

تقديم

في تكنولوجيا الخرسانة حلقات مفقودة وظواهر مجهولة لم يستطع العلم حتى الآن الكشف عن أسرارها أو سبر غورها . لذلك سوف نرى كثيرا من الأسئلة لم تتوافر الاجابة عليها في هذا الكتاب رغم تعمقنا في الرجوع إلى العديد من المراجع العلمية قديما وحديثا ، ورغم الاستمانة بما أفدنا من خبرة طويلة في هذه الموضوع . ورغم المراحل التي مر بها هذا الكتاب .

هذه الأسئلة العديدة والحلقات المفقودة التي لم يكشف عنها النطاء حتى وقتنا هذا ترجع أول ما ترجع إلى أن التكوين الكيميائي المحدد الذي يتم تفاعله بعد إضافة الماء إلى الاسمنت مازال يحتاج إلى إجماع الباحثين على الاعتراف به ، وكل ما توصل إليه من علم في هذه الناحية وتم اجماعهم على التصديق عليه لم يتجاوز حدودا ضيقة بالقياس إلى ضخامة هذه المادة والصور العديدة لاستعمالاتها وكمياتها الهائلة المنتجة .

فلم يمكن حتى الآن التحكم في هذه التفاعلات تحكما تاما وبالتالي تحديد قيمتها الفعلية في خواص المونة والخرسانة التين يكون الاسمنت فيهما العنصر الرئيسي الهام .

ورغم كل هذه التعقيدات الفنية فإن صنع للخرسانة الجيدة الداخلة في تركيبها مادة الاسمنت بسيط في حد ذاته إذا ماروعيت بعض المبادئ الأساسية في أثناء العمل وقبلة وبعده وتجنبت الأخطاء الشائعة المعروفة .

وللأهمية القصوى التي نلعبها الخرسانة في حياة الأفراد من مسكن وعمل ورفاهية واقتصاد وسواء كان هؤلاء الأفراد باحثين أو مهندسين أو مقاولين أو حتى أفرادا عاديين ، فقد كتبنا هذا الكتاب لأولئك الذين لهم اهتمام خاص بمواد البناء بصفة عامة والخرسانة بصفة خاصة سواء المهندس أو طالب الهندسة أو الما قول الذي يبتنى أن تخرج أعماله بصورة تحفظ له الشهرة والسمعة الحسنة .

وحاولنا قدر جهدنا جعل هذا الكتاب شيقا خاليا من التعقيدات مع محاولة التعمق والتوسع في دراسة البيانات الخاصة بمواد الخرسانة المسلحة ثم تصميم وصناعة الخرسانة وخواصها لتلأ فراغا ما زال موجودا في هذا الميدان .

وقد بدت الحاجة ملحة إلى مثل هذا الكتاب عند ما دعينا إلى كتابة سلسلة من المقالات العلمية عن تكنولوجيا الاسمنت والخرسانة حيث لم تنسج الدراسة في كلية الهندسة للامام بكل تفاصيل تكنولوجيا الخرسانة ثم تطورت الفكرة من كتابة سلسلة مقالات إلى تخصيص كتاب لهذه المادة يجمع شملها فكان هذا الكتاب .

وقد راعينا اتخاذ اللغة العربية لأول مرة في أسلوب سهل يخلو من التعبيرات المعقدة حتى يمكن الجميع فهم الموضوع وحتى تملأ فراغا في المكتبة العربية ما زال محتاجا لمجهودات أكثر في هذا المجال .

كما راعينا عند كتابة هذا الكتاب ذكر المصطلحات الإنجليزية بجانب العربية وليس هذا خوفا من التباس قد يحدث في المعنى — لأن اللغة العربية والحمد لله لها من غنى الالفاظ وتعدد المرادفات إلى جانب جمال الأسلوب ورحابة الصدر ما يتسع لنقل جميع العلوم إليها معربة في دقة رفيعة وأمانة صادقة — ولكن حرصاً على أن يعيش الطالب والمهندس بأفكاره وألفاظه ، في المناخ الهندسي العالمي لاتأقيل كل شيء نهدف إلى خلق المهندس المعلى وليس المهندس المحلى لحسب .

ولأن اللغة العربية الحالية التي وسعت كتاب الله لفظاً وحكمة ومعنى والتي نقلت علوم الإغريق والرومان والفرس ، وسلمتها بأمانة ودقة إلى اللاتينية في أوروبا لجديرة بأن تقوم بدورها بكفاءة في بناء نهضتنا الحالية لتنتقل العلم في ربوع جامعاتنا إلى شبابنا الفتي الموثب لكي يحتل مكانه في الصف الأول بين دول العالم معترفاً بقوميته ولغته العربية .

فاذا ما أثبت هذا الكتاب فائدته لدارسى هذا الموضوع وساعد على الوصول إلى أعلى مراتب الخرسانة وأجود أنواعها فإن ذلك سوف يعوض لنا الكثير من المجهود الذي بذلناه .

أحمد العربيان وعبد الكريم عطا

مقدمة

تقاس نهضة الأمم بتطور مواد الإنشاء والتمعيم فيها .. كما تقاس بقدر وفاء هذه المواد بحاجة شعوبها الحضارية من ضرورية وترفهية .. والخرسانة عماد مواد الإنشاء والتمعيم .. وتطورها صورة تعكس تطور التفكير الهندسى فى خدمة الحياة ورقاهية الإنسان ..

ولكى تصل الخرسانة إلى شكلها الحالى الذى يجعلها فى المرتبة الأولى كادة إنشائية ومعمارية مرت بعدة مراحل سواء فى طرق الصناعة أو فى طرق التشكيل .. حقيقة أنها مادة حديثة من حيث الصناعة والإنشاء .. إلا أن لها أصولاً عميقة عبر التاريخ .

فقدماء المصريين استعملوا الخرسانة فى بعض مبانيهم ومعابدهم — وإن كان ذلك بشكل بدائى — استعملوها فى شكل كسر الحجارة كركام والطين كادة لاحمة .

أما الإغريق فقد دخلت فى أبنيتهم وسموها ساتورين توبا (Santorin Toba) ويدلنا تاريخ الرومان على أنهم استعملوا مادة مشابهة لخرسانة أسبوسا (Pozzolana) .

ثم اختفت الخرسانة لتظهر ثانية فى القرن الثامن عشر و اقترن استعمالها بأسماء كثيرة مثل :

- جون سميتون الذى استخدمها فى بناء فناء أديستون .
 - جوزيف باركر وله أبحاث فى الحجر واستخداماته فى الخرسانة .
 - إدجار دوبر وقد توصل لعمل أسمنت من الحجر الجيري والطين .
 - فيكات الذى توصل أيضاً للأسمنت من الحجر الجيري والطين .
 - وأخيراً أنهى جوزيف أسيدن هذه السلسلة باكتشاف الأسمنت البورتلاندى .
- أما تاريخ الخرسانة المسلحة فيقترن باسم ثلاثة من الفرنسيين هم :
- جوزيف مونية الذى صنع أحواضاً للزهور وضع فيها شبكاً من السلك كتسليح لمؤلة الأسمنت .
 - فرنسوا كونييه وفرنسوا هنييك .. ولهما أعمال عدة استعملوا فيها الخرسانة المسلحة .

وإذا قارنا استعمال الخرسانة باستعمال الحديد فإننا نجد أن الأولى ظلت لفترة طويلة محدودة الاستعمال في نواحي الانشاءات .

وفي نهاية القرن التاسع عشر ومع بداية القرن العشرين حدثت ثورة على الفن المعماري التقليدي حيث كانت المباني امتداداً لعصر النهضة الأوروبية ، مليئة بالزخارف والاعمدة الكلاسيكية بعيدة كل البعد عن الشكل الحقيقي الذي تفرضه الادائية (Function) . . ولا يتسع المجال لذكر أسماء من شاركوا في هذه الحركة . كما لا يتسع المجال لتتبع المراحل التي مر بها هذا الفن في تطوره الطبيعي .

لكن أهمية هذه الحركة تبدو في صورة ثورة على النظم الكلاسيكية في فن البناء والاتجاه إلى المبني البسيط الذي يفي بالضروريات ويكون صريحاً في التعبير عنها وعن المواد المستعملة فيها . . يؤازر هذه الحركة زيادة احتياجات الإنسان وتطورها واتساعها واحتياجه إلى مواد جديدة تفي بهذا التطور . . هذا حدث فعلاً بعد الحرب العالمية الأولى حين ظهرت طبقة العمال والطبقة المتوسطة التي احتاجت إلى أنواع جديدة من الانشاءات مثل المسارح والاستادات والنواصي وصالات المعارض والمدارس والجامعات والمباني السكنية العالية . . الخ .

وهكذا اتجه المهندسون إلى الخرسانة فهي مادة البناء الوحيدة التي تفي بكل هذه الاحتياجات بما لها من إمكانيات واسعة . .

ويتطور الزمن وتقدم أبحاث الخرسانة ويدخل عليها كثير من التعديل والتحسين لتحل مكانها في ميدان الانشاء والمعمار كلدته الأولى . .

ولترك هذا التطور العالمي السريع جانباً وننتقل إلى الخرسانة في مصر : حيث بدأ استعمالها أكثر من نصف قرن حين قام مهندسون بلجيكيون ببناء ضاحية هليوبوليس (مصر الجديدة) بأكلها باستعمال المباني ذات الهياكل الخرسانية المسلحة .

وفي سنة ١٩٠٧ تم بناء المتحف المصري بالقاهرة بالخرسانة المسلحة . . وتوالى استعمالنا للخرسانة المسلحة فوجد أن المراكب التي بنيت بالخرسانة المسلحة قبل الحرب العالمية الأولى استخدمت كمواضع يعمل بها داخل ميناء الاسكندرية . . ومع بساطتها إلا أنها كانت تعد من الاعمال الكبيرة حينئذ . .

وفي الحرب العالمية الأولى تم تركيب كوبري القنطرة المتحرك على قناة السويس وذلك بتثبيتته على دعام من الخرسانة المسلحة .

ومنذ ذلك الوقت والحرسانة يتسع استعمالها ويمتد بسرعة إلى غير ذلك من نواحي الإنشاء حتى صارت بكل المقاييس مادة حيوية هامة يستحيل حصر كل ما تم بواسطتها من إنشاءات ..

وتختلف الإنشاءات الحرسانية اختلافاً بيناً حسب الغرض الذى أعدت له .. فهذه لإنشاءات سكنية عمرانية تبدأ من الوحدات الصغيرة إلى الممرات الضخمة .. ومن المجموعة المحدودة المكونة للحى إلى الكتل المترامية التى تتألف منها المدن . وطبيعى أن يتبع هذا الاتساع العمرانى اتساع مماثل فى المرافق العامة التى تقوم بخدمة من محطات تنقية المياه وإمداد المدن بها .. إلى محطات مجارى الصرف .. ومحطات القوى الكهربائية للإنارة إلى المصانع ومرامى السفن وصوامع التخزين .. الخ .

ثم تأتى المباني العامة كصالح الحكومة والمؤسسات والشركات والمتاحف والمستشفيات والمكتبات والجامعات والمدارس والبنوك والمسارح ودور السينما والمحال التجارية والملاعب والمعابد .. الخ .

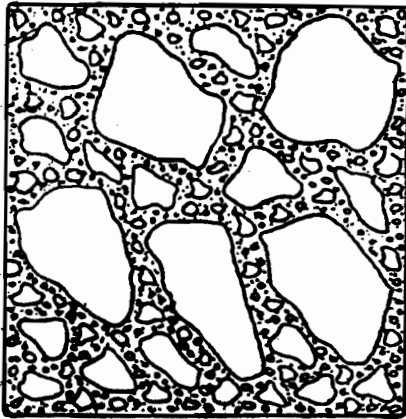
هكذا أنشأنا المدن .. وهكذا أقتنا لها المرافق العامة والمباني العامة فنصل بعضها ببعض بالحرسانة المسلحة لنشكلها فى طرق المواصلات ومنشأتها من سكك حديدية وما يتبعها من محطات وجسور وكبارٍ ومخازن وورش وأحواش .. ثم الطرق والمطارات .

ثم تتجه الحرسانة لتساقم فى مشروعات الري والصرف التى لا تقوم إلا عليها فهذه قناطر وأهوسة وأفتاق وسحارات وبدالات وتلك سدود وخزانات ... الخ وتزحف الحرسانة المسلحة إلى البلاد الساحلية تشارك فى إقامة الموانئ والمراسى والنائر ثم الأحواض الجافة ... الخ

وتنتهى من جولتها فى الداخل لتساقم فى الإنشاءات الدفاعية برية وبحرية وجوية فتؤمن البلاد خارجياً كما أمنتها داخلياً بما ساهمت من إنشاءات

هذه هي الخرسانة

الخرسانة مجموعة غير متجانسة من المواد تتكون أساساً من ركام غير عضوي صلب ومنتشر ومتدرج المقاس كما يتبين من الشكل رقم (م-١) وعادةً من أصل بلوتوني أو رسوبي حاو لمركبات الكالسيوم ومدفون في مادة لائحة تتألف من مجموعة من الرواسب من السليكات القلوية عديدة القاعدة والسليكات شبه القلوية وبمجموعة أخرى من الأكاسيد معلقة جميعها في محلول مائي ، وهذه المادة اللائحة لها القدرة على استمرار التحلل والتفاعل والتجلت في وجود الماء لتكون مترسبات جيلاينية حتى تصلب ، وهي في اتصالها تبرز عادة بمراحل مختلفة من التبلور واللاتبلور والغروانية والتبلور الدقيق، ولذلك يطلق عادة على الركام الجزء الحامل (Inert filler) المكون لجسم الخرسانة بينما يطلق على عجينة الأسمنت وهي المادة الناشئة عن تفاعل الماء والأسمنت المادة اللاصقة أو اللائحة .



AN AGGREGATION OF MINERAL PARTICLES SUCH AS USED IN A CONCRETE MIX.

ركام من جزيئات معدنية كالتي تسعمل
في خلطة الخرسانة

وهذه المجموعة غير المتجانسة من المواد والمعروفة باسم الخرسانة تكون عند خلطها لدنة (Plastic) ، قابلة للتشغيل (Workable) لفترة معينة يتم خلالها وضعها وتشكيلها في فرم أو قوالب معدة لذلك حيث تصلد أخيراً معطية بنياناً كثيفاً مرغوباً غير منفذ نسبياً وله مقدرة مقيدة على نقل الاجهادات المختلفة مثل الشد والضغط والقص .

أن تقاوم التآكل والتحات بفعل المواد الموجودة في التربة . وفي المنشآت البحرية يجب أن تقاوم الخرسانة فعل الموج والأملاح وفي بعض الأحيان يجب أن تقاوم الخرسانة عوامل متعددة فشلا بلاطات بعض المصانع يجب أن تقاوم البرق بجانب مقاومتها للتفاعلات الكيميائية .

واختيار المواد المكونة للخرسانة تحدده أغراض استخدامها ومهمة المهندس هي اختيار المواد المناسبة التي تؤدي إلى الخواص المطلوبة في الخرسانة وقد يتحتم في بعض الأحيان التنازل عن بعض الخواص الأخرى نتيجة استخدام هذه المواد وتوجد أنواع متعددة من الخرسانة تؤدي هدفاً معيناً . مثل الخرسانة الخفيفة التي تتميز بوحدة وزن منخفضة لتقليل الأحمال الثابتة والخرسانة الثقيلة التي تتميز بوحدة وزن عالية والتي تستخدم غالباً لمنع نفاذ الإشعاعات في المفاعلات الذرية كذلك الخرسانة التي تتميز بعزلها للحرارة ... الخ .

الخرسانة الجيدة

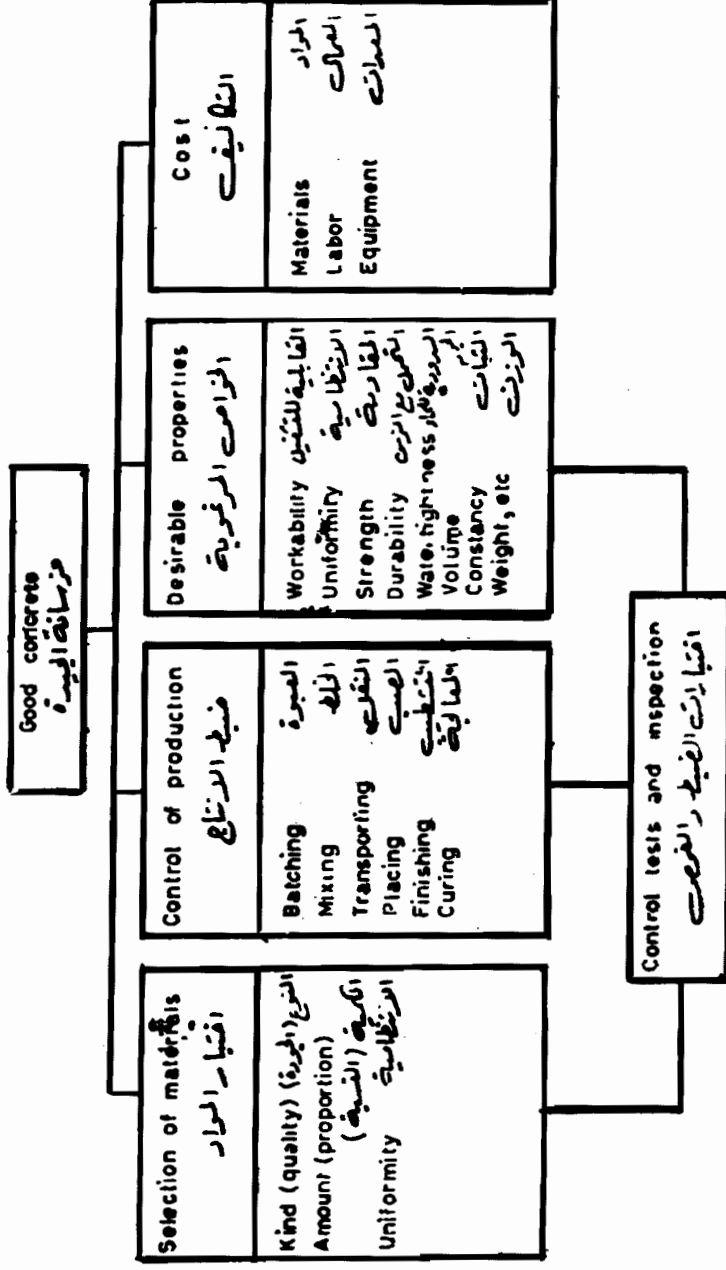
(Good concrete)

بالرغم من معرفة للعديد من خواص مكونات الخرسانة المختلفة إلا أنه مازال الكثير من آفاقها وحلقاتها مغموراً . وما زال اختيار أفضلها وأحسنها لمشأ من المنشآت موضع كل دراسة وتمحيص من جانب المشتغلين في هذا العلم . ومع ذلك فهناك مجموعة من المفاهيم الأساسية والحقائق العلمية التي يجب أن نضعها أمام كل مشتغل بهذا العلم .

أولاً — عوامل إنتاج الخرسانة الجيدة :

إن اختيار مواد جيدة لصناعة الخرسانة وخطتها بنسب صحيحة ليس هو وحده المحدد لمقدار جودة الخرسانة وليس هو العنصر الكافي والوحيد لإنتاج خرسانة جيدة حيث :

١ — لا تقاس جودة الخرسانة بمقدار جودة موادها ولا بمقدار جودة تصميم الخلطة الخرسانية ولا بمقدار الإجهادات التي تتحملها ولكن بمقدار ملائمتها لاداء وظيفتها في المنشأ المستخدمة فيه ومقدرتها على مقاومة الظروف المعرضة لها .



عوامل انتاج الخرسانه الجيده

FACTORS IN THE PRODUCTION OF GOOD CONCRETE

شكل رقم (٣ - ٢)

٢ — لا تقتصر جودة الخرسانة على اختيار المواد فقط إذ أن هناك عوامل لا تقل أهمية عن ذلك وتتضمن عملية صناعة الخرسانة نفسها وجودة ضبط الإنتاج فيها . لذلك فالخرسانة منتج تتوقف جودته على عوامل عديدة يسكن إجمالها كما هو مبين بالشكل رقم (م — ٣) . وليس اختيار المواد لإعاملا منها فقط .

ثانياً — حدود استعمالات الخرسانة :

لا تصلح الخرسانة لكل منشأ ولا يمكن تعدى حدودها حيث أن لها عيوباً وحدوداً يجب أن يأخذها في اعتباره كل من يعمل في هذا الميدان وبصفة خاصة مهندس التصميم ومهندس التنفيذ . ومعرفة هذه الحدود تقودنا إلى التخلص من بعض صعوبات الانشاء كما أن إعمالها قد يؤدي إلى ظهور مشا كل كثيرة . وأهم الأسباب التي تعمل على تضيق حدود استعمالات الخرسانة ما يأتي :

١ — ضعف مقاومة الخرسانة في الشد :

ويمكن التغلب على هذا بتسليح الأجزاء المعرضة للشد بوضع أسياخ الحديد بكمية وشكل ونظام معين يخضع لحسابات التصميم وأسس التنفيذ .

٢ — حركة التمدد بالرطوبة والانكماش بالجفاف :

من المعروف أن الخرسانة تتمدد ثم تنقلص نتيجة لدورة البلل ثم الجفاف كما أنها تنكش عندما تجف عجينة الاسمنت وتصلب . وهذه الحركة الناتجة عن التمدد والانكماش تتطلب عمل وصلات وفواصل لمنع حدوث التشققات والشروخ .

٣ — الحركة الناتجة عن الحرارة :

تتمدد الخرسانة وتنكش نتيجة للتغيرات في درجات الحرارة بنفس معدل الحديد تقريباً . . . ويجب عمل وصلات التمدد في المنشآت الخرسانية لتجنب حدوث الشروخ بسبب زيادة الاجهاد الناتج عن التمدد أو الانكماش .

٤ — المنفذية :

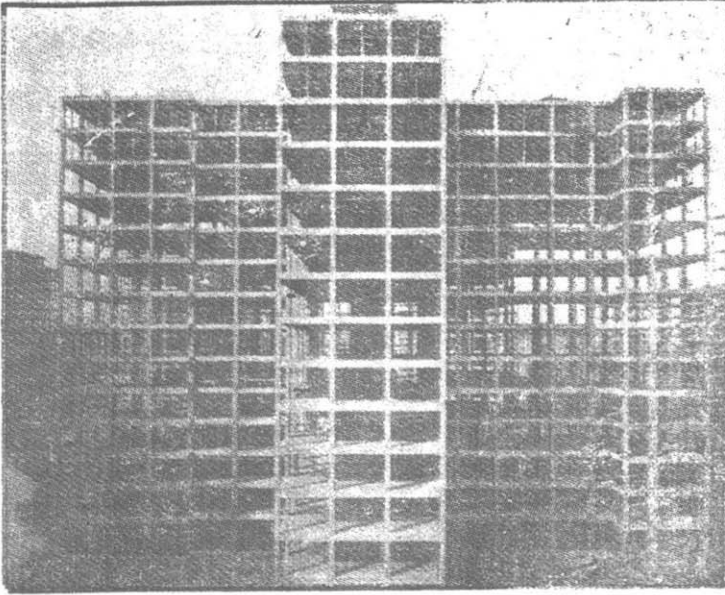
إن أنواع الخرسانة لا يكون سدوداً للماء بصورة مطلقة وكذلك قد تحتوي الخرسانة ولو بنسب صغيرة جداً على مواد قابلة للذوبان في الماء فتخرج

معه . كما أن الوصلات السابق الإشارة إليها والتي تعمل لتفادي الشروخ نتيجة لحركة الانكماش بالجفاف أو الحرارة تعتبر مجالا أو منفذاً لدخول الماء في الخرسانة إلا إذا اتخذت احتياطات خاصة لمنع الماء من الوصول إليها . ومن الجدير بالذكر توضيح أهمية السدودية للماء في الخرسانة المسلحة لمنع صدأ حديد التسليح .

ثالثاً - مستقبل الخرسانة :

إن كثرة شيوع واستخدام الخرسانة العادية والمسلحة وسابقة الاجهاد في كافة الانشاءات وفي كل الأماكن البرية والبحرية ولجميع الأغراض جعل الخرسانة المادة الأساسية للإنشاءات في القرن العشرين كما يتضح من استمالاتها المختلفة الميئة بالأشكال من رقم (م - ٤) إلى رقم (م - ١٧) .

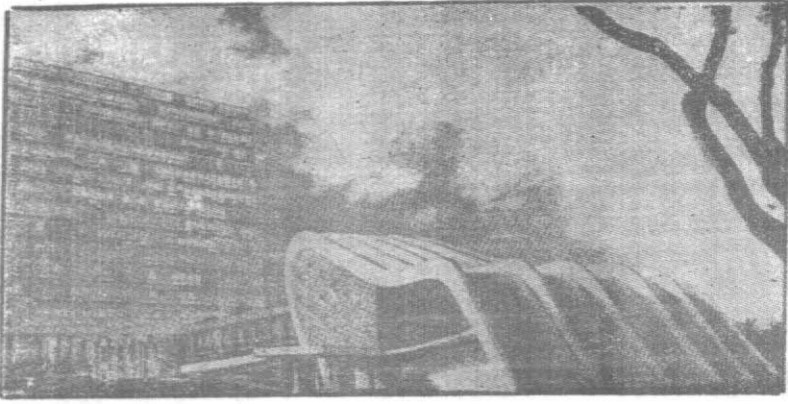
ويتوقف مستقبل تطور الخرسانة على توافر وتطوير المواد الخام المكونة لها وكذلك الإضافات ثم تحسين طرق صناعة الخرسانة والتي تشمل تصميم الخلطة والخلط والنقل والصب والدمك والتسوية والمعالجة . . . كذلك يتوقف مستقبلها على تقدم معلوماتنا الفنية في مجال الخرسانة . وعلى تكوين فئات مدربة ماهرة من العمال تنفيذ كل العمليات التي تعطل لهم . . . ولا يمكن أن تقدم أي صناعة دون تقدم البحث العلمي فيها . . . وتعمل معامل الأبحاث الصبة الأكبر لتقديم البحث العلمي في الخرسانة وتعمل من جانبها باستمرار على تحسين أنواع وخواص الخرسانة لتلائم كافة الأغراض الإنشائية المختلفة كما أن الخبرة العملية حيلة تنفيذ المشروعات الهندسية الكبرى تضيف إلى تصميم وتنفيذ الخرسانة معلومات قيمة ذات أثر كبير في تطوير الخرسانة التي تتناسب والظروف المحلية للمشروعات المستقبلية .



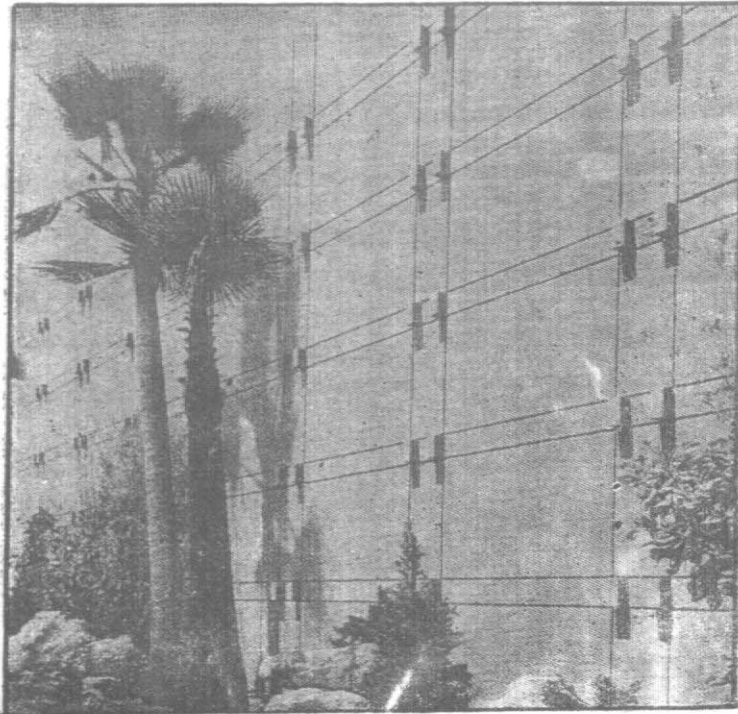
شكل رقم (م - ٤) هيكل مبنى من الخرسانة المسلحة



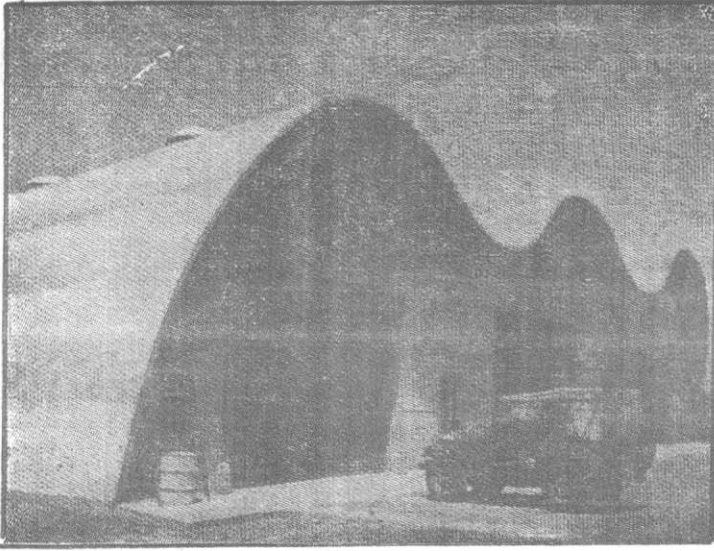
شكل رقم (م - ٥) وحدات سكنية من الخرسانة المسلحة



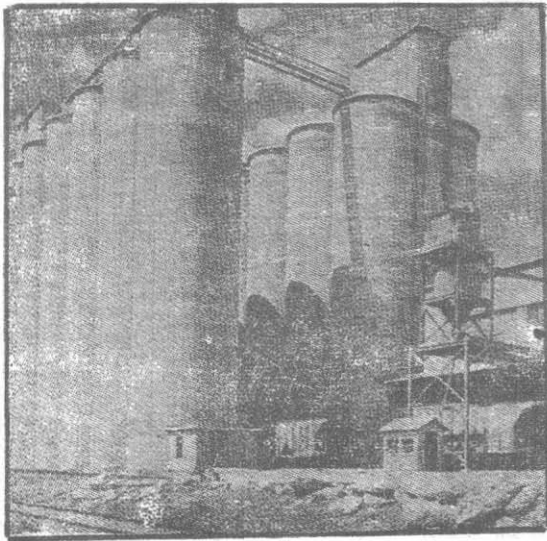
شكل رقم (٦-٢) سالة معارض من الخرسانة المسلحة



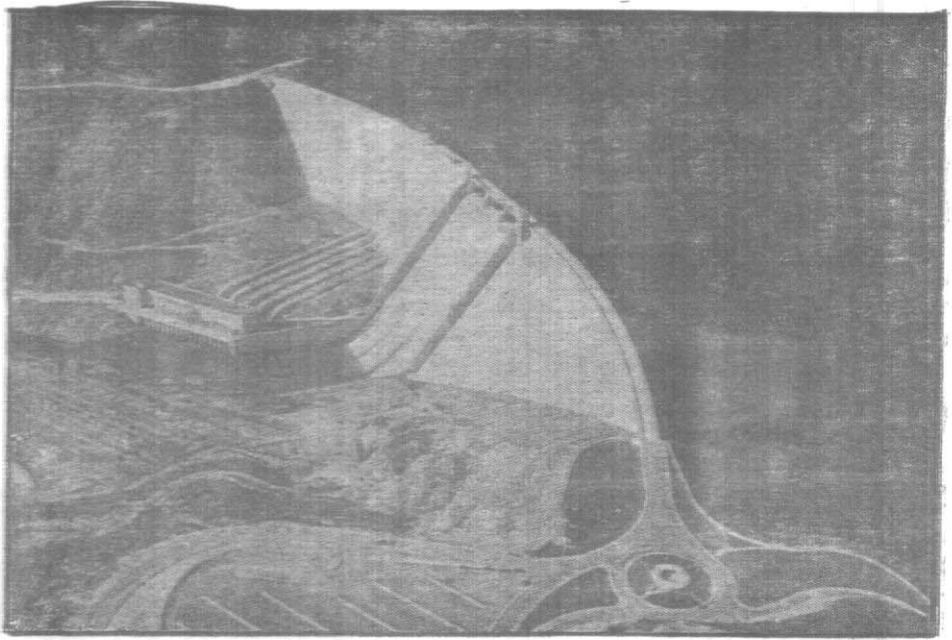
شكل رقم (٧-٢) حائط من الخرسانة المسلحة



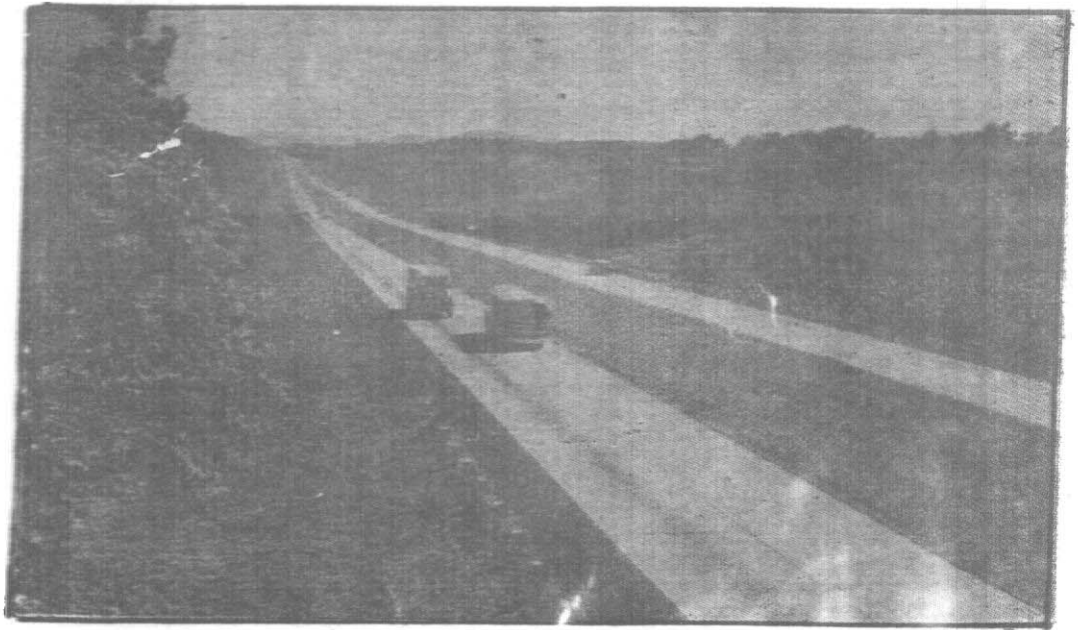
شكل رقم (٨ - م) سقف قشري من الخرسانة المسلحة



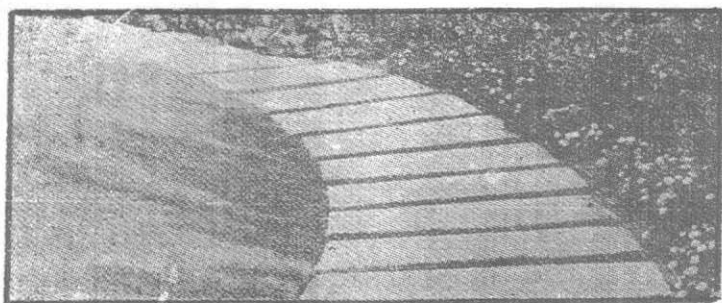
شكل رقم (٩ - م) صوامع تخزين من الخرسانة المسلحة



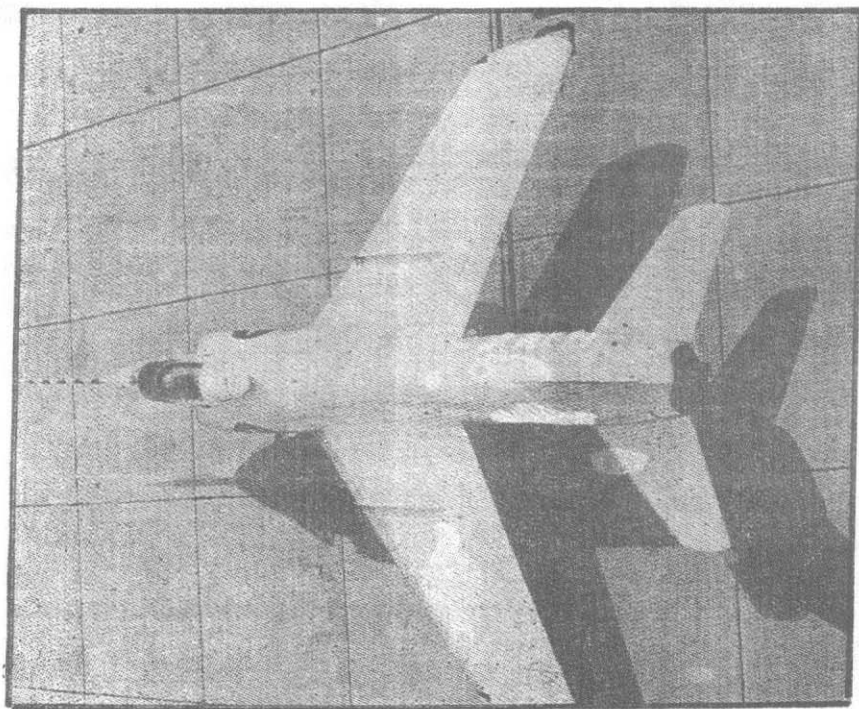
شكل رقم (م - ١٠) سد لتخزين المياه من الحرساة الملحة



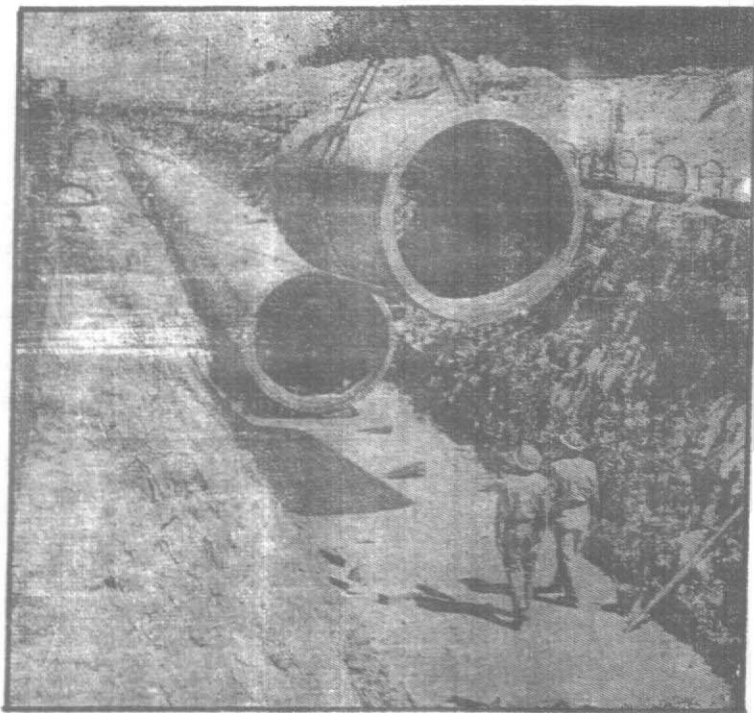
شكل رقم (م - ١١) طريق رئيسي مرصوف بالحرساة



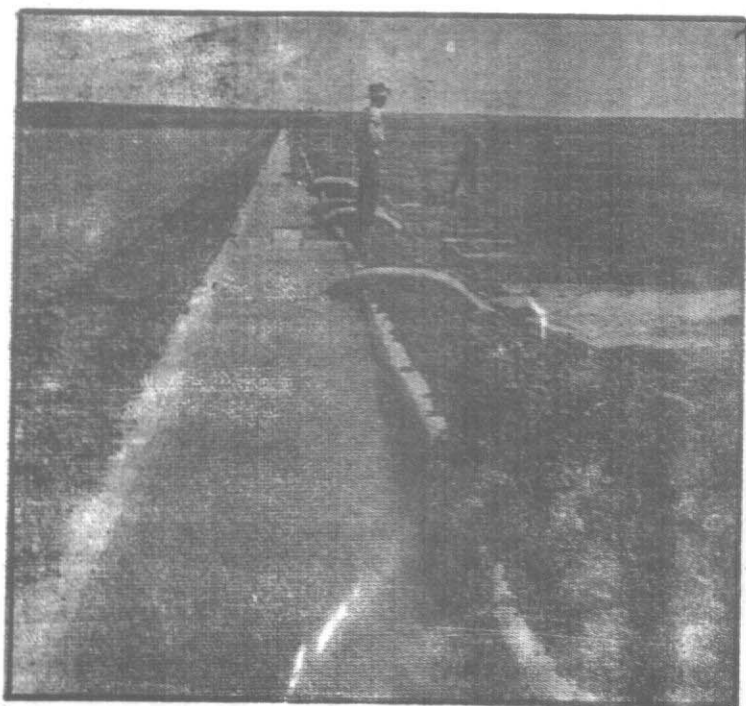
شكل رقم (م - ١٢) مشايات الحدائق من بلاطات خرسانية



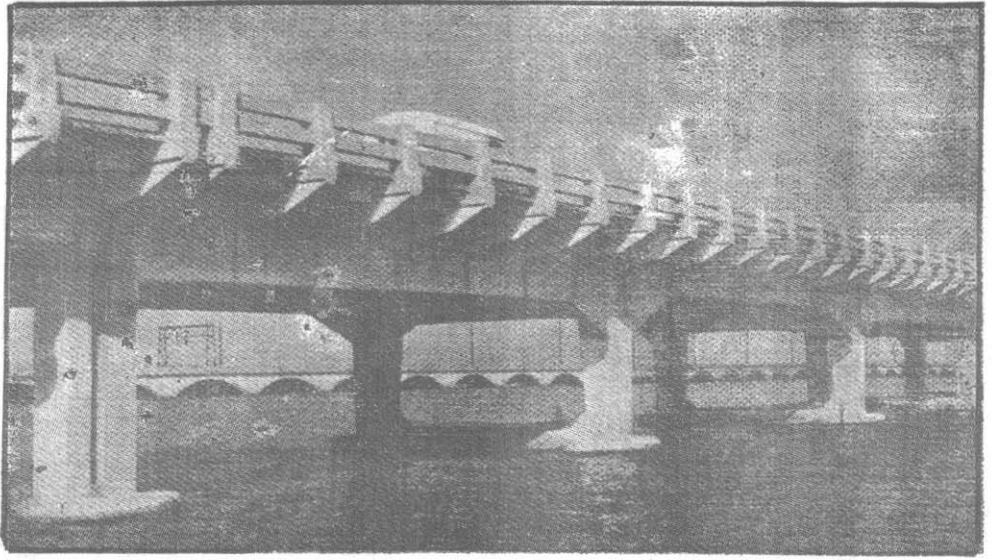
شكل رقم (م - ١٣) مهبط طائرات مرصوف بالخرسانة



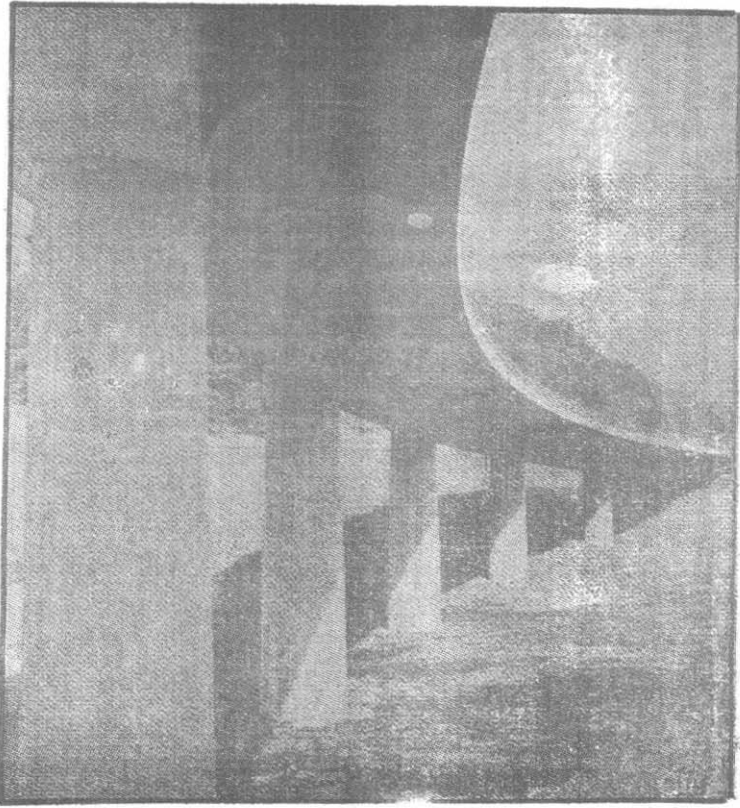
شكل رقم (م - ١٤) مواسير من الخرسانة المسلحة



شكل رقم (م - ١٥) قناة ري مبطنة بالخرسانة



شكل رقم (م - ١٦) كوبرى على مجرى مائى من الخرسانة المسلحة



شكل رقم (م - ١٧) كوبرى علوى من الخرسانة المسلحة