

دراسة تحليلية مقارنة لتطور بناء المباني البرجية تبعا لاختلاف تكنولوجيا العصر A comparative analytical study of the evolution of the construction of tower buildings according to the different technology of the era

م.د/ لميس سيد محمدي عبد القادر

مدرس-كلية التكنولوجيا والتعليم – جامعة بني سويف

Dr. Lamees Said Mohamady

Lecturer - Faculty of Technology and Education - Beni Suf University

Lamisabdelkader@hotmail.com

الملخص:

تشهد مصر نهضة معمارية وعمرانية واسعة ، وتطورا هائلا في عالم الإنشاءات والعمارة نستهل به قرن جديد من الزمان و لنواكب أعلى التقنيات العالمية في مختلف المجالات ، وذلك بجمهورية جديدة مليئة بناطحات السحاب، و ببناء مدن جديدة ستصنف من مدن الجيل الرابع ، فالיום يتم بناء لأول مرة على أرض مصر أعلى ناطحات سحاب في أفريقيا وأعلى برج على الساحل الأفريقي ، وكما يتم إستخدام أعلى التقنيات الآتشارية والالكترونية والمعلوماتية ، وحيث تُقِيم الحضارات من خلال عمارتها التي تركتها للعصور التي تليها؛ فتعتبر تلك الحضارات بما تحتويه عمارتها من قيم معمارية وحضارية خير شاهد على مدى نجاح الإنسان في أداء رسالته وإعمار الأرض، ومن هنا فإنه وجب دراسة المباني البرجية، ونختص في البحث بدراسة تطور بنائها تبعا لاختلاف تكنولوجيا العصر، حيث يبدأ البحث باستعراض المشكلة ، المنهجية وأهداف البحث ، ثم مناقشة تكنولوجيا بناء الأبراج الطينية ، تكنولوجيا بناء المباني البرجية بالأحجار، ودراسة التكنولوجيا الحديثة في استخدام الخرسانة والحديد في بناء الأبراج، وذلك بعد وأثناء الثورة الصناعية حيث كانت أول مثال لناطحة سحاب من الفولاذ هي برج إيفل ، ثم بدراسة بعض النماذج المنتخبة من الأبراج المحلية والعالمية التي ظهرت في منتصف القرن العشرين، ودراسة بعض التقنيات الحديثة التي تم استخدامها في بناء برج خليفة، و يناقش البحث أعلى تطور في فنون وتكنولوجيا المباني البرجية وهو برج دبي الدوّار كمثل للأبراج الدائرة والعمارة الديناميكية ، وكذلك التوقعات المستقبلية لناطحات السحاب ، ثم عمل المقارنة التحليلية بين بعض الأبراج المنتخبة لدراسة وإثبات أن اختلاف مواد الإنشاء واختلاف تكنولوجيا العصر أدى إلى تطوير بناء المباني البرجية ، ثم نتائج البحث والتوصيات.

الكلمات المفتاحية:

تشكيل المباني - الفن المعماري - العمارة البرجية - ناطحات السحاب - تكنولوجيا العصر.

Abstract:

Egypt is now witnessing a wide architectural and urban renaissance. Starting a new century with a new republic full of developments in the construction and architecture field and a new capital full of skyscrapers that is been classified as one of the fourth generation cities. For the first time on the land of Egypt, the highest skyscrapers in Africa and the highest tower on the African coast are being built. The highest construction, electronic and information technologies in these skyscrapers are used. The research specialized in the development of the formation and construction of tower buildings according to the differences of technologies with the changes of time. Starting from mud tall buildings and stone tower buildings to the first example of a steel skyscraper "the Eiffel Tower"

that has built in the time of industrial revolution. The research is interested in studying some of the modern technologies that has used in Burj Khalifa -the tallest skyscraper in the world- as well as future expectations for skyscrapers. Then an analytical comparison between some of the elected towers is been made. That is to study and prove that the difference in construction materials and in technology of the era led to the development of the formation and construction of tower buildings.

Keywords:

Architectural Art, Tower Buildings ,Architectural formation, Skyscrapers, Age Technology.

مشكلة البحث:

يشهد العالم تطورات نوعية باتجاه استخدام التكنولوجيا عالية التقنية في كافة مجالات الحياة ومنها العمارة، وتكمن مشكلة البحث في قلة الأبحاث التي تقارن بين القديم والحديث عامة وفي توثيق تطور التقنية المستخدمة في المباني البرجية تبعا لاختلاف وتطور التقنية في كل عصر، وتبعا لاختلاف مادة البناء المحلية المستخدمة في المباني البرجية خاصة، حيث تعتبر المباني العالية أو البرجية -أو ما أطلق عليها حديثا بناطحات السحاب- سمة عصرية واتجاه عالمي للبناء ودليل على تطور العمارة وتقنيات الإنشاء على مستوى العالم، فناطحات السحاب قد وصلت لما يقارب الكيلو متر ارتفاع عن سطح الأرض وأصبحت تعانق السحاب بل و تتجاوزه أحيانا، وسنحاول من خلال البحث دراسة وتوثيق لمثل تلك المباني تبعا لتقدم الزمن واختلاف العصر، ودراستها وإثبات أو نفي أنها ذات كفاءة عالية وتحقق مبادئ الاستدامة وكذا العمارة الخضراء و أيضا مبادئ العمارة الصديقة للبيئة.

منهجية البحث :

تتمحور منهجية البحث في دراسة وتحليل أساليب البناء والتشكيل المختلفة في إنشاء المباني البرجية قديما وحديثا ، وعمل المقارنة التحليلية لبعض نماذج المباني البرجية المشهورة، بحيث يمكن تحقيق أهداف البحث وعمل استنتاجاته وبإثبات أن لكل عصر تقنيته ولكل مكان مادة البناء المحلية الخاصة به والتي قد تستخدم في الإنشاء التقليدي للمباني البرجية ، ولقد اختلف الأمر في العصر الحديث؛ فمع تطور تقنيات الإنشاء من ميكنة الإنشاء وأساليب سبق الصب والتجهيز وسبق التصنيع واستخدام نفس مادة البناء العالمية ألا وهي الخرسانة والخرسانة المسلحة وتحقيق أو تجاهل مبادئ العمارة المستدامة والخضراء والعمارة الصديقة للبيئة تم إنشاء بعض أنواع المباني البرجية العالمية بأساليب فائقة التكنولوجيا ، وقد تم اتباع المناهج التالية :

أولا : المنهج المرجعي لتقييم المادة العلمية اللازمة لتغطية المباني في الحقب التاريخية والحديثة.

ثانيا : المنهج التحليلي، وذلك لتحليل ما يمكن من مادة علمية وكذا نتائجها المستخلصة.

ثالثا : المنهج المقارن، وذلك بعمل مقارنة في نهاية البحث بين المباني البرجية القديمة والحديثة والتصورات المستقبلية لها.

رابعا : المنهج التشكيلي، وهذا أمر مفر وغ منه، وحيث لا بد منه في إيضاح كل معلومة و التي قد تحتاج إلى شكل ما ، وهذا المنهج لا غنى عنه في كل البحوث العلمية نظرية كانت أو عملية معملية.

أهداف البحث :

تنتشر استخدام التقنية التقليدية في جميع الدول النامية والفقيرة وإن كانت تختلف من حيث الأسلوب ، إلا إنها جميعاً تتصف بأنها تحتاج على عمالة كثيفة ولا تحتاج إلى رؤوس أموال أو توفير كبير، وهو ما تحتاج إليه الدول الفقيرة والنامية حيث أن الأيدي العاملة كثيرة ورؤوس الأموال غير المتوفرة، وهنا قد ظهرت الحاجة إلى استخدام الخرسانة في البناء كمادة بناء حديثة، وبسبب استخدام الخرسانة ظهرت الأساليب الحديثة في الإنشاء و تطورت ، ولذلك أصبح من أهداف البحث إثبات أن للتقنية دور في تطور المباني البرجية على مر التاريخ، فالمباني البرجية هي طابع البناء الحديث في العصر الحديث وهي من أهم سمات العولمة في البناء وقد أغفل هذا النوع من المباني مبادئ العمارة المستدامة وتجاهل العمارة البيئية والصدقية للبيئة وهو ما سنحاول بحثه من خلال الدراسة.

1. مقدمة البحث :

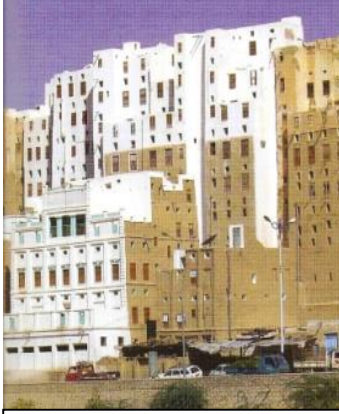
كان من الضروري دراسة تطور التقنيات المستخدمة في البناء عامة وفي المباني البرجية خاصة ، حيث تعتبر العمارة البرجية والتطور في البنين سمة وطابع عصري حديث، وقد أدى ذلك إلى إغفال الطابع المحلي للعمارة في كل محل ، وأصبح الطابع العالمي للمباني البرجية هو السمة الغالبة على هذا النوع من المباني حديثاً ، وقد تطور تشكيل المباني البرجية عبر الزمن نتيجة لتطور الوحدة المستخدمة في البناء سواء بتغيير المادة المصنوعة منها أو بتغيير شكلها أو بتغييرها ككل واستخدام مواد و وحدات بناء حديثة تتماشى مع متطلبات العصر الحديث.(١)

وبعد الحرب العالمية الثانية وبعد اكتشاف الطاقة جاء التفكير في طرق جديدة للبناء عندما ظهرت الحاجة إلى بناء أعداد كبيرة من المباني في وقت قياسي والتفكير في التوسع الرأسي للمدن ، فكان مجرد الاعتماد والتفكير في الطرق التقليدية المعروفة يعتبر اهداراً للوقت، وذلك لأنها تحتاج إلى فترات زمنية طويلة لإنجاز الأعمال بالإضافة إلى اعتمادها على طرق نقل وتشوين ومعالجة بدائية ، بل إضافة إلى الحاجة إلى عمالة كثيرة ، مما دعا إلى التفكير في التحول نحو استخدام طرق حديثة تعتمد على الآلة والماكينة والتي يمكنها الإنتاج بصورة أفضل وفي وقت أسرع، ويعتبر الحديد من أهم واحداث المواد المستخدمة في البناء، وهذا لمميزاته العديدة وقدرة تحمله للأوزان أكثر من أي مادة بناء أخرى ، و مع اكتشاف المصاعد الكهربائية في بداية القرن العشرين ، فظهرت الارتفاعات الشاهقة في المباني وناطحات السحاب والأبراج التي قد يتجاوز إرتفاعها الكيلومتر قريباً ، ولقد ظهر مصطلح "ناطحة السحاب" في القرن العشرين وهو يعني أعلى تشييد صُمم من قبل البشر أو البرج الحديث بهيكل معدني ، فمنذ القدم سعى الإنسان بشكلٍ غريزي للارتفاع في الإنشاءات وهو ما يسعى البحث لدراسته ، وقد كان من الضروري على الإنسان أن يقوم بإنشاء ناطحات السحاب كتطور طبيعي لاستخدام تقنية البناء بالفولاذ.(١)

ويقوم البحث بدراسة ويعمل مقارنة تحليلية للأبراج منذ بداية فكرتها وانشائها كما الموجودة باليمن والتي تم انشاؤها وبنائها بالكامل من الطين النئ الاخضر، ثم دراسة الحجر وتشكيله واستخدامه في البناء وذكر مثال للأبرج الحجرية كبرج بيزا المائل، ثم أول مثال ناطحة سحاب في العالم وهو برج ايفل الذي واكب عصر الثورة الصناعية و الذي تم بناؤه بالكامل من الحديد الصلب، و الذي يعد أهم مثال على تطور تقنيات الإنشاء حديثاً وخاصة منذ عصر الثورة الصناعية ، و قد كانت مصر مُواكبة لهذا التطور في البناء المرتفع الذي ظهر و إنتشر على مستوى العالم في القرن العشرين، وانعكس ذلك عليها فقد تم بناء برج القاهرة والذي يعتبر أعلى برج بالقاهرة و يليه مباشرة مبنى وزارة الخارجية المصرية، و سيتم ذكر ودراسة بعض النماذج العالمية التي ظهرت في النصف الأول من القرن العشرين مثل الامباير ستيت بالولايات المتحدة، وأخيراً يتم دراسة بعض التقنيات الحديثة التي تم استخدامها في بناء أعلى برج في العالم وهو

ناطحة السحاب "برج خليفة" والذي تم افتتاحه عام ٢٠١٠م ، والذي يعد من أهم الامثلة التي استخدمت أعلى تقنيات الإنشاء في العالم، والتي قد نتجت من التطور الملحوظ في تقنيات الإنشاء ومواده ، وكذلك دراسة لبرج دبي الدوار كمثال لناطحة السحاب الديناميكية ذات البعد الرابع والتكنولوجيا الفائقة.

2. تكنولوجيا بناء الأبراج الطينية :



شكل (١) يوضح الأبراج البينية التقليدية الأثرية و المبنية بالكامل من الطين النيء. المصدر (١)

في بناء المباني البرجية المبنية من الطين كما بالشكل (١) ، يقوم عمال البناء أولاً قبل البناء بعمل الأساسات للبناء المراد بنائه ، وتكون الأساسات مبنية بالحجر (الحصى)، مع مادة الرمال المخلوطة مع بعض المواد الأخرى تكون مقوية للأساس (الساس) شبيهه بمادة الأسمنت اليوم ، مع استخدام عروق الأشجار القوية والمتينة وأيضاً النخيل بالكامل في تدعيم الأساسات، واستخدامه كأعمدة لدعم التربة ولتقوية الأساسات كما هو المتعارف عليه اليوم من الأعمدة الخرسانية المسلحة والخوازيق Biles، ثم بعد تكملة بناء الأساسات يبقى الساس لمدة أسبوع أو أكثر ويرش عليه الماء حتى يزداد تماسكه ويجف تماماً قبل استكمال أعمال البناء ، ويمكن أن تتحمل هذه الحوائط حتى ارتفاع ٦ طوابق بشرط عمل دعائم من الخشب أفقية لتوزيع الأحمال ، وقد تصل سمك حوائط الطابق الأرضي إلى حوالي ٨٠ سم وتتناقص تدريجياً في الأدوار العليا، ويتم عمل قوالب من الخشب ليتم صب الطين المسلح

بالقش وروث الحيوانات فيه ليكون قالب من الطوب الطيني النيء، ثم يترك ليجف تحت اشعة الشمس القوية على مساحة كبيرة من الأرض ، ويجمع ليستخدم في البناء بعد ذلك ، وتكون مونة لصق هذه القوالب من مادة الطين أيضاً ، ويخصص الدور الأرضي للماشية من الأغنام والدواجن والأول لحفظ الغلال والتمور ثم الثاني المخصص لجلوس الرجال ثم الثالث للنساء والذي يوجد به المطبخ الذي يحتوي على التتور "المواقد الطينية" ثم الخامس الخاص بجلوس العائلة مجتمعة والسادس الذي يسمى بالمرابيح ويخصص للأبناء حديثي العهد بالزواج ، وهذه المباني البرجية العالية و الموجوده منذ مئات السنين في مكانها و لم تتأثر بعوامل الزمن متراسة ومتلاصقة بعضها ببعض ومتصله من الداخل أيضاً في بعض الأدوار بحيث يسمح ذلك للنساء بالعبور من برج لبرج من الداخل بغرض الخصوصية دون الاحتياج للنزول في الشارع ودخول البرج المجاور من بابه والصعود للدور المرغوب ، (شكل ١) ، ويعتبر التراص والتلاصق لهذه الأبراج العالية هو السبب في عدم تصدعها و تواجدها حتى الآن ومقاومتها للعوامل الجوية على مدار مئات السنين، وبالطبع تتوارثها الأجيال والعائلات للسكن فيها على مر الزمن. (٢)

3. تكنولوجيا بناء المباني البرجية بالأحجار:

من مزايا الحجر الطبيعي ثبات ألوانه ومقاومته العالية للعوامل الطبيعية، والعزل الحراري، وكذلك الصلابة و المتانة، والمحافظة على الشكل والرونق الطبيعي وقلة الحاجة إلى الصيانة وذلك لمناسبته للظروف المناخية، كما و يعد مادة بناء محلية طبيعية لا تحتاج للصناعة والنقل ، ولكنها قد تحتاج لبعض التهذيب والاستعداد ، وينقسم البناء بالأحجار إلى قسمين البناء بالدبش، البناء بأحجار النحت كما هو التالي:

3-1 تكنولوجيا البناء بالدبش:

في بناء المباني البرجية قديماً كانت التقنية التقليدية المستخدمة لتشكيله وتجهيزه للبناء يدوية وبأبسط الآليات والأدوات كالشاحوطة" ، والتي لاتزال مستخدمة وقائمة حتى الآن، وبالتالي هذه التقنية لا تحتاج إلى عمالة عالية التدريب، و لكن



شكل (2) يوضح برج بيزا المائل والذي يعد مثالا للمباني البرجية المبنية بالكامل من الاحجار. المصدر (٢)

يعتمد البناء بالاحجار على عدد كبير من العمالة، وفيه يتم رص الأحجار في هذه الأنواع كما في الطوب بالنسبة لقطع اللحامات الرأسية سواء كانت داخل سمك الحائط أو على أسطحها الخارجية أو الداخلية. (٣)

وينقسم إلى : البناء بالدبش الخام، وبالدبش المروم ، ويستخدم الدبش الخام في البناء بدون مداميك وبمداميك ، ويعمل به مداميك الرباط في المباني الحجرية البرجية ، وكذلك الدبش المروم أيضا قد يستخدم بدون مداميك (فرعوني) وبمداميك وهو مثل الدبش البلدي ويكون مسترعب الحجم أو على شكل متوازي مستطيلات مختلفة الأحجام ، أما الدبش المضلع تكون فيه الحجارة منحوتة من أوجهها وتكون تقريبا على شكل مسدوس أو مضلع منتظم نوعاً ما. (٤)

ويعتبر برج بيزا المائل من أهم الأمثلة على المباني البرجية الحجرية حيث استمر البناء فيه لمدة تقارب قرن من الزمان، و يقع الى جانب كاتدرائية بيزا "ساحة المعجزات"، في إيطاليا بمدينة بيزا، ويتكون من ثمانية طوابق مبنية من الرخام الأبيض على الطراز الروماني بارتفاع ٥٦،٢ مترا ، وفيه درج مبني داخل الجدران يتألف من ٢٩٤ درجة، مجهز حاليا بمصعد كهربائي، ويعتبر تحفة معمارية تحتضنها إيطاليا حول العالم. (شكل 2)

3-2 تكنولوجيا البناء بأحجار النحت :

تمتاز أحجار النحت بكبر حجمها وانتظام أشكالها وتسوية أسطحها ، ويعتبر البناء بأحجار النحت أكثر متانة وأكثر تكلفة من البناء بالدبش لاحتياجه إلى العناية الدقيقة في التشكيل والنحت .

٤ - إعادة اكتشاف الخرسانة العادية في عصر الثورة الصناعية:

استخدم الخشب في الحضارة الإغريقية كأعضاء إنشائية حاملة في الأعمدة والكمرات والشدادات وفي أعمال الكسوات للحوائط الداخلية والخارجية، وفي الأرضيات والأسقف بالإضافة إلى استخدام الخشب في أعمال الزخارف لتيجان الأعمدة ، وفي هذا العصر بدأ ظهور تقنية الشدادات والسقالات الخشبية التي تستعمل في الوصول إلى منسوب العمل بالمباني العالية عند التنفيذ ، وفي الحضارة الرومانية تراجع استخدام الخشب في العناصر الإنشائية الحاملة في المباني نظرا لإعادة اكتشاف الرومان بعد المصريين القدماء للخرسانة العادية، حيث اكتشفت بعض الآثار المصرية القديمة بمصر قد استخدمت في أساسات أعمدها خطة الخرسانة العادية ثم أخذها عنهم الرومان وأعادوا استخدامها في مبانيهم وقد نسبت تاريخيا خطأ إليهم ، وكانت تقنية عمل الحوائط منها عن طريق وضعها بين صفيين من الطوب مع وضع الخشب كدعامات رابطة بين مداميك الطوب واقتصر استخدام الخشب في الزخارف والحليات بالواجهة كما تم استخدامه في الشدادات للخرسانة العادية. (٥)

وقد قطعت الأساليب التقنية التي تستخدم في إنشاء المباني العالية كالأبراج والتي تعتمد على التصميم والإنشاء شوطا طويلا نحو التطور منذ بدأت الثورة الصناعية، لذلك شهدت هذه الفترة تثبيت أقدم الخرسانة العادية المسلحة كمادة إنشائية جديدة تتمتع بإمكانات هائلة في مجالات التصميم، ثم سرعان ما احتلت هذه المادة موضع الصدارة بين المواد الإنشائية في القرن العشرين، ثم تطورت فنون وتقنيات الإنشاء في العصر الحديث إلى أن وصلت لتصنيع المباني إما بمكنة الإنشاء أو بصناعتها أولا بالمصنع وهو ما يسمى بسبق التصنيع أو الصب ، وارتبطت ميكنة أعمال التنفيذ بإحلال

تقنية الآلة محل التقنية اليدوية في أعمال الحفر والتسوية استعدادا لعملية الصب وأعمال النقل والتشوين والأعمال المساعدة التي تستخدم فيها الآلات مثل الأوناش والخلاطات وعربات النقل .. الخ.

٥- ابتكار "المصعد الكهربائي" وتأثيراته المباشرة على انتشار المباني البرجية حول العالم منذ نهاية القرن التاسع عشر وحتى الآن:

لعدة قرون ظلت الأبنية المرتفعة مثل الأديرة اليونانية ، أمكنة شبه معزولة لصعوبة الوصول إليها إلا من خلال السلالم المرتفعة أو المصاعد البدائية والتي كانت بدون محرك ، حيث لم يتم اكتشاف الطاقة بعد ، حتى جاء عصر الثورة الصناعية وكان لاكتشاف الطاقة عامة والطاقة الكهربائية خاصة أكبر الأثر في ابتكار وصناعة المصعد الكهربائي، وكان الظهور الأول لآلات المصاعد في المناجم بشكل عام، حيث ظهر فيها بتزويد المصعد بمحرك بخاري ، وقد كان ذلك في أوائل القرن التاسع عشر، وكانت أولى المصاعد التي زُودت بها ناطحات السحاب والمخصصة للعامة في مطلع القرن التاسع عشر إلى القرن العشرين، والتي سمحت بالصعود فقط إلى الطوابق العليا، في حين كان النزول مقتصرًا على السلالم فقط، ولقد تطورت المصاعد خلال هذه الفترة وما بعدها ، وكانت المصاعد التقليدية مكونة من محرك كهربائي مع الكابل وثقل لموازنة القمرة، وقد كانت الصيانة العادية للمصعد تتمثل في إعادة توتير الكابلات والتحقق من سلامة نظم الحماية وأجهزة الاستشعار الخاصة بها، ثم تطورت المصاعد بعد منتصف القرن العشرين وإلى الآن حتى وصل أسرع مصعد في العالم بسرعة ١٧ أو ١٨ مترا في الثانية أي ٦٠ كم/ساعة وهو المصعد الموجود حاليا في برج تايبيه ١١١ وبرج خليفة بدبي.

وقد ظهرت المصاعد نتيجة للتطلع الدائم من قبل المهندسين والمعماريين للتعالي والتطاول في الإنشاءات وفي المباني العالية والبرجية الذي أصبحت سمه لعصرنا وعالمنا الحديث ، و لقد أصبحت الحاجة ملحة لتطوير المصاعد وكابلاتها حيث أصبح بالإمكان الآن إنشاء ناطحات سحاب بارتفاع الكيلومتر فوق سطح الارض.



شكل (3) يوضح برج إيفل في باريس والذي يعد أول بناء حديدي مرتفع وأول نموذجاً لناطحة السحاب من الحديد، وقد تم بناؤه أثناء عصر الثورة الصناعية ، ويعد من الطفرات التي حدثت للمباني البرجية ولإنشاء بأسلوب سبق التصنيع وهو ما فتح الباب لناطحات السحاب بشكلها المتعارف عليه اليوم. المصدر (٤)

٦- استخدام الحديد والفولاذ في إنشاء المباني البرجية منذ بداية عصر الثورة الصناعية:

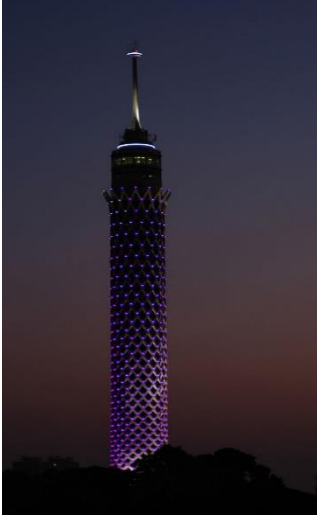
وقد اعتبر الحديد من أهم وأحدث المواد المستخدمة في البناء عامة وفي المباني البرجية وناطحات السحاب خاصة ، وهذا لمميزاته العديدة و قدرة تحمله للأوزان أكثر من أي مادة بناء أخرى ، ومن هنا ظهرت الإرتفاعات الشاهقة في المباني وناطحات السحاب والأبراج التي قد تجاوزت الكيلومتر ارتفاعا ، ومن المتوقع أن تزيد عن ذلك قريبا مع تطوير المادة وخواصها بتقنية النانو التي تتم عليها حاليا الأبحاث والتجارب العلمية ، وتطبيق استخدام المواد المطورة بتلك التقنية في الإنشاءات ، ومن المؤكد أن التحول إلى المجتمعات الصناعية أحدث تغييرات جوهرية في أساليب إنتاج المباني فظهر ما يسمى بالتصنيع المسبق للمباني، وظهور المنشآت الفولاذية الهيكل ، والاستعانة بالحسابات والاختبارات التي تجري لتقويم متانة المباني وصيانتها.(٦)

وقد إستُخدم الفولاذ بشكل مكثف خلال فترة ما بعد الثورة الصناعية وحتى القرن العشرين حيث تم إنشاء برج إيفل Eiffel tower في باريس ١٨٨٨م من تصميم

المهندس Gustave Eiffel (شكل (٣) - والذي وصل ارتفاعه إلى ما يقرب من ٣٠٠ م فوق مستوى البحر، وفيه إعتد المصمم علي جميع القطع الحديدية المصنعة بدقة شديدة تصل إلي ١٠ : ١ من المليمتر، واستغرق إنشاؤه ١٧ شهراً، وقد اكتشفت لهذا البرج استخدامات لم تكن في الحسبان وقت إنشائه، كاستخدامه كنقطة ملاحظة ومحطة للأرصاد الجوية ومحطة لاسلكية، وعندما أشرف القرن التاسع عشر على الإنتهاء كان الفولاذ قد أصبح مادة إنشاء هامة، وتم الاستعاضه به عن باقي المواد التقليدية في الإنشاء ، وكانت قطاعات الفولاذ المفتولة متاحة بكميات كافية، فكان الأسلوب التقني لربط الأعضاء الإنشائية بواسطة مسامير الرباط أو مسامير البرشام قد قطع شوطا كبيرا في طريق التقدم، وتم إحراز تقدم هام آخر خلال الحرب العالمية الأولى باستحداث الطريقة النمطية لوصل الأعضاء الفولاذية وهي اللحام بالقوس الكهربائية بين قضيب معدني (الإلكتروود) وبين العضوين المراد لحامهما معا.(٧)

ولتحقيق أهداف البحث المرجوه فقد كان من المهم دراسة بعض المباني البرجية المحلية والعالمية الأيقونية التي ظهرت في بداية وحتى منتصف القرن العشرين والتي تعد فترة ازدهار لمثل تلك النوعية من المباني:

٧- ومن أهم الأمثلة المحلية المنتخبة للدراسة: برج القاهرة أو برج الجزيرة Cairo Tower:



شكل (4) يوضح صورة لبرج القاهرة، والذي يعد من أهم المباني البرجية بمصر، والذي تم بناؤه سنة ١٩٦١م بارتفاع ١٨٧م. المصدر (٢)

يعد برج القاهرة (شكل (٤) والذي يقع بالقاهرة على جزيرة الزمالك بنهر النيل من أهم الأمثلة المحلية التي يمكن أن يُسلط الضوء عليها من خلال البحث، فهو أعلى برج تم إنشاؤه في مصر حتى الآن حيث يصل ارتفاعه إلى ١٨٧م وبه ٣ مصاعد كهربائية، ويليه برج وزارة الخارجية المصرية بارتفاع ١٤٣ م ، وقد ظهرت هذه النوعية من المباني العالية في مصر في منتصف القرن العشرين كنتيجة لتطور العمارة البرجية في العالم وانعكاس لما وصل إليه الإنسان من التطلع إلى الأعلى ، ومساييره ما ظهر على مستوى العالم عموما من أبراج وناطحات للسحاب وقتها ، ويعتبر برج القاهرة أعلى من الهرم الأكبر بالجيزة بحوالي ٤٣ م ، وقد تم بناؤه ما بين عامي 1956 و ١٩٦١ من الخرسانة المسلحة على تصميم زهرة اللوتس المصرية، ولم يكن أطول برج في العالم في ذلك الوقت ولكن يأتي بعد برج أيفل في الارتفاع ، وهو من تصميم المهندس نعم شبيب، ويحتوي البرج على قمته مطعم سياحي على منصة دوارة تدور بمرتادي المطعم ليروا معالم القاهرة كلها من كل الجوانب أثناء تواجدهم بالمطعم ، ويعد هذا الاسلوب في تصميم

المطعم الذي يدور ٣٦٠ درجة حول نفسه من بدايات الأفكار الديناميكية الدوارة في العمارة بعد قبة قصر البارون الدوارة في مصر.

ويعد البرج من أبرز المعالم السياحية بالقاهرة الساحرة ، ويقف على قاعدة من أحجار الجرانيت الأسواني التي سبق أن استخدمها المصريون القدماء في بناء معابدهم ومقابرهم، وتستغرق الرحلة داخل مصعد البرج للوصول إلى نهايته ٤٥ ثانية ، ويمكن أن تُشاهد معالم القاهرة بالكامل من أعلى البرج ، وقد تم تجديد البرج في ٢٠٠٦ وحتى ٢٠٠٨ من قبل شركة المقاولين العرب وكلفت عملية الترميم والإصلاح حوالي ١٥ مليون جنيه وقتها، وهي تتضمن معالجة وترميم خرسانة البرج وإضافة عدد ٣ أدوار هياكل معننيه اسفل البرج وبيدنه وآخر أعلى المدخل الرئيسي مباشرة ، وكذلك تم إنشاء سلم للطوارئ ومصعد للزائرين ، وكما تم تطوير مدخل البرج وتشطيب واجهاته وإضافة اضاءة خارجية جديد له ، وذلك بهدف إعادته كمنار سياحي مهم بقلب القاهرة.(٢)

٨- ومن أهم الأمثلة العالمية المنتخبة للدراسة : الإمبراير ستيت - Empire State Building :

شكل (5) يوضح برج الامبراير ستيت و الذي يقع بمنهاتن بنيويورك ، بمساحة 2,248,355 قدم مربع وبارتفاع ٣٨١م. المصدر (٢)

ويعد من أهم الأمثلة للمباني البرجية العالمية (شكل (٥) الواجب دراستها والتي ظهرت نتيجة تطور اساليب الإنشاء بالفولاذ في خلال أوائل ومنتصف القرن العشرين التي تعد فترة ازدهار لمثل تلك النوعية من المباني ، والذي تدل على نهم الإنسان والتطلع للأعلى منذ بدء خلقه، و يتكون البرج من ١٠٢ طابقا بارتفاع ٣٨١ مترا و يحتوي على ٧٢ مصعدا، ويقع بمدينة نيويورك بالولايات المتحدة الأمريكية، وقد تم افتتاحه عام ١٩٣١م ، وقد اعتبر هذا البرج أعلى مبنى في العالم لمدة تتجاوز الأربعين سنة ، و يمثل البرج ظاهرة ثقافية للأمريكيين عامة وسكان نيويورك خاصة، حيث يعتبر أطول ناطحة سحاب في مدينة نيويورك منذ سقوط ناطحتي مركز التجارة العالمي في ١١ سبتمبر ٢٠٠١م ، وقد صممه المهندس وليام ف لامب من شركة الهندسة المعمارية شريف لامب وهارمون ، والتي أنجزت رسومات البناء في أسبوعين فقط، و تم بناه في عام و نصف تقريبا باستخدام الرسومات السابقة لمبنى رينولدز في ونستون سالم نورث كارولينا، وبرج كارو في سينسيناتي أوهايو. (٣)

9-برج خليفة (أطول ناطحة سحاب في العالم حتى الآن) بارتفاع ٨٢٨م :

شكل (6) صورة توضح واجهة البرج المكونه من الحوائط الستانية الزجاجية أثناء تركيبها ، والمكونه من طبقتين من الزجاج المطلي بطبقة من الفضة الخالصة لعكس أشعة الشمس وبذلك يتم تقليل الاشعاع الحراري المتسرب الى المبنى من خلال زجاج الواجهات. المصدر (٥)

١-٩ تقنية بناء هيكل البرج الفولاذي:

يعتبر هذا البناء هو أعلى شئده الإنسان حتى الآن حيث يصل ارتفاعه إلى ٨٢٨م فوق سطح البحر، و فيه تعمل القضبان المعدنية على تثبيت المبنى من كل جوانبه، كما تم وصل القضبان العمودية بالقضبان الأفقية في كل طابق من المبنى، وللحصول على قدرة تدعيم أكبر فإن القضبان القطرية توجد داخل العوارض العرضية ، وعن طريق هذه الشبكة ذات الأبعاد الثلاثية يتم نقل المبنى إلى القضبان العمودية، ومن ثم تقوم هذه الأعمدة بنقل الثقل والأحمال إلى قاعدة البناء التي بدورها تقوم بنشر هذه القوة الضاغطة على التراكيب الثانوية تحت المبنى، ثم يتم وضع القضبان العمودية على الأرضية المنتشرة حيث تلقي بوزنها على طبقة القالب الحديدي بأساسات المبنى والتي تتألف من مجموعة من الطبقات الفولاذية الأفقية مرتبة بشكل دوري على طبقتين أو أكثر، ثم يتم وضع هذه الشبكة على طبقة ضخمة من البيتون ويتم صبها مباشرة حتى تمتد بشكل كامل باتجاه الأسفل لتصل إلى أرض حجر الأساس. شكل (٦)

٢-٩ تقنية صب الخرسانة في بناء البرج:

تم ابتكار تقنية جديدة عند صب الخرسانة في هذا البرج وهي بأن تغلف الخرسانة بغلاف بعد صبها في الحائط حتى تتصلب، وبعدها يقوم العمال بفك

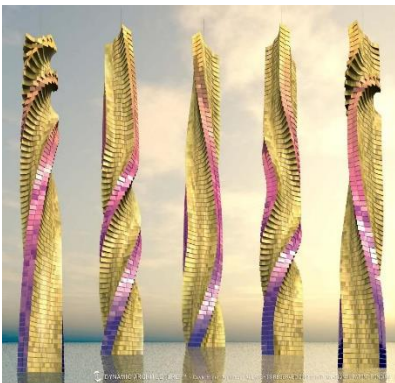
هذا الغلاف ونقله إلى الطابق الأعلى لكي يقوم بنفس العملية هناك ، حيث كانت هناك صعوبة في أن لكل طابق مقاساته

المختلفة عن الذي يليه والذي يسبقه، ولأن الارتفاع شاهق فقد تم إضافة مادة خاصة إلى الخرسانة حتى يتسنى ضخها إلى هذه الارتفاعات الشاهقة دون أن تتصلب في منتصف الطريق، وقد كان العمال يصبون الخرسانة ليلاً ذلك لارتفاع درجة الحرارة نهاراً، وقد كانت الخرسانة تأخذ نصف ساعة أثناء ضخها للوصول إلى أعلى البرج، وبما أن الخرسانة تأخذ من الوقت ساعتين حتى تتصلب ولضخها على تلك الارتفاعات الشاهقة دون أن تتحلل إلى مكوناتها الأولية فقد تم أيضاً إضافة مادة مسيله إلى الخرسانة، حتى تتصلب بشكل أسرع، كي يتسنى للعمال إنشاء طوابق بشكل أسرع، كما تم التخلي عن مادة الأتون التي تنتج ثاني أكسيد الكربون بشكل كبير، ولأن الخرسانة لا بد من تبريدها بعد أن تتصلب حتى لا تفقد شيئاً من تماسكها ومتانتها تم إضافة الجليد إلى الخرسانة المكونة من الزلط والرمل والأسمنت.

وقد كان العمال ينتقلون بصعوبة بالغة في أعلى البرج وفوق جسور فولاذية رقيقة على علو ما يقرب من الكيلو متر يحملون أعمدة فولاذية ضخمة، وحيث لم يتم ضخ الخرسانة بشكل قوي إلى هذا العلو من قبل فإنه تم تسجيل رقم قياسي لمهندس المضخات الخرسانية، لأنه تم تطوير مضخات للخرسانة تضخ بضغط يبلغ ١٩٠ باراً عبر ٣ أنابيب فولاذية إلى علو ٦٠٠ متر، وقد تم وضع المضخات عالية الأداء على بعد ٧٠ متراً من موقع البرج، وتم استخدام وتصميم نظام بارع من الأنابيب والأعمدة في نقل الخرسانة من هذه المضخات القريبة من موقع الإنشاء إلى البرج نفسه، وقد تم دفع الخرسانة إلى الطوابق العالية على دفعات، وفي كل مرة يتم ضخ الخرسانة من خلال هذه الأنابيب يتم قياس سمكها بواسطة أجهزة قياس بترددات فوق سمعية لتفادي أي عطل أو أي تقليل في سمكها الداخلي لأن سمك الجدران الداخلية لهذه الأنابيب كانت تنقل بعد كل مرة يتم فيها صب الخرسانة، ولقد تم تسجيل هذا النظام في تثبيت الأنابيب كبراءة اختراع والتي تنقل الخرسانة إلى الأدوار العليا والتي بدورها تجلبها من أنابيب النقل المتحركة، وقد تم استخدام أحدث الرافعات التي جلبت من أنحاء العالم في رفع الأعمدة والتسليحات إلى أعلى ذلك البرج العملاق.

أما عن الأساسات فهي أساسات خاصة وقد احتاجت إلى دراسة مستفيضة ومعقدة للتربة جيولوجيا وهيدرولوجيا، وفيها تم تدعيم التربة وتثبيتها بحقنها بالملاط الإسمنتي والحصى وتدعيمها جانبياً، وقد كانت خليطاً من الأوتاد والحصائر والركائز والأساسات المنفردة بهيئات مختلفة وعلى مناسيب تأسيس مختلفة، حيث شُيّد ٢٠٠ عمود خرساني على عمق ٥٠٠ متر في عمق الأرض، وقد شكلت هذه القاعدة أساسات هذا البرج العملاق. (٨)

10- أعلى تطور في فنون و تكنولوجيا المباني البرجية (برج دبي الدوّار):



شكل (7) صورة توضح كيفية عمل وتشكيل ودوران البرج الدوّار المترقب بناؤه وافتتاحه بدبي. المصدر (٨)

لقد ظهر حديثاً العديد من أنواع العمائر التي اعتمدت في تكوينها ووجهاتها الفكرية على استغلال أعلى تقنيات العصر، فمنها التي تجعل ناطحات السحاب والمباني الشاهقة تدور حول نفسها أو بأن يتحرك كل طابق من البناء في اتجاه بحيث يري مستعملين الحيزات الداخلية كل وقت مشهد لمحيط مختلف، وكذلك يتغير تشكيل واجهات المبنى بالكامل، وقد أُطلق على تلك العمارة بالعمارة الديناميكية أو الدوّارة، والتي تم ذكرها فيما قبل في تقنية دوران المطعم الموجود في أعلى برج القاهرة والمبني في خمسينات القرن الماضي والذي قد سبقه فيها تقنية دوران قبة قصر البارون بمصر الجديدة بأكثر من خمسين عام.

ومن أمثلة هذه العمارة حديثاً ذات البعد الرابع ألا وهو الزمن "برج دبي

الدوّار"، (شكل ٧)، والذي لم يتم اكتمال بنائه حتى الآن، والذي سيعتبر أول الأبراج الدوّارة في العالم، وهو للمعماري

الإيطالي ديفيد فيشر، ففكرة البرج الديناميكي المتحرك توفر إمكانات تصميمية بلا حدود حيث يمكن ان يدور كل طابق بصورة منفصلة عن باقي المبنى وبزاوية ٣٦٠ درجة وبسرعات مختلفة لخلق مبنى يغير شكله باستمرار ، وما ينتج عن ذلك من تصميم معماري فريد ومتغير، ومن المقرر ان يصل ارتفاع البرج الى ٤٢٠ مترا فوق سطح البحر، وسيشتمل على ٨٠ طابقا فيما سيبلغ ارتفاع برج موسكو المتحرك ٤٠٠ متر ويحتوي على ٧٠ طابقا يدور كل منها بشكل منفصل حول المحور الرئيسي للبرج ، وسيكون هذا البرج أول ناطحات سحب تبني من مواد سابقة التجهيز سيتم صنعها بمقاساتها وبدقة بالغة في مصنع خاص، بما سيسهم في خفض النفقات بنسبة تصل الى ٢٠ % مقارنة بالأبراج العادية، وأوضح أن طريقته التصميمية تتطلب عددا اقل بكثير من العمالة في موقع الإنشاء مع وجود ٦٠٠ عامل في خط الإنتاج بالمصنع و٨٠ فنيا في موقع التشييد مقارنة بالحاجة الى وجود ٢٠٠٠ عامل لبناء برج اعتيادي من الحجم نفسه، وكما أن بناء طابق واحد بالكامل في هذا البرج الديناميكي سابق التجهيز والتصنيع سيستغرق سبعة ايام فقط مقارنة بسبعة أسابيع في بناء الأبراج الاعتيادية، كما انه سيكون برج صديق للبيئة لانه مصمم بتزويد نفسه بالطاقة مع القدرة على توليد الطاقة الكهربائية من الخلايا الشمسية المثبتة به، والذي سيتيح مد بعض المباني المجاوره له بالطاقة ، وهذا لانه سيتم تركيب مولدات كهرباء من الرياح افقيا بين كل طابق وآخر، بما يخلق محطات خضراء صديقة للبيئة لتوليد الطاقة النظيفة من الرياح ، ومن خلال مزج الحركة مع الطاقة الخضراء والتشييد الفعال اقتصاديا ستغير الأبراج وناطحات السحاب الديناميكية الدوّارة من مفهوم العمارة عن التي نعرفها الآن.

11- التوقعات المستقبلية للمباني البرجية و ناطحات السحاب :

بالنسبة لتصوير ما قد تصل إليه ناطحات السحاب أو المباني البرجية في المرحلة القادمة، فقد انقسم العلماء إلى قسمين، الأول يرى أنّ البناء سيتميز بالتقنيات المذهلة ليصل إلى ارتفاع الميل فوق سطح البحر (١٦٠٩ متر - ٥٢٨٠ قدم)، مع العلم أنه إذا ارتفع بناء ناطحات السحاب إلى أكثر من ٤٠٠٠ متر فسوف يلزم على سكان الطوابق العالية جدا تدبير الأكسجين لأنفسهم ، والقسم الآخر يرى أن الإنسان بحاجة إلى تطوير مواد أكثر قوّة وأكثر خفة وبالإضافة إلى مساعد أسرع وآلات مضعفة لتأرجح المباني قبل أنّ تصبح هذه المباني هشّة وضعيفة وهو ما يحدث في الأبحاث الخاصة بتكنولوجيا النانو المنوطة بتطوير خواص المواد ، ولكنه نظريًا لا يجد المهندسين أي حاجز في وجه أحلامهم وتطلعهم للأعلى ، كون أنّ التطور التقني المستقبلي قد يقود إلى مدن ممتلئة بناطحات السحاب لها نفس أسلوب الإنشاء العالمي ونفس مواد الإنشاء العالمية الموحدة كما يقول بعض الخبراء، بالإضافة إلى ظهور فكرة إسكان مليون شخص أو أكثر في بناء واحد أمر وارد الحدوث. (٩)

12- جدول التحليل المقارن (١) الذي يوضح دور اختلاف مواد الإنشاء و اختلاف تكنولوجيا العصر في تطوير بناء المباني البرجية من خلال بعض المعايير المختاره للمقارنه بها بين الأبراج المنتخبة:

١-١٢ تحليل المقارنة التحليلية بين الأبراج المنتخبة للدراسة والمقارنة :

مراحل التطور معايير التأثير	البرج (١)	البرج (٢)	البرج (٣)	البرج (٤)	البرج (٥)
					
م	أبراج تقليدية	برج بتكنولوجيا متقدمة او مركبة	برج متطورة بتكنولوجيا عالية	ناطحة سحب بتكنولوجيا بها طفرة معمارية و انشائية	ناطحة سحب لعمارة فائقة التكنولوجيا ، ومثال للمباني ذات البعد الرابع
١	✓	✓	✓	✓	✓
٢	✓	✓	✓	✓	✓
٣	✓	✓	✓	✓	✓
٤	✓	✓	✓	✓	✓
٥	✓	✓	✓	✓	✓
٦	✓	✓	✓	✓	✓
٧	✓	✓	✓	✓	✓
٨	✓	✓	✓	✓	✓
٩	✓	✓	✓	✓	✓
١٠	✓	✓			
١١	✓	✓		✓	
١٢					✓
١٣					✓

أولاً: تم اختيار الأبراج قيد الدراسة في هذه المقارنه التحليلية لعدة أسباب من أهمها :

- أن كل برج من تلك الأبراج يوضح ويعبر عن تقنيه عصره.
- أن كل برج تم اختياره للمقارنه يعبر عن التوجهات الفكرية الي أدت إلى إنشاؤه ، و إلى بعض الاحتياجات الخاصه بالعصر التي أدت إلى بناء ذلك المبنى المرتفع .
- استخدام المواد المحلية في الإنشاء بالنسبة للأبراج التقليدية.
- تعتبر الأبراج التقليدية المنتخبة معبرة عن الهوية المعمارية لمكانها وزمانها.
- تعتبر الأبراج وناطحات السحاب الحديثه المنتخبة مثال على تحول العالم إلى الهوية العالمية في الإنشاء والعولمة.

ثانيا : يوضح الجدول (٢) التالي التحليل للمقارنة بين المباني المنتخبة في العصور المتتابعة و حتى المستقبلية :

م البيان	البرج المنتخب رقم (١)	البرج المنتخب رقم (٢)	البرج المنتخب رقم (٣)	البرج المنتخب رقم (٤)	البرج المنتخب رقم (٥)
التعريف بالبرج	الأبراج الطينية باليمن والمبنية بالتقنيات البدائية التقليدية وهي موجودة حتى الآن.	برج بيزا المائل، والمبنى بالكامل من الرخام الأبيض وهو موجود حتى الآن بروما والذي استمر ببناءه ١٧٤ عاما.	برج الأمباير ستيت، ويقع بمدينة نيويورك بالولايات المتحدة الأمريكية.	برج خليفة وهو أطول و احدث ناطحة سحاب في العالم حتى الآن.	برج دبي الدوّار أول الأبراج الدوّارة في العالم.
الموقع	شبابم - اليمن - شبه الجزيرة العربية	إيطاليا - أوروبا	الولايات المتحدة الأمريكية - أمريكا الشمالية	دبي - الامارات المتحدة - شبه الجزيرة العربية	دبي - الامارات المتحدة - شبه الجزيرة العربية
عصر وتاريخ الإنشاء	حوالي سنة ١٤٠٠م	١١٧٥م	١٩٣١م	٢٠١٠م	لم يتم افتتاحه بعد ، ويعتبر من التصورات المستقبلية والطفرات في إنشاء المباني البرجية.
ارتفاع البرج	٢٣-٢٤ مترا	٨ أدوار بارتفاع ٥٦،٢ مترا	ويتكون البرج من ١٠٢ طابق، بارتفاع ٣٨١ مترا	ارتفاعه ٨٢٨ مترا	420 مترا ، ٨٠ طابق متحرك
مادة الإنشاء المستخدمه	الطين و جزوع النخيل	الرخام الأبيض	الفولاذ	الفولاذ و الخرسانة المسلحة	مواد الإنشاء الحديثة المستخدمة في أسلوب الصب والتجهيز والفولاذ والخرسانة.
الغرض من الإنشاء	سكني مبنى سكني للعائلات بالكامل	ديني برج جرس تابع للكاتدرائية بمدينة بيزا	سكني - فندقي - اداري - ترفيهي	سكني - فندقي - اداري - تجاري	سكني - ترفيهي
دور تكنولوجيا العصر في إنشاء البرج	استخدمت أبسط التقنيات البدائية المعروفة فوحدات بنائها من الطين النيئ	هو برج مبني بالكامل من الرخام الأبيض وهو نوع من أنواع الحجر صعب التشكيل	يعتبر من أهم ناطحات السحاب العالمية وأعلىها في الولايات المتحدة بعد انهيار	يدل على التطور المذهل والطفرة في تقنيات إنشاء المباني البرجية ، وتعتبر أطول	يعتبر ثورة في عالم البناء حتى في تقنية الإنشاء حيث يتكون الدور من عدة مقاطع

سابقة التصنع بأدق تفاصيلها حتى الديكورات والتوصيلات الكهربائية ثم يتم رفعها وتثبيتها لتكون الدور بالكامل وهذا كله بتقنية جودتها عالية في التحكم والتصنيع، كما أنه سيتم استخدام بعض التقنيات في انشائه وتشغيله بحيث يكون المبنى صديق للبيئة وليجعله جزءاً من البيئة ومن المباني المستدامة.	واحدث ناطحة سحاب حتى الآن، واستخدمت في بنائها أعلى تقنيات البناء في العصر الحديث حتى وصل الأمر إلى أن بعض تلك التقنيات التي استخدمت في انشائه سجات كبراءة اختراع.	برجي التجارة العالمي ، ويعتبر من أهم المباني البرجية التي ظهرت في النصف الأول من القرن العشرين نتيجة للطفرة التي حدثت في استخدام الفولاذ واستخدام تقنيات الإنشاء المتطورة.	والاستعداد، وقد استخدم الرخام لديمومته ولقوة تحمله للضغط وللعوامل الجوية، ويعتبر مثال لتطور تقنية بناء الابنية البرجية من حيث مادة الإنشاء ومن حيث التقنية المستخدمة في تشكيل الرخام وتصميم وبناء البرج.	مجففة تحت اشعة الشمس وأساساتها من الحصى وجوزع الاشجار والنخيل والطين ، كما استخدمت القوة العضلية للإنسان والحيوان في تشكيل وحدة البناء وفي إنشاء المبنى بالكامل.
---	---	--	--	--

١٢-٢ نتائج المقارنة التحليلية:

1. كانت التقنية هي المحرك الأساسي لتطور طرق إنشاء كل مبنى برجي وتغير تشكيله.
2. لكل زمان و مكان تقنياته الخاصة به ، ولقد تطورت المباني البرجية حسب التقنيات المتاحة في عصرها وحسب التوجهات الفكرية السادة في عصره أيضا.
3. يعتبر الطين والأحجار من مواد البناء التقليدية البدائية ولكنها مواد صديقة للبيئة لا تحتاج لمعالجات متطورة للتوفير في الطاقة أو للحد من استهلاكها لا في عملية إنشاء المبنى البرجي ولا في تشغيله.
4. المبنى الذكي من الصعب أن يكون صديقاً للبيئة.
5. إن المصمم المعماري الناجح هو من ألم بكل تكنولوجيا عصره و امتلك القدرة على تحقيقها أو تطبيقها.

نتائج البحث :

1. حديثاً أصبحت المنافسة بين دول العالم في البناء هي إثبات واختراع تقنيات أحدث في بناء ناطحات السحاب الأطول.
2. أثبتت البحث أن للتقنية أو التكنولوجيا الأساس السبق لكل تقدم و تطور في كل ميادين الإنتاج وخاصة الصناعي، ومنه المعماري و الأنشائي.
3. الارتفاع في البناء التقليدي لا يعني ابتكار تقنيات تقليدية للتعامل مع هذا الارتفاع، و التي كان منها المزلاج والمسلمف وهو ممر في الأدوار العليا يربط الأبراج ببعضها البعض.
4. إكتشاف الطاقة في عصر الثورة الصناعية وما بعدها أدى إلى إمكانية تشكيل الفولاذ كمادة بناء ، وكذلك اعادة اكتشاف الخرسانه مع استخدام الحديد في البناء فتح المجال لخيال المعماريين لتشكيلات هندسية غير مسبوقه ، وكما كان له أكبر

الأثر في تطور البناء والارتفاع به لإنشاء ناطحات سحاب حديثة والوصول إلى ارتفاعات لم يسبق لها مثيل في التاريخ الإنساني.

5. ابتكار تقنيات جديدة لضخ الخرسانة في الناطحات الشاهقة قد يفتح المجال لبناء أعلى من ارتفاع الميل.
6. التقنية ليس لها حدود أو نهاية مادامت الحاجة إليها و توافرت آلياته " الفكر و الخامة و الطاقة " و يتطابق معها المثل السائد : الحاجة أم الاختراع أو التقنية".
7. انعكس اكتشاف وظهور المصعد الكهربائي وتطور تكنولوجيا تشغيله على التطلع لزيادة ارتفاع المباني البرجية ، ومع اختراع وتطوير المادة وخصائصها بتكنولوجيا النانو ما قد يؤدي ذلك إلى عمل كابلات ومساعد قد تسبق سرعة الصوت والضوء مما سيؤدي إلى بناء مباني مرتفعه إلى حد الفضاء ، والذي قد يربط المحطات الفضائية بالأرض بالمستقبل عن طريق تلك المساعد فانقة التطور مثل "مصعد الفضاء".
8. يحتاج المبنى البرجي المتعدد الوظائف والاستخدامات إلى الكفاءة العلمية القادرة على إدارة شؤونه لتقديم خدمة مميزة نابعة من التطور التكنولوجي و ثورة المعلومات.
9. إن المبنى البرجي حديثاً أو ما يسمى بناطحات السحاب أصبح منتج دولي عالمي لم يفرق مصمموه بين بيئة جغرافية وأخرى لذلك يحتاج إلى مراجعة في استخدام تقنيات البناء والتشييد وكذلك مواد البناء التي تناسب كل بيئة منها للحفاظ على هويتها المعمارية.

التوصيات:

في ضوء ما تشهده مصر من ثورة ونهضة معمارية وعمرانية هائلة ، وتطور مذهل في عالم الإنشاءات والعمارة والتي نستهل بها قرن جديد من الزمان ، ولنواكب بها أعلى التقنيات العالمية ، وبالعاصمة الجديدة مليئة بناطحات السحاب ذات التصميم المعماري الأحدث ، وبالتوسع في بناء مدن جديدة التي يمكن تصنيفها بأنها من مدن الجيل الرابع التي يتم فيها استخدام أعلى التقنيات الإنشائية والالكترونية والمعلوماتية ، والتي فيها أيضا يتم بناء -لأول مرة على أرض مصر- أعلى ناطحات سحاب في أفريقيا وهو البرج الأيقوني بالعاصمة الإدارية الجديدة بارتفاع ٣٨٥ م ، وأعلى برج على الساحل الأفريقي بمدينة العلمين الجديدة بارتفاع ٢٠٠ م ، فإن البحث يوصي بالتالي:

1. ضرورة المداومة على دراسة أساليب تطوير تكنولوجيا المواد الإنشائية وحدثاتها لمحاولة التوصل لما هو أفضل وأكثر تطوراً في المستقبل لبناء ناطحات سحاب ذكية وصديقة للبيئة.
2. ضرورة دراسة و توثيق طرق البناء التقليدية التي هي أصل الهوية المعمارية المحلية والتي تكون المبنى التقليدي وتطور تقنيات تلك الطرق و الاساليب في إطار من الاستدامة و الهوية المعمارية المحلية.
3. تعتبر المشروعات المعمارية العملاقة هي الطفرة المعمارية المعاصرة ، وأنها نوع من الثقافات الفنية الواردة لبلادنا النامية ، و إن نشرها و التعرف عليها من خلال وسائل الإعلام المرئية و المسموعة و المقروءة أمر له أهميته.
4. أثبت البحث ما لدور التقنية في تطوير المباني البرجية ، ويوصي باتباع المنهج التحليلي لمكونات المبنى الأولية أو الرجوع إلى الفكر التصميمي لعناصرها الأساسية ، وهو منهج من شأنه أن يساعد على فهم أصل العناصر الأولية لتكوين المبنى عامة و دور التقنية في تطويرها إلى ما هي عليه الآن.
5. يجب أن تسن القوانين والتشريعات المعمارية والعمرانية على وجه الخصوص التي تخص إنشاء و بناء و تصميم ناطحات السحاب والمباني البرجية ذات الطفرة المعمارية الجديدة لكي تكون مباني مستدامة ، موفرة للطاقة وصديقة للبيئة.

6. إن المنتج المعماري (ناطحات السحاب) هو منتج فني تشكيلي ومنتج انشائي ذو تراكيب مختلفة يحتاج إلى الكفاءة والقدرة العلمية التي تحقق له الكفاءة والسلامة والأمان للمنشأ من جهة و للمحيط الإنساني من جهة أخرى.
7. يوصي البحث بالإتجاه نحو تكنولوجيا البناء المحوسبة والإلكترونية المستخدمة في تشكيل وإنشاء المباني البرجية الحديثة وخاصة التكنولوجيا الصديقة للبيئة و الموفرة للطاقة و المحققة لمبادئ الاستدامة.
8. يوصى البحث بدراسة مقومات مدن الجيل الرابع وعناصرها وإثبات او نفي كونها تحقق الاقتصاد ومبادئ العمارة المستدامة والخضراء والصديقة للبيئة.

المراجع:

- 1- <https://www.arrajol.com/content/62586/1> ناطحات السحاب، ٢٤-٢-٢٠٢٢، ١٢:٠٠.
- 2- [مبنى إمبراطور ستيت - ويكيبيديا \(wikipedia.org\)](https://www.wikipedia.org) ، مبنى الامباير ستيت، ٢١-٣-٢٠٢٢، ١١:٣٤.
- 3- <https://muegn.ru/ar/poznavatelnoe/legendarnyi-neboskreb-empair-steit-bilding-ego-istoriya-i.html> ، لماذا تم بناء الامباير ستيت، ٢٣-٣-٢٠٢٢، ١١:٣٥.
- 4- مجلة عمران، ٢٠٠٧م ، "ناطحات السحاب الطينية في حضر موت" ، العدد السابع عشر، المملكة العربية السعودية. 4- majalat eimran , 2007 m , "natihat alsahab min altiyn bihadramuta" aleadad 17 , almamlakat alearabiat alsaediati.
- 5- سيد محمدي عبد القادر ، لميس ، ٢٠١١م ، "دور التقنية في تطوير العناصر المعمارية التقليدية" ، جامعة الإسكندرية ، رسالة ماجستير مقدمة لكلية الفنون الجميلة ، الاسكندرية . 5- sayid muhamadi eabd alqadir , limis , 2011 m , "dawr altiknulujia fi tanmiat aleanasir almiemariat altaqlidiati" , jamieat al'iiskandariat , risalat majistir muqadimatan 'iilaa kuliyyat alfunun aljamilat , al'iiskandiria.
- 6- عباس حيدر ، فاروق ، ٢٠٠٦م ، "الموسوعة الحديثة في تكنولوجيا تشييد المباني" ، "أساسيات إنشاء المباني" ، منشأة المعارف ، الجزء الأول ، الطبعة التاسعة ، الإسكندرية. 6- eabaas haydar , faruq , 2006 m , "almusueat alhadithat litiknulujia tashyid almabani" , "asasiaat tashyid almabani" , munsha'at almaearif , aljuz' al'awal , altabeat altaasieat , al'iiskandiriati.
- 7- وزيري، يحيى ، ٢٠٠٣م، " التصميم المعماري الصديق للبيئة نحو عمارة خضراء " ، مكتبة مدبولي ، الطبعة الأولى ، القاهرة. 7- waziri , yahyaa , 2003 , "tasmim miemariun sadiq lilbiyyat nahw mabnaa 'akhdar" , maktabat madbuli , altabeat al'uwlaa , alqahiratu.
- 8- رأفت ، علي ، ٢٠٠٧م ، "الدورة البيئية – عمارة المستقبل ، ثلاثية الإبداع المعماري" ، دورات الإبداع الفكري ، الطبعة الأولى ، القاهرة . 8- eali rafat , 2007 m , "aldawrat albiyyat -" eimarat almustaqbal , thulathiat al'iibdae almiemarii " , dawrat al'iibdae alfikrii , altabeat al'uwlaa , alqahiratu.
- 9- محمد صفي الدين حامد ، ابريل ١٩٩٥ ، "العمارة اليمنية و البيئة" ، بحث منشور ، كلية الهندسة و التكنولوجيا ، جامعة حلوان ، العدد ٤. 9- muhamad safi aldiyn hamid , 'abril 1995 , "aleimarat walbiyyat alyamaniati" , bahath manshur , kuliyyat alhandasat waltiknulujia , jamieat hulwan , aleadad 4.
- 10- W.B.Mckay, 1970, Building Construction, Metric, Vol.1, United States of America, New York.
- 11- Pedro Guedes, 1979, The Macmillan Encyclopedia of Arch. & Tech. change, William Clowers & sons, London.

- 12- Miles Lewis, 13-18 August 2006, National Identity and Traditional Building, University of Melbourne, Oxford Round Table, United Kingdom.
- 13- Addington, M., ٢٠٠٧, smart materials and new technologies for the architecture and design professions, Elsevier, oxford.
- 14- Axel Ritter, ٢٠٠٥, smart materials in architecture, interior architecture and design, birkhauser publishers for architecture, Basel.
- 15- Design Ecologies: ٢٠١٠, Essays on the Nature of Design, published by Princeton Architectural Press, New York.
- 16- Jencks, Charles, 2001, Architecture Today, Academy Editions, London.