الباب الثاني

تعريف المباني العالية

الأحمال و المواد والعناصر والأنظمة الأنشائية

1.2المقدمة

تختلف الأحمال في المباني العالية عن تلك التي في المباني العادية، وذلك للزيادة الكبيرة في قيمة الأحمال المسلطة، والتأثير العالي للأحمال الجانبية، وبالتالي تختلف أنواع المواد المستخدمة فيها، وسوف نستعرض في هذا الباب الأحمال التي تتعرض لها المباني العالية والمواد المستخدمة في إنشائها.

الغاية الأساسية من التحليل الإنشائي هو تحقيق الأمان الكافي للمنشات المدروسة ، دون الإخلال بمتطلبات الإستثمار او المتطلبات المعمارية والجمالية ،لذلك يتم إختيار النظام الإنشائي الذي يتناسب مع تلك المتطلبات ، ومن ثم أستخدام الطريقة المناسبة للتحليل الإنشائي . يتناول هذا الفصل الأنواع المختلفة للعناصر والأنظمة الإنشائية وطرق التحليل الإنشائي المستخدمة في المباني العالية.

1.1.2تعريف المباني العالية

لقد مثل التقدم التكنولوجي ركنا أساسي في تطور المجتمعات وأثر بصورة كبيرةعلى توسيع مدى الإبداع في تصميم أشكال متنوعة من المباني ،من خلال توسيع الخيارات الشكلية أمام المصمم ازدادت المنشآت شاهقة الارتفاع كثيرًا مع اختراع المصعد علاوة على إنخفاض أسعار خامات البناء ووفرتها. تتميز المباني العالية بإيجابيات على الصعيدين الفني والأقتصادي في المناطق ذات الكثافة السكانية العالية، بل وأصبحت أحد أشكال السكن المتميزة في كافة المناطق الحضرية المكتظة بالسكان حول العالم تقريبًا.

عرفت هيئات متعددة مصطلح المباني العالية أوالأبراج الشاهقة كالاتي:

- في الولايات المتحدة عرفت "الجمعية الوطنية للحماية من الحرائق" الأبراج الشاهقة بأنها المباني التي يزيد ارتفاعها عن 75 قدمًا (23 مترًا) ، أو حوالي 7 طوابق.

- عرف المؤتمر العالمي للسلامة من الحرائق المباني الشاهقة بأنها "أي مبنى قد يكون لارتفاعه تأثير خطير على عملية الإخلاء".
- وعرف أيضًا معظم المهندسين والمعماريين وأصحاب المهن المماثلة الأبراج الشاهقة بأنها المباني التي لا يقل ارتفاعها عن 75 قدمًا (23 مترًا).

عموما ليس هنالك تعريف اساسي اوارتفاع محدد للمباني العالية ولكن عموما تعرف بأنها:

هي المباني التي تكون فيها نسبة النحافة عالية "نسبة الارتفاع إلي أصغر بعد أفقي للمبنى" وذلك بالدرجة التي تجعل تأثير الأحمال الجانبية فيها أكبر من المباني الأخرى.

2.1.2أمثلة لمباني عالية

تصنف المباني العالية على عدة أسس:

- على أساس القمة البنائية أو المعمارية - وعلى أساس علو سطح المبنى .
- على أساس أعلى طابق حقيقي في المبنى - وعلى أساس علو الصاري الموجود على سطح

ظهرت المباني السكنية شاهقة الإرتفاع في المنشآت القديمة، مثل مباني الـ الإنسولا في روما القديمة والعديد من المدن الأخرى في الإمبراطورية الرومانية، والتي كان يصل ارتفاع بعضها إلى أكثر من عشرة طوابق .

ولقد شيدت أروع الابراج(أبراج البيت) في مدينة مكة المكرمة وتقابل المسجد الحرام ، وهي ثاني أعلى ناطحة سحاب في العالم 2011 حيث يبلغ ارتفاعها 602 متر.

ويعد مركز شانغهاى المالي ثاني أطول ناطحة سحاب في الصين بعد برج مركز التجارة الدولي في هونغ كونغ ،إرتفاعه 492 متر .

وفي الوقت الحالي،يعد برج خليفة أعلى برج في العالم بارتفاع 828 مترًا.حيث يقع في إمارة دبي بالإمارات العربية المتحدة، بدأ العمل على إنشاء في يناير 2004، وبلغت تكلفته الإجمالية 1.5 مليار دولار أميركي، وتم افتتاحه في 4 يناير 2010.

شكل(1-1) يوضح مثال لمبنى عالي برج خليفة

2.2 الأحمال الإنشائية

هي القوى المؤثرة على أي عنصر من عناصر المنشأ، وتؤخذ جميع الأحمال في الإعتبار عند التصميم الإنشائي طبقاً لنوع المنشأ وشكل توزيع الأحمال ومدى إستمرارها وطبيعتها إن كانت ساكنة أو متحركة وما إلى ذلك من العوامل التي قد تؤثر على مقدار الأحمال المؤثرة على المنشأ.

عندما يكون الجسم ملامساً لجسم آخر، فإن الحمولات المطبقة على الجسم تكون موزعة على سطح التماس للجسمين. إذا كانت مساحة التماس صغيرة جداً بالمقارنة مع المساحة الكلية للجسم، سيكون من الممكن تمثيل الحمولة على أنها قوة واحدة مركزة تعمل عند نقطة محددة من الجسم. لكن عندما يكون الحمل مطبقاً على مساحة كبيرة من الجسم (مثل الحمولة المطبقة بسبب الرياح أو تدفق السوائل) فيجب عندها أخذ توزيع الحمولة على كامل سطح التماس بعين الإعتبار.

تقسم الأحمال الى:

1.2.2أحمال أساسية (Main loads)

وهي الأحمال المباشرة وهي مجموعة من القوى التي يتعرض لها المنشأ وهي:-

- الأحمال الميتة (Dead load).
- الأحمال الحية (load Live).
- أحمال الرياح (Wind load).
- أحمال الزلازل (Earthquake) .

2.2.2 الاحمال الثانوية (Secondary Loads)

وهي الأحمال الغير مباشرة التي قد يتعرض لها المنشأ كالقوى الناتجة عن:

الحرارة

الانكماش

الزحف

1.1.2.2الأحمال الحية (Live loads)

هي أحمال متغيرة المقدار ومؤقتة لفترات قصيرة وهي التي تنتج عن السكان والاثاث الذي يشغل المبنى وتشمل ايضا الاحمال التي يتعرض لها المنشأ اثناء التنفيذ كأوزان الشدات والاوناش والمعدات وقوة الرياحوالزلازل أو أحمال متحركة كحركة الناس داخل المنشأ وضغط المياه داخل الخزانات.

كما تعرف الأحمال الحية على أنها شدة التحميل الموزع بإنتظام على البلاطة والذي يتطابق مع إستخدام أو تشغيل تلك المساحة، وفي بعض الحالات الخاصة مثل مواقف السيارات والمكاتب، وبإعتبار أسواء الظروف الممكنة؛ يتم تحديد الحمل الواقع على البلاطات على إنه حمل مركز تعتمد الأحمال الحية على طبيعة إستخدام المنشأ (سكني، مستشفى، مدرسة او مصنع).

2.1.2.2 الأحمال الساكنة (Dead loads)

الأحمال الساكنة أو (الأحمال الميتة) هي الأحمال المستقرة والثابتة نسبيا مع ثبات المنشأ كأوزان المواد المبني منها المنشأ والمعدات أو الآلات المستقرة فيه.

يكون اتجاهها عموديا للاسفل. تعد نسبة الأحمال الميتة الى الحية مؤشر على كفاءة المنشأ, ويكون السعي دوما نحو تخفيض هذه النسبة إلى الحد الأدنى الممكن, ويمكن أن يتم ذلك من خلال استخدام مواد بالإنشاء أكثر كفاءة واللجوء الى طرق إنشاء وتصميم جديدة.

3.1.2.2 احمال الرياح (Wind load)

الرياح: هي عبارة عن هواء متحرك. يتحرك بإتجاه محدد وبسرعة محدده خلال زمن معين حيث أن للهواء كتلة وكثافة ووزن خاص به.

وتمثل الأحمال الجانبية العامل الرئيسي الذي يجعل تصميم المباني العالية يختلف عن تصميم المباني العادية أو المتوسطة الإرتفاع، يجري جمع المعلومات حول حركة الرياح وسرعتها من خلال أجهزة خاصة تشكل الرياح حمولة موزعة بشكل متعامد على أوجه البناء, وتكون هذه الحمولة متغيرة مع الإرتفاع حيث تتزايد مع الإرتفاع.

وتحدد هذه الحمولة إستنادا إلى سرعة الرياح السائدة في موقع البناء خلال العمر التصميمي وطبيعة وطبوغرافية الموقع إضافة إلى شكل البناء وأبعاده. تعد حمولة الرياح من الأحمال الديناميكية التي يستعاض عنها عادة بحمولة ستاتيكية مكافئة والتي تختلف تبعا لإرتفاع المنشأة.إن الحمولات الناتجة عن قوة دفع الرياح، تصنف ضمن الحمولات الحية الديناميكية، وتخضع إلي إعتبارات وعوامل لايستطيع الإنسان التحكم فيها، ومن هنا تأتي خطورة هذه الأحمال مما يحتم الوقاية من آثارها ما أمكن ذلك.

يعتمد تقدير قوة دفع الرياح الممكن حدوثها في المنشأ في منطقة معينة، على عوامل :

- طبيعة المبنى وإرتفاعه ونسب أبعاده.
- الطبيعة المناخية التي سيقام عليها المبنى.
- سرعة الرياح وكثافة الهواء وإتجاه حركة الرياح.

4.1.2.2 أحمال الزلازل (Earthquake Loads)

تعد حمولة الزلازل من الحمولات الديناميكية التي يتعرض لها المنشأ ويمكن أن تكون بأي إتجاه أفقي إضافة إلى الإتجاه الشاقولي،وهي حمولة متغيرة مع الإرتفاع يبلغ تأثيرها الأكبر عند منسوب

سطح قاعدة البناء وترتبط الحمولة الزلزالية بالأحمال الميتة في المنشأ فكلما إزدادت هذه الحمولات إزدادت الحمولة الزلزالية، تحدد الحمولة الزلزالية الأستاتيكية المكافئة إستنادا إلى مجموعة من العوامل وهي ترتبط بمجموع الحمولات الميتة للمنشأ وبمنطقة المنشأ ضمن الخارطة الزلزالية وإلى موقع المنشأ، ونوعه ،وأبعاده، وشكله ،وأهميته.

في المناطق الخاضعة للزلازل ، وفي حالة جميع المنشآت، تؤخذ أحمال الزلازل على هذه المنشآت بصفة أحمال أفقية مطبقة عند مركز ثقل كل منسوب. تحسب القوة الأفقية الكلية في الإتجاه المدروس (قوة القص القاعدي) عند منسوب إتصال الأساس مع المنشأ وفقاً للعلاقة التالية :-

$$V = Z.I.K.C.S.W \qquad (1.2)$$

حيث:-

V : تمثل قوة القص الكلية الأفقية في الإتجاه المدروس عند منسوب اتصالالأساسمعالمنشأ

Z: يمثل معامل زلزاليـة المنطقة المدروسة

I: معامل أهمية المنشأ وطبيعة استخدامه

K: يمثل تأثير السلوك اللامرن للمنشآت على الأحمال الزلزالية

3.2 المواد الأنشائية

عند ظهور المباني العالية أصبح إستخدام الطوب والأخشاب غير مجدي كما في المباني العادية، وذلك لأن المباني العالية تحتاج إلي مقاطع ضخمة وذات أوزان عالية، ولذلك توجهت الأفكار نحو مواد ذات مقاومة عالية مثل الخرسانة والفولاذ الإنشائي. ولكن مع زيادة إرتفاعات المباني أصبحت هناك حوجة خاصة إلي مواد ذات مقاومة عالية وأوزان خفيفة مقارنة بمقاومتها مثل الخرسانة عالية المقاومة، بالإضافة إلي المواد المركبة(Composites Material) ليتثنى إنشاء مباني عالية لها مقدرة عالية على مقاومة الأحمال المسلطة عليها سواء كانت أحمال تثاقلية أو أحمال جانبية.

1.3.2الخرسانة عالية المقاومة والخرسانة عالية الاداء

بنية الخرسانة تتكون من عدة مواد الجزء الأكبر فيها يمثله الركام الذي يتماسك مع بعضه بواسطة التفاعل الكيميائي بين الأسمنت والماء (العجينة الأسمنتية) ،والخرسانة كمادة إنشائية تعتبر ذات مقاومة عالية للضغط ولكن مقاومتها للشد ضعيفة نسبياً.

مصطلح المقاومة العالية يصعب تعريفه قياسياً أوعددياً ولكنه مصطلح نسبي يعتمد على عدة متغيرات مثل : جودة المواد المتوفرة محليا، والممارسات المتبعة في التشييد ، ويمكن القول أن الخرسانة عالية المقاومة هي خرسانة ذات مقاومة تزيد عن ($600\ kg/cm^2$) وقد تصل أو تزيد عن ($1400\ kg/cm^2$) ويمكن الحصول عليها بإستخدام المواد المحلية المتاحة والتى تستخدم فى صناعة الخرسانة التقليدية من ركام وأسمنت وماء إلا أن الخرسانة عالية المقاومة تحتوى على مادة إضافية أخرى وهي الملدنات.

الملدنات (Super Plasticizers): وهى أهم مكون للحصول على خرسانة عالية المقاومة حيث بواسطتها نستطيع خفض نسبة ماء الخلط إلى 0.25 من وزن الأسمنت فقط ،وبالتالى يمكننا الحصول على أعلى مقاومة. ويجب عمل تحقيق وتأكد من مدى توافق هذه المادة مع الأسمنت المستخدم.

❖ **إستخدامات الخرسانة عالية المقاومة**

وقد ظل إستخدام الخرسانة عالية المقاومة فترة طويلة محصوراً في عدة تطبيقات تقليدية هدفها الأوحد هو إستغلال قيمة المقامة العالية في الحصول على اقل مساحة قطاع او اقل حجم او وزن للمنشأ وكانت هذه التطبيقات محددة في ثلاث أشياء رئيسية :

- المباني عالية الإرتفاع.
- المنشآت البحرية.
- الكباري.

وحديثاً تم إستخدام الخرسانة عالية المقاومة فى تطبيقات أخرى متنوعة منها:

1- إعادة إحياء العناصر الإنشائية القديمة مثل (Arch Girder).

2- إستخدامها مع قطاعات الحديد لزيادة جساءة المنشأ (Improving Stiffness).

3- عمل خوازيق لولبية لتنفيذها بدون أهتزازات أو ضوضاء (Screwing Piles).

4- محطات الطاقة النووية (Nuclear Power Plants).

5- الأنانيب الخرسانية تحت الأرض (Underground Concrete Pipes).

❖ **المميزات العامة للخرسانة عالية المقاومة:**

1- مقاومة الضغط تقدر بحوالي 5 الي 7 مرات من مقاومة الخرسانة العادية.

2- معاير المروونة يساوي مرتين ونصف معاير المرونة للخرسانة العادية مما يساعد في تقليل الترخيم للتشوهات.

3- تمتاز بمتانة عالية ومقاومة للإحتكاك والكيماويات.

4- الفوائد الناتجة منها أكثر من تكاليف إنتاجها مثل (تقليل المقاطع ، تقليل الوزن..).

❖ **عيوب الخرسانة عالية المقاومة**

تعتبر الخرسانة عالية المقاومة أكثر قصافة (Brittleness) من الخرسانة العادية، كما ان الإنهياربها مفاجئ ، ويمكن التغلب على هذه المشكلة بإستخدام ألياف مع الخرسانة.

❖ **الخرسانة عالية الأداء High Performance Concrete**

الخرسانة عالية الأداء هى الخرسانة التى لها صفات وخصائص معينة تسمح لها بالعمل فى وسط محدد وفى ظروف معينة. والخصائص التى تميز الخرسانة عالية الأداء عن الخرسانات الأخرى قد تتضمن بعض خصائص الخرسانة الطازجة مثل القابلية للتشغيل أو القوام، أو قد تتضمن بعض خصائص الخرسانة المتصلدة مثل مقاومة البرى والخدش، أو المقاومة للصقيع أو المقاومة للإنكماش.وهذه الخصائص قد تكون منفصلة أو مجتمعة بحيث تعطى خرسانة لها أداء مختلف عن أداء الخرسانة التقليدية المعتادة. وكذالك الخرسانة عالية الأداء لا يشترط فيها أن تكون عالية المقاومة.

2.3.2الفولاذ الإنشائي

يعد الفولاذ الإنشائي من أكثر المواد المعدنية المستخدمة في التشييد

❖ **خواص الفولاذ الإنشائي:**

1. المطاوعية: هي مقدرة المادة على مقاومة التشوه اللدن قبل إنقطاعه وتقاس بمقدار الإستطالة النسبيةلحالة الشد المحوري.
2. القساوة: هي مقاومة المعدن للخدش.
3. القصافة:هي عكس المطاوعية حيث يتم الإنهيار دون حدوث تشوه لدن.
4. الصلابة :هي إعادة الصدمة وتضم المقاومة والمطاوعة

❖ **مميزات الفولاذ في المباني العالية:**

1. له مقاومة عالية لتحمل الإجهادات، مما يوفر في المواد والتكاليف والأوزان.
2. الفولاذ مادة قابلة للإستطالة بحيث يمكن ملاحظة التشوه والتشكل في المنشآت مما يمكن من علاجه قبل حدوث الإنهيار.
3. يمتاز بخاصية إعادة التركيب دون الجوء الي هدم المبنى لإجراء التعديلات عليه كما في المباني الخرسانية.

4. يمكن القيام بتقوية العناصر الإنشائية الفولاذية وذلك بإضافة أعضاء جديدة للقطاعات
5. السرعة في الإنشاء حيث يتم تصنيع أجزاء المنشأ في الورش ومن ثم تجميعها وتركيبها بسهولة

❖ **عيوب الفولاذ في المباني العالية**

قابلية الفولاذ للصدأ ،حيث يلزم الصيانة والكشف على الأجزاء المعرضة لهذه الظروف وتنظيفها وإعادة طلائها بمواد عازلة.

مقاومة الفولاذ للحرائق ضعيفة خصوصاً بعد 500 درجة مئوية ويتحول إلى سائل تماماً عند 1200 درجة مئوية لذلك يجب تغطيته بطبقة عازلة مقاومة للحرائق كالخرسانة.

3.3.2 المواد المركبة (Composite Materials)

كلمة مركب تحديداً تعني تكون المادة من مادتين على الأقل تعملان معاً لإنتاج مجموعة من الخصائص تختلف عن خصائص كل واحدة منهم، وتستخدم كثيراً في أنظمة البلاطات التي تدعم الإطار المدعم من الفولاذ والخرسانة المسلحة حيث يتم ربطها مع الإطار بوصلات القص، حيث تعمل البلاطة كجناح ضغط .

تستخدم المواد المركبة بصورة عامة في عدة أغراض مثل:

1. تدعيم وتعزيز الهياكل الإنشائية.
2. تخفيض الحوجة إلي الصيانة .
3. الحوجة الي سرعة عملية التشييد.
4. خفيفة الوزن مما تقلل من تكلفة النقل والتركيب .

4.2 العناصر الانشائية

1.4.2 البلاطات (Slabs)

البلاطة هي عنصر إنشائي ذو سمك قليل بالنسبة إلى أبعاده ، تنقل الأحمال المسلطة عليها إلى المساند التي تستند عليها (عتبات - جدران - أعمده). تتواجد في أغلب الابنية الحديثة وغالبا ما تصب البلاطة بشكل أفقي ويمكن انشائها بشكل مائل أو عدة اشكال وذلك حسب التصميم .

الغرض الإنشائي للبلاطات:-

1- تستخدم البلاطة في المنشآت الهندسية بشكل عام وفي منشآت الأبنية بشكل خاص وذلك بهدف تغطية هذه المنشآت.
2- نقل الأحمال الرأسية الناتجة عن الوزن الذاتي وكذلك الأحمال الحية فوق البلاطات إلى العتبات أو إلى الأعمدة مباشرة في البلاطات التي لا تحتوي على عتبات.
3- نقل الأحمال الأفقية الناتجة عن قوى الرياح والزلازل، ولكي تكون البلاطة قادرة على نقل الأحمال الأفقية يجب أن تكون جاسئة.

2.4.2. العتبات الخرسانية المسلحة (Beams)

تعتبر العتبات من العناصر الإنشائية الأفقية القادرة على تحمل أحمال مستعرضة متعامدة على محورها الطولي نتيجة الأحمال القادمة من البلاطات و الجدران و كذلك الوزن الذاتي والتي تنشأ عنها عزوم انحناء وقوى قص على طول بحر العتبة ، فعندما تتعرض هذه العناصر إلى عزوم الانحناء فإنه سوف يحدث لها انحناء مصحوبًا بقوى ضغط على السطح العلوي وقوى شد على السطح السفلي لها وبما أن الخرسانة - كما هو معروف - ضعيفة في الشد فإنه يوضع حديد للتسليح في منطقة الشد لمقاومة قوى الشد في هذه المنطقة من العتبة.

الوظيفة الإنشائية:-

1- نقل الأحمال المسلطة عليها إلى الأعمدة مباشرة
2- وصل الأعمدة مما يقلل من الطول الفعال للانبعاج للأعمدة.
3- تقسيم البلاطات ذات المساحات الكبيرة إلى أجزاء للحصول على سماكات اقتصادية.
4-

3.4.2الأعمدة (Columns)

العمود هو عضو إنشائي يحمل القوى الرأسية المنتقلة إليه من الأعضاء الإنشائية ويحمل حمل محوري (قوى ضاغطة) أو قوى ضاغطة و عزم .

الغرض العام من الأعمدة

إن الغرض الأساسي من الأعمدة هو نقل الأحمال من المنشأ إلى القواعد أي كان نوع هذه القوى (قوى رأسية قوى قص عزوم) ويستخدم بشكل رئيسي لتحمل القوى الضاغطة الرئيسية .

ولكن في الواقع لا يوجد عمود يكون معرض لقوى ضاغطة خالصة ومركزة في مركز العمود وهذا ناتج عن:

1- إن تطبيق وترتيب الأعمدة لا يكون منتظم 100 % ولهذا ينتج عنه إزاحة ينتج عنها عزوم .
2- الفراغات الموجودة في المقطع يمكن أن تنتج عنها تغير في موقع مركز المقطع .

أنواع الأعمدة

حسب نوع التسليح يمكن تقسيمها إلى ثلاث أنواع:

1-أعمدة مربعة او مستطيلة مسلحة بقضبان طولية تسمي بالأعمدة الطولية (Ties Column)

2-أعمدة دائرية مسلحة بقضبان حلزونية تعرف بالأعمدة الحلزونية (Spiral Column)

3-أعمدة خرسانية مسلحة بأشكال إنشائية من الفولاذ أو بأنبوب من الفولاذ مع أو بدون قضبان طولية تعرف بالأعمدة المركبة (Composite Column)

4.4.2.السلالم (Stairs)

هي سلسلة من الدرجات التي تكون وسيلة إتصال بين الطابق والأخر. أو مجموعة من الدرج مكونة لمستوي مائل الغرض منه الوصول بسهولة من طابق إلي أخر.

وتوضع السلالم في مكان يخصص لها في المبني يعرف اصطلاحا ببئر السلم. و تنشأ السلالم من سلسلة من الدرجات بطريقة مستمرة أو متقطعة عن طريق ما يسمي بمنبسط الدرج أو البسطة أو الصدفة بين مجموعة من الدرجات. و يجب أن تصمم جميع السلالم و تنشأ بحيث تكون الحركة إلي أعلي وإلي أسفل من طابق إلي طابق بأسلوب مريح و سريع و آمن. و يمكن للسلم أن يكون من أي مادة مناسبة مثل الطوب أو الحجر أو خشب البناء أو الفولاذ أو خرسانة أسمنت قوية.

5.4.2.الاساسات (Foundations)

الأساسات هي الجزء السفلي للبناية الهندسية ودورها هو رفع حمولات البناء وضمان تثبيتها علي الأرض، تكون الأساسات عادة داخلة في الأرض علي عمق مناسب للبناء ويتم اختيار الأساس وفقا لنوع البناية وأسلوب التصميم وقدرة تحمل التربة لذالك يجب أن يتوفر في تربة البناء أربعة شروط هي:

(المتانة - التوازن - الثبوتية - الإستمرارية)

5.2.الأنظمة الانشائية

تحديد النظام الإنشائي للمباني العالية يعني إختيار نوع وترتيب العناصر الإنشائية الرئيسية لمقاومة تركيبات الأحمال التثاقلية والأفقية بأكبر قدر من الكفاءة . إن إختيار جملة إنشائية لتقوية وإستقرار بناء عالي يرتبط بعدة عوامل أهمها:

1- الوظيفة الإستثمارية للمبنى (بناء سكني,مكاتب... إلخ).
2- إرتفاع المبنى ومسقطه المعماري.

3- العدد الإجمالي للطوابق.
4- شكل ومقدار الحمولات المطبقة على المبنى.
5- طريقة التنفيذ.
6- خواص التربة, وطبيعة التربة وطبيعة موقع الإنشاء.
7- المواد المستخدمة في البناء.

تتألف الهياكل الإنشائية للمباني العالية من مجموعات من الجدران والأعمدة والعارضات الرابطة وعناصر التقوية وجُمل النقل. وتتصل العناصر مع بعضها البعض لتشكل هيكلاً مستقرا تحت تأثير الحمولات الأفقية و الرأسية حيث تنقل الجمل الإنشائية كافة الحمولات إلي الأساسات عبر تلك العناصر ثم إلى التربة . يفترض في هذه المنشآت أن توفر الحد المطلوب من الصلابة الأفقية إضافة إلى المتانة والإستقرار (التوازن).

ونجد أن الأسقف (البلاطات) تلعب دورا مهما في عملية نقل القوى الناتجة عن الأحمال الجانبية وتوزيعها على العناصر الرأسية ، لذلك يجب إختيار السمك المناسب الذي يمكنها من نقل القوى الجانبية دون حدوث تشوهات .

في المباني العالية ذات نسبة النحافة العالية تصبح العوامل الإنشائية أكثر أهمية ، ويترتب على ذلك ضرورة إختيار نظام إنشائي مناسب يتوافق مع تلك العوامل.

قبل إختيار الأنظمة الإنشائية المناسبة للمباني العالية يجب عمل الدراسات الإنشائية لمقاومة الدفع الجانبي والتي تحقق الشروط التي تمليها المعاهد المختصة وذلك لتفادي الميلانات الأفقية الخطرة أو الهبوطات أو إنقلاب المبنى أو إنهياره بسبب فقدان عناصره الإنشائية لمقاومتها وأيضا يسبق هذا الإختيار الدراسات الأولية بالإعتماد على نتائج تقرير تربة موقع التأسيس وعلى المخططات المعمارية وفي بعض الحالات قد تشترك أكثر من جملة واحدة وأكثر من مادة في نظام إنشائي لمبنى واحد , إلا أن ذلك قد يزيد من تعقيد الحسابات .

وفيما يلي نستعرض بعض الأنظمة الإنشائية المستخدمة في المباني العالية لمقاومة الحمولات الأفقية الناجمة عن الجانبية.

1.5.2.أنظمة الهياكل الصلدة (الإطارية)

النظم الإطارية هي أبسط أنواع الأنظمة المستخدمة لمقاومة الأحمال الجانبية يتكون الهيكل لأي منشأ من عناصر رأسية تعرف بالأعمدة وعناصر أفقية تعرف بالكمرات التي تتصل مع بعضها البعض بمفاصل صلدة (مقاومة للعزوم) , وعند زيادة المسافات بين الأعمدة أو ما تسمى بالبحوركما هو الحال في أسقف المدرجات وصالات الإجتماع والمصانع...إلخ،، حيث يكون وجود أعمدة متوسطة غير مرغوب فيه، فإنه من الممكن عمل إطارات تعمل فيها الأعمدة والكمرات كجزء واحد وتسلك سلوكاً إستاتيكياً موحداً. وتزداد مقاومة هذا النظام للأحمال الجانبية بزيادة جساءة الإنحناء لكل من الأعمدة والعارضات والمفاصل في مستوى الإنحناء. ويتم تنفيذ الإطار عملياً بطريقة تسليح خاصة لتحقيق هذا الشرط بحيث تكون علاقة الأعمدة بالكمرات علاقة إرتكاز وتماسك وأي تشوه (Deformation) في الكمرة يصاحبه تشوه في العمود فيتحمل العمود جزء من العزم المؤثر على الكمرة(Moment) ، فيسلّح كل من الكمرة والعمود بالتسليح الخاص لكل منهما ثم يثبت حديد تسليح مشترك بينهما بناءً على الحسابات التصميمة.

تعتبر الإطارات الصلدة مناسبة للمباني الخرسانية المسلحة بسبب الصلادة المتأصلة عن المفاصل الخرسانية المسلحة ، وفي العادة يستخدم هذا النظام في المباني التي لا يزيد فيها عدد الطوابق عن (10-15) طابق.

يوصي عند إختيار هذا النظام أن تحقق الجملة متانة إتصال الأعضاء عند العقد ، بشكل يتناسب مع الوصول إلى مقاطع معقولة لهذه الأعضاء لا تعيق من الوظيفية الإستثمارية للمبنى .

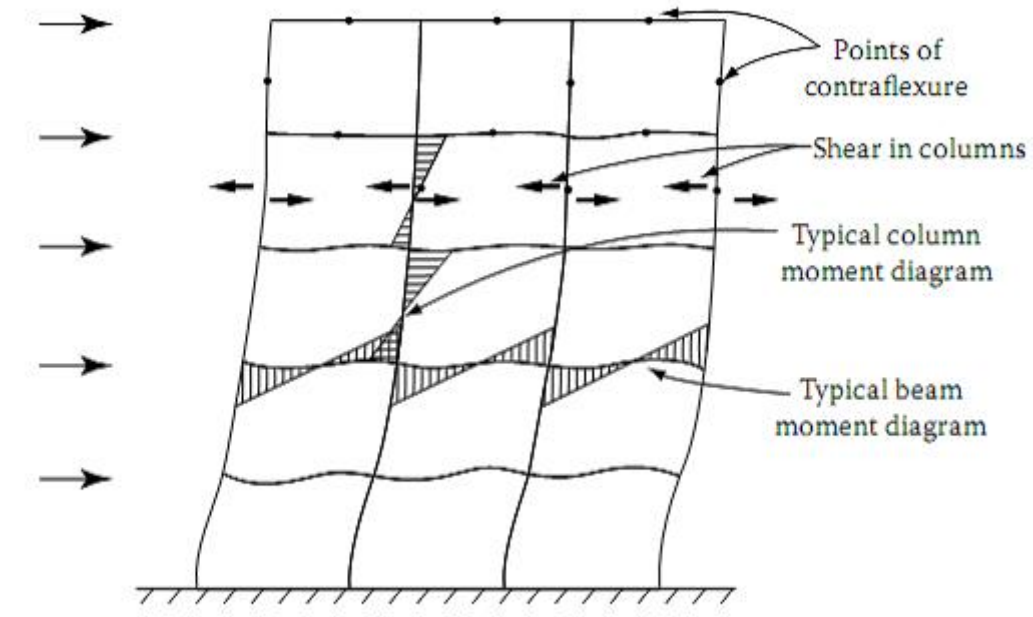
مميزات هذا النظام

1- يمكن إستخدامه كطوابق متكررة.
2- يسمح بمسافات كبيرة بين الأعمدة دون الحاجة إلى أعمدة وسطية.
3- يمكن أن يستخدم كبديل عن جدران القص (Shear Wall) في حالة عدم القدرة على توقيعها وذلك لمقاومة القوى الأفقية (Horizontal forces).

4- سهل نسبياً في التحليل الإنشائي والتصميم.

5- سهل نسبياً في التنفيذ.

6- تكلفته الاقتصادية في العمالة منخفضة نسبياً.



Rigid frame: Forces and deformations.

شكل (2-2) يوضح الأنظمة الاطارية

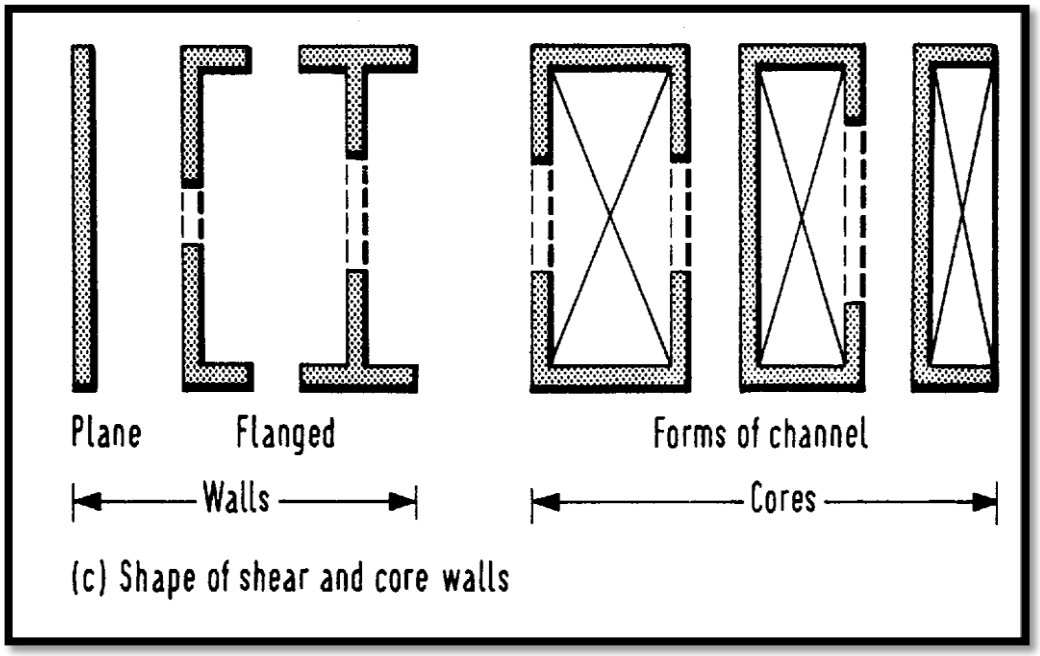
2.5.2.أنظمة جدران أو حوائط القص

جدران القص هي جدران من الخرسانة المسلحة , يجرى إستخدامها في الأبنية العالية لمقاومة الحمولات الناتجة من دفع الرياح أو من الحركات الزلزلاية إضافة إلي الحمولات الرأسية.

الجساءة العالية في إتجاه المحور لهذه العناصر تجعلها مناسبة بصورة مثالية لتقييد الأبنية العالية حيث تكون مسؤولة تماما عن مقاومة الأحمال الجانبية المطبقة على المبنى .

في أنظمة حوائط القص يتم الإهتمام بصورة خاصة بتصميم الحوائط لتتحمل أحمال رأسية وجانبية في وقت واحد ، حيث تقاوم إجهادات الشد الناتجة من الأحمال الأفقية بإجهادات الضغط الناتجة عن الأحمال الرأسية و بالتالي يتم إستخدام الحد الأدني من حديد تسليح الشد.

يجرى إختيار الجدران عادة بصورة تحقق القساوة في الإتجاهات الأربعة وبأطوال على المسقط الأفقي و سماكات تمنع معها التمدد والتقلص الأفقي في السقف و الناجم عن إجهادات حرارية.تكون الجدران باشكال متعددة مثل شكل(E-L-T-I-U) ،او على شكل خط وعادة تكون مستمرة حتى القواعد وتكون على شكل كابولي .



شكل(2-3) يوضح مقاطع حوائط القص

قد تكون هذه الجدران المذكورة مصمتة او حاوية على الفتحات ، وذلك بحسب الوظيفة المعمارية التي يؤديها الجدران ، الا أنه من الجدير بالذكر أن الفتحات تزيد من تعقيد العمل الانشائي ، وخاصة في تلك الحالات التي تكون فيها هذه الفتحات غير متناظرة أوغير منتظمة.

بالرغم من ان حوائط القص في الغالب تكون مناسبة في المنشآت الخرسانية ،نجد انها تستخدم احيانا كجزء من الهياكل الفولاذية المحتوية على الواح فولاذية ضخمة وخاصة في المناطق المعرضة لقيم قصوي من قوي القص .

تكون الجدران مفرده ، أو (Link Wall) وهي التي تربط البلاطات أو العارضات مع إهمال العزوم أو (coupled wall) والتي تربط بواسطة عناصر مقاومة للعزوم .

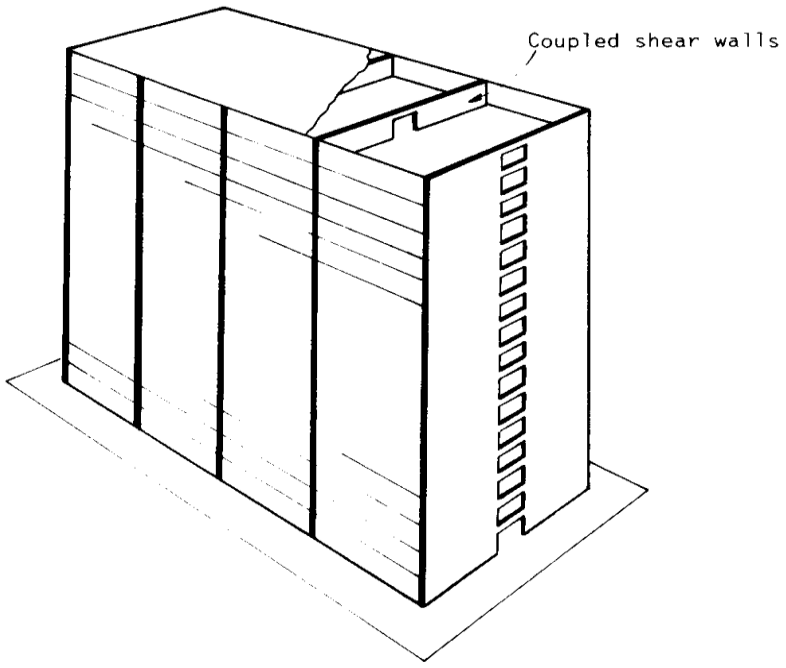


Fig. 4.9 Coupled shear wall structure.

شكل(4-2) يوضحcoupled shear wall

3.5.2.الأنظمة المشتركة (هياكل - حوائط)

هي أنظمة إنشائية مكونة من جدران قص وإطارات معا ، ويبدي هذا النظام حلولا إقتصادية في المباني السكنية والفنادق التي لا يزيد عدد طوابقها عن (30-60) طابق في حين يعتبر عدد الطوابق في أبنية الخدمات الأخرى والمكاتب (20-35) طابق ويعود سبب الإقتصادية إلى العمل المشترك الذي تقوم به كل من الإطارات والجدران في مقاومة الأحمال الجانبية .

إن قساوة الجمل المختلطة يكون عموما أكبر من قساوة أي من الجدران أو الإطارات بشكل منفرد ، مما يخفف من قيم التشوهات الحاصلة في الجملة المشتركة حيث يتم ذلك بأن تساهم الإطارات يشد الجدران بإتجاه الدفع الأفقي في القسم السفلي من البناء على حين يحدث العكس تماما في القسم العلوي منه وتجرى هذه العملية بسبب الإختلاف الأساسي في شكل التشوه بين الجدران كجملة مستقلة , والإطارات كجملة مستقلة أيضا .

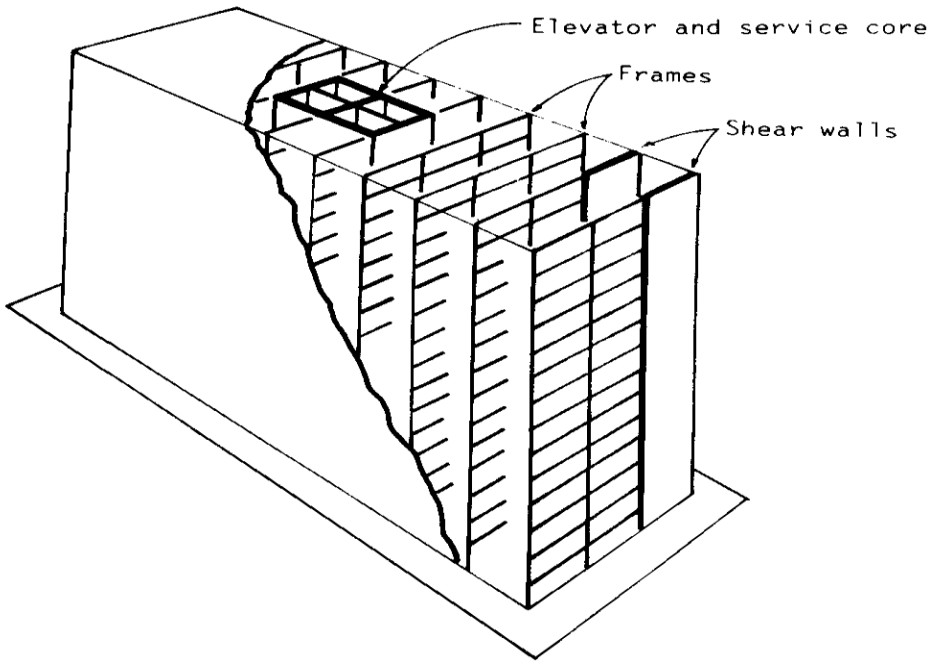


Fig. 11.1 Representative wall–frame structure.

شكل(2-5) يوضح الأنظمة المشتركة

4.5.2.أنظمة العارضات المتناوبة

هذا النظام عبارة عن جملة من العارضات العميقة (العارضات الجدراية) الموزعة ضمن المبنى بشكل متناوب كأن تتكرر بعض الجدران في الطوابق ذات الأرقام الفردية والبعض الأخر في الطوابق ذات الأرقام الزوجية.

ويساوي إرتفاع كل عارضة من العارضات إرتفاع الطابق الذي تحويه وأن التشوهات في العارضات العميقة أقرب إلى تشوهات الجدران،منها إلى تشوهات الإطارات ، لتكون هذه العارضات عناصر عالية الصلابة . تصلح الجمل المؤلفة من عارضات عميقة للإستخدام في الأبنية السكنية التي لا تزيد عن (45) طابق .

5.5.2أنظمة الهياكل الأنبوبية

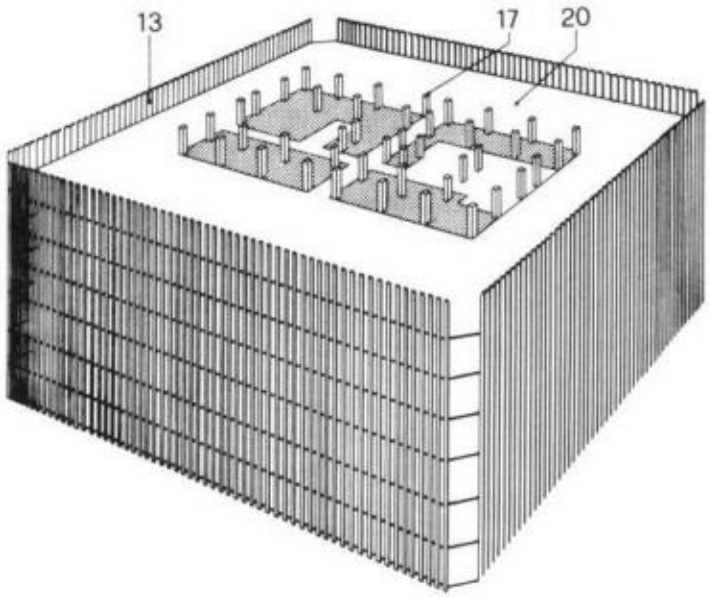
1.5.5.2نظام الأنبوب الأحادي

هي أنظمة إنشائية مكونة من أعمدة موزعة على محيط المبنى ككل ، بصورة تكون معها المسافات بين الأعمدة متقاربة ولا تتجاوز (3 م) كحد أقصى ، تستمر هذه الأعمدة على كافة طوابق المبنى وترتبط في كل طابق بعارضة محيطة ذات إرتفاع كبير نسبيا بحيث تكون الوصلات قادرة على تحمل القوى والعزوم المطبقة .

وتنتج المقاومة الجانبية لهذا النظام من الجساءة العالية ضد الإنحناء للهياكل المنتظمة الموزعة على محيط المبنى في شكل أنبوب ، وبالرغم من أن الهيكل الأنبوبي يتحمل كل الأحمال الجانبية نجد أنه يتشارك مع الحوائط والأعمدة الأنبوبية في حمل الأحمال الرأسية .

هذا النوع من الأنظمة مناسب لكل من المنشآت الخرسانية والفولاذية ، وتتميز بسهولة التشييد إضافة إلى إمكانية إستخدامه في أعلى المباني إرتفاعا .

مما يجدر ذكره في هذا النظام أن بعض من الأعمدة الداخلية أو الجدران الموزعة والمستمرة داخل طوابق المبنى ، ينقطع إستمرارها في الطابق الارضي نتيجة لإستعمال هذا الطابق كمساحة خدمية للمبنى (ممرات سيارات او محلات تجارية) ،الأمر الذي يتطلب عارضة تحويلية وهي عبارة عن عارضات ذات عمق كبير فقد يصل في بعض الحالات إلى إرتفاعات تزيد عن (6 م) وبعضها يزيد عن (1 م) .



شكل(2-6) يوضح النظام الانبوبي الأحادي

2.5.5.2.نظام الأنبوب الثنائي المتداخل

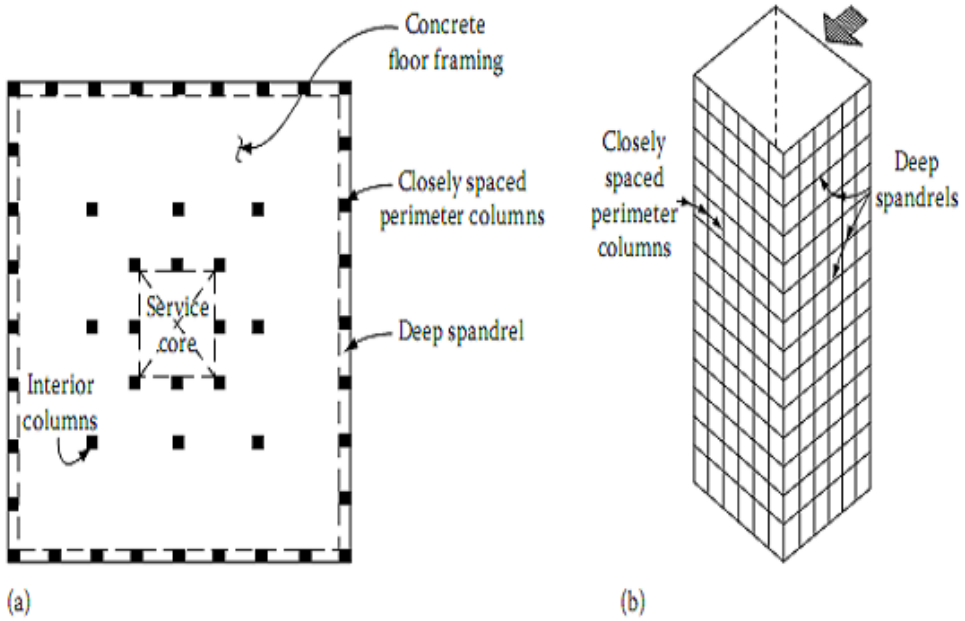
يشابه هذا النظام أنظمة الأنبوب الأحادي تماما , مع فارق واحد ؛ وهو وجود أنبوب أو جملة داخلية تكون على الأغلب مركزية (في وسط البناء)،بحيث تستخدم لتوزيع الخدمات في الطوابق ويعمل ذلك على زيادة المساحات الداخلية للطوابق والتي لا يوفرها النظام السابق بسبب تقارب الأعمدة الداخلية.

فنظام الأنبوب الثنائي المتداخل ، ليس إلا جملة من الأعمدة المستمرة والمحيطة بالبناء ومربوطة بجوانب محيطة ذات صلابة كافية تشترك معها في تلقي الحمولات جملة داخلية أشبه بالنواة تامركزية تكون عناصرها على الأغلب من العارضات العميقة أو الجدران المفرغة.

تستخدم هذه الجملة في المباني المؤلفة من (60-80) طابق أو أبنية المكاتب التي يصل عدد طوابقها بين (50-60) طابق.

3.5.5.2أنظمة الأنابيب المجمعة (الأنابيب المتعددة)

تستخدم في هذا النظام عدة جمل من الهياكل الأنبوبية بشكل متداخل لتعطي هيكلا إنشائيا يصلح لإرتفاعات أعلى من التي تقدم بواسطة الأنظمة السابقة.



Frame tube building. (a) Schematic plan and (b) isometric view.

شكل(2-7)يوضح أنظمة الانابيب المجمعة

6.5.2.أنظمة المدادات المقيدة

في الإطارات المقيدة تُدعم المقاومة الجانبية بواسطة عناصر قطرية تعمل جنبا إلى جنب مع عارضات الهيكل الرأسي , كذلك مع العمدان التي تعمل كأوتاد للهيكل ، وعموما نجد أن أنظمة

التقييد تنحصر داخل الأنظمة الفولاذية بسبب أن العناصر القطرية المستخدمة في التقييد تكون معرضة للشد بصورة حتمية في إتجاه الأحمال أو في أي إتجاهات أخرى.

توفر المقاومة الأفقية في هذه الأنظمة بواسطة الأعضاء القطرية والأبيام على شكل جملون رأسي وبما أن مقاومة القوة الأفقية تكون بواسطة الأعضاء الأفقية في الجملون كقوة شد أو ضغط محورية نجد أن أعضاء التثبيت فعالة للغاية في مقاومة القوة الأفقية.

أعضاء التثبيت تكون دائما من الفولاذ لأن الجزء من المبنى الواقع في عكس إتجاه الرياح يجعلها في حالة شد وتستخدم أعضاء التثبيت المزدوجة (Diagonal Double) في أعضاء الخرسانة لأنها تصمم كأعضاء لمقاومة القوة الأفقية الخارجية.

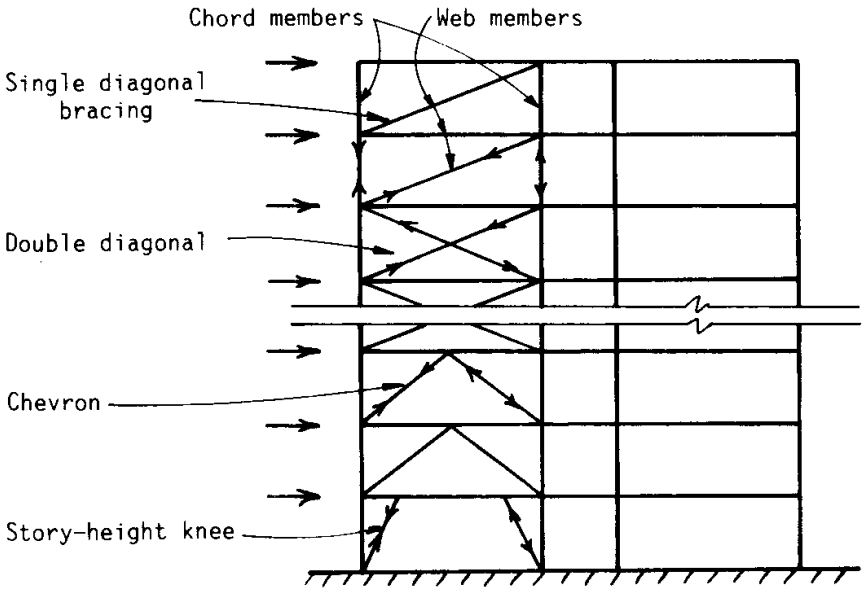


Fig. 4.4 Braced frame—showing different types of bracing.

شكل(2-8)يوضح أنظمة المدادات المقيدة

6.2.إعتبارات التصميم(Design Criteria)

يتوجب علي المهندس تطوير النظام الإنشائي للحصول على نظام متكامل يفي بمتطلبات التصميم بصورة فعّالة ويجب أن تكون إقتصادية بقدر الإمكان وتعتبر مقاومة الأحمال ضد الإنهيار والجساءة العالية ضد الثني(الإنحناء) والأداء الفعّال أثناء التشغيل(الديمومة) من متطلبات الإنشاء الأساسية.

العوامل المهمة التي تحكم التصميم الإنشائي للمباني العالية:

1.6.2 المقاومة والإستقرارية (Strength and Stability)

عند التصميم بإستخدام النهايات الحدية يكون غرض التصميم الرئيسي هو أن المنشأة يجب أن تكون قادرة على مقاومة التراكيب المحتملة من الأحمال التي تعطي أسوا تأثير وكذلك يجب أن تكون مستقرة تحت تأثيرها خلال عمر المنشأة تتضمنها أحمال التشييد والإنشاء،هذا يتطلب عمل تحليل إنشائي لجميع عناصر المنشأة بالتراكيب المحتملة التي تعطي التأثير الأسواء، إضافة للعزوم المتولدة من تحليل الدرجة الثانية .

ويجب إختيار مقاومة مناسبة للمقاطع بإستخدام عوامل أمان مناسبة ومراعاة العناصر المفتاحية (هي عناصر يكون إنهيارها سبب في إنهيار كلي أو جزئي للمبنى) بصورة خاصة.

بالإضافة لكل ذلك يجب عمل إختبار للمنشأة من المبادئ الأولية للإتزان وهي أن الأحمال الجانبية المسلطة تسبب دوران في المنشأة حول أحد حواف القاعدة، بأخذ العزوم حول أحد تلك الحواف بحيث أن العزم المقاوم الناتج من وزن المنشأ يجب أن يزيد عن عزم الإنقلاب بنسبة متضمنة عامل أمان مناسب للإستقرارية.

2.6.2.الجساءة وحدود الإزاحة (Stiffness and Drifts Limitation)

توفير جساءة مناسبة خاصة الجساءة الجانبية تعتبر من أهم العوامل التي تحكم تصميم المشاءات العالية لعدد من الأسباب الهامة وهي:

1- الإزاحة الجانبية للمنشأة ويجب أن تكون في الحدود لا تسمح بتأثير الدرجة الثانية الناتج من أحمال الجاذبية والتي تعتبر قادرة على إحداث إنهيار في المنشأة.

2- السماح للعناصر غير الإنشائية الأخرى مثل المصاعد والأبواب على إحداث انهيار في المنشأة.
3- منع الشقوق من الزيادة بشكل يؤثر في جساءة المقطع.
4- منع إعادة توزيع للقوى إلي العناصر غير الإنشائية مثل الحوائط الداخلية والواجهات الخارجية.
5- منع تأثير الحركة الديناميكية المسبب لإزعاج الموجودين داخل المنشأة.

وتعتبر الإزاحة الجانبية من العوامل التي تميز المباني العالية من العادية التي تكون فيها الإزاحة الجانبية متزايدة بإضطراد كلما إرتفع المبنى.

وهناك عامل بسيط يعطي قيمة تقريبية لجساءة المنشأة وهو عامل الإزاحة الجانبية (عبارة عن النسبة بين الإزاحة الجانبية وإرتفاع المبنى سواء كان ذلك على مستوى إرتفاع الطابق أو المبني ككل ويتراوح عادة بين (1/650 - 1/350) ، ويمكن التقييد بالقيمة التقليدية(1/500) في حالة المباني المتماثلة و المنتظمة .

كما يمكن تقليل قيمة مؤشر الإزاحة الجانبية بتغيير الشكل الهندسي للمنشأ ليعطي:

1- إستجابة أفضل للأحمال الجانبية.
2- زيادة مقاومة الإنحناء للعناصر الأفقية.
3- إضافة عناصر ذات جساءة كبيرة مثل حوائط القص أو تجميعها مع بعضها في شكل مكعب خرساني ذو جساءة عالية جداً.
4- تصميم وصلات أكثر جساءة.
5- إضافة مخمدات لإمتصاص الحركة إذا تطلب الأمر.

3.6.2هبوط الأساسات (Foundation Settlements)

الأحمال الرأسية والجانبية التي تحمله المنشأة تنتقل إلي الأرض عبر الأساسات، نسبة للإرتفاع العالي تكون الأحمال المنتقلة عبر العمود إلي القاعدة كبيرة.

يتم إختيار نوع الأساس على حسب نوعية التربة، فإذا كانت التربة صلبة جداً يمكن إستخدام أساسات سطحيه أما إذا كانت التربة ضعيفة فيتطلب ذلك إستخدام أساسات عميقة مثل الأساسات الحصيرية التي يمكن أن تكون موضوعة فوق خوازيق إذا كان مستوي التربة الصلبة بعيد هذا النوع من الأساسات جيد في مقاومة الهبوط الجزئي الذي يمثل عامل مهم من عوامل التصميم.

7.2التحليل الانشائي للمباني العاليه (Structural Analysis)

تهدف عملية التحليل الانشائي إلى إيجاد الإجهادات الداخليه في كل عنصر من الهيكل الإنشائي وتحديد أشكال التشوهات والإزاحات والهبوطات من خلال حل المسائل المتعلقه بسلوك ذلك الهيكل تحت تاثير الأحمال المختلفه، تعتمد طريقة التحليل الإنشائي على نوع النظام الإنشائي المستخدم في المباني العاليه، وقد تم الإقتصار في هذا البحث على نظام حوائط القص، هنالك عدة طرق مستخدمه في التحليل الإنشائي للمباني العاليه لكل منها مزايا خاصه ،هذه الطرق هي :

1.7.2الطرق التقريبيه (Classical Methods)

تعتمد الطرق التقريبيه على إفتراضات تبسيطيه كثيره تساعد في الوصول إلى نتائج مقبوله ،وتقترب الطرق التقريبيه من الدقه كلما كان السلوك الفعلي للمنشاء أقرب للإفتراضات التي تعتمد عليها تلك الطرق وهذه الطرق مثل طريقة المرونه وطريقة القساوه ،طريقة (Portal Method)،وطريقة (Cantilever Method)وكلها تعطي نتائج دقيقه .

وقد تم التركيز في هذا البحث على طريقة مركز المرونة التقريبية.

1.1.7.2طريقة مركز المرونة التقريبية

وتسمى طريقة مركز الفتل أو مركز الدوران ، و تعتمد هذه الطريقة على الأساسيات التالية:

1-إرتفاع حوائط القص ثابت خلال الطابق الواحد.

2-معاير المرونة ثابت في كل حوائط القص .

3-تعتبر مقاومات الجدران (العناصر الخطية) في الإتجاه القصير لمقطعها معدومة ، و الأحمال الأفقية تطبق عليها في الإتجاه الطويل فقط.

4-لا تتشوه السقوف المستوية في الطوابق بسبب القوى الأفقية المطبقة عليها.

يعطى عزم العطالة لشكل مستوي بالنسبة إلى محورين (y,x) واقعتين في نفس المستوى كما يلي:

$$Ix=Y2.A \qquad (2.2)$$

$$IY=X2.A \qquad (3.2)$$

ومن أجل مستطيل أبعاده (bxh) يصبح عزم العطالة حول المحور المار بمركز ثقله كما يلي:

$$I_x = \frac{bh^3}{12} \qquad (a.4.2)$$

$$I_y = \frac{bh^3}{12} \qquad (b.4.2)$$

وعزم القصور الذاتي للمستطيل بالنسبة لقاعدته:

$$I_{x1} = \frac{bh^3}{3} \qquad (5.2)$$

عزم القصور الذاتي للمستطيل بالنسبة لقطره:

$$I_x = \frac{b^3 h^3}{6(b^2 + h^2)} \qquad (6.2)$$

ويمكن الحصول على عزم القصور الذاتي لأي شكل مستوي بالنسبة إلى محور ما , بتقسيم سطحه إلى شرائح , وضرب مساحة كل شريحة بمربع بعد مركز ثقلها عن المحور المراد حساب العزم عنده.

ويعطى نصف قطر القصور الذاتي(نصف قطر الديمومة أو التدويمي) لشكل ما بالعلاقة:

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}} \qquad (7.2)$$

حيث:

I=عزم القصور الذاتي

A=مساحة الشكل

عزم القصور القطبي

يسمى عزم القصور الذاتي لشكل ما بالنسبة إلى محور متعامد مع مستواه بعزم القصور القطبي

$$J = r^2.A = I_x + I_y \qquad (8.2)$$

عزم القصور الذاتي لشكل ما حول محورين (1,2) موازيين للمحور (x,y) المارين بمركز ثقله هو

$$I_{12} = I_{xy} + x_1.y_1.A \qquad (a.9.2)$$

$$I_{xy} = x.y.A \qquad (b.9.2)$$

A=تمثل مساحة الشكل

X_1, y1=إحداثي مركز الثقل بالنسبة للمحورين (1,2)

عزم القصور الذاتي حول محور عمودي على الشكل ومار من النقطة (O1) (أي حول محور موازي للمحور المار من مركز الثقل المتعامد مع مستوى الشكل).

$$J_{O1} = J_0 + r^2.A \qquad (10.2)$$

2.1.7.2طريقة مركز المرونة التقريبية في الحالة العامة

تتعرض هذه العناصر التي عددها(n)ما إلي قوة أفقية(W) في مركز ما(Cg) وتعتبر مطبقة هذه العناصر المدروسة مصمتة ولاتحتوي على فتحات.

نظرا لإختلاف عزوم عطالات هذه العناصر حول محاورها في الاتجاه القصير والمارة من مراكز ثقلها فإن الحمولة(W) ستؤدي الي دوران هذه الجملة حول محور واحد عمودي على الشكل المبين(Ce) إضافة الى انتقال افقي (Δ)

وتسمى النقطة(C_e) المار منها المحور المذكور بمركز دوران المجموعة أو بمركز المرونة لها , ودوران هذه الجملة يسبب عزم إلتواء مقداره:

$$M_t = W.e \qquad (11.2)$$

وهو يؤثر على كافة العناصر بسبب عدم تطابق مركز الحمل (C_g) مع مركز (C_e) حيث

e=المسافة العمودية بين النقطة (C_e) وإمتداد منحنى القوة (W).

بإعتبار أن الحمل (W) تتطبق في المركز(C_e) , ويرافقها عزم الإلتواء(M_T) , وعندئذٍ سيؤثر وضع التحميل هذا على كافة عناصر المجموعة كما يلي:

إذا إعتبرنا مستوى ما (كالطابق الأسفل من الطابق المدروس) منسوباً مقارنة, فإن الجملة ستتحرك بإنتقال نسبي (نسبة لمستوى المقارنة) مقداره(Δ) بسبب تطبيق(W) في (C_e) , وستدور بزاوية(θ) بإتجاه تأثير العزم(M_T) المطبق في (C_e) , ونتيجة لذلك؛ فأن أي عنصر من العناصر المجموعة سيتلقى أو سيقاوم نسبة من الحمولة(W) المطبقة اصلا (C_e) مقدارها

$$W_i = f_i . W \qquad (12.2)$$

حيث (f_i) تسمى معامل توزيع الحمولة.

وعند تطبيق الحمولة(W) في المركز(C_e) بمرافقة عزم الإلتواء (M_T) , يبسط مفهوم معامل توزيع الحمولة (f_i) ويمكن أن تكتب:

$$F_i = \alpha_i + \beta_i \qquad (13.2)$$

حيث :

($\boldsymbol{\alpha}_i$)=معامل توزيع الحمولة الناتجة عن إنسحاب الجملة بسبب تطبيق (W) في(Ce) .

($\boldsymbol{\beta}_i$)=معامل توزيع الحمولة الناتجة من دوران الجملة بسبب تطبيق(W) في(Ce).

وبالتالي يكون نصيب العنصر المدروس (i) من الحمولة الكلية (W) المطبقة على الجملة كاملة:

$$W_i = \alpha_i . W + \beta_i . W \qquad (14.2)$$

ويمكن تلخيص خطوات هذه الطريقة بتوزيع الحمولات الأفقية على العناصر الرأسية للجملة الإنشائية:

1-يجرى حساب عزوم القصور الذاتية (المستبدلة الصلابات النسبية) لكل عنصر على حده حول محوري القصور الذاتية الرئيسيين (aa-bb) لهذا العنصر(I_a - I_b).

2-يتم اختيار جملة محاور إحداثية إعتبارية لمجموعة العناصر بهدف تسهيل عمليات الحساب (ولتكن (LL-HH)).

3-نحسب عزوم القصور الذاتية المائلة لعناصر الجملة بالنسبة للمحاور الإعتبارية (LL-HH) , فمن أجل عنصر (i) يكون :

$$I_{Li} = I_{ai}.\cos^2\theta_i + I_{bi}\sin^2\theta_i \qquad (a.15.2)$$

$$I_{Hi} = I_{ai}.\cos^2\theta_i + I_{bi}\sin^2\theta_i \qquad (b.15.2)$$

حيث(θ) هي الزاوية التي يصنعها المحور الرئيسي (a_i , a_i)للعنصر مع المحور(LL) ,ولهذه القصور الذاتية مركبات حول كل من(LL , HH) تعطى كمايلي:

$$(I_{LH})_i = (I_{ai} - I_{bi})\sin\theta_i.\cos\theta_i \qquad (c.15.2)$$

وهي تساوي الصفر في الحالات التي تكون فيها المقاطع العرضية للعناصر متناظرة حول محوريها الأساسيين (aa-bb) , أو في الحالات التي تنطبق فيها المحوريين المذكورين مع محوري القصور الذاتي الرئيسيين للجملة, كما انه للعناصر الخطية نستطيع إهمال قيمة(I_{bi}) وبالتالي تصبح كافة حدود العلاقات الحاوية على عزم القصور الذاتي هذا مساوية للصفر.

ويكون مجموع هذه القيم للجمل المدروسة ككل:

$$I_L = \sum\nolimits_n I_{Li} \qquad (a.16.2)$$

$$I_H = \sum\nolimits_n I_{Hi} \qquad (b.16.2)$$

$$I_{LH} = \sum\nolimits_n (I_{LH})_i \qquad (c.16.2)$$

1-تعيين إحداثيات مركز مرونة الجملة في الحالة العامة كما يلي:

$$L_C = \frac{I_{LH}\sum_{i=1}^{n} I_{Li}.H_i - I_{Li}\sum_{i=1}^{n} I_{Hi}.L_i}{I_L.I_H - I_{LH}^2} \qquad (a.17.2)$$

$$H_C = \frac{I_{LH}\sum_{i=1}^{n} I_{Li}.H_i - I_{Li}\sum_{i=1}^{n} I_{Hi}.L_i}{I_L.I_H - I_{LH}^2} \qquad (b.17.2)$$

وتحدد بعد ذلك جملة محاور القصور الذاتي الرئيسية (xx-yy) لمجموعة العناصر ككل .

2-تحسب الصلابات المائلة بالنسبة لهذه المحاور الجديدة كما في العلاقات ()مع الإنتباه بأن الزاوية () تستبدل ب() وهي الزواية التي يشكلها المحور الرئيسي (a-a) للعنصر المدروس مع المحور (x-x)

3- تحسب القوة الجزيئية التي يتحملها كل عنصر كما يلي:

$$W_{ia} = (W_{wi} + W_{MTi})_a \qquad (a.18.2)$$

$$W_{ib} = (W_{wi} + W_{MTi})_b \qquad (b.18.2)$$

حيث

$(W_{Wi})_a$=النسبة من القوة الكلية التي يتحملها عنصر(i) بالإتجاه(a_i-a_i) بسبب تطبيق الحمل الكلي (W) في المركز(C_e).

$(W_{Wi})_b$=النسبة من القوة الكلية (W) التي يتحملها عنصر(ه) بالإتجاه(b_i-b_i) بسبب تطبيق الحمل الكلي (W) في المركز(C_e).

$(W_{MTi})_a$=النسبة من القوة الكلية (W) التي يتحملها عنصر (i) بالإتجاه (a_i-a_i) بسبب تطبيق العزوم (M_T) في (C_e).

$(W_{MTi})_b$ =النسبة من القوة الكلية (W) التي يتحملها عنصر (i) بالإتجاه (b_i-b_i) بسبب تطبيق العزوم (M_T) في (C_e).

وتبسيطاً للحساب فإن هذه القوة الأربعة تعطى بالعلاقة التالية في الحالة العامة , من أجل عنصر (i):

$$W_{Wia} = \left(\frac{I_{ai}}{I_x} W_x . \cos\theta_i + \frac{I_{ai}}{I_y} W_y . \sin\theta_i\right) + \left(\frac{I_{ai}}{J} A_i . M_T\right) \qquad (a.19.2)$$

$$W_{Wib} = \left(\frac{I_{bi}}{I_x} W_x . \cos\theta_i + \frac{I_{bi}}{I_y} W_y . \sin\theta_i\right) + \left(\frac{I_{by}}{J} B_i . M_T\right) \qquad (b.19.2)$$

حيث

(I_x)=عزم القصوالقصور الذاتي لمجموعة العناصر حول المحور الرئيسي$(x_i\text{-}x_i)$ (قصور ذاتي مائل)

(W_x)=مركبة الحمل (W) على المحور(x-x)

$(_i\theta)$=الزاوية بين المحور الرئيسي (x-x) للمحور$(a_i\text{-}a_i)$ للعنصر المعتبر (i)

(I_y)=عزم قصور الذاتي لمجموعة العناصر حول المحور الرئيسي (y-y)

(J)=عزم القصور الذاتي القطبي لمجموعة العناصر حول المحور العمودي على المستوى المدروس والمار من مركز الدوران والمعطى بالعلاقة التالية:

$$J = \sum (I_{ai}.A^2 + I_{bi}.B^2) \qquad (20.2)$$

2.7.2 الطرق الحديثه (Advanced Methods)

في هذه الطرق يتم التحليل بإستخدام المصفوفات وتوجد طريقتان هما :

- طريقة القوه (المرونه) (Force Flexibility Method).
- طريقة الإزاحه (الجساءه) (Displacement or Stiffness Method).

وقد تطورت الطريقتان بعد عصر الحاسبات الإلكترونيه وذلك لأنهما تؤديان على عدد كبير منالمعادلات الآنيه لايمكن حلها إلا بإستخدام الحاسبات ،وقد تم بإستخدام طريقة الإزاحه تطوير عدد من البرامج في التحليل والتصميم الإنشائي على إختلاف أنواعها وهي لاتلغي أهميه معرفة المهندس بالطرق التقريبيه والخبره الكافيه لأن إستخدامها بدون خبره قد يكون ضارا بدلا من أن يكون نافعا .

مع إزدياد الحوجه لمباني عاليه أصبحت عملية تحليلها يدويا شاقه وخصوصا بعد الثوره الهائله في مجال الحاسوب ،لذلك تم إختراع برامج تعمل على تحليل وتصميم المباني العاليه ساهمت في

توفير الوقت والجهد ودقه عاليه في النتائج، تعمل هذه البرامج على نظام العناصر المحدده (Finite Element)، حيث يتم تقسيم المنشأ إلى عناصر صغيره في شكل شبكه (Meshing)، والجدير بالذكر أن العناصر الإطارية (كمرات ، أعمدة وروابط) وتعرف في هذه البرامج كعنصر إطاري (Frame Element)، بينما تعرف البلاطات وحوائط القص والتعليات (Ramps) كعناصر قشرية (Shell Element)، ومن أمثلة هذه البرامج،برنامج(ETABS).

أهم البرامج المستخدمة في الهندسة المدنية

في ظل التطور السريع والكبير في برمجيات الحاسوب , فقد بات إستخدام هذه البرمجيات في مختلف جوانب الحياة واقعاً ملموساً وضرورياً ومن بين المجالات التي تخدمها برامج الحاسوب مجال البناء والانشاءات الهندسة المدنية:

(SAP2000)

وهو إختصار لكلمة (Structural Analysis Program).

وهو من أشهر وأسهل البرامج التي تساعد المهندس في تحليل وتصميم مختلف المنشآت ، ويتميز بسهولته وسرعته ، وتطبيقاته الواسعة ، الدقة في الحل رغم تعقد المنشات و إمكانية التعديل في البيانات أثناء الحل.

(SAFE)

وهو إختصار لكلمة (Slab Analysis by the Finite Element Method)

هو من إنتاج شركة CSI المنتجة لبرنامج الساب ويختص بتصميم وحل البلاطات والأساسات بجميع أنواعها لما فيه من إمكانيات تتوافق مع العناصر السطحية .

(STAAD PRO)

وهو منافس برنامج ساب ويختص بحل المنشآت المعدنية ويتميز عن باقي البرامج بخطواته الثابتة في الحل ممايعطي مرونة كبيرة للمستخدم في التعامل وإخراج النتائج.

(Revit Structure)

هو أحد برامج شركة (Auto desk) ويقوم هذا البرنامج بعمل الأتي

إستيراد ملفات (Revit) المعماري وأيضاً ملفات الأتوكاد والتعامل معها إضافة العناصر الإنشائية مثل البلاطات والكمرات وغيرها. إضافة التفاصيل الإنشائية مثل التسليح وغيرها

تحليل و تحميل المنشآت كما يعمل على عمل حصر الكميات والخامات , و عمل كافة التفاصيل والقطاعات والواجهات

(AUTOCAD (2D-3D))

يعد امن أهم وأقوى البرامج المستخدمة لإنشاء الرسومات الهندسية بمختلف أنواعها .بهذا البرنامج يمكن التعامل مع الرسم الثنائي والثلاثي والتعرف على مهارات الرسم المختلفة كما يمكن التعامل مع أدوات التعديل وأستخدام الطبقات لترتيب الرسومات إضافة إلى الخطوط والزوايا وكذلك إنشاء المجسمات الأساسية وإستخدام أوامر التعديل لتحويلها إلى مجسمات مركبة وإنشاء القطاعات الثنائية والمسطحات المنظورة للأشكال ثلاثية الأبعاد كما يمكن رفع الحوائط والخطوط وتحويل الأشكال الثنائية إلى مجسمات وأيضاً إنشاء جداول وأنماط الطباعة وطباعة مسقط و منظور للوحة الرسم

1.2.7.2 برنامج (ETABS)

(ETABS)= (Extended Three Dimension Analysis of Building System)

وقد ولدت فكره تصميم البرنامج المخصص لتحليل وتصميم منشأت المباني في عام 1963 م وتم إنتاج أول نسخه في جامعه بيركيلي في ولايه كاليفورنيا في الولايات المتحده الأمريكيه عام 1984.وطورت فيما بعد نسخ عديده من البرنامج مثل(8.2.8) وإلى أن وصلت للنسخه المستخدمه في هذه الدراسة (15) والتي أنتجت بإشراف معهد مواصفات المنشأت (CSI)، وهنالك إصداران من البرنامج؛ الأول وقد خصص للتحليل الخطي ،أما الإصدار الثاني (ETABS nonlinear) مخصص للتحليل غير الخطي.

يتميز برنامج الإيتابس في دراسة تأثير الرياح والزلازل على المنشئات بالإضافة للأحمال الرأسية وأيضا يمتاز بسهولة إستخدامه. وتم إستخدام النسخة 8.4 من برنامج الإيتابس في نمذجة برج خليفة أطول بناء في العالم حالياً لتحليله إنشائياً تحت تاثير الحمولات الشاقولية والجانبية (الرياح والزلازل) يستخدم لتصميم المنشآت المختلفة حيث يتم إدخال المسقط الأفقي للطابق المراد

تصميمه في البرنامج، وعن طريق عدة أوامر يتم البرنامج بحل المنشآه حيث يقوم البرنامج بحساب الأبعاد وكميات الحديد المدخلة في الحسابات حيث يوضح بأنها كافية أم تحتاج إلى زيادة.

1.1.2.7.2 أهم مميزات هذه النسخة من البرنامج:

1. مستعرض النماذج (Model Explorer) والذي يحتوى علي:
   Model, Display ,Table ,Reports and Detailing
2. إمكانية عرض عدد لا محدود من النوافذ حيث كانت النسخ السابقه تسمح بعرض أربعه نوافذ فقط.
3. إضافة أسلوب جديد لعرض النموذج بإستخدام الأمر (Show Rendered View).
4. تغير بعض الأيقونات والشاشه الرئسيه وأصبحت الأوامر أكثر سهوله في التعامل.
5. عند إستيراد ملفات أوتوكاد يتم التعامل مع طبقات برنامج أوتوكاد وتسميتها والتحكم بسهوله جدا في عرض الطبقه المراد إظهارها .
6. سهوله رسم الحوائط والبلاطات المائله .
7. وجود حوائط القص بأشكال قياسيه يتم فقط التغير في الأبعاد .
8. تم حل مشاكل العارضه الرابطه بين الحوائط (Spandrel beam)وتخصيصها أوتوماتيكيا .
9. تفاصيل حديد التسليح بصوره جيده كما في برنامج (SAFE).

❖ **يوجد تشابه بين (ETABS 2015) و (ETABS 2013) إلا أن النسخة الحديثة تتميز من سابقتها في**

1- النسخة الجديدة فيها تطويرات هامة بموضوع التصميم الزلزالي وإجراء التحليل الديناميكي للخطأ عن طريق معرفة السلوك الفعلي للمنشأ من خلال حساب وتقييم الطاقة المتبددة ضمن المنشأ خلال تعرضه للزلزال وهو ما أطلقت عليه الشركة إسم (PBD: Performance Based Design).

2 - إدخال كودات (دليل معاهد التصميم) جديدة في البرنامج : منها الكود (ACI 318-14) في خيارات (Concrete Frame Design) و (Shear Wall Design).

3 - تطوير لواجهة العرض وأشرطة الأدوات عن النسخ السابقة.

4 - إمكانية إختيار مصادر متعددة للكتلة (Mass Source) لإستخدامها في التحليل اللاخطي.

5 - توفر خيارات جديدة لموضوع الحلقات والصلابات وإنخفاض الصلابات الناتج عن الزلزال (Stiffness Degradation).

6 إنشاء مخططات (Demand/Capacity) المعروفة بإسم (D/C) مع الجداول الخاصة بها من أجل الحكم على السلامة الإنشائية للعنصر بشكل أسرع.

7 - إمكانية توليد زلزال صنعي على المنشأ عن طريق الربط بين السجل الزمني للزلزال مع طيف الاستجابة: (Time History matched to Response Spectrum).

8- إمكانية نمذجة المفاصل المتشكلة في جدران القص.

9- النمذجة اللاخطية للتربيط الممنوع من التحنيب (BRB).

10- إمكانية إزاحة مركز الكتلة بلا مركزية محددة في الدايافرامات الصلبة ونصف الصلبة.

11- التصميم والتحقق من الوصلات الفولاذية ووصلات الـ (Base Plate).

12- تقنيات نمذجة لاخطية مثل الـ (Construction Sequencing) وتأثيرات الزمن على العنصر المدروس (الإنكماش والزحف).

8.2 التصميم الإنشائي للمباني العاليه:

إن تصميم العناصر الإنشائيه يعني إيجاد أبعاد المقطع الملائمه وكمية حديد التسليح المطلوبه وتفاصيلها ،لكي يتمكن العضو الإنشائي من تحمل الاحمال القصوى المسلطه عليه

طرق التصميم الأنشائي

هنالك طريقتين لتصميم المنشأت الخرسانيه المسلحه هما:

1.8.2 طريقة إجهاد التشغيل

هذه الطريقه تعتمد على فرضية السلوك المرن في تحليل المنشأت وفرضية التناسب بين الإجهادات والإنفعالات ،في هذه الطريقه تكون مقاومة الأحمال هي النسبه بين الإجهادات القصوى والإجهادات المسموح بها ،أما الأحمال في الأحمال الحقيقيه المسلطه .

2.8.2طريقة المقاومه القصوى

في هذه الطريقه يتم التحليل كما في طريقة إجهادات التشغيل سابقة الذكر على إفتراض السلوك المرن ،أما تصميم المقطع يتم تحت تأثير الأحمال القصوى حيث تؤخذ معاملات أمان على الأحمال ،إذ يتم ضرب الأحمال في معاملات أمان (أكبر من واحد) للحصول على الأحمال القصوى التي المقطع لتحملها.

2.8.2 الإفتراضات الأساسيه للتصميم

1. القوى الخارجيه تكون موازيه للقوى الداخليه .
2. المقاطع المستويه قبل الإنحناء تظل مستويه بعد الإنحناء.
3. إهمال إجهادات الشد التي تتحملها الخرسانه .
4. وجود تماسك تام بين الخرسانه وحديد التسليح .
5. الإنفعال الأقصى في الخرسانه (0.0035) حسب المواصفات البريطانيه ،و (0.003) حسب المواصفات الأمريكيه.