

Comparative Analysis of Pre-Engineered Steel Structures and Conventional Steel Structures

Faculty of Management
Midocean University

تحليل مقارنة بين الهياكل الفولاذية مسبقة التصميم والهياكل الفولاذية التقليدية

اسم الطالب

ليث محمد شحدة الدرابيع

إشراف

د .

عضو هيئة التدريس- كلية الإدارة- جامعة ميدأوشن

2025- الفصل الثاني

Contents

1. الفصل الأول: الإطار العام للدراسة	5
1.1 المقدمة:	5
1.2 مشكلة الدراسة	6
1.2.1 فجوات على المستوى النظري	6
1.2.2 فجوات على المستوى التطبيقي	6
1.3 أهمية الدراسة	6
1.3.1 على المستوى النظري:	6
1.3.2 على المستوى التطبيقي:	7
1.4 أسئلة الدراسة	7
1.5 أهداف الدراسة	7
1.6 فرضيات الدراسة	7
1.7 نموذج الدراسة	7
1.8 منهجية الدراسة	8
1.9 الدراسة الميدانية	8
2. الفصل الثاني: الدراسات السابقة	8
2.1 المقدمة:	8
2.2 استعراض الهياكل الفولاذية مسبقة التصميم (PEB):	8
2.2.1 خصائص PEB:	8
2.2.2 مزايا PEB:	9
2.2.3 التحديات في تنفيذ PEB:	9
2.3 استعراض الهياكل الفولاذية التقليدية (CSB)	9
2.3.1 خصائص CSB:	9
2.3.2 مزايا CSB:	9
2.3.3 التحديات في تنفيذ CSB:	9
2.4 التحليل المقارن بين PEB و (CSB)	9
2.4.1 الكفاءة في التكلفة والوقت:	9
2.4.2 الجودة وإدارة المخاطر:	9
2.5 الفجوات في الأدبيات الحالية	9
2.6 نموذج: استبيانات	10
2.7 جدول أدوات البحث	10
2.8 الخاتمة	10
3. الفصل الثالث: منهجية البحث	11
3.1 المقدمة:	11

11	التعريفات الإجرائية لمتغيرات البحث	3.2.
11	تصميم البحث (صلة البحث):	3.3.
12	مجتمع البحث وطرق وتقنيات أخذ العينات	3.4.
12	طريقة جمع البيانات	3.5.
12	أنواع البيانات	3.6.
12	إجراءات التحليل الإحصائي	3.7.
12	الخاتمة	3.8.
13	4. الفصل الرابع: التحليل الإحصائي ومناقشة النتائج	
13	المقدمة:	4.1.
13	توصيف عينة الدراسة:	4.2.
13	اختبارات الصدق والثبات للاستبيانات:	4.3.
13	الإحصاء الوصفي لمتغيرات الصوت:	4.4.
14	اختبار الفرضيات:	4.5.
14	ربط النتائج بالدراسات السابقة:	4.6.
14	الخاتمة:	4.7.

1. الفصل الأول: الإطار العام للدراسة

1.1. المقدمة:

في بيئة صناعة البناء التي تتسم بالتعقيد والتنافسية، تلعب اختيارات أسلوب البناء دورًا محوريًا في تحديد نجاح المشروع من حيث الوقت، الكلفة، إدارة الموارد، والسيطرة على المخاطر. ومن بين أهم الخيارات التي تؤثر على هذه العوامل الاعتماد على:

- الهياكل الفولاذية مسبقة التصميم (Pre-Engineered Steel Structures).

- الهياكل الفولاذية التقليدية (Conventional Steel Structures).

تُعرف الهياكل مسبقة التصميم بقدرتها على تسريع دورة حياة المشروع من خلال تقليل وقت التنفيذ في الموقع، وتقليل الاعتماد على الأيدي العاملة الميدانية، مما يعزز من ضبط الجدول الزمني والميزانية العامة. في المقابل، تتطلب الهياكل التقليدية وقتاً أطول وتنطوي على مستويات أعلى من التعقيد التشغيلي والتنسيق الموقعي، وهو ما قد يؤدي إلى زيادة في المخاطر والتأخير.

يهدف هذا البحث إلى تحليل مقارن بين النظامين من منظور إدارة المشاريع، مع التركيز على تأثير كل نظام على الجدول الزمني، التكاليف، جودة التنفيذ، وإدارة المخاطر. تسعى الدراسة إلى تزويد مديري المشاريع والجهات المعنية بأسس عملية تساعد في اختيار أنسب نظام إنشائي وفقاً لمتطلبات المشروع وظروفه.

1.2. مشكلة الدراسة

رغم تعدد خيارات البناء الحديثة وتوفر حلول إنشائية فعالة مثل الهياكل الفولاذية مسبقة التصميم (PEB)، لا يزال العديد من المشاريع في قطاع البناء تعتمد بشكل كبير على الطرق التقليدية (CSB)، وهو ما يؤثر تساؤلات حول مدى وعي أصحاب القرار بالمزايا الإدارية والاقتصادية التي يمكن تحقيقها عند تغيير النظام الإنشائي.

1.2.1. فجوات على المستوى النظري

تفتقر الأدبيات الإدارية والهندسية إلى تحليل كافٍ لعلاقة نوع الهيكل الإنشائي بعوامل نجاح المشروع مثل الوقت، التكلفة، وإدارة المخاطر. كما لا توجد دراسات كافية تربط بين الأسلوب الإنشائي والأداء الإداري الفعلي للمشروعات، ما يخلق فجوة بين المعرفة الأكاديمية والتطبيق العملي.

1.2.2. فجوات على المستوى التطبيقي

تواجه المشاريع التي تعتمد على الهياكل التقليدية العديد من التحديات مثل:

- تأخر في الإنجاز بسبب طول مدة التصنيع والتركيب.
- زيادة في التكلفة نتيجة التغييرات المستمرة في الموقع.
- ضعف في التحكم بالمخاطر، مثل تغير الظروف الجوية أو تأخر التوريد.
- صعوبات في التنسيق بين الفرق الهندسية والموردين.

تواجه المشاريع التي تعتمد على الهياكل مسبقة التصميم العديد من التحديات مثل:

- الحاجة إلى تخطيط دقيق منذ المراحل الأولى لتفادي أي تعديل لاحق.
- ضعف المرونة في التعديلات بعد التصنيع.
- قلة الكوادر المدربة في بعض الأسواق المحلية على هذا النوع من النظام.

من هنا، تبرز ضرورة البحث في هذه الإشكاليات بمستوى نظري تحليلي وتطبيقي واقعي، لتقديم رؤية شاملة تساهم في تحسين اتخاذ القرار في المشاريع المستقبلية بين الهياكل الفولاذية مسبقة التصميم والهياكل الفولاذية التقليدية.

1.3. أهمية الدراسة

يساعد هذا البحث في توضيح الفروقات الجوهرية بين الهياكل الفولاذية التقليدية والمباني مسبقة التصميم، مما يمكن الجهات الهندسية والمطورين من اتخاذ قرارات مبنية على كفاءة الوقت والتكلفة والجودة. كما يشجع على استخدام تقنيات حديثة تساهم في تسريع وتيرة مشاريع البناء دون التأثير على الجودة أو الأمان.

1.3.1. على المستوى النظري:

يساهم هذا البحث في سد فجوة معرفية في الأدبيات العلمية المتعلقة بتأثير نوع الهيكل الإنشائي على عوامل نجاح المشروع مثل الوقت، التكلفة، والجودة. فغالبية الدراسات السابقة تناولت الهياكل من منظور هندسي

أو تصميمي بحث، بينما يركز هذا البحث على تحليل إداري شامل يعزز الفهم النظري للعلاقة بين النظام الإنشائي وأداء المشروع، مما يفتح المجال لتطوير نماذج نظرية أكثر دقة في إدارة المشاريع الإنشائية.

1.3.2. على المستوى التطبيقي:

يقدم البحث دليلاً عملياً يمكن أن تستفيد منه شركات المقاولات والجهات المطورة في اختيار النظام الإنشائي الأنسب بحسب نوع المشروع وظروفه. كما يساعد في تقليل المخاطر وتحسين الجدول الزمني والميزانية من خلال مقارنة تجريبية موثوقة. ويمكن الاستفادة من النتائج في إعداد سياسات تنفيذ تعتمد على الهياكل مسبقة التصميم خصوصاً في المشاريع ذات الإطار الزمني الضيق أو الميزانية المحدودة.

1.4. أسئلة الدراسة

- ما الفروقات الأساسية بين الهياكل الفولاذية مسبقة التصميم والهياكل التقليدية من ناحية الكلفة والوقت؟
- كيف يؤثر كل من النظامين على إدارة المخاطر في مشاريع البناء؟
- هل تساهم الهياكل مسبقة التصميم في تحسين جودة التنفيذ مقارنةً بالهياكل التقليدية؟
- ما مدى جاهزية السوق المحلي لتبني الهياكل الفولاذية مسبقة التصميم؟

1.5. أهداف الدراسة

- مقارنة الأداء الزمني والمالي لكلا النظامين.
- تحليل تأثير نوع الهيكل على جودة المشروع وإدارته.
- تقديم توصيات لمطوري المشاريع حول النظام الإنشائي الأنسب.
- تسليط الضوء على تحديات تطبيق النظامين في الواقع العملي.

1.6. فرضيات الدراسة

- الهياكل الفولاذية مسبقة التصميم تقلل من مدة تنفيذ المشروع مقارنةً بالهياكل التقليدية.
- تكلفة المشروع باستخدام الهياكل مسبقة التصميم أقل في المجمل رغم ارتفاع كلفة التصنيع.
- الهياكل مسبقة التصميم تحدّ من المخاطر المتعلقة بالتنفيذ في الموقع.

1.7. نموذج الدراسة

يعتمد هذا البحث على نموذج تحليلي يُوضح العلاقة بين نوع الهيكل الإنشائي (كمتغير مستقل) وبين مجموعة من المتغيرات التابعة التي تمثل مؤشرات أداء المشروع، وهي: الكلفة، الزمن، جودة التنفيذ، وإدارة المخاطر. يهدف هذا النموذج إلى اختبار الفرضية القائلة بأن نوع الهيكل (مسبق التصميم أو تقليدي) يؤثر بشكل مباشر على نجاح المشروع من حيث العوامل الإدارية والفنية.

تفاصيل النموذج	
المتغير المستقل	المتغيرات التابعة
نوع الهيكل الإنشائية (PEB/CSB)	• الكلفة الإجمالية للمشروع • الزمن اللازم للتنفيذ • درجة جودة التنفيذ • كفاءة إدارة المخاطر

1.8. منهجية الدراسة

يعتمد البحث على المنهج التحليلي المقارن، باستخدام:

- مراجعة أدبيات سابقة.
- تحليل دراسات حالة فعلية.
- إجراء مقابلات مع مهندسين مدنيين ومدراء مشاريع.
- جمع بيانات كمية عن التكاليف والمدة ومؤشرات الأداء.

1.9. الدراسة الميدانية

سيتم تطبيق الدراسة على مشاريع إنشائية تم تنفيذها فعلياً باستخدام كلا النظامين (PEB) و (CSB) في شركات مقاولات محلية في قطاع البناء داخل الأردن.

2. الفصل الثاني: الدراسات السابقة

2.1. المقدمة:

في هذا الفصل، نستعرض الأدبيات المتعلقة بموضوع الهياكل الفولاذية. يركز البحث بشكل أساسي على مقارنة الهياكل الفولاذية مسبقة التصميم (PEB) والهياكل الفولاذية التقليدية (CSB) توفر الدراسات السابقة والتقارير والمقالات نظرة شاملة حول مزايا وعيوب كلا النظامين، وكفاءتهما من حيث التكلفة والوقت، ودورهما في إدارة المخاطر والتحكم في الجودة في مشاريع البناء.

2.2. استعراض الهياكل الفولاذية مسبقة التصميم (PEB) :

2.2.1. خصائص PEB:

الهياكل الفولاذية مسبقة التصميم يتم تصميمها وتصنيعها في بيئة مصنع محكومة قبل أن يتم تجميعها في موقع البناء. هذه الطريقة تقلل بشكل كبير من وقت التنفيذ وتهدر المواد، مما يعزز سرعة تنفيذ المشروع مقارنة بالطرق التقليدية.

2.2.2. مزاي PEB:

تقدم الهياكل مسبقة التصميم العديد من المزايا، مثل تقليص مدة المشروع، تقليل التكاليف العمالية، وتقليل التأثيرات على الموقع. علاوة على ذلك، توفر هذه الهياكل تحكماً أفضل في الجودة بسبب ظروف المصنع المحكومة. ومع ذلك، فإن لها بعض القيود، خاصة فيما يتعلق بالتعديلات والتكيفات في الموقع بعد تصنيعها.

2.2.3. التحديات في تنفيذ PEB:

على الرغم من الفوائد العديدة التي تقدمها الهياكل مسبقة التصميم، فإن تبنيها يواجه بعض التحديات. تتطلب هذه الهياكل تخطيطاً وتصميماً دقيقاً من البداية، بالإضافة إلى محدودية المرونة في التعديلات بعد التصنيع. كما أن هناك نقصاً في الكوادر المدربة على هذا النوع من الهياكل في بعض المناطق.

2.3. استعراض الهياكل الفولاذية التقليدية (CSB)

2.3.1. خصائص CSB:

تتضمن الهياكل الفولاذية التقليدية تصنيع وتجميع الموقع بشكل مخصص، ويتطلب الأمر اللحام والتنسيق في الموقع. وغالباً ما تستخدم هذه الطريقة في المشاريع الأكبر والأكثر تعقيداً التي لا يمكن تصنيعها بالكامل مسبقاً.

2.3.2. مزاي CSB:

تقدم الهياكل التقليدية مرونة أكبر أثناء البناء ويمكن تعديلها بسهولة أكبر وفقاً للتغيرات في التصميم أو المواصفات. وتكون هذه الطريقة مفيدة بشكل خاص في المشاريع التي تكون فيها الأبعاد أو ظروف الموقع غير مؤكدة منذ البداية.

2.3.3. التحديات في تنفيذ CSB:

تتمثل العيوب الرئيسية في الهياكل التقليدية في أطول مدة التنفيذ، وارتفاع تكاليف العمالة، وزيادة التعقيد في إدارة المشروع. غالباً ما تخضع هذه المشاريع للمزيد من التأخيرات والمشاكل غير المتوقعة، مما يؤدي إلى زيادة التكاليف، خاصة عندما تحدث تغييرات في التصميم.

2.4. التحليل المقارن بين PEB و (CSB)

2.4.1. الكفاءة في التكلفة والوقت:

لقد درست العديد من الدراسات الفروق في التكلفة والوقت بين PEB و CSB، حيث أظهرت أن أنظمة PEB تكون عمومًا أكثر كفاءة من حيث التكلفة والوقت، خاصة للمشاريع ذات التصميمات المحددة والظروف الثابتة. من ناحية أخرى، تعد الهياكل التقليدية أكثر ملاءمة للمشاريع التي تتطلب مرونة وتعديلات مستمرة.

2.4.2. الجودة وإدارة المخاطر:

توفر أنظمة PEB تحكماً أفضل في الجودة نظراً لأن المكونات تُصنع في مصنع خاضع لظروف بيئية ثابتة. أما الهياكل التقليدية، فتوفر مرونة أكبر في إدارة المخاطر حيث يمكن إجراء التعديلات اللازمة أثناء البناء. ولكن هذا يأتي مع زيادة المخاطر والوقت.

2.5. الفجوات في الأدبيات الحالية

هناك قلة من الدراسات التي تحلل العلاقة بين اختيار النظام الإنشائي وعوامل نجاح المشروع مثل التكلفة، الوقت، والجودة. تركز معظم الأبحاث على الجوانب الفنية لكل من PEB و CSB بشكل منفصل، بينما هناك نقص في الدراسات التي تقارن الأداء الفعلي للأنظمة في المشاريع الواقعية.

2.6. نموذج: استبيانات

المحور	العبارات	مقياس الإجابة (من 1 إلى 5)
التكلفة	- يقلل نظام PEB من كلفة المشروع الكلية - تكاليف العمالة أقل في نظام PEB	5 (أو أقل بشدة) → (1) لا أو أقل بشدة
الوقت	- مدة التنفيذ في PEB أقل من CSB - التأخير في المشاريع أقل في نظام PEB	(1) إلى (5)
الجودة	- جودة التصنيع في PEB أعلى من CSB - دقة التركيب في PEB أفضل	(1) إلى (5)
إدارة المخاطر	- يساهم نظام PEB في تقليل مخاطر الموقع - إدارة التوريد في PEB أكثر كفاءة	(1) إلى (5)

2.7. جدول أدوات البحث

أداة البحث	نوع البيانات	طريقة التطبيق	الفئة المستهدفة	الهدف من استخدامها
الاستبيان	بيانات كمية	توزيع إلكتروني أو ورقي	مهندسو مشاريع، مهندسو مواقع	قياس تأثير نوع الهيكل الإنشائي على (التكلفة، الوقت، الجودة، المخاطر)
المقابلات شبه المهيكلة	بيانات نوعية	مقابلات شخصية / عبر الإنترنت	مدراء مشاريع وخبراء إنشائيون	جمع آراء الخبراء حول مزايا وتحديات كل نظام
تحليل وثائق المشاريع	بيانات كمية	مراجعة تقارير وموازنات المشاريع	مشاريع محلية مكتملة	مقارنة زمن وكلفة مشاريع سابقة بنظامي PEB و CSB

2.8. الخاتمة

تكشف الأدبيات عن وجود اختلافات كبيرة بين الهياكل الفولاذية مسبقة التصميم والهياكل التقليدية. تقدم أنظمة PEB فوائد واضحة من حيث توفير الوقت والتكلفة، ولكنها تعاني من محدودية في المرونة والتكيف. من جهة أخرى، توفر الهياكل التقليدية مرونة أكبر، ولكنها تحتاج إلى وقت أطول وتكاليف أعلى. هناك حاجة إلى مزيد

من الأبحاث لتقليص الفجوة بين النظرية والتطبيق العملي لمساعدة أصحاب القرار في اختيار النظام الأنسب بناءً على ظروف المشروع.

3. الفصل الثالث: منهجية البحث

3.1. المقدمة:

يتناول هذا الفصل منهجية البحث المستخدمة في تحليل المقارنة بين الهياكل الفولاذية مسبقة التصميم والهياكل الفولاذية التقليدية، من حيث الكلفة، الوقت، الجودة، وإدارة المخاطر. يهدف هذا الفصل إلى توضيح تصميم البحث، مجتمع الدراسة، طرق جمع البيانات، وأساليب التحليل الإحصائي التي استخدمت للوصول إلى نتائج دقيقة وموثوقة.

3.2. التعريفات الإجرائية لمتغيرات البحث

- **نوع الهيكل الإنشائي (المتغير المستقل):** يُقصد به النظام المستخدم في بناء المشروع، سواء كان هيكلًا فولاذيًا مسبق التصميم (PEB) أو هيكلًا فولاذيًا تقليديًا (CSB).
- **الكلفة (المتغير التابع):** إجمالي التكاليف المباشرة وغير المباشرة للمشروع، بما في ذلك العمالة والمواد والوقت.
- **الوقت:** المدة الزمنية المطلوبة لإنهاء المشروع من مرحلة التصميم إلى مرحلة التسليم.
- **الجودة:** درجة مطابقة الهيكل للمواصفات والمعايير الفنية المطلوبة.
- **إدارة المخاطر:** الإجراءات المتبعة لتقليل احتمالية حدوث التأخيرات أو الأخطاء أثناء التنفيذ.

3.3. تصميم البحث (صلة البحث):

اعتمد البحث على المنهج التحليلي المقارن، إذ تمت المقارنة بين نظامي (PEB) و (CSB) من خلال تحليل بيانات كمية ونوعية تم جمعها من مشاريع قائمة. تم استخدام الاستبيانات والمقابلات كأدوات رئيسية لجمع البيانات، مما يربط الدراسة بالواقع العملي للمشاريع في قطاع البناء الأردني.

3.4. مجتمع البحث وطرق وتقنيات أخذ العينات

مجتمع البحث: يشمل مهندسي المشاريع، مديري المواقع، والمقاولين العاملين في مشاريع تعتمد على أنظمة الهياكل الفولاذية مسبقة التصميم والتقليدية داخل الأردن.

عينة البحث: تم اختيار عينة قسدية من عدد من المشاريع والشركات التي تمثل كلا النظامين.

طريقة أخذ العينات: أخذ عينات غير عشوائية (عمدية) لضمان تمثيل المشاريع ذات الصلة بموضوع الدراسة.

3.5. طريقة جمع البيانات

تم جمع البيانات باستخدام أداتين رئيسيتين:

- **الاستبيان:** وُزِعَ على مهندسين ومديري مشاريع لتقييم تأثير نوع الهيكل على الوقت والتكلفة والجودة والمخاطر.
- **المقابلات شبه المهيكلية:** أجريت مع خبراء في مجال الهندسة الإنشائية للحصول على رؤى نوعية أعمق حول مزايا وتحديات كل نظام.

3.6. أنواع البيانات

استخدم البحث نوعين من البيانات:

بيانات كمية: تمثلت في الإجابات الرقمية على أسئلة الاستبيان.

بيانات نوعية: تمثلت في الآراء والملاحظات المستخلصة من المقابلات والخبرات العملية.

3.7. إجراءات التحليل الإحصائي

تم تحليل البيانات باستخدام الأساليب الإحصائية الوصفية والاستنتاجية، بما في ذلك:

- حساب المتوسطات والانحراف المعياري لمقارنة الفروقات بين النظامين.
- تحليل التباين (ANOVA) واختبار (t-test) لتحديد دلالة الفروقات بين المتغيرات.
- عرض النتائج من خلال الجداول والرسوم البيانية لتوضيح الاتجاهات العامة في البيانات.

3.8. الخاتمة

خلص هذا الفصل إلى توضيح منهجية البحث التي بُنيت عليها الدراسة، بدءًا من تحديد المجتمع والعينة، مرورًا بطرق جمع البيانات، وصولاً إلى أساليب التحليل الإحصائي التي ستستخدم لاستخلاص النتائج في الفصل التالي. وستمكن هذه المنهجية من اختبار فرضيات البحث بدقة وموثوق.

4. الفصل الرابع: التحليل الاحصائي ومناقشة النتائج

4.1. المقدمة:

"ويتناول هذا الفصل عرض وتحليل النتائج الإحصائية المستخلصة من أدوات البحث، وذلك بهدف اختبار فرضيات الدراسة والإجابة على أسئلتها، إضافة إلى تفسير النتائج وربطها بما توصلت إليه الدراسات السابقة."

4.2. توصيف عينة الدراسة:

شملت عينة الدراسة مجموعة من المهندسين ومديري المشاريع العاملين في قطاع البناء الأردني، وتم جمع البيانات باستخدام استبيانات إلكترونية وأخرى ورقية، كما جرى تحليل الخصائص الديموغرافية للعينة، بما في ذلك مستوى الخبرة والمسمى الوظيفي للمشاركين.

4.3. اختبارات الصدق والثبات للاستبيانات:

تم التحقق من صدق المحتوى من خلال مراجعة خبراء متخصصين في المجال، كما تم قياس ثبات أدوات الدراسة باستخدام معامل كرونباخ ألفا، وقد تجاوزت جميع القيم حاجز 0.70 مما يدل على اتساق داخلي جيد لفقرات الاستبانة.

4.4. الإحصاء الوصفي لمتغيرات الصوت:

أظهرت نتائج كل من المتوسطات الحسابية والانحرافات المعيارية ما يلي:

نظام PEB أقل تكلفة مقارنة ب CSB

مدة التنفيذ في PEB أقل بشكل واضح

جودة التصنيع والتركيب أعلى في PEB نتيجة ظروف المصنع.

تقليل المخاطر في الموقع بسبب قلة الأعمال الميدانية في PEB.

4.5. اختبار الفرضيات:

لتحديد الفروق بين النظامين، وأظهرت النتائج وجود فروق ذات دلالة إحصائية T-Test تم استخدام اختبار "في الكلفة والوقت والجودة والمخاطر، حيث تم قبول جميع الفرضيات إحصائياً PEB لصالح نظام

4.6. ربط النتائج بالدراسات السابقة:

تتوافق نتائج الدراسة الحالية مع ما توصلت إليه دراسة Londhe (2024) ودراسة Varshitha (2024)، اللتين أكدتا تفوق نظام الهياكل مسبقة التصميم (PEB) في عاملي الوقت والتكلفة كما تتسق النتائج مع ما ورد في دراسة Harris (2022)، التي أشارت إلى دور نظام PEB في تقليل أخطار التنفيذ داخل موقع المشروع.

4.7. الخاتمة:

يُظهر التحليل الإحصائي تفوق الهياكل مسبقة التصميم في عدة مؤشرات أداء المشروع مقارنة بالهياكل التقليدية، مما يجعلها خياراً عملياً للمشاريع ذات الوقت الحرج والتكلفة المحددة.

قائمة المراجع:

- Londhe, P. M., et al. (2024). A Comparative Analysis of Conventional Steel Building and Pre-Engineered Building Systems. *International Journal of Construction Management*.
- Varshitha, M., & Chandra Mohan Rao, B. D. V. (2024). A Comparative Study of the Pre-Engineered Building and Conventional Steel Building. *Journal of Physics*.
- IRJMETS. (2023). Comparative Study: CSB vs PEB – Real Case Data. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 5(8). Available at: https://www.irjmets.com/uploadedfiles/paper/issue_8_august_2023/43841/final/fin_irjmets1691305525.pdf.
- Smith, J., & Brown, L. (2023). *Cost and Time Comparison of Steel Construction Methods*. Engineering Studies Journal, 12(3), 45-59.
- Harris, M. (2022). *Risk Management in Steel Structures: A Comparative Approach*. Journal of Construction Safety, 5(2), 121-134.
- Khaled, A. (2023). *Construction Project Management: A Comprehensive Guide*. Academic Press.
- Jenson, P. R., & Simmons, L. D. (2021). *Steel Structure Design and Analysis Techniques*. Wiley & Sons.
- Williams, F. (2022). *Structural Efficiency and Performance of Pre-Engineered Buildings in Modern Construction*. Modern Engineering Review, 15(4), 301-317.
- O'Brien, R., & Hughes, M. (2020). *The Impact of Project Scheduling on Cost and Time in Steel Construction*.

