

إنشاءات معدنية

المنشآت الصناعية و متعددة الطوابق

الوحدة الثالثة: المنشآت الصناعية ومتعددة الطوابق

- **الجدارة :** التعرف من خلال هذه الوحدة على النظم الإنشائية الرئيسة ، و عناصر و مكونات المنشأ الفولاذي، و نظم التدعيم لمقاومة أحمال الرياح، و طريقة انتقال الأحمال.

الأهداف :

عندما تكتمل دراسة هذه الوحدة تكون قادراً (بإذن الله) على أن:

- النظم الإنشائية الرئيسة.
- عناصر و مكونات المنشأ الفولاذي.
- نظم التدعيم لمقاومة أحمال الرياح.
- طريقة انتقال الأحمال.

مستوى الأداء المطلوب : أن يصل أداء المتدرب إلى إتقان هذه الجدارة بنسبة 100٪.

الوقت المتوقع للوحدة:

٤ ساعات.

الوسائل المساعدة :

- مبادئ خواص المواد الهندسية.
- أساسيات مقاومة المواد.

متطلبات الجدارة:

اجتياز حقيبة ستاتيكا.

المنشآت الصناعية ومتعددة الطوابق

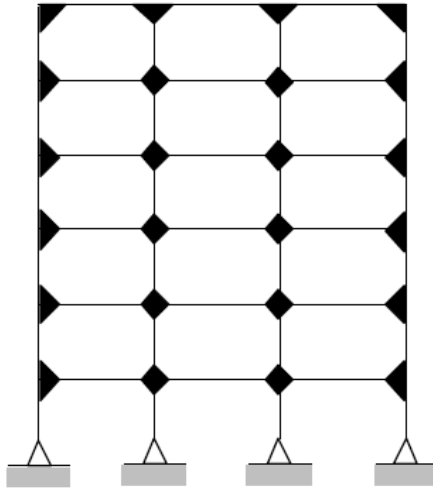
١. النظم الإنشائية الرئيسية

يأخذ الشكل الهندسي للبناء، وكذلك المواد المكونة له، الدور الأساسي في تحديد مقاومة هذا البناء للدفع الأفقي الناتج عن حركة الرياح، كما أن تلك المقاومة ترتبط بشكل مباشر بالهيكل الإنشائي الذي يمتص هذه الحمولات. وتتفرع عن العناصر الرئيسية للمنشأ مجموعة من النظم الإنشائية، فهناك نظم الإطارات، وأنظمة جدران القص، والنظم المشتركة، والنظم الجائزية المتناوبة، وأنظمة الأنبوب الأحادي، وأنظمة الأنبوب الثنائي المتداخل، وأنظمة الأنابيب المتعددة وغيرها. ويجري اختيار النظام الإنشائي للبناء تبعاً لعوامل عدة، نذكر منها :

- الوظيفة الاستثمارية للبناء.
- ارتفاع البناء ومسقطه المعماري.
- عدد الطوابق الإجمالية.
- شكل ومقدار الحمولات المطبقة.
- طبيعة التربة وطبيعة موقع الإنشاء.

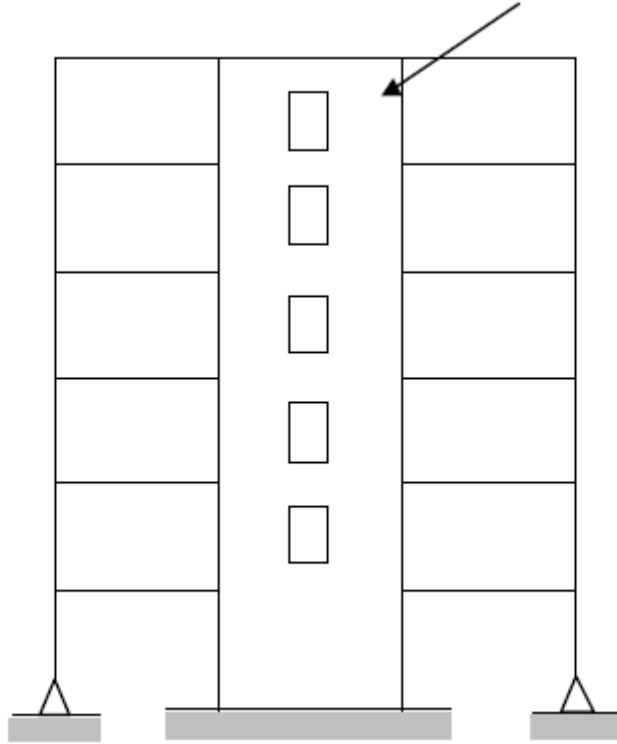
و هناك أربعة أنواع معروفة من الأنظمة الإنشائية وهي:

أ - نظام الإطار المقاوم للعزوم **Moment Resisting Frame System** : وهو الذي يؤمن مقاومة الأحمال الأفقية بشكل رئيس عن طريق انثناء أجزائه (الشكل 3.1).



الشكل 3.1 : نموذج للإطار المقاوم للعزوم Moment Resisting Frame

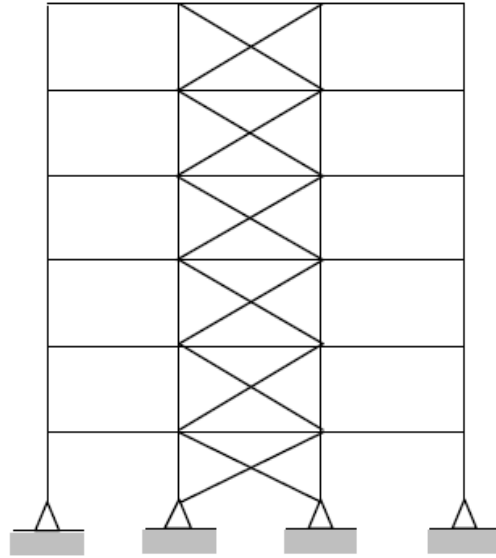
ب - نظام الإطار البنائي **Building Frame System** : يؤمن مقاومة الأحمال الأفقية عن طريق حوائط قوى القص (الشكل 3.2) أو الإطارات المسنودة Braced Frames .



الشكل 3.2 : نموذج لإطار حوائط قوى القص Shear Wall Frames

- ج - النظام الشائى **Dual System** : وهو نظام إنشائى يشتمل على أنظمة إنشائية منفصلة تدعم بشكل مستقل أحمال الأوزان من جهة والقوى الأفقية من جهة أخرى وتتميز هذه الأنظمة بما يلي :
- ١ - تقاوم الأحمال الناتجة عن الأوزان بشكل رئيس كإطار فراغى متكامل .
 - ٢ - تقاوم الأحمال الأفقية من خلال :
 - إطار فراغى استثنائى مقاوم للعزوم فولاذى قادر على مقاومة قوة قص القاعدة Base shear .
 - حوائط قوى القص (Shear walls) أو الإطارات المدعمة (الشكالات) Braced frames .
 - ٣ - يتم تصميم النظامين المذكورين أعلاه ليقاوما مجموع القوى الجانبية حسب نسبة صلابتهما .

- د - نظام الجدران الحاملة Bearing Wall System : هو نظام إنشائي بدون إطار فراغي حامل للأوزان الرأسية . تقاوم الجدران الحاملة أحمال الأوزان أما بالنسبة لمقاومة القوى الجانبية فتتم بواسطة حوائط قوى القص (Shear Walls) أو الإطارات المدعمة (الشكالات) كما هو مبين في الشكل 3.3.

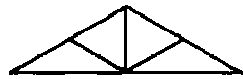


الشكل 3.3 : نموذج للإطارات المدعمة (الشكالات) Shear Wall Frames

٢. عناصر ومكونات الإطارات الفولاذية:

- الجملون:

يستخدم الجملون في المباني عندما يزداد عمق الكمرات مع اتساع بحرهما و تصبح غير اقتصادية لذا يفضل استخدام الجمالونات المتكونة من أعضاء تكون مثلثات و تتقابل الأعضاء في مفاصل و لا تؤثر في أعضائه سوى القوى المحورية و تمتاز في أنها تأخذ أي شكل يناسب الغرض من استخدام المبنى (الشكل ٣,٤) .



PALLADIAN TRUSS

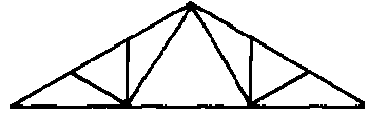


PRATT TRUSS

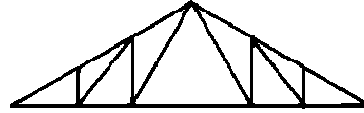
UPTO 8 m span



W or BELGIAN TRUSS

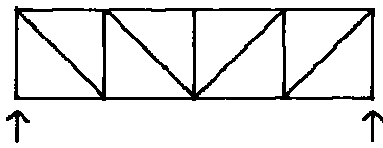


FAN TRUSS

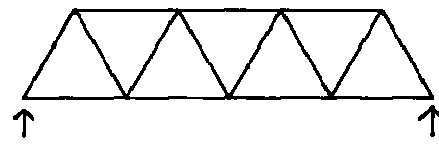


PRATT TRUSS

UPTO 12 m span



N - GIRDER

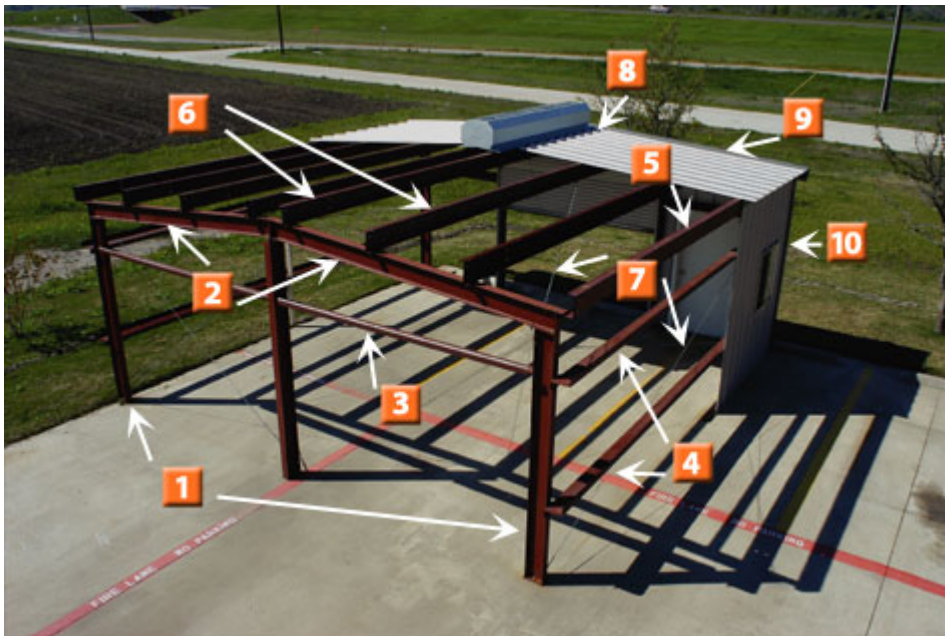


WARREN GIRDER

LONG SPAN CONSTRUCTION

الشكل ٣,٤ : أنواع الجملونات.

ويتكون الإطار الفولاذي عموما من العناصر التالية كما هو مبين في الشكل 3.5.



الشكل 3.5 : عناصر الإطار الفولاذي

١. الأعمدة الرئيسية Columns

توجد أنواع وأشكال مختلفة لقطاعات الأعمدة التي يمكن استعمالها وفقا لمختلف متطلبات المباني والتصميمات والإنشاء.

٢. رافدة (عارضة) رئيسة Rafter

هي الأعضاء الإنشائية التي تتعرض لأحمال في المستوى العمودي على محاورها الطولية و تقاوم عزوم الانحناء و قوى القص و قد يحدث عزم انحناء في مستوى واحد أو مستويين على حسب وضع الأحمال.

٣. عارضة ثانوية لنهاية الجدار Endwall Girt

توضع على امتداد نهاية الجدار و تكون مثبتة على الأعمدة الرئيسية، فائدتها تكمن في تدعيم الحائط للمبنى.

٤. عارضة ثانوية للجدار الجانبي Sidewall Girt

لها نفس العمل كما في حالة العارضة الثانوية لنهاية الجدار و ذلك لتدعيم الجهة الجانبية لجدار المبنى.

٥. رافدة رفرف السقف Eave Strut

توجد رافدتين على الجانب الطولي للمبنى في الاتجاهين لتعطي المساحة الكافية لوضع الأسقف.

٦. المدادات Purlins

هي الكمرات الممتدة في الاتجاه الطولي للمبنى و تحمل أغطية الأسقف أو الجوانب و ترتكز على الجمالونات أو الإطارات الرئيسية و تحمل المدادات وزن أغطية الأسقف و الأحمال الحية على الأسقف سواء الثلوج أو الأحمال الاحتياطية التي تحددها المواصفات حسب زاوية ميل السقف مع الأفقي.

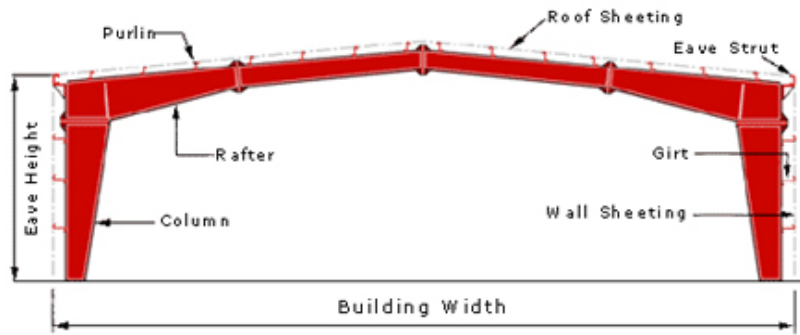
٧. أربطة الشكالات Bracing Members

هذه الأربطة عامة تعمل على نقل القوى الأفقية و تقليل الطول الانبعاجي للأعمدة أو الأعضاء المعرضة لقوى ضغط.

وهناك شكالات في أقصى السقف (٨) و أخرى على الجهة الأمامية (٩) و الثالثة على الجهة الخلفية (١٠) وفائدة كل واحدة هي لتسهيل تثبيت السقف على المنشأ.

- الهيكل الأساسي :

و هو يحتوي على الأجزاء المصنوعة من الصلب و التي تشكل الهيكل الرئيس للمبنى (الشكل 3.6) بما فيه الأعمدة و العوارض الرئيسة (الكمرات) و تمثل الهيكل الرئيس للمبنى الذي يتم نصبه اولاً ثم استكماله بالعناصر الأخرى من مدادات ثم كسوته بالجدران سواء كانت ألواحاً معدنية أو كانت حوائط إسمنتية مبنية من الطوب و يتم ربط أجزاء الهيكل الرئيس بمسامير عالية الإجهاد.



الشكل ٣,٦ : نموذج للهيكل المعدني الرئيس

- العناصر المساعدة للهيكل الرئيس :

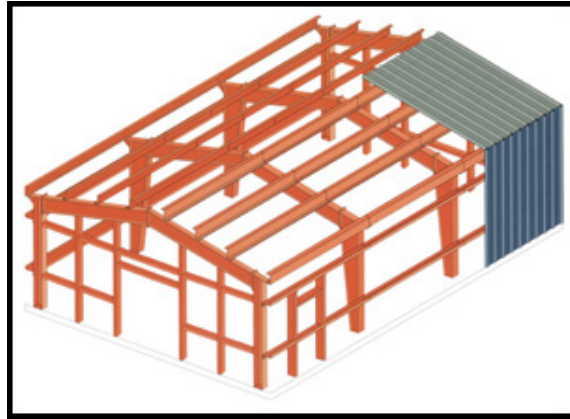
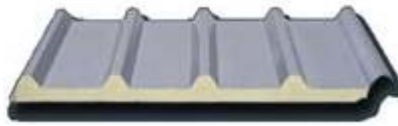
هو عبارة عن المدادات (الشكل 3.7) الطولية و العرضية على الأسقف و الأجناب و كذلك المدادات عند التقاء الحوائط الجانبية بالأسقف. و العناصر المساعدة ما هي إلا عبارة عن دعائم لتثبيت ألواح الأسقف و الحوائط.



الشكل ٣,٧ : نموذج لمدادات من النوع Z و C على المبنى.

- ألواح التغطية المعدنية

ألواح التغطية سواء كانت المكونة من طبقة واحدة مسطحة أو مضلعة تستخدم في تغطية الأسقف و الجدران الشكل (3.8). وتغطي هذه الألواح بدهانات لمقاومة الخدوش و العوامل الجوية القاسية. كما أن هناك بديل من الألواح المعدنية بالنسبة للحوائط التقليدية المبنية من الطوب.



الشكل ٣,٨ : نموذج لألواح التغطية المعدنية على المنشأ.

- الأرضيات

تختلف الأرضيات للمباني و الهياكل المعدنية عن أرضيات المباني التقليدية. والاختلاف يكمن فقط بالنسبة للأدوار الوسطى فهي غالبا ما تقام على أرضيات معدنية يتم تثبيتها في الهياكل الرئيسية و الثانوية للمبنى. وهناك عناصر ربط و تثبيت لعناصر المنشأ نذكر منها ما يلي :

- ألواح قواعد الأعمدة و طرق تثبيتها (Base plates & anchorage of column bases)

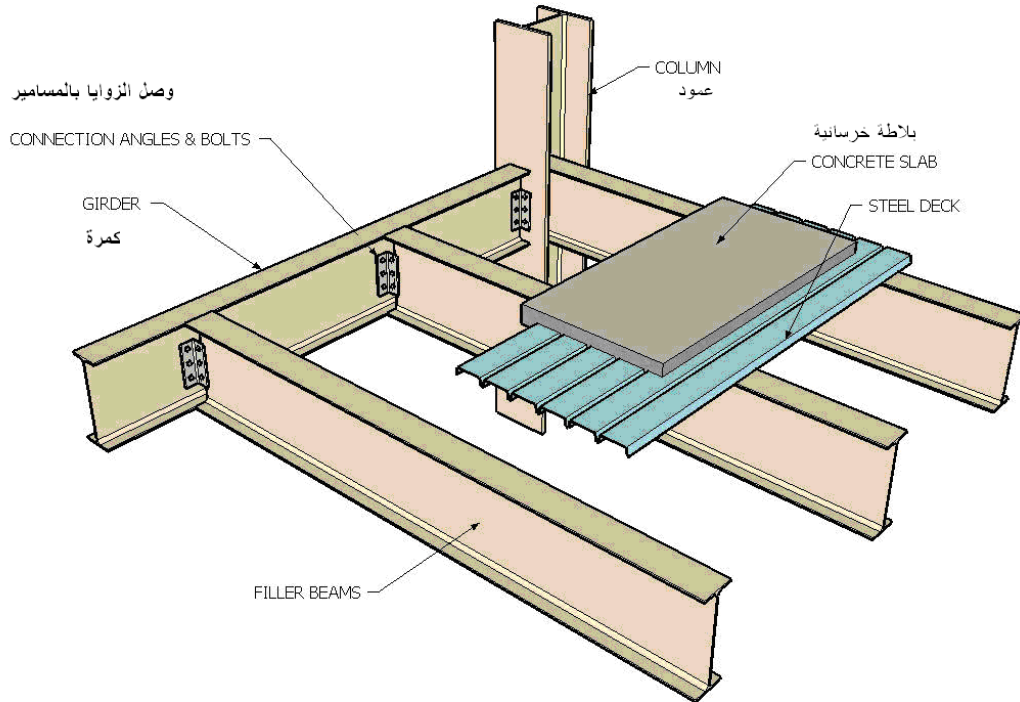
نظرا لأن الإجهادات المسموح بها في الصلب ، أكثر بكثير من تلك المسموح بها في الخرسانة ، لذلك يجب توزيع الأحمال و الإجهادات التي تتركز عند قدم العمود عن طريق قاعدة من الصلب إلى الأساسات الخرسانية ، و يثبت العمود باللحام عادة في هذه القاعدة .

• وصلات الأعمدة column splices:

تستخدم هذه الوصلات في حالة عدم اكتمال العمود للطول المطلوب و لذا يلزم عمل وصلة للجزأين بحيث تحقق الوصلة انتقال كل حمل للجزء الموصول.

• وصلات الأعمدة بالكمرات Beam-to-column connection

و تختلف نوع الوصلة ، و طرق تثبيتها المختلفة وفقا لحسابات الأحمال و نوعية القوى المختلفة (قص أو شد أو عزوم) و الأحمال الأخرى التي تتعرض لها. والشكل 3.9 والشكل ٣,١٠ يبينان نماذج لوصلات الأعمدة بالكمرات.



الشكل 3.9 : نموذج لوصلات عمود بالكمرات.



الشكل 3.10 : نموذج لوصلات الأعمدة بالكمرات.

• وصلات الكمرات بالكمرات Beam To Beam connection

هذه الوصلات (Connections) يجب أن تقي بالغرض المصممة على أساسه ، من حيث نوع الإجهادات و الأحمال المنقولة عن طريقها ، و تستخدم في هذه الوصلات مسامير القلاووظ العادية ، و يشترك معه اللحام كذلك في بعض الوصلات.

• وسائل الربط:

- مسامير البرشام Rivets :

تستعمل مسامير البرشام لربط قطاعات الحديد ببعضها . ونوع البرشام الشائع الاستعمال هو ذو القصبه والرأس الكروية (Snap Head) وطريقة ربط لوح حديد بالبرشام يتم بتسخين البرشام حتى يحمر معدنه ثم يدخل في الثقب المجهز في لوح الحديد قصبه البرشام المسخنة حتى يظهر من الجهة الأخرى للوحين المذكورين. فبينما الرأس الكروية للبرشام في موضعها يدق على قصبه البرشام الخارجية من وجه لوح الحديد الآخر بالمطرقة ليشكل منها رأساً كزاوية مماثلة للأخرى . والربط بالبرشام يحدث ربطاً محكماً لقطاعات الحديد نظراً لملء فراغ الثقب بالبرشام أثناء تسخين معدنه وعند برودته ينكمش معدنه ويحدث الربط المحكم بينهم h. كذلك يمكن الحصول على عمل رأس غاطسة بدلاً من الرأس الكروية في بعض الحالات الخاصة .

- مسامير الربط وصواميلها Bolts and Nuts

تصنع مسامير الربط من الحديد الأسود المطاوع (Mild steel Black Bolts) وتستعمل في ربط قطاعات الحديد بالموقع . حيث يدخل قسبة المسمار في الثقوب المجهزة بقطاعات الحديد المراد ربطها ثم تربط نهاية قسبة المسمار الرابط بالصامولة الخاصة به ثم يحكم الربط عليها وبعدها يدق على نهاية طرف قصبته لعدم خروج الصامولة منه . ولصعوبة الربط المحكم لقطاعات الحديد بالمسمار الرابط في التشييد ، يعتبر وصل قطاعات الحديد بالمسامير الرابطة أقل من ربطها بالبرشام.

- اللحامات Welding :

تعتبر اللحامات أكثر الطرق استعمالا لربط حديد المنشآت مع بعضه في الوقت الحاضر. ويستعمل بشروط ومواصفات خاصة كمثل المتبعة في مواصفات هيئة اللحام الأمريكية.

- يجب أن تتطابق جميع مسامير الربط والصواميل وحلقات منع التسرب (الوردات) مع المتطلبات الواردة في المواصفات.

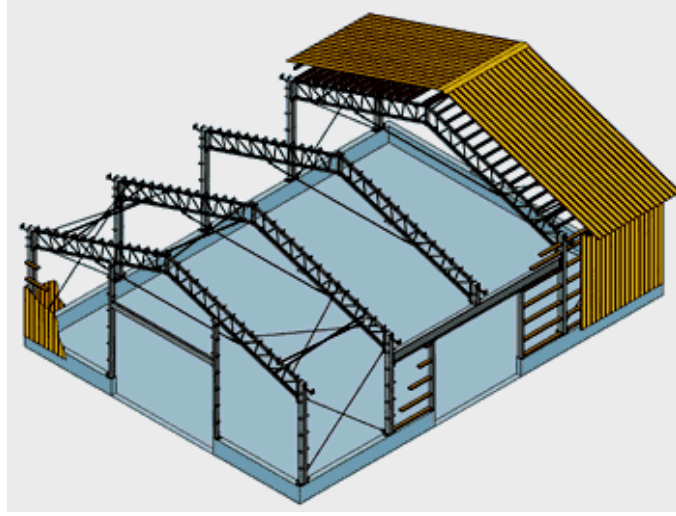
- يجب أن تكون جميع أنواع اللحام مطابقة للمواصفات.

٣. نظم التدعيم لمقاومة أحمال الرياح

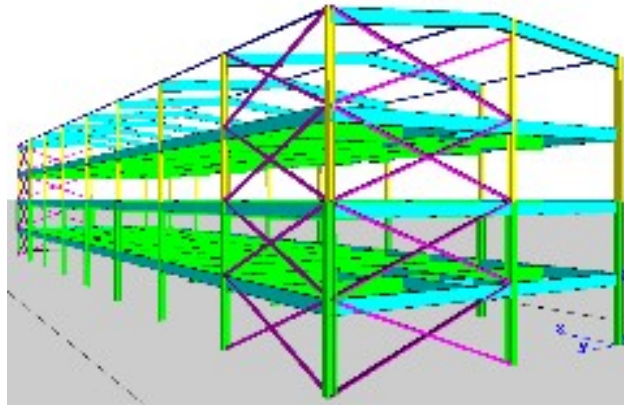
- نظم الشكالات للمباني الهيكلية من الصلب Bracing for steel framed buildings وهذه الشكالات هي لمقاومة القوى الأفقية (كما هو مبين على الشكلين ٣.١١ و ٣.١٢) التي تحدث أساسا نتيجة للرياح التي تترجم إلى قوى ضغط وامتصاص ، وفي بعض المناطق من العالم يجب تصميم المبنى بحيث يواجه بعض القوى الناشئة عن الزلازل ، والقوى الأفقية تكون عنصرا هاما للغاية في تصميم المباني العالية بصفة خاصة . وبصفة عامة فكل مبنى يجب أن يزود بشكالات ملائمة ضد القوى الأفقية وفعلها في الاتجاهين. ونظم الشكالات تنقسم إلى نوعين رئيسيين وفقا لوضعها في المبنى وهي كالتالي:

أ- نظم الشكالات الأفقية (الشكل 3.12) Horizontal bracing system

ب- نظم الشكالات الراسية Vertical bracing system



الشكل 3.11 : نموذج لشكالة أفقية على المبنى.

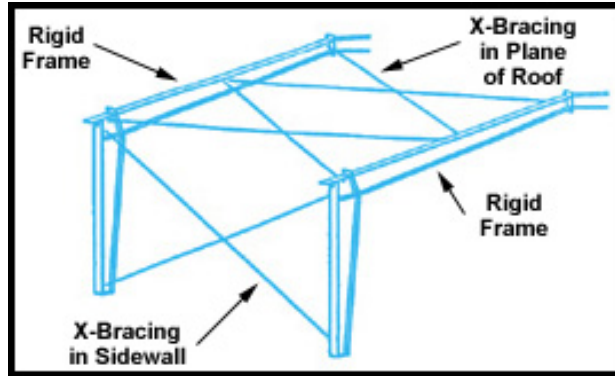


الشكل ٣.١٢ : نموذج للشكالات الأفقية و الرأسية.

و هناك ثلاثة أنظمة تدعيم لمقاومة أحمال الرياح:

أ- نظام الشكالات الأفقية و الرأسية

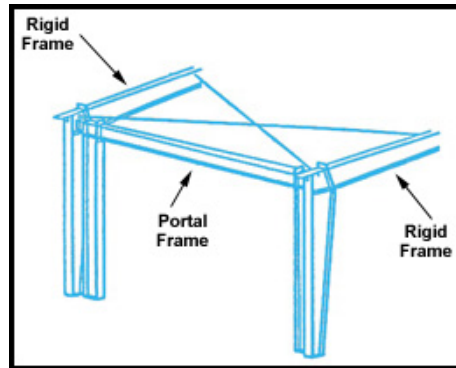
تعمل قوى الرياح على الأوجه الخارجية للمبنى (الواجهات و الأسطح) والتي بدورها تنتقل إلى العناصر الداخلية سواء الأفقية منها أو الرأسية فوجود الشكالات الأفقية و الرأسية يعمل على نقل ضغط الرياح المؤثرة على المنشأ للأساسات كما هو مبين على الشكل 3.13.



الشكل 3.13 : نموذج لشكالة أفقية و رأسية على المبنى.

ب- نظام الشكالات على شكل إطار حامل Portal Bracing

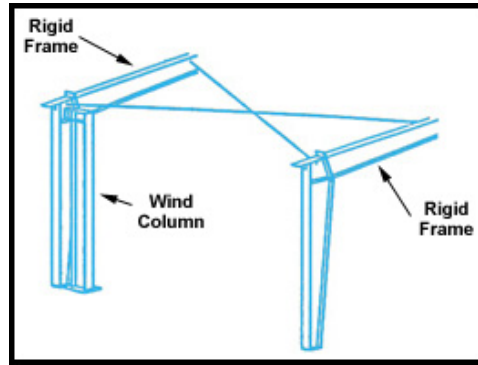
عندما يتعذر وضع أعضاء ربط رأسية بين الأعمدة بسبب وجود فتحات للأبواب كما هو مبين على الشكل 3.14 و خلافه وجب تصميم الأعمدة في الاتجاه العمودي على أساس أنها إطار حامل ليقاوم الأحمال الطولية المنقولة من الربط الأفقي على قمة الأعمدة.



الشكل 3.14 : نموذج لشكالة على شكل إطار حامل.

ج- شكالات على شكل إضافة عمود مقاوم للرياح Wind Column bracing

عندما يتعذر استخدام الحالتين السابقتين يمكن إنشاء أعمدة إضافية مقاومة للرياح ومدعمة للمنشأ كما هو مبين على الشكل (٣,١٥).



الشكل 3.15 : نموذج لشكالة على شكل عمود إضافي.

٤. طريقة انتقال الأحمال

مهما كان نوع نظام الأربطة المستخدم فلا بد من فهم كيفية نقل الأحمال المؤثرة على المنشأ إلى الأساسات أو بمعنى آخر تتبع مسار الأحمال حتى وصولها إلى الأرض وفي كل خطوة يجب التأكد من تحقيق الاتزان بين الأحمال المؤثرة والعناصر الحاملة. ولإيضاح ذلك يمكن اتباع مسار أحمال الرياح المؤثرة في حالة الاتجاه الطولي فعندما تؤثر أحمال الرياح على الواجهة فإنها تنتقل من مادة التغطية (ألواح، ومباني، وبلاطات، .. إلخ) إلى الكمرات التي ترتكز عليها وتنقل الكمرات الرأسية الحمل المتجمع عليها إلى أسفل حيث الأساسات وإلى أعلى حيث المدادات مع ملاحظة أن هذه الأحمال تحدث قوى داخلية في الكمرات الرأسية وتقوم المدادات بنقل القوى القادمة إليها من الكمرات الرأسية إلى نظام الربط الطولي ومنه إلى الأرض.