

1.3 الأحمال:

علي المهندس الأخذ بالإعتبار جميع الأحمال المؤثرة علي المنشأة طوال فترة خدمتها .

1.1.3 أنواع الاحمال الاساسية:

1. الأحمال الدائمة (Permanent load)

2. الأحمال المؤقتة (Transient load)

1.1.1.3. الأحمال الدائمة:

هي الأحمال التي تؤثر علي المنشأ في فترة زمنية ممتدة قد تصل أحياناً إلي طول عمر المنشأة أي أنها تزول بزوال المنشأ وهي تشمل الوزن الذاتي لجميع مكونات المنشأة بالإضافة للضغط الناتج من رد فعل التربة وضغط التربة وغيرها.

2.1.1.3 الأحمال المؤقتة:

هي الأحمال التي تتغير مع الزمن ويمكن إستخدامها في جميع المواقع والاتجاهات وهي ذات قيمه متغيرة عالية وتشمل الأحمال الناتجة من العريات والسكك الحديدية وأيضاً الأحمال التي تتعرض لها المنشأة نتيجة للتغيرات المناخية والتشوهات الحرارية والرياح والمياه والإنهيارات الجليدية والزلازل وغيرها .

• ومسئولية المهندس هي توقع أي هذه الأحمال هي الأكثر ملائمة للمنشأ تحت هذه

الظروف بالإضافة إلي مقدار هذه الأحمال وكيفية تأثيرها ويقوم بتطبيق الأحمال

الحرجه منها .

• كنتاج نهائي يتم عمل الأحمال في شكل مجموعات حسب المعاملات ومن ثم الأخذ

بالإعتبار أكثر مجموعة ملائمة حسب الحاله الحدية .

2.1.3 الأحمال التي تتعرض لها المنشأة:

• Dead Load (DC)

يتكون من الوزن الذاتي لمكونات المنشأة بالإضافة إلى الملحقات الغير إنشائية التي تزود بها المنشأة، هذه الملحقات غير الإنشائية تشمل الإشارات ، الحواجز، أنظمة الإضاءة، التشطيبات المعمارية وأنظمة الحماية من المياه وغيرها. تحسب أوزان مكونات المنشأة حسب متطلبات مدونة التصميم الأمريكي (AASHTO) أما بقية الملحقات فيتم حساب أوزانها حسب أشكالها والمواد التي تتكون منها وذلك بضرب المادة في مساحة الشكل الذي يتوزع عليه الحمل.

• Dead Load (DW)

يتكون من الوزن الذاتي للطبقة السطحية وأوزان خطوط الخدمات العامة مثل خطوط الكهرباء، الإتصالات، أنابيب التصريف وخطوط الإمداد بالمياه وغيرها. وقد تكون الطبقة السطحية من الأسفلت أو الخرسانة لذلك يجب حساب وزنها ووزن خطوط الخدمات العامة حسب المواد المكونة لها. نجد أن الأحمال الناتجة من وزن الأسطح الخارجية لها قدرة كبيرة على التغير مقارنة بالأحمال الناتجة من وزن المنشأة.

• Horizontal Earth Pressure Load (EH)

عبارة عن الأحمال الناتجة من ضغط التربة الجانبي، ولحساب هذه الأحمال يتطلب معرفة معلومات جيولوجية يتم إستخراجها من عمليات المسح الحقلي وتحريات التربة .

• Accumulated locked-in force effect (EL)

يتكون من تأثير القوى الداخلية المتراكمة الناتجة من عمليات التشييد بالإضافة إلي القوى الثانوية الناتجة من سبق الإجهاد إذا كان مستخدماً .

• Earth Surcharge Load (ES)

عبارة عن حمل ميت إضافي ناتج من القوى الرأسية الناتجة من الردميات أو الطبقات الإضافية فوق مستوى سطح الأرض، وعادة ما تؤخذ قيمة دنيا لهذه الأحمال مقدارها 400 psf في أنفاق الحفر والردم، أما في حالة وجود زيادة متوقعة في المنشآت فوق النفق يجب حساب الأحمال الإضافية الناتجة من هذه المنشآت وعندها تؤخذ القيمة الدنيا للحمل الإضافي مساوية لـ 1000 psf.

• Vertical pressure from the dead load of the earth fill (EV)

عبارة عن القوى الرأسية الناتجة من الحمل الميت لطبقة الردم فوق النفق حتى مستوى سطح الأرض الطبيعي، يتم حساب هذا الحمل عن طريق المعلومات الجيولوجية التي يتم إستخراجها من عمليات المسح الحقلي وتحريات التربة .

• Creep (CR)

الحمل الناتج من الزحف .

• Vehicular Collision Force (CT)

عبارة عن القوى الناتجة من تصادم السيارات، وهذه القوى يتم تطبيقها على مكونات النفق التي يمكن أن تتأثر بهذه القوى كل على حدى، عادة ما تكون حوائط النفق ذات أوزان كبيرة أو تكون محمية بواسطة دعائم لذلك قد لا تتأثر هذه الحوائط بالقوى الناتجة من تصادم السيارات لذلك يجب معرفة تفاصيل كل عضو إنشائي قبل تطبيق هذا الحمل عليه.

• Earthquake (EQ)

عبارة عن الحمل الناتج من الهزات الارضية، ويجب تطبيق هذا الحمل على الأجزاء المعرضة للزلازل.

• Vehicular dynamic load allowance (IM)

عبارة عن الحمل الناتج من حركة السيارات، ويمكن تطبيق هذا الحمل على بلاطة ممر السيارات داخل النفق وعلى بلاطة السقف التي تكون مشيدة تحت ممر السيارات أو السكك الحديدية أو أي ممرات تحمل مركبات متحركة، وتتوفر معادلات لحساب هذا الحمل في مدونة التصميم الأمريكي (AASHTO).

• Vehicular Live Load (LL)

عبارة عن الحمل الحي الناتج من المركبات. ويمكن تطبيق هذا الحمل على بلاطة ممر السيارات داخل النفق وعلى بلاطة السقف التي تكون مشيدة تحت ممر سيارات أو سكك حديدية أو أي ممرات تحمل مركبات متحركة، ويمكن توزيع هذا الحمل على التربة قبل تسليطه على بلاطة السقف إلا إذا كانت حركة السيارات تقع فوق بلاطة السقف مباشرة.

• Shrinkage (SH)

تمثل أحمال الإنكماش، في العادة تكون أنفاق الحفر والردم ذات أوزان كبيرة لذلك يشكل الإنكماش مشكلة لهذا النوع من الأنفاق، خصوصاً إذا كان السطح الخارجي للنفق مقيد حيث يجب أن يتم دمج هذا الحمل في التصميم أو على المهندس العمل على التقليل من أثره على المنشأة .

• Temperature Gradient (TG)

وهي الحمل الناتج من تغير درجات الحرارة، عادة ما تشيد عناصر أنفاق الحفر والردم من الخرسانة ذات العازل الكبير لدرجات الحرارة، بالإضافة لكونها محاطة بطبقة عازلة من التربة ذات درجة حرارة ثابتة نسبياً حيث نجد أنه يمكن حساب التغير في درجة الحرارة خلال هذه المكونات.

• Uniform Temperature (TU)

حمل الحرارة المنتظم، ويستخرج هذا الحمل بشكل أساسي لتحديد مواضع وصلات التمدد في المنشأة. إذا كانت الحركة مسموحة عند هذه الوصلات لا يكون هناك حاجة لعمل أي أحمال إضافية على المنشأة. ولكن بما أن المنشأة جاسئة في الإتجاه العمودي على إتجاه الحركة الناتجة من التمددات الحرارية. يمكن تجاهل قوى الإحتكاك الناتجة من هذه التمددات في عملية التصميم ويمكن تطبيق الأحمال الإضافية على بعض أجزاء المنشأة كل على حدى. مثال لذلك عند إستخدام عارضات فولاذية أو خرسانية لتدعيم بلاطة السقف، اذا كانت هذه العارضات مصبوبة مع الحوائط الجانبية في شكل هيكل بحيث تشكل وصلة عزوم التمدد والنقص في هذه العارضات سينتج إلى تكون قوى إضافية تؤثر على هذا الهيكل ككل، ويجب أن يتم تضمين هذا الأثر في عملية التصميم. وعادة لا يؤخذ هذا الأثر في الإعتبار في حالة المنشآت الصندوقية المكونة من الخرسانة المصبوبة في الموقع وذلك نسبة لتمييز التربة المحيطة للمنشأة بخواص عازلة للحرارة.

• Water Load (WA)

أحمال مياه هذا الحمل يمثل الضغط الهيدروستاتيكي المتوقع حدوثه خارج النفق. عادة ماتصمم المنشأة النفقية بحيث تمثل سدود للمياه دون تخفيض للضغط الهيدروستاتيكي خارج المنشأة ونسبة لذلك يكون النفق معرض لضغط هيدروستاتيكي أفقي يؤثر على الحوائط الجانبية وضغط هيدروستاتيكي رأسي مؤثر على بلاطة السقف وقوة طفو مؤثرة على بلاطة القاعدة. عند عمل التصميم يتم إعتبار أن المياه حول النفق تشكل ضغط هيدروستاتيكي كامل على الحوائط والبلاطات ويجب الأخذ في الإعتبار جاذبية المياه الجوفية للمياه المالحة المجاورة لها ويتم استخدام القيمة القصوى والدنيا للضغط الهيدروستاتيكي لعمل تصميم ملائم.

• Downdrag (DD)

وهو يتضمن القوى الرأسية المطبقة على الحوائط الخارجية في نظام التشييد من القمة الى القاع التي تنتج من هبوط التربة المحيطة بالحوائط نسبة لحدوث الحفر والردم نسبة لأنه يتطلب وجود هبوط في التربة تحت بلاطة القاعدة. أما في نفق الطرق السريعة التي يكون وزنها الكلي اقل من وزن التربة التي تمت ازلتها عند تشييد النفق في هذه الحالة يكون للهبوط قيمة صغيرة جدا لا تشكل مشكلة لهذا النوع من الانفاق.

• Vehicular Breaking Force (BR)

قوى فرامل المركبات: يتم تطبيق هذا الحمل في حالات خاصة عندما يتطلب اخذ الحمل في الإعتبار. أما في حالة التصميم المعتاد تنتج مقاومة هذه القوى بواسطة كتلة بلاطة القاعدة ولا يتم تضمينها في الحسابات في عملية التصميم.

• Vehicular Centrifugal Force (CE)

قوى الطرد المركزية للمركبات: يتم تطبيق هذا الحمل في حالات خاصة عندما تتطلب تفصيلات أعضاء المنشأة تصميم متضمنة هذا الحمل. أما في حالة التصميم المعتاد تتم مقاومة هذه القوى من بلاطة القاعدة ولا يتم تضمينها في الحسابات في عملية التصميم.

• Vessel Collision Force (CV)

قوى تصادم الزوارق: ولا يتم تطبيق هذا العمل على أنفاق الحفر والردم إلا في حالة كان النفق مشيد تحت جسم مائي أي في حالة الإنفاق المغمورة والتي تمثل نوع خاص من أنفاق الحفر والردم

• Friction (FR)

قوى الاحتكاك: كما ذكرنا سابقاً عادة ماتكون المنشأة جاسئة في الإتجاه التي تعدت فيه التمددات الحرارية والتي تعد المصدر الأساسي لقوى الإحتكاك ولكن يمكن تجاهل تأثير هذه القوى في انفاق الحفر والردم.

• Ice Load (IL)

حمل الجليد: بما أن الأنفاق عادة لاتكون معرضة لتدفقات السيول أو للأحوال الجوية التي قد تتسبب في تراكم الثلوج، هنا الحمل لا يتم استعماله عند تصميم انفاق الحفر والردم

• Pedestrian Live Load (PL)

حمل المشاه الحي: عادة لايسمح للمشاة بعبور أنفاق الطرق لذلك ليس هناك حاجة لتضمين هذا الحمل في عملية التصميم.

• Settlement (SE)

حمل الهبوط: عادة في أنفاق الطرق الوزن الكلي للمنشأة يكون أقل من وزن التربة التي تمت إزالتها لتشييد النفق، مالم يكن إرتفاع الردمية فوق النفق أكبر من الإرتفاع الطبيعي لسطح الارض. الهبوط أسفل النفق لايمثل مشكلة.أما في حالة حدوث هبوط نسبة لفقر التربة المحيطة بالنفق أو لوجود أحمال إضافية في المنشأة أو وجود تغير في حالة الأرض على طول خط النفق، يجب عمل تحسينات للتربة أو عمل أساسات عميقة لتثبيت المنشأة.

• Wind Live Load (WL)

تمثل أحمال الرياح على الحمل الحي: بما أن المنشأة النفقية لا تكون معرضة للظروف البيئية لذلك لا تتأثر بأحمال الرياح .

• Wind Load on Structure (WS)

بما أن المنشأة النفقية لا تكون معرضة للظروف البيئية لذلك لا تتأثر بأحمال الرياح .

2.3 تخطيط الطريق:

عند تخطيط الطريق يتم الأخذ في الإعتبار مصطلحين عند التصميم:

1.2.3 ممر السيارات (Traffic lane)

هي عبارة عن ممرات الطريق التي يتم تخطيطها بعد تشييد الطريق لتناسب حجم المرور

وحركة السير وهي عادة ما تؤخذ 12 قدم (3600mm).

2.2.3 الممر التصميمي (Design lane)

هي ممرات الطريق التي يتم تحديدها بواسطة المهندس ليضع عليها الأحمال الحية ويمكن

أن تكون مساوية ل (traffic lane) ولكن عادة ما تؤخذ 10 أقدام وفق متطلبات دليل

التصميم (AASHTO) ويتم وضع السيارات على ال (design lane) بحيث تعطي أكبر

تأثير للأحمال.

يمكن حساب عدد ممرات ال (design lane) بأخذ عدد صحيح من ناتج قسمة عرض

الطريق الصافي (المسافة بين الحواجز أو الأرصفة) على 12 قدم.

في حالة كان عرض الطريق أقل من 12 قدم يكون عدد وعرض ال (design lane)

مساوي لعدد وعرض ال (traffic lane) أما إذا كان عرض الطريق من 20-24 قدم يتم

إستخدام (2 design lane) ويكون عرضها نصف عرض ال (traffic lane).

هناك بعض الأوجه الأساسية التي تحكم التصميم مثل إتجاه الطريق ، الحالات الحرجة

ووجود منشآت أو منعطفات .

عند حساب توزيع الأحمال الحية تم إفتراض وجود شاحنة بصورة عرضية لكن هنالك

حالات تطلب معرفه وضع الشاحنة للتحليل مثل قانون العتلة والتحليل المتطرف وغيرها .

3.3 حمل المركبات التصميمي (Vehicular design load) :

1.3.3 مقدمة:

نظرياً يمكن إستخدام ما يعرف ب(exclusion vehicular) وهي عبارة عن الشاحنات والمقطورات التي لها وزن كبير مقارنة ببقية المركبات مثل خلاطات الأسفلت وهي تمثل الحمولة القصوى على الطريق.

عادة عند تحليل الأحمال على منشأه نحتاج لوضع أكثر من مركبة لتمثل حاله التحميل الأقصى ولذلك تم تطوير نموذج (HL-93) (Highway load developed in 1993) والهدف من هذا النموذج هو وصف مجموعة من الأحمال مساوية في تأثيرها لأحمال ال (exclusion vehicular) .

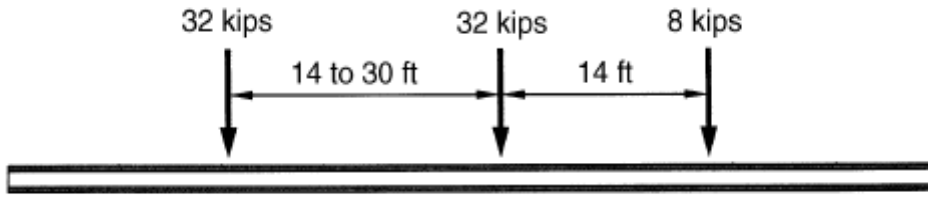
2.3.3 مكونات نموذج (HL-93) :

يتكون نموذج ال (HL-93) من ثلاثة أحمال مختلفة هي :

1. حمل الشاحنة (Design Truck).
2. حمل العربة (Design Tandem).
3. حمل مسرب السير (Design Lane).

1.2.3.3 حمل الشاحنة:

يتركز وزن الشاحنة المستخدمة في ثلاثة محاور رئيسية ، محور السائق (8kip-32kN) ، المحور الأمامي للمقطورة (32kip-145KN) والمحور الخلفي للمقطورة (32kip-145KN) ، والمسافات بين المحاور كما موضحه في الشكل رقم (1-3) .

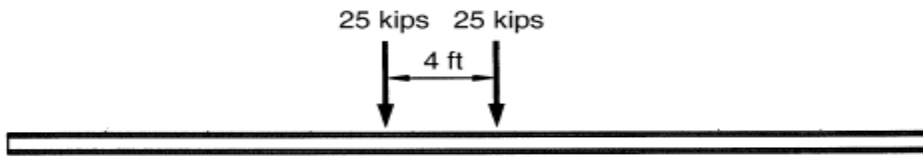


الشكل رقم (1-3) يوضح حمل الشاحنة.

2.2.3.3 حمل العربة:

يتركز وزن العربة على محورين ، الحمل على كل محور (25kip-110KN) المسافة

بين المحاور موضحة في الشكل رقم (2-3).



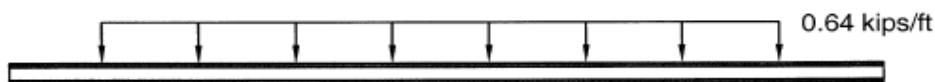
الشكل رقم (2-3) يوضح حمل العربة.

2.2.3.3 حمل مسرب السير:

يتمثل هذا الحمل في حمل موزع بانتظام مقداره (64psf) موزعة على (10ft-

3000mm) عرضية (3.1kpa) أو (9.3N/mm-0.64kips/ft) كما موضحة في الشكل

رقم (3-3).



الشكل رقم (3-3) يوضح حمل مسرب السير.

- لحساب أقصى حمل حي يتم مقارنة تأثير الحمل الناتج من الشاحنة مع تأثير الحمل الناتج من حاصل جمع حمل العربة وحمل مسرب السير .

4.3 عوامل الحمولات التصميمية:

لدمج هذه الاحمال هناك عوامل تأخذ بعين الإعتبار لإيجاد الحمولات التصميمية ولكل

حالة عوامل محددة وهذه العوامل هي :

• Service (I)

تستخدم في حالة تعرض المنشأة لرياح سرعتها تصل الي 55 mPh أو في حالة الرغبة

في التحكم في إنحراف المنشآت الفولاذية المدفونة و tunnel liner plate و الأنابيب

الحرارية اللدنة والتحكم في التشقق العرضي في المنشآت الخرسانية المسلحة والتحليل

المستعرض نتيجة الشد في مقاطع العارضات الخرسانية .

• Service (II)

تستخدم في حالة يراد التحكم في خضوع المنشآت الفولاذية والإنزلاق او الهبوط الحرج

للوصلات نتيجة للحمل الحي للمركبات .

• Service (III)

تستخدم في حالة التحليل الطولي الناتج من الشد في الهياكل الخرسانية سابقة الشد بهدف

التحكم في الشقوق والشد الرئيسي في الجذوع لمقاطع العارضات الخرسانية .

• Service (IV)

تستخدم في حالة الشد في الأعمدة الخرسانية سابقة الإجهاد بهدف التحكم في الشقوق .

• Strength (I)

تستخدم في حالة السيارات المطبقة من دون تأثير حمل الرياح .

Strength (II) •

تستخدم في حالة تم التصميم بناءً علي مركبات خاصة تم تحديدها من قبل المالك ومن دون حساب تأثير حمل الرياح .

Strength (III) •

تستخدم في حالة تعرض المنشأة لرياح سرعتها تتجاوز 55mPh.

Strength (IV) •

تستخدم في حالة أن يكون تأثير نسبة الأحمال الميتة للأحمال الحية كبيرة .

Strength (V) •

تستخدم في حالة تعرض المنشأة لأحمال المركبات المعتادة بالإضافة لأحمال رياح سرعتها 55mPh.

Extreme Event (I) •

تستخدم في حالة تعرض المنشأة للهزات الأرضية وفي هذه الحالة يتم تحديد معامل الحمل الحي بناءً علي أساسيات المشروع .

Extreme Event (II) •

تستخدم في حالة تعرض المنشأة لتأثير الثلوج والفيضانات .

5.3 خطوات التصميم:

1.5.3 البلاطة:

1.1.5.3 تصميم العزوم:

يتم التصميم بطريقة المقاومة القصوي حيث تحمل المنشأة بأحمال معاملة تقوم بالتنبؤ بالحمل الذي سوف يحدث إنهيار للعضو الإنشائي وذلك بزيادة أحمال الخدمة بإستخدام عوامل تسمي عوامل الحمل وهي عادة أكبر من الواحد ، وبناءً علي هذه الأحمال والتي تعرف بأحمال التصميم يمكن إيجاد المقاومة القصوي للعضو وتتلخص طريقة خطوات التصميم بهذه الطريقة علي :

- التأكد من قيمة العمق الماخوذة d :

- حساب قيمة نسبة حديد التسليح الموزونة ρ_b

$$\rho_b = \frac{0.85 f_c \beta_1}{f_y} \left(\frac{600}{600 + f_y} \right)$$

حيث :

f_y مقاومة الحديد للخضوع.

f_c مقاومة الخرسانة المميزة للانضغاط .

β_1 معامل

في حالة $f_c \leq 28Mpa$ فان :

$$\beta_1 = 0.85$$

وفي حالة $f_c > 28Mpa$ فان β_1 تحسب من المعادلة :

$$\beta_1 = 0.85 - 0.05 \left(\frac{f_c - 28}{7} \right) > 0.65$$

- حساب قيمة نسبة حديد التسليح القصوي ρ_{max} من المعادلة :

$$\rho_{max} = 0.6 \rho_b$$

- حساب قيمة نسبة حديد التسليح الدنيا ρ_{min} من المعادلة :

$$\rho_{min} = \frac{1.4}{f_y}$$

ملاحظة :

يتم إختيار نسبة حديد تسليح مناسبة ρ بحيث لا تتعدى ال ρ_{max} ولا تقل عن ال ρ_{min}

- يتم حساب معامل المقاومة R_u من المعادلة :

$$R_u = \rho f_y (1 - 0.5m\rho)$$

حيث:

m نسبة يتم حسابها من المعادلة :

$$m = \frac{f_y}{0.85 f_c}$$

- حساب قيمة العمق d من المعادلة :

$$M_n = R_u b d^2$$

حيث :

b عرض المقطع

M_n مقاومة الخرسانة الاسمية للانحناء ويحسب من المعادلة :

$$M_n = \frac{M_u}{\phi}$$

حيث :

M_u اقصي عزم معامل يتعرض له المقطع.

وبوضع قيمة ال d موضع القانون يتم حساب اقل قيمة لعمق المقطع المطلوب .

• حساب حديد التسليح :

- حساب معامل المقاومة R_u من المعادلة :

$$R_u = \frac{M_n}{bd^2}$$

- حساب نسبة حديد التسليح ρ من المعادلة :

$$\rho = \frac{1}{m} \left(1 - \sqrt{1 - \frac{2m}{f_y} R_u} \right)$$

- حساب مساحة حديد التسليح A_s من المعادلة :

$$A_s = \rho b d$$

- المسافة بين قضبان حديد التسليح S يتم حسابها من المعادلة :

$$S = \frac{A_b}{A_s} * b$$

حيث :

A_b مساحة مقطع سيخة واحده.

- حساب مساحة حديد التسليح القصوى A_{smax} من المعادلة :

$$A_{smax} = 0.6 A_{sb}$$

حيث :

A_{sb} مساحة التسليح الموزونه

$$A_{sb} = \rho_b b d$$

ملاحظة :

في حالة زيادة مساحة حديد التسليح المطلوبة A_s عن مساحة حديد التسليح القصوى A_{smax} يتم تسليح المقطع على انه مقطع ثنائي التسليح.

• خطوات التسليح الثنائي :

- حساب مقاومة الإنحناء للمقطع المسلح بكمية حديد الضغط M_2

$$M_2 = \frac{M_u}{\phi} - M_1$$

حيث :

M_1 مقاومة الانحناء للمقطع المسلح بكمية حديد الشد الكبرى ويحسب من المعادلة

$$M_1 = T_1 \left(d - \frac{a}{2} \right)$$

حيث:

T_1 قوة الشد الداخلية في حديد تسليح الشد وتحسب من المعادلة :

$$T_1 = A_{smax} f_y$$

a عمق مكعب الاجهاد المكافئ ويحسب من المعادلة :

$$C_c = T_1$$

حيث:

C_c قوة الانضغاط في حديد تسليح الشد ويحسب من المعادلة :

$$C_c = 0.85 f_c' b a$$

- حساب قوة الشد الداخلية الناتجة من حديد تسليح الضغط T_2

$$T_2 = \frac{M_2}{(d - d')}$$

حيث :

d' المسافة من سطح الضغط الخارجي للخرسانة إلي مركز حديد تسليح الضغط

- حساب مساحة حديد الشد الاضافي A_{s2}

$$A_{s2} = \frac{T_2}{f_y}$$

- حساب مساحة حديد الشد الكلية A_s

$$A_s = A_{smax} + A_{s2}$$

- حساب مساحة حديد تسليح الضغط $A_{s'}$

$$A_{s'} = \frac{C_s}{(f_s' - 0.85 f_c')}$$

$$C_s = T$$

حيث:

C_s تمثل قوة الانضغاط في حديد الانضغاط .

2.1.5.3 التصميم للقص:

1- إستخراج قيمة قوة القص الواقعة علي المنشأة V_u من التحليل.

2- حساب مقاومة الخرسانة للقص V_c من المعادلة:

$$V_c = 0.17 \sqrt{f_c'} b_w d \quad (11 - 3)$$

3- في حالة:

$$V_u < \frac{\phi V_c}{2} \quad \checkmark$$

فإن العارضة لاتسلح للقص.

$$V_u > \frac{\phi V_c}{2} \quad \checkmark$$

فإن العارضة يشترط عليها في حالة :

- إذا كانت $V_u \leq \phi V_c$ فإنه يتم إستخدام أقل حديد للتسليح ويحسب من المعادلة:

$$A_{v_{min}} = \frac{0.062\sqrt{f_c}b_w S_{max}}{f_y} < \frac{0.35b_w S}{f_y} \quad (11 - 13)$$

- أما إذا كانت $V_u > \phi V_c$ فإن العارضة تسليح للقصر من المعادلة :

$$S = \frac{A_v f_y d}{V_s} \quad (11 - 15)$$

حيث:

V_s مقاومة قوة القص الناتجة من حديد التسليح وتحسب من :

$$V_n = V_c + V_s$$

V_n المقاومة الاسمية للقص ويحسب من :

$$V_n = \frac{V_u}{\phi}$$

في حالة $V_s < 0.33\sqrt{f_c}b_w d$ فإن المسافة بين الكانات (S) يجب ألا تتعدى $\frac{d}{2}$.

أما في حالة $V_s > 0.33\sqrt{f_c}b_w d$ فإن المسافة بين الكانات (S) يجب ألا تتعدى $\frac{d}{4}$.

2.5.3 العمود:

عند تصميم بلاطة معرضة لقوة محورية وقوة ثني في الحالة تم تقييده نتبع الخطوات التالية:

• حساب تأثير النحافة ($K \frac{L_u}{r}$) لمعرفة نوع العمود (طويل - قصير):

✓ يتم إهمال تأثير النحافة ويصمم بإعتباره عمود قصير في حالة كان:

$$K \frac{L_u}{r} < 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) \leq 40 \quad (10 - 7)$$

حيث :

L_u الطول الصافي للعنصر

K معامل الطول المكافئ ويتم اخذه كقيمة ابتدائية تساوي 1 .

r نصف قطر لتقوس ويمكن حسابه من المعادلة :

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

I عزم القصور الذاتي.

A مساحة مقطع العنصر.

M_1 العزم الأصغر الذي يتعرض له العنصر.

M_2 العزم الأكبر الذي يتعرض له العنصر.

المقدار $\left(\frac{M_1}{M_2}\right)$ يكون:

- موجب في حالة التقوس الأحادي.

- سالب في حالة التقوس المزدوج.

✓ اما في حالة :

$$K \frac{L_u}{r} > 34 - 12 \left(\frac{M_1}{M_2}\right)$$

يتم حساب قيمة أدق لمعامل الطول المكافئ (K) وذلك بحساب نسبة التقييد (Ψ) للجزء العلوي

والسفلي للعمود من المعادلة:

$$\Psi = \frac{\sum \left(\frac{EI}{L}\right)_{column}}{\sum \left(\frac{EI}{L}\right)_{beam}} \quad (c. 10.10)$$

حيث :

E معامل المرونة للخرسانة.

I عزم القصور الذاتي.

L طول العنصر الإنشائي.

ومن ثم تستخرج قيمة (K) من المخطط (R10.10.1.1) ACI وإعادة حساب نسبة النحافة

بقيمة (K) الجديدة اذا كانت النسبة $K \frac{L_u}{r}$ لا تزال اكبر من قيمة $\left(\frac{M_1}{M_2}\right) 12 - 34$ فإن

العمود يصمم كعمود طويل .

• إذا إتضح من الخطوات السابقة أن العمود قصير يتم حساب حديد التسليح (A_s) من

الخطوات التالية:

✓ الطريقة الأولى :

1- حساب المسافة من محور التعادل الى سطح الإنضغاط الخارجي للخرسانة في الحالة

الموزونة (c_b) ويحسب من المعادلة:

$$c_b = \frac{600}{600 + f_y} d$$

2- حساب عمق مكعب الإجهاد المكافئ في الحالة الموزونة (a_b) ويحسب من المعادلة:

$$a_b = \beta_1 c_b$$

3- حساب الإنفعال في حديد التسليح (ϵ_s) ويحسب من المعادلة:

$$\epsilon_s = \frac{0.003(c_b - c)}{c_b} > \epsilon_y$$

$$\therefore f_s = f_y$$

حيث :

ϵ_y الإنفعال الأقصى في حديد التسليح.

c سمك الغطاء الخرساني.

f_s الإجهاد في حديد التسليح .

f_y إجهاد الخضوع.

4- حساب قوة الإنضغاط في الحالة الموزونة (P_b) وتحسب من المعادلة:

$$P_b = C_c = 0.85f_c' a_b b$$

حيث :

C_c قوة الإنضغاط في الخرسانة .

5- حساب قوة الإنضغاط المميزة (P_n) وتحسب من المعادلة:

$$P_n = \frac{P_u}{\phi}$$

6- حساب حديد التسليح باستخدام صيغة ويتني:

• في حالة كان $P_n > P_b$ فإن:

$$P_n = \frac{bhf_c'}{\frac{3he}{d^2} + 1.18} + \frac{A_s f_y}{\frac{e}{(d - d')} + 0.5}$$

- وفي حالة كان $P_n \leq P_b$ فإن :

$$P_n = 0.85f_c'bd \left[-\rho + \left(1 - \frac{e'}{d}\right) + \sqrt{\left(1 - \frac{e'}{d}\right)^2 + 2\rho \left[(m-1) \left(1 - \frac{d'}{d}\right) + \frac{e'}{d} \right]} \right]$$

حيث :

e لامركزية الحمل ويحسب من المعادلة :

$$e = \frac{M_u}{P_c}$$

e' لامركزية الحمل من مركز قضبان تسليح الشد ويحسب من المعادلة :

$$e' = e + \frac{d - d'}{2}$$

d' المسافة من سطح الإنضغاط الخارجي للخرسانة الي مركز قضبان تسليح

الضغط.

✓ الطريقة الثانية :

1- حساب قيمة (K_n) من المعادلة التالية:

$$K_n = \frac{P_u}{\phi A_g}$$

2- حساب قيمة (R_n) من المعادلة التالية:

$$R_n = \frac{M_u}{\phi A_g h}$$

3- استخدام القيم في منحنيات التفاعل لإيجاد نسبة حديد التسليح.

• إذا إتضح من الخطوات السابقة أن العمود طويل يتم إتباع الخطوات التالية:

1- حساب أقل قيمة للعزم الأكبر (M_{2min}) من المعادلة :

$$M_{2min} = P_u * e_{min} \quad (10 - 15)$$

حيث :

e_{min} اللامركزية الصغرى المسموح بها ويتم حسابها من المعادلة :

$$e_{min} = 15 + 0.03h$$

حيث :

h سمك المقطع.

2- حساب معامل أخذ تأثير القوس بالإعتبار (C_m) ويحسب من المعادلة:

$$C_m = 0.6 + 0.4 * \frac{M_1}{M_2} \quad (10 - 16)$$

3- حساب جساءة العمود (EI) وذلك من خلال المعادلات ادناه حيث تأخذ القيمة الأصغر:

$$EI = \frac{\frac{E_c \cdot I_g}{5} + E_s \cdot I_s}{1 + \beta_d} \quad (10 - 14)$$

$$EI = \frac{\frac{E_c \cdot I_g}{2.5}}{1 + \beta_d} \quad (10 - 15)$$

حيث :

E_c معامل المرونة للخرسانة ويتم حسابه من المعادلة:

$$E_c = 4700 * \sqrt{f_c}$$

f_c مقاومة الخرسانة المميزة .

E_s معامل المرونة لحديد التسليح .

I_g عزم القصور الذاتي للمقطع الخرساني .

I_{se} عزم القصور الذاتي لحديد التسليح حول مركز المقطع.

β_d النسبة ما بين الحمل المعامل المسلط بإستمرار الي الحمل المعامل الكلي

وتحسب من المعادلة:

$$\beta_d = \frac{P_{u,sus}}{P_u} \leq 1$$

حيث:

$P_{u,sus}$ الحمل المعامل المسلط.

P_u الحمل المعامل الكلي.

4- حساب حمل الإنبعاج للعمود (P_c) ويتم حسابه من المعادلة:

$$P_c = \frac{\pi^2 \cdot EI}{(K \cdot L_u)^2} \quad (10 - 13)$$

5- حساب معامل التكبير (δ) ويحسب من المعادلة:

$$\delta = \frac{Cm}{\left(1 - \frac{P_u}{0.75P_c}\right)} \geq 1 \quad (10 - 12)$$

6- حساب العزوم المكبرة (M_c) ويحسب من المعادلة:

$$M_c = \delta M_2 \quad (10 - 11)$$

7- ويتم اتباع نفس خطوات تصميم العمود القصير بأخذ قيمة العزوم المكبرة الجديدة.

3.5.3 المسافة بين وصلات التمدد:

الإنفعال في وصلات التمدد (clause 3.12.2.3) يؤدي الي الزيادة في الطول ولمنع

ذلك يتم وضع وصلات تمدد علي مسافات معينة ويتم حساب المسافة من خلال :

$$\delta = \alpha * \Delta T$$

$$\delta = \frac{\Delta L}{L}$$

حيث :

δ الإنفعال في وصلات التمدد .

α معامل التمدد الحراري .

ΔT التغير الحراري .

ΔL التغير في الطول .

L الطول الكلي .

وذلك يعني لإيجاد المسافة بين وصلات التمدد تحسب من المعادلة النهائية :

$$L = \frac{\Delta L}{\alpha * \Delta T}$$

4.5.3. قطع قضبان التسليح:

تم قطع قضبان التسليح وفقاً لمتطلبات الكود الأمريكي ACI 318 (Figure 13.3.8)