الكفاءة الإنشائية في عمارة الاهوار التقليدية

م.د. أسامة عبد المنعم خريبط
قسم هندسة العمارة
كلية الهندسة / جامعة بغداد

الخلاصة

تعد الكفاءة الإنشائية في العمارة بشكل عام إحدى أهم معايير نجاح أي منشأ ومقياس لديمومته وملاءمته عبر الزمان والمكان، ونظراً لأهمية بيئة الأهوار وما تمتلكه من مقومات مكانية، وبيئية، واقتصادية، وإجتماعية، كان لها الأثر البارز في خلق أنماط العمارة بالشكل الذي خلق بيئة معمارية وإنشائية مميزة لها امتلكت العديد من الصفات والمقومات التي ساهمت في ديمومتها وحافظت على كيانها عبر السنين، من منطلق إن الإنسان وبيئته تعد الهدف الأساسي لأي نمط معماري ينحى للديمومة والبقاء، بالتالي ظهرت **المشكلة البحثية المتمثلة في قلة وضوح الأدبيات السابقة في طرحها لدور الأنماط المعمارية في الأهوار في تحقيقها للكفاءة الإنشائية**، فبالرغم من كثرة الطروحات والدراسات التي تناولت عمارة الأهوار إلا إنها إتسمت بعدم الوضوح وقلة الشمولية في التطرق للجوانب الإنشائية والتقنية، بالتالي تركز هدف البحث في الكشف عن طبيعة تأثير التقنيات المستخدمة في تشكيلات عمارة الأهوار التقليدية في الوصول إلى الكفاءة الإنشائية من مختلف جوانبها التقنية، والمادية، والاقتصادية، وحتى التعبيرية منها، مفترضاً تحقيق عمارة الأهوار التقليدية للكفاءة الإنشائية بما امتلكته تلك العمارة من خصائص ومقومات بالشكل الذي ساهم في ديمومة أنماطها عبر الزمن. وقد أعتمد البحث إسلوب الدراسة التحليلية لإنموذج العمارة التقليدية في الأهوار للوصول إلى تلك الأهداف، حيث إن دراسة هذه المفردات بشكل شمولي يهدف إلى تعميق فهم المصمم لمتطلبات كل مكون بغرض تحقيق تزاوجها وتكاملها معا. فهذه المكونات يجب ألا تتعارض مع بعضها البعض، بل يجب أن تتكامل أثناء وبعد العملية التصميمية حتى يخرج العمل مبدعاً من الوجهة المعمارية.

- **الكلمات الرئيسية: عمارة الأهوار–الكفاءة الإنشائية – الجوانب التقنية والمادية – التكامل الإنشائي.**

Constructional Efficiency in Al_Ahwaar Traditional Architecture

Lect. Dr. Usama Abdul-Mun'em Khuraibet
Architectural department
College of engineering
Baghdad University
eng_usama_oat@yahoo.com

ABSTRACT

Constructional Efficiency in architecture in general is one of the most important standard success for any structure and a measure of its continuity and relevance across time and space. Given the importance of Al−Ahwaar environment that owned the spatial, environmental, economic and social elements had a prominent impact in creation of architecture patterns form to create special architectural and structural environment, which had many qualities and ingredients that contributed to its continuity and existence over the years. From the premise that man and his environment is the main goal to any architectural style,

Thus the research problem focusing on the lack of clarity of the previous literatures in its studies for the role of architectural styles in Al-Ahwaar in achieving constructional efficiency, despite the large number of studies on Al-Ahwaar architecture but it is mostly marked by non-clarity and lack in the constructional and technical aspects,

Therefore, the research goal focusing on clarification of the impact of the techniques that used in formations Al_Ahwaar traditional architecture in order to reach to the constructional efficiency in various aspects such as technical, material, economical, and expressional. Assuming that achieving to the constructional efficiency at Al-Ahwaar traditional architecture depends on its characteristics and elements that contributed to the continuity of their patterns across time.

The research depended on analytical method of a model of traditional architecture in Al-Ahwaar to reach those goals, as the study of these items aims to deepen the understanding of the designer to the requirements of each component in order to achieve integration together. These components must not conflict with each other, but it must be integrated during and after the design process until it comes out as a creative of architectural destination.

- **Keywords:** al-ahwaar architecture, constructional efficiency, technical and material aspects, constructional integration.

المقدمة

يُعد الإنشاء هو النظام الذي يسلكه المبنى يتحقق فيه الاتزان عن طريق صورة معينة، حيث يكون الإنشاء هو الترتيب والنظام الذي تتجمع فيه الأجزاء المكونة للمبنى لغرض بقاء الشكل متزناً فضلاً عن الغرض الأساسي في مقاومة أي أحمال يتعرض لها المنشأ ونقلها إلى الأرض، أي إن الإنشاء هو نظام لمقاومة الأحمال وضمان بقاء الشكل متزناً فهو الجانب المادي من العملية التصميمية.

ولقد استخدم الإنسان العراقي لبناء عمارته "في مراحل حضارته المختلفة"، مواد أولية متنوعة مما يتوفر في بيئته من حجارة، أو قصب، وطابوق، وبما أن الهدف الأساسي للعمل المعماري هو الإنسان وبيئته، لذلك يجب وضع الإنسان واحتياجاته البيئية كأول وأهم مكونات العمارة المتكاملة. ويكون الجزء المهم هو أن يحقق للإنسان المنظومة البيئية والفراغية اللازمة لراحته والمحققة لكفاءة أداء العمل من نواحي الإنشاء والوظيفة والاقتصاد بغية الوصول للإبداع المادي. ومن ثم نصل للجزء الأخر للإبداع الإنشائي والمتمثل بالتكنولوجيا المناسبة محلياً لخلق الفراغات المطلوبة. بالتالي تبرز أهمية الكفاءة في أي إنجاز معماري سواءً كانت الكفاءة إبداعية التي تقرر الخواص والسمات المبدئية للعمل عن طريق المقارنة مع الحلول المتوفرة والسعي لإطلاقها. أو تكون تلك الكفاءة إدارية والتي تقرر شكل تجميع العلاقات الاقتصادية والإدارية بين المصمم والمنفذ.

لذلك أثرّت المواد الأولية في أبنية جنوب العراق على شكل الصورة المعمارية للوحدة البنائية، فعلى الرغم من استخدام الطابوق واللبن في الأبنية الخاصة بالمعابد والأسوار فقد ظل استخدام أهل جنوب العراق للقصب في تشييد أبنيتهم الخاصة مستمراً. وهو الأمر الشائع عند سكان مناطق الأهوار والمضايف العربية العراقية حتى اليوم عن طريق استغلال كل الإمكانيات المادية والتقنية والاقتصادية لتخرج عمارة تعبر عن مكانها ومكانتها (التعبيرية والإنشائية). بالتالي تتميز العمارة في أي مكان وزمان عن باقي الفنون بشكل يسمو بها لتكون بحق أم الفنون، وهو يرتفع بالعمل المعماري من مجرد خدمة انتفاعية إنشائية محددة ليصبح عملا يوجه الحياة الإنسانية بكاملها نحو التطور المستمر عبر العصور متأثرا بأهداف عصره، سواء كانت بيئية أم تقنية أم اجتماعية أم إقتصادية، وخالقاً لتراث فني وفكري للأجيال اللاحقة.

1) التخطيط المنشئي والتصميم المنشئي Structural planning & Structural design

التخطيط المنشئي: هو طريقة تحديد نوع الإنشاء المتبع في المبنى ويعنى ذلك إن المعماري محتاج إلى المعرفة التي تتعلق بالعلوم الإنشائية حتى يتمكن من تنمية قدراته الإنشائية.

التصميم المنشئي: هو تخصص المهندس الإنشائي ويختص بتحديد القطاعات والمواد الإنشائية، هذا يعنى إن المهندس المعماري يضع الخطة أو السلوك الإنشائي، ثم تأتي وظيفة الإنشائي الذي يحدد الأبعاد والكفاءة للنظام الإنشائي الذي صممه المعماري وهي إعطاء الأبعاد والصفات والتأكيد على الكفاءة وتسمى هذه المرحلة بمرحلة التصميم، إذ إن الفكرة الإنشائية في جميع المنشآت هي محاولة تجميع الأوزان وتركيزها في نقاط الأساسات. وتجميع الأوزان ونقلها وتركيزها يعنى إن هناك مسار يسير فيه حمل المادة حتى يصل إلى الأساسات بالأرض وذلك بفعل الجاذبية الأرضية، وهو المسار الطبيعي للوزن (أبراهيم ميخائيل، 2014، html).

2) المسار المادي والمسار الطبيعي للأحمال الإنشائية:

يعد مصطلح المسار الإنشائي الطريق الذي يسير فيه حمل المادة حتى يصل إلى الأرض بفعل الجاذبية الأرضية، إذن من البديهي أن يكون المسار الطبيعي للمادة هو الخط العمودي الواصل من مركز ثقل المادة إلى الأرض، أما المسار المادي فهو المسار الذي يصنعه الأنسان وفيها يغير المسار الطبيعي طريقه أو يسير في نفس اتجاهه حسب تصميم الأنسان له (أبراهيم ميخائيل، 2014، html) ونلاحظ هنا انه إذا انطبق المسار الطبيعي مع المسار المادي تكون المشكلة الإنشائية بسيطة وصولاً لأعلى كفاءة إنشائية ممكنة. إذ كلما زاد البعد بين المسار المادي والمسار الطبيعي كلما كانت المشكلة الإنشائية أكبر، ومن ذلك يمكن القول إن المنشأ تزداد كفاءته الإنشائية كلما تطابق المسار المادي مع المسار الطبيعي.

3) الكفاءة المنشئية Structural Efficiency:

تخضع أي فعالية تكنولوجية (ومن ضمنها الفعالية المنشئية) للتقييم والمسائلة على أساس الكفاءة (efficiency) لقياس ومقارنة مدى قدرة هذه الفعالية لتحقيق الهدف أو الغرض، حيث يسبق التقييم على أساس الكفاءة مفهوم الغرض.

وعلى هذا الأساس يمكن أن نعرف كفاءة المنشأ بعدة توجهات منها: أنها النسبة بين الحمل الكلي إلى الوزن الميت فكلما قل الوزن الميت ازدادت الكفاءة المنشئية (فراس عصام، 1996، ص:27). أو أنها النسبة بين المنفعة "النتاج" إلى الكلفة "المدخلات" (Holgate, 1986, p:14). ومن وجهة نظر المتطلبات المنشئية الأساسية فالمنشأ المبدع هو ذلك المنشأ الذي يكون الأكثر استقراراً وثباتاً، الأقوى والأمتن، الأكثر أدائية ووظيفية، الأكثر اقتصادية، والأكثر جمالية وتعبيرية. (Nervi, 1956, p:26).

وتواجه المهندسين الإنشائيين الكثير من التحديات المتمثلة في التصميم الإنشائي والتي يمكن لا تدعم وزن المنشأ فقط ولكن الأحمال الأخرى أيضاً، مثل القوى الناجمة عن المستخدمين، والأثاث، والثلوج والرياح والزلازل. لذلك ينبغي أن يتم تصميم النظام المنشئي لتحقيق هذه الأهداف وبطريقة فعالة. لأن غالباً ما تستند تكلفة المواد الإنشائية المستخدمة في بناء الهيكل الإنشائي على وزن المواد، فهي فعالة من حيث التكلفة من خلال استخدام أقل كمية من المواد اللازمة لتوفير المنشأ الذي يمكن أن يحمل الأحمال المسلطة بصورة آمنة. وعليه فأن المنشآت الأكثر كفاءة هي التي تكون قوية وخفيفة الوزن.

ويعد مقياس الكفاءة المنشئية أحد مقاييس فعالية تكلفة المنشأ. وعلى الرغم من إن الكفاءة المنشئية يمكن أن تُعرف بطرق عديدة، إلا انه يمكن توضيحها عن طريق معادلة رياضية تستند على نسبة الحمل المسلط مقسمة على وزن المنشأ نفسه. وكما يأتي: (Eric,2010, p:4).

$$\text{معدل الكفاءة المنشئية} = \frac{\text{الحد الأعلى للحمل المسلط على المنشأ}}{\text{وزن المنشأ}}$$

$$Structural\ Efficiency\ Rating = \frac{Maximum\ Design\ Load\ Applied\ to\ Structure}{Weight\ of\ Structure}$$

وعن طريق ذلك يمكننا أن نفهم أن الحد الأعلى لتصميم الحمل المسلط على المنشأ ليس بالضرورة أن يكون هو الحد الأعلى للأحمال التي يمكن أن يتحملها المنشأ.

لذلك من أجل توفير تصميم كفوء، يجب على المهندس الإنشائي أن يصمم منشأ لمقاومة الأحمال التي من المتوقع أن تحدث، والذي يدعى بحمل التصميم (*design load*). لذلك تستند الكفاءة على الحد الأعلى لحمل التصميم (*design load*)، وليس على التحميل الفعلي الذي يمكن أن يتحمله المنشأ، والتي قد تكون أعلى بكثير من حمل التصميم (*design load*). في كثير من الأحيان المنشأ الأكثر كفاءة هو الذي يملك أقصى قدرة تساوي الحد الأقصى لحمل التصميم (*design load*). (Eric, 2010, p: 5) .

وعلى هذا الأساس يقسم (Nervi) العملية الإبداعية وفقاً لتحقيق الكفاءة إلى مرحلتين:

الأولى: تمثل الملاءمة الموضوعية وتحقيق المتطلبات التقنية. **والثانية:** تتميز بكونها شخصية جدا ولا يمكن أن تكون تحت سيطرة القواعد والقوانين أو السببية الموضوعية المطلقة. حيث يرى بالنتيجة أن إمكانية الإبداع تكمن في تناوب هاتين المرحلتين بشكل ثابت في عقل المصمم أو عن طريق المناقشة بين الإنشائي والمعماري.

وبعد هذا الطرح تتجلى أهمية عاملي الإبداع والكفاءة كعناصر تؤثر وتتأثر بالشكل المنشئي حيث لا يكمن وجودها كعوامل أو عناصر تصميمية تمثل وتجسد النتيجة بل بكونها أحد أسباب ومسببات الشكلين المعماري والمنشئي معاً أن لم يكونا كياناً واحداً.

ومن المبادئ الأساسية التي من شأنها تحقيق أعلى كفاءة ممكنة تلك التي تتركز في كون الأشكال المنشئية تفضل أن تكون مشابهة لتلك الأشكال الموجودة في الطبيعة والعمل على تحليلها ودراستها وإستنباط النظم منها، لا سيما نظم نقل أحمالها وأوزانها إلى الأرض. ومن أجل إنجاز بعض الأشكال المنشئية بدرجة مماثلة من الكفاءة يفضل الإقتباس والإستلهام من بعض الأشكال الطبيعية. (Holgate, 1986, p:208).

ويمكن ملاحظة هذا المبدأ بأبسط أشكاله في منشأ (قصر العمل "Labour في Turin") للمهندس الإنشائي Nervi الشكل (1)، فالشكل مقارب لأغصان الشجرة التي تعمل على جمع الأحمال وتوجيهها نحو الدعائم كالجذع الذي يعمل عمل الأعمدة. ومن ثم تنتقل الأحمال بصورة طبيعية للأسفل بإتجاه الجذور التي تعكس صورة الأسس.

الأمر الآخر والمتعلق بمبدأ الكفاءة هو **تدرج كفاءة المنشأ تبعاً للقوى الأساسية** التي يعتمد عليها المنشأ. ففي المنشآت أو العناصر المنشئية المعتمدة على فعل الإنحناء تكون جزيئات المادّة القريبة من المحور المركزي المحايد تحت الإجهاد؛ شكل(2) في الواقع فإن جزيئات المادّة في قمة وقعر العنصر معرضة بالكامل للإجهاد. (Eric, 2010, p: 6).

3-1) المبادئ الأساسية الواجب توفرها في أي مبنى للوصول للكفاءة المنشئية (أبراهيم ميخائيل، 2014، html)

1- الثبات- الاستقرار Stability.
2- القوة والصلابة Rigidity-Strength.
3- ملاءمة الإنشاء لوظيفة المبنى Functionality.
4- الاقتصاد Economic.
5- الجمال Esthetic.

3-2) الكفاءة الإنشائية والجانب الإقتصادي:

تتغير عوامل الكفاءة الاقتصادية من مكان وزمان إلى آخر، فقد يكون أحد النظم الإنشائية أكثر كفاءة في استخدام المواد في منطقة بذاتها، بينما تكون التكاليف النهائية غير اقتصادية بالنسبة لأجور العمالة وتكاليف رأس المال الأساسي المطلوب على هيئة معدات وتشغيلها، وكذلك الوقت اللازم لإنهاء الأعمال المطلوبة.

لذا قد يكون أحد النظم الإنشائية اقتصادياً في ظروف مكانية وزمانية بعينها، بينما هو ذاته غير اقتصادي في ظروف أخرى مختلفة، ومن البديهي إن النظام الإنشائي المثالي اقتصادياً هو الذي يحقق الفضاء المطلوب بأكثر الطرق وفراً في مجموع تكاليف المواد وأجور العمالة ومعدات التشغيل وزمن التشغيل، وبالتالي يكون هو النظام الذي ينفي وجود أي بديل آخر اقل اقتصاداً. (علي رأفت، 1997، ص: 135).

ولموضوع الاقتصاد علاقة وثيقة بمبدأ الكفاءة، فمن الصعوبة تحقيق كفاءة منشئية بسبب التنوع الكبير للعوامل المتداخلة ضمناً من جانب والعدد الضخم للحلول الممكنة لكل مهمة معمارية من جانب آخر.

ويرى الكثير بأن عامل الكلفة هو المحدد الرئيس لاقتصادية أي عمل أو مشروع حين يعامل المال والكلفة مع عوامل أخرى تكون المحصلة إقتصادية جيدة مرغوب فيها، وهي: -

(1) التوزيع الواضح والصريح للإجهادات والأحمال المسلطة.

(2) التوازن المناسب بين الأحمال والمتانة (الأفعال وردود الأفعال).

(3) التوافق الكامل بين الخواص التقنية والجمالية، والتي تبرز بوضوح في الجسور.

(4) مبدأي القوة والأمان مع زيادة نسبية في الكلفة.

(5) القدرة على مقاومة الأحمال غير المتوقعة. (Torroja,1962, p:323)

3-3) الكفاءة المنشئية وشكل العنصر الإنشائي:

تحتل أشكال العناصر الإنشائية وخاصةً شكل محورها الطولي وعلاقته بالحمل المسلط أهمية كبيرة، خاصة في تعيين نوع القوى الداخلية التي تحدث عند تسليط الأحمال وقيمة هذه القوى.

حيث يؤثر هذان العاملان (نوع القوى الداخلية وقيمتها) والتي تتكون عند تسليط الأحمال بشكل كبير على مستوى كفاءة المنشأ خاصة في تعيين نوع المواد التي يجب توفيرها لتعطي تلك العناصر الإنشائية المقاومة والصلابة المناسبتين. بالتالي فتصنيف النظام الإنشائي وفق هذا المنظور يعتمد على العلاقة بين الشكل وكفاءة المنشأ. (Angus,2001, p:37).

ويعد شكل العنصر الإنشائي مهماً جداً في مقاومة القوة. فعند ضمان وجود شكل يتبع الخط الطبيعي لمسار القوة سوف نضمن تعرض المادة إلى الإجهاد المباشر بالشكل الذي تستطيع المادة مقاومته بإستخدام أقل كمية منها وبذلك تزداد كفاءة النظام الإنشائي. وهذا نراه جلياً في شكل التقوس الموجود في العناصر الإنشائية المشكلة لمبنى الأهوار والتي تتبع أساساً من خواص المادة الأساسية (القصب). شكل (3).

حيث يسمى إجهاداً الشد والضغط بالإجهادين المباشرين لثبات الإجهاد خلال المقطع الإنشائي، وتمييزاً عن الإجهادات المركبة التي يتغير فيها الإجهاد خلال المقطع الإنشائي والذي يسمى بـ(الانحناء). وتستطيع جميع المواد الإنشائية تقريباً مقاومة الإجهاد المباشر بصورة افضل من إجهاد الانحناء، فقد أثبتت التجارب بأن إجهاد الانحناء

يسبب إنفعالاً أكبر من الانفعال الذي يسببه الضغط في جميع المواد البنائية ما بين (2000 _3000) مرة (Salvadori,1975, p:160).

كلما أزداد الإجهاد يجب زيادة كفاءة النظام الإنشائي المستخدم عن طريق تقليل كمية المادة البنائية المستخدمة وإتخاذ العناصر الإنشائية المسار الطبيعي لانتقال القوة. (Zuk,1975, p:7).

4) الأهوار العراقية

تعد منطقة الأهوار في جنوب العراق منطقة مستنقعات، غنية بالبحيرات الضحلة والبرك، فيها أبنية من القصب والبردي، تقع في المجاري الدنيا للفرات ودجلة، وشط العرب في مثلث العمارة . القرنة . الناصرية . سوق الشيوخ. وتغطي الأهوار نحو 13000–15000كم2 أكبرها هور الحَمَّار (5100كم2) وهور الحُوَيْزَة (3000كم2). وتطلق تسمية هور أيضاً على مستنقعات وبحيرات تقع خارج منطقة الأهوار منها: الثرثار والحبانية وأبو دبس والملح. (عادل عبد السلام، 2012، html). شكل (4).

يمكن وصف حال الأهوار اليوم بأنه سيء، خاصة بجوانبه الإنسانية، فالجفاف يدمر وسائل عيش العشرات من العوائل. لأن الماء هو العنصر الأوحد الذي يديم الحياة وينعشها في الأهوار، وقد أصبح شحيحاً وبصورة مفاجئة، وتمثل هذه الشحة تهديداً مباشراً لتجمعات سكانية وقرى يسكنها المواطنون، كما إن إيرادات نهر الفرات تقلصت إلى حد قد لا تؤمن معه مياه الشرب فضلاً عن صعوبة إسناد المسطحات المائية والأهوار التي تمثل لهم خط الحياة.

4–1) التجمعات الحضرية للأهوار:

الأهوار عبارة عن مسطحات مائية عذبة تغطي مساحات شاسعة في جنوب العراق عرفت حضارة بشرية مميزة تعود إلى نحو 6000 سنة، وتعيش فيها كائنات حية متنوعة، وتزرع في هذه الأهوار محاصيل زراعية مختلفة وتكثر فيها النباتات المائية بسبب تدفق مياه نهري دجلة والفرات إليها. (محمد داوود، 2013، ص:12).

وأهم ما تتميز به الأهوار هو نوع المدائن أو القرى التي بنيت كمجموعة من الجزر الطافية على الماء وسط مسطح "الهور المائي". ويتم التحضير للجزر باختيار الموقع المناسب في وسط مسطحات الماء القريب من مصادر الرزق. ويتم صنع الجزيرة الإصطناعية عن طريق عملية ليّ حزم القصب والبردي وإرقادها بحيث تتشكل في مجموعها مسطحاً على صفحة الماء تمتد جذورها في ارض البحيرة ثم يتم لاحقاً نقل الطمي والطين من قاع البحيرة وتكديسه مع طبقات البردي والقصب فوقها بأسلوب الدك، حتى تصل إلى الارتفاع المناسب والمقاومة المناسبة لتلك الجزيرة الصناعية العائمة بما يطلقون عليها (جبيشة) ومجموعها (جبايش) (ربما تكون قريبة من كبائس العربية). شكل (5). وعادة ما يتركون فيها حفراً مناسبة لإرساء دعائم البيت المنظور. ويبلغ بعد الحفرة عن الأخرى بين متر ومترين لكي تغرس فيها الأساطين لاحقاً بعد أن تجف أرضها. (محمد الأمير، 2013، html).

أن اختيار هذه البيئة مسكناً جاء بسبب سخائها، فالقصب والبردي هو مصدر لا ينضب من مواد البناء وأدوات الاستعمال اليومي. ويعد استعمال القصب والبردي في بناء ديارهم تقليداً موروثاً منذ سومر وربما قبلها ولم يكن وليد اليوم، فالقصب أستُعمل في بناء بيوت وقوارب السومريين منذ آلاف السنين، ووجدت رقم طينية من الحفريات تؤكد ذلك. وكان يتم إكساء السطح الخارجي لبعض هذه المباني القصبية بطبقة من الجص الطيني بما يعرف باسم الوتل. و(التطيين daub) وربما كان من بقايا مرحلة وسيطة من مراحل تطور بناء الأقبية. (محمد الأمير، 2013، html)

وهنا تطلق على التجمعات الحضرية لكونها تسور مثل البيت الواحد، و"صرياثا"، ويقال لها (صريفة) اليوم، ومعناها العشة أو الكوخ المبني من القصب، وهكذا أصبح المعنى (مدينة العشش أو الأكواخ المصنوعة من القصب).

4-2) عمارة الأهوار:

تناولت الطروحات طرق تحليل العمارة عموماً، محددة إياها بستة مفردات رئيسة متمثلة بالعلاقة بين الداخل والخارج، والبعد الثالث، والبعد الرابع، والضوء، واللون، وأخيراً التأثيث، ومشيرة إلى أهم مؤشرات العمارة المتمثل بالبعد الثالث وإمكانية اعتماده عن طريق عدد من المفردات التي تشمل تسلسل الفضاءات، وامتداد الفضاء بصورة أبعد من الاحتواء، وتداخل الشكل والفضاء، والتداخل الفضائي (Kurtich, 1993, p: 16-25)، وفيما يخص عمارة قصب الأهوار جنوب العراق فقد أشارت الأدبيات إلى الأهوار أو "الأجمة" أو "البطائح"، بأنها عالم من تجمعات شحيحة من البشر وسط خضرة البردي والقصب، حالة من التوفيق بين نمط البندقية، وروح الصحراء، لذا يطلق عليها المستشرقون تسمية "بندقية الشرق الأوسط أما النمط العمراني المحلي في الأهوار (عمارة القصب) فيتواجد هذا النمط في الأهوار بسبب توفر مادة القصب بشكل واسع وبهيأة شاسعة لا تترك بينها سوى ممرات مائية ضيقة. وينتمي نوع القصب الموجود في العراق إلى نوع (phragmites gramineae) الذي يتميز بإرتفاعاته التي تصل إلى 3-4م وقطره 2-2.5سم (Jacobson, 2004, p: 5)

وتكون النماذج البنائية من القصب في الأهوار أربعة أنواع هي:

أ- **الجزر الصناعية** (الجباشات) التي تعتمد بالأساس على إحاطة المساحة المطلوبة لبناء الجزيرة بسياج من القصب ترتفع أغصانه إلى مسافة تصل أحياناً 6 أمتار، ثم تملأ المساحة بأوراق وأغصان البردي القصب (المتهرئة)، وتكسر بعد ذلك أغصان السياج المرتفعة. شكل (5).

ب- **المضيف أو دار الضيافة:** وهو مكان التجمع الوحيد لأهالي القرية، ويكون بأحجام كبيرة. ويبنى عادة على جزر طبيعية موجودة، وتحفر خطوط متوازية، بعمق 75 سم، وعلى مسافة 1.5 م عن بعضها. وتوضع فيها حزم القصب بإرتفاع 5-6 م. تترك في البداية مائلة إلى الخارج بزاوية 70 درجة تقريباً إلى حين ربطها مع بعضها لتكوين الأقواس ويكون مدخل المضيف واطئاً ومواجهًا للقبلة، فضلاً عن الرمز الديني الذي يعطيه التوجه إلى القبلة، فهناك فائدة كبيرة في التهوية، وإن الرياح السائدة هي الشمالية الغربية، فيكون المضيف متعامداً معها، حيث تتم تهويته من الداخل بالإتجاه العرضي ومن الفتحات السفلية (Maxwell, 1962, p: 135). شكل (6).

ونظرا لأهمية هذا النمط البنائي، سيتم اعتماد نموذج دار الضيافة كنموذج لعمارة الأهوار التقليدية.

ج- **الربعة:** مساكن الأهوار الدائمة، وتكون أما طولية بشكل I ومقسمة من الداخل إلى قسمين أو بشكل T وهي الحالة الغالبة.

د- **الصرائف السكنية:** ويستخدم في هذا النوع السقوف الجملونية المثلثية التي تستخدم كفضاءات للنوم أو للطبخ لدى السكان ذوي الموارد المعيشية المحدودة أما لدى المتمكنين والتجار فتستخدم للخزن وقد تستخدم لدى رؤساء العشائر لإستقبال الزوار. شكل (7).

4-3) الخصائص الإنشائية للقصب:

القصب مادة نباتية غير نافذة للرطوبة والماء، يمتاز بالمرونة والقابلية على الإلتواء، فضلاً عن المتانة النسبية نظراً لوجود المفاصل العرضية الداخلية التي تكسبها صلابة ومقاومة، وإن أحسن أنواع القصب هو من نوع (القباره) وتوجد له مناطق يعرفها المحترفون من بنائي البيوت. وإن حزمة من القصب يمكنها أن تتحمل أثقال الشد المتوسط عليها والبناء هنا مميزات إنشائية يوظف بها القصب كمادة أساسية للبناء. ويتم إنشاء الهيكل من الأساطين أو الأعمدة أو الصواري التي تصنع هنا من مجموعة كبيرة من القصب، ويطلق عليها أسم (شَبّه) ومجموعها (شبّات) وتضطلع بنقل العزوم الرأسية، أما العزوم الأفقية الواردة من الرياح مثلاً فتضطلع بتحملها حزم القصب التي تسمى (الهطر)، التي تربط بين الأعمدة. شكل (8). (عادل عبد السلام، 2012، html). ثم يتم تغطية الهيكل الإنشائي بشكل يعطي الخصوصية للفضاء المتكون ويعزله، ويستخدم لذلك نسيج متكون من خامة القصب تسمى بالعربية (الحصر العراقية) وتسمى محليا (البارية) وهي ناتجة من عملية نسج وتقضيب للقصب المشظى إلى مجموعة من المساطر الرقيقة، ونسج الحصيرة بعد تقطيع القصبة بامتداد طولها إلى عدة شظايا. وتستعمل في تغليف البيوت القصبية والسقائف كعنصر بناء غير نفاذ للماء. وهي منسوجة لعدد من الأغراض والاستعمالات فهي أما جدران أو سياج أو فرش لتكسي أرضية الديار، أو تستعمل حتى في طبقات التسقيف في العمارة الطينية ووجدت في طبقات مباني العراقيين في سومر وبابل كمادة ماسكة لطبقات الطين أو مداميك الطوب كما في الزقورات. وما زالت تستعمل في العراق ولاسيما الجنوبي منه وقد أتسع نطاق استعمالها حتى في الأقاليم المتاخمة للعراق خلال العصور السابقة. واليوم نجد تلك الحصر وقد وضفت في صناعة الأثاث، وكخامة للديكور المنزلي. (محمد الأمير، 2013، html). شكل (8).

4-4) طريقة إنشاء مبنى الأهوار التقليدي:

بعد أن يتم التحضير للمبنى المزمع إنشاؤه، على الجزيرة يشرع الجميع بعملية حزم القصب بأقطار تتفاوت بحسب وسع المبنى وأهميته ولكن عادة ما يكون قطرها بين 15 و20 سم ويصل حتى إلى 30 سم في حالة "المضائف" الواسعة وهذه الحزم تشكل الهيكل الإنشائي للمبنى حيث تحزم بعد ذلك بقوة، وبمعونة أربطة مصنوعة من قصب ملوي مثل الحبال يدعى (بنود). وتكون هيئة تلك (الأعمدة) الأساطين سميكة في قاعدتها وأقل سمكاً وصلابة وأكثر لدانة في طرفها العلوي. وعند اكتمال العدد المطلوب الذي يكون عادة مكرر العدد 5 أو 7 وذلك بحسب السعه وتبعاً لما يرصد من أعمدة البيت التي تحدد سعة المبنى. وتغرس الأساطين في صفين محوريين متقابلين ومتناظرين. شكل (9)، ويمثل البعد فيما بينها عرض المبنى المزمع إنشاؤه ومجموع الأبعاد فيما بينها يشكل طول المبنى. ويمتد توجيه المبنى عادة من الشرق إلى الغرب ليتسنى لهم الاستفادة من الريح الغربي والشمالي الغربي البارد، فضلاً عن دخول الإشعاع الشمسي إلى أعماقه، (محمد داوود، 2013، ص:22). يرفع كل عمود وتغرز قاعدته السميكة في الحفرة المخصصة، وتملأ الحفرة بالتراب، وتدك دكاً قوياً بأعمدة من خشب لضمان عدم ميل العمود، ويكون وضعه مائلاً عادة إلى الوراء لأسباب ميكانيكية، حيث يتم ثنيها باتجاه الداخل وذلك لتسبيق تحميله جهد معاكس. وتربط رؤوسها مع بعضها مكونة أقواساً هيكلية تحضر لشكل القبو النهائي الذي تظهر به. شكل (10). وهذا المبدأ الإنشائي

(**التمفصل Articulation**) لربط حنايا الأعمدة من الوسط، استعملت في الأزمنة المتأخرة لتنفيذ البناءات ولاسيما في الهياكل المعدنية كما في "رواق المكائن" الباريسي (عادل عبد السلام، 2012، html).

وتجهز خلال هذا الوقت حزم القصب التي توصل أفقياً بين الأعمدة (الهطر) وطولها عادة بمقدار طول المبنى فتكون روابط للهيكل تمنعه من الحركة أفقياً. ويتم ربطها بالأعمدة على مسافة لا تزيد عن النصف متر بينها. والمهم أن تكون الحنايا متجانسة بارتفاع واحد عن سطح المبنى، وأن يكون أكثرها سمكاً وقوةً هو الذي يقع في منتصف تقويس الحنيات بحيث يكون متقاطعاً مع كافة الأعمدة لأن العزوم في هذا المكان تكاد تكون على أشدها. ثم تبدأ مرحلة التغليف أو (أعمال الإنهاء أو التشطيب) حيث يصنع الجداران لسد فتحتي البيت الجانبيتين ويطلق عليها اسم (الكواسر) ويكون الباب في الفتحة الجنوبية من المبنى لمواجهة الشمس الساطعة ساعات الصباح، وقد يعمل على جانبي الباب مشبك من القصب بشكل معينات تدعى (مشبچ) وتوحي كأنها (مشربية)، ثم يكسى هيكل الدار كله بالحصران (البواري)، فتلقى أولاً الحصر الجديدة فوق الهيكل بوجوهها اللّماعة إلى الجهة السفلى، وتلقى فوقها طبقه تالية من الحصر القديمة المستخدمة سابقاً والتي تشبعت بالرطوبة، ثم تكسى فوقها بطبقة ثالثة من الحصر الجديدة وتثبت كلها بال(هطر) الخارجية للصريفة، وتدفن أطراف الحصر السفلي الملامسة للأرض بالتراب لمنع دخول الهواء والمطر إلى داخلها. ثم يتم دفن أرضية البيت بالتراب الناعم النظيف، وتدك جيداً وتسيج بالطين أحياناً وتفرش بالحصر كذلك ثم تفرش بالبسط والسجاد وترمى فوقها الوسائد للاتكاء عليها. (محمد الأمير، 2013، html). شكل(11).

5) التحليل الإنشائي لشكل العناصر الأساسية لمبنى الأهوار:

يكون الشكل المقوّس هو الشكل الغالب للعناصر الإنشائية الأساسية في مبنى الأهوار التقليدي (كما تم توضيحه سلفاً)، والقوس بشكل عام هو العنصر الإنشائي المحني ذا القابلية على تحمل كميات كبيرة من الأحمال والعمل على توزيعها على الجانبين ونقلها بالتالي إلى الأرض. وقد وجد القوس شأنه شأن العمود والجسر منذ القدم في المنشآت كعناصر أساسية منشئية تتعاطى مع الأحمال المسلطة كل حسب خواصه ونقلها إلى الأسس والتربة بشكل يبرر وجوده الدائم حتى هذه اللحظة في مختلف طرز العمارة.

حيث يلعب القوس دوراً مماثلاً للعمود عن طريق تعامله مع الإجهادات ولا سيما عند نقطة إسناده لتلك القوى. فالعمود يعمل على تجميع الأحمال وجعلها تسري خلاله بصورة انضغاطية مباشرة وعمودية نحو الأرض، أما القوس فيعمل على نفس المبدأ وهو استلام الأحمال التي تضغط على قمته ليعمل على توزيعها على الجانبين ومن ثم إلى الأسس. الشكل (12). (Torroja,1962, p:80).

وعادة ما يكون القوس أحد العناصر المنشئية سهلة الإدراك عن طريق خواصه الفيزياوية، فعملية الإدراك هذه تعتمد على متجه قمته –محوره directrix– الذي يكون على شكل متجهة يتجه نحو وجهة مقاومة الأحمال المسلطة عليه عمودياً. إضافة إلى ذلك يمكن ملاحظة الاختلاف في السمك تبعاً لأجزائه المعرضة للحمل بصورة مباشرة وغير مباشرة. في هذه الحالة تتوافق كل من الحسابات (calculations) مع الرؤية الحدسية (intuitive vision) على أن يكون القوس أكثر سمكاً في جوانبه منه في قمته الشكل(13). وهذا ما لاحظناه جلياً في عناصر القصب الإنشائية المقوسة. (Torroja,1962, p:302)

حيث لا تفشل عناصر الشد بالانبعاج، ولهذا لا تحتاج إلى زيادة مفرطة في كمية المادة لمقاومة الإجهاد، أي أن عناصر الشد أكثر كفاءة من عناصر الضغط التي تفشل بالانبعاج. ولكن وجود الجاذبية الأرضية يجعل من المتعذر الحصول على نظام إنشائي يتألف من عناصر الشد فقط، بل يجب أن يحتوي النظام الإنشائي على عناصر الضغط التي تقلل كفاءته، ولذلك يُعد النظام الإنشائي الذي يحوي أكبر عدد من عناصر الشد واقل عدد من عناصر الضغط منشأ عالي الكفاءة ويمكن أن يستخدم في تغطية البحور الطويلة. **بالتالي تعد طريق تقوّس العناصر الإنشائية المشكّلة لمبنى الأهوار هي عناصر شد وضغط في نفس الوقت لذلك تقترب من تحقيق اقصى كفاءة إنشائية ممكنة.**

6) تأثير الشكل الإنشائي الفعّال على نوع القوى الداخلية لمبنى الأهوار:

أذا كان العنصر غير مستقيم (كما هو الحال في العناصر الإنشائية الأساسية لمبنى الأهوار) فأنه في الغالب سوف يتعرض إلى القوى المحورية، وقوة الثني الداخلية، عند تسليط الأحمال، والشكل الإنشائي يرسم بواسطة المحور الطولي وإنموذج الحمل وعندها يسمى بـ(الشكل الفعال)، (Angus,2001, p:39). ففي المنشآت الحقيقية تكون المواد ذات المرونة مثل أسلاك الحديد والمواد المرنة الأخرى كالقصب والتي تستخدم في تكوين بعض العناصر أنها تأخذ وبشكل أوتوماتيكي (الشكل الفعال) عند تطبيق الأحمال.

في الشكل (14) يبين الفرق بين الشكل الفعال والشكل غير الفعال على إنموذجين من الأحمال كما موضح بالحمل المنتشر على كل العنصر وقوتان مركزتان تطبقان بمسافات متساوية لكل حمل على ثلاث نماذج إنشائية تتخذ عدة أشكال وكما يأتي:

(a) هنا العنصر يتحمل قوة ثني داخلية صافية، وليس قوة محورية، لأنه لا توجد أي مركبات أفقية للحمل وكلا الحملين غير موازيه للمحور الطولي للعنصر.

(b) هنا العنصر يملك شكل مطابق للشكل الفعال في الأحمال ولذلك الشكل الفعال يتحمل قوة محورية داخلية فقط في الحالتين من العناصر والحمل القوى هي الانضغاط. **وهذا يوضح أهمية التقوس في مبنى الأهوار.**

(c) هنا العنصر لا يطابق الشكل الفعال للقوى وسوف لن يحمل قوى محورية داخلية صافية ولا قوى ثني صافية بل سوف يحمل حمل مركب من قوى الثني والقوى المحورية الداخلية وعليه فالشكل الذي على المحور الطولي والذي يخص العناصر الإنشائية يمكن تصنيفه إلى عناصر الشكل الفعال وعناصر الشكل غير الفعال والعناصر ذات الشكل الشبه فعال. وعناصر الشكل الفعال تلك التي تتطابق مع الشكل الفعال للأحمال التي تطبق عليها والتي تحتوي على قوى محورية داخلية فقط. الشكل الفعال يكون أكثر فعالية في كل أنواع العناصر الإنشائية والشكل الشبه فعال يعتمد بفعاليته على الاختلاف مع الشكل الفعال.

7) آليات تطبيق مبدأ الكفاءة المنشئية في مبنى الأهوار:

يمكن القول بأنّ القوى لابد أن تجمع سوية وتسري طبيعياً إلى الأرض بأكثر الطرق مباشرةً وإختصاراً عن طريق الأشكال والعناصر المنشئية ليكون حلاً منطقياً. وتم تحقيق ذلك في مبنى الأهوار التقليدي عن طريق:

(1) إستعمال كلّ المواد الإنشائية قريباً من خواصها وقدرتها. فلابد أن تكون **المواد المستعملة مستخدمة بموجب خواصها الطبيعية**. حيث تنص الفكرة الصحيحة والسليمة بأنّ الشكل الناتج الصحيح والسليم يمثل نتيجة حتمية لخواص المادّة عند شيوع إستخدامها.

(2) تحقيق أدنى حد من وزن المادة (تقليل الوزن الميت قدر الإمكان).

(3) كان الفعل المنشئي، تحسساً وإدراكاً، واضحاً للشخص غير المتخصّص قبل كل شيء.

8) استخلاص وسائل تحقيق الكفاءة المنشئية في مبنى الأهوار:

8-1) الكفاءة في استعمال المادة الإنشائية Efficiency of Material usage:

هي احدى المعايير في الاقتصاد الإنشائي النهائي وبالذات في المناطق التي تتوافر فيها العمالة الرخيصة كما هو الحال في مناطق الأهوار، وبالتالي تمثل تكلفة المواد نسبة كبيرة من التكلفة النهائية وهذا ينطبق على اغلب بلدان العالم الثالث، وهذه الكفاءة المادية هي احدى نتائج التطور التكنولوجي الإنشائي بالتالي تحقيق التوفير في المواد والعمالة ووقت الإنشاء.

من المعروف إن الكفاءة المادية الإنشائية تأتي نتيجة للتصميم الذي يعرض المادة لأقصى إجهاداتها التصميمية في كافة قطاعاتها. هذه الحالة لا تتوفر إلا في حالة الإجهاد المحوري بالانضغاط أو الشد. أما التحميل الذي ينتج عنه عزوم انحناء فيعرض القطاع الإنشائي لأقصى إجهاد في جوانبه الطرفية فقط بالشد والانضغاط. (علي رأفت، 1997، ص: 138) وهو ما عرفناه **بالشكل الفعال** لعناصر مبنى الأهوار الإنشائية الذي تتضاءل فيه هذه الإجهادات إلى أن تصل إلى العدم حول محور محايد (Neutral Axis)، وبالتالي فأن نسبة ضئيلة من القطاع هي التي تتعرض لأقصى إجهادات في حدود المسموح به. الأمر الذي يتحقق بما يُطلق عليه **الاستمرار الهندسي**، وعليه فأن الكفاءة المادية الإنشائية تتوفر بالتكوين الذي يحقق جساءة المنشأ، أي تضافر كل أجزاءه في مقاومة الأحمال الواقعة عليه ويحقق ما نطلق عليه الاستمرار المادي، أي أن يكون العنصر الإنشائي كله كتلة واحدة تساعد بعضها بعضاً بدلا من أن تكون حملاً على غيرها.

8-2) توافق متطلبات التنفيذ مع المواد والعمالة والتكنولوجيا المتوفرة.

إن اختيار المنظومة الإنشائية المبدعة لا بد وان يتوافق مع الإمكانيات المحلية المتاحة في العمالة والمعدات والتكنولوجيا في ذلك المكان، إذ لا مبرر لاستيراد إمكانيات غريبة تتطلب معها استيراد عمالة ومعدات تنفيذ، وبالذات بالنسبة للمشروعات الخاصة والعامة في منطقة الأهوار، ولو فرض وتحققت هذه الإمكانيات للتنفيذ ولمرحلة معينة فلن تتوفر على المدى الطويل في الصيانة وفي التشغيل.

8-3) اختصار وقت المشروع:

يلعب الوقت عاملاً مهماً في اقتصاديات أي عمل، حيث إن التجهيز المباشر والمتاح لعناصر القصب الإنشائية وبالشكل المنظم والمخطط سيعود على المشروع بوافر في وقت التنفيذ. وخاصة إذا كان هنالك معرفة جيدة لتشكيل وحدات جاهزة للتركيب والتنفيذ المباشر.

فسلم التماسك الإنشائي (أو ما يطلق عليه بالاستمرارية الإنشائية) يتدرج أيضاً في إمكانيات سبق تجهيز منتجاته، ومن البديهي إن سبق التجهيز يتدرج عكسياً مع تماسك مكونات المنشأ، فكلما تماسكت أجزاؤه في كتلة واحدة قلت احتمالات تصنيعها خارج الموقع والعكس صحيح، بمعنى إن الدرجات الأولى في التماسك هي أقربها إلى سبق التجهيز الكامل، وبالتالي إلى توفير وقت التنفيذ.

الاستنتاجات

1- تكمن أهمية الإنشاء في العمل المعماري في جانبين أساسيين هما تحقيق الصورة وضمان بقائها وتحقيق الثبات والاتزان.

2- تدخل الكفاءة الإنشائية ضمن نطاق الإبداع المادي الانتفاعي إذا ما حقق الراحة الفسيولوجية والنفسية والاجتماعية والأمن والأمان، وفى نطاق الإبداع الإنشائي إذا ما حقق الفراغات والكتل المطلوبة بكل كفاءة من نواحي المواد والعمالة.

3- يمكن تحقيق الكفاءة المادية بوجود التكوين الذي يحقق جسأة المنشأ من خلال تضافر أو تعاون كل جزء من أجزاء المبنى في مقاومة الأحمال الواقعة عليه وهو ما يطلق عليه بالاستمرار المادي.

4- الفكرة الإنشائية في جميع المنشآت هي محاولة تجميع الأوزان وتركيزها في نقاط الأساسات.

5- تكون المشكلة الإنشائية بسيطة إذا انطبق المسار الطبيعي مع المسار المادي وصولا لأعلى كفاءة إنشائية.

6- يمكن تعريف كفاءة المنشأ بعدة تعريفات منها النسبة بين الحمل الكلي إلى الوزن الميت فكلما قل الوزن الميت ازدادت الكفاءة المنشئية، أو أنها النسبة بين المنفعة "النتاج" إلى الكلفة "المدخلات"

7- من أجل توفير تصميم كفوء، يجب على المهندس الإنشائي أن يصمم منشأ لمقاومة الأحمال التي من المتوقع أن تحدث، والذي يدعى بحمل التصميم (*design load*). لذلك تستند الكفاءة على الحد الأعلى لحمل التصميم (*design load*).

8- إن النظام الإنشائي المثالي اقتصادياً هو الذي يحقق الفراغ المطلوب بأكثر الطرق وفراً في مجموع تكاليف المواد وأجور العمالة ومعدات التشغيل وزمن التشغيل.

9-شكل العنصر الإنشائي مهم جدا في مقاومة القوة. بالشكل الذي تستطيع المادة مقاومته بإستخدام أقل كمية منها وبذلك تزداد كفاءة النظام الإنشائي. وهذا نراه جلياً في شكل التقوس الموجود في العناصر الإنشائية المشكلة لمبنى الأهوار والتي تتبع أساساً من خواص المادة الأساسية (القصب).

10- يكون الشكل المقوّس هو الشكل الغالب للعناصر الإنشائية الأساسية في مبنى الأهوار التقليدي، والقوس بشكل عام هو العنصر الإنشائي المحني ذا القابلية على تحمل كميات كبيرة من الأحمال والعمل على توزيعها على الجانبين ونقلها بالتالي إلى الأرض. وعادة ما يكون القوس أحد العناصر المنشئية سهلة الإدراك عن طريق

خواصه الفيزياوية. بالتالي تعد طريق تقوّس العناصر الإنشائية المشكّلة لمبنى الأهوار هي عناصر شد وضغط في نفس الوقت لذلك تقترب من تحقيق اقصى كفاءة إنشائية ممكنة.

11- تحقيق أعلى كفاءة إنشائية مادية في مبنى الأهوار التقليدي من خلال إستعمال كلّ المواد الإنشائية قريباً من خواصها وقدرتها، وتحقيق أدنى حد من وزن المادة (تقليل الوزن الميت قدر الإمكان). فضلاً عن كون الفعل المنشئي "تحسساً وإدراكاً" كان واضحاً للعيان.

12- اشتملت وسائل تحقيق الكفاءة المنشئية في مبنى الأهوار على عدة جوانب أهمها الكفاءة في استعمال المادة الإنشائية وتوافق متطلبات التنفيذ والمنظومة الإنشائية مع المواد والعمالة والتكنولوجيا المتوفرة.

المصادر العربية:

- علي رأفت، **ثلاثية الإبداع المعماري**، الجزء الثاني، الطبعة الأولى، مركز أبحاث الأنتركونسلت، القاهرة، 1997.

المصادر الأجنبية:

- Angus J, Macdonald, ***Structure and Architecture***, University of Edinburgh, British Library Cataloguing in Publication Data, 2001.
- Eric, Tomas, ***Structural Efficiency***, Project Lead The Way INC press, USA, 2010.
- Holgate, Alan, ***The art in Structural Design***, Oxford University Press, London, 1986.
- Jacobson, Louis, "***Back to Eden***: Restoring the Marshes of Iraq, Washington Post. 2004.
- Kurtich, Johan, and Eakin, Garret, ***Interior Architecture***, Van Nostrand Reinhold, New York, 1993.
- Maxwell, Gavin, ***A Reed Shaken By The Wind***: Travels Among The Marsh Arabs Of Iraq, 1962.
- Nervi, P.L., ***Structures***. McGraw-Hill Inc., New York, 1956.
- Salvadori and Heller**, *Structure in Architecture: The Building of Buildings***, Prentice-Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, 1975.
- Torroja, Eduardo**, *Philosophy of structures***, University of California Press, Berkeley, 1962.
- Yeang, Ken, ***The Green Skyscraper***: The Basis for Designing Sustainable Intensive Buildings, Prestel, 1999.
- Zuk, William and Clark, ***Kinetic Architecture***; Van Nostrand Reinhold Company; New York; 1970.

مصادر الإنترنت:

- إبراهيم ميخائيل، **الإنشاء**، مقال منشور في موقع الموسوعة المعمارية، الشبكة الدولية، 2014

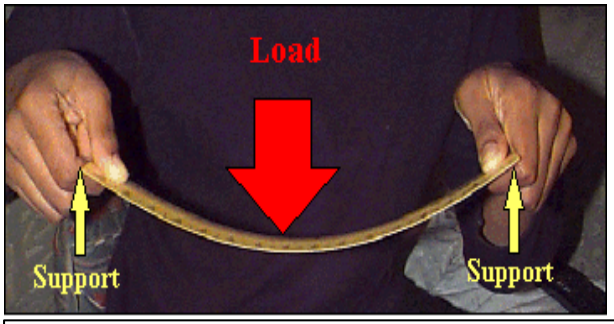
http://architect2040.blogspot.com/

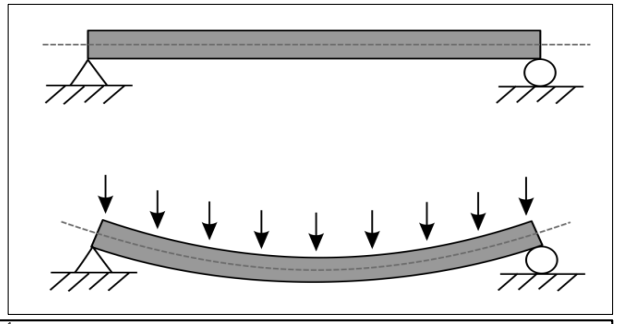
- عادل عبد السلام، **الأهوار في جنوب العراق**، مقال منشور في موقع الكلمة الحرة الإلكتروني، الشبكة الدولية، 2012.
http://droub-elkalem.com/vb/showthread.php?t=28956

- محمد الأمير، **عمارة القصب في العراق**، مقال منشور في ملتقى المهندسين العرب الإلكتروني، 12 شباط، 2012.
http://www.arab-eng.org/vb/showthread.php?t=87902#ixzz1mEq8x1YG

- محمد داود الأحمد، **الأهوار العراقية**، مقال منشور، مجلة بيئتنا الإلكترونية، الهيئة العامة للبيئة -العدد 136، 2013.
http://www.beatona.net/CMS/index.php?option=com_content&view=article&id=1181&lang=ar&Itemid=84

الشكل (1) منشأ قصر Labour في Turin للمعمار Nervi. (Holgate, 1986, p:208).





الشكل (2) مبدأ الانحناء الإنشائي
http://www.petervaldivia.com/eso/structures/imagen/bending.gif

الشكل (3) شكل العنصر الإنشائي المتمثل بشكل التقوس لمبنى الأهوار
http://www.aleqt.com/a/small/ec/ec1dccdd58f825c18f5e774528a4387d_w950_h950.jpg

الشكل (4) الأهوار في جنوب العراق
http://almajla.com/wp-content/uploads/2013/06/image-115100-galleryV9-ihpa.jpg

الشكل (5) الجزر الطافية على الماء وسط الأهوار
http://www.cinu-dn.com/upload/31143830u%20copy.gif

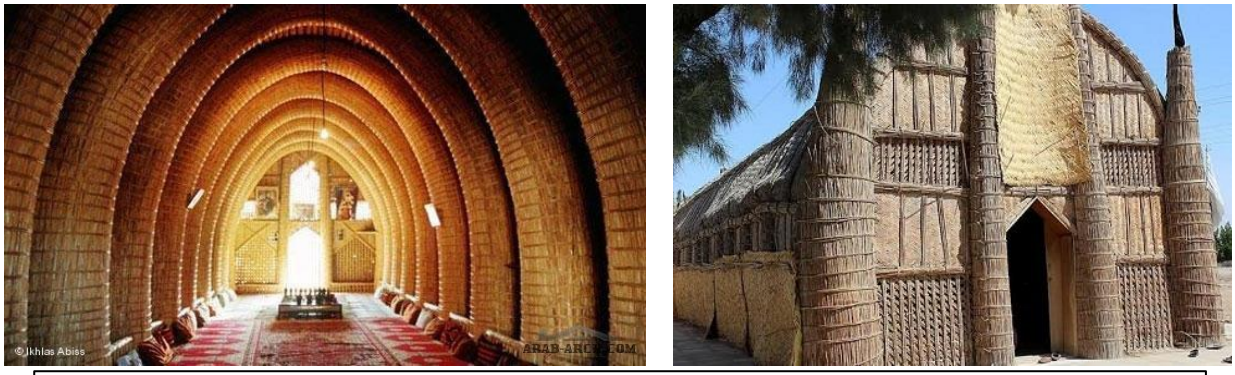
الشكل (6) المضيف أو دار الضيافة في الأهوار
http://www.waraqat.net/2009/07/swar_3eraq3.jpg

الشكل (7) الصرائف السكنية في الأهوار وفيها تستخدم السقوف الجملونية المثلثية
http://1.bp.blogspot.com/-siksee9HCZc/UG3Dx0ayKUI/z5Gb2Ji-8tY/s1600/DSC00463.jpg

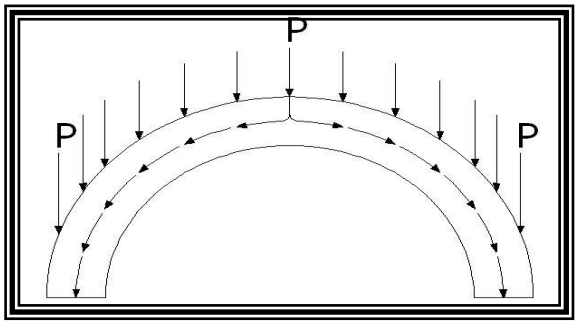
الشكل (8) إستخدامات القصب كمادة إنشاء أساسية في عمارة الأهوار
http://www.mriraq.com/vb/showthread.php?t=662302

الشكل (9) طريقة إنشاء العناصر الأساسية للهيكل الإنشائي في مبنى الأهوار التقليدي
https://fbcdn-sphotos-f-a.akamaihd.net/hphotos-ak-ash4/p480x480/1869215063_n.jpg

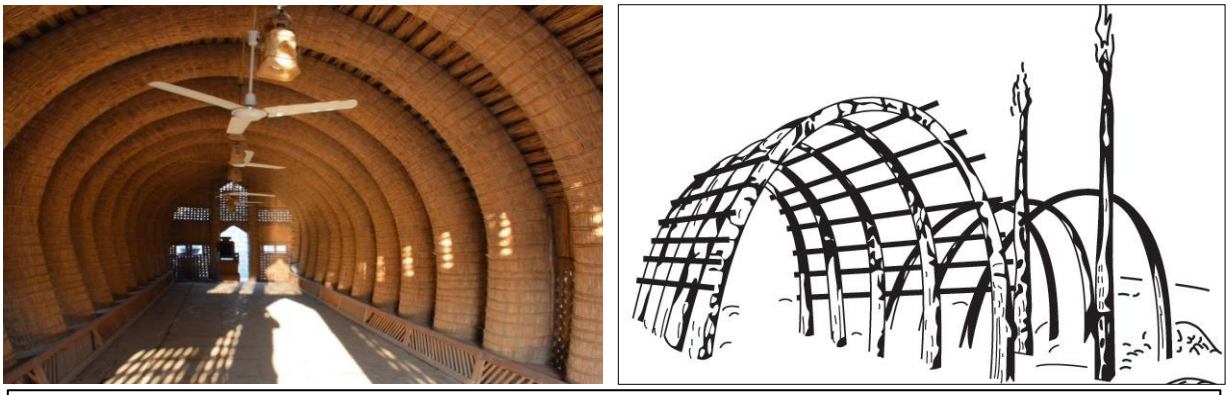
الشكل (10) الأقواس الهيكلية التي تعطي شكل القبو النهائي في مبنى الأهوار التقليدي
http://im36.gulfup.com/0cnd3.jpg



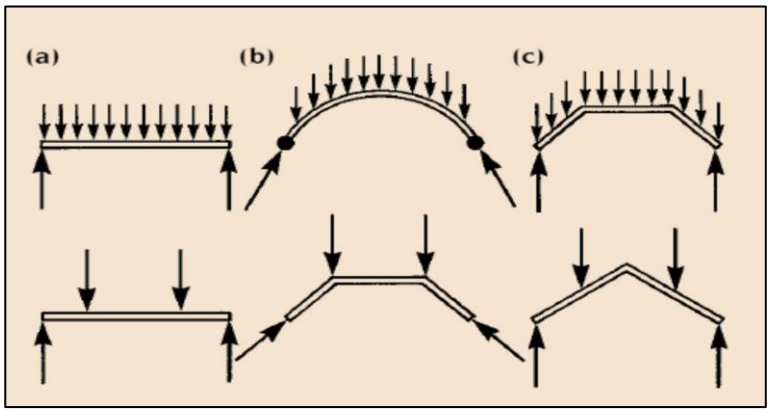
الشكل (11) إعطاء الشكل النهائي للهيكل الإنشائي في مبنى الأهوار التقليدي
http://im36.gulfup.com/0cnd3.jpg



الشكل: (12) استلام القوس للأحمال
(Torroja,1962, p:80)



الشكل (13) الاختلاف في سمك القوس الإنشائي تبعاً لأجزائه المعرضة للحمل بصورة مباشرة وغير مباشرة
http://www.dw.com/image/0,,5996431_1,00.jpg



الشكل (14) الفرق ما بين الشكل الفعال والشكل غير الفعال (Angus,2001, p:38)