أهمية الإستخدام الحديث لمادة الخرسانة في العراق
دراسة تحليلية لتطور إنتاج وإستخدام مادة الخرسانة في العمارة

محمد رضا شاكر مجيد
مدرس
كلية الهندسة – جامعة بغداد
إيميل :mridhachalabi@gmail.com

الخلاصة

ليست مادة الخرسانه بإمكاناتها ومواصفاتها المميزة كأي مادة أخرى حيث ساعدت منذ إكتشافها لأول مرة على إحداث طفرة في عالم التصميم وتنويع إنتاج الأعمال المعمارية العظيمة بعيداً عن الشكل الهندسي المعتاد وذلك مما ساعد على الخروج عن المألوف وتحقيق مالم يكن ممكناً.

و تعتبر مادة الخرسانة الى وقتنا الحاضر الحل الأفضل والأسهل والأوفر لأغلب مشاكل الإنشاء بما فيها المشكلة الاقتصادية.

لذا بدأ أغلب المعماريين المبدعين في الحداثة (بالذات) مسيرتهم المهنية وذاع صيتهم من خلال تصاميم تميزت بإستخدام مادة الخرسانة كمادة إنشائية أساسية في فتره مابين الحربين[1] حيث كانت الحل الإقتصادي لأزمة الإسكان في العراق، ومن ثم تطورت مع الحداثه لتنتقل من الجانب الوظيفي البحت الى الجوانب التعبيرية والنحتية أيضاً.

وتبرز هنا أهمية الخرسانة كمادة إنشائية وإستغلال مواصفاتها وتحسينها كمادة أساسية في العمل المعماري حيث لايزال هنالك قُصور واضح في إستخدام مادة الخرسانة في العمل المعماري في العراق ولاتزال تستخدم هذه المادة بصيغتها الإنشائية أكثر من كونها مادة يمكن إستثمار خصائصها وتطويرها للعمل المعماري.

لقد عمل الكثير من المعماريين المحليين والعالميين لإستغلال خصائص هذه المادة خلال أربعينيات وخمسينات القرن الماضي لإنتاج أعمال ومباني معمارية متميزة وظهرت من خلالها حركات وتوجهات معمارية مرموقة أثرت بشكل كبير على العمارة.

من هنا تبرز مشكلة البحث حيث لانرى تطوراً واضحاً في إستخدام هذه المادة في العراق وإنما هنالك مايوصف بالتردي في الشكل وحتى في مواصفات المادة المنتجة من الناحية الإنشائية والتنفيذ.

ويهدف البحث الى التعريف بإمكانات مادة الخرسانة التقليدية ومواصفاتها وكيف أستخدمت هذه الخصائص بشكل إيجابي من قبل رواد العمارة، وبيان العلاقة بين الشكل المعماري والشكل المنشاي للأبنية والدور الذي تلعبه هذه المادة في هذا المجال، لتشكل

[1] الحرب العالمية الأولى والحرب العالمية الثانية

إطاراً نظرياً للبحث ومن ثم إستخلاص أهم التجارب التي توصل إليها المعماريون في إنتاج وإستخدام هذه المادة للخروج بإستنتاجات وتوصيات تعين المعمار للدخول وفهم هذه المادة وإستخدامها وتطويرها لإنجاز مباني ذات طابع معماري متميز.

الكلمات الرئيسة: الخرسانة، قحطان المدفعي، مواصفات، الوحشيه، ميتابولزم، العضويه، دوكتل، لافارج، الإجيليا، الخرسانة الشفافه.

Importance of New Use of Concrete in Iraq
Analysis of Development And Use of Concrete in Architecture

Mohammed Ridha Shakir Majeed
Lecturer
Engineering College – Baghdad University
E-mail:mridhachalabi@gmail.com

ABSTRACT

Since its invention by the Ancient Romans and later developed during the mid-18th century, the concrete structure and finish, has been considered as the most powerful, practical, economic and constructional material that meets the building's architectural and aesthetical requirements. By creating unique architectural forms, the pioneer architects used concrete widely to shape up their innovative designs and buildings.

The pre-mixed ultra-high performance concrete which manufactured by Lafarge.

The transparent concrete and cement that allow the light beams to pass through them, introduces remarkable well-lit architectural spaces within the same structural criteria. This product is a recyclable, sustainable, friendly environmental and cost efficient back up .

Due to its characteristics, strength, flexibility, affordability and long term performance, the concert integrated and contributed in modern architecture, urbanism and civil developments. Apparently, most of the 20th Century architects employed high-tech concrete method to deliver Iconic and bespoke architectural monuments world-wide. The interaction between the architectural form and the concrete as a buildable, executable, structural and constructional material has been always the main concern for architects over generations .

The formalism in architecture was first identified by the Art-Nouveau movement during the early 20 century in Europe as well as in Northern America. It formed, utilized and sculptured the concert to meet the use, function, aesthetical and spatial needs of spaces. This wave generated series of most significant, outstanding and impressive buildings in the architectural symbolized record .

This was followed by the Brutalism architecture presented by Alison and Peter Smithson in England and also by Le Corbusier works in Marseille and India. However, Alvar Alto and Louis Khan have participated and established a tremendous use of concrete to erect public interest developments on the same era

The concert as a structural element dominated the Metabolism architecture that represented by the Japanese architects like Kiyonori Kikutake, Kisho Kurokawa, Noboru Kawazoe, Masato Otakaand and Fumihiko Maki. They visualized the city of the future to be viable, evaluable, expandable, flexible structures that evoked the processes of organic growth as it is in nature. Their developments are often called technocratic and described as avant-garde with a rhetorical character. The Metabolist mega structures heavily relied on advanced technology and adaptable plug-in building techniques in using this material .

The research concluded the influences of the concrete as a building material upon the modern and building forms from the outsets. By exploring the history of the material, expanding its characteristics and specifications and later demonstrating the modern architecture movements and architects, this research has achieved its targets to acknowledge the importance of concrete in the current construction market and architectural developments.

Key Word: Concrete, Kahtan Al Madfai, Specification, Brutalism, Metabolism, Organism, Ductal, Lafarge, Agilia, Translucent concrete.

1- المقدمة

إن مادة الخَرَسَانَة المشهورة إنشائياًوالمتكونة من الإسمنت والرمل والماء مع إضافة الركام، التي تعد من أهم مواد البناء في العصر الحديث خصوصاً مع تدعيمها بالحديد لتصبح خرسانة مسلحة كانت قد أستخدمت من قبل الرومان حيث إستخدموا الخرسانة العادية Plain Concrete قبل حوالي ألفي عام وقد أستعملت في معظم مبانيهم لسهولة تشكيلها وإمكان تنفيذها بعمالة مدربة تدريباً بسيطاً.

إن الصفات التقليدية للخرسانة هي التصلب عند إضافة الماء ولكنها لها خصائص أخرى هي:

- تأخذ شكل صلد ومتين مع الزمن تدريجيا وتبدأ بالتصلب الابتدائى Initial setting وتنتهى بالتصلب النهائى Final setting.
- شديدة المقاومة لقوى الإنضغط Compressive Forces ولكنها في نفس الوقت ضعيفة جداً في مقاومتها لقوى الشد Tensile Forces لذلك فالخرسانة العادية (غير المسلحة) لا تستخدم أبداً في الأماكن التي تحدث فيه إجهادات الشد (مثل العتبات Beams). وللتغلب على هذه المشكلة، يوضع قضبان حديد التسليح وهو مقاوم ممتاز لقوى الشد وقوى الضغط في آن واحد، في حين أن قضبان حديد التسليح الطويلة يمكن أن تتحمل قوى الشد كلها فإن الخرسانة لا تتحمل قوى الضغط كلها إذا كانت قطاعاتها نحيفة Slender فيحدث نتيجة لهذا إنبعاج الخرسانة Buckling.

وكما هو معروف إن مركبا خليطاً من الخرسانة والحديد يعطى مادة مثالية لمقاومة الإجهادات المختلفة المؤثرة عليها، وهذا المركب هو ما يعرف باسم الخرسانة المسلحة Reinforced Concrete (مصدر 21).

ولقد أدرك الرومان إمكانية بناء الجسور من خرسانتهم الجديدة وأصبح بناء القباب أقل كلفة عندهم وأكثر سهولة، ومهد الطريق لفن عمارة جديد، ولبناء القناطر من هياكل خشبية وتُصب الخرسانة فوقها، لتتمكن من حمل وزن السقف ككل حين جفاف الخرسانة، وأحيانًا إذا لم تكن الألواح الخشبية ناعمة فستخلف خطوطًا في السقف، وبالتالي تعكس مكان وجودها وتعطي ملمساً وشكلاً معمارياً.

ولم تكن الخرسانة عاملاً مساعداً على حل المشكلة الجمالية فقط بل وأصبحت عاملاً مساعداً وبشكل فعّال من ناحية الوظيفة أيضاً، حيث منحت المصمم فرصة عدم التقيد بأحجام الفضاءات أو فتحات الشبابيك أو إرتفاعات الأبواب كما في إستخدام الطابوق أو الحجر كونهما يتألفان من وحدات بقياسات محددة وصغيرة.

هذا وقد خدمت الخرسانة المنشأ من ناحية سهولة إدخال الخدمات والحفاظ عليها بخلق أنفاق لها داخلها من دون التأثير على هيكل المنشأ وجماليته بالإضافة الى كونها مادة عازلة للحرارة مما سيحافظ على البيئة الداخلية المريحة للمنشأ وسلامته من التأثيرات الخارجية.

أما في العصر الحديث فبعد معماريي الفن الجديد (الآرت نوفو كما سبق) وإن من الأوائل الذين إستخدموا الخرسانة في الواجهات هو المعماري الشهير فرانك لويد رايت Frank Lloyd Wright وذلك في بيوت البراري وبيت الشلال (شكل-1)، حيث لم يكن من المتعارف سابقاً له (في الولايات المتحدة) إستخدام الخرسانة كمادة إنهاء، ولكن أبداع رائد الحداثة (رايت) في تصاميمه وجه الأنظار لإمكانيات الخرسانة التعبيرية.

وإستمرت مادة الخرسانة بإستقطاب إهتمام المعماريين الكبار ومقلديهم في بداية القرن العشرين ولغاية الآن، وبرزت أسماء مثل لو كوربوزيه Le Corbusier ، ووالتر غروبيوس Walter Gropius، ولويس كان Louis Kahn ،

وإيرو سارينين Eero Saarinen، وكيشو كاراكاوا Kisho Kurokawa، وبيير لويجي نيرفي Pier Luigi Nervi كأهم من إستخدموا المادة بصفاتها التعبيرية وقد أبدع الأخير في إستخدامه للخرسانة حيث لقب بشاعر الخرسانة، فضلاً عن كنزو تانغه Kenzo Tange، والمعمارية العراقية زها حديد Zaha Hadid وغيرهم، وتتواصل التصاميم لإكتشاف إمكانيات جديدة ومواصفات محسنة تساعد في سهوله التشكيل وجمالية التصميم.

ولقد شهدت فترة الخمسينات في العراق عودة عدد من الفنانين التشكيليين والمعماريين الى العراق يحملون معهم ذات الأفكار والمفاهيم الفلسفية إزاء العمارة التي أشاعتها الأنماط والمدارس التي إنتشرت في أمريكا وأوروبا من معطيات التكنلوجيا الغربيه وما ظهر في ميدان التداول الفعلي من مواد وأساليب تنفيذية...فكان من جراء ذلك أن قفزت سمات جديدة الى واقع المدينة العراقية وخاصة بغداد ومجتمعها ومنها إستخدام متجدد للمواد الإنشائية مع ما أفرزته مادتي الفولاذ والخرسانة من طواعية ومتانة لم تكن مألوفة في واقع التنفيذ فأعطت هذه الإستخدامات متسعاً من المرونة نحو التلاعب بالأشكال بإتجاه خالٍ نسبياً من تعقيدات المادة وكان في مقدمتها إمكانية الحصول على بحور مترامية...من خلال إستخدام النظم المنشاية الهيكلية.

إن الإنفتاح على التقنية الغربية وكذا الأمر بالنسبة لتقنيات المعسكر الإشتراكي بعد أن كانت العلاقات والخطوط العريضة لسياسات الدولة ترسمها الدوائر البريطانية..

لقد ساهم المعمار قحطان المدفعي برفد النتاج المعماري العراقي (مع غيره من رواد العمارة العراقية المعاصرة) بحيوية إضافية من خلال تحركه وتطلعاته وتقصيه لكل مايظهر على الساحة من شواخص الأعمال...وكما يشير د.خالد السلطاني إنه قد إستهوتنا وراقت لنا تلك التكوينات الديناميكية والتكوينات المتناغمة التي طالعناها في متنزه الأوبرا ومدينة الألعاب في بغداد والتي أقترنت بإسم المعمار قحطان المدفعي..وحيوية الشباب التي تتوافق مع كل مايوحي بالحركة والتغيير (شكل–2). (مصدر 22)

2– المواصفات التقليدية لمادة الخرسانة وميزاتها :

a. المواصفات الفيزيائيه والكيمياوية:

- بطيئة الإشتعال.
- درجة نفاذيتها للماء 0.1% مقاومة للأملاح والأحماض.
- مقاومة للاحتكاك والكسر.
- رديئة التوصيل للكهرباء.
- ضعيفة التوصيل الحراري.
- تتحمل إجهاد ضغط يصل إلى 50 نيوتن / مم2.
- مقاوم للأشعة فوق البنفسجية.

b. ميزات مادة الخرسانة:

- إحدى مواد البناء الأكثر طواعية المتوفرة للمهندسين والمعماريين.
- عملية لإعادة الإنتاج والترميم وذات جمالية عالية وصديقة للبيئة.
- تخفف الحمولات على الأبنية بعوامل أمان كبيرة للهياكل الضخمة والأساسات.
- يمكن تلوينها بالصباغات والدهانات.
- الإكساء بواسطتها يمكن أن يحل محل الخرسانة مسبقة الصنع عندما تكون هناك مشكلة في الوزن والشكل.
- سهلة التصنيع والقولبة لإنتاج الاشكال والتفاصيل الدقيقة كما تعطي الملمس المطلوب للسطوح النهائية بأفضل نوعية.
- شديدة الصلابة ومقاومة للاحتكاك.

- مقاومة للتآكل والظروف الجوية الخارجية من حرارة ورطوبة وخاصة الاجواء البحرية.
- عازلة للحرارة والصوت وتتسم بمقاومة عالية للحريق وتسرب الماء.
- غير قابلة لتكاثر الحشرات ونمو الفطريات والمكروبات.

3-1 طرق العمل بمادة الخرسانة :

- الصب بالموقع مباشرة (Cast in situ)
- الخرسانه المسبقه الصب (Pre-cast)
- الخرسانه المسبقه الاجهاد (Pre-stressed)
- القوالب المنزلقه (Slip form)

3- الإستخدامات التقليدية لمادة الخرسانة:

تستخدم الخرسانة في الكثير من الأعمال المعمارية والبنائية وأهمها:

- تكسيات واجهات المباني
- الأعمدة والجسور
- الشبابيك أو المشربيات الإسلامية
- تغطية الأسقف بديلاً للأسبستوس والقرميد
- الأسقف المعلقة
- جدران المباني
- وحدات معمارية وزخرفية مختلفة
- الشرفات
- القباب
- التماثيل
- أقنية للري والصرف
- النافورات
- أحواض زهور
- جدران عزل الضوضاء

4- أهم التوجهات المعمارية التي إستخدمت مادة الخرسانة:

a. التعبيرية العضوية Organic expressionism:

كانت بدايتها بحركه الآرت نوفو Art Nouveau[2]التي إبتدأت بتصميم الفضاء الداخلي وإتسعت لتشمل العمارة، وإمتدت في أنحاء أوربا لتمثل بداية تجسيد الفكر المبدع في العمارة والتعبير عن شخصيه المصمم خلال البناية.

ومن ثم نمت هذه الحركه لتصل الى مستوى النحت والتعبير الجمالي المتفرد في كل بناية الذي هو توجه النحتية، ولكي نعرف النحتية في العماره نستطيع القول إنها المباني التي أنشأت بالإعتماد على أسلوب النحت لإنشاء مباني تتوافر فيها شروط الإنتفاع

[2] أرت نوفو (الكلمة الفرنسية ل' الفَنّ الجديد 'Art Nouveau,) أسلوبٌ دوليُ مِنْ الفَنِّ والهندسة المعماريةِ والتصميمِ الذي بَلغ الذروة في الشعبيةِ في بِداية القرنِ العشرونِ (1880-1914) ويتميَّزُ بتصميماته المتُجَدِّدِة جداً، المتَدَفُّقة، وتصميمات ذات خطوط منحنية وأشكال الأزهار والأشكال المستوحاة من النباتات.

والمتانة والجمال والإقتصاد وتفي بحاجات الإنسان المادية والنفسية و الروحية والإجتماعية في حدود الإمكانات المتوافرة وبأحسن الوسائل في ظل محددات المكان والبيئة المحيطة.

برج انيشتاين (شكل – 3) من أشهر أعمال المعماري الألماني إريك مندلسون Erich Mendelsohn، والذي هو عبارة عن مرصد فلكي أقيم ما بين سنتي 1917 – 1921 ، تكريماً للفيزيائي ألبرت أنيشتاين في بوتسدام في ألمانيا. (مصدر 15)

يوضح المبنى أفكار مندلسون في التصميم البلاستيكي بدون زوايا أي بخطوط منحنية، وكانت الخرسانة هي المادة المطواعة لتنفيذ هذا المبنى، ولكن بسبب الحرب تم تنفيذ بعض الأجزاء بواسطة الطابوق وطليت بطلاء نهائي للبرج.

و يعد هذا المبنى من المباني المتألقة المعبرة عن عمارة القرن العشرين.

تغطي البرج قبة صغيرة تسمح للراصد الفلكي بالنظر من خلالها بواسطة مرقابه إلى قبة السماء، وتسمح بإنتقال الضوء إلى مستوى تحت الأرض داخل المبنى، يمكن فيه رصد حركة الأفلاك، ويتميز المبنى من الخارج بخطوطه الانسيابية، والديناميكية الفائقة للشكل الخارجي للبرج وقاعدته التي تحتوي المدخل الذي يرتفع بضع درجات عن الأرض.

إن إستخدام الخطوط والمستويات المنحنية وعدم إستخدام الزوايا القائمة، والرمزية في التشكيل، والتكوينات المعمارية الحرة (غير المنتهية) النحتية المعبرة والمؤثرة في النفس، ومادة الخرسانة هي المادة الطيعة لتنفيذ فكر التعبيريين. .(مصدر 3)

وهنالك كما سنرى لاحقاً نماذج رائعة من العمارة النحتية، حيث تشكل الأنظمة المنشأية القشرية الخرسانية (الأنظمة المنشأية السطحية) الأنظمة الأكثر نقاءاً في تراكب الأشكال المعمارية مع الأشكال المنشأية.

b. العماره الوحشيه [3] Brutalism Architecture

ظهر هذا الاتجاه المعماري في النصف الثاني من خمسينات القرن الماضي حيث إنطلقت من إنكلترا من خلال أعمال الزوجين سميتسون أليسون وبيتر Alison & Peter Smithson.

وهناك من ينسب بداية العمارة الوحشية إلى المعمار لو كوربوزيه Le Corbusier من خلال طابع المبنى السكني الشهير في مرسيليا (شكل – 4) ومن خلال إستخدام الخرسانة العارية والتأكيد على مبدأ صرامة المادة، وتكرار العناصر الشاقولية، وتغيير مقياس الفتحات في واجهات المبنى ، كما إن كنيسة رونشام في فرنسا تعكس بعض صفات الوحشية هذه إلا أن البعض يقول أنها ذات إتجاه فريد وخاص.

ومن الأعمال الأخرى للمعمار لو كوربوزيه التي تعكس صفات الوحشية مبنى قصر العدل في مدينة شنديغار (شكل – 5) وهو مشيد من الخرسانة المسلحه ويوضح أسلوب المصمم في استخدام هذه المادة وتطويعها لتخدم أفكاره.(مصدر 3)

- **اهم ميزات هذا الاتجاه المعماري :**
  - صياغة التكوين الأساسي للمبنى من عدد من الحجوم المعمارية المترابطة والمتداخلة.
  - إظهار مادة البناء الاساسية بشكل صريح في المظهر الخارجي والفراغات الداخلية للمبنى وإظهار الهيكل الخرساني المسلح.
  - إستخدام الجدران الخرسانية والاجرية العارية وذلك للحصول على خشونة متعمدة في الطابع المعماري للمبنى للرغبة المقصودة في التوصل الى حجوم معمارية ضاغطة توحي بثقل المبنى.

[3] **العمارة الوحشية** Brutalist architecture هو نمط معماري ازدهر في فترة الخمسينيات حتى منتصف السبعينيات من القرن العشرين، وقد إنبثق من الحركة المعمارية الحداثية في البداية، وتمثّل هذا النمط بالمباني الحكومية والمساكن منخفضة الإيجار ومراكز التسوق لخلق هياكل وظيفية بتكلفة منخفضة، حتى أتى بعض المصممين في نهاية المطاف وغير الاستخدامات بطريق أخرى مثل مباني الكليات.

- كثيرا ما تشكل الجدران الخارجية والداخلية القاطعة زوايا مختلفة (منفرجة، حادة، قائمة) وذلك من أجل الإبتعاد عن الأشكال التقليدية.
- يلاحظ في الواجهات عدم الإنتظام والعشوائية المقصودة في توزيع الفتحات.
- في الكثير من شواهد العمارة الوحشية إتبعت حلول وأساليب معمارية قريبة من أصول العمارة التعبيرية.
- إستخدام التأثيرات الجمالية والحسية الناجمة عن تكرار المرازيب الخرسانية الضخمة ذات المقطع المربع أو الدائري كما لا تخلو عمارتهم من لمسات تميزها كالأعمدة المفردة او المزدوجة التي تتقدم سطوح الواجهات والتضاد ما بين المقياس الصغير الناعم والمقياس الكبير الضخم لعناصر واجهات المباني الرئيسية والثانوية.
- لم يلتزموا بان تعكس واجهات المبنى طبيعة الفراغات المعمارية الداخلية.

- **أهم معماريو هذا الإتجاه وأهم أعمالهم:**

- **سميتسون أليسون وبيتر Alison & Peter Smithson**

ومن أعمالهما مدرسة نورفلك في إنكلترا عام 1954 والمبنى السكني في واتفوورد 1956 , حدائق روبن هود في لندن (شكل – 6). (مصدر 23)

- **ألفار آلتو Alvar Aalto**

المعمار الفنلندي الذي تأثر نوعما بالوحشية لكنه بقي مؤكداً للأفكار التي صاغها لنفسه ويظهر هذا التأثر في إحدى الكنائس في فنلندا(شكل – 7).

- **لويس كان Louis Isadore Kahn**

الأمريكي الذي ركز على الكتل الشاقولية والسطوح الصماء وإستخدام الجدران الخرسانية العارية ومن أهم أعماله مبنى الأقسام الداخلية في ولاية بنسلفانيا (شكل – 8).

c. حركة الميتابولزم Metabolism:

نظر معماريو الميتابولزم الى المجتمع الإنساني على إنه عملية حيوية وتتطور بإستمرار وإن التعامل مع المجتمع الإنساني لابد أن يؤخذ كوحدة واحدة أو جزء من إستمرارية الوجود الطبيعي الذي يشمل جميع الحيوانات والنباتات وعليه تعتبر التكنولوجيا إمتداداً للإنسانية. (مصدر 2)

إن معماريوا الميتابولزم هم مجموعة من المعماريين اليابانيين من المشاركين في الإعداد والمشاركة في مؤتمر التصميم العالمي الذي إنعقد في طوكيو 1960، وظهرت هذه المجموعة عقب الحرب العالمية الثانية إذ كان الدمار سائدا و الناس في حالة تشرد تام دون مأوى، وقد حاول هؤلاء وضع الحلول لهذه الكارثة.

المعماريون هم :

- كيونوري كيكوتيKIYONORI KIKUTAKE
- كيشو كوروكاو KISHO KUROKAWA
- نوبور كاوازوي NOPORU KAWAZOE
- ماساتو اوتاما MASATO OTAK
- فومهيكو ماكي FUMIHIKO MAKI
- كيوشي اوازو KIYOSHI AWAZU

وإنضم إليهم كنزو تانغي KENZO TANGE بصورة غير رسمية تأييداً للأفكار.

وتضمن البيان الاول للمجموعة:

إختيار مصطلح Metabolism للتعبير عن المجموعة يعود الى الايمان بان التقنية والتصميم يجب أن يرمزا الى حيوية الكائنات الحية.

ولايعبر الميتابوليزم Metabolism فقط عن التلاؤم والتوافق مع التقدم الطبيعي والتاريخي بل يشجع التطور والنشاط الميتابوليزمي وذلك لسببين:

- يجب أن يمثل المجتمع الإنساني جزءاً من الإستمرارية الطبيعية للكون.
- التقنية هي إمتداد إنساني.

- **الأفكار الأساسية للميتابوليزم Metabolism:**
  - الهدف من استعمال هذا الرمز هو أن العمارة يجب أن تتمتع بالحيوية الإنشائية التي تتمتع بها الكائنات الحية.
  - النتاج المعماري الجديد يجب أن يتصف بإمكانية التطور والنمو وإستبدال بعض أجزاء المبنى المستهلكة.
  - أنظمة تخطيطية تسمح بالتطور والنمو.
  - تطويع التقنيات وإستخدامها الى أقصى الحدود في مجال العمارة.
  - إعتماد الأفكار الخاصة بالبنى العملاقة.
  - تمييز الفراغات المعمارية وتصنيفها وفقاً لتغير الإحتياجات الإنسانية ووفقاً للمدة التي تصلح فيها للإستخدام.
  - إعتماد الأفكار الخاصة بالمباني ذات الإستمرارية الزمنية القليلة والعمل على تطوير أنظمة معمارية وإنشائية تحقق ذلك. (مصدر 1)
- **أهم الأعمال للميتابولزم:**
  - مشاريع الحضارة البحرية Marine City للمعمار كيونوري كيكوتيك في عام 1960(شكل – 9)

حيث نرى إن المجموعة المحيطية العائمة عبارة عن مباني برجية أسطوانية ترتكز على جزر إصطناعية في المحيط ترتبط مع بعضها بجسور عائمة وكل برج يتسع ل5000 نسمة و1250 شقة سكنية وبارتفاع 300 م.

  - المدينة اللولبية HELIX CITY لكيشو كوروكاوا (شكل – 10)

البنية الحجمية تقوم على بنى حلزونية مروحية الشكل (كلاستر مروحي).

d. عمارة ما بعد الحداثة (Postmodern architecture)

بعد أن أصبحت ما ذكر سابقاً من تيارات وحركات معمارية تخلق الملل الرتيب صار الميل إلى إستحداث أشكال ضد مايعتبره الأسلوب العالمي (International). فظهر إتجاه بتمجيد الفوضى بدلاً من النظام وكذلك تحميل الشكل المعماري أساليب معمارية تعود الى عصور مختلفة ومتباينة بدلاً من الشكل الموحد.

وكان من أهم رواد هذه العمارة روبرت فنتوري (شكل – 11) ، كما وظهر إتجاه آخر وهو الحنين الى الماضي وتكييف الأطر التقليدية القديمة لتلائم الحاجات والمضامين الحالية.(مصدر رقم 3).

وقد لعب إستخدام مادة الخرسانة المسلحة دوراً متميزاً في بروز هذه المفاهيم

5- العلاقة بين الشكل المعماري والشكل المنشأي ودور مادة الخرسانة في إغنائها:

كما يظهر وإن النظام المنشأي هو العنصر الأكثر تأثيراً وقوة للشكل عندما لايكون آخر سلسلة القرارات المتخذة لتحديد شكل المبنى وإنه يعدل ويغير كافة القرارات الأخرى المتخذة بشأن المبنى.

إن الأبنية التي يتخذ فيها القرار المتعلق بالأفكار المبدأية للنظام المنشأي بفترة متأخرة خلال العملية التصميمية ينتج عنها نظام منشأي لايتكامل مع وظيفة المبنى ونواحيه الجمالية.

هنالك الكثير من الأمثلة للهياكل المنشأية تتكلم وتصرخ وتعبر بشدة عن ملامحها المعمارية وفي هذه الحالة فأن مصمميها المعماريين والإنشائيين قد إتخذوا قرارهم لكي تكون قراراتهم المنشأية بحيث لاتقلل من بل تعزز الأفكار المعمارية ومتطلباتها، حيث لايمكن أن يستمر الهيكل المنشأي صامتاً بل يتوجب أن يكون صوتاً مسموعاً، وعندما يعطى الهيكل المنشأي صوتاً فأنه يسهم بإعطاء العمارة معناها ويغنيها وأحياناً يكون العنصر المعماري الأكثر تميزاً في المبنى.

وهنالك الكثير من الفرص المنشأية لإغناء وتقوية خبراتنا المعمارية، فبإمكاننا السماح للهيكل المنشأي أن يتكلم ويُسمع وبإمكاننا تصميم الهيكل المنشأي بحيث لايكتفى بالنظر إليه وتحليله ولكن يغري المتلقي لقراءة خصائصه المعمارية المتفردة.

وهنا تدخل الخرسانة كمادة عاملاً مهماً في هذا المجال.

وتنقل الأنظمة المنشأية المنحنية والمتدلية كالأنظمة النسيجية الأحمال الى نقاط الأسناد من خلال إجهادات الشد، ويمكن أن يكون الحبل المتدلي الذي يغطي بحر معين بين نقطتي إسناد عاليتين أبسط مثال عن هذه الأنظمة، وتصمم هذه الأنواع من الأنظمة عادة للسقوف بحيث يتغلب وزنها على قوى الرياح الشافطة أو قوى الضغط الرافعة والتي قد تؤدي الى حركة عمودية مفرطة للسقف، وتستخدم الخرسانة المسلحة أحياناً لهذا النوع من الأنظمة لتلافي ماورد أعلاه، وتدعم الخرسانة بحديد التسليح وللسطوح الخارجية والداخلية ليوفر الحماية الكافية ضد قوى الشد، ويتم تثقيل الأنظمة التي تشيد من مواد أخف وزناً أو تربط بنظام ربط منفصل ومحكم بالأرض لتلافي قوة رفع الرياح.

ويبين الآتي من الأمثلة التنوع بالعلاقة مابين الشكليين المعماري والمنشأي وهي أعمال معمارية تم فيها بشكل أساس تراكب الأشكال المعمارية والمنشأية معاً.

ولعل سقف قاعة الجناح البرتغالي في لشبونة (شكل – 12) للمعمار ألفارو سيزا Álvaro Siza [4]عام 1998 خير مثال لهذه الأنظمة، حيث سقف ألفارو سيزا ساحة إحتفالات بعرض 58متر وطول 65متر في الجناح البرتغالي لمعرض 98 بسقف خرساني منحني متدلي وبسمك لايتجاوز 200ملم، وهذا إنجاز كبير وتحدي في آن واحد.

ويمكن وصف صبة السقف كحجاب أو برقع أو خيمة لنحافة سمكها وشكلها المتدلي بشكل واضح، وقد تم تشييد رواقيين معمدين تعمل عمل الكتل الضخمة النهائية التي تقاوم سحب السقف المتدلي، وقد تم تعزيز هذه الأروقة بتسعة جدران متوازية تعمل كأكتاف تقاوم السحب الكبير الداخلي للسقف المعلق.

إن بساطة تصميم تفاصيل التعليق من خلال الأروقة لاتعكس ضخامة وأهمية الحمل واللعبة الإنشائية للمبنى، ويتألف المبنى المصمم للجناح البرتغالي من شكلين، السقف المتدلي والأروقة المتعامدة.

وتشكل الدعائم الخرسانية المستخدمة في قاعة مطار دالاس للمعمار إيروو سارينين (شكل – 13) التقرب التقليدي لمعالجة مثل هذا النوع من الأنظمة المنشأية كونها مسلوبه ومائلة تعكس ضخامة الكتلة الخرسانية المسلحة الثقيلة للسقف. ويتجه التصميم البارع للمبنى بشكل مبدأي لتشتيت قسوة السطوح الخارجية المائلة مع إستخدام التطليعات المقوسة العليا والتأكيد على المداخل والفضاءات المحصورة بين الدعامات المستخدمة من قبل المستعملين للإنتظار والإستقبال.

ومن وجهة نظر بيير لويجي نيرفي Pier Luigi Nervi فإن قناعته فيما يتعلق بالمنشآت العالية الإرتفاع والكبيرة البحور كأبنية القاعات الرياضية والملاعب فإن الهيكل المنشأي لها سيكون خادعاً في حالة عدم الإلتزام الصارم بتكامل الهيكل المنشأي مع الأفكار التصميمية. وذلك واضح في مبنى قصر الرياضة في روما (شكل – 14) كونها:

[4] ألفارو سيزا فييرا (Álvaro Siza Vieira) من أشهر المعماريين من مواليد 25 حزيران 1933 البرتغال.

- تقاوم الأحمال من خلال أسماكها الخرسانية الرقيقة (قليلة السمك).
- تعتمد هذه الأنظمة المنشأية بأداءها المنشأي على ثلاثية أبعادها وأشكالها المنحنية وإتجاهاتها الدقيقة ومواقع نقاط الإسناد.
- القشرة التي تشكل سقف القاعة الرياضية لاتتصل بالأسس بشكل مباشر ولكنه ينتهي بحافات عليا وتلتقي بدعامات خرسانية مائلة تقاوم الدفع بإتجاه الخارج.

وتشكل القشرة الخارجية في آن واحد شكل السقف وتعمل إنشائياً وكغالق للمبنى وتم تضليع سقفها من الداخل، حيث تظهر الأضلاع المتشابكة من الداخل طبيعة القوالب المسبقة الصب والتي تزيد من إستقرار المنشأ القشري وتعطي إنطباع متميز للملمس الداخلي للسقف (شكل – 15).

في هذه الأمثلة تعرف الأنظمة المنشأية الأشكال المعمارية وغالباً الوظائف ولو بشكل جزئي للقشرة الغالقة للمبنى، وتشكل الأنظمة المنشأية القشرية الأنظمة الأكثر نقاءاً في تراكب الأشكال المعمارية مع الأشكال المنشأية، وتقاوم الأنظمة المنشأية القشرية وتسمى أيضا بالأنظمة المنشأية السطحية الأحمال من خلال أسماكها الرقيقة' بإعتمد هذه الأنظمة المنشأية أداءها المنشأي على ثلاثية أبعادها وأشكالها المنحنية وإتجاهاتها الدقيقة ومواقع نقاط الإسناد.

هانز آشلر Heinz Isler أحد المصممين الأوروبيين الرواد لأنظمة الهياكل القشرية أنشأ العديد من المنشأت القشرية بإستخدام الخرسانة المسلحة وبسطوح ملساء من الداخل والخارج وتشبه الى مدى كبير بيضة الدجاجة. (مصدر 23) وحدت المنشآت القشرية التي صممها هانز آشلر الأشكال المعمارية والمنشأية وجعلها تتبع من الأسس وتنحني بشكل مستمر لتغلق الفضاء الداخلي (شكل – 16).

ويمثل مبنى السفارة المكسيكية في برلين للمعمار فرانسيسكو سيرانو Francisco Serrano (شكل – 17) مثالاً آخراً لإنجازات الخرسانة والذي يوضح عمل الواجهة كشاشة أو حاجب للمبنى، وتشكل العناصر العمودية الخرسانية المتقاربة ضرورة لنقل أحمال الجاذبية وأحمال الرياح وتهيأ الأمان والنواحي الجمالية للمبنى، وهدف المعماري خلق تكوين متكامل لايعطي صورة خاطئة عن المبنى.

إن تشكيل هذه العناصر العمودية بهذه الطريقة لإعطاء الناحية الجمالية والناحية الإنشائية في نفس الوقت، وكلما تحركت العين بشكل تدريجي بإتجاه العناصر العمودية فتبدو وكأنها تتحرك، ويكمل المظهر الإيجابي للنظام المنشأي إستخدام مادة الإنهاء الخشنة الملمس وبلون أبيض من الخرسانة ولتعكس التصنيف العالي لتصميم وإنشاء السفارة.

6- الأستخدام المعاصر لمادة الخرسانة:

تكمن أهمية الخرسانة في الوقت الحالي بإعتبارها عصب البناء، وذلك لشيوع إستخدامها كمادة إنشائية رئيسة، وإن حركة الإعمار التي تمضي قدماً في العراق تحتاج إلى التعرف بآخر المستجدات والتطوير الحاصل في إستخدامات الخرسانة بأنواعها عالمياً، وبما يتلائم مع طبيعة العمل الهندسي والظروف المحلية، وعلى سبيل المثال لا الحصر نذكر هنا تطوير بعض المواد الجديدة من قبل شركات ضخمة لصناعة الإسمنت، لتشييد إنشاءات أرخص و قابلة للدوام بشكل أكبر و هذا يشمل الجسور و الطرق السريعة و المباني.

حيث أنتجت مواد حديثة وتم تطوير إنتاج مادة الخرسانة وتحديث إستخداماتها لتتلائم مع العصر الحالي والمتطلبات الإقتصادية والبيئية:

a. مادة الدوكتل (Ductal):

وهو المنتج الأحدث من مادة الخرسانة الخاص بشركة لافارج (Lafarge)[5] الفرنسية، (مصدر – 7) حيث إنها وعلى الضد من الخرسانة التقليدية الهشة و القابلة للتحطم تحت تأثير الضغط الكبير فإن مادة الدوكتل تعطي إشارات للتشقق قبل أن تصل الى حد الإنهيار وهي من ميزاتها الجديدة والجيدة.

إن مادة الدوكتل هو نوع من مادة الخرسانة المسلحة بالألياف وتحتوي على 2–4% من الألياف المعدنية أو العضوية، وتتمتع بأداء فائق يتميز بما يلي (شكل – 18):

- مقاومة الضغط بما يتراوح من 6 إلى 8 أضعاف الخرسانة العادية. ليونة عالية. السيولة وسهولة الصب.
- عمرها الافتراضي أطول من مادة الخرسانة التقليدية بما يتراوح من ضعفين إلى 3 أضعاف.
- مقاومة عالية للصدأ، والكشط، والصدمات.
- منتج متعدد الاستعمالات إلى حد بعيد.
- صديقة للبيئة ومعترف بها من قبل المهندسين والعاملين في حقل الهندسة المعمارية لما تتمتع به من صفات جمالية وبنائية بارزة.
- أكثر صلابة بخمس مرات من الخرسانة التقليدية بسبب إضافة ألياف صغيرة مضافة الى تركيبتها وهذه الألياف المكونة من الفولاذ أو مادة البوليمر تعزز صلابة الخرسانة و تنهي الحاجة الى قضبان حديد التسليح وإن الجسر المشيد من مادة الدوكتل أكثر إشراقاً وأخف وزناً من الجسر المشيد من مادة الخرسانة التقليدية.

إن إنهاء إستخدام قضبان حديد التسليح يتضمن فوائد أخرى منها إطالة عمر الأعمال الإنشائية فعلى سبيل المثال، فإن الملح المستخدم في عملية إزالة الثلوج يتسرب الى الخرسانة المكون لجسر ما، الأمر الذي يؤدي الى صدأ قضبان حديد التسليح وإن هذا التآكل يؤدي الى فصل أجزاء الخرسانة عن بعضها البعض و عن قضبان الحديد الداعم و في نهاية الامر سينهار الجسر.

إن الطبقة السطحية لجسر من الخرسانة التقليدية تحتاج الى تصليحات كبيرة أو إعادة بناء بعد 25 سنة من التشييد، بينما الطبقة السطحية للجسر المنشأ من الدوكتل يدوم على الاقل الى ضعف هذه المدة، لقد أخذت هذه المادة طريقها في العديد من جسور المشاة حول العالم.

b. خرسانة الإجيليا (Agilia)

حيث أنتجت الشركة نفسها مادة أخرى هي مادة خرسانة الإجيليا (Agilia)، وهو نوع من الخرسانة ينضج ذاتياً ولا يتطلب هزه، مما يؤدي إلى تقليل التكلفة والجهد والضوضاء في مواقع البناء، فهي خرسانة سهلة الإستخدام وتتدفق داخل أصغر الزوايا لتتناسب تماما مع كافة الأشكال، كما وإن تركيبتها السائلة تزيل الحاجة إلى عملية الهز المرهقة والمفعمة بالضجيج حتى تنتشر بشكل سلس، مما يوفر الوقت والجهد ويقلل من الضجيج (شكل – 19).

ووفقاً لإختبارات الشركة إذا قمنا بمزج الإجيليا مع الخرسانة فان ذلك يؤدي الى تخفيض عملية صب كتلة حجمها 60 متر مكعب من مادة الخرسانة من 8 ساعات الى ساعتين كما يؤدي الى خفض عدد العاملين من 8 أشخاص إثنين فقط (مصدر – 7).

ويتطلب عادةً بعد صب الخرسانة أن يقوم عاملاً بالمرور على السطح بآلة تستخدم لإزالة الفقاعات الهوائية وهذه العملية طويلة وتصدر أصواتاً عالية، ولكن باستخدام مادة الإجيليا فإن ذلك يساعد الخرسانة على التصلب دون الحاجة لعملية الذبذبة لإن هذه المادة تحتوي على مزيج من الاضافات الكيمياوية مثل المواد السوبر بلاستيكية التي تجعل الخرسانة سائلاً، فضلاً عن إستخدام مواد كيمياوية أخرى للتقليل من الحاجة الى الماء الأمر الذي يساعد الخرسانة على التصلببشكل أسرع.

[5] لافارج شركة تصنيع فرنسية متخصصة بإنتاج ثلاثة منتجات أساسية هي الإسمنت والركام المستخدم في التشييد والخرسانة. وأصبحت هذه الشركة الرائدة في مجال مواد البناء.

وبسبب هذا السيلان فإنه باستطاعة الخرسانة ان تملأ القوالب المعقدة وأن تغطي الإنشاءات المعقدة كلها تاركةً نهاية ملساء وإن الرطوبة المتزايدة تجعل هذه المادة مثالية للإستخدام في المناطق الزلزالية حيث يتم إستخدام العوارض الحديدية بكثافة.

c. الخرسانة الشفافة Translucent Concrete

وهي نوع جديد من مادة الخرسانة يختلف عما ورد سابقاً عن مادة الدوكتل حيث قامت شركة ليتراكون LiTraCon (Light-Transmitting Concrete) بالكثير من التجارب والجهود لتغير المفهوم السائد عن مادة الخرسانة التقليدية بأنها شيئاً جامداً قاسياً غير قابل للتفنن فى إستخدامه، الى أن وصلت الى ما نحن بصدده اليوم وهو الخرسانة الشفافة Translucent Concrete (التى تسمح بمرور الضوء خلالها)، حيث يتم مزج الخرسانة بنوع معين من الألياف البصرية Optical Fibers، مما تسمح لمرور الضوء من خلالها (مصدر 8).

وقد أضيفت الألياف البصرية Optical Fibers بسماكة الشعرة لتسمح للضوء بالدخول من الطرف الاول للخرسانة الى الطرف الآخر، وقد اخترع المهندس المعماري الهنغاري آرون لوسونكزي (شكل – 20) Áron Losonczi الخرسانة نصف الشفافة بالقيام بتجارب على المواد الإنشائية، ولكنه قام بانشاء قطع من البلوك بمراحل متعددة لضمان إتصال الألياف الزجاجية مع الأسطح الجانبية للخرسانة.(مصدر 23)

وهنالك طريقة أخرى لإنتاج هذا النوع من الخرسانة وذلك بصب طبقة رقيقة وطويلة من الخرسانة و من ثم صبّ طبقة من الألياف الزجاجية فوقها، وبعد عدة تجارب لهذه العملية نتج عنها لوح طويل يمكن أن يتم تقطيعه الى قطع من البلوك القصيرة الممزوجة بالألياف الزجاجية الضوئية المتنوعة التي تتراوح أقطارها بين 2 ميكرون الى 2 ميلي ميكرون (شكل – 21).

وبإستخدام هذه الألياف المتعددة الأقطار يمكننا الحصول على تأثيرات ضوئية متعددة، وإن تنويع حجم قطع البلوك لا يؤدي الى أي تأثير على الأثر الضوئي بإستخدام هذه القطع المضيئة من البلوك فضلاً عن إن المهندسين المعماريين بإستطاعتهم بناء عدد متنوع من الإنشاءات التي تتراوح بين جدار خرساني نصف مضيء الى الأرضيات المضاءة من الأسفل.(مصدر 10)

و قد إزدادت رغبة المهندسين المعماريين لإستخدام هذه المادة الخرسانية الجديدة في العديد من دول العالم، وعلى سبيل المثال طلبت إحدى الشركات إستخدام هذه المادة الخرسانية في إنشاء كلية الشرطة في مدينة الكويت، لأن مادة البيتون ممتازة أيضاً في عزل حرارة الصحراء وإنها تسمح بإدخال أشعة الشمس الى البناء بدون الشعور بالحرارة اللاهبة، ونرى إستخدام ذلك أيضاً في مبنى الجناح الإيطالي في المعرض العالمي بمدينة شنغهاي في الصين وهو مشيد بالخرسانة الشفافه (شكل – 22).

وتستخدم تقنية أخرى في الخرسانة وهي بوضع ثقوب صغيرة في الخرسانة لا تؤثر على فعاليتها ولكنها تزيد من الشفافية لتصبح شفافية الخرسانة20%. (شكل – 23)

وأرى من مجهة نظري كباحث ضرورة إستخدام مثل هذه الخرسانة في العراق وعلى نطاق واسع وضرورة التوعية بإستخدامها لنبدا عصراً جديداً من العمارة والحد من الجوانب السلبية للعمارة في الوقت الحاضر والتي يتم تداولها دون دراية ولا تخطيط مسبق ومن قبل حرفين ليس لهم إلمام كامل بالمظهر المعماري اللائق (شكل – 24).

لقد حاولت المعمارية العراقية زها حديد إضفاء لمسة معمارية جميلة ومعاصرة في تصميمها لمنى البنك المركزي العراقي في بغداد ووضفت فيه إستخدام معاصر وجميل وبمن للخرسانة المسلحة نتمنى أن نراه في تصاميم أخرى مستقبلية (شكل – 25).

7- الإستنتاجات

- تعتبر مادة الخرسانة لوقتنا الحاضر الحل الأمثل والأسهل والأوفر لأغلب مشاكل الإنشاء والتشييد بما فيها المشكلة الإقتصادية.
- لازال هنالك قصوراً في إستخدام مادة الخرسانة في العمل المعماري في العراق.

- لمادة الخرسانة مواصفات مهمة ومتعددة تخدم النواحي الوظيفية والمعمارية والبيئية في آن واحد، وقد أستخدمها جيل واسع من المعماريين الرواد العراقيين والعالميين ونشأت توجهات معمارية متعددة كانت لمادة الخرسانة الأساس في نشأتها.
- لقد أستخدمت مادة الخرسانة كمادة إنشائية أساسية لتقوية العلاقة بين الشكل الإنشائي والشكل المعماري ومن خلال مواصفات هذه المادة مكنت المهندسين المعماريين والإنشائيين من عمل التداخل والتراكب بين الشكلين معاً، وقد أنتج المعماريون أمثلة عديدة ورائعة في هذا الإتجاه في مختلف بلدان العالم.
- تقوم شركات عديدة ضخمة بإنتاج أنواع جديدة من مادة الخرسانة وبمواصفات حديثة تختلف عن مادة الخرسانة التقليدية وتعطي إنطباعاً معمارياً جديداً وتوسع من مجال إستخداماتها

8- التوصيات

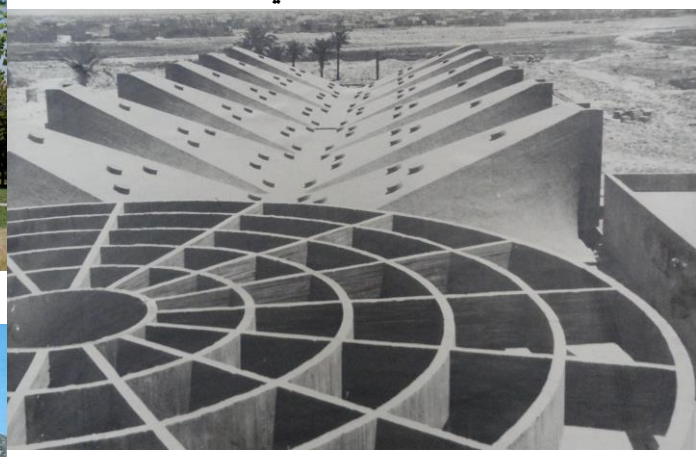
- ضرورة معرفة المعمار بخصائص مادة الخرسانة التقليدية وطبيعتها وصفاتها وميزاتها المختلفة لكي يتم إستخدامها بشكل كفوء.
- توسيع القاعدة المعرفية للمهندسين والتواصل والتفاعل مابين الإختصاصات المختلفة لإستخدام مادة الخرسانة بشكلها الأمثل من النواحي الإنشائية والمعمارية والخدمية.
- الإطلاع على المباني التي أنشأت بشكل أساسي من مادة الخرسانة والتي أخذت شهرتها من هذه المادة وتحليلها ودراستها وتحديد كيفية معالجة النواحي المعمارية بإستخدام هذه المادة والتي أوصلتها الى هذه الشهرة.
- التعرف على مستجدات الإنتاج الجديد لمادة الخرسانة الحديثة وإستخداماتها في دول العالم المختلفة ومحاولة إدخالها في المشاريع والتصاميم الجديدة في العراق.
- البدء مما إنتهت إليه دول العالم في مجال تطوير إستخدامات مادة الخرسانة ومحاولة الإبتكار وإيجاد مواد خرسانية حديثة وجديدة تتلائم وبيئتنا المحلية والنواحي الإقتصادية والحاجة الملحة للمشاريع والأبنية المختلفة.
- إعداد البحوث والدراسات المتخصصة في هذا المجال والتعمق في كيفية تطوير إستخدام مادة الخرسانة وإدخالها ضمن مجال البحوث والدراسات العليا المشتركة بين الإختصاصين المعماري والإنشائي.
- إدخال مادة الخرسانة الحديثة في مناهج تدريس طلبة الدراسات الأولية وبالأخص مناهج تركيب المباني وتقنيات البناء المتقدمة والإنشاء التقني في القسام المعمارية لكليات الهندسة في الجامعات العراقية.

9- المصادر والمراجع

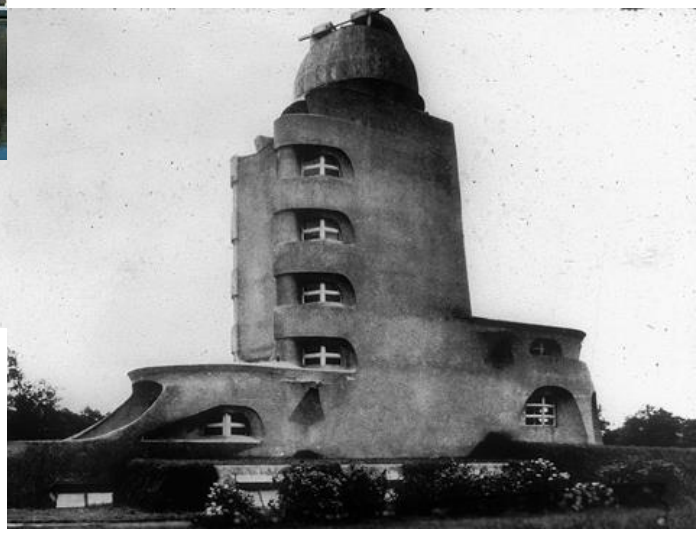
- شيرزاد، شيرين إحسان، الأسلوب العالمي في العمارة بين المحافظة والتجديد، الطبعة الثانية، 2002، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت.
- شيرزاد، شيرين إحسان، الحركات المعمارية الحديثة، الأسلوب العالمي في العمارة، الطبعة الأولى، 1999، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت.
- شيرزاد، شيرين إحسان، لمحات من تاريخ العمارة والحركات المعمارية وروادها، الطبعة الثانية، 2002، المؤسسة العربية للدراسات والنشر، بيروت.
- Asensio, Francisco, New Architecture An International Atlas, Printed in China, 2007.
- Charleson, Sebestyen, Gyula, Associated Editor: Chris Pollingten, New Architecture and Technology, architectural Press, first published 2003.

- Ching, Francis D.K. and Cassandra Adams, Building Construction Illustrated الواضح في إنشاء , المباني، ترجمة الدكتور سليم صبحي الفقيه، الجامعة الأردنية منشورات عمادة البحث العلمي 2004/4
- http://www.lafarge.com.eg/wps/portal/eg/ar/5_1-Innovation.
- http://www.litracon.hu/downloads.php
- http://www.engpal.net/vb3/t11806.html
- Hunt, Sara, The Wright Experience Amaster Architect's Vision, Glasgow GII SLX, Scotland 2008.
- Hunts, Tony, Tony Hunt's Structures Notebook, Architectural Press, Second Edition 2003.
- Kuhl, Isabel, and others, 50 Architects you should know, Germany, 2008.
- LLC, Build, Build Bios, Significant Work by Important People, Heinz Isler: a few important things.
- Schenk, Mack, On The Shape of Cables, arches, Vaults, and Thin shells, November 10, 2009.
- Sharp, Dennis, Twentieth century architecture, A visual study, Australia, 2002.
- W., Andrew, Structure as Architecture A source Book for Architects and Structural Engineers, Architectural Press, First Published 2005.
- With apreface by Ralph Rapson and an article by Hannslart Bandel, Struture Systems, 1967 by Deutsche Verlags – Anstalt Gmbttgart.
- www.arab-eng.org
- www.mahjoob.com
- www.majddoc.com
- www.wikipedia.org
- الراوي، خالد ثابت، عمارة قحطان عوني دراسه تحليليه وتوثيقيه، أطروحه مقدامه الى مجلس كلية الهندسة – جامعة بغداد، 1990

شكل –1 بيت الشلال للمعمار فرانك لويد رايت 1935



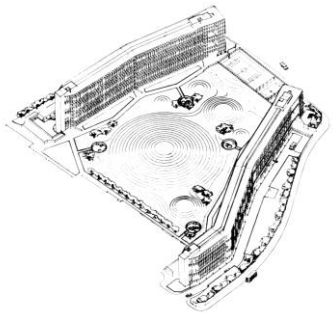
شكل –2 متحف التاريخ الطبيعي، قحطان المدفعي، بغداد، 1965



شكل – 3 برج انيشتاين للمعمار إريك ميندلسون 1917–1921

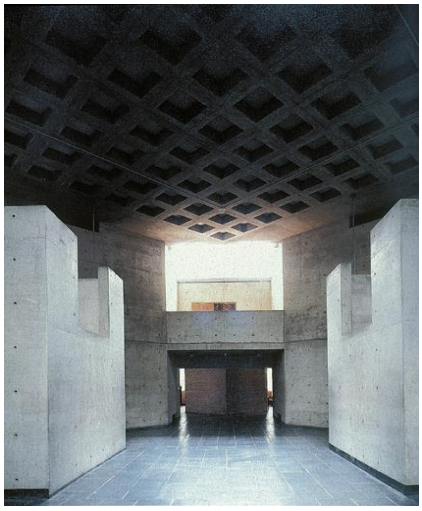
شكل –4 مبنى مرسيليا السكني– 1947 –1952

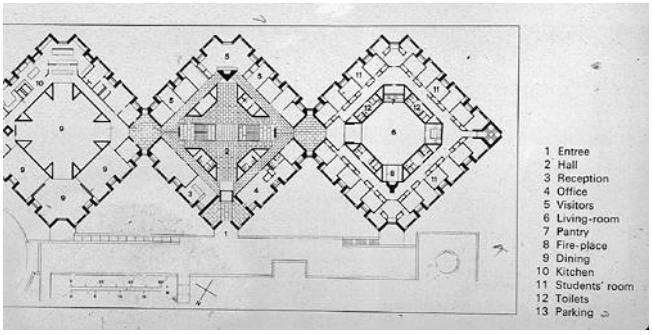
شكل – 5 مبنى قصر العدل في مدينة شنديغار 1953– 1963



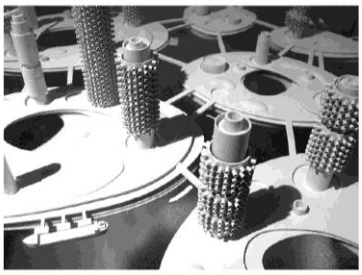
شكل –6 حدائق روبن هود لأليسون وبيتر سميتثون (1966–1972) في لندن

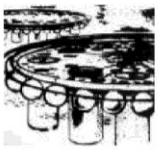
شكل –7 كنيسة لاكويدن ريستسي في فنلندا للمعمار ألفر آلتو 1957–1959

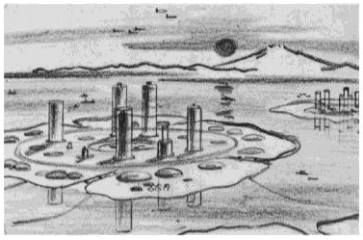




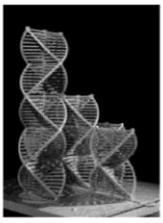
شكل –8 مبنى الأقسام الداخلية في ولاية بنسلفانيا للمعمار لويس كان 1960

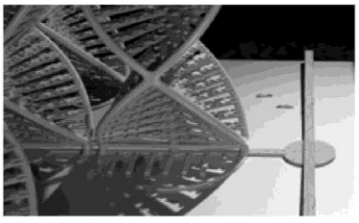






شكل –9 مشاريع الحضارة البحرية للمعمار كيونوري كيكوتي 1960





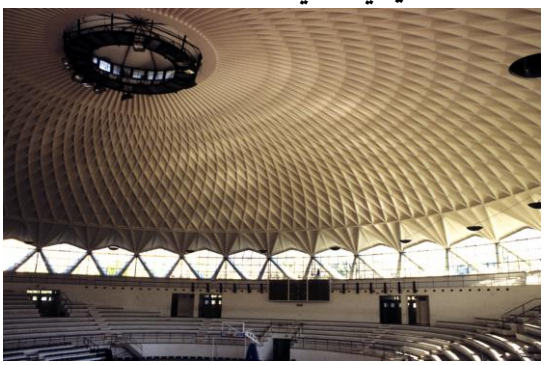
شكل –10 المدينة اللولبية للمعمار كيشو كوروكاوا 1961

شكل –11 دار جست نت في فيلادلفيا للمعمار روبرت فنتوري 1975

شكل –12 سقف قاعة الجناح البرتغالي في لشبونة للمعمار ألفارو سييزا 1998

شكل – 13 مطار دالاس للمعمار إيروو سارينين 1958–1962

شكل –14 مبنى قصر الرياضة في روما للمعمار بيير لويجي نيرفي 1956–1958



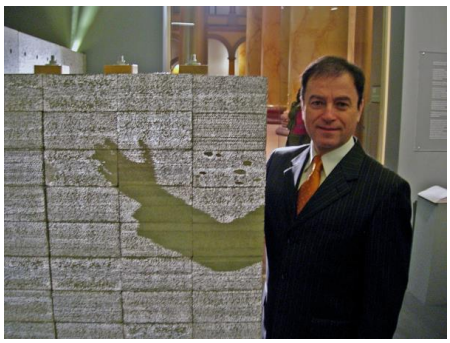
شكل –15 مبنى قصر الرياضة في روما للمعمار بيير لويجي نيرفي 1956–1958

شكل –16 مسبح مغلق للمعمار هانز آشلر في سويسرا 1981

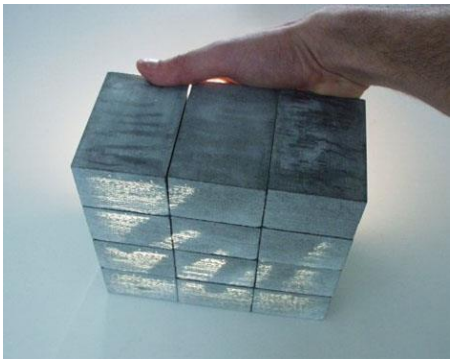
شكل –17 مبنى السفارة المكسيكية للمعمار فرانسيسكو سيرانو برلين 2000

شكل –18 إستخدام مادة الدوكتل في الواجهات

شكل –19 بالإمكان إستخدام مادة الإجيليا لأغراض تزيين الواجهات



شكل –20 المهندس المعماري الهنغاري آرون لوسونكزي



شكل –21 الخرسانة الشفافة

شكل –22 مبنى الجناح الإيطالي في معرض شنغهاي

شكل –23 منتجات من الخرسانة الشفاف

شكل –24 بعض الجوانب السلبية في لعمارة العراق اليوم

شكل –25 مبنى البنك المركزي العراقي للمعمارية زها حديد، بغداد، 2015