب المياه أو الهواء عبر الفواصل بين الوحدات إذا لم تعالج بشكل محكم

12- إنشاء مصانع لإنتاج الوحدات الخرسانية مسبقة الصنع يتطلب رأس مال ضخم مما يجعلها غير مناسبة للمشاريع الصغيرة

13- تصميم القوالب الجديدة لكل مشروع يزيد من التكلفة الإجمالية

14- يمكن أن تتضرر الوحدات بسبب الاهتزازات أو السقوط أثناء النقل أو التركيب مما يتطلب استبدالها وتأخير المشروع

15- الحاجة إلى دقة عالية إذ أن أي خطأ في القياسات أو التصميم الأولي يؤدي إلى فشل في تركيب الوحدات وقد يتطلب إعادة تصنيعها

16- التنسيق بين الفرق يتطلب تعاونا مثاليا بين المهندسين والمصنعين والمقاولين لتجنب الأخطاء

17- إذا لم يخطط للإنتاج مسبقا قد يسبب التأخير في تصنيع الوحدات في تعطيل الجدول الزمني للمشروع

18- عمليات التصنيع والنقل للوحدات الثقيلة تساهم في زيادة التأثيرات الكربونية مقارنة بمواد البناء خفيفة الوزن

19- تشغيل المصانع والمعدات الثقيلة يتطلب طاقة عالية

20- قد تكون التشققات الداخلية في الوحدات مسبقة الصنع غير مرئية إلا بعد فوات الأوان

21- استبدال الوحدات التالفة أو إصلاح جزء تالف قد يتطلب تفكيك أجزاء مجاورة مما يزيد من التكلفة

22- إذا لم تدمج المواد العازلة في التصميم قد تعاني الوحدات من ضعف العزل الحراري أو الصوتي مقارنة بالبناء التقليدي

23- الحاجة إلى خبرة فنية إذ أن تركيب الوحدات مسبقة الصنع يتطلب عمالة مدربة على التعامل مع الرافعات وأنظمة التثبيت والتي قد تكون غير متوفرة في بعض المناطق

الخاتمة:

المباني الخرسانية سابقة الصنع تعد نقلة نوعية في مجال الهندسة المدنية حيث تجمع بين الكفاءة والاستدامة لكنها تتطلب تحسينات في المرونة التصميمية وتكاليف النقل مع التطور التكنولوجي يتوقع أن تصبح الخيار الأمثل للمدن الذكية والمشاريع الضخمة

المراجع:

1 - Smith, J. (2018). "Prefabricated Buildings

2- History and Development". Journal of Civil Engineering

3- Brown, A. (2019). "Comparative Analysis of Prefabricated and Traditional Construction

4- Methods". International Journal of Construction Management.

5- Green L (2020). "Sustainability in Prefabricated Buildings" Environmental

6-Smith, J. (2020). Prefabrication in Modern Construction. Springer.

7- UN-Habitat. (2018). Global Report on Prefabricated Housing.

8- "Case Study: Nikko Tower Project" Journal of Civil Engineering, 2021.

9- Edison, T. (1908). Innovations in Concrete Prefabrication.

10- الموقع الرسمي للمعهد الامريكي للخرسانة (ACI)

11- jamaa.net (مكتبة ملتقى جامع دمشق الالكترونية)