الطوب

- مواصفات الطوب
- الحوائط المفرغة
- الطوب والتسليح
- طوب المكسوة
- الطوب الزجاجى

دكتور سيد كريم

أول ما استعمل الطوب منذ آلاف السنين كان فى مبانى قدماء المصريين الذين لا زالت آثارهم للان تثبت هذه الحقيقة وتعد المرجع الصريح لتاريخ نشأة الطوب وصنعه وطرق استعماله فى المبانى الخفيفة قبل ما دخل عليه من التطور على مر السنين حتى أصبح بحالته الراهنة المعروفة للجميع — ويعد الطوب أول مواد البناء المنظمة التى عرفها علم الانشاء — كما أنه أول أنواع الحجر الصناعى الذى استخدم فى فن العمارة — ورغم أن أقدم أمثله استعماله فى البناء ترجع إلى ما يقرب من ٤٢٠٠ سنة فانه لا زال حافظا لمكانته بين مواد البناء الحديثة وذلك لمرونة استعماله الانشائى وتطور مواصفاته وتكيفها تبعاً للمطالب الانشائية والبنائية لكل عصر. فطاوع خيال المعمارى فى تجسيم زخارفه وحلياته فى العصور الزخرفية — ووضع كثيراً من نظريات واشكال وحدات الطرز القوطية والبيزنطية والعربية تبعاً لقيود الانشاء التى خضعت له — كما أمكنه أن يساير العمارة العلمية الحديثة مع ازدياد قيودها وتعدد مطالبها من حيث المقاومة والعزل والوزن والاحتمال وبعد ما أمكنه أن يخضع للصناعة الآلية التى هى طابع العصر الحديث والتى مكنته من التخلص من نقائصه وأضافت إلى خواصه كل ما اتصفت به المواد الأخرى من مميزات .

• أن هناك عدة شروط معروفة يمكن بها تقدير جودة الطوب كانتظام الشكل والابعاد والرنين والصلابة وخلوه من الشروخ وتجانس اللون وسهولة كسره بالمسطرين إلى أجزاء منتظمة وخلوه من المواد الجيرية والعضوية — وإذا غمرت القوالب مدة طويلة فى الماء فلا يجب أن يزيد وزنها عن ١٥ ٪. كما أن بقاء بقع رطبة على سطحة مدة طويلة بعد جفافه دليل على قابليته لسرعة التآكل .

وتتوقف الجودة بصفة عامة على ثلاثة عوامل أساسية . ا — التركيب الكيميائى للخامات ب — طريقة تحضير الطينة حـ — طريقة الحرق ودرجته — ولا تنطبق تلك الشروط على الكثير من الأنواع التى هى انتاج الصناعة الآلية .

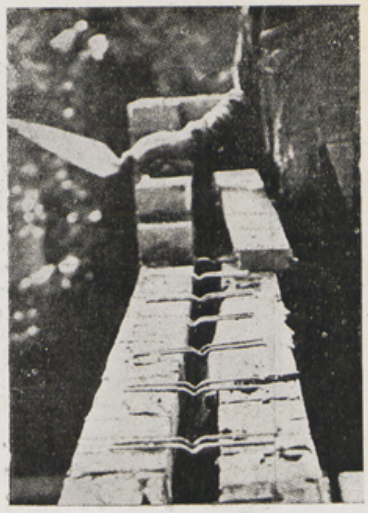
وليس للون الطوب علاقه بجودته فاللون يختلف تبعاً للتركيب الكيميائى للمواد الداخلة فى صناعته أو للرمل الذى يغطى به سطحه قبل الحرق ودرجة حرارة الحرق نفسها .

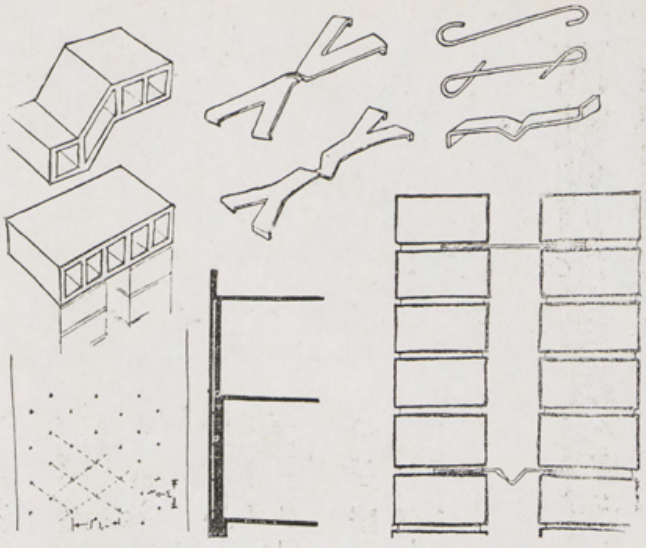
فالحديد وأكاسيده هو عامل التلوين الأساسى فى الطوب الأحمر — فالطينة الخالية منه يكون لون طوبها أبيض ، واللون البيج دليل على وجود كميات ضئيلة من الحديد والكلسيوم، فكلما زادت كمية الحديد مال اللون إلى الحمرة وكلما زادت كمية الكلسيوم مال إلى اللون البنى وإذا بلغت كمية الحديد ٧,٥ — ١٠ ٪. تلون الطوب باللون الأزرق الغامق وإذا زادت عن ١٠ ٪. تحول إلى اللون الأسود .

وإذا حوت الطينة نسبة كبيرة من القلويات وحرق الطوب إلى درجة مرتفعة جداً تلون باللون الأخضر المائل الى الزرقة واللون الأزرق الغامق دليل على أن الطينة تحوى كمية كبيرة من أكاسيد الحديد واللون الرمادى القاتم ينتج عن اضافة طينة تحوى بعض المنجنيز إلى الطينة السابقة .

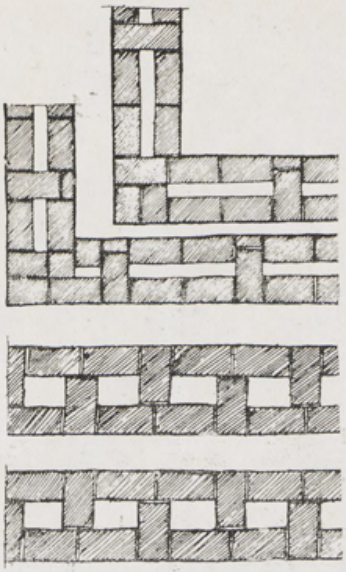
أما اللون الوردى فهو دليل على نقاوة الطينة ووجود كميات مختلفة من الحديد وأكاسيده يختلف تبعا لها لون الطوب من الوردى الفاتح إلى الأحمر القاتم — واللون الأصفر دليـــل على وجود كميات قليلة من المنجنيز مع الحديد والاصفر الاوكر ينشأ من وجود كميات مختلفة من الكبريت ومركباته .

وتغطية سطح الطوب بطبقة من الرمل الناعم قبل حرقه تكسب سطحه صلابة وتكسيه بطبقة زجاجية تؤثر فى كثير من الأحوال على لونه الاصلى — كما أن درجة الحريق نفسها تلعب دوراً كبيراً فى تلوين الطوب ، وفى كثير من أنواعه يختلف اللون اختلافاً تاماً تبعاً لمقدارها .





(شكل ١) طريقة بناء الحوائط المزدوجة — إلى اليمين طريقة توزيع الروابط المعدنية فى حائط مزدوج ذو فراغ مستمر. إلى اليسار بعض أمثلة الروابط الطوبية والمعدنية المستعملة فى ربط الطبقات ببعضها — المسافة الأفقية بين كل رابطين ١,٠٠ متر وعلى ارتفاعات تختلف بين أربعة مداميك وخمسة .



(شكل ٢) بعض أمثلة الحوائط المفرغة الخفيفة ٣٢، ٣٨ سم — والتى استعملت فى مساكن العمال فى جنوب المانيا

• لقد اختلفت مواصفات الطوب فى المنشئات الحديثة عنها فى القديمه فبينما كانت الصناعة تتجه فى الماضى نحو زيادة مقاومة الطوب للأحمال المركزة عليه ثبت أن قوة المقاومة فى الحوائط الطوبية تتوقف أولا على قوة تماسك المونة التى تربط الطوب ببعضه وليست على مقاومة الطوب نفسه فطوب قوى الاحتمال ومونة ضعيفة التماسك معناه حائط ضعيف والعكس بالعكس فطوب ضعيف ومونة قوية التماسك معناه حائط قوى — كما أن الطوب قد تحول فى المبانى الهيكلية الحديثة عن كونه يحمل الأدوار المختلفة والأرضيات إلى اقتصاره على سد فراغات الهيكل أى أنه قد أصبح محمولا فأضيفت إلى مواصفاته قيود جديدة لعزل الحرارة والرطوبة والصوت مع خفة الوزن وتقليل الفراغ ثم مقاومة سطحه للتآكل والعوامل الجوية الأخرى وتأثير الرياح والأمطار والأملاح. كما أن الصناعة الآلية قد تناولت أشكاله بالتغيير والتبديل حتى أعطته الفرصة لكى يساهم فى بناء الأسقف والأعتاب وطرق البناء الجافة .

● الحوائط المفرغة

هو بناء الحوائط من طبقات رأسية متراصة من الطوب العادى بينها فراغ أو أكثر من الهواء تتراوح سمك طبقته من ٤ — ٨ سم ويختلف سمك كل طبقة من طبقات الحائط من ٦ — ٢٥ سم ويربطها ببعضها روابط من الطوب أو وحدات خاصة أو شبك معدنى أو أنواع مختلفة من الخوص والأسياخ (شكل ١) .

ولقد نشأت الحوائط المفرغة نتيجة لعدة قيود اقتصادية وفنية عملت منفردة أو مجتمعة على اظهارها الى حيز الوجود : —

١ — الاقتصاد فى كمية الطوب اللازمة لبناء الحوائط وما يتبعها من اقتصاد فى المونة والتكاليف وزمن البناء .

٢ — عزل الحرارة الخارجية ومنع تسربها إلى داخل المبانى فى الصيف ومنع تسرب الحرارة الكامنة للحجرات عند تدفئتها فى الشتاء .

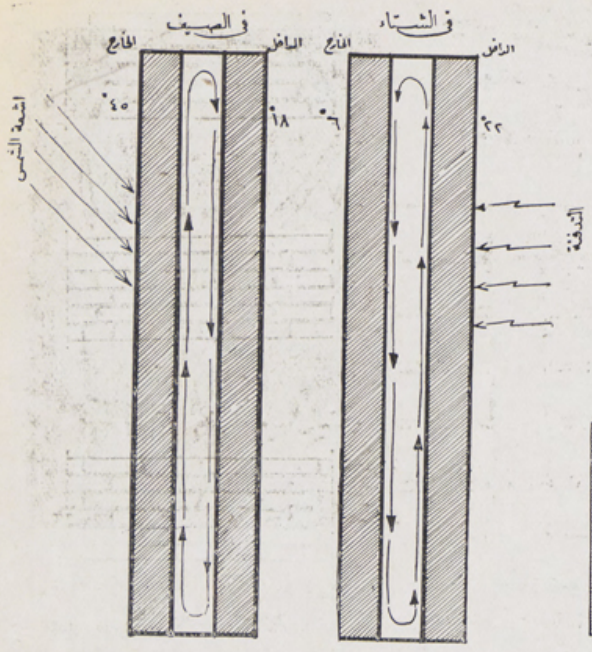
٣ — عزل الرطوبة ومنع انتقالها إلى أسطح الحوائط الداخلية .

٤ — عزل الصوت ومنع انتقاله إلى داخل المبانى فى المناطق الكثيرة الضوضاء .

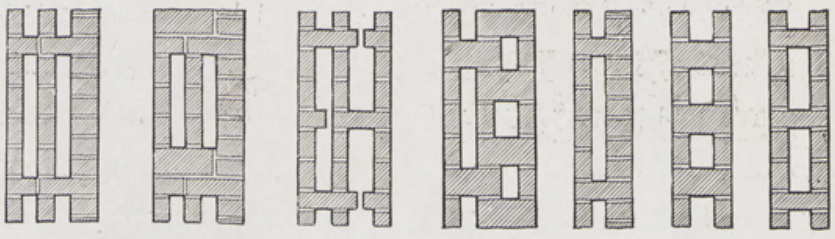
٥ — مقاومة الحرائق .

• أما من حيث الاقتصاد فى كمية الطوب فهذا أمر لا شك فيه وكذلك كمية المونة اللازمة التى تجف وتتماسك بسرعة لكون الحوائط أكثر تعرض للهواء ويتبعها بطبيعة الحال سرعة جفاف الماء الزائد . أما الاقتصاد فى الوقت وما يتبعه من الاقتصاد فى التكاليف فهذا ما يشك كثيراً فى امكان

(شكل ٣) رسم تفصيلي يبين حركة الهواء الدائرية فى الحوائط المزدوجة فى كل من فصلى الصيف والشتاء وانتقال الحرارة بواسطة التعادل الحرارى

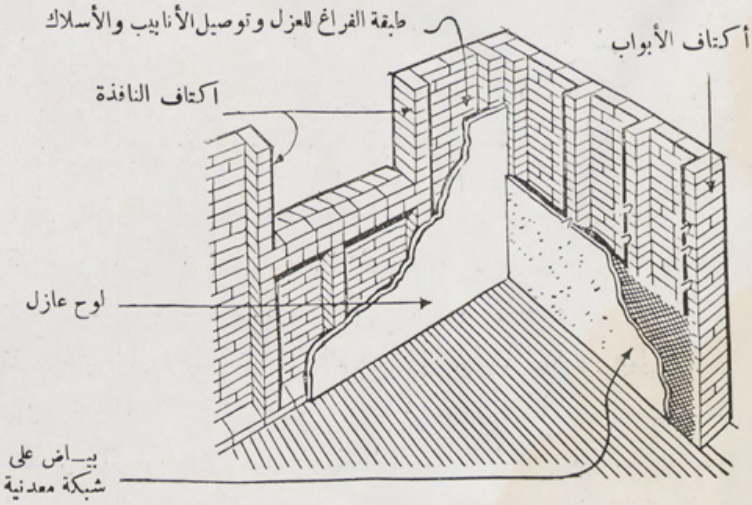


(شكل ٤) بعض أمثلة الفراغ الفردى والمزدوج فى حوائط رولوك المفرغة يبين عدة أمثلة مختلفة لقطاعات الحوائط حيث قسم الفراغ المستمر الى فراغات منفصلة. وقد روعى أن تشترك طبقات الحائط متضامنة فى توزيع الأحمال

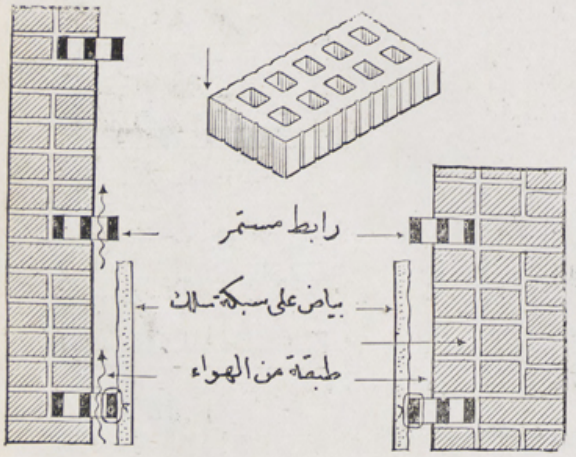


تحقيقه وذلك لأنه رغم أن كمية الطوب التى تحتاج اليها مثل تلك الحوائط أقل نسبيا من تلك التى تحتاج اليها الحوائط الصامتة إلا أنها تتطلب عناية ومهارة خاصتين فى رص الطوب وبنائه وتوزيع المونة مما يطيل مدة البناء ويزيدها زيادة محسوسة، كما أن الطوب الذى يستعمل لمثل هذه الحوائط وخاصة الرقيقة منها يحتاج إلى دقة وعناية فى اختيار قطعة حتى تكون جميعها متماثلة لتساعد على انتظام توزيع الروابط الأفقية، كذلك الدقة فى بناء الأركان والتركيب الشبكى للحوائط إذا كان الحمل موزعا توزيعا استاتيكيا على الحائط بأكمله كما أنه لا يمكن الاعتماد على البناء العادى فى القيام بتنفيذها. وعلى ذلك يمكن اعتبار أن الاقتصاد فى كمية الطوب والمونة تعادلها فرق الارتفاع فى أجر اليد العاملة واختيار القطع وزيادة مدة البناء.

• أما من حيث الغرض الأساسى من تلك الحوائط وهو عزل الحرارة ومنع تسربها فقد أثبتت التجارب الحديثة خطأ الكثير من النظريات القديمة المعروفة والتى ظهر فيها اختلاف كبير بين النتائج النظرية والتجارب العملية التى أمكن اجراؤها أخيرا، مما كان سببا فى تغيير كثير من نظريات انشائها المألوفة وادخال كثير من التعديلات على طرق بنائها



(شكل ٥) مثل من أمثلة الحوائط الطوبية العازلة المستعملة فى أمريكا حيث يكون الطوب الطبقة الخارجية الرقيقة وشبكة من الاضلاع تغطى من الداخل بشبكة معدنية وبياض لعزل الصوت بين الحجرات. أو بالواح من مادة عازلة لعزل الحرارة والرطوبة فى الحوائط الخارجية.



(شكل ٦) طريقة عزل الرطوبة فى الحوائط الطوبية الصامتة بفصل البياض الداخلى عن الحائط الخارجى بطبقة متصلة ومستمرة من الهواء. البياض مثبت على شبكة معدنية تربطها بالحائط وحدات خاصة من الطوب المفرغ.

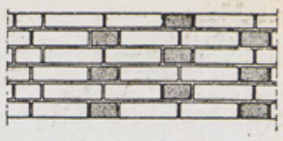
فطريقة طبقة الفراغ المستمرة التى يبلغ سمكها ٦ — ٨ سم والتى شاع استعمالها فى انجلترا وهولندا من قديم الزمن وجد بالتجارب أن نسبة العزل الفعلية قد بلغت ٤٠ — ٧٥٪ من نسبتها التقديرية . فالطبقة التى سمكها أكثر من ٣ سم وجد أنها كبيرة جدا بحيث تساعد على حركة الهواء الدائرية المستمرة تبعاً لاختلاف درجتى حرارة سطحى الحائط وسمك كل من طبقتيه .

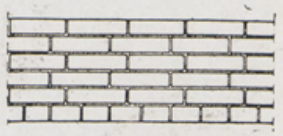
شكل (٣) يبين دورة الهواء فى الفراغ المقفل فى كل من الصيف والشتاء . ففى الصيف عند ما تبلغ درجة الحرارة الخارجية ٤٠° بينما درجة الحرارة الداخلية للمبنى ١٨ — ٢٠ فطبقة الهواء الملاصقة للحائط الخارجى ترتفع درجة حرارتها . وتبعاً لنظرية الوزن النوعى تصعد إلى أعلى لتحل محلها طبقة أخرى من أسفل ثم يفرغ الهواء شحنه حرارته على سطح الحائط الداخلى ويهبط ليكمل دورته ، وهكذا يقوم الهواء بنقل الحرارة بدلا من عزلها أما فى الشتاء عند تدفئة الحجرات حيث تبلغ الحرارة الداخلية ٢٠ — ٢٢° وفى الخارج ٥ — ٦ درجات يدور الهواء دورة عكسية لينقل الحرارة الداخلية إلى الحائط الخارجى — فكلما كان الاختلاف بين درجتى الحرارة الداخلية والخارجية كبيراً كلما زادت درجة التبادل الحرارى . فالهواء موصل بطىء للحرارة إذا كان ساكناً أو مستقراً ، بينما الهواء المتحرك ناقل جيد للحرارة أو عامل تعادل قوى . وتلك من الظواهر التى ارتكنت عليها كثير من نظريات علم الحرارة من قديم الزمن . فلكى يقوم الهواء بعمله كعازل للحرارة يجب حفظه ساكنا . . أو تقسيم طبقته إلى خلايا أو طبقات أفقية بحيث لا يسمح بحركة الهواء الدائرية .

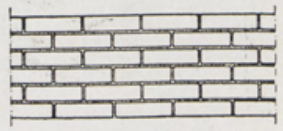
بينما فى البلاد الباردة توضع الطبقة الرقيقة من الحائط نحو الخارج فلكى يقوم الحائط بالعزل فى المناطق الحارة يجب أن تحل الطبقة السميكة محلها وتوضع الطبقة الرقيقة نحو الداخل .

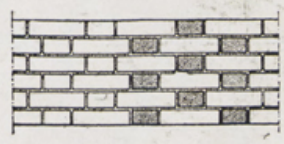
ولقد كان أول اتجاه سارت فيه طريقة بناء الحوائط العازلة هو تقسيم طبقة الهواء العازلة إلى خلايا أفقية بواسطة روابط عرضية مستمرة مع تقليل سمك طبقة الهواء بحيث لا تزيد عن ٣ سم ثم تقسيمها رأسياً أو باستعمال طريقة الحواجز المتوسطة (الحوائط ذات الفراغ المزدوج) والتى مهدت الطريق لظهور عدد لا يحصى من أنواع الطوب المفرغ أى تقسيم فراغ الهواء إلى أكبر عدد ممكن من الخلايا المقفلة — وقد عملت عدة تجارب ملئت بها فراغات الحوائط المزدوجة بالخرسانة الخفيفة أو خرسانة الحجر الخفاف وغيرها من المواد الخفيفة فاعطت نتائجا لها أهميتها .

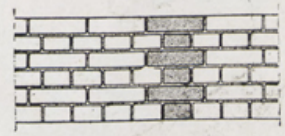
• أما عزل الرطوبة عن الحوائط الداخلية فقد وجد أنها فى كثير من الأمثلة تتوازى مع نظرية انتقال الحرارة السابقة خصوصاً فى المناطق الرطبة والكثيرة الأمطار فالرطوبة التى تمتصها طبقة الحائط الخارجية عند ما تسقط عليها أشعة الشمس تتسرب إلى طبقة الفراغ وتدور دورتها مع الهواء لتلتصق بالطبقة الداخلية الباردة تبعا لنظرية التكاثف وتنتقل منها خلال الطوب إلى البياض الداخلى وتظهر تلك الدورة جلياً فى المناطق الحارة الرطبة خصوصا إذا كانت طبقات الحائط رقيقة ، ويفضل فى حالة عزل الرطوبة أن تكون طبقة الهواء متصلة بالخارج من أسفل الحائط وأعلاه كما يجب تغطية فتحات التهوية بشبكة معدنية لمنع تسرب الحشرات والفيران إلى داخل الحائط . وعند استعمال الروابط الطوبية يجب تغطية أطرافها الخارجية بالأسفلت ، أما فى حالة استعمال الروابط المعدنية فيجب ثنيها أو برمها من الوسط حتى لا تكون واسطة فى نقل قطرات الماء

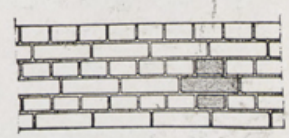












شكل (٧)

بعض طرق رص الطوب وتوزيع الروابط فى واجهات الحوائط العازلة ذات الطبقة الخارجية التى سمكها ½ طوبة والتى يفصلها عن الحائط الداخلى فراغ من الهواء

إلى الحائط الداخلى كما يجب مراعاة أختيارها من مواد غير قابلة للصدأ كالبرونز .

أما الروابط الشبكية والتى تصنع من السلك فقد ثبت عدم صلاحيتها لسهولة جمعها لقطرات الرطوبة المتكاثفة ونقلها إلى الحائط الداخلى — ومن بين الطرق الشائعة الأستعمال فى مناطق أمريكا الدافئة الرطبة لمنع انتقال الرطوبة إلى البياض الداخلى وسرعة اتلافه فصل الحائط الصامت عن البياض الداخلى بواسطة طبقة من الهواء ، يلصق البياض على شبكة معدنية تثبت فى روابط من الطوب المفرغ تسمح بدوران الهواء خلالها واتصال طبقته ببعضها (شكل ٦) .

ويفضل فى المناطق الشديده الرطوبة أن تكون طبقة الحائط الخارجية من طوب خاص لا يمتص الرطوبة كالانواع المختلفة من الطوب المفرغ والطوب المزجج والطوب المضغوط كما يجب مراعاة ذلك جيداً عند اختيار المونة التى تكحل بها الفواصل .

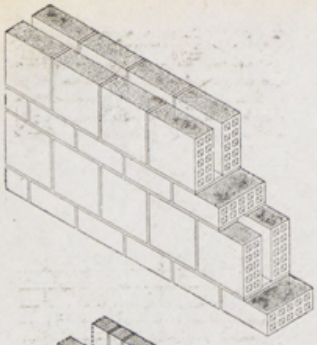
• أما من حيث صلاحية الحوائط المفرغة لعزل الصوت فقد أجريت عدة تجارب عملية لانواع مختلفة من الحوائط المفرغة أعطت نتائج سلبية بالنسبة الكثير من الحوائط المزدوجة الخفيفة ذات الطبقات الرقيقة والفراغ المستمر حيث تتذبذب الطبقة الخارجية تبعا لطاقة الأمواج الساقطة عليها ويكون تأثيرها كاوح رنان متجانس (نظراً لتقارب درجة مرونة كل من الطوب ومونة الاسمنت) ثم ينتقل رنينها إلى الطبقة الداخلية التى تتذبذب تبعا لها وبذلك تعمل على تقوية الصوت بدلا من اعدام طاقته فباعدام تذبذب الطبقة الخارجية يمكن أضعاف الصوت المنتقل بواسطتها وذلك بربط الطبقتين ببعضهما فتبعا لزيادة عدد الروابط تقل الذبذبة (الروابط المعدنية المرنة ليس لها تأثير ويفضل منها الطوب) وقد بلغت درجة عزل الحائط المزدوج الذى سمكه ٢٩سم (طبقة الفراغ ٤ سم) ٥٢ فون وإذا ملىء الفراغ بالخرسانه الخفيفة أو الرمل تصل درجة عزل الحائط إلى ٦٩ — ٧٤ فون وقد وصل الحد الأعلى فى حوائط الطوب ذو الخلايا المفرغة التى سمكها ٢٨ سم بلغت ٨٩ فون أى ما يعادل سمك ٥٢ سم فى الحوائط الصامته . أما من حيث توزيع الأحمال على تلك الحوائط فهناك ثلاثة طرق .

أولا — أن يحمل الحائط نفسه فقط كما هو الحال فى جميع المبانى الهيكلية حيث تحمل حوائط كل دور من الأدوار على الارضيات والكمرات .

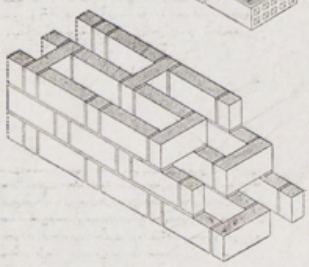
ثانيا — الطريقة الانجليزية أى أن يقوم الحائط الداخلى بالحمل كله والطبقة الخارجية تكون بمثابة قشرة مثبته فيه وقد تكون محمله عليه وتبقى طبقة الهواء بينهما مستمرة زيادة كمية الطوب المستعمله .

ثالثا — الطريقة الألمانية والتى يوزع فيها الحمل استاتيكيا على الحائط باكمله وقد عم استعمالها فى أوروبا الوسطى وتسمى بطريقة التوزيع المتضامن ويوزع الحمل على الحائط بطريقتين اما طريقة التوزيع المتضامن Eckert. Kaestel. Fauthwand (شكل ٨) أو بطريقة الأعمدة المتراصة Saupe, Portophor وقد اثبتت التجارب التى قام بها معمل ابحاث جامعه زيوريخ على كل من تلك الحوائط أن طريقة Eckert ذات الروابط الأفقية المستمرة والفراغ المقسم يمكن أعتبارها أحسن الحوائط الخفيفة مقاومة كما قد أمكن الارتفاع بها إلى أربعة أدوار أما فى الحوائط ذات الفراغ المزدوج فتعد طريقة Saupewand أحسنها من حيث توزيع الاحمال ستاتيكيا بطريقة متضامنة اشتركت فيها الأعمدة والحوائط الثلاثة متضامنة

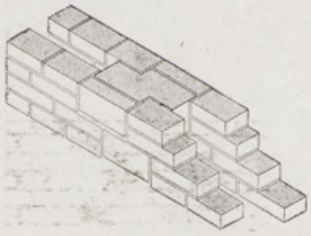
ولكنه رغم وجود عدد لا يحصى من أمثلة تلك الحوائط فى المانيا والنمسا وسويسرا فى مبان وصل ارتفاعها إلى خمسة أدوار فان تحميلها فى مصر يدعو إلى التخوف كما أنه لا يمكن الاعتماد على البناء العادى للقيام بتنفيذها .



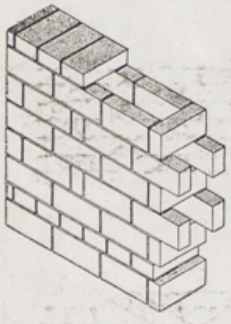
حائط مفرغ ومزدوج روابط أفقية مستمرة سمك الحائط ٢٥ سم



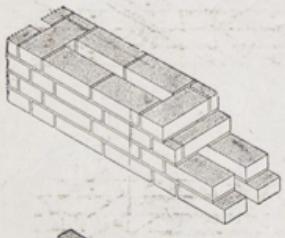
طريقة Fauth الروابط المتبادلة والفراغ المزدوج طوب قائم، سمك الحائط ٤١ سم



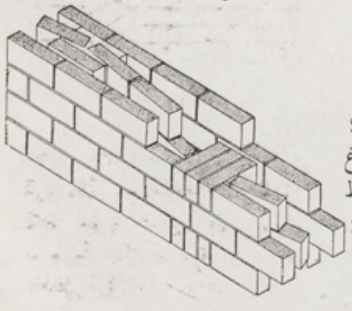
طريقة Portophor حائط مزدوج — روابط من وحدات خاصة سمك الحائط ٣٢ سم



طريقة Eckert طبقة ربط مستمرة على ارتفاع خمسة مداميك سمك الحائط ٢٥ سم



طريقة Kaestel التقسيم الرأسى للفراغات سمك الحائط ٣٠ سم



طريقة Saupe-Wand ذات الفراغ المزدوج الروابط على شكل أعمدة سمك الحائط ٣٢ سم

شكل (٨) بعض أمثلة انشاء الحوائط الالمانية المفرغة ذات الحمل الموزع والفراغ الفردى المزدوج

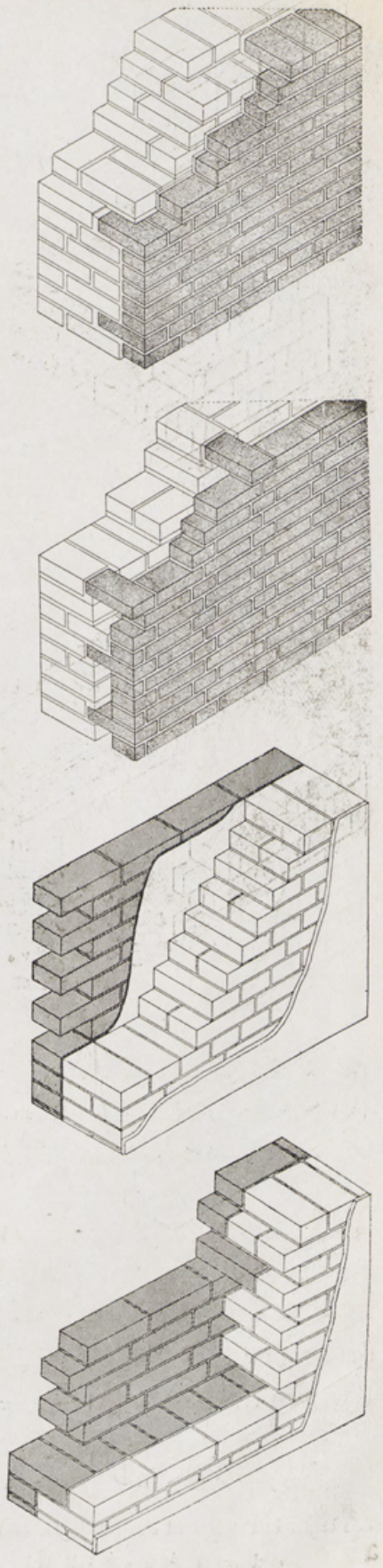
● طوب الكسوة

(طوب ظاهر فى الواجهات) الكسوة أو الوقاية هى نوع من أنواع إنشاء الحوائط المزدوجة والتى تقوم فيها الطبقة الخارجية (التى تحل محل البياض) بمقاومة العوامل الجوية المؤثرة على الحوائط الخارجية من رياح وأمطار وتأثير الرطوبة والحرارة — والطبقة الخلفية أو حائط الحمل والذى يقاوم الحمل فقط يكون أيضا من الطوب العادى أو من مواد أخرى كالخرسانة أو الحجر . وتشترك طبقة الكسوة مع الحائط استاتيكيا فى الحمل فيكون هناك ارتباط انشائى بين وحدانهما أو يقوم الحائط الخلفى وحده بالحمل بأكمله وتكون الكسوة كقشرة خارجية للوقاية فقط .

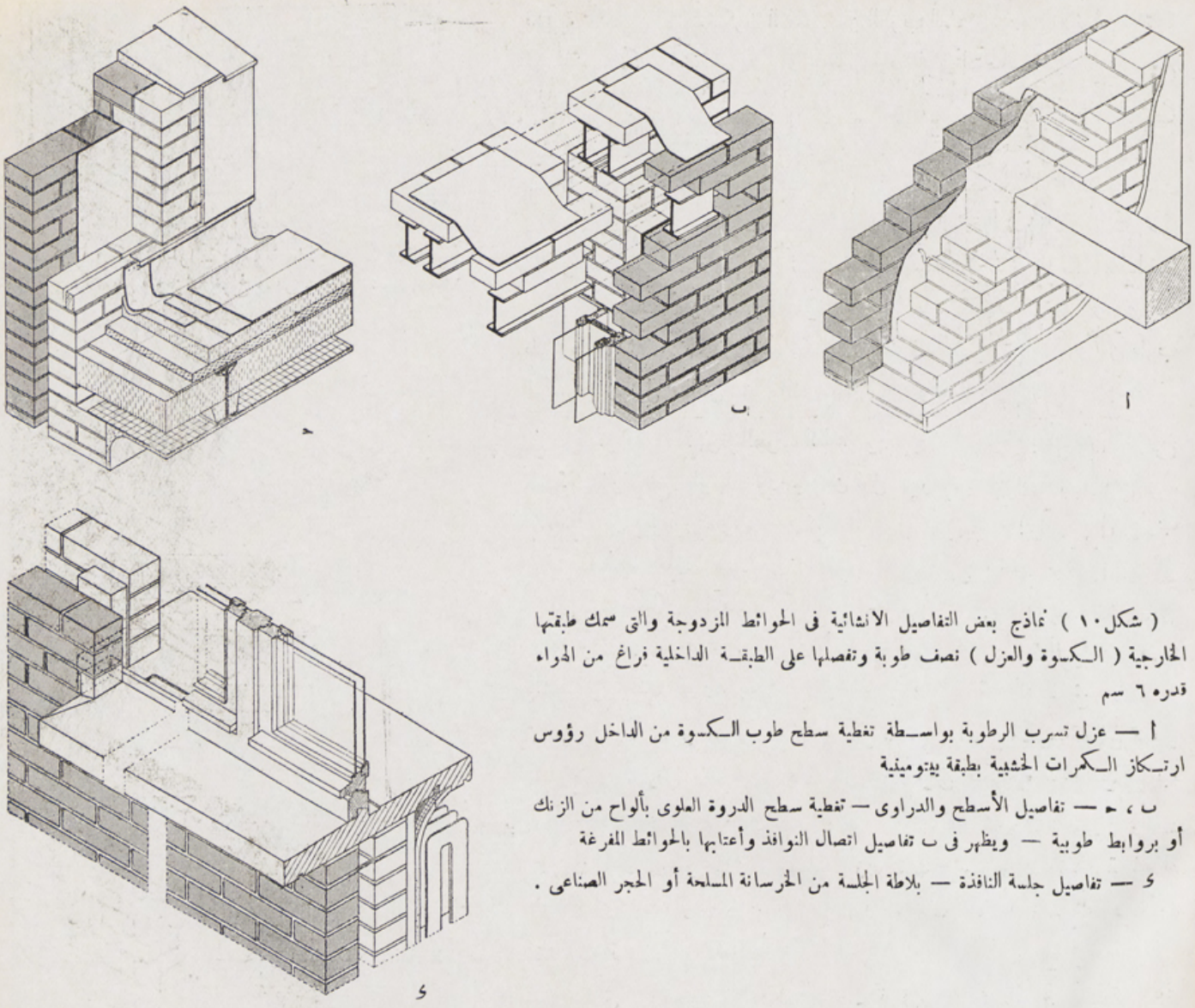
ويختلف طوب الكسوة عن الطوب العادى فى مواصفاته والتى تتوقف غالبيه على مناطق استعماله ومايتعرض له من العوامل التى تؤثر على سطحه . فى المناطق القريبة من البحار يشترط فيه أن يكون مقاوما لتأثير الأملاح والرطوبة والتآكل بفعل العواصف بينما فى المناطق القريبة من الصحارى يشترط فيه احتمال التغير السريع بين درجات الحرارة العالية والمنخفضة . ومقاومة سطحه للرياح المحملة بالرمال وفى المناطق الباردة تقاوم تأثير الصقيع و و الخ . كما أنه فى حالات أخرى يكون عمله عزل الحرارة والصوت فقط ويختلف طوب الكسوة بصفة عامة عن الطوب العادى فى كثافته ومتانته حيث يحرق فى درجة حرارة عالية كما أن أنواع كثيرة منه تعالج أسطحها الخارجية آليا أو كيميائيا لتكسبها خواص تتفق مع العوامل المؤثرة عليها وقد تكون أبعاد طوب الكسوة كأبعاد طوب البناء العادى ٢٥ × ١٢ × ٦ أو تختلف عنها ٢٥ × ١٤ × ٦ ، ٢٥ × ٢٥ × ٦ ، ٢٩ × ١٤ × ٩ وقد تصل فى الحجم إلى ١٤ × ٨ × ٤

ونظراً لهذا الاختلاف فى الأبعاد فمن أهم العوامل التى يجب مراعاتها طريقة رص الطوب وتوزيع الروابط التى تربط الطبقتين ببعضهما خصوصا وان كانت طبقة الكسوة ستشترك مع الحائط الخارجى استاتيكيا فى الحمل (شكل ٩ ى). ولما كان رص الطوب فى طبقة الكسوة يقوم بدور زخرفى هام بجانب الدور الانشائى والوقائى فيجب مراعاة طريقة رصه جيداً علماً بأن سمك الطبقة ½ طوبة كما أن الشروط الاقتصادية تتطلب الاكثار ما أمكن من التوزيع الطولى (آديه) والاقتصاد فى التوزيع الشناوى — كما أن عامل توزيع الحمل يحدد بدوره توزيع وحدات النوعين بالنسبة لبعضها و (شكل ٧) يبين عدة أمثلة من طرق التوزيع المختلفة وأكثر الأنواع انتشاراً وأفضلها من حيث التكوين الانشائى طريقة « ٢ آديه ، واحد شناوى » (شكل ٩ ب) ويلعب سمك الكحله واختلافه لتقوية خطوط واخفاء أخرى دورا زخرفيا فى كسوة الواجهات بالطوب الظاهر كتقوية الخطوط الأفقية المستمرة حتى يصل سمك الكحلة فى بعضها ½ ٢ سم مع زيادة عمقها واخفاء اللحامات الرأسية التى تكون كحلتها ضيقة وبمستوى سطح الحائط أو بضم عدة مداميك مع بعضها بحيث لا تظهر كحلتها وتختلف تلك التقاسيم الزخرفية التى لا حصر لها تبعاً لأبعاد المساحات المغطاه والاعتبارات الفنية — ولا يميل كثير من المعمارين إلى الأكثار من الزخارف المجسمة فى الواجهات لقابليتها إلى جميع الأتربة والحشرات التى تتكاثر وتنسج أعشاشها فى ظلالها وبين فجواتها ثم لصعوبة تنظيف الواجهات فى جو كجو مصر الكثير الأتربة .

والاختلاف فى سمك الكحلة يمكن تحقيقه إذا كان طوب الكسوة حر التوزيع أى ملصوقا على الحائط. وليس بينهما علاقة استاتيكية (شكل ٩ ح) أو فى حالات مرونة الاتصال بين الطبقتين . عند



شكل ٩ طرق كسوة الحوائط بالطوب مبينا بها وضع طبقة الكسوة بالنسبة للحائط الخلفى



(شكل ١٠) نماذج بعض التفاصيل الانشائية فى الحوائط المزدوجة والتى سمك طبقتها الخارجية (الكسوة والعزل) نصف طوبة وتفصلها على الطبقة الداخلية فراغ من الهواء قدره ٦ سم

أ — عزل تسرب الرطوبة بواسطة تغطية سطح طوب الكسوة من الداخل رؤوس ارتكاز الكمرات الخشبية بطبقة بيتومينية

ب ، حـ — تفاصيل الأسطح والدراوى — تغطية سطح الدروة العلوى بألواح من الزنك أو بروابط طوبية — ويظهر فى ب تفاصيل اتصال النوافذ وأعتابها بالحوائط المفرغة

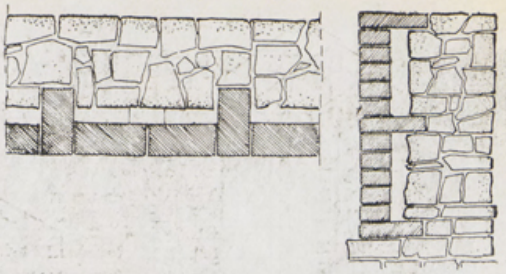
د — تفاصيل جلسة النافذة — بلاطة الجلسة من الخرسانة المسلحة أو الحجر الصناعى .

اختلاف أبعاد الطوب المستعمل فى كل منها ولكن يجب الاحتراس فى التوزيع حتى لا تتعارض اختيار طريقة الرص مع الروابط التى تتفق فى مداميك كلتاهما (شكل ٩ ا) ولما كان الطوب المستعمل للكسوة أكثر صلابة وكثافة من الطوب العادى فهو بطبيعة الحال أسرع توصيلا للحرارة والصوت ويجب مراعاة ذلك العيب جيداً عند استعماله لتغطية الحوائط وفى هذه الحالة يفضل فصل طبقة الكسوة عن الطبقة الداخلية بفراغ من الهواء كما هو الحال فى الحوائط المفرغة أو بطبقة عازلة من مادة بيتومينية (شكل ٩ ب) .

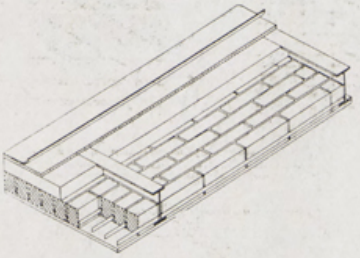
ويتوقف هذا على سمك الحائط الخلفى نفسه والأحمال المركزة عليه — ففى المبانى الهيكلية ذات الحوائط الخارجية الرقيقة يعوض الفرق باستعمال الحائط الخلفى من الطوب العازل الخفيف كالسلتون والپونسيت أو غيرها من أنواع الطوب المفرغ كما أنه فى المناطق الشديدة الرطوبة والأمطار يفضل تغطية السطح الداخلى لطبقة طوب الكسوة بالبيتومين لمنع تسرب الرطوبة إلى الحائط الداخلى أو للفراغ العازل (شكل ٩ حـ)

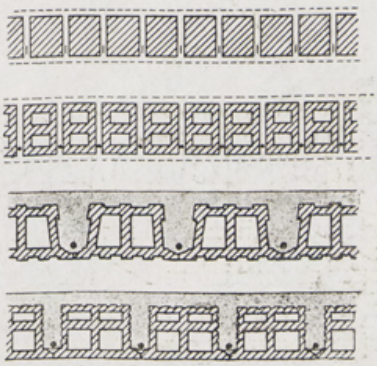
وفى حالة فصل طبقة الكسوة عن الطبقة الداخلية تربط الطبقتين ببعضهما بالطرق السابقة المبينة فى الحوائط المفرغة والتى تختلف تبعاً لتوزيع الأحمال . وعند استعمال كمرات خشبية للأسقف يستحسن تغطية أطرافها وأسطح ارتكازها بطبقة من البيتومين أو بكسوتها بورق أسفلتى عازل أو بالقماش المقطرن (شكل ١٠ ا) .

ويستعمل الطوب فى كسوة الحوائط الحجرية لوقايتها خصوصاً إذا بنيت من أنواع الأحجار الجيرية التى لايمكنها مقاومة الرطوبة أو العوامل



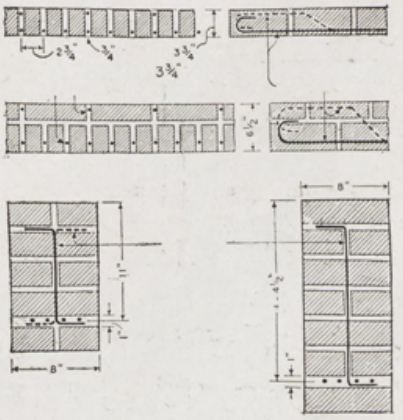
شكل ١١ كسوة الحوائط الحجرية بطبقة الطوب سمكها نصف طوبه وعزلها بفراغ هوائى سمكه ٦ سم





شكل ١٢ — استعمال الطوب العادى فى بلاطات الاسقف بواسطة تسليحه باسياخ أو خوص حديدية

تطور إستعمال الطوب فى الاسقف من Kleinische Dechen إلى الاسقف الحديثة



شكل ١٣ — بعض نماذج البلاطات والكمرات والاعتاب الطوبية المسلحة فى المبانى الامريكية

الجوية الأخرى . وقد تكون الكسوة من الطوب العادى أو من الأنواع المختلفة من طوب الكسوة الصلب كما أن طبقة الطوب يمكن لصقها مباشرة على سطح الحائط الحجرى أو فصلها عنه بطبقة من الهواء (شكل ١١) ويحتاج هذا النوع من الانشاء إلى عناية خاصة فى توزيع الروابط والتى تكون متفرقة أو على شكل مدماك مستمر يقسم الحائط الحجرى إلى كتل مستمرة ارتفاعها من ٦٠ — ٨٠ سم . يختلف طوب الكسوة عن الطوب العادى بعدم قابليته لامتصاص الماء والرطوبة واشعاعها وذلك لكثافة طبقة أسطحه أو لكونها مكسوة بطبقة مزججة أو صلبه عازلة ومن ذلك يظهر أحيانا ما يسمونه بالترطيب والذى كان ظهوره فى كثير من المبانى القديمة سبباً فى تخوف كثير من العمارين من طوب الكسوة وتفضيل البياض عنه والذى يمكن إزالته وتجديده فى أى وقت وبسهولة .

فالحوائط المكسوة بالطوب الظاهر وجد أنه تظهر بها أحياناً بعض الشروخ الدقيقة على أسطح طوبها الخارجية من فعل الحرارة أو خدوش الرياح أو فى اللحامات بين المونة والطوب ومن تلك الشقوق تنتقل الرطوبة إلى داخل الطوب خلف مسطحه العازل فبدلا من اشعاعها نحو الخارج تنتقل إلى داخل الحائط ويظهر ذلك جيداً فى المناطق الكثيرة الأمطار أو الكبيرة الاختلاف بين الحد الأعلى والأدنى لدرجات الرطوبة والحرارة وسرعة تغيرهما . وقد أمكن علاج تلك العيوب عند ظهورها بعدة طرق حديثة شائعة الاستعمال منها :

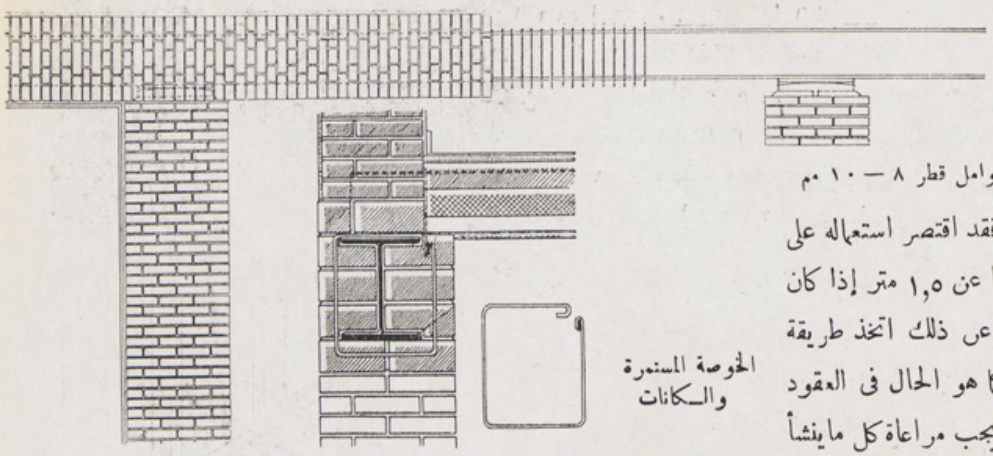
(١) دهان الحوائط بعد غسلها جيداً بمادة من المواد الكيميائية التى تتخلل الشروخ والخدوش واللحامات كالانيميروليوم والتى تكسبها مناعة ضد تسرب الرطوبة أو المياه خلالها .

(٢) طلاء الحوائط بمادة سطحية عازلة تجف على سطحها وتكسبه طبقة شفافة عازلة كالازوليت . ويفضل القيام بمثل هذا العلاج فى فصول السنة الجافة والخالية من الأمطار وعند ما يجف الحائط تماما .

ومن الطرق التى أخترعت حديثا فى سويسرا والتى أعطت نتائجا ذات قيمة كبيرة طريقة الحرق أو الكى ويكون العمل على ثلاثة خطوات متتابعة الأولى غسل الحائط جيداً بالبخار وهى طريقة سريعة سهلة ثم رش الحائط ميكانيكيا بمادة شفافة خاصة أو بنوع خاص من البياض الملون تبعاً للون المطلوب ثم يحرق البياض بلهب خاص أو يكوى بدقة بآلة كى خاصة فيكتسب سطح الطوب واللحامات مناعة قوية وصلابة لمقاومة جميع العوامل الجوية .

الطوب والتسليح :

التسليح معناه الانشائى زيادة عزم المقاومة فى القطاعات فى حالتى الشد والضغط وربط وحدات المادة ببعضها بحيث يمكنها أن تعمل متضامنة على مقابلة القوى المنقولة إليها — ولما كان الطوب العادى لا يمكنه أن يتحمل أكثر من



شكل ١٤ — مثل لتسليح الكمرات والأعتاب الطوبية فى المانيا — يغطى الفتحة كمر حديدى يمر خلال لحامات الطوب وقد وضعت بين لحامات صفات الطوب الرأسية كانات حديدية قطر ٨مم ساعدت على تحويل الطوب إلى كتلة واحدة مرتبطة ينتقل حملها إلى كمرات السقف بواسطة حوامل قطر ٨ — ١٠ مم

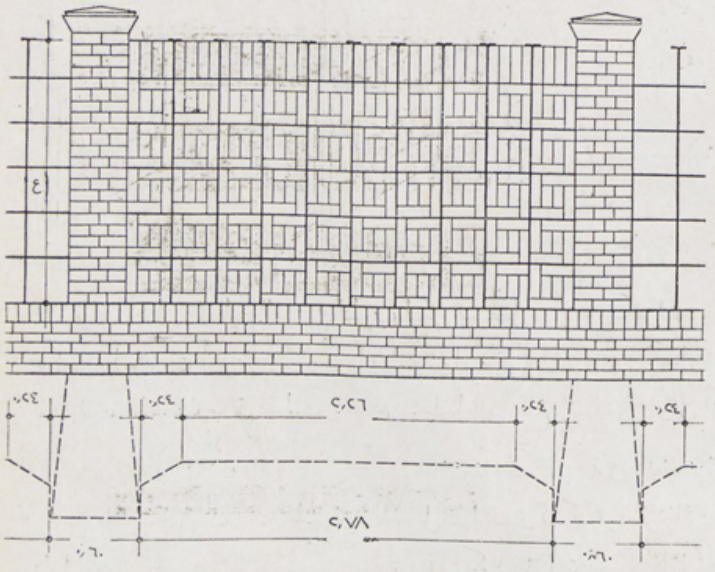
الخوصة المسنمرة والكانات

ربط الخوصة ١٠/٣٠مم بكمرات السقف بواسطة الحوامل قطر ١٠مم

٤٢٠ — ٤٦٠ كيلوجرام على المتر المسطح فقد اقتصر استعماله على تغطية الفتحات الضيقة والتى لا يزيد اتساعها عن ١,٥ متر إذا كان سمك البلاطة ١٢سم . فاذا زادت الفتحات عن ذلك اتخذ طريقة توزيعه الانشائى إلى مقاومة الضغط فقط كما هو الحال فى العقود والقباب بأنواعها. كما أنه فى هذه الأحوال يجب مراعاة كل ماينشأ عنها من قوى أفقية غير متعادلة .

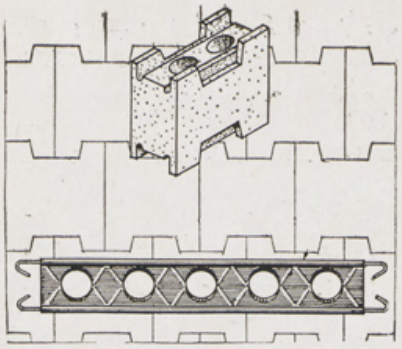
ولقد كانت، أول محاولات تسليح الطوب هى ربط الحوائط أفقياً بواسطة شبك معـــدنى أو شرائط معدنية سمك كل منها ٢ — ٣ مم وعرضها ٦ سم ويتراوح طولها من ٢,٥ — ٣,٥ متر توضع بين لحامات الطوب على ارتفاعات تختلف من أربعة مداميك إلى ستة وكان عملها الأساسى مقاومة الترخيم الناشىء من عدم تجانس طبقات الأرض التى ترتكز عليها الحوائط أو لمقاومة شروخ الاهتزازات الأرضية فى المناطق الكثيرة الزلازل وتنتشر تلك الطريقة من التسليح فى انجلترا .

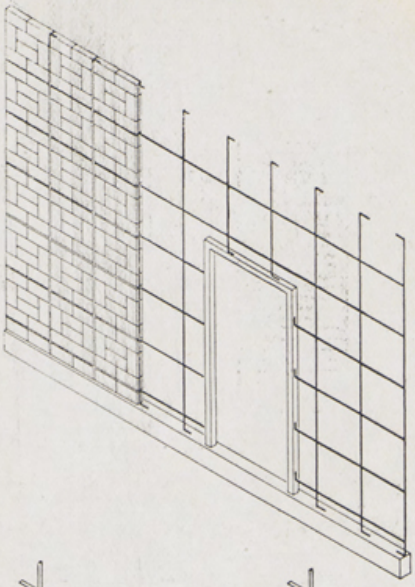
أما أقدم أمثلة تسليح الطوب على شكل بلاطات لمقاومة الضغط فقد نشأت فى ألمانيا وهى الطريقة المسماه Kleinische Decke (شكل١٢) والتى رصت فيها الأسياخ الحديدية فى الاتجاه الطولى وكان التسليح على شكل أسياخ قطرها ٦ — ١٣ مم حتى تكون صلابتها كافية لمقاومة الانثناء والالتواء خصوصاً وأنها لاترتبط أفقيها بكانات أو روابط — أو على شكل خوص ٢ × ٨ مم لتساعد على رص الطوب متوازياً واختلفت سمك طبقة اللحام من ٢ — ٣,٥سم ملئت بمونة من الأسمنت بنسبة ١ : ٤ وقد كان الحد الأعلى لاتساع الفتحات التى تغطيها مثل هذه البلاطات المسلحة ١,٦٥ — ١,٨٥ لكل من الأسياخ والخوص . وقد اشتركت فى تغطية الفتحات الكبيرة بالاشتراك من الكمرات المعدنية لملء الفراغات التى بينها (شكل ١٢) بحيث لايزيد اتساع المسافة بين الكمرات فى هذه الحالات عن متر حتى يقاوم الطوب الانثناء المزدوج فى اتجاهى السقف .



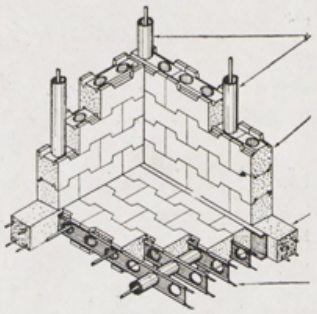
شكل ١٥ — مثل لاستعمال الحوائط الحرة المسلحة بطريقة پروس فى بناء الاسوار

وتبعاً لزيادة الأحمال فقد تطور استعمال الطوب المسلح بزيادة ارتفاعاته وتخفيف وزنه ثم زيادة التسليح مما أدى إلى توسيع الفجوات والتى عملت ككمرات متراصة كما زودت الأسقف بطبقة عليا من الخرسانة المسلحة بسمك تراوح بين ٢٣و٥ سم لمقاومة الضغط وتبعاً لعمل كل من البلاطة والكمرات المتراصة فقد تطورت أشكال الطوب حتى تساعد على عملهما المشترك وخرج الطوب من اشتراكه الأستاتيكى إلى عمله كفرم يصب السقف حولها ثم قيامه بعامل العزل للصوت والحرارة .





(شكل ١٦) طريقة پروس فى تسليح الحوائط والقواطيع الداخلية سمك الحائط ٦ — ٨ سم من الطوب العادى أو المفرغ . توزيع الحمل على شبكة التسليح المعدنية. اتساع مربعات الحشو ٥٣ × ٥٣ أو ٣٨ × ٣٨ سم قطاعات خوص الشبكة ١¼ × ٢٦ مم



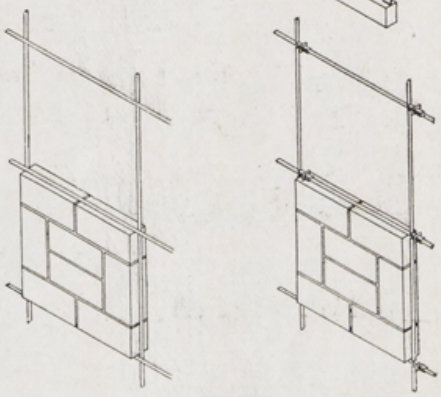
مواسير التسليح

وحدات الطوب

مبده مسلحة

روابط الأرضيات

شكل ١٧ — مثل لاستعمال الطوب فى الأنشاء الجاف



ولقد أعطى التسليح الفرصة للطوب لكى يستعمل فى بناء الكمرات والاعتاب بتسليحها بواسطة أسياخ حديدية ترص فى فجوات اللحامات أو بواسطة استعمال أنواع مختلفة من القطاعات الحديدية المعروفة (شكل ١٣) لتغطية الفتحات الكبيرة — ومن أحدث الأمثلة فى انجلترا ڤيلا مندلسون التى بنيت بالطوب والتى غطيت إحدى فتحاتها التى يبلغ اتساعها حوالى أربعة أمتار بجمالون حديدى اختفى داخل الحائط والجلسات .

ويبين (شكل ١٤) أحدى أمثلة تسليح الكمرات الطوبية فى المانيا وقد رص الطوب فى صفوف رأسية مستمرة بينها كانات قطر كل منها ٨ مم وتربط المونة الطوب والكانات بحيث تعمل كلها مشتركة ككمر خرسانى متجانس ينقل حمله إلى الخوصة المستمرة ٣٠ × ١٠ مم والتى تحملها كانات طولية أخرى مثبته فى كمرات السقف . وقد أمكن بناء أعتاب الفتحات بهذه الطريقة حتى بلغ اتساع اقصاها خمسة أمتار وقد عملت محاولات أخرى بتقويس الكمرات على شكل عقود مفرطحة أمكن بها الوصول باتساع الفتحات إلى ثمانية أمتار .

ومن طرق التسليح الحديثة والتى انتشرت فى المانيا الطريقة المعروفة باسم PRUESS والتى يكثر استعمالها فى بناء القواطيع وتسمى بطريقة الحوائط الحرة . وتتكون من شبكة معدنية يرص فيها أسياخ أو خوص من الحديد فى اتجاهين تملأ المسافات التى بينها بالطوب (شكل ١٦) وتبلغ ابعاد المربعات ٥٣ × ٥٣ سم والخوصة ١¼ × ٢٦ مم وعند بناء الحوائط ترص الاسياخ الرأسية وحدها ثم يبنى الطوب بينها وعند ملء كل مربع تثبت فوقه الخوص العرضية فبذلك تكون أحمال الحائط موزعة على الشبكة الحديدية التى تنقله إلى الأعمدة الجانبية بحيث يمكن رفع الحائط بأكمله وعدم تركيز حمله على البلاطات .

كما أمكن استعمالها فى الحوائط الخارجية المزدوجة الخفيفة — وفى كثير من الحالات يفضل استعمال الطوب المفرغ خصوصا للقواطيع حتى تكون خفيفة الوزن . وفى حالات الحوائط المتحركة والمتنقلة يوضع الحائط بأكمله فى أطار عبارة عن مجرى معدنية — (حوائط مبانى العرض

والمكاتب) . وقد انتشرت طريقة پروس فى بناء الأسوار الخارجية من الطوب (شكل ١٥) والتى ينقل حمل الحوائط فيها إلى الاكتاف المسلحة — وتمتاز تلك الحوائط فى بناء الأسوار بتماسكها وعدم قابليتها للشروخ أو التشقق لعدم ارتكازها المباشر على الأساسات .

ولقد اشترك الطوب المسلح فى كثير من طرق البناء الجافه أو البناء السريع والتى روعى أن يشترك فيها أقل عدد ممكن من أنواع الوحدات فى انشاء المبنى بأكمله وسا كتفى هنا بتقديم مثل من تلك الأنواع التى ملات الأسواق المعمارية فى العصر الحديث . وتحوى طريقة البناء نوعين فقط من الوحدات (شكل ١٧) أحداهما الطوب والأخرى جمالونات معدنية خفيفة تربط الطوب بينها بطريقة جافة سريعة وتستعمل فى نفس الوقت لبناء الارضيات والحوائط الخارجية والداخلية ويمكن زيادة مقاومتها بواسطة مواسير معدنيـة أو أسياخ تصب معها مونة الاسمنت وتعمل كأعمدة فى الحوائط أو كمرات فى الأرضيات — وتربط الأرضيات من أطرافها البارزة بواسطة ميدة مسلحة تثبت الحوائط والأرضيات ببعضها .

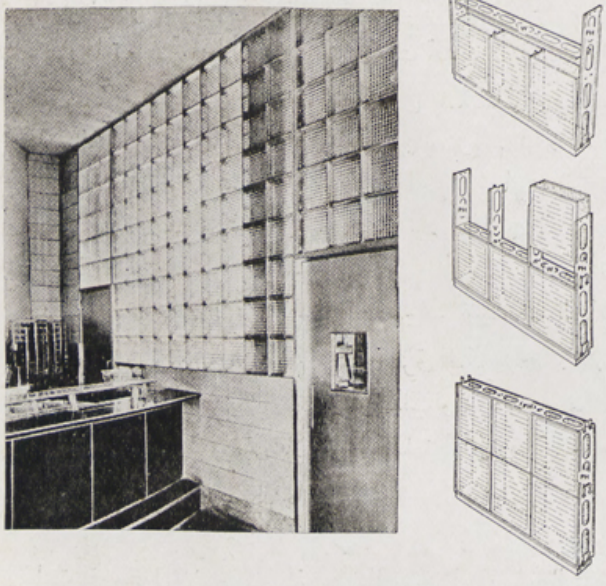
● الطوب الزجاجى

أو طوب العصر الحديث كما يسميه الانتاج الصناعى هو آخر ما وصل إليه الطوب فى تطوره لـكى يساير العمارة الحديثة فى مطالبها وينطبق على مافرضته من شروط وقيود قلما تتوفر فى المواد الأخرى من حيث اكتساب أكبر كمية من الضوء والأشعة الطبيعية وتوزيعها بالطرق وفى الاتجاهات التى تتطلبها المنفعة ، وفى نفس الوقت قد بلغ الحد الأعلى لمقاومة كل من العوامل الجوية المؤثرة عليه كالحرارة والبرودة والأمطار وتأثير الرياح ثم عزل الصوت والضوضاء — فجمع بذلك بين خواص الحوائط الصامتة والفتحات كما أنه قدخطى الخطوة الأخيرة فى الاتجاه الذى كانت الفتحات تسير فى طريقة حيث أنها فى كل طراز قد كبرت عن الطراز الذى سبقه تبعا لطرق الانشاء وزيادة مقاوم العزل حتى أعطاها الطوب الزجاجى الفرصة لـكى تحل محل الحائط بأكمله .

والطوب الزجاجى عبارة عن قوالب زجاجية مزدوجة أو مفرغة يختلف سمك زجاجها وأبعادها وطريقة معاملة أسطحها تبعا لأنواعها المختلفة ومواضع استعمالها واتجاه الضوء الساقط عليها وطريقة توزيعه المطلوب بواسطتها ثم مقاومتها للعوامل المؤثرة عليها .

وينقسم الطوب الزجاجى تبعا لطرق بنائه إلى ثلاثة أنواع (عدى الأنواع أو البلاطات العادية المعروفة التى تصب فى القوالب الخرسانية لإنارة الأسقف والأرضيات)

(١) طريقة الرص الحر — وهى الطريقة الأكثر انتشارا فى أمريكا وفرنسا وطريقة بناء الحوائط فيها بواسطة رص الطوب فوق بعضه ولحامه بمونة من الجبس المرن أو لحامات من المطاط لمنع الـكسر بفعل التمدد (أنواع سان جوبان والانسولوكس) وفيه ترتـكز أحمال الطوب على بعضه ولذا فلا يمكن الارتفاع بالحوائط إلا إلى مسافات لاتتعدى ثلاثة أمتار وإلا فيجب تقسيم الحائط عرضيا بواسطة كمرات أو ميدات معدنية أو خرسانية تحمل كل منها خمسة أو ستة صفوف من الطوب كما يجب الاحتراس من تأثير ترخيم الأرضيات أو الـكمرات وارتـكازها أو ضغطها على الطوب نفسه .

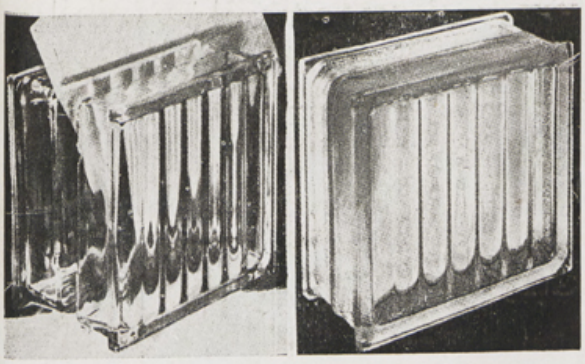


(شكل ١٨) طريقة ربط الطوب الزجاجى بواسطة الاطارات المعدنية

(٢) طريقة التسليح المستمر ويكثر استعمالها فى ألمانيا وسويسرا والجزء الأكبر من أوربا الوسطى والتى تسلح فيها فواصل الطوب بأسياخ حديدية وتملأ بمونة الأسمنت ويكون التسليح فى اتجاه أو اتجاهين تبعاً لوضع الحائط استاتيكيا بحيث يعمل كشبكة خرسانية مسلحة ولذا فأمكن به تغطية مساحات مستمرة وصلت فى بعض المبانى إلى ارتفاع خمسة أدوار وقد أستعمل الأستاذ سالڤشبرج المهندس السويسرى ذلك النوع من الطوب بطريقة مبتكرة فى أحد المبانى الحديثة بسويسرا بتسليح الحوائط الزجاجية (داخل صالة كبيرة من صالات العرض) بواسطة مواسير الماء الدافىء وملأ فراغات اللحام بأسمنت ذو لون أزرق فلعبت الحوائط

دورا زخرفيا نجح إلى حد بعيد وفى نفس الوقت فقد قامت تلك الحوائط بتدفئة الصالات بطريقة مبتكرة

(٣) طريقة الاطارات المعدنية والتى تتشابه مع طريقة Prüss الألمانية فى تسليح الحوائط الطوبيه فى الأسوار والقواطيع حيث تحمل الطوب ألواح أو إطارات معدنية يكون عملها استاتيكيا كالطريقة السابقة ويكون الطوب كمادة لملء الفراغات . وقد أستعملت تلك الطريقه فى أمريكا حديثا وجربت لأول مرة من عدة أشهر فقط (شكل ١٨) .



شكل ١٩ — طريقة رفع درجة عزل الطوب الزجاجى للحرارة وتحديد كمية الضوء باستعمال الواح الحرير الزجاجى المعتم او الزجاج النشكوسلوفا كى المصنفر تثبت بين طبقتى الطوبة

ومن المشاهد فى الاتجاه الذى تسير فيه العمارة العالمية الحديثة فى جميع دول العالم أن الطوب الزجاجى قد بدأ يلعب دوراً هاما فى الكثير من أنواع المبانى وتنبأ الكثيرون من كبار المعمارين أنه سيكون لمعوله أثر ظاهر فى تحديد كثير من نظريات ووحدات العمارة العالمية الحديثة والتى قد قطعت الصلة فى الكثير من أسسها بالطرز القديمة والتى سيكون « البقاء للاصلح » هو المرجع الوحيد لاختيار مواد بنائها .

وقد يتبادر للذهن لأول مرة أن استعمال الطوب الزجاجى سيقتصر على البلاد الشمالية وأنه سوف لا تعطى له الفرصة فى يوم من الأيام لكى يساهم فى مبانى المناطق المعتدلة الحارة والحارة أو عندنا فى مصر — والرد على هذا الزعم انتشار استعماله اخيراً فى الكثير من مدن جنوب كاليفورنيا والمكسيك والبرازيل وغيرها من المناطق الاستوائية والتى تجمع بين الحرارة المرتفعة والتغير السريع والمستمر بين درجات الحرارة والرطوبة فى فصول السنة المختلفة ثم الأمطار الغزيرة . . . وأخيراً الضوء القوى — فكل العقبات الفنية التى وقفت عقبة فى سبيل استعماله فى مثل هذه المناطق تمكنت الأبحاث العلمية الحديثة من تخطيها — فعامل العزل الحرارى قد بلغ — فى الكثير من أنواعها مايقرب من ١,٤٥ — ١,٦٣ أى ما يعادل سمك ٣٨ — ٤٥ سم من حوائط الطوب العادى خصوصا فى الأنواع ذات الفراغ المزدوج والزجاج النشيكوسلوفا كى والحرير الزجاجى كما بلغت درجة عزل الصوت والضوضاء ٣٩ — ٤٥ فون — أما من حيث مقاومة الرطوبة والتآكل بفعل الرياح المحملة بالرمال والأمطار فمقاومة الأسطح الزجاجية إذا قورنت بالمواد الأخرى المعروفة تفوقها بكثير — كما أن سطحها لا تعلق به الأتربة بسهولة التى اختصت بها البلاد المعتدلة الحرارة وتنظيفها لا يحتاج الى عناء كبير ثم إن ارتفاع درجة حرارة سطحها الخارجية لاتساعد كثيراً من الحشرات على الانتقال عليها أو الالتصاق بها كالنحل والعنكبوت الذى ينسج خلاياه على أسطح جميع الأنواع المختلفة من الحوائط الطوبية والبياض .

وقد ابتكرت طريقة جديدة (شكل ١٩) لرفع درجة عزل الطوب الزجاجى فى المناطق الشديدة الحرارة أو البرودة بواسطة وضع ألواح من السيلوفان أو السليلويد العازل ونسيج الحرير الزجاجى بين طبقتى الطوبة وقد أمكن أيضاً بتلك الطريقة السيطرة على كمية الضوء التى تمر خلالها وتحديد مقدارها تبعا لاتجاه الحائط . وفى حالات تحديد كمية الضوء يوضع ألواح من الزجاج التشيكوسلوفا كى المصنفر أو الحرير الزجاجى والتى نجحت إلى حد بعيد فى أحد مبانى المحلات التجارية فى المكسيك خصوصاً فى الحوائط المعرضة لأشعة الشمس القوية طول اليوم — وبذلك أمكن التغلب على عقبة الضوء التى كان كثير من المعماريين يعتبرونها العقبة الأساسية فى سبيل استعمال الطوب الزجاجى فى البلاد الحارة .

ولقد كان أول استعمال الطوب الزجاجى فى المناطق الحارة والمعتدلة قاصرا على مساحات ضيقة من الواجهات البحرية والقواطيع الداخلية أما الآن فقد طغى على عدة أنواع من مبانى المكاتب والمحلات التجارية ومعارض الفنون الجميله والمدارس وأجزاء مختلفة من مبانى السكن ، كما أنه قد أعطى الفرصة للاستغناء عن النوافذ فى كثير من مبانى المكاتب والمحلات التجارية والمستشفيات وعزل الهواء الداخلى النقى عن الخارجى الملوث بالاتربة وذلك عندما حلت التهوية الصناعية وتكييف الهواء محل التهوية الطبيعية بواسطة النوافذ والفتحات .

أما العقبة الاقتصادية . . . أى الفرق الكبير بين تكاليف الحوائط التى تبنى بالطوب الزجاجى وبين غيرها من المواد الاخرى فذلك يتوقف بطبيعة الحال على مدى الانتشار والطلب وعلاقتهما بالصناعة المحلية وهو مايبشر بمستقبل الطوب الزجاجى خصوصا وان جميع خاماته ومواد صناعته الاولية متوفرة فى بلاد المنطقة المعتدلة الحارة القريبة من الصحارى .

وقد خطى الطوب الزجاجى خطوة جديدة فى ألمانيا أعدها العلماء قبلة فى محيط الابحاث العلمية وهى اكتشاف زجاج الـ Ultra Violett وامكان استخدامه فى صناعة الطوب الزجاجى ، والذى يمتاز بامكان فصله لأمواج الضوء القصيرة والدافئة عن بعضهما وسماحه لامواج الأشعة البنفسجية باختراقه وعزل الاشعة الدافئة وهو مالم يتوفر فى الزجاج العادى الذى كان تأثيره عكسياً وبجانب تلك الميزات فانه يجمع بقية خواص الطوب الزجاجى من عزل الحرارة والصوت والمقاومة والاحتمال الخ فاكتشاف مثل هذا الطوب سيؤدى إلى انقلاب كبير فى تصميم المستشفيات والمصحات ودور العلاج ثم حجرات الجلوس والقراندات ومدارس روضة الاطفال وغيرها .

سيد كريم

Dr. Sc. Techn. Arch