النظم الإنشائية الملائمة للأبنية العالية

The suitable structure system for high rise building

د. رياض عبد الرضا عباس – جامعة المثنى
م.م. احمد عبد العالي رشيد- الجامعة التكنلوجية

ملخص البحث:
ظهرت الأبنيه العاليه كنتيجه طبيعيه لتغير حاجات الأنسان ولتطور المجتمعات وتغير مفاهيمها وقيمها . وقد كانت المشكله التكنولوجيه المتمثله بأيجاد أساليب أنشائيه وخدمه كفوءة , تجعل من الوصول الى الارتفاعات الشاهقه شيئا ممكنا , من اهم المعضلات التي كان من الواجب التغلب عليها لتأمين منشأت عاليه تلبي الحاجات الضروريه للأنسان (كالعيش والعمل والترفيه ..... الخ) . وبوصول الابنيه الى المديات العاليه برزت قضيه مهمه اخرى تمثلت بكيفية ايجاد الحلول الملائمه لتكيف المجتمعات لهذا النوع من الانشاء وايجاد صورة حضريه وجماليه مقبوله تسهم ايجابيا في بناء الانسان وحل مشاكله وتساعد على احتواء السلبيات الناتجه . جاء هذا البحث ليشكل خطوة في التوجه نحو دراسه هذه الابنيه واعطاء فكرة عن تأثير التكنولوجيا على التطور التاريخي للأبنيه العاليه .فقد ركز هذا البحث على البحث عن اهم الاحمال المؤثرة والتي تتعرض لها المباني العاليه .وكذلك التعرف على النظم الانشائيه في الابنيه العاليه والمقارنة بينها واستعراض التجربة المحلية واستخلاص نتائج هذه التجارب ومقارنة هذه النظم وكذلك يتضمن البحث مثال لاحدى الابنيه العاليه العالميه .

1- مقدمة :

شهد منتصف القرن التاسع عشر الى بدايات القرن العشرين انجازات وابتكارات مهمه ثوريه غيرت من دور وتأثير الابنيه العاليه . ويعتبر استخدام المصعد والهيكل الانشائي في الابنيه العاليه من اهم هذه الانجازات على الاطلاق (بقدر تعلق الامر بالابنيه العاليه) واللذان شكلا مع صفة الارتفاع المتميزالعناصر الثلاثة المعرفه للمبنى العالي كما إن الطاقة الكهربائية هي من الابتكارات المهمه الاخرى التي ساعدت على قيام ناطحات السحاب .كان أعلى ارتفاع منطقي يمكن ان تصله الابنيه قبل ظهور المصاعد هو (5-6) طوابق , ولم يكن السبب انشائيا بقدر ماكان يتعلق بالاجهاد الفيزياوي والوقت المهدور للأنتقال الى الاعلى بواسطه السلالم والذي قلل من الكفاءة الاقتصاديه للطوابق العليا . ويعتبر ابتكار (هنري ترومان) للمصعد ذي منصه الشحن في عام 1850 وابتكار (ايليشيا اوتيس) للمصعد الهيدروليكي في عام 1854 اول مرحله مهمه في تاريخ المصاعد ساعدت في زيادة ارتفاع الابنيه وزيادة القيمه الاقتصاديه للطوابق العليا . كما كان المصعد ذا قيمه دعائيه في بدايه ظهوره حيث اصبح وسيله اعلان مهمه في الفنادق في ستينيات القرن الماضي .(المصدر1) لقد ساعد ابتكار المصعد ووجود الدافع الاقتصادي للأرتفاع على التمهيد لابتكارات انشائيه اخرى تمخضت بظهور الفولاذ (steel) وتبني النظم الهيكليه في الابنيه العاليه وهو مايعتبر من اكبر الثورات في نظم الانشاء .ولقد شيدت الابنيه العاليه الاولى وفق نظام الجدران الحامله والتي تسببت باشغال مساحه كبيرة من الطابق الارضي وصلت الى (25%) ففي مبنى (مونادنوك) الذي ارتفع لسته عشر طابق وصل سمك الجدران الحامله الى (200 سم) . وقد ساعد ظهور الفولاذ على جعل النظام الهيكلي نظاما انشائيا اقتصاديا وكفوءا .واصبح الوصول الى مديات اعلى شيئا ممكنا من الناحيه النظريه . وقد استخدم المهندس (ويليم جيني) النظام الهيكلي في مبنى الضمان المنزلي (home life insurance) في عام 1885 , وبمساعدة اعتاب من الفولاذ(المصدر3) . وحتى هذه الفترة كانت مادة الحديد المطروق والمصبوب هي المادة الاساسيه في الانشاء (اضافه الى الحجر والطابوق) . وقبل اكتمال مبنى الضمان المنزلي بعام واحد استخدم (جورج بوست) نظام الانشاء القفصي (cage construction) في مبنى (produce exchange) . ان الفرق الرئيسي بين النظامين الهيكلي والقفصي هو الهيكل المعدني في النظام القفصي يحمل الارضيات فقط فيما تحمل الجدران نفسها , اما في الهيكلي فان الجدران تجلس على الهيكل المعدني طابقا بعد طابق . تمتاز الابنيه العاليه بحاجتها الى نظم ومعالجات انشائيه خاصه تختلف عن سواها من الابنيه الاوطأ ارتفاعا , اما بالنسبة الى التجربة المحلية فان اهم مايميزها هو محدودية ارتفاعهاحيث يبلغ اعلى ارتفاع (20) طابق . ويعود جزء مهم من السبب الى نوع التربه في مدنية بغداد والتي تتطلب حلولا خاصه ومعقدة احيانا لأسس المباني العاليه مما يجعل هذه الابنيه مكلفه اقتصاديا اذا ما قورنت بكفاءة تربه نيويورك الصخريه والتي كانت عاملا مساعدا مهما في انجاح هذا النوع من الابنيه . لقد ادت محدودية ارتفاع الابنيه العاليه المحليه الى اقتصاد نظمها الانشائيه عموما على النظام الهيكلي والذي يكون ناجحا وكفوءا اقتصاديا وانشائيا ضمن هذا المدى . ولم يظهر تميزا واضحا في النظم والاساليب الانشائيه المتبعه مقارنة مع تجارب الدول الاخرى , الا ان التميز المحلي تمثل بتبني اساليب ووسائل تنفيذيه ومعالجات انشائيه اختلفت عما هو متعارف عليه محليا كمتطلبات الاسس والركائز التي وصلت الى اعماق كبيرة وكانت تجربه جديدة في مبنى الدفتر دار .
اما نظم الخدمات في الابنيه العاليه المحليه فقد بدأت بصورة بسيطه تمثلت بكيفية معالجة كل فضاء وغرفه على حدة في الخمسينات وتطورت العمليه لتصل الى امكانية استعمال نظم الخدمات المركزيه والذي اصبح الكادر المحلي قادرا على

القيام بـه في منتصف الستينات حيث بدأ تأثير مشاكل الارتفاع على هذه الخدمات وظهر عراقيون متمرسون بأمكانهم معالجة هذه المشاكل .

2- الأحمال وتأثيرها على النظم الانشائيه للابنيه العاليه :

يتعرض المبنى العالي كغيره من الابنيه الى العديد من الاحمال التي يتزايد تاثيرها بسبب حجمه الهائل , كالاحمال الميته والحيه , والاحمال التنفيذيه التي يتعرض لها المنشأ اثناء التشييد واحمال التربه والمياه الجوفيه واحمال الصدمات والانفجارات والمطر والجليد والتقلص والتمدد ..... الخ الا ان الزيادة المفرطه في ارتفاع المبنى تسبب ظهور احمال مهمة ومؤثرة تتمثل باحمال الزلازل والريح والاحمال الحراريه والتي تتطلب اعتبارات خاصه لمجابهتها (المصدر4).

2-1 احمال الزلازل :

يختلف تأثير هذه الاحمال على الابنيه العاليه وفقا للمنطقه وخصائصها الزلزاليه

يحوي التعجيل الحادث بالمبنى بسبب الزلزال على ثلاث مركبات اثنتان منها افقيه , اما الاخرى فتكون عموديه والتي عادة ما تنشيء حركه عموديه تعادل ثلثين الى ثلاثه ارباع الحركه الافقيه , الا انه غالبا مايتم اهمالها عند تصميم المبنى زلزاليا لوجود قوى الجاذبيه العموديه التي تقاومها , وتتعرض المنشأت النحيفه العاليه الى قوى اكبر بكثير مما في الابنيه الكتلويه العريضه مما يسبب اهتزازات شديدة وتشوهات اكبر . حيث تؤدي قوى الزلازل الى انحراف المبنى باشكال اهتزازيه معينه مع وجود توزيع معين للقوى لكل شكل(المصدر5) .

ومن المتطلبات العامة لمقاومة قوى الزلازل

- يجب ان تكون التربه قويه وان تكون الارضيات مستويه وغير مائله , ومن المفضل استخدام اسس متصله بدلا من الاسس المنفصله وفي حالة استخدام الركائز المنفردة فيجب ربطها تحت الارض برباطات بحيث ان كل رباط يكون قادرا على تحمل قوة انضغاط او شد تعادل (10%) من حمل قبعه الركيزة .
- يجب ان تكون عناصر مقاومه القص قادرة على مقاومة عزوم اللي (torsional moment) الناتجه عن الاختلاف الحاصل بين مركز الجساءة (center of rigidity) ومركز الكتل (center of masses) , والذي يجب ان لا يتجاوز (5%) من اقصى بعد للمبنى في اي مستوى .
- من المفضل ان تكون الابنيه الاعلى من (48م) ذات هيكل فضائي مقاوم للعزوم وقادرا على مقاومة (25%) على الاقل من القوة الزلزاليه المفترضه .
- من المفضل ان يكون ارتفاع المبنى اقل من اربعة اضعاف عرضه .
- من المفضل ان يكون الشكل العام للمبنى هندسيا (مثل المربع او الدائرة) مع جعل القاعدة عريضه وصلده لزياده مقاومتها لعزوم الانقلاب وتجنب الاشكال المعقده او ذات اشكال الاحرف مثل (E.T.H) .
- استخدام نظام انشائي بسيط وغير معقد .
- تكون الجدران القصيه الطوليه والعرضيه والنظام الصندوقي الكونكريتي جيدة لمقاومة عزوم اللي الناشئه .
- تجنب استعمال الفتحات الكبيرة بالمبنى وخاصه بالقاعدة .
- عدم استعمال البلاطه المستويه المسطحه (flat plate slab) لاحتمال حدوث قوى التثقيب .
- فصل المبنى بمفاصل زلزاليه في حالة كونه مؤلفا من اجزاء .
- يفضل ان لا تكون الاعتاب الكابوليه (cantilever beams) طوليه .

2-2 احمال الريح :

تظهر الحاجه الى ايجاد نظم ووسائل خاصه لمقاومة احمال الريح في الابنيه العاليه القديمه بسبب ثقل وزنها والحادث نتيجه للمواد الثقيله المستعمله في الانشاء . الا انه ومع التطور التقني الذي ادى الى استخدام مواد خفيفة الوزن بشكل كبير انخفضت كثافة المبنى الى نصف ما كان عليه تقريبا مما ادى الى نشوء تاثيرات مختلفه للريح , واصبح التكتيف الجانبي مهما جدا في الابنيه العاليه . كما في الجدول رقم (1)

جدول رقم (1) تأثيرات الريح على ألابنيه العالية (المصدر5)

التأثير	نتيجة التأثير	نسبة الحدوث
اجهادات بالمنشأ الاساسي	الفشل نتيجة لعدم الثبات	اقل من 0.001%في 100 سنة
قوى على القشرة الخارجيه	فشل جزئي بالتغليف والزجاج	اقل من 1 لكل 1000 لوح في فترة 10 سنوات
انحراف (deflection) المنشأ	اضرار بالأنهاءات المعماريه وبأداء المنشأت النحيفة	اقل من 1% في فترة 10 سنوات
تأرجح المبنى	تحسس الشاغلين به	اقل من مرة لكل 10 سنوات
التأثير على السابله	حاله غير مريحه للسابله	اقل من 10 مرات لكل سنة
	حاله خطرة على السابله	مرة او اقل لكل سنة

إن فعل الريح هو فعل ديناميكي يتأثر بعدة عوامل كالشكل , ومدى خشونه السطوح والملمس وحجم المبنى واسلوب ترتيب المجاورات . تظهر قوى الريح بشكلين احداهما ذات سرعه ثابته سائده وتكون مستمرة لفترات طويله وتسبب انحراف ثابت في المبنى العالي , والاخرى ذات سرع متغيرة ديناميكيه تنشئ ازاحه اضافيه ويصبح تأثيرها هو الاهم في الابنيه النحيفه ويجب ان لايكون ارتفاع المبنى اكبر من 7 اضعاف عرضه لضمان اداء جيد للمبنى بمواجهة قوى الريح وهذه النسبه هي نفسها المستخدمه في برجي مجمع التجارة العالمي (world trade center) (المصدر2) .
تتعرض الابنيه ذات الشكل الثماني او السداسي الى احمال ريح اقل بـ(20%) مما هو عليه بالابنيه المستطيله , اما الابنيه الدائريه او البيضويه فتقل عن المستطيله بـ (40%) .
عند تحرك كتله هوائيه باتجاه معين لتصطدم بسطح المبنى تنشأ قوة انقلاب هي نفسها ضغط او حمل الريح , وتتناسب هذه القوة طرديا مع سرعة الريح ومع مساحه سطح الاعاقه . ان ضغط الريح يكون اعظم ما يمكن عندما يكون عموديا على وجه المبنى اما في حاله كون الزاويه ليست 90 فأن قوة الريح تتجزا الى مركبتين عموديتين على وجهين من المبنى مما ينشيء انثناء (flexure) وازاحه مزدوجه وفي هذه الحاله تكون الازاحه اقل من تلك الحادثه عند اصطدام نفس الكتل الهوائيه بوجه واحد الا ان تعدد اتجاهات الاصطدام بسبب ظهور اجهادات لي وقص اضافيه لا تظهر في الحاله الأخرى كما في الشكل (1)

3-2 الاحمال الحراريه :

ان التغيرات والفروقات الحراريه الحداثة بالمنشأ العالي تسبب ظهور اجهادات داخليه كنتيجة لتمدد وتقلص وتغير حجوم عناصره مما يحدث تشوها بها .
وعادة مايتم إهمال التأثيرات الحرارية للابنيه الأقل من عشرة طوابق , وكذلك لتلك التي بين (10- 20) طابق عدا في حالات خاصه , فاللابنيه الاعلى من 15 طابق وباعمدة مكشوفه للجو تتاثر بالتغيرات الحراريه .كما في الشكل (2)
وبشكل عام يجب معالجه التأثيرات الحراريه للابنيه الاعلى من 30 طابق وذات طول (61 م) ومن هذه المعالجات ما يلي (المصدر6):

- استعمال جملون سطحي (roof truss) جاسيء يستطيع ازاله الفروقات في درجات الحرارة بتوفير تقييد انضغاطي للأعمدة الخارجيه التي في حاله تمدد وتقييد شدي للأعمده التي في حالة انضغاط
- استعمال قطع حراري بوضع الجملون في المستوى الوسطي المركزي للمبنى لتقليل الحركه الحراريه الكليه لخط الاعمده الخارجيه .
- ايجاد تقييد لكل ارضيه لزيادة جساءتها .
- ربط الاعمدة الخارجيه بالداخليه عبر الاعتاب وبواسطة وصلات جاسئة لمقاومة الحركه الحرة للاعمدة الخارجيه .
- استعمال طرق ميكانيكيه للتهويه ولتقليل الفروقات في درجات الحرارة وخاصه في الابنيه العاليه جدا

3-النظم الهيكلية الانشائية وتطبيقاتها:

3-1 نظم الجدران الحاملة (Bearing walls):

وهي من اولى الانظمه التي استخدمت في الابنيه العاليه , وقد ادت الى ظهور ابنيه عاليه كتلويه ثقيله محدودة الارتفاع وذات جدران سميكه جدا في الطوابق السفليه مما جعلها غير عمليه لشغلها مساحه كبيرة من الفضاءات في هذه الطوابق , الا انه ومع تطور مواد البناء واستخدام النظم الاحدث (كالالواح الكونكريتيه) اصبح هذا النظام اقتصاديا ضمن مديات الارتفاع المتوسطه وملائم بشكل خاص للابنيه السكنيه العاليه والفنادق . شكل (3)
تنتقل الاحمال العموديه عبر الارضيات التي تكون عادة ذات فضاء (span) 4.5 – 7 م ,
وبواسطة الجدران . ويعامل الجدار في مقاومته لهذه الاحمال كعمود ضيق ذو امتداد عريض , لذا فيجب ان يكون ذا ثبات (stability) ضد التحدب (Buckling) . ولتحسين ادائية الجدران فمن المفضل ان يتم نقل الاحمال العموديه باقصر مسار ممكن , وان يتم الاستفاده من هذه الاحمال لزياده متانه الجدران ولمقاومة احمال الريح الافقيه , كما يفضل وضع الفتحات على محور عمودي واحد لتجنب زيادة تاثيرات الاجهادات الحاصله شكل (4).
اما الاحمال الافقيه فيتم مقاومتها بواسطة الجدران القصيه . حيث تنتقل هذه الاحمال الى الجدران عبر الارضيات وتعمل الجدران الموازيه لاتجاه القوى الافقيه على مقاومة هذه القوى بجساءتها العاليه حيث تعمل كأعتاب عميقه تولد ردود فعل ضد القص والانثناء (Flexure) وتقاومها لمنع حدوث الانقلاب (Overturning),وتعتبر الجدران القصيه الكونكريتيه ذات الصب الموقعي هي المفضله بسبب قوتها القصيه العاليه حيث توفر ثباتا بسلوكها كوحدة قفصيه واحدة في حالة انحناء تحت تأثير الاحمال الافقيه(المصدر7) , اما الجدران المكونه من قطع كونكريتيه مسبقه الصب فتحدث بها مشاكل اثناء الزلازل بينما تعمل الجدران القصيه الفولاذيه كلوحة تملأ الفراغ بين الاعمده والاعتاب ومن الواجب تمتينها بقضبان فولاذيه لتجنب حدوث التحدب (Buckling) . اما الجدران القصيه المكونه من وحدات بنائيه , كالطابوق او الحجر , فيفضل تسليحها بالفولاذ لزيادة كفائتها .
وتوثر الفتحات الموجودة في الجدران القصيه على سلوكيه هذه الجدران , فكلما زاد حجم الفتحه كلما قلت متانه الجدران .

2-3 النظم الهيكليه الجاسئه (Rigid Frame Systems) :

يتكون الهيكل الجاسيء من اعمدة واعتاب ترتبط معا بوصلات جاسئه . وبسبب استمراريه الهيكل فأن تأثره واستجابته للاحمال يكون بشكل انثناء الاعتاب والاعمدة , وتقل سعة تحمل الهيكل الجاسيء بزيادة ارتفاع الطابق او بأزدياد المسافه بين الاعمدة , بينما تزداد متانته بزيادة حجم الاعتاب والاعمدة(المصدر8) .

يحدث الانحراف الجانبي (Lateral Deflection) في الهيكل الجاسيء بسبب عاملين :

- انحراف يحدث بسبب انحناء الاعمدة الكابوليه (Cantilever Bending) : اذ يعمل الهيكل كعتبه كابوليه لمقاومة عزوم الانقلاب تنحني بتأثير الاحمال لتنتج استطاله وتقصير بالاعمدة مما يسبب انحراف جانبي يعادل حوالي (20%) من الانحراف الكلي .
- انحراف يحدث بسبب انثناء الاعتاب والاعمدة : حيث تسبب القوى الافقيه المؤثرة على الاعمدة والقوة القصيه العموديه المؤثرة على الاعتاب عزوم انحناء في هذه العناصر تؤدي الى انحراف يعادل (80%) من الانحراف الكلي (65% بسبب الاعتاب و 15 % بسبب الاعمدة) .

3-3 النظم الجملونيه (Truss Systems) :

يتم في هذه النظم زيادة الكفاءة الانشائيه للمنشأ بأضافه جملونات الى النظام الانشائي الاصلي (والذي يكون هيكل جاسيء على الاغلب) شكل (5), ويمكن تمييز عدة انواع لهذه النظم :

- **3-3-1 نظم التكتيف الجملوني (Truss Bracing):**

حيث يتم ربط الاعمدة والاعتاب بعناصر مائله لتشكيل نظام متين واكثر كفاءة لا يحوي تشوهات انثنائيه , وقد يكون التكتيف داخليا او خارجيا وعادة ما يتم استخدامه حول المجمع العمودي (Core) (المصدر4) .

- **3-3-2 نظم الهياكل ذات الجملونات العموديه :**

ان دمج الهيكل مع جملونات قص عموديه يزيد من قوة ومتانه المنشأ , اذ يقوم الهيكل بمقاومة احمال الجاذبيه فيما يتولى الجملون العمودي مسألة مقاومة القوى الافقيه وبالأخص في الطوابق السفليه من المبنى حيث يظهر تأثير الريح بشكله الاعظم وحيث يكون انحناء الكابول في حده الادنى , ففي مبنى (Chicago City Center) تم تصميم الجزء العلوي من المبنى كهيكل جاسيء اما الجزء السفلي فكان هيكلا جملونيا (هيكل جاسيء + جملون قصي) فتم تقليل الانحراف الكلي الى نصف ما هو عليه فيما لو كان مكونا من الجملون فقط .شكل (6)

- **3-3-3 نظم الجملونات الحلقيه (Belt Truss) :**

تستعمل هذه النظم في الابنيه الفولاذيه الى حد ارتفاع (50) طابق , حيث يتم ربط الاعمدة الخارجيه بالمجمع العمودي بواسطه جملون حلقي مما يؤدي الى زيادة متانة المنشأ بـ (30%) مما لو كان مؤلفا من هيكل فقط والذي يكون غير كفوء في هذه الارتفاعات بسبب الانحناءات والاجهادات والانحرافات الاضافيه الحاصله بالمنشأ شكل (7)

- **3-3-4 نظم المنشأت الجملونيه ذات العتبه الجداريه :**

في هذه النظم تكون الاعتاب الجملونيه (الفولاذيه او الكونكريتيه) بارتفاع طابق كامل وبالاتجاه القصير للمبنى . وقد يتم استعمال اعتاب مكونه من جدران قصيه بدلا من الاعتاب الجملونيه واكثر الانواع شيوعا لهذه المنشأت هي :

- **3-3- 4- أ النظم الفضائيه الداخليه (Interspatial systems):**

وفي هذه النظم يتم وضع الجملونات بين طابق واخر ويتم اسناد بلاطات الارضيات بواسطة الحزمه او المجموعه (Chord) العلويه والسفليه للجملون , ويكون للفضاء الحر الناتج بين الجملونات فائدة للوظائف التي تحتاج الى مرونه تخطيطيه كما في الشكل (8)

- **3-3-4-ب نظم الجملونات المتبادلة(Staggered Truss Systems):**

وهي اكثر متانه من سابقتها حيث يتواجد الجملون في كل طابق وبشكل متبادل , وتجلس بلاطات الارضيات على الصف العلوي لاحد الجملونات(المصدر5) , وتعلق من الصف السفلي للجملون التالي الموجود بالطابق الذي فوقه , ويكون هذا النظام كفوءا جدا في مقاومة الاحمال العموديه والافقيه حيث يستعمل (40%) فولاذ اقل مما يستعمل في الهيكل المكتف الاعتادي اضافة الى انه يحتاج الى وصلات اقل موقعيا , وعادة ما يستخدم في الابنيه التي بارتفاع يصل الى (30) طابق كما في الشكل (9)

- **3-4 نظم مجمعات الحركه والخدمات العموديه (Core Systems) :**

يتم الاستفادة من المجمع العمودي كنظام جدران قصيه لتوفير ثبات جانبي للمنشات العاليه , وقد يكون المجمع العمودي مغلقا او مفتوحا من احد جوانبه او مدمج مع جدران قصيه اخرى كما انه قد يكون فولاذيا او كونكريتيا .

ويمكن اعتبار المجمع العمودي في سلوكيته الانشائيه كعتبه كابوليه ذات مقطع صندوقي ناتيء من الارض , وتعتمد استجابه المجمع العمودي للاحمال الجانبيه على شكله ودرجة تجانسه وجساءته وعلى اتجاه هذه الاحمال , ونتيجه لوجود الفتحات به كفتحات الابواب والشبابيك فأنه يعمل كمقطع مفتوح يتعرض للتشوه في الجزء العلوي عند التحميل غير

المتناظر والذي يسبب التواء (Twisting) مما ينشيء اجهادات لي قصيه في قمته مع انحناء جانبي اضافي وقص في قاعدته.شكل (10)

● **3-4-1 نظم المجمع العمودي والاعمدة :**
في هذه النظم تزداد الاحمال العموديه باستمرار من القمه الى الاسس , وتكون نسبة مشاركه الاعمدة الى المجمع العمودي في نقل الاحمال العموديه هي (5:4) وفي حالة استخدام هذه النظم في الابنيه العاليه جدا تظهر مشاكل المتانه الجانبيه المتعلقه بمقاومة الاحمال الافقيه كما في الشكل (11- أ).

● **3-4-2 النظم الكابوليه :**
يتم نقل الاحمال العموديه في هذه النظم بواسطة المجمع العمودي , ومن مساويء هذه النظم حاجتها الكبيرة الى فولاذ التسليح الا انها توفر فضاءات حرة خاليه من الاعمدة مقيدة تصميميا , وتحتاج هذه النظم الى تربه قويه ومتينه , ومن الافضل ربط الواجهات بعناصر شد لأجل توزيع افضل للاحمال شكل (11- ب).

● **3-4-3 لنظم المعلقه :**
تعتبر نظم التعليق بواسطة المجمع العمودي من اكثر اساليب التعليق شيوعا ففي هذه النظم يتم الاستفادة من المشدات لنقل الاحمال العموديه من الاسفل الى الاعلى ومن ثم من خلال الشبكه العلويه الى الاسس عبر المجمع العمودي , لذا فان مسار انتقال الاحمال العموديه يكون اطول والاحمال تكون اكبر مقارنة مع نظام المجمع العمودي والاعمدة , ويتطلب هذا النظام تربه ذات تحمل عالي واسس ضخمه ومجمع عمودي كونكريتي (اذ ان المجمع الفولاذي يكون غير اقتصادي) لمقاومة قوى الانضغاط العاليه ولمقاومة اجهادات الشد عن عزوم الانحناء شكل (11- ج).

● **3-4-4 النظم المدمجه :**
تتحمل الاعمدة احمال عموديه اقل في هذه النظم مما في نظم المجمع العمودي والاعمدة لأن جزء من هذه الاحمال سينتقل بالشد الى الشبكه العلويه والتي ستنقلها بالانضغاط الى المجمع العمودي . اما بالنسبه للاحمال الافقيه فان الاعمدة المحيطيه ستشارك في مقاومة عزوم الانحناء الحادثه بسبب القوى الافقيه مما يخفف العبء على المجمع العمودي . وتمتاز هذه النظم بكفائتها العاليه : وكما يلي : شكل (11- د)

● التشوه القصي للهيكل الجاسيء : يكون القص اقل ما يمكن في قمة المبنى لذا فان الهيكل يكون كفوءا في هذا الارتفاع اما في الاسفل فيكون اعظم مايمكن لذا فتعرض الهيكل لتشوه في هذا النطاق شكل (12).

● تشوه الانحناء للجدران القصيه : حيث يعمل النظام كتعبه كابوليه عموديه في سلوكية انحناء ويكون الانحراف اعلى مايمكن في قمة لمبنى حيث تساهم الجدران القصيه باقل متانه اما في قاعدة المبنى فتعمل هذه الجدران بكفاءة حيث القص العالي شكل (13).

● اما الانحراف الكلي الناتج فيكون بشكل حرف (S) . حيث يسحب الجدار القصي الى الخلف بواسطه الهيكل في الجزء العلوي من المبنى ويدفع الى الامام في الجزء السفلي للمبنى . اي يتحمل الهيكل القوى الافقيه في الجزء من المبنى , فيما تكتفل الجدران القصيه بمقاومتها في الجزء الاسفل من المبنى .

● 3-4-5 النظم الانبوبيه :

● وهي من اهم التطويرات التي ساهمت في وصول الابنيه العاليه الى ارتفاعات شاهقه , تمتاز بكفاءتها الانشائيه العاليه حيث تستخدم نصف كمية المواد الانشائيه المستعمله لكل متر مربع مقارنة مع النظم الهيكليه شكل (14) وشكل (15).
ويتكون الجدار الخارجي المحيطي في هذه النظم من اعمده ذات مسافات متقاربه جدا وجسور عميقه , وقد يتم زيادة متانة الجدار الخارجي باضافة عناصر مائله لتحدث فعل مشابه للجملون . وتكون جساءة الانبوبه العاليه واستجابتها للاحمال الجانبيه بشكل مشابه للكابول حيث يمكن تصور الجدران المحيطيه الخارجيه كعتبه صندوقيه مجوفه ناتئة من الارض تقاوم كل او معظم الاحمال الجانبيه ويمكن تمييز عدة نظم انبوبيه شكل (16).

4- مثال محلي (برج جامعة بغداد):

4-1 الوصف العام للجامعة والبرج :
جامعة بغداد هي أكبر جامعة في مدينة بغداد في العراق تم تمويلها من الحكومة المالكة في العراق في اواخرالخمسينيات . تقع قُرب نهر دجلة . قد صُممَت ابنيتها على يد والتر كروبيس " Walter Gropius " ، حيث بدأ بالخطة الرئيسية في الستينات لبناء الحرم الجامعي لكليات الهندسة والعلوم والفنون المعاصرة لما يكفي 6.800 من الطلاب شكل (18 – أ). لقد تم توسيع الحرم الجامعي في سنة 1982 لما يكفي 20.000 من الطلاب مع اضافة التسهيلات الاخرى . قد طور كل من المهندس المعماري هشام.ن. أشكوري " Hisham N. Ashkouri" و السيد روبرت اوين " Robert Owen " كل البرنامج المتعلق بالحرم الجامعي. ويعتبر برج جامعة بغداد من اهم الابنية العالية الادارية في بغداد (9).
و يمثل المركز الاداري لمجمع جامعة بغداد الذي يضم العديد من الكليات والمراكز والمعاهد ومنها :

الكليات / الهندسة، هندسة الخوارزمي، العلوم، العلوم للبنات،العلوم السياسية ، التربية الرياضية، التربية للبنات شكل(18-ب).
المعاهد / معهد الليزر والبلازما للدراسات العليا، المعهد العالي للتخطيط الحضري والاقليمي للدراسات العليا،معهد الهندسة الوراثية والتقنية الاحيائية للدراسات العليا ، المعهد العالي للدراسات المحاسبية والمالية
.المراكزالبحثية /مركز احياء التراث العلمي العربي، مركز الدراسات الدولية، مركز البحوث التربوية والنفسية،مركز بحوث السوق وحماية المستهلك، مركز وثائق بغداد.
المراكزالخدمية /مركز الحاسبة الالكترونية، مركز التطوير والتعليم المستمر، الامانة العامة للمكتبة المركزية،قسم النشاط الفني والثقافي وقسم النشاط الرياضي(9).

2-4 الهيكل الانشائي للبرج:
البرج يعتمد على مبدء الاعمدة والجسور ضمن امكانيات الماكنة الموقعية (صب موقعي) وبمادة الكونكريت مع ترك المادة بدون انهاء كما ان المصمم قام بتفريغ الطابقين الوسطيين للخدمات الخاصة بالبرج.

4- 3 ارتفاع البرج:
تبلغ عدد طوابق البرج حوالي 18 طابق ولقد قام المصمم برفع كتلة البرج عن الارض الطبيعية بحدود طابقين ليكون الارتفاع الكلي للبرج بحدود (60 م.) تقريبا شكل (18-ج)

4- 4 الناحية المعمارية للبرج:
يعتبر المبنى من الشواخص المهمة للجامعة ولمدينة بغداد على العموم حيث يتميز بصراحته الإنشائية والبر وتالية(ترك المادة بدون إنهاء), كما انه يمثل مؤشر مهم لثورة بنائية وتقنية كانت في تلك الفترة وتحول اساليب البناء من التقليدي الى الماكنة والاسلوب المنظم في العمل.
وبالنسبة الى المجمع جاء موقعه وسطيا لتحيط به مباني الجامعة وقد اكد المصمم على اهميته من خلال ترك ساحة محيطة بالبرج تناسب ارتفاعه لكي يتمكن الناضر من رؤية البرج عن قرب بدون تشويه بصري بسبب الارتفاع العالي.

5- مثال عالمي (اتحاد بنوك هونك كونك وشنغهاي) :
1-5 الوصف العام :
اتحاد بنوك هونك كونك وشنغهاي والذي يسمى حاليا بنك هونك كونك والذي احتفل رسميا بافتتاحه ببنايته الجديدة والتي كلفت اكثر من (500) مليون دولار في نيسان 1986 هذه البنايه التي قيل عنها الكثير وتعتبر من اكثر المنشاءات تقدما من حيث التكنولوجيا . هذه البنايه صممت من قبل نورمان فوستر ومكاتبه في لندن وهونك كونك (المصدر8). وقد تم اشغال البنايه عبر سلسله من المراحل المخطط لها سلفا حيث ان الجزء الاول من البنايه انجز في 30 تموز1985 .
وتضمن السرداب و12طابق من صالات البنك الرئيسة وقدافتتحت للعمل بالضبط وكمامخطط بعداربع سنوات من بدء العمل في الموقع ومنذ ذلك التاريخ واكثر من 3500 شخص سغلوا 47 طابق بارتفاع 180 مترا وهي طوابق البناية الرئيسة في قلب القطاع العملي Business District لمدينة هونكوك كما تحتوي البناية على اربعة طوابق سرداب اعطت البناية ارتفاعا كليا مقداره 200 متر شكل (19- أ).

2-5 النظام الانشائي :
ان من اكثر العناصر الانشائية في البناية هو الهيكل الانشائي الحديدي Steel Structure المعبر وباستخدام النظام الانشائي المشتق من طريقة انشاء الجسور (19- ب).لقد قسمت البناية الى خمسة انطقة عمودية كل نطاق مكون من مجموعات من الحديد المغلون الخفيف الوزن والارضيات الكونكريتية وبسطح مسقف من الجملونات الحديدية Steel Suspension trusses(المصدر6)
والتي لها عمق بقدر طابقين وهذه بدورها مسندة بواسطة سلسلتين متوازيتين مكونة من اربعة مساند حديدية مغلونة ومكيفة ضد قوى الرياح بواسطة تكتيف متقاطع جانبي ضمن كل واحد من هذه الانظمة وللتاكد من ان هذا النظام يقاوم حالات الضغط الافقي الشديد لعواصف التيفون التي تعتبر عنصر منظم في مناخ هونك كونك فان موديلات انفاق الهواء تم عملها بواسطة البروفسور Allan Davenport في جامعة اونتاريو الغربية ونتائجة قد تاثرت بالتقويم العام للخرائط الكونتورية للرياح في جزيرة هونكوك شكل (19- أ).

3-5 الهيكل الرئيسي :
اليواند تم بناءها باستخدام رافعات متداخله مع اجزاء حديديه شحنت من مصانع المملكه المتحدة التي بدأت في انتاجها في نيسان 1982 وتعتبر اكبر طلب من المواد من هذا النوع من برطانيا منذ جسر ميناء سدني وكانت اكثر من 34 الف طن .
بعد ان ثبتت المساند في مواقعها الجملونات المعلقه تم وضعها واحد بعد الاخر مع مساند مؤقتة في بعض الحالات لتعزز ثباته اكبر خلال الانشاء (المصدر6).

اول مرة الحديد يلحم في مكانه ومن ثم الحمايه ضد الحريق يتم وضعها بعد الجملونات الحديديه توضع الواح الارضيه حيث ستند بواسطة جسور ثانويه والتي وضعت في مكانها ثم تتبعها الوحدات القياسيه للخدمات شكل (20).

4-5 المنشأ الهيكل المعلق :

بناية هونك كونك تعتبر من اطول الامثله على الهيكل المعلق للابراج الاداريه في العالم . وبسبب الحضور القليل لمثل هذا النوع من الهيكل فقد كان من اساسيات العمل الاولى هو استخدام اكثر تكنيكات التصميم تقدما في مجال الكومبيوتر , والاستفادة من اي برامج اختبارات اجريت ولأي بنايه كانت . ترتفع البنايه 180 مترا مع اربعه طوابق في السرداب . وتحتوي 47 طابق وبحوالي 100 الف متر مربع مساحة بنائه وبخلاف الهياكل الشائعه لهذا الارتفاع والتي تعتمد على اعمدة منتظمه المسافات وبرج مركزي شكل (21).

ان نظام الهيكل الفريد اقترح من قبل مكتب فوستر ومعمارين و اوف اراب واعطى مخطط للطوابق مفتوح بصورة كامله وفي الطابق الارضي حيث الباحه العامه والتي تمر تحت البرج لا يقطعها سوى ثمانيه مساند التي تحمل وزن الهيكل الضخم بكامله وتنقله الى القاعدة وتنقل قوة الريح الى الاسس . كل مسند صنع مسبقا في المملكه المتحدة وشحن الى هونك كونك قطعه بقطعه لغرض تجميعه وقد تكون كل مسند من اربعة اعمدة ربطت مع بعضها البعض بواسطة (Hunched Beam) مستطيل وارتفاع الطابق 3.9 متر شكل (22) و(23).

ان هذه الروابط كان لها التأثير في تحويل المساندج الى Vertical Vierendeel اضافة الى انها تعطي تقويه وثبات للمبنى . ان سمك قطع الحديد المستخدم لهذه الاعمدة وبحجم امتدادها مختلف وبعكس الثقل المسلط على الهيكل في مستوياته العاليه في قاعدة المبنى كل عمود له قطر 1.4 متر وبسمك 100 ملم ولكن في اعلى البرج يقل القطر الى 80 متر وبسمك 25 ملم ان البمك يشكل مستطيلا في مخططه بحدود 70 * 54 مترا والذي قسم بواسطه صفين من اربعة مساند والذي كان له التأثير في تقسيم المبنى الى ثلاثة مسافات بموازاة شرق غرب وعموديا المنشأ يقسم الى تسعة مناطق بواسطه مناطق تعليق الطوابق والتي تكون مزدوجة الارتفاع وتستند بواسطة المساند بمقدار 33.6 متر مع جزء معلق مقداره 10.8 متر من كل جهه , كل ارضيه مصنوعه من الكونكريت المصبوب موقعيا ومدعم بواسطة نظام انشائي ثانوي من الحديد ومعلق من قبل احد الجملونات الثلاثه بواسطة حمالات حديديه دائريه والتي ربطت مع المنطقه المركزيه لكل جملون وبواسطة صفسن اخرين من نقاط التعليق تتصل بكل نقطه خارجيه شكل (24).

ان كل مسند ستكون من اربعه اعنده وبمسافه 7.2*8.0 وكل عمود من هذه الاربعه يستند على Shaft كونكريتي مسلح واحد والذي يمتد الى الاسفل مع قوة تحميل قصوى تصل الى 5000 كيلو نيوتن / متر المربع الاسس صممت لكي تتحمل زيادة في مساحة الارض تبلغ اخذا بنظر الاعتبار التغيرات المستقبليه في أنظمه البناء امكانية املاء الجزء الشرقي.

الشكل العام للمنشا المتطور (المساند) يمنح توزيع الاثقال الميته الطريقه الامثل في مقاومة التغيرات التي قد تحدث بسبب ضغط المياه الجوفية ولهذا السبب فان(Rock Anchored) تم وضعها لتقاوم اي قوى قلب في منشا السرداب شكل(25).

5-5 الهيكل الثانوي والسرداب :

تصميم البنك يحتوي على اعمق سرداب في جزيرة هونك كونك وهذا يعني الحفر الى الاسفل من خلال التربه الغير متماسكه (هذه التربه التي تميز اغلب اراضي هونك كونك) نزولا حتى نصل الى الصخور الصلبه ان حاله الموقع صعبه وبصورة واضحه وذلك بسبب ال sheet pilling المستعصيه والمتخلفه من اسس المنشاءات اليابقه في الموقع ومستوى المياه الجوفيه الذي يبلغ متر واحد وهذا الاخير تطلب وضع جدران حاجزة وحاميه حول الموقع كله وكل ساعه تتم ملاحظه منسوب المياه الجوفيه مع السحب اذا كان ضروريا من اجل المحافظه على ثباتيه الارض المجاورة اول شيء تم انجزه هذا والغرف الصلبه للسرداب لتاخذ الثقل من المساند الحديديه الى الطبقه الصخريه تم انشاءها بالطريقه التقليديه المتبعه في هونك كونك شكل (26).ارضيه انشائيه مؤقته تم تثبيتها في مستوى الارض الطبيعيه وهي تسمح بتوفير مداخل متصله للموقع وتوفرمساند جانبيه للجدران الحاجزة بينما اعمال الحفريات تجري تحتها , السراديب حفرت طابق طابق وبعمق كلي 16 م تحت مستوى الارض الطبيعيه , الهيكل الكونكريتي لكل مستوى من لمستويات الاربعه للسرداب يصب موقعيا بتسلسل يسمى top down method بينما وفي نفس الوقت تحت هذا المستوى shaft بمقدار 8 امتار تمر من خلال الطبقه الصخريه ليتصل بالنفق الخاص بضخ مياه البحر الى البنك شكل(27).

6-5 المساند :

المساند الانشائيه الرئيسيه والمصنوعه من الحديد انشئت فوق الحجر(الغرف الكونكريتيه). وتم تصنيع ستة رافعات انشائيه صنعت خصيصا للمشروع حيث تثبت على قمة المساند .وهذه بالاستناد الى مراحل العمل ترتفع مع المساند كلمازادت اعمال الحديد ولضمان بقاء هذه الرافعات الانشائيه الستة ضد قوى التيفون .

ان كل واحد منها جهز بثلاثة اطنان من الواح الحديد والفكره انه في حالات الرياح القوية هذه (sails) سوف يتم تثبيتها عند الاخبار التحذيرية الاولى ضد العواصف وخلالها وحيث ان جميع الاعمال الانشائية يتم ايقافها فان (sails) تضمن بان توجه جميع الرافعات الستة,توجه نهاياتها بتجاه واحد بدلا من ان تحطم بعضها الاخر بواسطة التارجح العشوائي.

كفاءة هذه الفكره تم اختبارها في حوادث جرت في الخريف بسبب التيفون .

هيكل البناية اختبر الاختبار الاصعب الذي قد يواجهه حتى قبل ان تنجز اعمال الحديد بكاملها.

1-, ومن هذا الشكل تتضح عدم كفاءة مبنى الامباير ستيت المكون من هيكل جاسيء مدمج مع جدران قصيه حيث ارتفع هذا المبنى الى ارتفاع (102 طابق) فيما تحدد كفاءة هذا النظام بمدى (40) طابق فقط , واستنادا الى ذلك فأن الهيكل الجاسيء المدمج مع الجدران القصيه لمبنى الامباير ستيت يكون غير مثاليا حيث يحقق هذا المبنى ذو الارتفاع (102) طابقا , احمالا اجماليه تعادل (206,4 كغم /م2) على عكس مبنى مركز جون هانكوك الذي يصل الى ارتفاع مقارب (99 طابق) حيث يحقق نظامه الانبوبي الجملوني احمالا اجماليه تعادل (145.3 كغم/م2) مما يضعه ضمن نطاق الحاله المثاليه

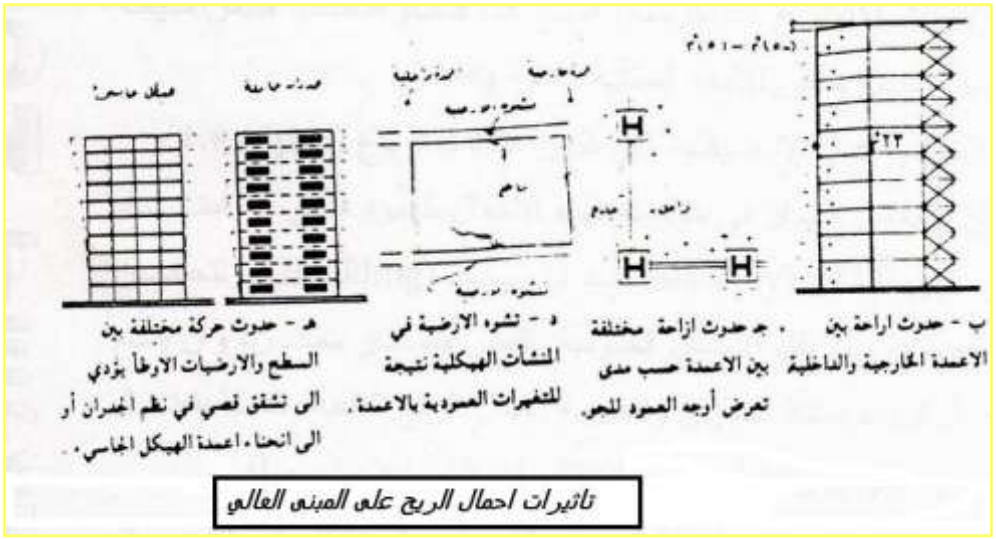
6- الاستنتاجات :

1- تختلف الابنيه العاليه في كفائتها تبعا لنوع النظام الانشائي المتبع ولنوع الانشاء (كونكريتي او فولاذي) . ومن الشكل (17) نستنتج بان المديات الكفؤة للابنية العالية الاكثر من 100 طابق هي الهياكل الجملونية المجوفة على وجه الخصوص التي من الممكن الوصول بها الى اكثر من 140 طابق وبالمقارنة مع الهياكل الكونكريتيه ذات الانبوبة المدمجة التي لاتتجاوز ارتفاعاتها ال90 طابق. بازدياد ارتفاع المبنى تزداد كمية المواد المطلوبه لمقاومة الاحمال الجانبيه ومنها احمال الريح وتحتاج الى مواد وتقنيات واشكال للابراج تلائم هذه الاحمال والتي تقلل او تحلل هذه القوى الى مركبات افقية وعمودية .

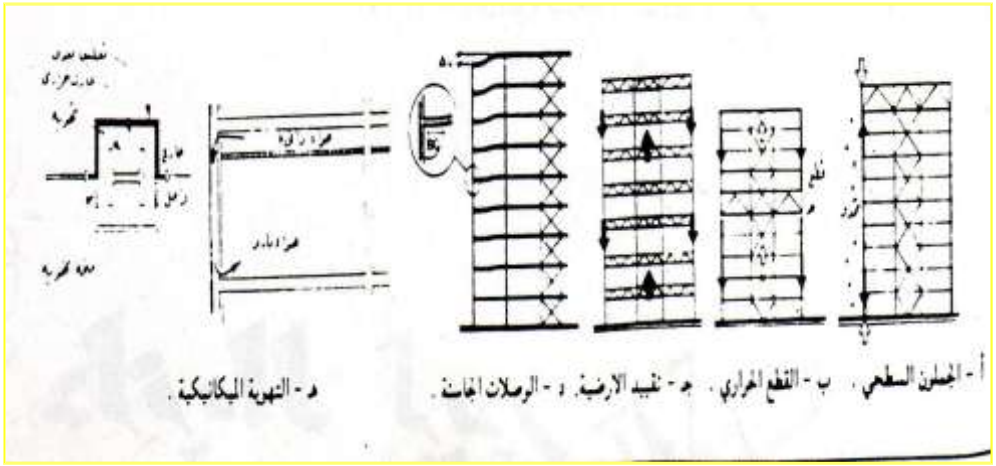
2- ان الحاله المثاليه والاكثر كفاءة في الابنية العالية التي تؤلف بها المواد المستخدمه لمقاومة الاحمال الجانبيه (33%) من الاحمال الاجماليه .

3-بالنسبة الى التجربة المحلية بحاجة الى تطوير والخوض اكثر في مجال التنفيذ للابنية العالية وترشح الابنية ذات الهياكل الفولاذية لسرعة العمل وخفة الهيكل الانشائي مقارنة بالهياكل الكونكريتية ولخفة اوزان هذه الهياكل وسرعة الانجاز بها مع الاخذ بنظر الاعتبار المياه الجوفية العالية في بغداد وقلة تحمل التربة فيها حيث تصل الى (7-8 طن/ م2) مقارنة بتحمل التربة في دهوك و اربيل التي تصل الى (10-12 طن / م2) (المصدر9).

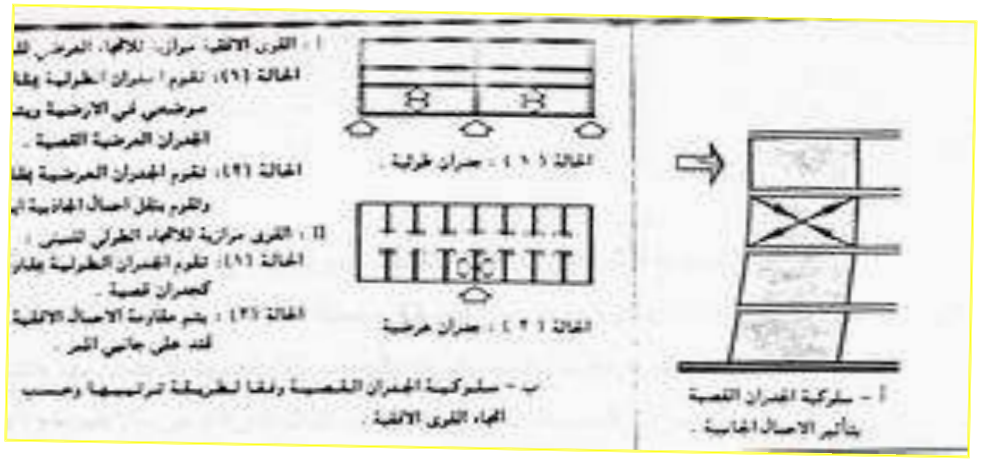
شكل رقم (1) تأثيرات احمال الريح على المبنى العالي (المصدر6)



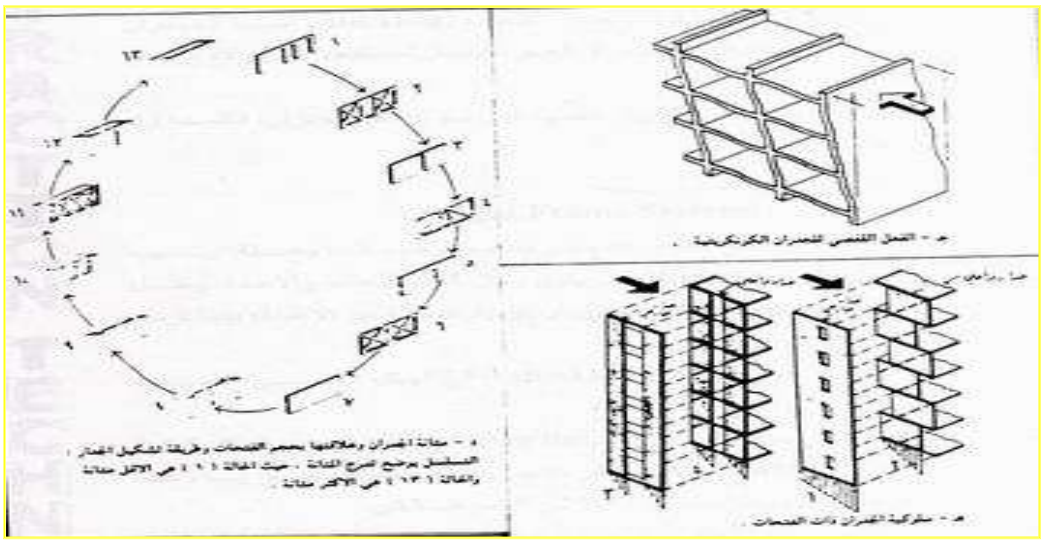
شكل رقم (2) الاحمال الحرارية التي يتعرض لها المبنى العالي (المصدر6)



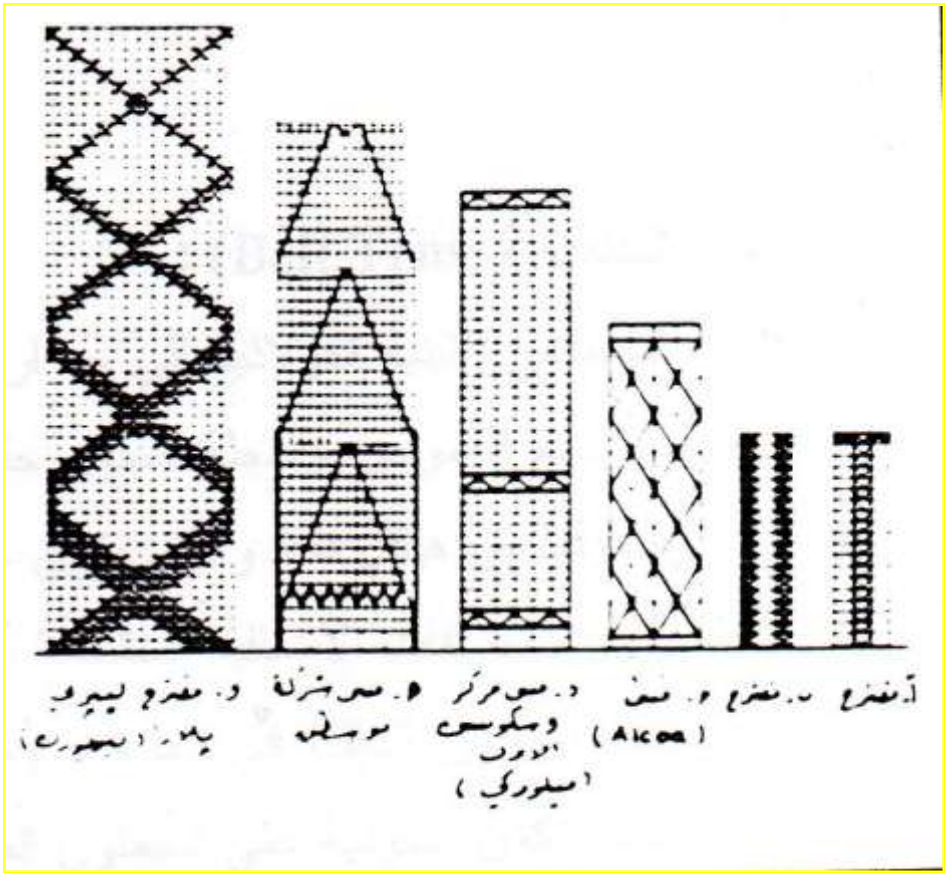
شكل رقم (3) أحمال الجدران في الابنية العالية(المصدر5)



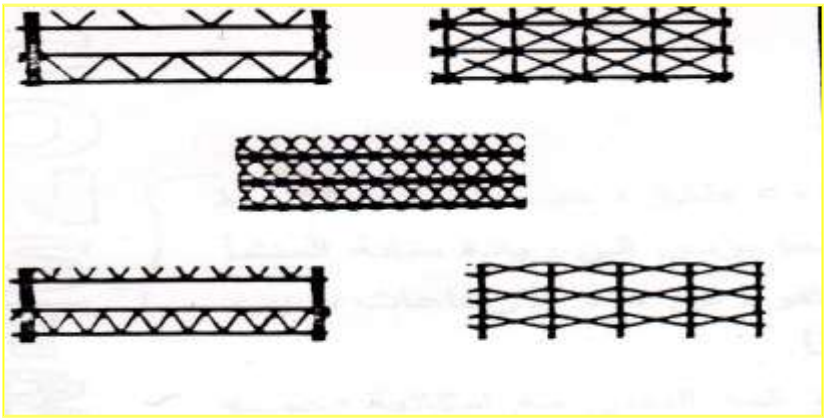
شكل (4) الفتحات وعلاقتها بنظم الجدران في الابنية العالية (المصدر7)



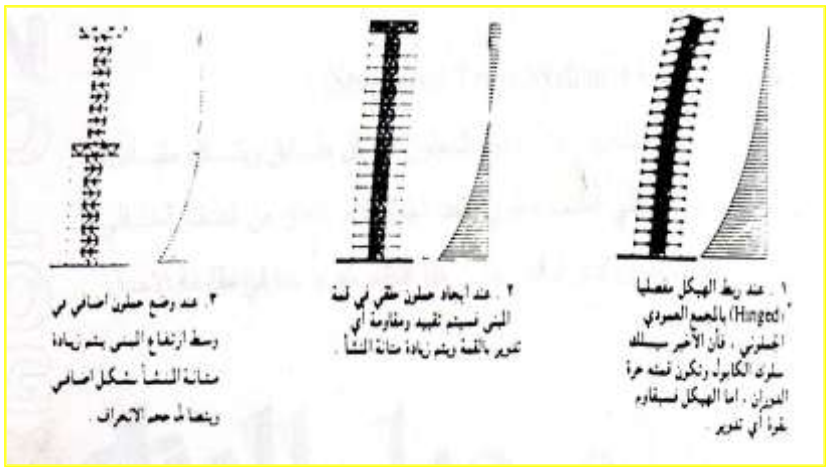
شكل (5) النظم الجملونية في الابنية العالية (المصدر4)



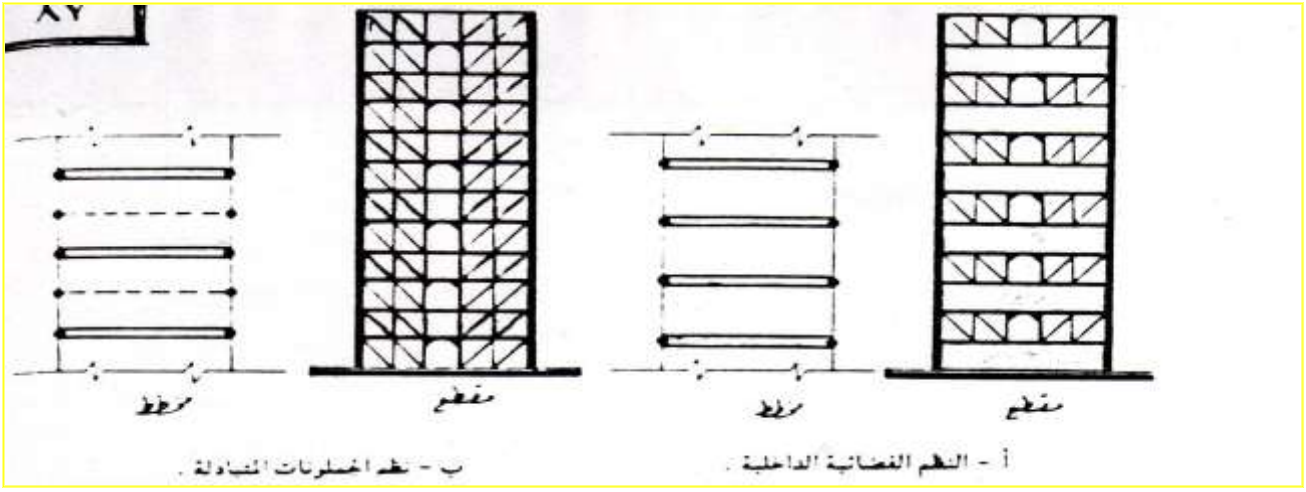
شكل (6) نظم الهياكل ذات الجملونات العمودية (المصدر3)

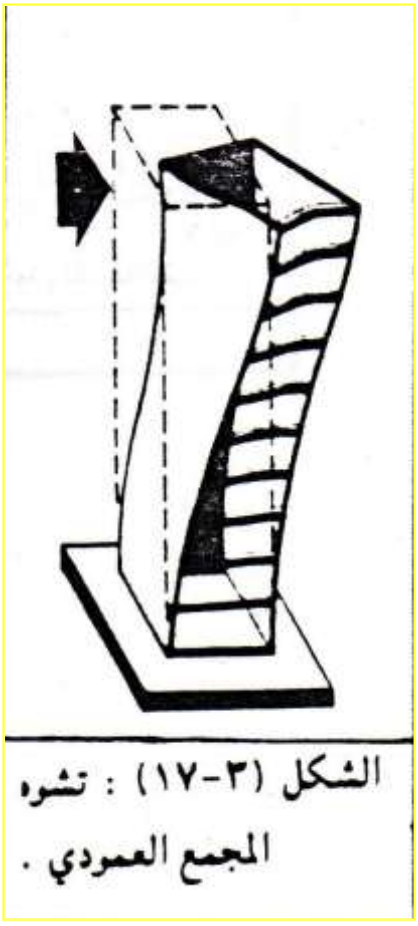


شكل (7) نظم الجملونات الحلقية (المصدر2)

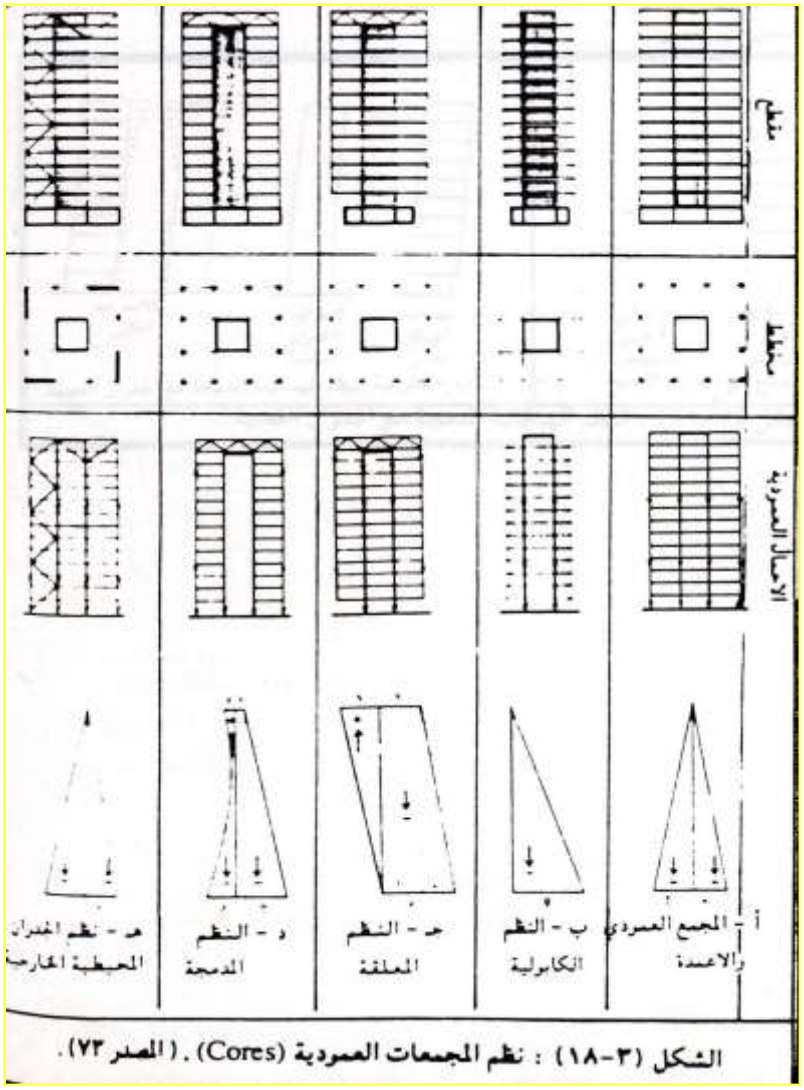


شكل (8) نظم الجملونات الفضائية الداخلية (المصدر2)

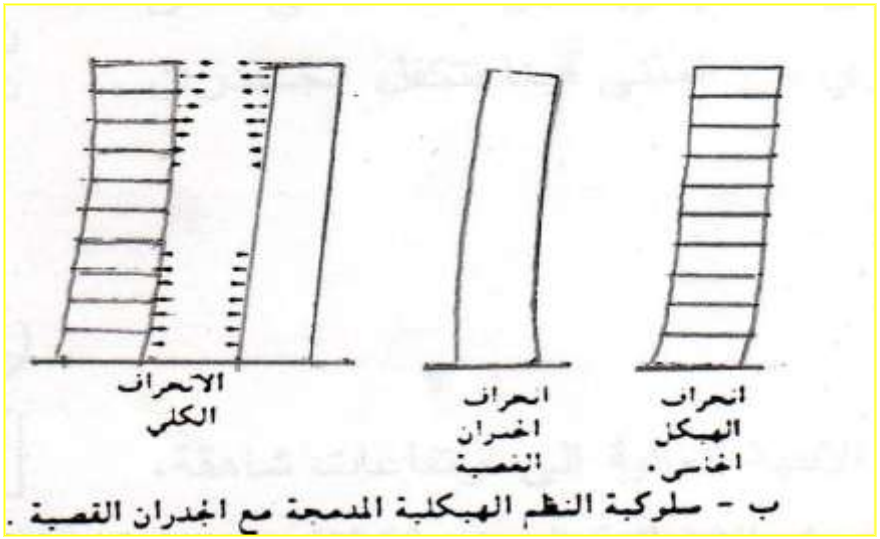




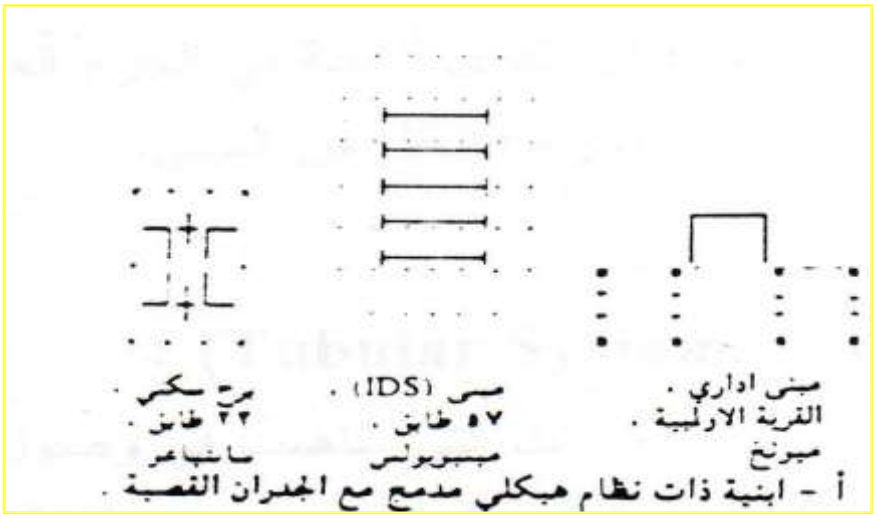
شكل (10) تشوه المجمع العمودي(المصدر4)



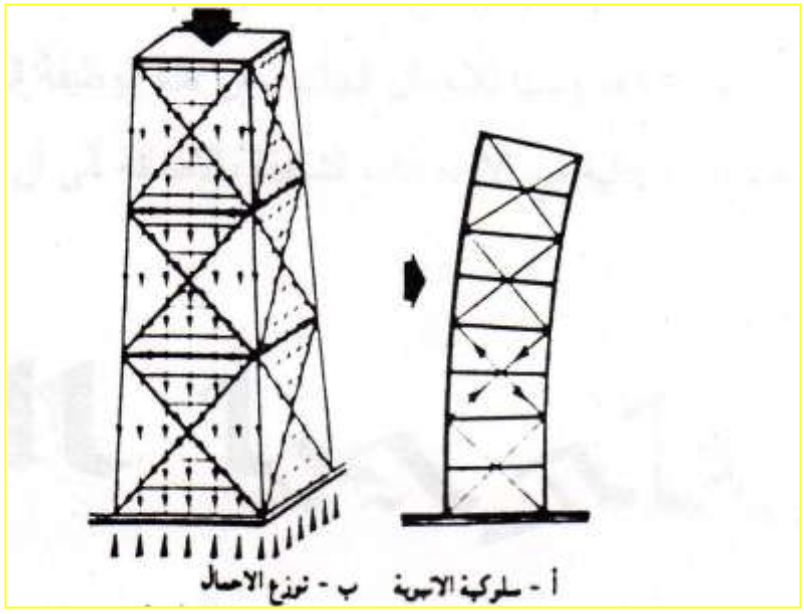
شكل (11) نظم مجمعات الحركة والخدمة العمودية (المصدر4)



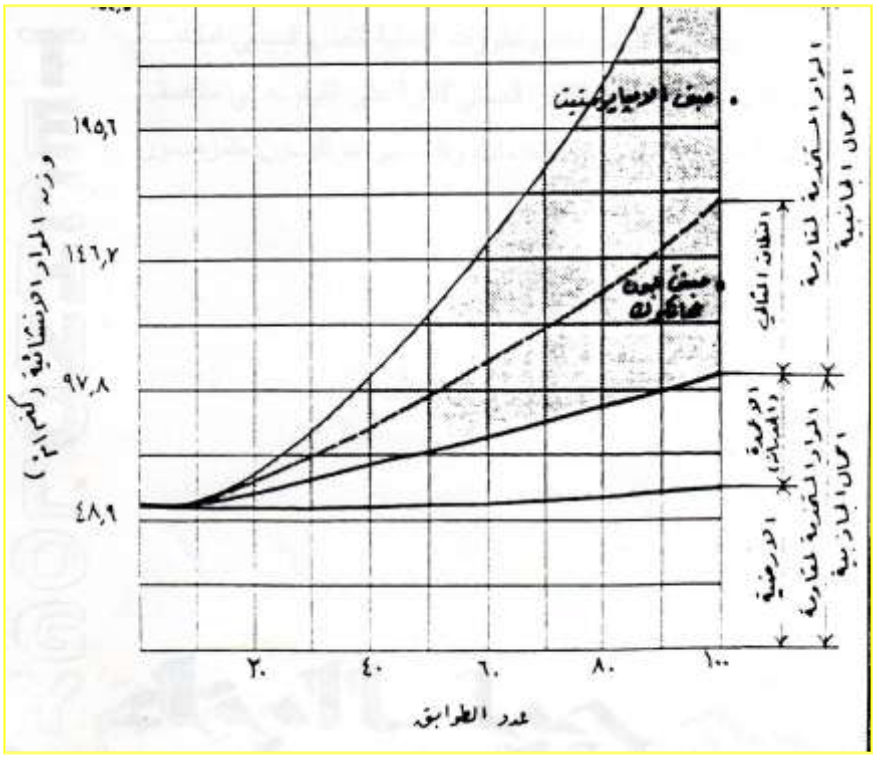
شكل (12) سلوكية النظم المدمجة مع الجدران القصية (المصدر6)



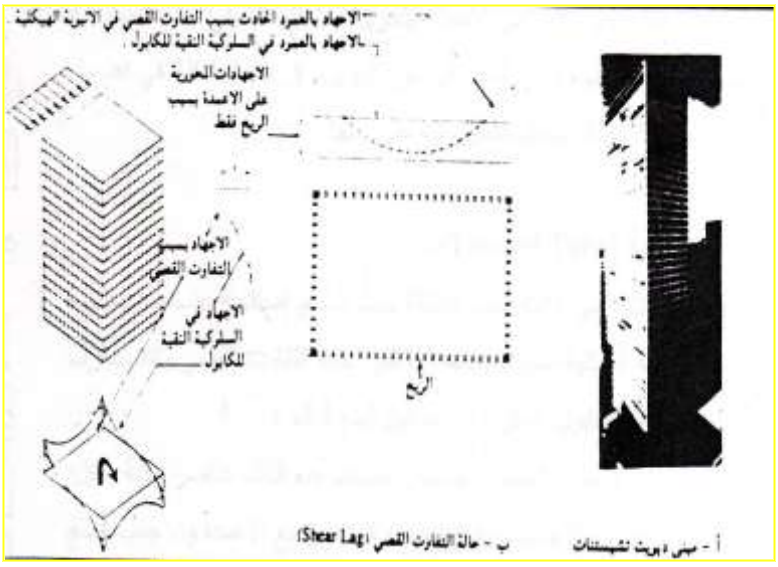
شكل (13) ابنية ذات نظام هيكلي مدمج مع الجدران القصية (المصدر6)



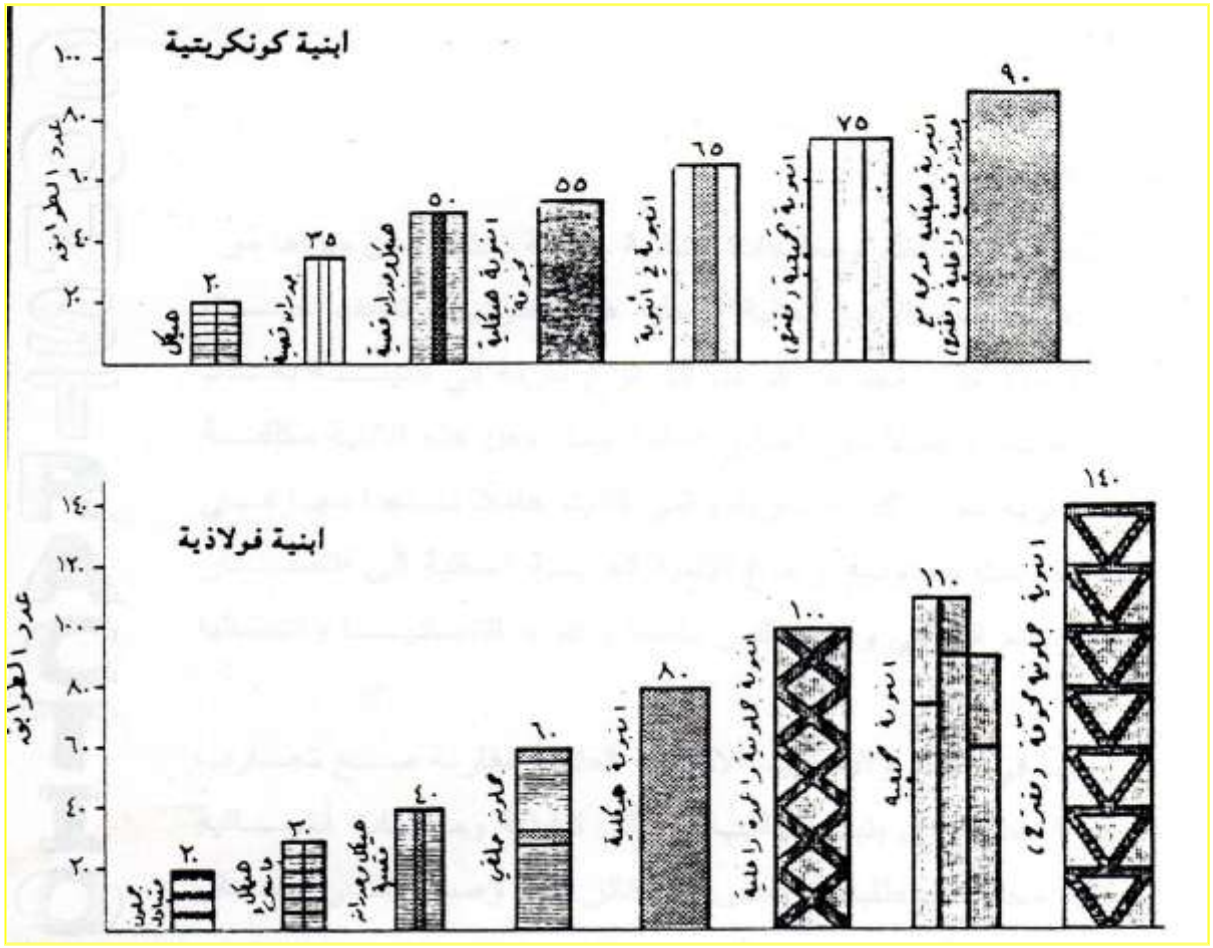
شكل (14) النظم الانبوبية وتوزيع الاحمال (المصدر3)



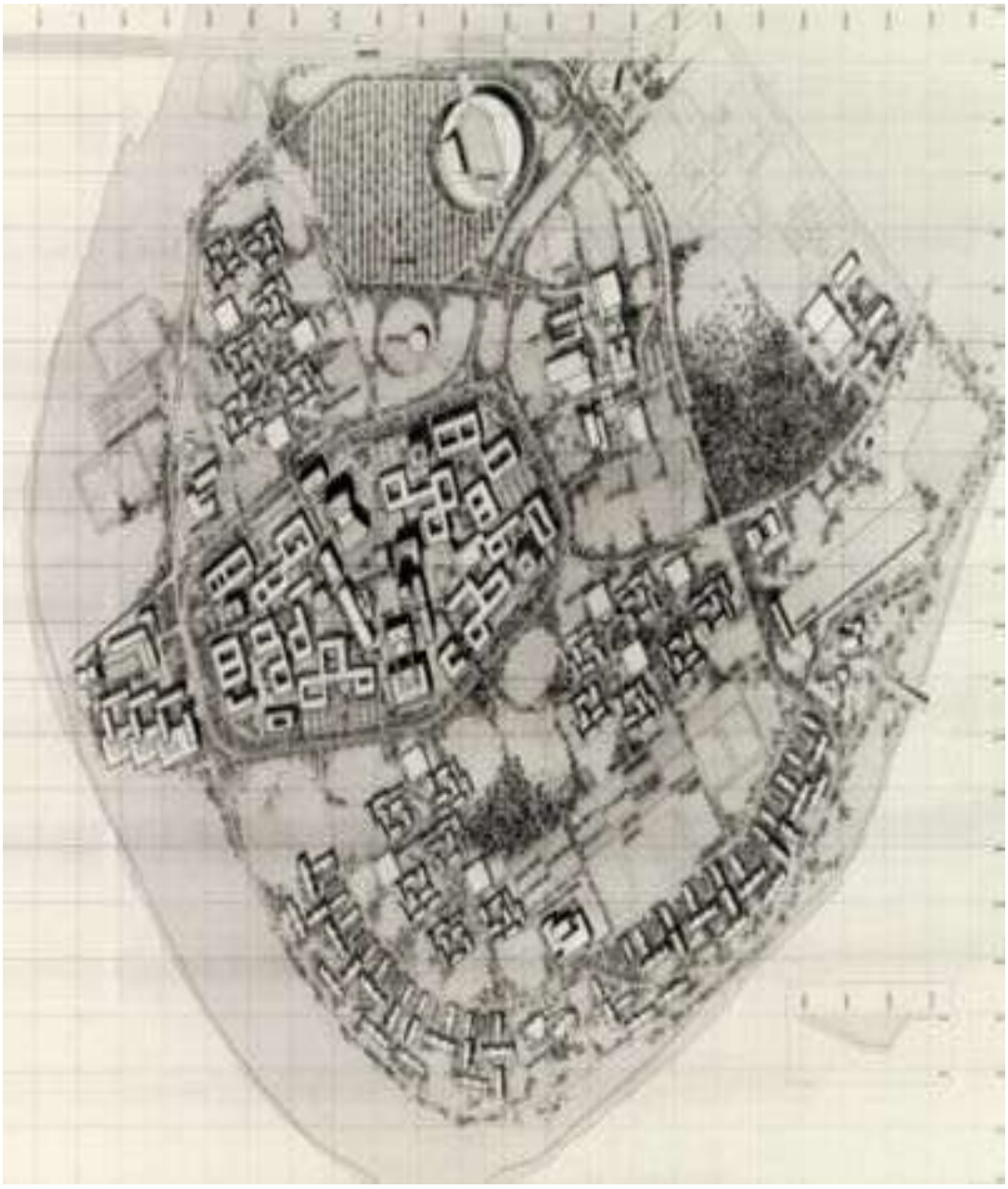
شكل (15) مقارنة بين النظم الانبوبية والنظم الهيكلية بالاحمال المسلطة على التربة (المصدر3)



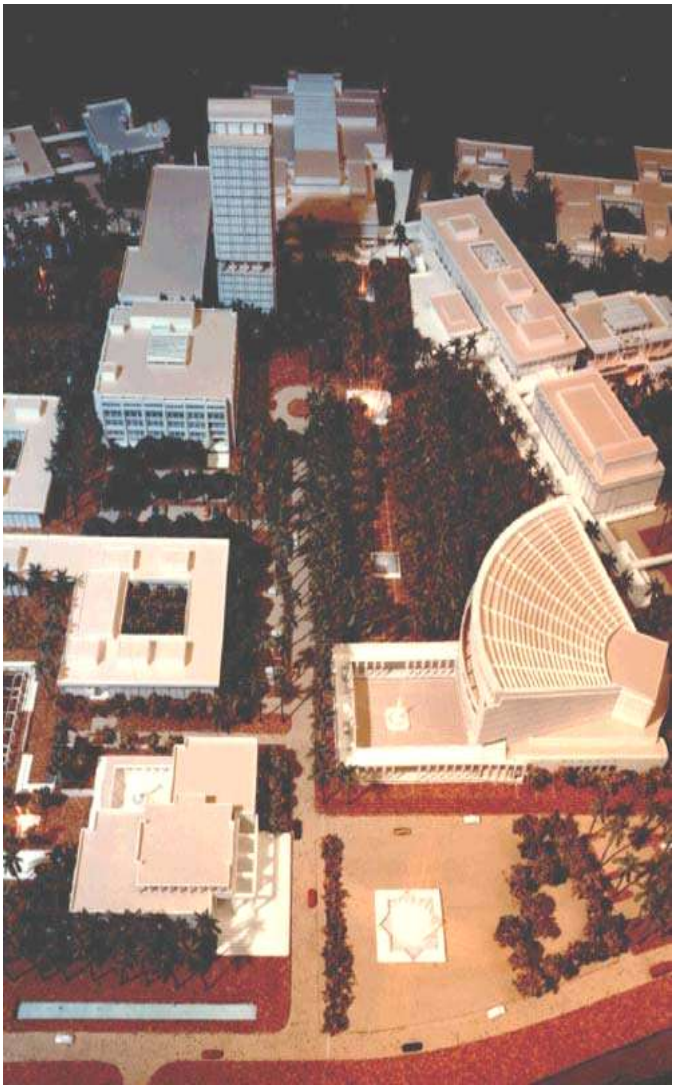
شكل (16) النظم الانبوبية والاجهادات المسلطة (المصدر7)



شكل (17) مقارنة بين النظم الانشائية الفولاذية والكونكريتيه للابنية العالية (المصدر7)



شكل رقم (18 – أ) مجمع جامعة بغداد- الجادرية،(المخطط العام) (المصدر- الباحث)



شكل رقم (18 – أ) مجمع جامعة بغداد- الجادرية،(المخطط العام) (المصدر- الباحث)