منشورات جامعة قاسيون
للعلوم والتكنولوجيا
كلية هندسة العمارة

QASYUON
UNIVERSITY

مبادئ نظريات الإنشاء

الدكتور المهندس
ساطع بدوي

2015 - 2014

نظريات الإنشاء

الفصل الأول

معلومات عامة في نظريات الإنشاء

نظريات الإنشاء

الفصل الأول

معلومات عامة في نظريات الإنشاء

الفهرس		الصفحة
1-1. **مبادئ الإنشاء.**		
1-2. **الشروط التي يجب أن تحققها الهياكل الإنشائية.**		
1-3. الاعتبارات الإنشائية في تصميم المنشآت.		
1-4. العلاقة بين المهندس المعماري والمهندس الإنشائي.		
1-4-1. تطور العلاقة بين الإنشاء والعمارة.		
1-4-2. أشكال العلاقة بين المعماري والإنشائي.		

الفصل الأول

معلومات عامة في نظريات الإنشاء

1-1. مبادئ الإنشاء:

منذ القدم وحتى عهد قريب، كان البناء أو المعمار $Architect$ هو المسؤول الأول والأخير عن تصميم وتنفيذ المنشأ الذي يقوم ببنائه. يصمم المبنى بخياله وعبقريته وخبرته المكتسبة ويضع تصوراته الأولية له، ثم يقوم بتنفيذ هذه التصورات ويعد لها أثناء التنفيذ، حسبما يراه مناسباً للواقع، فهو المسؤول عن عمليتي التصميم والتنفيذ.

وكانت العمارة $Architecture$ تعني تصميم المباني من جميع النواحي بما فيها التصميم المعماري والدراسة الإنشائية وأعمال الإنارة والتدفئة والديكور ...الخ، إضافة لتنفيذ هذا التصميم بكل جوانبه.

ومع تطور الزمن، أصبح من الضروري وضع تصور كامل للمبنى وشكله وتفاصيله قبل المباشرة بالتنفيذ، وأصبح التصميم يحتاج إلى وقت أطول ودراسة أوسع وتفاصيل أكثر، ولذلك أصبح من الضروري فصله عن أعمال التنفيذ، وأصبح المصمم شخصاً غير المنفذ، إلا أن المصمم بقي مسؤولاً عن كافة جوانب هذا التصميم كما بقي دوره رئيسياً كاستشاري ومراقب لعملية التنفيذ.

ومع زيادة تعقيدات المباني وتطور أشكالها وإختلاف المواد المستخدمة في النباء، وكذلك تقدم طرق وأساليب التنفيذ وأدواته، أصبح المصمم يحتاج لمعلومات كثيرة جداً حتى يستطيع الإلمام وبشكل جيد بالعمارة، فبالإضافة للمعرفة اللازمة لها كفن وذوق وجمال فهو يحتاج أيضاً لمعرفتها كعلم، وهذا يعني معرفة خواص المواد المستخدمة والحلول الإنشائية الممكنة وكذلك طرق التنفيذ المتوفرة ... الخ، وأصبحت هذه المعرفة أكبر من إماكنية شخص واحد للإحاطة بها جميعاً، ولذلك فقد كان من الضروري تعاون مجموعة من المختصين وبفروع مختلفة لتصميم وإنشاء المباني، وبذلك يمكن القول أن العمارة هي حصيلة تضامن جهود مجموعة من المختصين يكون دور المعمار $Architect$ فيها توزيع الفراغات والمساحات والكتل توزيعاً علمياً بحيث يؤدي إلى الوظيفة المطلوبة وبشكل جميل، بينما يحقق المهندس الإنشائي $Structural\ Engineer$ دراسة المبنى

إنشائياً وبطريقة أمينة وإقتصادية، كما يساهم المهندسون الآخرون في إمداد المبنى بالخدمات المطلوبة كالماء والكهرباء والهاتف والتدفئة والتبريد إلى آخر متطلبات العصر التكنولوجية.

ونتيجة للتطور أصبح الإنسان بحاجة لمباني متخصصة وذات أغراض محددة، بعضها لم يكن معروفاً من قبل، كالفنادق، والمدراس، والمستشفيات، والمكاتب التجارية، والمصانع المختلفة، فتصميم مشفى مثلاً يحتاج لمعلومات إضافية في الطب لا يعلمها المعمار. حتى إن بعض مصممي المستشفيات احتاجو لدراسة الطب ليتمكنوا من تصميم المستشفيات بشكل أفضل، بينما لا يحتاج تصميم فندق لمثل هذه المعلومات، وإنما يحتاج لمعلومات إضافية من نوع مختلف تماماً، وهكذا بدأ حديثاً اتجاه التخصص المعماري فأصبح هناك معماري للمستشفيات، ومعماري للفنادق، ومعماري للأبنية العامة ... وهكذا.

إن مبدأ التخصص هذا يعتبر تطوراً دفع بالمهنة خطوات كبيرة إلى الأمام، ولكنه من جهة أخرى تلازم بوجود تأثيرات جانبية ضارة من أهمها فقدان الفهم المشترك للعمارة وخاصة مابين المعمارين والمهندسين الإنشائيين، والذين يعملون معاً لتحقيق تصميم متكامل لمنشأ واحد. فقط ينتج عنه مثلاً أن المعماري يصمم مبنى جميلاً يؤدي وظيفته المعمارية بشكل صحيح، ولكن تنفيذه يكون بحكم المستحيل أو غير الاقتصادي على الإطلاق بسبب عدم مراعاة الإعتبارات الإنشائية أثناء التصميم، وكذلك قد يختار المهندس الإنشائي أبعاد إنشائية تجعل المنشأ سليماً وأميناً، ولكنه غير مريح وظيفياً، أو غير جميل معمارياً، وذلك بسبب عدم مراعاة الاعتبارات المعمارية أثناء دراسته.

لذلك أصبح من الضروري وبشكل تام أن يتعرف المعماري على الإعتبارات الهندسية الأساسية وخاصة الإنشائية منها، والتي تحكم التصميم الهندسي ككل، وكذلك أن يتعرف المهندسون، وخاصة المهندس الإنشائي، على الإعتبارات المعمارية التي تحكم التصميم المعماري للمنشآت. إن هذا التعرف لن يجعل أحدهما بديلاً عن الآخر، بل بالعكس، سيجعلهما يتعاونان معاً بشكل أكبر وبتفاهم أكثر نظراً لوجود لغة مشتركة وقاعدة واحدة تجمعهما.

تهدف مادة نظريات الإنشاء والتي تدرس لطلاب كلية الهندسة المعمارية، وبصورة أساسية، إلى تعريفهم على مبادئ الدراسات الإنشائية وتحاول أن تقدم لهم كامل الإيضاحات عن مجمل العوامل التي تؤخذ بعين الاعتبار في إختبار أشكال وأنواع الهياكل الإنشائية لمنشأ ما، وذلك من دون الخوض في تفاصيل هذه الدراسات أو في الطرق والعمليات الحسابية اللازمة، كما تحاول أن تشرح لهم وباختصار المواد الإنشائية المستخدمة وتفاصيل وميزات وكيفية إستخدامها في العناصر الإنشائية المختلفة.

وكذلك توضح لهم أنواع وأشكال الهياكل الإنشائية وطريقة استخدامها وأبعادها والمتطلبات الرئيسية اللازمة عند الإستخدام وبشكل مختصر. وبكلمات أخرى فإن مادة نظريات الإنشاء محاولة للربط بين النظرة العامة للمصمم الإنشائي بتلك التي للمهندس المعماري. وعندما يفهم طلاب كلية الهندسة المعمارية وبصورة جيدة، ماهي عناصر الهياكل الإنشائية وكيف تقاوم الحمولات المختلفة المطبقة عليها، عندئذ يمكنهم وأثناء التصميم المعماري لمنشأ ما أن يختارو شكلاً مناسباً للهيكل الإنشائي يستطيع أن يقاوم الحمولات المطبقة بأمان ويلائم جيداً الشكل المعماري المختار.

2-1. الشروط التي يجب أن تحققها الهياكل الإنشائية:

إن الهدف الرئيسي لمنشأ ما هو أن يقدم الإحتياجات الأساسية المطلوبة منه، كمأوى، وذلك بصورة مقبولة ومناسبة ومريحة. ولتحقيق هذا الهدف فإن الهيكل الإنشائي يجب أن يحقق شروطاً عديدة تؤمن التلاؤم بينه وبين متطلبات العمارة والإختصاصات الهندسية الأخرى ويمكن تلخيصها فيما يلي:

1- أن يسمح الهيكل الإنشائي بحرية الحركة والتخطيط $Planning$، أي أن يعطي للمعماري إمكانية كبيرة في إختيار الشكل المعماري المناسب للمنشأ وتحديد الفراغات والأبعاد دون عوائق إنشائية، وبكلمات أخرى فإنه يجب على العناصر الإنشائية المختلفة ألا تشغل حيزاً كبيراً من الفراغ المخصص للمنشأ، وبحيث لا تعاق الحركة في هذا الفراغ نتيجة لوجود هذه العناصر. فمثلاً لا يسمح بتدليات كبيرة للجوائز في القاعات بحيث تعيق النظر أو الإنارة أو التهوية، أو تؤثر على ارتفاع النوافذ في الواجهات، ويمكن ضمن هذا المجال مقارنة مسقط الطابق الأرضي لناطحات السحاب الأولى والمنفذة من البيتون المسلح أو الجدران الحاملة ذات السماكات الكبيرة، والتي تشغل العناصر الإنشائية فيه نسبة كبيرة من المساحة مما يعيق الحركة والتخطيط بشكل كبير مع المسقط الأرضي لناطحات السحاب الحديثة والمنفذة من الهياكل المعدنية ذات المقاومات العالية، والتي تشغل هذه العناصر فيه نسبة صغيرة جداً من المساحة، مما يعطينا فراغات كبيرة تسهل الحركة والتخطيط. إن هذا الشرط كما رأينا، يحدد العلاقة بين المهندس الإنشائي والمعماري، وكلما تقيدنا بهذا الشرط كان التلاؤم كبيراً بين الهيكل الإنشائي والحل المعماري.

2- يجب أن تلائم عناصر الهيكل الإنشائي ملائمة جيدة كافة متطلبات التدفئة والتهوية والإنارة، وألا تعيق حركتها، وفي بعض المنشآت يمكن أن يكون هذا الشرط أساسياً في

تصميم الهيكل الإنشائي. فمثلاً في المنشآت التي تحتاج لتهوية وتكييف لا يسمح بتدليات للجوائز بحيث تعيق تمديدات الهواء أو تتقاطع معها. إن هذا الشرط يحدد العلاقة بين المهندس الإنشائي والمهندسين الآخرين المسؤولين عن الدراسات التكنولوجية الأخرى والتي تجري على هذا المنشأ.

3- يجب أن تحقق عناصر الهيكل الإنشائي مقاومة معقولة ضد خطر الحريق، وذلك حسب أهمية المنشأ وحجمه ومستخدميه، وبحيث تقاوم هذه العناصر خطر الإنهيار نتيجة للحريق لفترة معينة تسمح بإطفائه قبل أن ينهار تماماً. إن هذا الشرط يحدد العلاقة بين المهندس الإنشائي والسلامة العامة لمستخدمي المنشأ، وهي علاقة هامة جداً في البلاد المتطورة، وبحيث لا يسمح ببناء منشأ عام مثلاً دون الأخذ بعين الإعتبار وجود ممرات وسلالم خاصة تستخدم في حالة الحريق لتأمين سلامة المستخدمين للبناء.

4- يجب أن تمنع عناصر الهيكل الإنشائي ما أمكن إنتقال الأصوات والاهتزازات من قسم أو مكان إلى قسم آخر، وذلك حسب مواصفات المواد المستخدمة وطرق الإنشاء المختلفة واستخدام عناصر مناسبة، فمثلاً لا يسمح في المصانع بانتقال الأصوات من قسم ذي ضجيج عالٍ إلى الأقسام المجاورة كقسم الإدارة، أو انتقال الإهتزازات من الآلات الضخمة إلى المبنى بالكامل. إن هذا الشرط يحدد العلاقة بين المهندس الإنشائي وراحة مستخدمي المنشأ وبحيث يمكن استخدام هذا المنشأ في أحسن الظروف وبراحة تامة.

3-1. الاعتبارات الإنشائية في تصميم المنشآت:

عند تصميم منشأ ما، هناك شروط معينة يجب أن تؤخذ بعين الإعتبار حتى يكون التصميم مناسباً. ومن هذه الشروط : الأمان والاقتصاد والوظيفة والجمال. ويأتي شرط الأمان دائماً في المقدمة وهي الشرط الوحيد الذي لا يمكن الاستهانة به مطلقاً أو إعطاؤه اعتباراً ثانوياً. وعندما يتحقق شرط الأمان في تصميم ما عندئذ يمكن تحديد مدى نجاح هذا التصميم أو فشله، وذلك حسب تحقيقه للشروط الأخرى. أما عندما لا يتحقق شرط الأمان فليس هناك منشأ على الإطلاق. ولتحقيق شرط الأمان من الناحية الإنشائية هناك عدة اعتبارات هامة يجب أن تؤخذ بعين الاعتبار حتى يبقى المنشأ سليماً وجاهزاً للاستخدام، وذلك طوال فترة عمره الافتراضي. ويمكن تلخيص هذه الاعتبارات حسب مايلي:

1- أن يكون الهيكل الإنشائي قادراً على تحمل كافة القوى والحمولات الخارجية المطبقة على المنشأ بالإضافة إلى الحمولات الذاتية وذلك بصورة سليمة وآمينة.

2- أن يقوم الهيكل الإنشائي بنقل هذه الحمولات إلى قواعد ثابتة وسليمة في التربة وذلك عن طريق الأساسات.

3- ألا يظهر في الهيكل الإنشائي أثناء الاستخدام وتحت تأثير الحمولات المطبقة أية ظاهرة من ظواهر الانهيار، سواء كانت في مقاومة كل عنصر من العناصر على حدة كالتشقق أو الانهيارات أو الميلان أو الهبوطات الكبيرة، أو في ثبات الهيكل الإنشائي ككل كالانزياح الأفقي أو الانقلاب أو الانزلاق.

1-4. العلاقة بين المهندس المعماري والمهندس الإنشائي:

كان الإنسان ومازال إلى الآن يسعى لإيجاد هندسة تتحدى الخيال، وتشبع رغباته بالوصول إلى نظام حياتي يتماشى مع التطور الحاصل في العالم، فكانت الهندسة المعمارية أفضل وسيلة للتعبير عن هذه الرغبات، فالمعماري لا يضع حداً لخياله، فهو الفنان العلمي الذي يعمل وفق أسس ونظم متعارف عليها، فينهل منها ويضيف إليها. وكان الإنشاء المقيد الوحيد الي يواجه المعماري ويقف في وجه خياله، مما دعا المهندسين إلى تطوير نظم الإنشاء كي تتماشى مع أفكارهم ولا تقف عائقاً في تخيلاتهم، فنشأت علاقة بين الإنشاء والعمارة هي علاقة تأثر وتأثير.

هنالك أمران منفصلان ولكن مرتبطان بنفس الوقت سيتم التطرق لهما في هذا الفصل وهما: العلاقة بين المعماري والإنشائي.

فالعلاقة بين العمارة والإنشاء علاقة متنوعة بشكل كبير، فهي تتوزع بين السيطرة التامة للإنشائية على العمارة وبين الإهمال التام للمتطلبات الإنشائية في معالجة جمالية المبنى.

لابد في البداية من بعض التعاريف:

العمارة:

فالعمارة هي فن التعبير عن احتياج الإنسان من فراغات يمارس فيها نشاطاته.

والعمارة هي التطبيق العملي للفكر التصميمي وفق إنشائية معلومة تقوم بتحقيق وجود مادي لفكرة غير مادة $Materialization$. توجد في ذهن المعماري.

الإنشاء:

هو عملية تكوين المبنى وتشكيل أجزاؤه وعناصره الحاملة وعلاقة هذه العناصر مع بعضها البعض.

العمارة والإنشاء لا وجود لأحدهما دون الآخر وإذا كان المطلوب من الفكر التصميمي هو تحقيق فراغ فبالنتيجة يجب تحديد حدود معينة لهذا الفراغ (جدران ، أسقف ...) مما يستلزم تحديد طريقة لبنائها.

1-4-1- تطور العلاقة بين الإنشائي والمعماري:

إن تطور العلاقة بين العمارة والإنشاء هو:

انعكاس لتطور العلاقة بين كل من المعماري والإنشائي عبر العصور.

أخذت العلاقة بين المعماري والإنشائي أكثر من شكل، تتراوح بين الحالة القصوى التي يكون الشكل محدد كلياً من قبل المعماري ووظيفة الإنشائي أن يجعل المبنى قائماً فقط. والحالة القصوى الأخرى التي يكون فيها المعماري هو الإنشائي نفسه. وبين هاتين الحالتين نجد المعماري والإنشائي يتعاونان على تحديد الشكل ويطوران التصميم معاً، وكما سنرى أن نوع العلاقة بين الإنشائي والمعماري لها أثر كبير ورائع على المنتج المعماري.

1-4-2- **أشكال العلاقة بين المعماري والإنشائي:**

1- الإنشائي والمعماري شخص واحد.

2- الإنشائي والمعماري شخصيتان منفصلتان.

3- الإنشائي والمعماري شخصيتان متعاونتان.

نستطيع تصنيف أشكال العلاقة بين العمارة والإنشاء تبعاً لتفكير المعماري والإنشائي عبر العصور إلى خمسة نماذج وهي:

1-4-2-1- **زخرفة الإنشاء** ***Ornamentation of Structure***.

في الحضارات القديمة كان هناك اهتمام واسع بمجال التزيين والزخرفة، حيث نجد أن القدماء قد اهتموا بموضوع تزيين الأبنية (داخلاً وخارجاً) بمختلف النقوش النباتية والحيوانية إضافة إلى مجسمات بشرية قد توحي لهم بمضمون أو رمز معين مرتبط بالحقبة التي عاشو فيها آنذاك.

1-4-2-2- **الإنشاء كعنصر تزيني** ***Structure as Ornament*** .

يقوم هذا المبدأ على التلاعب بالعناصر الإنشائية من أجل أهداف تصميمة بحتة.

ظهر هذا المبدأ بشكل واسع في القرن العشرين، فكان للعناصر الإنشائية وظيفتين الأولى إنشائية والثانية جمالية متأثرة بالتطور التقني.

يمكن أن نميز ثلاث فئات لمبدأ الإنشاء كعنصر تزيني:

1- استخدام الإنشاء كغاية رمزية *Symbolic*

حيث كان الغرض منها إظهار مدى السيطرة التكنولوجيا وعالم الصناعة والخيال العلمي على الفكر المعماري من خلال كفاءة الجملة الإنشائية.

2- استخدام الإنشائية الظاهر في المبنى.

يتم اقتراحها كرد على مشاكل إنشائية مصطنعة في التصميم. في هذا النوع من المباني يكون الإنشاء مكشوف مبرر فقط للمسائل التقنية.

3- استخدام التقنية العالية $High\ Tech$.

كان يتم التعبير عن الإنشائية من أحل استعراض تقنية إنشائية جديدة وإظهار سيطرة التكنولوجيا فيها.

1-4-2-3- الإنشاء كعمارة $Structure\ as\ Architecture$.

في هذه العلاقة تكون سيطرة كاملة للإنشاء على العمارة بحيث يجسد الإنشاء الشكل الخارجي للبناء.

ظهر ذلك في عمارة الأبنية ذات المجازات الكبيرة والتي تتطلب جمل إنشائية خاصة تفرضها المتطلبات التقنية وبالتالي تفرض شكل هندسي محدد يؤثر بشكل أساسي على التصميم المعماري. مثل $Crystal\ Palace$ وقبة كاتدرائية فلورانسا.

في القرن العشرين ومع استعمال البيتون المسلح ذو المقاومة العالية أخذت المنشأت متانة أكبر وبالتالي ظهرت إمكانية تغطية مجازات أكبر فاستخدمت القشريات. ومع استخدام الإنشاءات المعدنية تم تغطية المطارات والملاعب ... واستعملت الجمل الإنشائية الخفيفة مثل الجمل المعلقة.

1-4-2-4- الإنشاء مولد للأشكال.

في هذا الشكل من العلاقة بين الإنشاء والعمارة يكون فيها للمتطلبات الإنشائية دور كبير ومؤثر في تصميم العناصر المعمارية وبالتالي الشكل المعماري. رغم أن الشكل الإنشائي ليس بالضرورة أن يكون ظاهراً أو مكشوفاً، فيتم اختيار العناصر الإنشائية التي تتجاوب وتتوافق مع التصميم المعماري المطلوب.

أي الجملة الإنشائية المستخدمة ومتطلباتها هي التي تحدد الشكل المعماري.

1-4-2-5- الإنشاء مأخوذاً بعين الإعتبار $Structure\ accepted$.

وكمثال على ذلك القباب والقبوات في العمارة الرومانية المستخدمة كحاجة إنشائية طورت فيها فراغات وبطريقة معالجة للأسقف والجدران أنتجت فراغاً معمارياً مثيراً للاهتمام لكن الحقيقة أن

الغرض من وجود الرقم في تكرار القبوات هو تحقيق مجازات أوسع معمارياً فراغياً وكانت تتم معالجة الأسقف كما في البانثينيون كحاجة إنشائية لتخفيف كمية المواد المستخدمة في الإنشاء.

النتيجة:

إن الحالات الخمسة المعروضة أعلاه لطبيعة العلاقة بين الإنشاء والعمارة على مر العصور يمكن تصنيفها ضمن مجموعتين:

1- المجموعة الأولى: ويكون فيها الإنشاء في عملية التصميم المعماري مأخوذ بعين الاعتبار (محترمة) وتضم:
   - التزين في الإنشائية.
   - الإنشائية كتصميم معماري.
   - الإنشائية كمولد للأشكال.
2- المجموعة الثانية: ويكون فيه الإنشاء متجاهل وغير مأخوذ بعين الاعتبار (غير محترمة)
   - الإنشائية كعنصر تزييني.
   - الإنشائية غير المأخوذة بعين الاعتبار.

وبهذا نكون قد أجبنا على الأسئلة التالية:

1- أوضح معنى المفهوم التالي:
   العمارة هي حصيلة تضامن جهود مختلفة من المختصين.
2- ماهو الهدف من مقرر نظريات الإنشاء.
3- ماهي الشروط التي يجب أن تحققها الهياكل الإنشائية لمستخدمي المنشأ والتي تتعلق بالهندسة المعمارية.
4- ماهي الشروط الواجب تحقيقها في هيكل المبنى حتى يكون ملائماً ومناسباً للإستخدام.
5- ماهي الشروط الواجب أن يحققها الهيكل حتى يكون أميناً وجاهزاً للإستخدام طوال العمر الافتراضي للمنشأ.
6- بين بالشرح كيف تطورت العلاقة بين المعماري والإنشائي.
7- ماهي أشكال العلاقة بين المعماري والإنشائي.