نحو مبانى مستدامة فى مصر

دكتور/ سامح عبد العزيز البيطار

ملخص

إن ارتفاع أسعار الطاقة فى الأونة الاخيرة، بالإضافة إلى تأثيرها على البيئة، استدعى أن تقوم الجهات البحثية فى مصر بدراسة كيفية توفير الطاقة المستهلكة فى تشييد المبانى من خلال دراسة البناء بأنظمة مبتكرة غير تقليدية تتميز بخفة الوزن ولها قدرة عالية فى العزل؛ مما يقلل طاقة تصنيع مواد البناء وطاقة التبريد للمبانى، أو من خلال دراسة البناء بمواد بناء محلية لتقليل طاقة تصنيع ونقل مواد البناء.

نستعرض فى هذه الدراسة أهم أنواع البناء المستدام المعروضة على الساحة المصرية حاليا مع تقييم لهذه الأنظمة من حيث مزاياها وعيوبها مقارنة بالنظام الخرسانى التقليدى، حيث يتم مقارنة النظام الخرسانى التقليدى بأنظمة بديلة له، وهو نظام الحوائط الحاملة ونظام البانوهات و ذلك لنماذج نمطية تمثل المبانى الجارى تنفيذها فى مصر حاليا للوصول إلى أفضل النظم الإنشائية المستدامة التى يمكن تنفيذها فى مصر.

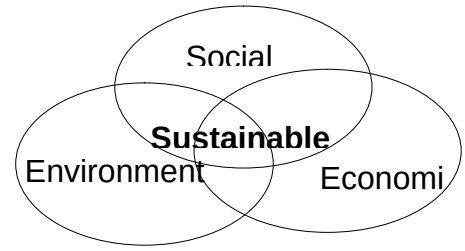
١- مقدمة

يشكل قطاع التشييد أكثر من ٥٠ % من الإستثمارات فى الدول النامية، كما تعتبر صناعة التشييد من الصناعات الأساسية التى تعتمد عليها الدول فى التنمية الإقتصادية والإجتماعية الشاملة لأنها صناعة كثيفة العمالة من ناحية، كما أنها تعتبر قاطرة لصناعات كثيرة من ناحية أخرى، ولكن من جهه اخرى فإن قطاع التشييد يستهلك أكثر من نصف المواد الخام من زلط ورمل وأحجار، كما يستهلك حوالى من ٤٠ – ٥٠ % من الطاقة وتبلغ النفايات من هذا القطاع حوالى ٣٠ % من إجمالى النفايات فى العالم، وعدم الكفاءة فى استخدام الموارد الطبيعية للأرض والإعتماد شبه الكامل على الوقود الأحفورى (الفحم والبترول والغاز الطبيعى واليورانيوم) غير القابل للتجديد لإنشاء البنية التحتية والمبانى أدى إلى التأثير السلبى على البيئة من خلال انبعاث ثانى اكسيد الكربون، وتأثيره فى ظاهرة الاحتباس الحرارى[١،٢].

لذلك فإن هدف البناء الأخضر هو تقليل تأثير المبانى على البيئة؛ أما مفهوم الإستدامة فيعبر عن فكر التوازن والحفاظ على الموارد وتنميتها، والمبانى المستدامة هى التى تحقق الحفاظ على البيئة وتقلل التكلفة وتحسن البيئة الداخلية للمبانى والذى ينعكس مباشرة على تحسين الصحة والسلامة العامة وإقامة بيئة مناسبة ومريحة للإنسان، ويتحقق ذلك بمراعاة التصميم المعمارى من حيث تشكيل كتل المبانى ونوعية التوجيه والتعرض لأشعة الشمس وشكل المبنى وعلاقته بالمبانى المحيطة والمناخ المحلى، كما يجب تحسين البيئة الداخلية للمبانى من خلال تصميم الفراغات الداخلية والديكورالداخلى بما يحقق جودة التهوية الطبيعية والإضاءة وإنخفاض الضوضاء، بالإضافة إلى إختيار النظم

أستاذ باحث مساعد، المركز القومى لبحوث الاسكان و البناء
Sameh_elbetar@yahoo.com

ذات الكفاءة القصوى فى تصميم وتنفيذ الأعمال الكهربائية وأعمال تغذية وصرف المياه، كما يجب مراعاة كفاءة استخدام مواد البناء بإختيار النظم الإنشائية المناسبة وهو ما يركز عليه هذا البحث.



شكل ١- أوجه الإستدامة

٢- أنواع البناء المستدام

تمتاز أنظمة البناء المستدامة بالآتى: لها تكلفة أقل خلال عمر المنشأ، سرعة الإنشاء، تتكون من مواد البناء الخفيفة التى لا تستهلك كميات كبيرة من الطاقة، تتكون من المواد المحلية والمصنعة بالموقع، تتكون من المواد المتجددة أو المواد المعادة التصنيع بما يقلل من استنزاف المصادر الطبيعية، تتكون من مواد تحتاج لمهارة بسيطة لتصنيعها، وقليلة الصيانة والعوادم أثناء الإنشاء، تتكون من مواد ذات كفاءة عالية ولها ديمومة عالية وتتحمل مع الزمن، لذلك فإن اختيار النظام الإنشائى الذى يحقق كل هذه الأوجه صعب تحقيقه لوجود مزايا وعيوب لكل نظام ولكل مادة إنشاء.

٢-١- المبانى من الطين

يستخدم الطين كمادة للبناء في معظم بلاد العالم منذ القدم وأهم مميزات الطين كمادة للبناء تتركز في سهولة عمليات التحضير والبناء بهذه المادة باستخدام الحد الأدنى من الآلات والأدوات البسيطة، يوفر الطاقة لقدرته الجيدة على العزل الحرارى وكذلك عدم استهلاكه للطاقة في عملية تصنيعه مما يساهم فى الحد من تلوث البيئة، أما عيوب البناء بالطين فتتركز في ضعف مادة الطين في تحمل الأوزان ومقاومة المياه وتحللها وضعفها، والتغير الحجمي الكبير لمنتجات الطين مما يسبب التشققات عند التعرض للعوامل الجوية، وتعرض أسطح مادة الطين للتعرية، كما لا يمكن اخضاع الطين لمواصفات معينة بسبب تنوعه الكبير.

عمارة الطين للمعمارى حسن فتحى

قام المعماري حسن فتحي بتقديم عمارة الفقراء فى القرن الماضى وقد قام ببناء قرية القرنة من الطين، وتتميز بجودة المناخ الداخلى؛ لأن البناء بطريقة الأحواش يسمح بالإحتفاظ بالهواء البارد ليلاً لينشره نهاراً عندما يشتد الحر، كما أن سماكة الحوائط، ونوعية المواد المصنوعة منها، وتوصيلها الردى للحرارة، تساعد على التدفئة شتاءً وتلطيف الجو صيفاً، ولكن يرى بعض الخبراء أن تطبيق هذه النظرية في الوقت الحالي سوف ينتج عنه عدة مشاكل أهمها: ندرة وجود المواد الطينية لعدم تجريف الأرض، ارتفاع أجور العمالة، صعوبة توفير عناصر السلامة في هذا النوع من الإنشاءات وصعوبة صيانة هذه النوعية من الإنشاءات وتكلفتها العالية، قِصر العمرالإفتراضى لهذا النوع من الإنشاءات مقارنة بغيرها، نتيجة لذلك لم تعد هذه النظرية صالحة لوقتنا هذا، كما أنها لم تكن ناجحة حتى في وقت ظهورها، وأصبح هذا النوع من العمارة يستعمل للسياحة والاستجمام والحنين للماضى.[٣] وقد أجرى سكان القرنة مع مرور الزمن العديد من التعديلات على المبانى بهدم بعض الأجزاء وإعادة بنائها بالطوب المحروق والخرسانة المسلحة لتكون أكثر متانة وتحمل من الطوب النئ التى بنيت به[٤].

شكل٢- الحالة الراهنة لمساكن القرنة الجديدة [٤]

٢-٢- البناء بشكائر الرمل

هو نظام يتم فيه البناء باستخدام شكائر بلاستيكية من ألياف البوليبروبلين مملوءة من تربة الموقع، وترص هذه

الشكائر بطريقة مشابهة للبناء التقليدي بالطوب، ويمكن استخدام الأسلاك الشائكة للربط بين صفوف الشكائر في حالة إضافة الأسمنت أو الجير للرمل، وتمثل الشكائر الحوائط الحاملة للمبني، ويمكن عمل أسقف مقبية باستخدام نفس الشكائر أو عمل أسقف خفيفة، وعادة ما يستخدم هذا النظام في إنشاء مبانٍ من دور واحد[٥]، هذا النظام يلائم تعمير المناطق الصحراوية النائية التي يصعب فيها توفير المواد والعمالة المدربة، أو المنشآت التى تتطلب شروط بيئية تمنع استخدام مواد البناء الحديثة مثل المحميات.

شكل٣- مبنى من شكائر الرمل فى أرض المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء بمدينة ٦ اكتوبر

٢-٣- البناء بإستخدام بلوكات التربة المضغوطة المثبتة

نظام إنشائي مستحدث، يتم فيه البناء باستخدام حوائط حاملة من أنواع من التربة، تحتوي بشكل أساسي على الرمل والزلط ونسبة من المواد الناعمة (الطفلة أو الطين) في حدود ٣٠ % من وزن التربة تعمل كمادة لاحمة، ويتم خلط هذه التربة يدويا أو ميكانيكيا مع النسبة المثالية من الماء لتحقيق أقصى كثافة عند الدمك (في حدود ١٠% من الوزن) ثم يتم كبس البلوكات في ماكينات كبس يدوية أو آلية ويضاف نسبة قليلة من الأسمنت أو الجير في حدود من ٥% إلى١٠% من وزن التربة وذلك لزيادة مقاومةالبلوكات لإجهادات الضغط وتحسين خواصها في مقاومة العوامل الجوية مع الزمن، يتم إنشاء الأسقف عادة على شكل قباب أو أقبية باستخدام الطوب المثبت والمونة المستخدمة مكونة من نفس التربة مع نسبة من الأسمنت أو الجير، ويتميز هذا النظام باستخدام التربة الموجودة بالموقع في الإنشاء وعدم الحاجة لنقل أي مواد لموقع التنفيذ والتوفير في استخدام الأسمنت، شكل(٤)[٥]، ولكن تقل مقاومة الضغط للتربة المثبتة، التى تبلغ حوالى٥٠ كجم/ سم^{٢} عن مقاومة الضغط للطوب الطفلى، ولندرة العمالة المدربة لهذا النوع من المبانى فمن الممكن أن تزيد تكلفة الإنشاء.

شكل ٤- مبنى من بلوكات التربة المثبتة فى مقر المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء بالدقى – الجيزة

٢-٤- مبانى الحوائط الحاملة من الطوب

يعتبر إسلوب البناء بالحوائط الحاملة من أقدم نظم البناء، وتمتاز هذه المبانى بأنها تتحمل مع الزمن، وتقاوم الحريق، وتعزل الحرارة والصوت، وأكثر مقاومة للرياح والأعاصير من الخشب، تمتاز عن المبانى الخرسانية بأنها أقل استهلاكا للحديد والأسمنت وأقل تكلفة، أما عيوب مبانى الحوائط الحاملة فتتمثل فى ضعف مقاومة الطوب مقارنة بالخرسانة المسلحة، وضعف مقاومة حوائط الطوب للزلازل حيث يعتبر الطوب مادة قصفة ولا يتمتع بممطولية كافية، كما أن الحوائط الحاملة أضعف فى مقاومة فرق الهبوط من الهيكل الخرسانى المكون من أعمدة وكمرات، بالإضافة إلى عدم إمكانية إزالة الحوائط أو تعديل أماكنها بعد إنشائها.

٢-٥- نظم البناء بالألواح (البانوهات)

هى ألواح سابقة التجهيز للحوائط والأسقف، وتهدف هذه النظم الى تقليل كمية المواد والأوزان المستخدمة في الإنشاء حيث يتم تكثيف المادة في الأماكن المعرّضة للإجهادات العالية فقط بينما يتم تقليل المادة من الأماكن الأخرى، ومن

أمثلة هذه النظم: نظم الألواح المفرغة سابقة الإجهاد والصب، نظم الألواح المفرغة سابقة التجهيز، نظام بانوهات الصلب المشكل على البارد، نظام الإنشاء بألواح الفيبرجلاس المحشوة بالبولي ستيرين، ولكن يتم التركيز فى هذه الدراسة على الألواح الإنشائية المعزولة لفائدتها فى تحقيق الإستدامة من خلال خفة وزنها وكفاءتها فى العزل الحرارى.

٢-٥-١- نظم الألواح الإنشائية المعزولة
(Structural Insulated Panel [SIP])

هى منتج هندسى مركب من قشرتين خارجيتين من مادة جاسئة وقوية، ويملأ الفراغ الواقع بين هاتين القشرتين بقلب من مادة خفيفة عازلة للحرارة، حيث يعطى القلب العزل والجساءة، والوجهين يعطوا المقاومة والتحمل مع الزمن، فى حالة تعرض البانوهات للعزوم يتم الإعتماد على مقاومة وجساءة القشرتين الخارجتين فى مقاومة إجهادات الضغط والشد، وعلى مقاومة المادة الداخلية فى مقاومة إجهادات القص والإبقاء على ثبات مسافتهما البينية، حيث تشبه البانوهات فى هذه الحالة بالكمرات الحديد، حيث يمثل القلب بالعصب والوجهين يمثلوا بالفلانج، وفى حالة الأحمال فى المستوى يتحمل الوجهين قوى الضغط والشد، والقلب يسبب اتزان للوجهين وعدم حدوث إنبعاج لأى منهم، ومن أشهر هذه الألواح هى الألواح الخرسانية الإنشائية المعزولة.

شكل ٥- الألواح الإنشائية المعزولة[٧]

يجب مراعاة تصميم وإنشاء الألواح طبقا لأى من الكودات أو معايير القبول مثل(AC 04)[٦]، وتشترط معايير القبول أن يتم عمل إختبارات على البانوهات، وذلك بالطول الحقيقى للبانوه، وبعرض حوالى١.٢م، وذلك لعدد ثلاث عينات لكل إختبار، واختبارات بانوهات الحوائط هى الضغط والإنحناء لتحديد مقدرة الحائط لمقاومة الحمل الرأسى والعرضى، والحمل المركز لتحديد مقاومة الوجهين للإختراق، وكذلك اختبار(RACKING) لتحديد قدرة الحائط لمقاومة الأحمال العرضية فى اتجاه الحائط (حائط القص)، وفى بانوهات البلاطات يجب إختبارالإنحناء وإختبارإختراق للوجه العلوى، يتم كذلك إختبارات الوصلات بين الحوائط بعضها وبعض، وبين الحوائط والأسقف، ويتم إجراء الإختبارات بأحمال متدرجة لتحديد علاقة الحمل بالإزاحة، ويحدد الحمل التصميمى بدلالة الحمل الأقصى ومنحنى الحمل بالإزاحة، ولا يقل معامل الأمان عن ثلاثة من متوسط الحمل الأقصى لعدد ثلاثة إختبارات.

البانوهات لها مزايا وعيوب مقارنة بالخرسانة المسلحة أهمها توفير الطاقة لقلة وزنها مما يقلل طاقة التصنيع لمواد البناء، وكذلك طاقة التبريد فى الصيف والتدفئة فى الشتاء لطبيعة العزل فى البانوهات، وتمنع الصوت، ومحكمة السد؛ مما تسبب راحة للسكان، ورغم ارتفاع تكلفتها الإبتدائية إلا أنه من الممكن حدوث توفيرعلى المدى البعيد نتيجة توفير الطاقه، من جهة أخرى فإن تنفيذ البانوهات يحتاج إلى عمالة مدربة وتفتيش دقيق من قبل المهندسين المتخصصين، بالإضافة إلى احتياج أعمال الكهرباء والسباكة إلى تنفيذ خاص ويجب الإهتمام بالأساسات حتى لا يحدث فرق هبوط، وأخيرا عند استخدام البانوهات كحوائط حاملة فإنه من الصعوبة تغيير أماكن الحوائط أو عمل فتحات كبيرة بها على عكس المبانى الهيكلية، بالإضافة إلى أن اختبارات البانوهات تحتاج إلى إمكانيات خاصة لإجرائها.

٣- إختيار النظام الانشائى

تم إختيار حالتين دراستين من نماذج نمطية من المبانى

الخرسانية المسلحة المنفذة حاليا فى مصر، لمقارنتها مع نماذج بديلة من مبانى الحوائط الحاملة ومبانى من البانوهات، الحالة الدراسية الأولى هى نموذج إبنى بيتك، ومسقطة الأفقى كما بشكل (٦) (١٠.٣ ×٨.٦ م)، وإرتفاع الدورالأرضى ٣.٥م، وكل دور يبلغ إرتفاعه ٣م، والنظام الإنشائى هو عبارة عن هيكل خرسانى من أعمدة وكمرات وبلاطات خرسانية، والحوائط١٢سم من طوب طفلى مفرغ، والأساسات هى قواعد مسلحة أسفلها قواعد عادية، والحالة الدراسية الثانية هى نموذج إسكان الشباب، الذى يتكون من دور أرضى وأربعة أدوار متكررة، والمسقط الأفقى للمبنى موضح بشكل (٦) (١٧.٥ × ٢١.٥ م)، وإرتفاع الدور٣ م، والدورالأرضى إرتفاعه ٤ م، والأساسات عبارة عن قواعد عادية ومسلحة، وحوائط الطوب المالئة من الطوب الطفلى المفرغ بسمك١٢سم، والمبانى مصممة طبقا للكود المصرى.

٣-١- حالة دراسية (١) نموذج ابنى بيتك

بالإضافة إلى نظام الخرسانة المسلحة، فتم تصميم المبنى بنظام الحوائط الحاملة طبقا للكود المصرى للمبانى، وكان سمك الحوائط٢٥سم، والسقف من الخرسانة المسلحة، والأساسات عبارة عن قواعد شريطية من الخرسانة العادية تعلوها خرسانة مسلحة، وتم اختيار نظام الألواح الخرسانية الإنشائية المعزولة(الشبك والفوم) كنموذج للبانوهات، يتكون هذا النظام من قشرتين خارجيتين من المونة المسلحة بشبكة من أسياخ الصلب المجلفن بمقاومة قصوى ٦١٠٠ كجم/سم^{٢}، (٢.٥مم كل ٦٢ سم أفقى وسيخ ٣.٥ مم كل ٦٧ مم رأسى)، والفراغ الواقع بين هاتين القشرتين مملوء بقلب من البوليستيرين الممد، ويتم زيادة مقاومة القلب من خلال ربط القشرتين الخارجتين بأسياخ من الصلب المجلفن تخترق القلب فى إتجاه متعامداً على القشرة والألواح تكون مجهزة جزئيا فى المصنع، فتخرج فى صورة ألواح من الحشو الداخلى مثبت عليها شبكتين التسليح على الوجهين يربط بينهما أسياخ عمودية مخترقة القلب، وبعد تثبيت الألواح فى مكانها ومع بعضها البعض يتم قذف المونة بواسطة مدفع الخرسانة فى الموقع ليكون سمك المونة ٣ سم من كل جهة، ولوح الفوم بكثافة ١٥ كجم/ م^{٣} وبسمك ٦سم ليصبح الحائط بسمك١٢ سم، وهو يتحمل ثلاثة أدوار كحائط حامل طبقا لمواصفات الشركة المنفذة، وبخصوص السقف فتم إختيار نموذج البانوهات بالأعصاب بسمك ٢٠ سم ليزيد الجساءة وليقلل أى إهتزاز بالسقف، وتسليح السقف كما بالحوائط مع وجود عصب كل ٥٧ سم بتسليح٢Φ ١٠ مم، وهذه الأبعاد معتمدة على بيانات منتج البانوهات وذلك لغرض المقارنة، ولكن يجب إجراء اختبارات للتأكد من مقاومة البانوهات[٧]، وتم تصميم الأساسات من قواعد شريطية من الخرسانة العادية والمسلحة، والجزء السفلى من المبنى من حوائط الطوب (حطة الردم) بسمك ٢٥سم أعلاه كمرة خرسانية مسلحة لربط الحوائط بها، وتركز المقارنة على التكلفة الابتدائية والأحمال الرأسية والطاقة المستهلكة للأنظمة المختلفة لنموذج إبنى بيتك.

٣-١-١- التكلفة

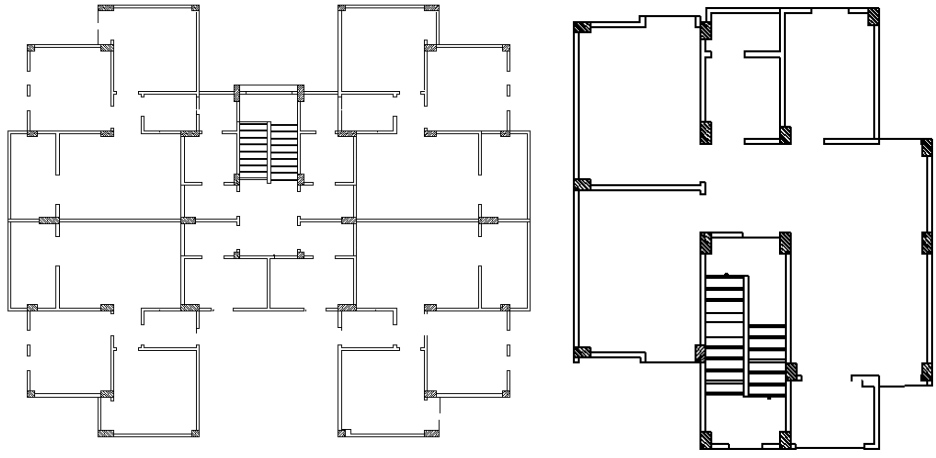
المكونات الرئيسية التى تتحكم فى تكلفة وحدات الإسكان هى: سعر الأرض المعدة للبناء، التنظيمات الفنية المطبقة والتصميم المعماري، النظام الإنشائي المستخدم ومواد الإنشاء والتشطيبات، قيمة المصاريف الإدارية، ولتخفيض التكلفة النهائية للوحدة السكنية فيجب تخفيض تكلفة العناصر الداخلة فى الوحدة بدءا من التخطيط ومرورا بالتصميم واختيارالنموذج الإنشائى ومواد البناء مع سرعة التنفيذ.

فى هذه الدراسة نقارن التكلفة الإبتدائية للمبنى ككل بالأساسات وبدون سعر الأرض، وتم حساب تكلفة بنود تشييد المبنى على أساس أن سعر طن الحديد هو ٤٣٠٠ جنيه والأسمنت ٥٠٠ جنيه لكل طن، وسعر البانوهات من الشركة المنتجة.

أولا: لدراسة فرق التكلفة بين الحوائط الحاملة ومبانى الخرسانة المسلحة فقد تم تصميم نموذج إبنى بيتك لعدد"١،٣،٥" أدوار من الحوائط الحاملة (طوب طفلى

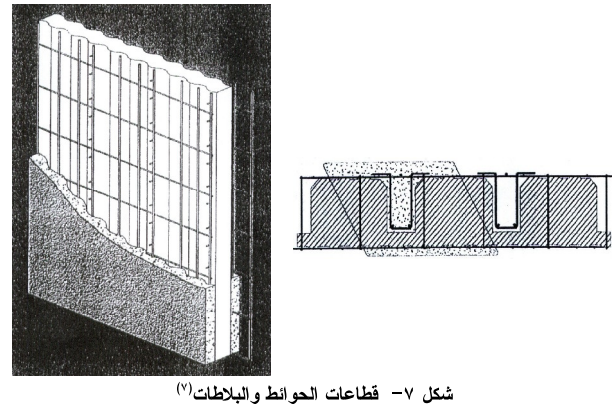
مصمت بجهد كسر للطوبة ٨٠ كجم /سم^{٢}) ومرة أخرى من الخرسانة المسلحة لتحديد فرق التكلفة الابتدائية، وكانت سمك الحوائط الحاملة ٢٥ سم لعدد دور وثلاثة أدوار، ويزيد سمك الحوائط إلى٣٧ سم للحوائط الداخلية لعدد خمسة أدوار للتغلب على إجهاد الشد المتولد فى الحوائط تحت تأثير الأحمال العرضية.

اتضح أن فرق التكلفة لمبنى الحوائط الحاملة يقل بمقدار٢٠%،١٠%،٤% عن ما يماثلها من الخرسانة المسلحة وذلك لدور وثلاثة أدوار وخمسة أدوار، ولكن من جهة أخرى فإن المساحة الداخلية للحجرات تقل فى حالة الحوائط الحاملة بحوالى ٨ %؛ لأن سمك الحوائط الحاملة ٢٥سم بينما سمك الحوائط فى مبنى الخرسانة المسلحة هو ١٢سم، نستنتج من هذا أن مبانى الحوائط الحاملة تصبح إقتصادية عن المبانى الخرسانية المسلحة فى حالة دور أو دورين لإنخفاض التكلفة خصوصا فى حالة استخدام مواد محلية الصنع.



نموذج ابنى بيتك نموذج اسكان الشباب

شكل ٦- الحالات الدراسية (نماذج هيئة المجتمعات العمرانية الجديدة – وزارة الإسكان)



شكل ٧- قطاعات الحوائط والبلاطات[٧]

ثانيا: لدراسة فرق التكلفة بين مبنى البانوهات ومبنى الحوائط الحاملة والخرسانة المسلحة، فتم مقارنة التكلفة الإبتدائية للنماذج المختلفة، جدول (١)، ويتضح منه أن تكلفة مبنى الحوائط الحاملة يقل تقريبا ١٠ % عن المبنى الخرسانى بينما المبنى من البانوهات الحاملة يساوى تقريبا تكلفة المبنى من الخرسانة المسلحة، كما تلاحظ أن تكلفة حديد التسليح حوالى ١٧ % من تكلفة مبنى الخرسانة المسلحة بينما فى الحوائط الحاملة والبانوهات ٨ % و٧.٥%، على التوالى، بدون احتساب سعر الأرض.

جدول رقم ١- التكلفة الابتدائية والأحمال الرأسية والطاقة المستهلكة لنموذج إبنى بيتك (٣ أدوار) من الخرسانة المسلحة والحوائط الحاملة والبانوهات الحاملة

	الخرسانة المسلحة	الحوائط الحاملة	البانوهات (SIP)
التكلفة الإبتدائية (جنيه)	٢٦٢٥٩٨	٢٣٦٦٧٨	٢٦٠١٥٠
الأحمال (طن)	٣١٢	٤١١	٢٢٠
كمية حديد التسليح (طن)	١٠.٤	٤.٥	٥.٢
كمية الأسمنت(طن)	٥٧.١	٥٠	٣٨.٦
كمية الطوب (طن)	٨٥	١٩٣	٢٠
الزلط و الرمل (طن)	٤٢٣	٤٤٠	٣٠٠
الطاقة المستهلكة (Giga joule)	١٤٧٥	١٧١١	٨١٢

٣-١-٢- الأحمال

الوزن الكلى لمبنى الحوائط الحاملة يزيد بنسبة ٣٢ % عن وزن مبنى الخرسانة المسلحة، و من جهة اخرى فإن الأحمال الرأسية لمبنى البانوهات تقل بمقدار ٣٠ % عن الخرسانة المسلحة بما يساعد فى تقليل طاقة النقل وكثافة العربات على الطرق، جدول (١).

٣-١-٣- الطاقة المستهلكة فى تصنيع مواد البناء

الطاقة المستهلكة فى إنشاء المبانى تتكون بصورة أساسية من طاقة تصنيع مواد البناء، والطاقة المستهلكة أثناء نقل مواد البناء وتشييد المبنى، بالإضافة إلى طاقة التشغيل للمبانى، وتستهلك الصناعة جزء كبير من الطاقة بالإضافة إلى التكاليف البيئية التى يتحملها الإقتصاد القومى نتيجة انبعاثات ثانى اكسيد الكربون، ويعتبر حديد التسليح من أكثر مواد الإنشاء استهلاكا للطاقة يليه الأسمنت ثم الطوب، والطاقة المستهلكة فى تصنيع ونقل مواد البناء لنموذج الحوائط الحاملة تزيد بمقدار ١٦ % عن الخرسانة المسلحة، جدول (١)، بالرغم من أن كمية حديد التسليح لمبنى الحوائط الحاملة تقل بمقدار النصف عن مبنى الخرسانة المسلحة، وكمية الأسمنت تقل بنسبة حوالى ١٢ %؛ إلا أن كمية الطوب تزيد بمقدار الضعف، حيث يستهلك الطوب حوالى ٥٦ % من طاقة تصنيع المواد فى مبنى الحوائط الحاملة. من جهة أخرى فإن كمية الحديد والأسمنت لمبنى البانوهات تقل بحوالى ٥٠ %،٣٢% عن مبنى الخرسانة المسلحة بما يقلل طاقة التصنيع لهذه المواد بمقدار ٤٥ % عن مبنى الخرسانة المسلحة و ذلك يساعد فى تقليل التلوث الناتج عن هذه الصناعات.

٣-٢- حالة دراسية (٢) نموذج اسكان الشباب

تكلفة البناء بالحوائط الحاملة لأرضى وخمسة أدوار تقارب تقريبا تكلفه المبانى الهيكلية، ولكن يتطلب التصميم الإنشائى أن تكون الحوائط الداخلية بسمك ٣٧ سم للدورالأرضى والأول بما يقلل المساحة الداخلية بنسبة ١٨ %؛ و بالتالى فالبناء بالحوائط الحاملة يصبح غير مناسب لمبانى من أرضى وخمسة ادوار.

تمتاز المبانى الخرسانية المسلحة بمقاومة ضغط عالية، وتتحمل مع الزمن، ولا تحتاج لصيانة بصورة متكررة فى حالة جودة تنفيذها، كذلك مقاومتها العالية للحريق وسهولة تشكيلها مما يجعلها أكثر مرونة فى الإستعمال، ولذلك فهى من أفضل المواد المستعملة حاليا فى مصر والعالم، ولكن من جهه أخرى فإن المبانى الخرسانية تستهلك كميات كبيرة من مواد البناء وغير جيدة للعزل الحرارى، لذا من الممكن الاحتفاظ بمزايا المبانى الخرسانية المسلحة مع تقليل عيوبها (وأهمها الوزن الثقيل وعدم كفاءة عزل الحرارة) و ذلك بعمل الحوائط من مواد خفيفة الوزن و ذات مقاومة حرارية مع عمل عزل حرارى لسقف الدور الأخير، والإهتمام بالشبابيك والفتحات لعدم تسرب الحرارة، مما يؤدى لخفض الوزن وزيادة عزل الحرارة فى المبانى الخرسانية.

تشير الدراسات إلى أن نسبة الحرارة المتسربة من الحوائط والأسقف فى المناطق الصحراوية تقدر بحوالى ٦٠ – ٧٠ %، بينما تأتى البقية عن طريق فتحات النوافذ والابواب، وهذا يعنى أن الحرارة المتسربة من الحوائط والأسقف تمثل الجزء الأكبر المراد التخلص منه عن طريق أجهزة التكييف، مما يوضح أهمية العزل الحرارى لتقليل استهلاك الكهرباء، حيث تشير الدراسات فى احدى دول الخليج أن استخدام العزل الحرارى قد يؤدى الى وفر فى الطاقة يصل إلى ٣٠ –٥٠ %، (١٠) ويظهر تأثير العزل الحرارى للحوائط فى دراسة من المركز القومى لبحوث الإسكان و البناء عن مقارنة بين استخدام الطوب الرملى الخفيف بسمك ٢٥ سم وبين استخدام الطوب الأسمنتى بسمك ٢٥ سم لوحدة سكنية تقليدية بمساحة ١٥٠ م تقريبا، وتمثل دور متكرر، واستخدام الطوب الرملى الخفيف كان له تأثير مباشر على خفض الأحمال الحرارية الداخلية والطاقة الكهربية المستهلكة بنسبة وفر فى الاستهلاك السنوى حوالى ٤٣ % باستخدام وحدات تكييف

هواء لأنظمة التبريد والتدفئة.

يتوقف اختيار المواد العازلة على معرفة خصائصها المختلفة والمتمثلة فى الخصائص الحرارية والميكانيكية، والخصائص الحرارية تعنى قدرة المادة على العزل الحرارى، وتقاس بمعامل التوصيل الحرارى، و كلما قل معامل التوصيل دل ذلك على زيادة مقاومة المادة لانتقال الحرارة.

وتقاس الموصلية الحرارية طبقا للمواصفات المصرية للعزل الحرارى (k) بكمية الحرارة المارة من خلال وحدة التخانة لوحدة المساحة للمادة فى وحدة الزمن عندما يحدث تغير فى درجات الحرارة بين الوجهين مقداره درجة مئوية واحدة، أما المواصلة الحرارية (C) فتقاس بكمية الحرارة المارة من خلال تخانة الحائط لوحدة المساحة من سطح الحائط فى وحدة الزمن عندما يحدث تغير فى درجات الحرارة بين وجهى الحائط مقداره درجة مئوية واحدة، وتحدد من المعادلة التالية:

$$C = k/T$$

حيث: T هى سمك الحائط بالمتر، ووحدة قياس المواصلة الحرارية هى وات / م٢.س؟ (W / m2. C?)؛ أما المقاومة الحرارية للحائط (R) فهى معكوس المواصلة الحرارية[١١].

يوضح جدول (٢) المقاومة الحرارية للأنواع المختلفة للطوب المستخدم فى إنشاء الحوائط فى مصر طبقا للكود المصرى للعزل الحرارى. و بحساب المقاومة الحرارية للحوائط بأنواع مختلفة من الطوب، تلاحظ أن حوائط الطوب الخفيف أكثر الحوائط عزلا للحرارة يليها حوائط طوب الليكا ثم البانوهات من الشبك و الفوم و يلى ذلك الطوب الطفلى المفرغ.

جدول ٢– أوزان المبانى و المقاومة الحرارية للانواع المختلفة من الطوب

نوع الحائط	كثافة طوب البناء (كجم/ م٣)	الموصليةالحرارية لمادة البناء وات / م٢.س؟	وزن المتر المسطح الكلى للدور طن / م٢ سمك الحائط		المقاومة الحرارية للحائط (الطوب والمونة) م٢.س؟ / وات سمك الحائط	
			١٢ سم	٢٥ سم	١٢ سم	٢٥ سم
بانوهات SIP		٠.٢	١.٠	–	٠.٥٤	
الطوب الخفيف	٦٠٠	٠.١٣٢	١.٠٣٥	١.٢٤	١.١٤	٢.١٢
ليكا	١٢٠٠	٠.٣٩	١.١٣	١.٤٣	٠.٥٤	٠.٨٧
طوب طفلى مفرغ	١٤٠٠	٠.٦	١.١٦٥	١.٥	٠.٤٣	٠.٦٥
طوب طفلى مصمت	١٨٠٠	١	١.٢٢	١.٦٤	٠.٣٥	٠.٤٨
طوب اسمنتى	٢٠٠٠	١.٢٥	١.٢٦	١.٧	٠.٣٣	٠.٤٣

ولدراسة تأثير حوائط الطوب أو البانوهات غير الحاملة على وزن المبانى الخرسانية الهيكلية، فتم حساب وزن المبنى مع تغيير نوع الحوائط لنموذج إسكان الشباب، حيث يوضح جدول(٢) وزن المتر المسطح الكلى للدور، ويشمل وزن المتر المسطح للحوائط (وزن الحوائط للدور على مساحة الدور) مضافا إليه الحمل الحى (٢٠٠ كجم / م٢) وحمل البلاط (١٥٠ كجم / م٢) ووزن البلاطات والكمرات الخرسانية.

يتضح من الجدول أن وزن الحوائط تصل إلى ٣٠ – ٣٥ % من إجمالى وزن المبنى لنموذج إسكان الشباب لصغر مساحات الغرف، كما يلاحظ أن استخدام البانوهات بدلا من الحوائط فى المبانى الهيكلية يساهم فى تقليل الوزن بنسبة ١٤% عن استخدام حوائط من الطوب الطفلى المفرغ بسمك ١٢ سم، وبالرغم من أن استخدام الطوب الخفيف للحوائط يزيد من تكلفة المبنى، إلا أن وزن المبنى الهيكلى من الطوب الخفيف ينخفض بحوالى ١١ % عن المبنى

الهيكلى من الطوب الطفلى المفرغ، ويزيد العزل الحرارى للحوائط بحوالى ١٥٠ % عن حوائط الطوب الطفلى المفرغ، و من جهة أخرى فإن استخدام الطوب الأسمنتى المصمت يقلل المقاومة الحرارية للحوائط ويزيد الوزن بنسبة٨ % عن استخدام الطوب الطفلى المفرغ، بالإضافة إلى التأثير السلبى لصناعة الأسمنت على البيئة مما يوصى بتقليل استخدامة.

٤- التوصيات

١- المبانى الهيكلية الخرسانية هى أفضل نظام إنشائى للمبانى بالمدن والقرى كثيفة السكان فى مصر التى تتطلب أفضل استغلال لمساحة الأرض للوصول إلى أقصى ارتفاع بالنسبة لعرض الشوارع، ولكن تلاحظ أن وزن الطوب حوالى ٣٠ % - ٣٥ % من وزن المبنى وبالتالى يجب مراعاة نوعية الطوب التى تخفف الوزن والتى تزيد العزل الحرارى و خصوصا فى الاماكن شديدة الحرارة، بالإضافة إلى الإهتمام بالعزل الحرارى للأسطح والاهتمام بالفتحات و الشبابيك لمنع تسرب الحرارة.

٢- مبانى الحوائط الحاملة تكون مناسبة فى المناطق الصحراوية والقرى قليلة الكثافة، حيث يمكن البناء بهذا النظام لدور أو دورين لإنخفاض التكلفة، ويمكن الإستعانة بمواد محلية الصنع مثل الحجر مما يخفض تكلفة النقل.

٣- البناء بالبانوهات مناسب للتعليات التى تقام على المبانى القديمة لإنخفاض وزنها عن المبانى الهيكلية، كذلك يمكن البناء بالبانوهات للمنشآت التى تتطلب سرعة التنفيذ، بعد التاكد من إتخاذ الإحتياطات المطلوبة لهذه النوعية من الإنشاء.

TOWARDS SUSTAINABLE BUILDINGS IN EGYPT

Dr. Sameh A. El-Betar*

ABSTRACT

The rise in energy prices in recent times, in addition to its impact on the environment, required the research organizations in Egypt to study how to save the consumed energy in the construction of buildings. To achieve such a purpose, new building techniques were studied in order to save energy in material's manufacturing process by decreasing the weight of the construction materials and to reduce energy for heating and air conditioning by using material with high thermal insulation. Moreover, the energy can be saved through using local building materials to reduce the consumed energy of manufacturing and transporting the construction materials. In this paper, the light is shed on the important types of sustainable buildings that are available in Egypt, recently. In addition, the paper provides an evaluation of these systems in terms of their advantages and disadvantages compared to the R.C. system. In order to attain the best sustainable structural systems which can be implemented in Egypt, a comparison is made between R.C. system and alternative systems (masonry system and Lightweight structural insulated panels, SIP) through studying typical models of structures currently constructed in Egypt.

KEY WORDS: Sustainability, Masonry , R.C. building. Structural Insulated Panels.

٥- المراجع

1- Hazem Elzarka, (2010) "Should Egypt Adapt the LEED System or Develop its Own?" International Conference of Sustainable Green Building, Cairo, Egypt.

٢- Adrian Pitts (٢٠١٠) "استراتيجيات التخطيط والتصميم لتحقيق الاستدامة و الربح على مستوى العمران "ترجمة دكتور/ زياد أحمد محمد علم الدين، جامعة الملك سعود. السعودية.

*Researcher, Housing & Building National Research Center, Cairo, Egypt- Sameh_elbetar@yahoo.com

٣- م. محمد عبد الحميد خطاب (٢٠٠٧) "عمارة الفقراء رؤية جديدة" مجلة المهندسين، العدد ٦٢١، القاهرة، مصر.

٤- د.م .عبدالرحمن عبدالنعيم عبداللطيف (٢٠١٣) "إستلهام التراث العمرانى من الإستنساخ إلى تأصيل و إستدامة العمارة والعمران المحلى" استضافة الفعاليات الدولية الكبرى، القاهرة، مصر.

٥- "مؤتمر الرؤية القومية لمجلس العلوم الهندسية" المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء، مصر، ٢٠١١.

6- ICC AC04. (2004) "Acceptance Criteria for Sandwich Panels" ICC Evaluation Service Inc. USA.

7- Oscar M. Ramirez, (2003) "Experimental Tests on Sample of Panel System From M2" Technology University Engineering Experiment Centre, Panama.

8- S. A. El-Betar, (2010) "Application of Structural Insulated Panels on Low Rise Buildings"6th International Engineering and Construction Conference (IECC'6), Cairo, Egypt.

9- Sameh A. El-Betar, Ibrahim M. Metwally, (2010) "Sustainability of Unreinforced Masonry Buildings" 1th Arab Housing Conference, Building Sustainability in Arab Region Especially in Desert Environment, Cairo, Egypt.

١٠- أحمد هلال محمد (٢٠٠٢) "أهمية العزل الحرارى و ترشيد الطاقة فى عمارة الصحراء" ندوة التنمية العمرانية فى المناطق الصحراوية ومشكلات البناء فيها، السعودية.

١١- مواصفات بنود أعمال العزل الحرارى (٢٠٠٨) المركز القومى لبحوث الإسكان والبناء، مصر.