

محاكاة أداء المباني باستخدام الطوب الخفيف في البناء

أ.د. محمد عبد الباقي إبراهيم¹، م. داليا محمد سيف الدين²

¹- أستاذ بكلية الهندسة جامعة عين شمس، القاهرة، مصر

²- انشائية بمركز الدراسات التخطيطية والمعمارية، القاهرة، مصر

عنوان المراسلة: مركز الدراسات التخطيطية والمعمارية، 843 / 744 / 2419 0271 (202)، info@cpas-egypt.com

الملخص:

مع التطور الذي يشهده العالم في مجال البناء والتشييد للمشروعات المختلفة نجد أهمية البحث عن خامات بناء متوافقة مع البيئة وترتقي بمستوى جودة الحياة لشاغلي تلك المنشآت مع مراعاة الجوانب الاقتصادية وسهولة التشغيل والصيانة مستقبلاً. يهدف البحث إلى تقييم خامات البناء المستخدمة في بناء الحوائط في المباني في مصر لاختيار الأنسب والمتوافق مع الظروف البيئية والاقتصادية للمجتمع المحلي وبما يحافظ على مستوى أكثر جودة للمستخدمين مع إثبات ذلك حسابياً وهندسياً على مشروعات محلية بالقاهرة. يستعرض البحث بالتحليل المقارن مواد البناء المختلفة والمتاحة في مصر في بناء الحوائط من الطوب أو البلوكات وصولاً إلى تحديد الإيجابيات والسلبيات من المنظور الاقتصادي (التكلفة) والبيئية. تم اختيار برج إداري و آخر فندقي وعمل الدراسات الحسابية للتكلفة والعزل الحراري والصوت وغيرها من معايير مقارنة بين استخدام الطوب الأسمنتي وأحد مواد البناء المتاحة في السوق المصري بخصائص أفضل وهو الطوب الخفيف مع تحديد قيمة الوفر في التكلفة والترشيد في أحمال الطاقة الكهربائية المستهلكة. اشتمل البحث على التحليل الإنشائي للمباني في حالتي استخدام الطوب الأسمنتي أو الطوب الخفيف والمقارنة للأحمال والاجهادات على العناصر الإنشائية في الحالتين. كما تطرق إلى تصميم العناصر الإنشائية (الأعمدة والكمرات والبلاطات والأساسات) في الحالتين ومميزات الطوب الخفيف من وفر في الكميات وفي الأحمال الحرارية المكتسبة باستخدام الطوب الخفيف وفي الطاقة على المدى القريب أو البعيد باستخدام الطوب الخفيف.

الكلمات المفتاحية: الطوب الخفيف- العناصر الإنشائية- ترشيد الطاقة- التكلفة الاقتصادية

1- المقدمة:

ومونة اللصق واستهلاك الكهرباء نتيجة استخدام الطوب الرملي الخفيف بدلاً من الطوب الطفلي علي العبيد من المباني (الحوائط الحاملة) والمنشآت الخرسانية وأثبتت التحليلات الهندسية ودراسات الحصر الوفر بنسب تتراوح من 5% إلى 20% في تكلفة الهيكل الخرساني إلي جانب الوفر في استهلاك الطاقة سواء كان وفر ابتدائي أو وفر سنوي على المدى البعيد.

2- الدراسة الإنشائية:

تم عمل التحليل الإنشائي للعناصر الإنشائية المختلفة (الأعمدة والأساسات والأسقف) لبرجين أحدهما إداري و الآخر فندقي (شكل رقم 1) وهي أبراج فالكون تاورز في المعادي القاهرة وذلك للحالتين استخدام الطوب الخفيف أو الطوب الطفلي لحساب مدى الوفر في الأحمال والكميات وبالتالي الوفر في التكلفة الكلية نتيجة استخدام الطوب الخفيف.

- تعتمد فكرة البحث على توضيح مزايا استخدام البلوكات من الطوب الخفيف المصنوع من الرمل والأسمنت والجير والماء والمضاف إليها كمية صغيرة من بودرة الألومونيوم مقارنة بالطوب الطفلي العادي وذلك لما تلاحظ لها من وجود خواص مميزة أهمها:
 - **الوزن الخفيف** للطوبية كأحمال الميتة بالمبنى بما ينعكس بالإيجاب على تقليل الاجهادات على العناصر الخرسانية للمبنى مما سيؤدي إلى وفر في الخرسانة وحديد التسليح للهيكل الخرساني
 - **معامل العزل الحراري** عالي لتقليل استهلاك الطاقة المستخدمة في التكييف أو التدفئة
 - **سهولة وسرعة في البناء والتنفيذ** وسهل التقطيع بأدوات النجارة العادية الأمر الذي يحد من إهدار خامات البناء
 - **امتصاص الرطوبة** الزائدة والتخلص منها في فترات جفاف الهواء
 - **مقاوم للانضغاط**
 - **مقاوم للحريق** يتحمل إلى ثلاث ساعات ونصف
 - **العزل الصوتي الجيد**
- وقد تم إعداد الدراسات التحليلية والمالية على الوفر في تكاليف الهيكل الخرساني والأساسات

- 1- الظروف الخارجية
104 °F) فھرنهايت (40 °C) سيليزيس) درجة الحرارة الجافة (DBT) -77 °F) فھرنهايت (25 °C) سيليزيس) درجة الحرارة في الرطوبة (WBT)
2- تصميم الظروف الداخلية 75 °F) فھرنهايت (24 °C) سيليزيس) درجة الحرارة الجافة (DBT) 50% (RH) الرطوبة النسبية.
- 3- خط عرض 30° شمالا
- 4- زمن التقييم أغسطس: 4 عصرا
- 5- نوع الزجاج والتظليل :
شرائح زجاجية تمتص للحرارة
- 6- عدد الأدوار : 19 دور

حوائط الطوب الخفيف	حوائط الطوب الطفلي	
1,842 م ²	1,842 م ²	مساحة الدور
25 سم	30 سم	سمك البلاطة
456 م ³	548 م ³	إجمالي كميات الخرسانة والبلاطات و الكمرات للدور = إجمالي أوزان حديد التسليح للكمات و البلاطات للدور =
58 طن	73 طن	عدد الخوازيق قطر=80سم#16=18
100 سم	120 سم	سمك الهامة للخوازيق =
1,460 م ³	1,824 م ³	إجمالي كميات الخرسانة لهامة الخوازيق =
69 طن	87 طن	إجمالي أوزان الحديد لهامة الخوازيق =

جدول (1) المقارنة بين كميات الخرسانة و الحديد في حالتی استخدام الطوب الخفيف و الطوب الطفلي.

4- الدراسة الإنشائية:

1-4 التحليل الإنشائي والوفر في الكميات:

في حالة استخدام الطوب الطفلي ذو كثافة 1400 كجم/م³: سمك البلاطات 30 سم بالتالي وزن البلاطات

$$\times 98 + 1,2 \times 138 + 0,30 + 0,20 + 2,5 \times 0,30 = 1100 / 0,60 = 1,51 \text{ طن/م}^2$$

في حالة استخدام الطوب الخفيف ذو كثافة 600 كجم/م³: سمك البلاطات 25 سم بالتالي وزن البلاطات

$$\times 98 + 0,4 \times 138 + 0,30 + 0,20 + 2,5 \times 0,25 = 1100 / 0,30 = 1,20 \text{ طن/م}^2$$

بالتالي تقل الأحمال علي الأعمدة بنسبة 20% مما يوفر في كميات الخرسانة و الحديد



شكل رقم (1) - أبراج فالكون تاورز - المعادي, القاهرة

2-1 أسس الدراسة الإنشائية:

- 1- تمت الدراسة على برجین, أحدهما أداري و آخر فندقی مكون من 2 بدروم و ميزانين و أرضی + 22 دور متكرر.
- 2- الحمل الحي للمباني الإدارية و الفندقية 300 كجم/م².
- 3- الحوائط الخارجية للمبنى سمك 25 سم و الحوائط الداخلية سمك 12 سم.
- 4- كثافة الطوب الأسمنتي المستخدم للمقارنة 1400 كجم/م³.
- 5- كثافة الطوب الرملي الخفيف 600 كجم/م³.
- 6- النظام الإنشائي المستخدم لجميع الحالات:
 - الأساسات عميقة (خازوقيه بهامة لبشة) "Raft Pile Cap"
 - العناصر الإنشائية الحاملة للمبنى عبارة عن أعمدة و أكوار خرسانية
 - الأسقف عبارة عن بلاطات مصمتة لاكمرية "Flat Slab"
- 7- تم التصميم و لتحليل الإنشائي طبقاً للكود المصري لتصميم المنشآت الخرسانية

3- دراسة تأثير تكييف الهواء:

- تم حساب الأحمال الحرارية المكتسبة نتيجة العوامل الخارجية في حالة استخدام الطوب الخفيف بدلاً من الطوب الطفلي ومدى تأثير ذلك على التكاليف المبدئية لنظام التكييف وكذلك تكاليف التشغيل.

3-1 أسس دراسة تأثير تكييف الهواء

2-4 جدول (2) المقارنة بين كميات الخرسانة والحديد في الهيكل الخرساني

طوب خفيف	طوب طفلي	
3,750	4,500	إجمالي أطوال الخوازيق بالمتر
2,250	2,700	إجمالي تكلفة الخوازيق
2,703	3,812	إجمالي كميات الخرسانة للأعمدة م3=
10,003	12,056	إجمالي كميات الخرسانة للبلاطات م3=
12,706	15,868	إجمالي كميات الخرسانات م3=
445	555	محتوى الاسمنت بالطن=
2,539,062	3,060,997	إجمالي التكلفة ج.م=
69	87	إجمالي أوزان الحديد للأساسات بالطن =
632	762	إجمالي أوزان الحديد للأعمدة بالطن =
1,276	1,606	إجمالي أوزان الحديد للبلاطات بالطن =
1,977	2,455	إجمالي أوزان الحديد بالطن =

. بالتالي إجمالي الوفر في التكلفة للأسمنت و الحديد المستخدم في الهيكل الخرساني:

الوفر في كميات الاسمنت بالطن	سعر طن الاسمنت	الوفر في كميات الخرسانات و الخوازيق
111	650	521,936
الوفر في كميات حديد التسليح بالطن	سعر طن الحديد	الوفر في تكلفة حديد التسليح
478	6,100	2,915,800 ج.م

3- جدول (3) المقارنة بين كميات الاسمنت في المونة

إجمالي مسطحات الطوب سمك 12 سم م ² =	10,296	10,296
إجمالي كميات الطوب سمك 25 سم م ³ =	4,400	4,400

نسبة محتوى الاسمنت (طن/سم ²) في الحوائط سمك 12 سم=	0,009	0,004
نسبة محتوى الاسمنت (طن/م ³) في الحوائط سمك 25 سم=	0,110	0,063
إجمالي محتوى الاسمنت في المونة بالطن=	578	315

4-4 الزيادة في التكلفة نتيجة استخدام الطوب الخفيف:

	طوب طفلي	طوب خفيف	
الزيادة في التكلفة ج.م	10,29	10,29	مسطح الطوب الداخلي سمك 12 سم
	89,00	89,00	
	/1000	/1000	
	484,0000	220,0000	سعر ال1000 طوبة ج.م=
الزيادة في التكلفة ج.م	4400	4400	سعر المتر المكعب ج.م=
	2,185,592	993,451	إجمالي التكلفة =
	1,192,141		

5-4 إجمالي الوفر في التكلفة :

الزيادة في التكلفة نتيجة استخدام الطوب الخفيف	الوفر في تكلفة الاسمنت المونة	الوفر في تكلفة الحديد	الوفر في تكلفة الخرسانات و الخوازيق
1,192,141 ج.م	170,609 ج.م	2,915,800 ج.م	521,936 ج.م

نسبة الوفر في التكلفة	إجمالي الوفر في التكلفة
12 %	2,416,203 ج.م

5- دراسة الوفر في الأحمال الحرارية:

الحرارة الخارجية المكتسبة خلال عناصر الهيكل للمبني
1-5 الطاقة الشمسية و الحرارة المكتسبة من خلال مسطحات الواجهة الزجاجية

$$40,350 = (95-75) \times 10,76 \times 2,375 \times 0,5 = q$$

وحدة الحرارة/ الساعة

$$q \text{ إجمالي} \sim 19 \times 40,350 = 766,650 \text{ وحدة}$$

الحرارة / الساعة

في حالة استخدام الطوب الخفيف

$$= (95-75) \times 10,76 \times 2,375 \times 0,23 = q$$

وحدة الحرارة البريطانية / الساعة

$$q = (إجمالي) \sim 19 \times 18,560 = 352,640 \text{ وحدة}$$

الحرارة / الساعة

4-5 إجمالي الحرارة المكتسبة بالانتقال و الإشعاع:

في حالة استخدام الطوب الطفلي

$$q \text{ إجمالي} = 3,1 + 2,1 + 1 + \Sigma \text{ items} = 1,020,000 +$$

$$+ 2,662,778 = 766,650 + 876,128 \text{ وحدة}$$

الحرارة/ الساعة

بإضافة 15 % معامل أمان

$$2,662,778 \times 1,15 = 3,062,195 \text{ وحدة الحرارة / الساعة}$$

في حالة استخدام الطوب الخفيف

$$q \text{ إجمالي} = 3,2 + 2,2 + 1 + \Sigma \text{ items} = 1,020,000 +$$

$$352,640 + 669,389 + 1,020,000 = 2,042,029 \text{ وحدة الحرارة/ الساعة}$$

$$= 2,042,029 \text{ وحدة الحرارة/ الساعة}$$

بإضافة 15 % معامل أمان

إجمالي الحرارة المكتسبة =

$$2,348,333 = 1,15 \times 2,042,029 \text{ وحدة الحرارة}$$

$$\text{البريطانية/الساعة الوفر} \% = (-3,032,195)$$

$$713,862 = 3,062,195 / (2,348,333$$

$$3,062,195 \sim 23\%$$

6- نتيجة البحث:

1-6 نتيجة الدراسات الإنسانية:

في حالة استخدام الطوب الرملي الخفيف (600 كجم/م³) بدلاً من الطوب الطفلي (1400 كجم/م³) في الحوائط:

- تقل الأحمال على الأعمدة بنسبة 23 %
- بالتالي يقل سمك البلاطات و كميات الحديد المستخدمة إلى جانب التقليل في كميات حديد الأساسات و عدد الخوازيق، إجمالي كميات الخرسانات في حالة الطوب الطفلي 15868 طن و يقل في حالة استخدام الطوب الخفيف ليكون إجمالي كميات الخرسانات 12706 وإجمالي كميات الحديد المستخدم في حالة الطوب الطفلي 2455 طن و يقل في حالة استخدام الطوب الخفيف ليكون 1977 طن

▪ بالتالي تقل التكلفة الإجمالية للهيكل الخرساني للبرجين من 2,416,20 في حالة الطوب الطفلي إلي 1,192,141 أي بنسبة 12 %

▪ **زمن التقييم أغسطس 4 عصرًا**

$$Q = \text{مسطح الزجاج} \times \text{الإشعاع الشمسي المباشر} \times \text{معامل الظل} + \text{انعكاس الحرارة من الزجاج} \times \text{معامل النوع} \text{]]}$$

باستخدام جداول 3,24 & 3,28 & 3,31 & 3,32 (Trane Manual)

$$Q = 189 \times 2 \times 10,76 + (0,57 \times 30,4) \times 0,5 \times 18,2 = 53,688 \text{ وحدة الحرارة/ الساعة}$$

$$q \text{ إجمالي} \sim 19 \times 53,688 = 10,20,000 \text{ وحدة}$$

الحرارة / الساعة

2-5 الطاقة الشمسية و الحرارة المكتسبة من

خلال مسطحات الحوائط الخارجية

$$q = A \times U \times \text{فرق الحرارة المكافئ}$$

في حالة استخدام الطوب الطفلي

باستخدام جداول 3-42 & جداول التصحيح

(Trane Manual)

التعرض الشمالي

$$q = 0,4 \times (300 \times 10,76 \times (4+14)) = 223,242 \text{ وحدة الحرارة/الساعة}$$

التعرض الجنوبي

$$q = 0,5 \times (126 \times 10,76 \times (14+16)) = 20,236 \text{ وحدة الحرارة/ الساعة}$$

التعرض الشرقي

$$q = 0,4 \times (18 \times 10,76 \times (14+20)) = 2,634 \text{ وحدة الحرارة / الساعة}$$

$$q = (إجمالي) \sim (23,242 + 20,236 + 2,634) = 46,112 \text{ وحدة}$$

$$19 \text{ (دور متكرر)} = 876,128 \text{ وحدة}$$

الحرارة/الساعة

في حالة استخدام الطوب الخفيف

$$q = A \times U \times \text{فرق الحرارة المكافئ}$$

باستخدام جداول 3-42 & جداول التصحيح

(Trane Manual)

التعرض الشمالي

$$q = 0,4 \times (300 \times 10,76 \times (4+14)) = 23,242 \text{ وحدة الحرارة / الساعة}$$

التعرض الجنوبي

$$q = 0,23 \times (126 \times 10,76 \times (14+16)) = 9,355 \text{ وحدة الحرارة/ الساعة}$$

التعرض الشرقي

$$q = 0,4 \times (18 \times 10,76 \times (14+20)) = 2,634 \text{ وحدة الحرارة/ الساعة}$$

$$q \text{ إجمالي} \sim (23,242 + 9,355 + 2,634) \times 19 = 669,389 \text{ وحدة الحرارة}$$

/ الساعة

3-5 الحرارة المكتسبة من خلال مسطحات

الحوائط الداخلية

$$q = A \times U \times \text{فرق درجات الحرارة}$$

في حالة استخدام الطوب الطفلي

2-6 نتيجة دراسة تأثير الأحمال الحرارية

لتكييف الهواء:

- في حالة استخدام الطوب الرملي الخفيف بدلاً من الطوب الطفلي في الحوائط
- نسبة الوفر في الأحمال الحرارية المكتسبة نتيجة العوامل الخارجية للبرج الإداري ~ 27%
- نسبة الوفر في الأحمال الحرارية المكتسبة نتيجة العوامل الخارجية للبرج الفندقية ~ 23%
- مما يعني أن الوفر الابتدائي في نظام التكييف نتيجة الوفر في الحرارة المكتسبة بالانتقال و الإشعاع تكون مكافئة ل
 $(255 \text{ TR} - 196 \text{ TR}) \times 2,000$
ج.م. 1,180,000 ~ ج.م.
- إجمالي الوفر السنوي يكون مكافئ لـ
630,387 (كيلووات/ ساعة)
 $3 \times \text{KWH} =$ ج.م.
1,162,900 ج.م.

2- المراجع:

(1) Delta block

www.plenaegypt.com

(2) الكود المصري لتصميم المنشآت

الخرسانية 2008

(3) الكود المصري للأحمال والقوى في

الأعمال الإنشائية 2003

(4) الرسومات التنفيذية لمشروع "فالكون

تاورز".