

الباب الخامس

الأحمال على كبارى الطرق وكبارى المشاة

١-٥ عام

يشمل هذا الباب الأحمال على كبارى الطرق وكبارى المشاة والأنفاق والبرايخ... الخ. وتقسم الأحمال على هذه المنشآت إلى أحمال رئيسية وأحمال ثانوية وأحمال خاصة ويجب أن تؤخذ تلك الأحمال في الاعتبار طبقاً لأسوأ حالات التحميل والتصميم.

١-١-٥ الأحمال الرئيسية

وتشمل الأحمال الدائمة مثل (الحمل الذاتي للمنشأ - وزن طبقة الاسفلت - اوزان الارصفة و الجزيرة الوسطي ان وجدت - وزن انابيب الخدمات مثل المياه والغاز.... الخ - وزن الردم خلف الاكتاف)، الأحمال الحية شاملة التأثير الديناميكي المصاحب لها، الأحمال الناتجة عن رفع الكوبري لاستبدال الركائز، سبق الإجهاد، زحف الخرسانة، قوى الطرد المركزية، ضغط التربة وضغط المياه ، القوى علي الدرابزينات.

٢-١-٥ الأحمال الثانوية

تشمل الأحمال الناتجة عن التغير في درجات الحرارة، قوى الفرامل، أحمال الزلازل والرياح، مقاومة الركائز للاحتكاك ، ومقاومة الفواصل للحركة والتشكل، هبوط محتمل حدوثه للأساسات، انكماش الخرسانة كما هو موضح بالبنود (١٠-٥) حتى (١٦-٥).

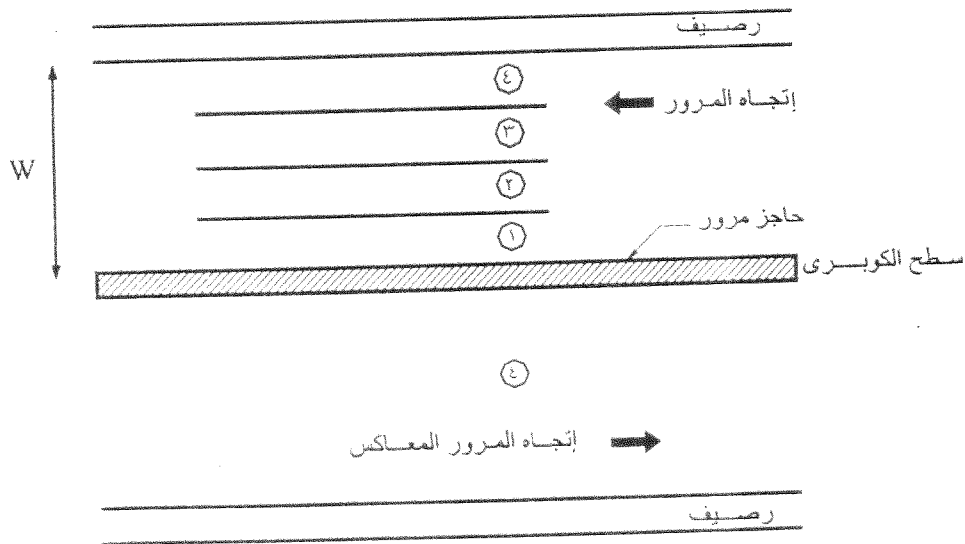
٣-١-٥ الأحمال الخاصة

تشمل أحمالاً خاصة أثناء مراحل التنفيذ، القوى المكافئة لاصطدام المركبات بأعمدة الكوبري أو ببردورة الرصيف أو الجزيرة الوسطى أو بالحاجز الواقى أو بالدرازينات.

٢-٥ تمثيل الحارات المرورية المستخدمة في التصميم الإنشائي

يقسم الطريق إلى حارات مرور افتراضية كالتالى:

- ١ - يعرف عرض الطريق (W) على أنه البعد الداخلي الصافي بين حافتي الرصيف أو بين حواجز المرور للطريق.
- ٢ - عند تقسيم سطح الكوبري إلى اتجاهي مرور بواسطة حواجز مرور دائمة (رصيف ثابت) فإنه يتم تقسيم كل اتجاه على حدة إلى حارات مرور افتراضية.
- ٣ - عند تقسيم سطح الكوبري إلى اتجاهي مرور بواسطة حواجز مرور مؤقتة فإنه يتم تقسيم سطح الكوبري كله إلى حارات مرور افتراضية. في هذه الحالة فإن العرض الكلى لسطح الكوبري يشمل عرض حواجز المرور المؤقتة.
- ٤ - عندما ينقسم سطح الكوبري إلى اتجاهي مرور بدون وجود فاصل تمدد طولي فإنه يتم استخدام ترقيم واحد فقط لاتجاهي المرور على سطح الكوبري كله. أي أن اتجاهي المرور بهما حارة واحدة فقط لها رقم (١) أو (٢) كما هو موضح بالشكل رقم (١-٥).



شكل (١-٥) ترقيم حارات المرور لسطح الكوبري

- ٥ - عندما يتكون الكوبري من سطحين منفصلين بواسطة فاصل تمتد أو سطحين متواجدين على مستويين مختلفين فإن الحارات المرورية لكل سطح يكون لها ترقيمها المنفصل والخاص بتصميم كل سطح على حده .
- ٦ - عند تصميم كتف أو عمود مشترك يركز عليه سطحى كوبرى منفصلين يستخدم ترقيم واحد فقط للسطحين .
- ٧ - عند ارتكاز سطحى الكوبري المنفصلين على دعامتين منفصلتين فإنه يتم ترقيم كل سطح على حده بغرض تصميم سطح ودعامة الكوبري .
- ٨ - عرض حارة المرور الافتراضية المستخدمة في التصميم الإنشائي (W_L) تساوى ٣ متر .

٣-٥ الأحمال الرأسية على كباري الطرق:

- يتم تمثيل الأحمال الرأسية من خلال النماذج الثلاثة الآتية:
- ١ - نموذج التحميل رقم (١): وهو عبارة عن أحمال مركزة وأحمال منتظمة التوزيع يتم توقيعهما على حارات المرور لسطح الكوبري .
- ٢ - نموذج التحميل رقم (٢): وهو عبارة عن حمل مركز يستخدم لتصميم البلاطات لسطح الكوبري .
- ٣ - نموذج التحميل رقم (٣): وهو عبارة عن حمل منتظم يمثل حمل المشاة .

١-٣-٥ نموذج التحميل رقم (١) :

- ١ - يتكون نموذج التحميل رقم (١) من مجموعة من الأحمال المركزة والأحمال المنتظمة المؤثرة على حارات المرور كما هو موضح بالشكل رقم (٥-٢) حيث يتم ترتيب حارات المرور الافتراضية ترتيباً اختيارياً بغض النظر عن ترقيمها وذلك طبقاً لأسوأ حالات التحميل كالاتي :

أ - حارة المرور رقم (١) :

تؤثر عليها مركبة زنة ٦٠٠ كن (٦٠ طن) موزعة على أربع عجلات (حمل العجلة ١٥٠ كن (١٥ طن) بالإضافة إلى حمل منتظم مقداره ٩ كن/م^٢ (٩٠٠ كجم/م^٢) يؤثر على اجمالى مساحة حارة المرور .

ويمكن تخفيض الأحمال على هذه الحارة بمعامل ضبط $\alpha = ٠,٩$ أو $٠,٨$ تبعاً لدرجة الطريق المار على الكوبرى ولا يسمح بالتخفيض فى أحوال الطرق الدولية والطرق للحررة .

ب - حارة المرور رقم (٢) :

تؤثر عليها مركبة زنة ٤٠٠ كن (٤٠ طن) موزعة على أربع عجلات (حمل العجلة ١٠٠ كن (١٠ طن) بالإضافة إلى حمل منتظم مقداره ٢,٥ كن/م^٢ (٢٥٠ كجم/م^٢) يؤثر على إجمالي مساحة حارة المرور.

ج- حارة المرور رقم (٣) :

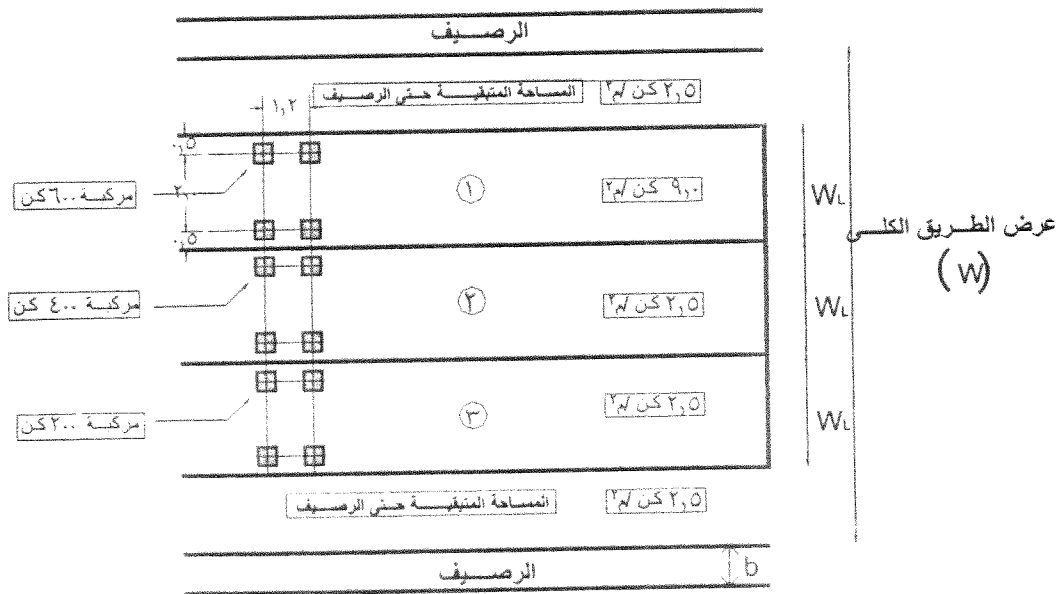
تؤثر عليها مركبة زنة ٢٠٠ كن (٢٠ طن) موزعة على أربع عجلات (حمل العجلة ٥٠ كن (٥ طن) بالإضافة إلى حمل منتظم مقداره ٢,٥ كن/م^٢ (٢٥٠ كجم/م^٢) يؤثر على إجمالي مساحة حارة المرور.

د - حمل منتظم مقداره ٢,٥ كن/م^٢ (٢٥٠ كجم/م^٢) يؤثر على اجمالي المساحة المتبقية لنهر الطريق والأرصفة.

هـ- حمل منظم مقداره ٥ كن/م^٢ (٥٠٠ كجم/م^٢) يؤثر على أرصفة المشاة والجزر الوسطى عند تصميم العناصر الحاملة للأرصفة.

٢ - الأحمال المركزة والمنظمة لنموذج التحميل رقم (١) تشمل معامل التأثير الديناميكي.

٣ - يتم أخذ حمل مركبة واحدة لكل حارة مرور افتراضية.



b أقل من ١,٥ متر ————— ٢,٥ كن /م

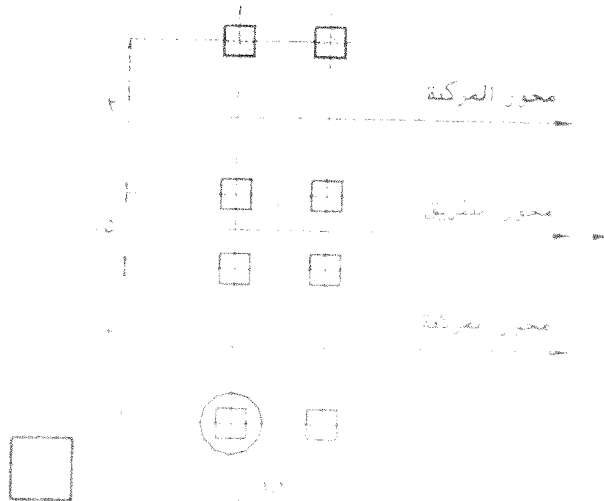
b اشیر من او بمساوی ۱,۵ متر ۵ کن لم

شكل (٥-٢) نموذج التحميل رقم (١)

- ٤ - يجب عدم تقسيم حمل المركبة على حارات المرور.
- ٥ - يتم توقيع محور المركبة في اتجاه محور حارة المرور ومتطابقاً معها (شكل ٥-٣).
- ٦ - مساحة التلامس للعجلة عبارة عن مربع طول ضلعه ٠,٤ م (شكل ٥-٣).
- ٧ - عند تصميم البلاطات الخرسانية للكبارى تؤخذ أقل مسافة بين محوري العجلات لأى مركبتين فى حارتي مرور متلاصقتين ٠,٥٠ متراً . وفيما عدا ذلك لا تقل المسافة عن ١,٠٠ متر (شكل ٥-٣).
- ٨ - يتم توقيع الأحمال المركزة والأحمال منتظمة التوزيع على حارات المرور طبقاً لأسوأ حالات التحميل.
- ٩ - يوضح الجدول رقم (٥-١) قيم الأحمال المركزة والمنتظمة لكل حارة مرور.

جدول (٥-١) قيم الأحمال المركزة والمنتظمة على حارات المرور:

رقم حارة المرور	وزن المركبة كن (طن)	حمل العجلة للمركبة كن (طن)	الحمل المنتظم (على إجمالي مساحة حارة المرور) كن/م ^٢ (كجم/م ^٢)
حارة رقم (١)	٦٠٠ (٦٠)	١٥٠ (١٥)	٩ (٩٠٠)
حارة رقم (٢)	٤٠٠ (٤٠)	١٠٠ (١٠)	٢,٥ (٢٥٠)
حارة رقم (٣)	٢٠٠ (٢٠)	٥٠ (٥)	٢,٥ (٢٥٠)
المساحة المتبقية	صفر	صفر	٢,٥ (٢٥٠)



شكل (٥-٣) أقل مسافة بين مركبات نموذج التحميل رقم (١)

٥-٣-٢ نموذج التحميل رقم (٢) :

- ١ - يستخدم هذا النموذج لتصميم البلاطات لسطح الكوبري.
- ٢ - يتكون نموذج التحميل رقم (٢) من عجلتين على محور واحد المسافة بينهما ٢ متر، حمل العجلة الواحدة ٢٠٠ كن (٢٠ طن) تشمل معامل التأثير الديناميكي.
- ٣ - مساحة التلامس للعجلة عبارة عن مستطيل بأبعاد $٠,٦ \times ٠,٣٥$ م (شكل ٥-٤).
- ٤ - يجوز استخدام حمل عجلة واحدة فقط من نموذج التحميل في حالة الضرورة.
- ٥ - يتم اخذ التأثير الديناميكي لمقطع البلاطة الواقع بجوار فواصل التمدد وذلك بزيادة الحمل بنسبة (I) طبقاً للمعادلة التالية:

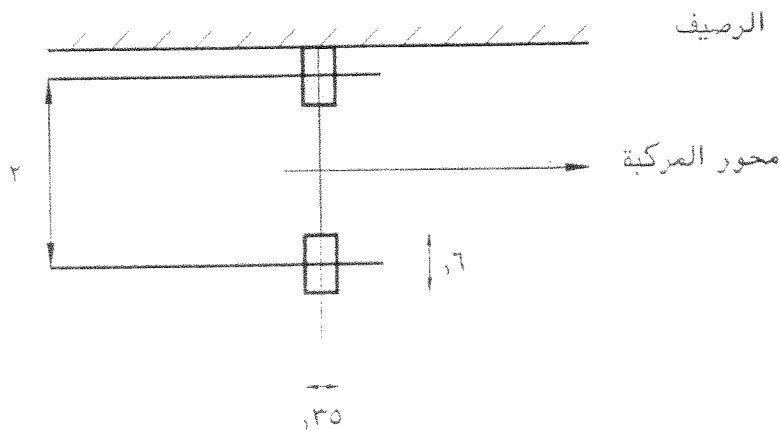
$$I = 0.3 (1 - D/6) \quad (5.1)$$

حيث :

I معامل التأثير الديناميكي الإضافي

D بعد القطاع عن فاصل التمدد بالمتر

- ٦ - عند تصميم فواصل التمدد يتم زيادة التأثير الديناميكي للحمل بنسبة ٣٠ %.
- ٧ - يراعى في تصميم البلاطات أخذ حالة التحميل الأسوأ لنموذج التحميل رقم (١) أو (٢) وخصوصاً في حالة الكبارى المعدنية ذات الأعصاب المتعامدة (Orthotropic decks).
- ٨ - ويمكن تخفيض أحمال هذا النموذج بمعامل ضبط $\alpha = ٠,٩$ أو $٠,٨$ تبعاً لدرجة الطريق المار على الكوبري ولا يسمح بالتخفيض في أحوال الطرق الدولية والطرق الحرة والطرق بالمناطق الصناعية.



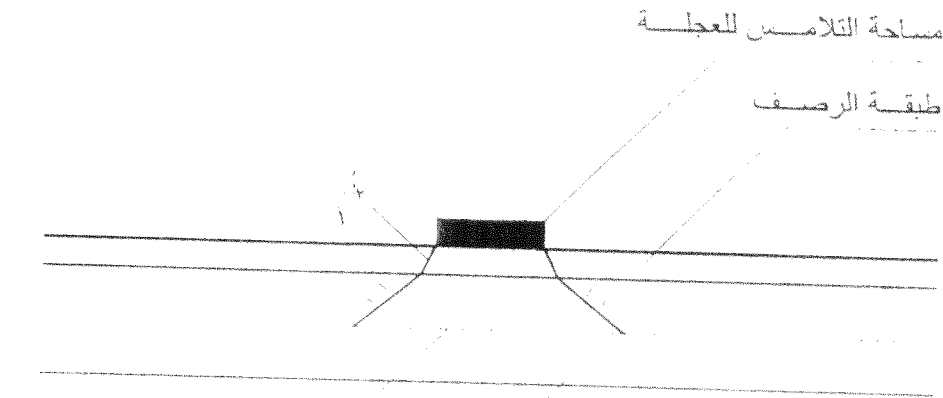
شكل (٥-٤) نموذج التحميل رقم (٢)

٣-٣-٥ نموذج التحميل رقم (٣) :

نموذج يمثل حمل المشاة ويتكون من حمل منتظم التوزيع مقداره ٥,٠٠ كـن/م^٢ (٥٠٠ كجم/م^٢) يشمل معامل التأثير الديناميكي. ويتم توزيع هذا الحمل على اجمالي مساحة الكوبري شاملة الأرصفة والجزر الوسطى كحالة تحميل مؤقتة .

٣-٣-٥ طريقة توزيع الحمل المركز:

- ١ - يتم أخذ الأحمال المركزة والموضحة بنموذج التحميل رقم (١) على أساس أنها أحمال موزعة بانتظام على مساحة التلامس للعجلة (٠,٤ × ٠,٤ م).
- ٢ - يتم أخذ الأحمال المركزة والموضحة بنموذج التحميل رقم (٢) على أساس أنها أحمال موزعة بانتظام على مساحة التلامس للعجلة (٠,٦ م × ٠,٣٥ م).
- ٣ - يتم توزيع الحمل خلال طبقة الرصف و البلاطة الخرسانية لسطح الكوبري حتى مستوى منتصف البلاطة الخرسانية (شكل ٥-٥) او حتى مستوى الشفة العلوية للكمرة المعدنية لسطح الكوبري في حالة الكبارى ذات الاعصاب المتعامدة (Orthotropic) شكل (٥-٦).

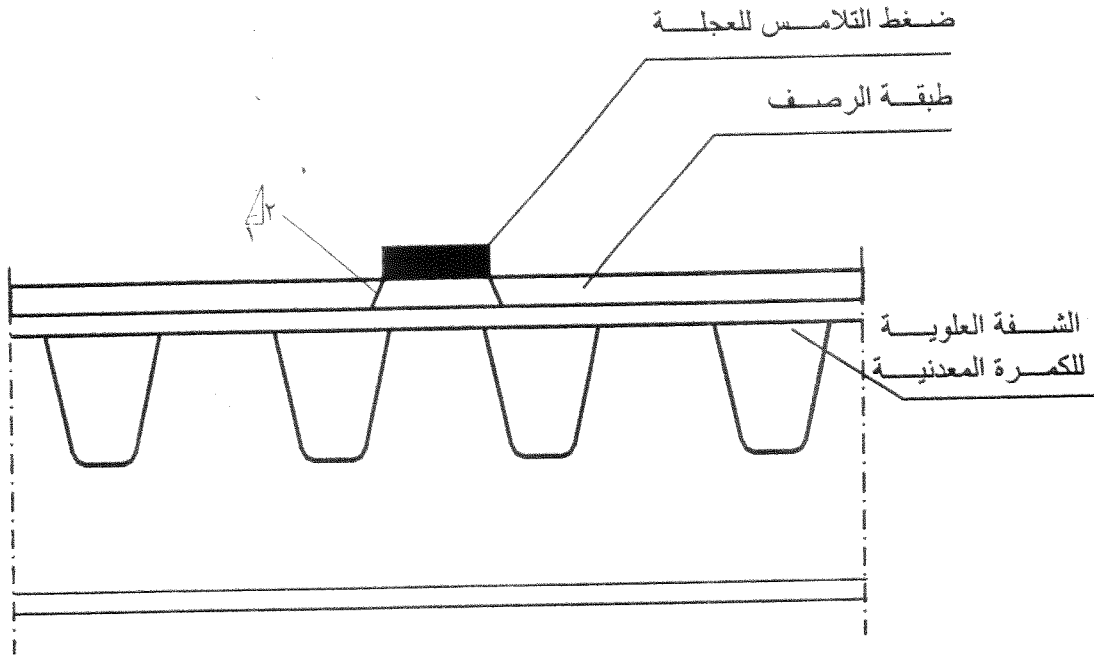


محور بلاطة السطح

بلاطة سطح الكوبري

شكل (٥-٥) توزيع الحمل المركز خلال طبقات الرصف وبلاطة السطح لكوبرى

خرسانى او كوبرى معدنى مركب (Composite)



شكل (٥-٦) توزيع الحمل المركز خلال طبقات الرصف (Orthotropic Deck)

٥-٤ قيم القوى الأفقية :

٥-٤-١ قوى الفرامل :

- ١ - تؤخذ قوى الفرامل كقوة طولية مؤثرة عند مستوى سطح الطريق.
- ٢ - توقع قوى الفرامل على طول محور أي حارة تحميل افتراضية وتوزع بانتظام على الطول المحمل للمحور (L).
- ٣ - تحسب قوى الفرامل طبقاً للمعادلة التالية بحيث لا تزيد عن ٩٠٠ كن (٩٠ طن).

$$Q_L = 360 + 2.7L \quad (\text{kN}) \quad (5.2)$$

حيث:

L = الطول المحمل من الكوبري (بالمتر).

- ٤ - تصمم فواصل التمدد لنقل قوى فرامل أفقية قيمتها ١٨٠ كن (١٨ طن) مقسمة على قوتين المسافة بينهما ٢ متر .

٥-٤-٢ قوى الطرد المركزية والقوى الأفقية الأخرى

- ١ - في حالة الكبارى التى تقع على منحنيات تؤخذ قوى الطرد المركزية كقوة مركزة عرضية عمودية على المماس لمحور الطريق ومؤثرة عند مستوى سطح الطريق.
- ٢ - يوضح الجدول (٥-٢) قيم قوى الطرد المركزية متضمنا التأثير الديناميكي.

جدول (٥ - ٢) قيم قوى الطرد المركزية (Q_t).

قيم قوى الطرد المركزية	نصف قطر الانحناء
$Q_t = 0.2 Q_v \quad (\text{kN})$	$r \leq 200 \text{ m}$
$Q_t = 40 Q_v / r \quad (\text{kN})$	$200 < r \leq 1500 \text{ m}$
$Q_t = 0$	$r > 1500 \text{ m}$

حيث:

r نصف قطر الانحناء الأفقي لمحور الطريق (بالمتر).
 Q_v مجموع أوزان عربات التحميل المستخدمة بنموذج التحميل رقم (١) (kN).

بفرض أخذ ثلاث عربات تحميل لطريق ٣ حارات فإن قيمة قوى الطرد المركزية لنصف قطر ٣٠٠ متر تكون ١٦٠ كن (١٦ طن). بالنسبة لطريق حاريتين تصبح قوى الطرد المركزية ١٣٣ كن (١٣,٣ طن).

٣ - تؤخذ قوى فرملة عرضية (نتيجة الفرملة المائلة أو الإنزلاق) مقدارها ٢٥ % من قيمة الفرملة الطولية في نفس اتجاه قوى الطرد المركزية ومضافة إليها.

٥ - ٥ الأحمال التصميمية في حالة الصيانة:

في حالة أعمال الصيانة التي قد تشمل تغيير فواصل التمدد أو رفع الكوبري لتغيير الركائز.... إلخ، يتم أخذ ٥٠ % فقط من الحمل الحي شاملا قوي الفرامل كما يتم أخذ جميع القوي المؤثرة الأخرى بدون تخفيض (أحمال دائمة- قوي أفقية- قوي طرد مركزية). ويراعى أخذ تأثير رفع الكوبري بمقدار اسم على كل خط من خطوط الارتكاز على حده مالم يستلزم نوع الركائز المستخدمة قيمة أكبر للرفع.

٦-٥ صدمة المركبات

١-٦-٥ عام

يؤخذ تأثير صدمة المركبات كالآتي :

- ١ - تأثير صدمة المركبة على أعمدة ودعامات الكوبري.
- ٢ - تأثير الحمل المركز لعجلة المركبة على الرصيف.
- ٣ - تأثير صدمة المركبة على الأرصفة وحواجز العربات.

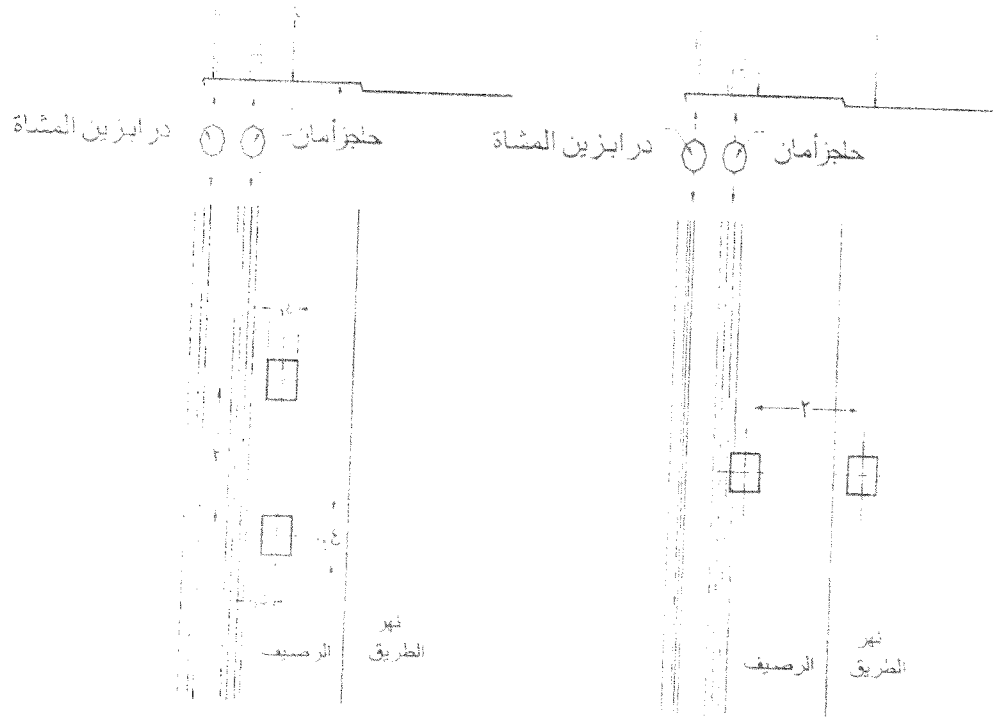
٢-٦-٥ تأثير صدمة المركبة على أعمدة الكوبري

- في حالة عدم تنفيذ حماية تضمن عدم تصادم المركبات بالأعمدة فإن الحد الأدنى لقوى التصادم على الأعمدة يكون :
- ١٠٠٠ كن (١٠٠ طن) في اتجاه حركة المركبة أو
- ٥٠٠ كن (٥٠ طن) عمودي على اتجاه حركة المركبة.
- وذلك على ارتفاع ١,٢٥ متر فوق منسوب الطريق.
- يتم اخذ صدمة المركبة بالإضافة إلى الأحمال الدائمة على الدعامة (كتف - عمود).

٣-٦-٥ تأثير صعود عجلة المركبة على رصيف المشاة

- ١ - في حالة وجود حاجز أمان بجوار الرصيف فإنه لا يؤخذ تأثير حمل صعود عجلة المركبة خلف هذا الحاجز.
- ٢ - لتصميم العناصر الإنشائية لرصيف المشاة يتم تحميل الجزء المعرض من الرصيف بعجلتي المركبة زنة ٤٠٠ كن (٤٠ طن) وذلك في اتجاه موازى أو عمودي على حاجز الأمان طبقاً لأسوأ حالات التحميل. (شكل ٥ - ٧).
- ٣ - يمكن أخذ تأثير عجلة واحدة للمركبة عند عدم إمكانية وضع العجلتين كما سبق توضيحه.
- ٤ - يؤخذ حمل المركبة ٤٠٠ كن (٤٠ طن) على الرصيف بدون أي أحمال أخرى على سطح الكوبري.
- ٥ - في منطقة المشاة (خلف حاجز الأمان) يؤخذ حمل مركز مقداره ١٠ كن (١ طن) مؤثراً على مربع طول ضلعه ١٠ سم وذلك بصورة منفصلة عن حمل المركبة ٤٠٠ كن (٤٠ طن).

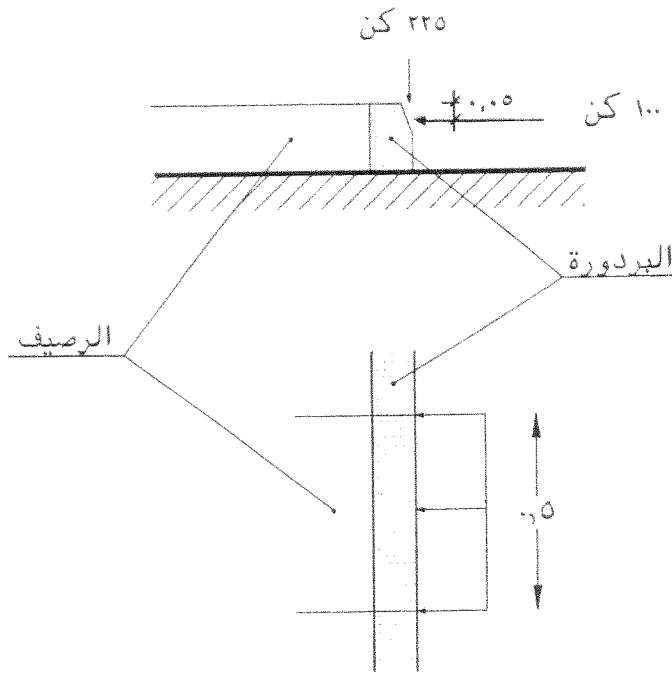
٦ - في حالة عدم وجود حاجز الأمان فإنه يتم تطبيق قواعد التحميل السابقة على رصيف المشاة حتى درابزين العربات.



(شكل ٥ - ٧) أماكن تحميل العربات على رصيف المشاة لكباري الطرق

٥-٦-٤: تأثير صدمة المركبة على برردورة الرصيف

- ١ - تؤخذ قوة أفقية مقدارها ١٠٠ كن (١٠ طن) عمودية على اتجاه المرور أسفل حافة البرردورة بمسافة ٥ سم. وتوزع هذه القوة على طول ٠,٥ متر.
- ٢ - يتم نقل هذه القوة الأفقية إلى العنصر الإنشائي المثبت للبرردورة أو كتف الرصيف.
- ٣ - يتم أخذ حمل رأسي مقداره ٢٢٥ كن (٢٢,٥ طن) موزع على طول ٠,٥ متر بالإضافة إلى قوة الصدم الأفقية شكل (٥-٨).



شكل (٥-٨) صدمة المركبة على بردورة الرصيف

٥-٦-٥ تأثير صدمة المركبة على حاجز العربات

- ١ - تؤخذ قوة أفقية مؤثرة أسفل الحد العلوي للحاجز بمسافة ١٠ سم أو أعلى مستوى سطح الطريق بمسافة ١ متر ايهما اقل. و توزع القوة المذكورة على طول ٠,٥ متر.
- ٢ - يتم تحديد قيمة قوة الصدم الأفقية المنقولة إلى سطح الكوبري وذلك طبقاً لصلابة الوصلات بين حاجز العربات والعنصر الإنشائي المربوط به الحاجز. ويوضح الجدول (٣-٥) قيم القوى الأفقية المنقولة بواسطة حاجز العربات إلى سطح الكوبري.

جدول (٣-٥) قيم القوى الأفقية المنقولة بواسطة حاجز العربات إلى سطح الكوبري.

درجة الحاجز	نوع الحاجز	صلابة الوصلة بين الحاجز و سطح الكوبري	القوى الأفقية المنقولة بواسطة الحاجز كن (طن)
أ	معدنى	ضعيفة	١٠٠ (١٠ طن)
ب	معدنى	متوسطة	٢٠٠ (٢٠ طن)
ج	خرسانى	قوية	٤٠٠ (٤٠ طن)
د	خرسانى	قوية جدا	٦٠٠ (٦٠ طن)

- ٣ - تؤخذ قوة رأسية مقدارها ٢٢٥ كن (٢٢,٥ طن) بالإضافة إلى قوى الصدم المذكورة.
- ٤ - يتم تصميم العناصر الإنشائية والوصلات المدعمة لحواجز العربات لتقاوم قوى صدم قيمتها ١,٢٥ مرة الحمل المؤثر على حاجز العربات .
- ٥ - يمكن كبديل لتطبيق القيم المذكورة عاليه عمل تحليل ديناميكي دقيق لتأثير الصدمة وتحقيقه بتجارب معملية أو ميدانية تعتمد على الجهة المسئولة عن مراجعة التصميم.

٧-٥ القوى المؤثرة على الدرابزينات

- ١-٧-٥ فى حالة وجود حاجز عربات يجب أن تقاوم الدرابزينات ووصلاتها بعناصر الكوبري قوة أفقية عرضية مقدارها ١,٥ كن (١٥٠ كجم) لكل متر طولي.
- ٢-٧-٥ فى حالة عدم وجود حاجز عربات تصمم الدرابزينات كحاجز عربات .

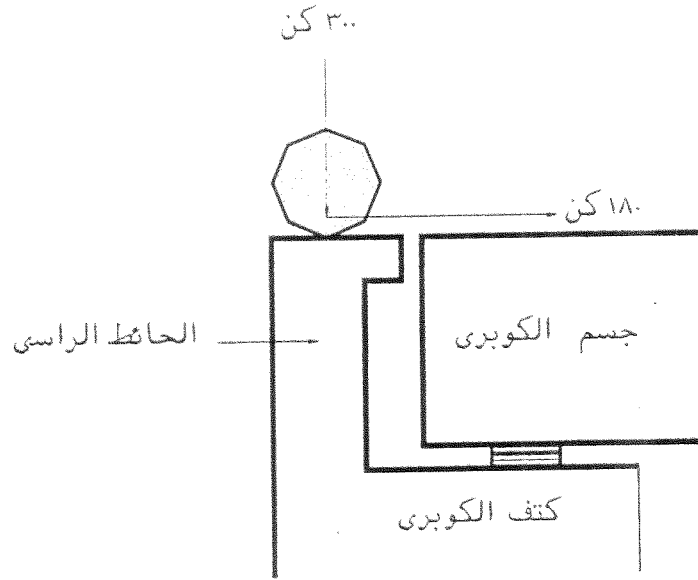
٨-٥ الأحمال على أكتاف الكبارى والحوائط الساندة

١-٨-٥ الأحمال الرأسية

- ١ - يستخدم نموذج التحميل رقم (١) لحساب ضغط التربة على الحوائط الساندة والأكتاف وما يماثلها.
- ٢ - يمكن افتراض حمل مكافئ مقداره ٢٠ كن/م^٢ (٢ طن/م^٢) موزع بانتظام خلف الأكتاف.
- ٣ - يفترض توزيع الحمل الرأسى على زاوية ٣٠ درجة مع الرأسى لأسفل .

٢-٨-٥ الأحمال الأفقية

- ١ - لا تؤخذ أى قوة أفقية فى مستوي سطح الطريق أعلى الردم .
- ٢ - لتصميم الحائط الرأسى لكثف الكوبري يتم اخذ قوة أفقية قدرها ١٨٠ كن (١٨ طن) بالإضافة إلى قوة رأسية ٣٠٠ كن (٣٠ طن) شكل (٩-٥) وذلك مع أخذ ضغط التربة الجانبى الناتج عن الردم خلف الحوائط.
- ٣ - لا يتم اخذ تأثير ضغط التربة الناتج عن الأحمال الحية أعلى الردم فى نفس الوقت مع الأحمال المذكورة سابقا.



شكل (٩-٥) الأحمال على الحائط الراسي لكتف الكوبري

٩-٥ كبارى الطرق التى تمر فوقها خطوط سكك حديدية

يتم أخذ حالات التحميل التالية فى التصميم:

- ١ - إذا كان مسار خطوط السكك الحديدية منفصلاً عن مسار مركبات الطرق بحيث لا تمر المركبات فوق خطوط السكك الحديدية، يصمم الكوبري طبقاً لأسوأ حالات تجميع أحمال السكك الحديدية مع أسوأ حالات تحميل مركبات الطرق.
- ٢ - إذا كانت القضبان فى مستوى سطح الكوبري بحيث تمر فوقها مركبات الطرق، يتم التصميم طبقاً لحالات التحميل التالية:
 - أ - تحميل خطى سكة حديد بأحمال القطارات مع تحميل باقى الكوبري بالحمل ٣ كن/م^٢ (٣٠٠ كجم/م^٢).
 - ب - تحميل خط سكة حديد واحد بأحمال القطارات، وتحميل باقى عرض الكوبري بالأحمال الكاملة لمركبات الطرق.
 - ج - تحميل الكوبري بأحمال كبارى الطرق فقط مع إعتبار عدم وجود أحمال السكك الحديدية.

٥-١٠ تأثير تغير درجات الحرارة

- ١ - بافتراض درجة حرارة متوسطة للمنشأ مقدارها 20°م فإنه يراعى افتراض تغير في درجات الحرارة مقداره $\pm 30^{\circ}\text{م}$ في المنشآت المعدنية والمركبة. وبالنسبة للمنشآت الخرسانية يؤخذ تأثير التغير في درجات الحرارة بمقدار $\pm 20^{\circ}\text{م}$.
- ٢ - يؤخذ تأثير تغير درجة حرارة السطح العلوي عن السفلي أو العكس في المنشآت المعدنية أو المركبة وذلك بمقدار $\pm 15^{\circ}\text{م}$ وبالنسبة للمنشآت الخرسانية بمقدار $\pm 5^{\circ}\text{م}$.
- ٣ - في بعض الحالات الخاصة تؤخذ الفروق بين درجات حرارة الأجزاء المختلفة للمنشأ، مثل الفرق بين العقد والشداد، والفرق بين شدادات التلجيم والكمرات الطولية، والفرق بين العنصر العلوي والعنصر السفلي في الجمالونات. ويؤخذ مقدار تلك الفروق كما يلي:
 - $\pm 10^{\circ}\text{م}$ للمنشآت المعدنية والمركبة.
 - $\pm 5^{\circ}\text{م}$ للمنشآت الخرسانية.
- ٤ - في حالات تجميع التأثيرات المختلفة لتغير درجات الحرارة المذكورة في البنود الثلاثة السابقة يؤخذ الفرق بين درجتى حرارة أى عنصرين انشائيين بحد أقصى:
 - $\pm 20^{\circ}\text{م}$ للمنشآت المعدنية والمركبة.
 - $\pm 10^{\circ}\text{م}$ للمنشآت الخرسانية.
- ٥ - في الأعمدة والبغال الخرسانية تؤخذ فروق درجات الحرارة $\pm 5^{\circ}\text{م}$ بين الوجهين المتقابلين.
- ٦ - تؤخذ فروق درجات الحرارة في حساب حركة الركائز وفواصل التمدد كالتالي :

نوع الكوبري	أقصى درجة حرارة افتراضية	أقل درجة حرارة افتراضية
الكباري المعدنية والمركبة	$+ 60^{\circ}\text{م}$	$- 20^{\circ}\text{م}$
الكباري الخرسانية	$+ 50^{\circ}\text{م}$	$- 10^{\circ}\text{م}$

١١-٥ أحمال الزلازل

تحتسب طبقاً للباب التاسع من هذا الكود.

١٢-٥ أحمال الرياح

١ - يؤخذ ضغط الرياح كقوى أفقية ورأسية إجمالية (شاملة الضغط والسحب) حسب القيم الواردة في الجدول (٤-٥) .

٢-أ فى حالة ضغط الرياح الأفقى ، السطح المعرض للرياح فى حالة عدم وجود حمل حى هو مساحة المسقط الرأسى الطولى للكوبرى . وفى حالة وجود حمل حى يؤخذ فى الاعتبار مساحة شريط مستمر يمثل المسقط الرأسى الطولى للحمل الحى.

٢-ب فى حالة ضغط الرياح الرأسى (إلى أعلى أو إلى أسفل) ، السطح المعرض للرياح هو مساحة المسقط الأفقى الطولى للكوبرى.

جدول (٤-٥) ضغط الرياح على الكبارى كن/م^٢ (كجم/م^٢)

ضغط الرياح الرأسى كن/م ^٢ (كجم/ م ^٢)	ضغط الرياح الأفقى كن/م ^٢ (كجم/ م ^٢)			الإرتفاع فوق سطح الأرض أو المياه أسفل الكوبري (متر)
	مع وجود حمل حى	بدون حمل حى		
		مع وجود حاجز صوت	بدون حاجز صوت	
١,٠٠ (١٠٠)	١,٠٠ (١٠٠)	١,٥٠ (١٥٠)	٢,٠٠ (٢٠٠)	صفر حتى ٢٠
١,٢٥ (١٢٥)	١,٢٥ (١٢٥)	١,٧٥ (١٧٥)	٢,٢٥ (٢٢٥)	أكبر من ٢٠ وحتى ٥٠
١,٥٠ (١٥٠)	١,٥٠ (١٥٠)	٢,٠٠ (٢٠٠)	٢,٥٠ (٢٥٠)	أكبر من ٥٠ وحتى ١٠٠
١,٧٥ (١٧٥)	١,٧٥ (١٧٥)	٢,٢٥ (٢٢٥)	٢,٧٥ (٢٧٥)	أكبر من ١٠٠

ملحوظة : لا يسري هذا الجدول على الكبارى الخاصة مثل الكبارى المعلقة والكبارى المتحركة والكبارى العنقبة والكبارى التى يزيد بحورها عن ١٠٠ م والتى تحتاج إلى دراسة أكثر دقة.

٣ - ارتفاع الشريط المكافئ للمسقط الرأسى الطولى للحمل الحى فوق منسوب السطح العلوى لأرضية الكوبرى هو:

أ - ٣ متر لكبارى الطرق.

ب - ١,٨ متر لكبارى المشاة والدراجات.

ج - ٣,٥٠ متر فوق منسوب القضبان فى حالة وجود سكك حديدية على كبارى الطرق.

٤ - يجوز تخفيض ضغط الرياح أثناء تنفيذ الكوبرى الى ٧٠ % من القيم الواردة بالجدول (٤-٥).

- ٥ - في مرحلة ما قبل تنفيذ البلاطة العلوية للكوبري تؤخذ المساحة المعرضة للرياح معادلة لضعف مساحة الكمرات الطولية.
- ٦ - في حالة الكوبري المكون من أجزاء علوية منفصلة يؤخذ ضغط الرياح بالكامل على كل جزء على حدة.

٥-١٣ مقاومة الركائز للاحتكاك أو القص الأفقى

نظرا لتمدد وانكماش المنشأ نتيجة لاختلاف درجة الحرارة أولاي أسباب أخرى فإنه يتم الأخذ في الاعتبار قوى الاحتكاك الناتجة على كراسي الارتكاز المنزلقة وذلك تحت تأثير الحمل الدائم فقط. ويمكن استخدام معاملات الاحتكاك التالية:

Roller Bearings

١ - كراسي بدلافين

- ٠,٠٣ - في حالة دلفين واحد أو اثنين
- ٠,٠٥ - في حالة ثلاثة دلفينات أو أكثر

Sliding Bearings

٢ - الكراسي المنزلقة

- ٠,١٥ - في حالة الصلب على كراسي من سبائك النحاس الصلدة
- ٠,٢٥ - في حالة الصلب على كراسي من الحديد الزهر أو الصلب
- في حالة الصلب على كراسي من بوليتترا فلوروايثيلين (PTFE)

(Pot Bearings) ذات ضغط تلامس متوسط

- ٠,٠٦ ١٠ نيوتن/مم^٢ (١ كجم / مم^٢)
- ٠,٠٤ ٢٠ نيوتن/مم^٢ (٢ كجم / مم^٢)
- ٠,٠٣ ٣٠ نيوتن/مم^٢ (٣ كجم / مم^٢)

- يمكن استخدام معاملات احتكاك اقل من القيم السابق ذكرها لأنواع ركائز مسجلة مع التحقق من قيم معاملات الاحتكاك بواسطة معامل معتمدة.

٣ - الكراسي من النيوبرين المسلح

- تحسب قوة قص أفقية لمخدة النيوبرين بدلالة السمك والحركة المطلوبة بإعتبار معامل القص للنيوبرين ١ نيوتن/مم^٢ (١٠ كجم/سم^٢) والحد الأقصى لتشكل القص = ٠,٧ ما لم تحدد قيمة أخرى في الإشتراطات الفنية.

١٤-٥ الهبوط المتفاوت للأساسات

عندما يؤثر الهبوط المتفاوت على المنشأ ككل أو على جزء منه فإن تأثيره يؤخذ فى الاعتبار على أساس دراسات وأبحاث التربة.

١٥-٥ انكماش الخرسانة

يحسب طبقاً لما ورد فى الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية .

١٦-٥ زحف الخرسانة

يحسب طبقاً لما ورد فى الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية .

١٧-٥ أحمال خاصة أثناء مراحل التنفيذ

يجب أن يؤخذ فى الاعتبار وزن كل المواد الدائمة والمؤقتة مع بالإضافة إلى القوى الأخرى التى يمكن أن تتولد فى أى جزء من المنشأ أثناء مراحل التنفيذ. كذلك يجب أن يؤخذ فى الاعتبار تأثير الرياح والحرارة التى تولد أكبر قوة ممكنة تؤثر فى الأعضاء أثناء التركيب عند تصميم هذه الأعضاء ويمكن زيادة إجهاد التشغيل فى هذه الحالة طبقاً لكودات التصميم المعنية.

١٨-٥ الضغوط الجانبية للتربة أو المياه

يؤخذ فى الاعتبار جميع القوى الجانبية مثل ضغط التربة، ضغط المياه الخ والتى يمكن أن تؤثر على أجزاء مختلفة من المنشأ وتسبب زيادة فى الإجهادات بالنسبة للحوائط والأكتاف الساندة.

١٩-٥ تأثير الكلال

لحساب تأثير الكلال يؤخذ الحمل الحى طبقاً لنموذج التحميل رقم (١) بند (١-٣-٥) مع أخذ نسبة ٧٠ % من الأحمال المركزة للمركبات ونسبة ٣٠ % من الحمل المنتظم لحارات المرور.

٢٠-٥ الحمولات غير التقليدية

عند مرور حمولات غير تقليدية علي الكوبري يجب مراعاة الاشتراطات الآتية:

- ١ - اختيار عدد محاور الكساحة بحيث لا تتعدى الاجهادات الناشئة عن الحمولة الاجهادات القصوي للكوبري.
- ٢ - تحديد الحارة المناسبة لمرور الكساحة واللازمة للحصول علي اقل اجهادات علي الكوبري.
- ٣ - منع مرور أي مركبات علي الكوبري اثناء مرور الحمولة.
- ٤ - عدم تجاوز سرعة مرور الكساحة اعلي الكوبري عن ٥ كم / ساعة.
- ٥ - عند مرور أكثر من كساحة في نفس الوقت يجب ترك فاصل زمني لا يقل عن نصف ساعة بين كل كساحة والأخرى.
- ٦ - يجب دراسة الحالة الانشائية للكوبري والتأكد من سلامة المنشأ شاملاً كافة اجزاء الكوبري من (أساسات- أعمدة- كراسي ارتكاز - المنشأ العلوى.....الخ).
- ٧ - الالتزام باية اشتراطات اخري تطلبها الجهة المالكة للكوبري.

٢١-٥ حالات تجميع الاحمال على كبارى الطرق

Load Combinations for Roadway Bridges
Ultimate Loads and Service Loads Combinations

يوضح الملحق رقم (٥-أ) حالات تجميع الأحمال على كبارى الطرق ، ويتضمن حالات التحميل القصوى وحالات التشغيل.

تتضمن حالات التحميل القصوى مجموعة من حالات التحميل مصنفة كالتالى :

- المميزة Characteristic .
- المفاجئة Accidental .
- الزلازل EQ .

تتضمن حالات تحميل التشغيل مجموعة من حالات التحميل مصنفة كالتالى :

- المميزة Characteristic .
- المتكررة قصيرة المدى Frequent وتستخدم لحساب الترخيم Deflection .
- شبه الدائمة طويلة المدى Quasi-Permanent .

هذا ويمكن للمصمم إضافة حالات تجميع أحمال أخرى طبقاً لطبيعة المنشأ والأحمال المعرض لها.

٥-٢٢ الأحمال على كباري المشاة :

- ١ - نماذج التحميل المعطاة بهذا الباب تشمل معامل التأثير الديناميكي.
- ٢ - يتم تطبيق الأحمال المعطاة لنماذج التحميل طبقاً لأسوأ حالات التحميل.

٥-٢٢-١ الأحمال الرأسية على كباري المشاة:

يوجد ثلاثة نماذج للتحميل الرأسى يتم استخدامهما علي كباري المشاة كالاتي:

١ - حمل منتظم التوزيع (q) :

حمل قدره ٥ كن/م^٢ (٥٠٠ كجم/م^٢) يمثل حمل المشاة. ويؤخذ علي كامل مسطح كوبري المشاة.

٢ - حمل مركز (Q) :

يستخدم حمل مركز قدرة ١٠ ك (طن) يؤثر على مساحة مربع طول ضلعة ١٠ اسم وذلك لمراجعة الاجهادات الناشئة ببلاطة سطح الكوبري .

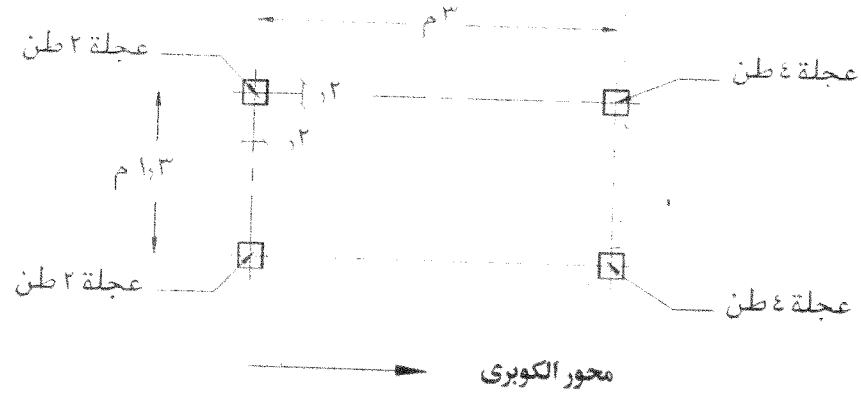
٣ - حمل عربة المرور:

أ - يمثل حمل عربة الصيانة أو الطوارئ أو عربة مرور غير متوقعة فوق كوبري المشاة.

ب - لا يتم اعتبار حمل عربة المرور فوق كوبري المشاة في حالة وجود عائق دائم يمنع احتمال مرور أي عربات فوق الكوبري.

جـ - يوضح شكل (٥-١٠) نموذج التحميل لعربة المرور كالاتي :

- محور امامي على عجلتين حمل العجلة الواحدة ٤٠ ك (طن).
- محور خلفي على عجلتين حمل العجلة الواحدة ٢٠ ك (طن).
- مساحة التحميل للعجلة الواحدة عبارة عن مربع طول ضلعة ٢٠ سم.
- المسافة بين المحور الامامي والمحور الخلفي ٣ م.
- المسافة بين العجلات ١,٣ م.



شكل (١٠-٥) نموذج التحميل لعربة المرور

٥-٢٢-٢ القوة الأفقية على كباري المشاة

- ١ - يتم توقيع القوى الأفقية على محور الكوبري وفي مستوى سطح الطريق.
- ٢ - يتم أخذ القيمة الأكبر للقوة الأفقية من القيم التالية:
 - أ - ١٠% من الوزن الكلى للحمل منتظم التوزيع q الموضح بالبند ٥-٢٢-١.
 - ب - ٦٠% من الوزن الكلى لعربة المرور الموضحة بالبند ٥-٢٢-١.
- ٣ - يتم أخذ تأثير القوة الأفقية مع الحمل الرأسى التابع لها.
- ٤ - القوى الأفقية المذكورة كافية لدراسة اتزان الكوبري في الاتجاه الطولي. ولدراسة اتزان الكوبري في الاتجاه العرضي (out of plane) تؤخذ قوى الرياح أو الزلازل أو الصدم.

٥-٢٢-٣ تجميع الاحمال على كباري المشاة:

يتم تصميم كوبري المشاة على أحد مجموعات الأحمال الآتية:

- ١ - حمل رأسى منتظم التوزيع مقداره ٥ كن/م^٢ (٥٠٠ كجم/م^٢) ومعه حمل أفقى مقداره ١٠% من الوزن الكلى للحمل منتظم التوزيع كما هو موضح بالبند ٥-٢٢-٢.
- ٢ - حمل رأسى يمثل عربة المرور الموضحة بالبند ٥-٢٢-١ ومعه حمل أفقى يمثل ٦٠% من الوزن الكلى لعربة المرور كما هو موضح بالبند ٥-٢٢-٢. وذلك في حالة إمكانية مرور العربة على كوبري المشاة.

- ٣ - عند تطبيق حمل عربة المرور على الكوبري لا يتم أخذ تأثير أي أحمال أخرى (أحمال صدم - رياح - زلازل -).
- ٤ - يتم توقيع الأحمال طبقاً لأسوأ حالات التحميل.

٥-٢٢-٤ أحمال الرياح :

تؤخذ أحمال الرياح على كبارى المشاة طبقاً للبند (٥-١٢) من هذا الكود .

٥-٢٢-٥ أحمال الزلازل :

تحتسب طبقاً للباب التاسع من هذا الكود.

٥-٢٢-٦ أحمال الصدم على كبارى المشاة

- ١ - تعتبر كبارى المشاة أكثر تأثراً بأحمال الصدم من كبارى الطرق. ولحماية كبارى المشاة من تصادم العربات يتم عمل الآتي:

- أ - وضع حواجز الاصطدام قبل أعمدة الكبارى بمسافة مناسبة.
- ب - زيادة الارتفاع الصافي للمرور أسفل كوبرى المشاة عن نظيره لكبارى الطرق الواقعة على نفس الطريق.

- ٢ - في حالة عدم تنفيذ حماية تضمن عدم تصادم المركبات بأعمدة الكوبرى فإن الحد الأدنى لقوى التصادم على الأعمدة تكون :

- ١٠٠٠ كن (١٠٠ طن) في اتجاه المرور أو
- ٥٠٠ كن (٥٠ طن) عمودي على اتجاه المرور.
- وذلك على ارتفاع ١,٢٥ متر فوق منسوب الطريق.

٥-٢٢-٧ الأحمال على الدرابزينات لكبارى المشاة:

يجب أن تقاوم الدرابزينات لكبارى المشاة ووصلاتها بعناصر الكوبرى قوى أفقية عرضية مقدارها ١,٥ كن (١٥٠ كجم) لكل متر طولي.

٥-٢٢-٨ الأحمال على الأكتاف والحوائط السائدة لكبارى المشاة

يتم افتراض حمل منتظم مقداره ٥٠ كن/م^٢ (٥٠ طن/م^٢) موزع بانتظام خلف الأكتاف والحوائط السائدة.

٥-٢٢-٩ نموذج التحميل الديناميكي لكوبري المشاة

- ١ - نتيجة سير المشاة أو نتيجة أحمال الرياح فإنه يحدث اهتزاز للكوبري ، ويتم تحديد التردد الطبيعي للمنشأ بواسطة عمل نموذج إنشائي ببرنامج تحليل مناسب.
- ٢ - يجب تجنب حدوث ظاهرة الرنين في الكوبري (وهو تطابق التردد الناتج عن اهتزاز الكوبري مع التردد الطبيعي للكوبري) حتى لا يتسبب ذلك في انهيار الكوبري.
- ٣ - السير الطبيعي للمشاة على الكوبري غالباً ما ينتج عنه الترددات الآتية:
 - تردد رأسي يتراوح من ١ إلى ٣ هرتز.
 - تردد أفقي يتراوح من ٠,٥ إلى ١,٥ هرتز.
- ٤ - التردد الناتج من جرى الجمهور على كوبري المشاة يصل إلى ٣ هرتز.
- ٥ - يجب ألا تتجاوز قيمة العجلة الرأسية a (م/ثانية^٢) و المؤثرة على الكوبري عن:

$$a=0.5 \sqrt{f_0} \quad (5.3)$$

حيث f_0 قيمة التردد الطبيعي

- ٦ - في حالة أن التردد الطبيعي الرئيسي في الإتجاه الرأسى أكبر من ٥ هرتز يمكن التغاضى عن حساب قيمة العجلة الرأسية فى البند (٥)

٥-٢٢-١٠ حالات تجميع الاحمال على كبارى المشاه

Load Combinations for Foot Bridges

Ultimate Loads and Service Loads Combinations

يوضح الملحق رقم (٥-ب) حالات تجميع الأحمال على كبارى المشاه ، ويتضمن حالات التحميل القصوى وحالات التشغيل.

تتضمن حالات التحميل القصوى مجموعة من حالات التحميل مصنفة كالتالى :

- المميزة Characteristic .
- المفاجئة Accidental .
- الزلازل EQ .

تتضمن حالات تحميل التشغيل مجموعة من حالات التحميل مصنفة كالتالى :

- المميزة Characteristic .

المكررة قصيرة المدى Frequent وتستخدم فى حساب الترخيم Deflection

- شبة الدائمة طويلة المدى Quasi-Permanent .

هذا ويمكن للمصمم إضافة حالات تجميع أحمال أخرى طبقاً لطبيعة المنشأ والأحمال

المعرض لها.

Annex (5-A)

الملحق (٥-أ)

حالات تجميع الأحمال على كبارى الطرق

Comb Type	Comb No.	Permanent Actions						LL						WL	TEMP	EXPL	RUPT	EQ	CONST
		DL	SDL	C&S	SE.T	EP	PREST	LM1	LM2	LM3	BR	CENT & LAT	VEH IMP						
		VEH	UNI																
Ultimate Loads Combinations	Characteristic	1	1.35	1.35				1.35	1.35		1.35	1.35							
		2	1.00	0.54				1.35											
		3							1.35										
		4	1.35	1.35				1.35			1.35	1.35		0.90					
		5	1.35	1.35				1.35			1.35	1.35		0.90					
		6								1.35				1.50					
		7													1.50				
		8	1.00	0.54															
		9	1.00	0.54															
		10	0.75	0.40									1.00						
Accidental		11	0.75	0.40															
		12	0.75	0.40															
		13						0.75											
		14						0.75											
		15							0.75										
		16								0.75									
		17									1.00								
		18											1.00						
		19																	
		20	1.00(DL+SDL+C&S+SE.T+EP+PREST)					0.20	0.20										
Service Loads Combinations	EQ	1	1.00(DL+SDL+C&S+SE.T+EP+PREST)					1.00	1.00		1.00	1.00		0.60				1.00	
		2						1.00	1.00		1.00	1.00		0.60				1.00	
		3						1.00	1.00		1.00	1.00		0.60				1.00	
		4								1.00				1.00					
		5	1.00(DL+SDL+C&S+SE.T+EP+PREST)					0.75	0.40					1.00					
		6						0.75	0.40					1.00					
		7	1.00(DL+SDL+C&S+SE.T+EP+PREST)					0.75	0.40					0.20					
		8													0.20				
		9														0.20			
	Quasi-Permanent	10	1.00(DL+SDL+C&S+SE.T+EP+PREST)																
During Construction (Ultimate Load Combinations)		1	1.35	1.35				1.50	1.00					1.50					1.50
Combinations for Global Equilibrium Checks		1	1.35	1.35				1.50	1.00					1.50					1.35
		2	1.00	1.00				1.50	1.00					1.50					1.35

Notes:
 1- In case the Permanent Actions are on the Favorable side, the service load comb. factors 0.9, 0.9, 0.9, 0.9 & 0.9 are used for DL, SDL, C&S, SE.TT and EP, respectively
 2- In case the Permanent Actions are on the Unfavorable side, the ultimate load comb. factors 1.15, 1.15, 1.15, 1.15 & 1.15 are used for DL, SDL, C&S, SE.TT and EP, respectively
 3- Notations

DL	Dead Load	VEH	Vehicle	LM1	Live Load model 1	CENT & LAT	Centrifugal and Lateral Load
SDL	Superimposed Dead Load	UNI	Uniform Load	VEH IMP	Vehicle Impact	WIL	Wind Load
C&S	Creep and Shrinkage	LM2	Live Load model 2	TEMP	Temperature Loads	EQ	Earthquake
SE.TT	Differential Settlement	LM3	Live Load model 3	CONST	Construction Load		
EP	Earth Pressure	BR	Braking				
PREST	Prestressing	RUPT	Cable Rupture Effect				
EXPL	Explosion						

Annex (5-B)

الملحق (٥-ب)

حالات تجميع الاحمال على كبارى المشاه

Comb Type	Comb No.	Permanent Actions						LL					WL	TEMP	EXPL	RUPT	EQ	CONST	
		DL	SDL	C&S	SETT	EP	PREST	q	Q	SERV VEH	HLE FORCE	VEH IMP							
Ultimate Loads Combinations	Characteristic	1						1.35				1.35	1.35						
		2							1.35										
		3																	
		4						1.35				1.35							
		5						1.35					0.45						
		6											0.45						
		7								1.35	1.35				0.90				
		8								1.35	1.35				0.90				
		9							0.64			0.64		1.50					
	Accidental	10							0.64			0.64			1.50				
		11							0.40				1.00						
		12							0.40						1.00				
		13							0.40							1.00			
		14								0.40									
		15								0.40						1.00			
		16									0.40								
Service Loads Combinations	EQ	16						0.20									1.00		
		1						1.00				1.00		0.30					
		2						1.00				1.00							
	Characteristic	3										1.00							
		4									1.00	1.00		0.30					
		5									1.00	1.00							
		6							0.40			0.40		1.00					
		7							0.40			0.40							
	Frequency	8							0.40			0.40							
		9										0.40							
Quasi-Permanent	10												0.20						
																	0.50		

During Construction (Ultimate Load Combinations)

1	1.35	1.35	1.50	1.00	1.00	1.50	1.60	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
---	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------	------

Combinations for Global Equilibrium Checks

1	1.35	1.35	1.50	1.00	1.00	1.50	1.60	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50
2	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.50	1.60	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50	1.50

Notes:

- 1- In case the Permanent Actions are on the Favorable side, the service load comb. factors 0.9, 0.9, 0.9, 0.9, 0.9, 0.9 are used for DL, SDL, C&S, SETT and EP, respectively
- 2- In case the Permanent Actions are on the Unfavorable side, the ultimate load comb. factors 1.15, 1.15, 1.15, 1.15, 1.15, 1.15 are used for DL, SDL, C&S, SETT and EP, respectively
- 3- Notations

DL	Dead Load	q	Uniform Live Load	TEMP	Temperature Loads
SDL	Superimposed Dead Load	Q	Concentrated Live Load	EQ	Earthquake
C&S	Creep and Shrinkage	SERV VEH	Service Vehicle	CONST	Construction Load
SETT	Differential Settlement	HLE FORCE	Horizontal Force	EXPL	Explosion
EP	Earth Pressure	VEH IMP	Vehicle Impact (Accidental Shock)	RUPT	Cable Rupture Effect
PREST	Prestress	WL	Wind Load		

الباب السادس

الأحمال على كبارى السكك الحديدية

١-٦ عام

تنقسم الأحمال على كبارى السكك الحديدية إلى أحمال رئيسية وأحمال ثانوية وأحمال خاصة ويجب أن تؤخذ تلك الأحمال فى الاعتبار طبقاً لأسوأ حالات التحميل و التصميم.

١-١-٦ الأحمال الرئيسية

تشمل الأحمال الدائمة، الأحمال الحية شاملة التأثير الديناميكي المصاحب لها، الأحمال الناتجة عن رفع الكوبرى لاستبدال الركائز، سبق الأجهاد، قوى الطرد المركزية، ضغط التربة وضغط المياه.

٢-١-٦ الأحمال الثانوية

تشمل الأحمال الناتجة عن التغير فى درجات الحرارة ، احمال الزلازل و الرياح ، قوى الفرامل والجر، الصدمات العرضية ، مقاومة الركائز للاحتكاك ، مقاومة الفواصل للحركة و التشكل، هبوط محتمل حدوثه للأساسات ، انكماش و زحف الخرسانة.

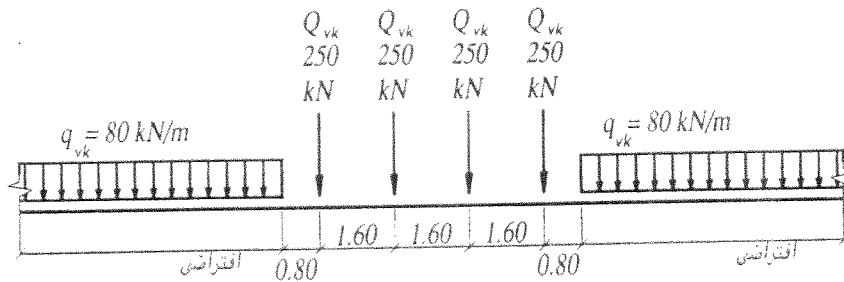
٣-١-٦ الأحمال الخاصة

تشمل الأحمال الخاصة أثناء مراحل التنفيذ والقوى المكافئة لاصطدام المركبات بأعمدة الكوبرى.

٢-٦ الأحمال الحية

لحساب الأحمال الحية على كبارى السكك الحديدية والمنشآت التحتية Sub-Structures الخاصة بها يؤخذ نموذج الحمل القياسى (الحمل الرأسى المتحرك المكافئ) فى الإتجاه الطولى كما هو موضح بالشكل (١-٦) ، وقد تم تقدير هذا النموذج لتغطية كافة أنواع الأحمال الفعلية الحالية و الزيادة المتوقعة فى الأحمال مستقبلاً للقطارات و العربات و يتكون نموذج الحمل القياسى من:

- ١ - أربعة محاور على مسافات بينية ١,٦٠ متر قيمة الحمل الرأسى لكل منها ٢٥٠ كن (٢٥ طن) ويرمز له بالرمز Q_{vk} .
- ٢ - حمل موزع منتظم من الجانبين قيمته ٨٠ كن/م (٨ طن/م) ويرمز له بالرمز q_{vk} بطول غير محدد ويشترط أن يكون الحمل متصل.
- ٣ - حمل مكافئ للقطارات الفارغة قيمته ١٠ كن/م (١ طن/م).



شكل (٦-١) نموذج الحمل القياسى

فى حالة الخطوط الخاصة التى تحمل قطارات أخف (مثل خطوط المترو) أو أثقل (مثل خطوط المصانع والموانئ) من الحمل المتحرك المكافئ المذكور أعلاه فإنه يتم ضرب الحمل المتحرك المكافئ فى المعامل α وتحدد قيمته بواسطة الجهة المسؤولة وتتراوح قيمته من ٠,٧٥ إلى ١,٤٦ وتسمى الأحمال فى هذه الحالة أحمال مصنفة.

بالنسبة للخطوط الدولية فيوصى أن تكون قيمة المعامل α أكبر من ١ على أن تحدد قيمته بواسطة كل دولة.

فى حالة الكبارى على المنحنيات تراعى الزيادة فى الحمل الحى على كل من الكمرات الرئيسية Main Girders والكمرات العرضية Cross Girders والمدادات الطولية Stringers بسبب لامركزية الحمل الناتجة عن الميل العرضى للسكة .

١-٢-٦ الأحمال على الكبارى متعددة السكك :

عند حساب الأحمال على الكبارى متعددة السكك يؤخذ فى الاعتبار ما يلى:

- ١ - فى حالة تحميل سكتين (خط مزدوج) تؤخذ الأحمال بدون تخفيض أى ١٠٠ % لكل سكة.

٢ - في حالة تحميل ثلاث سكك أو أكثر يؤخذ حمل السكنتين الأولى و الثانية بدون تخفيض بالإضافة إلى ٥٠% من حمل السكة الثالثة و ٢٥% من حمل السكة الرابعة أو ما زاد عن ذلك.

٢-٢-٦ الأحمال على الدرابزينات:

في حالة وجود قضبان حماية يجب أن تقاوم الدرابزينات قوة أفقية عرضية مقدارها ١٥٠ كجم/م (١,٥٠ كن/م).

٣-٦ التأثيرات الديناميكية:

أحمال السكة الحديد القياسية المذكورة في البند (٢-٦) تعتبر أحمالا استاتيكية و يتم ضربها في معامل التأثير الديناميكي وذلك لأخذ تأثير الصدم والذبذبة والتمايل ووصلات القضبان والتأثيرات الديناميكية الأخرى والتي تنشأ عن احتكاك وتذبذب العجلات ومستوى أعمال الصيانة الخاصة بالسكة والقطارات المتحركة.

١-٣-٦ معامل الحمل الحى شاملاً التأثير الديناميكي على كبارى السكك الحديدية: (φ)

بالنسبة لكبارى السكك الحديدية يؤخذ معامل الحمل الحى شاملاً التأثير الديناميكي (φ) طبقاً للمعادلة (6-1a) وبذلك يكون معامل التأثير الديناميكي (I) طبقاً للمعادلة (6-1b) ويؤخذ على جميع عناصر المنشأ شاملة الأساسات.

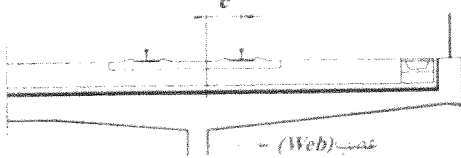
$$\phi = 0.73 + \frac{2.16}{\sqrt{L_1 - 0.2}} \quad (6 - 1a)$$

$$I = \phi - 1 \quad (6 - 1b)$$

مع مراعاة إجراء أعمال الصيانة الدورية للخطوط و القطارات بصفة مستمرة.

بحيث تكون أقصى زيادة في الأحمال بمقدار ١٠٠% وأقل زيادة ١٠% ، أى أن المعامل I لا يزيد عن ١,٠٠ ولا يقل عن ٠,١٠ . حيث L_1 هو الطول الفعال بالمتر لحساب التأثير الديناميكي و تحدد قيمة L_1 طبقاً للحالات الآتية:

جدول (٦ - ١) : تحديد الطول L_1 لعناصر الكوبرى

الحالة	العنصر الإنشائى	الطول L_1
أرضية معدنية مغلقة ذات فرشاة زلطية (أرضية أورثوتروبية Orthotropic Deck Plate)		
أرضية معدنية بكرات عرضية وأعصاب طولية مستمرة:		
١ - ١	لوحة الأرضية فى الاتجاهين	٣ مرات المسافة بين الكمرات العرضية
٢ - ١	أعصاب طولية مستمرة بكوابيل قصيرة حتى ٠.٥ متر	٣ مرات المسافة بين الكمرات العرضية
٣ - ١	الكمرات العرضية	ضعف طول الكمرات العرضية
٤ - ١	كمرات عرضية نهائية	٣.٦ متر
أرضية معدنية بكرات عرضية فقط		
١ - ٢	لوحة الأرضية فى الاتجاهين	ضعف المسافة بين الكمرات العرضية + ٣ متر
٢ - ٢	الكمرات العرضية	ضعف المسافة بين الكمرات العرضية + ٣ متر
٣ - ٢	كمرات عرضية نهائية	٣.٦ متر
نظام بأرضية معدنية من كمرات طولية وعرضية ذات أرضية خشبية مفتوحة (بدون فرشاة زلطية)		
١ - ٣	حوامل القضبان (Rail Bearers) ■ مستمرة ■ بسيطة الارتكاز	■ ٣ مرات المسافة بين الكمرات العرضية ■ المسافة بين الكمرات العرضية + ٣ متر
٢ - ٣	كابولى حوامل القضبان (End Bracket)	٣.٦ متر
٣ - ٣	الكمرات العرضية (Cross Girders)	ضعف طول الكمرات العرضية
٤ - ٣	كمرات عرضية نهائية	٣.٦ متر
أرضية من بلاطة خرسانية و فرسه زلطية		
١ - ٤	بلاطة الأرضية كجزء من كمرات صندوقية أو شفة علوية لكمرات رئيسية: ■ البحر التصميمى فى الاتجاه العرضى ■ البحر التصميمى فى الاتجاه الطولى ■ كمرات عرضية ■ كوابيل عرضية حاملة لحمل السكة الحديد	■ ٣ مرات بحر البلاطة ■ ٣ مرات بحر البلاطة ■ ضعف طول الكمرات العرضية ■ ٣ مرات المسافة بين الأعصاب - $e \leq 0.5m$ - $e > 0.5m^*$ 
٢ - ٤	بلاطة أرضية مستمرة (فى اتجاه الكمرات الرئيسية) محملة على كمرات عرضية	ضعف المسافة بين الكمرات العرضية

* تحتاج الى دراسة خاصة وتحليل ديناميكى

٤ - ٣	بلاطة أرضية الكبارى النفقية ونصف النفقية (Through & Semi-Through) ■ البحر التصميمى عمودى على الكمرات الرئيسية فى الاتجاه العرضى ■ البحر التصميمى فى الاتجاه الطولى	■ ضعف بحر بلاطة الأرضية + ٣ متر ■ ضعف بحر بلاطة الأرضية ■ ضعف البحر الفعال للكمرات الطولية
٤ - ٤	بلاطات الأرضية ذات بحر تصميمى عرضى بين كمرات طولية معدنية مدفونة فى البلاطة الخرسانية	
٤ - ٥	الكوابيل الطولية لبلاطة الأرضية	٣.٦ متر
٤ - ٦	كمرات عرضية نهائية	٣.٦ متر
كمرات رئيسية		
٥ - ١	■ بسيطة الإرتكار ■ مستمرة	■ طول البحر ■ فى حالة ٢، ٣، ٤، ٥ بحور أو أكثر يكون الطول الفعال مساويا (١.٢، ١.٣، ١.٤، ١.٥) X متوسط أطوال البحور ولا يقل عن طول البحر الأكبر
٥ - ٢	الإطارات والعقود	٢/١ طول البحر

يفضل ألا تزيد أطوال كوابيل النهايات عن ٠.٥ متر و فى حالة زيادة أطوال الكوابيل عن ٠.٥ متر فإنها تحتاج إلى دراسة خاصة و تتطلب تحليل ديناميكى .

٢-٣-٦ فى حالة وجود وصلات القص الضرورية بين الكمرات الصلب و البلاطة الخرسانية، يتم معاملة القطاع كقطاع مركب، و يؤخذ المعامل (I) المعطى للحالات السابقة عند التصميم.

٣-٣-٦ فى حالة الكبارى المعدنية ذات السكة المركزة على طبقة من الصابورة (Ballast) بسبك أثنى ٢٠ سم و سمك أقصى ٥٠ سم أسفل الفلنكات يتم تخفيض المعامل (I) بمقدار ٢٠% و إذا زاد سمك الصابورة عن ٥٠ سم يتم تخفيض المعامل (I) بمقدار ١٠% عن كل ٢٠ سم زيادة فى السمك بشرط ألا يزيد التخفيض عن ٥٠% للمعامل (I) و فى جميع الأحوال لا يقل المعامل (I) عن ١.٠ .

٤-٣-٦ يهمل التأثير الديناميكى فى حسابات التغير المرن فى التشكل.

٤-٦ قوة الطرد المركزية في كبارى السكك الحديدية

١-٤-٦ عندما تكون السكة على كبارى السكك الحديدية منحنية يؤخذ تأثير قوة الطرد المركزية للأحمال المتحركة وذلك في تصميم جميع الأعضاء و تؤثر قوة الطرد المركزية (C) لكل سكة في الإتجاه القطرى على ارتفاع ٢ متر أعلى منسوب السكة و يتم حسابها من المعادلة الآتية:

$$C = \frac{W V^2}{127 R} \quad \text{kN} \quad (6 - 2)$$

حيث:

- C هي قوة الطرد المركزية بالكيلونيوتن.
- W أقصى حمل رأسى بالكيلونيوتن.
- V أقصى سرعة (كم/ساعة) للقطار على المنحنى المأخوذ في الاعتبار.
- R نصف قطر الانحناء بالمتر.

٢-٤-٦ يؤخذ تأثير قوة الطرد المركزية مع التأثير الديناميكي للأحمال الحية بند (٣-٦) طبقاً للأسوأ من الحالتين التاليتين :

- أ - حالة القطارات ذات الحركة السريعة تؤخذ قوة طرد مركزية و تأثير ديناميكي كامل.
- ب - حالة القطارات ذات الحركة البطيئة تهمل قوة الطرد المركزية ويؤخذ نصف التأثير الديناميكي (I).

٦ - ٥ تأثير تغير درجات الحرارة.

- ١ - بافتراض درجة حرارة متوسطة للمنشأ مقدارها ٢٠°م فإنه يراعى افتراض تغير في درجات الحرارة مقداره $\pm 30^\circ\text{م}$ في المنشآت المعدنية والمركبة. وبالنسبة للمنشآت الخرسانية يؤخذ تأثير التغير في درجات الحرارة بمقدار $\pm 20^\circ\text{م}$.
- ٢ - يؤخذ تأثير تغير درجة حرارة السطح العلوي عن السفلي أو العكس في المنشآت المعدنية أو المركبة وذلك بمقدار $\pm 15^\circ\text{م}$ وبالنسبة للمنشآت الخرسانية بمقدار $\pm 5^\circ\text{م}$.

- ٣ - فى بعض الحالات الخاصة تؤخذ الفروق بين درجات حرارة الأجزاء المختلفة للمنشأ، مثل الفرق بين العقد والشداد، والفرق بين شدادات التلجيم والكمرات الطولية، والفرق بين العنصر العلوي والعنصر السفلي في الجمالونات. ويؤخذ مقدار تلك الفروق كما يلي:
- $\pm 10^\circ \text{م}$ للمنشآت المعدنية والمركبة.
- $\pm 5^\circ \text{م}$ للمنشآت الخرسانية.
- ٤ - فى حالات جميع التأثيرات المختلفة لتغير درجات الحرارة المذكورة فى البنود الثلاثة السابقة يؤخذ الفرق بين درجتى حرارة أى عنصرين انشائيين بحد أقصى:
- $\pm 20^\circ \text{م}$ للمنشآت المعدنية والمركبة.
- $\pm 10^\circ \text{م}$ للمنشآت الخرسانية.
- ٥ - فى الأعمدة والبغال الخرسانية تؤخذ فروق درجات الحرارة $\pm 5^\circ \text{م}$ بين الوجهين المتقابلين.
- ٦ - تؤخذ فروق درجات الحرارة فى حساب حركة الركائز وفواصل التمدد كالتالى :

نوع الكوبري	أقصى درجة حرارة افتراضية	أقل درجة حرارة افتراضية
الكوبري المعدنية والمركبة	$+ 60^\circ \text{م}$	$- 20^\circ \text{م}$
الكوبري الخرسانية	$+ 50^\circ \text{م}$	$- 10^\circ \text{م}$

٦ - ٦ قوى الفرامل و الجر

تؤخذ قوى الفرامل على كبرى السكك الحديدية مساوية لمقدار ٢٥ % من إجمالى الأحمال الحية الواقعة على سكتين من الكوبري بدون تأثير ديناميكي وتؤخذ قوى الجر مساوية لمقدار ٣٠ % من أحمال محاور الجر على سكتين بدون تأثير ديناميكي . وتؤخذ قوى الفرامل والجر كقوى أفقية عند منسوب القضبان وفى اتجاهها ويمكن استعمال القيم الواردة بالجدول الآتى :

جدول (٢-٦) : قيم قوى الفرامل و الجر لسكة واحدة

القوة	الطول المحمل L_0 (متر)	القيمة كن (طن)
قوة الجر	حتى ٣,٠٠	١٥٠ (١٥ طن)
	أكبر من ٣,٠٠ إلى ٥,٠٠	٢٢٥ (٢٢,٥ طن)
	أكبر من ٥,٠٠ إلى ٧,٠٠	٣٠٠ (٣٠ طن)
	أكبر من ٧,٠٠ إلى ٢٥,٠٠	$٢٤ + ٣٠٠ (٧,٠ - L_0)$ كن $٢,٤ + ٣٠ (٧,٠ - L_0)$ طن
	أكبر من ٢٥,٠٠	٧٥٠ (٧٥ طن)
قوة الفرامل	حتى ٣,٠٠	١٢٥ (١٢,٥ طن)
	أكبر من ٣,٠٠ إلى ٥,٠٠	١٨٧ (١٨,٧ طن)
	أكبر من ٥,٠٠ إلى ٧,٠٠	٢٥٠ (٢٥ طن)
	أكبر من ٧,٠٠	$٢٠ + ٢٥٠ (٧,٠ - L_0)$ كن $٢ + ٢٥ (٧,٠ - L_0)$ طن

٦ - ٧ تأثير الصدمات العرضية

٦-٧-١ يؤخذ تأثير قوة الصدمات العرضية فى كبرى السكك الحديدية على كافة عناصر المنشأ المعرضة لنقل تلك الصدمات إلى الأساسات. و يؤخذ تأثير تلك القوة مساويا لحمل أستانتيكى مركز واحد مقداره ١٠٠ كن (١٠ طن) فى الإتجاه الأفقى متعامدة على اتجاه السكة و على منسوب القضيب ومؤثرة فى ذلك الموضع من البحر الذى يودى إلى أسوأ حالات التحميل بالنسبة لكل عنصر. وبالنسبة للكبرى التى تحمل أكثر من سكة واحدة فان قوة عرضية واحدة مقدارها ١٠٠ كن (١٠ طن) تعتبر كافية، و لا يضاف التأثير الديناميكي للإجهادات الناتجة عن هذه القوة. و بالنسبة للكبرى المقامة على خط منحنى فتؤخذ الإجهادات الناتجة من قوى الصدمات العرضية أو القوى الطاردة المركزية أيهما أكبر.

٦-٧-٢ فى حالة وجود أوناش فان تأثير ميل أحبال الرفع بالإضافة إلى تأثير الصدمة الجانبية يؤخذ فى الاعتبار لكل عجلة (ترس) كما لو كانت قوة أفقية مستعرضة مساوية ١٠/١ من أقصى حمل للعجلة.

٦ - ٨ أحمال الرياح

تؤخذ أحمال الرياح على كبرى السكك الحديدية كما هو مذكور بالبند (٥ - ١٢) بالباب الخامس والخاص بأحمال الرياح على كبرى الطرق. و يؤخذ ارتفاع الشريط المكافئ للمسقط الرأسى الطولى للحمل الحى ٣,٥ مترا فوق منسوب القضيب.

٦ - ٩ أحمال الزلازل

تحتسب طبقا للباب التاسع من هذا الكود.

٦ - ١٠ مقاومة الركائز للاحتكاك

تحتسب طبقا للبند (٥ - ١٣) من هذا الكود.

- ١١ - ٦ الهبوط المتفاوت للأساسات
- عندما يؤثر الهبوط المتفاوت على المنشأ ككل أو على جزء منه فإن تأثيره يؤخذ فى الاعتبار على أساس دراسات وأبحاث التربة.
- ١٢ - ٦ انكماش الخرسانة
- يحسب طبقاً لما ورد فى الكود المصرى لتصميم و تنفيذ المنشآت الخرسانية.
- ١٣ - ٦ زحف الخرسانة
- يحسب طبقاً لما ورد فى الكود المصرى لتصميم و تنفيذ المنشآت الخرسانية.
- ١٤ - ٦ أحمال خاصة أثناء مراحل التنفيذ
- تؤخذ طبقاً للبند (٥ - ١٧) من هذا الكود .
- ١٥ - ٦ الضغوط الجانبية للتربة أو المياه
- تؤخذ طبقاً للبند (٥ - ١٨) من هذا الكود .
- ١٦ - ٦ تأثير الكلال
- يتم اختبار جميع عناصر الكبارى المعرضة لأحمال السكك الحديدية تحت تأثير الكلال الناتج عن الدورات المتكررة للأحمال الحية. و تؤخذ احتياطات مناسبة عند تصميم وتنفيذ المنشأ لتقليل هذا التأثير إلى أقصى درجة ممكنة. وفى حالة الكبارى متعددة السكك التى تحمل أكثر من سكتين يؤخذ الحمل الحى لحساب الكلال على سكتين فقط.
- ١٧ - ٦ الاستقرار والتثبيت
- يجب الا يقل معامل الأمان ضد الانقلاب من القوى الطولية و العرضية عن ١,٥ . ويتم أخذ الحالات الآتية فى الاعتبار :
- أ - عندما يكون المنشأ فى حالة تحميل كاملة.

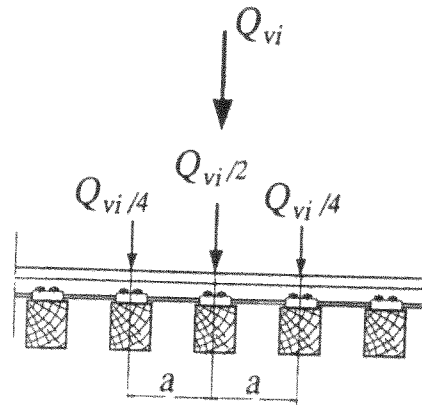
ب - عندما يكون ضغط الرياح بقوة كاملة مؤثرا على المنشأ غير المحمل تبعا لجدول (٥ - ٤).

ج - عندما يكون المنشأ محملا بخط سكة حديد و ضغط الرياح تبعا لجدول (٥-٤) مؤثرا على المنشأ فان السكة (وفى حالة وجود أكثر من سكة تحمل السكة غير المواجهة للرياح فقط) يفترض تحميلها بعربات فارغة ذات أوزان ١٠ كن / متر (١ طن / متر) مأخوذة بدون أى تأثير ديناميكى.

١٨-٦ توزيع الأحمال :

١-١٨-٦ توزيع حمل العجلة فى الاتجاه الطولى بواسطة القضبان :

- توزع الأحمال المركزة المؤثرة على القضيب توزيعا طولياً بواسطة القضيب المستمر على أكثر من فلنكة كما توزع عرضياً على مساحة محددة من ارضية الكوبرى بواسطة الفلنكات وطبقة الصابورة.
- يفترض أن الفلنكة أسفل الحمل مباشرة تنقل نصف حمل العجلة و النصف الآخر ينتقل عن طريق الفلنكتين المجاورتين بواقع ربع الحمل لكل فلنكة طبقا للشكل (٣-٦).



شكل (٣-٦) توزيع حمل العجلة فى الاتجاه الطولى بواسطة القضيب

حيث :

حمل العجلة : Q_{vi}

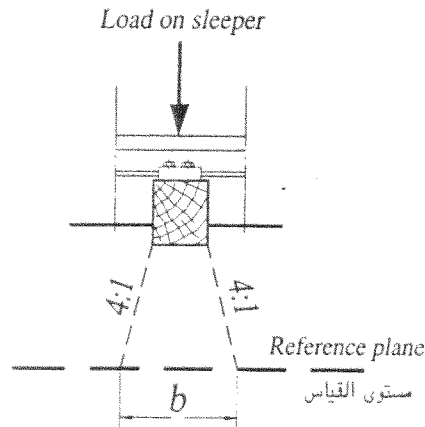
المسافة بين محاور الفلنكات : a

٢-١٨-٦ الأرضيات والعناصر المماثلة:

يراعى أن تكون جميع الأرضيات سواء خرسانية أو معدنية والعناصر المماثلة لها مصممة طبقاً للأحمال القياسية وهى ٢٥٠ كيلو نيوتن بالنسبة لنموذج الحمل القياسى ويكون ذلك عند أى نقطة تثبيت للقضيب والتي يجب أن يؤخذ فى الاعتبار شاملاً السماح الخاص بالتأثيرات الديناميكية والتمايل .

٣-١٨-٦ التوزيع الطولى للحمل بواسطة الفلنكات وطبقة الصابورة :

توزع الأحمال الرأسية القياسية أو المصنفة بانتظام فى الاتجاه الطولى عند تصميم العناصر الإنشائية للأرضية (مثال الأعصاب الطولية والعرضية-حوامل القضبان-الكمرات العرضية-البلاطة الخرسانية النحيفة) ويكون التوزيع الطولى أسفل الفلنكات كما هو مبين بالشكل رقم (٦-٤) وبحيث يكون مستوى القياس محددًا للسطح العلوى للأرضية.و ذلك فيما عدا الأحوال التى يكون فيها الحمل الموضعى مؤثر فى تصميم بعض عناصر الأرضية.

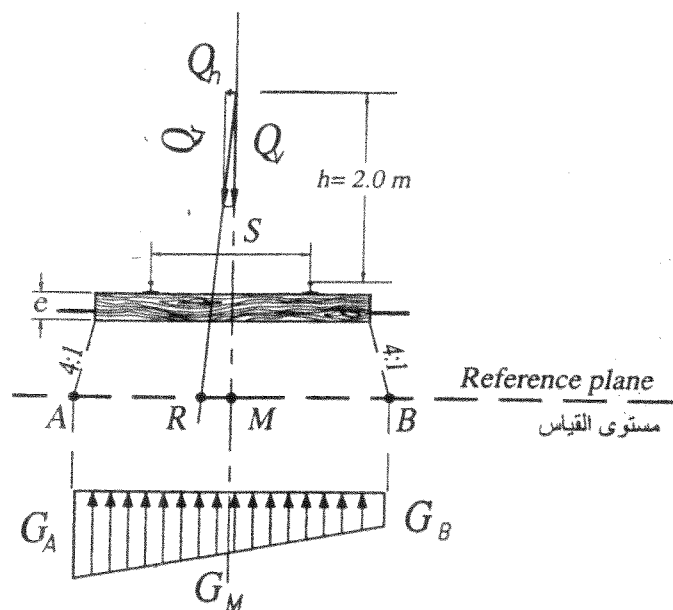


شكل (٦-٤) التوزيع الطولى للأحمال المؤثر أسفل الفلنكة وخلال طبقة الصابورة

١٩-٦ التمايل

١-١٩-٦ التوزيع العرضى للحمل بواسطة الفلنكات قطعة واحدة

فى حالة الكبارى التى تكون فيها السكة على فرشاة زلطية (طبقة صابورة) ولا يوجد فرق بين منسوبى الظهر والبطن للقضيب أى بدون لا مركزية للأحمال الرأسية فإن التوزيع العرضى المؤثر يؤخذ كما هو مبين بالشكل رقم (٦-٥).



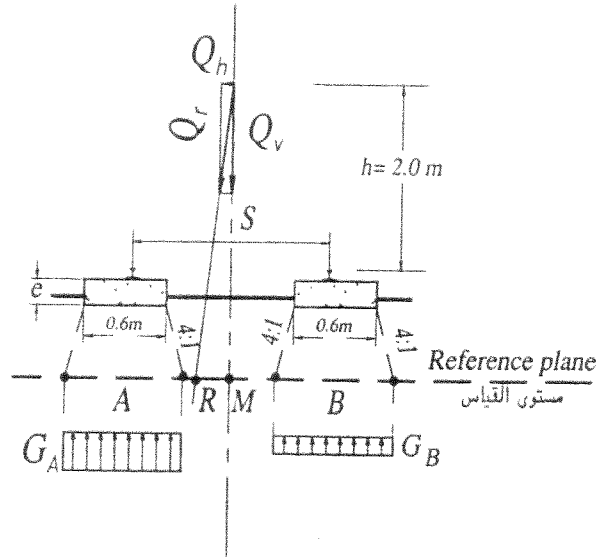
حیث :

- | | |
|--|-------|
| الإجهاد على مستوى القياس عند نقطة A | G_A |
| الإجهاد على مستوى القياس عند نقطة B | G_B |
| مركز تأثير الحمل الرأسى عند مستوى القياس | M |
| مركز تأثير محصلة الحمل عند مستوى القياس | R |
| الإجهاد المتوسط على مستوى القياس | G_M |
| سمك الفانكة | e |
| المسافة بين القضيبين | S |
| محصلة الحمل على الفانكة | Q_r |
| الحمل الأفقى على الفانكة | Q_h |
| الحمل الرأسى على الفانكة | Q_v |

شكل (٥-٦) التوزيع العرضي المؤثر للأحمال أسفل الفلنكات و خلال طبقة الصابورة

٦-١٩-٢ التوزيع العرضي للحمل بواسطة الفلنكات ذات القطعتين

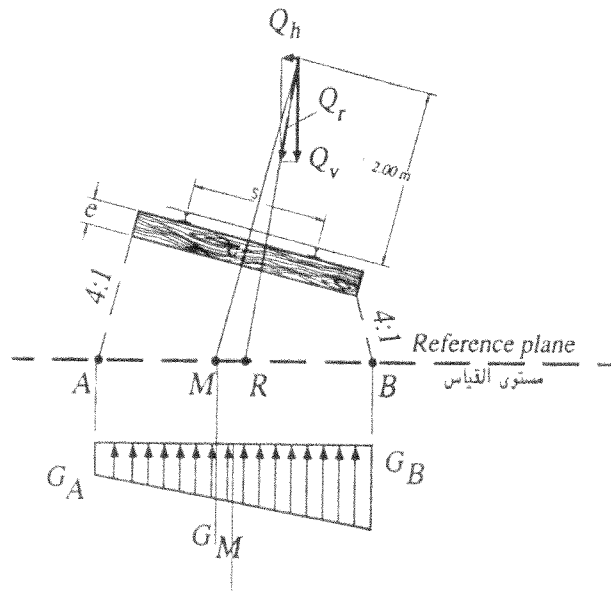
ففي حالة الكبارى التى تكون فيها السكة أعلى فرشاة زلطية (طبقة صابورة) ولا يوجد فرق بين منسوبى الظهر والبطن للقضيب أى بدون لا مركزية للأحمال الرأسية ويكون طول كل من جزئى الفلنكات محمل بالكامل والفرشاة الزلطية مثبتة ومدموكة أسفل القضيب فقط يكون التوزيع العرضى المؤثر كما هو مبين بالشكل رقم (٦-٦).



شكل (٦-٦) التوزيع العرضى للأحمال أسفل الفلنكات وخلال طبقة الصابورة

٦-١٩-٣ التوزيع العرضى للحمل بواسطة الفلنكات ذات القطعة الواحدة فى المنحنيات

فى حالة الكبارى التى تكون فيها السكة أعلى فرشاة زلطية (طبقة صابورة) و يوجد فرق بين منسوبى الظهر والبطن للقضبان يكون التوزيع العرضى المؤثر كما هو مبين بالشكل رقم (٦-٧).



شكل (٧-٦) التوزيع العرضى للأحمال أسفل الفلنكات خلال طبقة الصابورة فى حالة ارتفاع الظهر عن البطن

٦-١٩-٤ التوزيع العرضى للحمل بواسطة الفلنكة ذات القطعتين فى المنحنيات

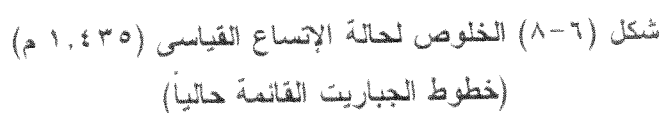
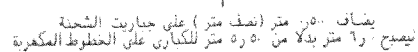
فى حالة الكبارى التى تكون فيها السكة أعلى فرشاة زلطية (طبقة صابورة) مع وجود فرق بين منسوبى الظهر والبطن للقضبان ويكون طول الفلنكة محمل بالكامل والفرشة الزلطية مثبتة و مدموكة أسفل القضبان فقط فى هذه الحالة يتم تعديل التوزيع العرضى المؤثر المبين بالشكل رقم (٦-٧) الى التوزيع العرضى المؤثر المبين بالشكل رقم (٦-٦).

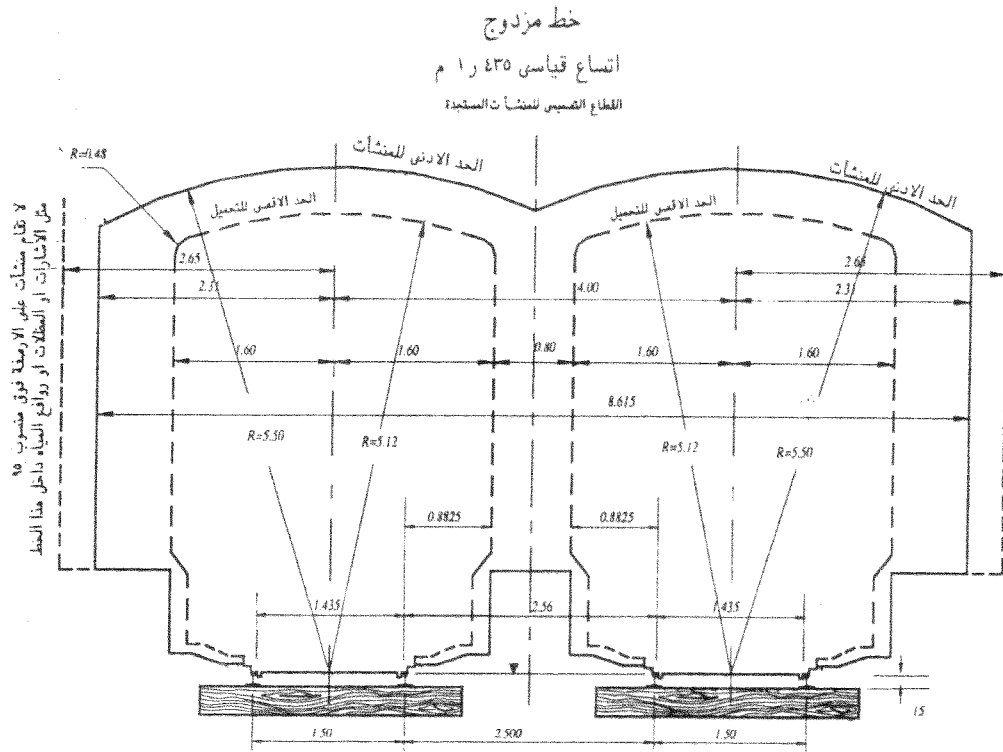
٦-٢٠ تأثير الأحمال الحية على الأكتاف والحوائط السائدة:

- ١ - يؤخذ فى الاعتبار جميع القوى الخارجية مثل ضغط التربة، ضغط المياه، الطفو... الخ و التى يمكن أن تؤثر على أجزاء مختلفة من المنشأ و تسبب زيادة فى الإجهادات و بالنسبة للأكتاف Abutments فى كبارى السكك الحديدية، يؤخذ ضغط التربة نتيجة أحمال حية Surchage مقدارها ٥٠ كن/م^٢ (٥ طن/م^٢).
- ٢ - عند تصميم المنشآت التحتية و الجانبية يؤخذ تأثير حمل رأسى مكافئ مقداره ١٠ طن/م موزع على عرض ٣ متر أسفل منسوب السكة بمقدار ٧٠ سم بدون تأثير ديناميكى، و فى حالة الأحمال الرأسية المصنفة تضرب هذه القيمة فى المعامل α .

٦-٢١ الخلوص

يوضح الشكل (٦-٨) الخلوص Clearance لحالات كبارى السكك الحديد ذات الخط المنفرد والخط المزدوج فى حالة المقاس العادى بين القضبان (١,٤٣٥ متر) بالنسبة للمنشآت الحالية والمنشآت المستجدة.





تابع شكل (٦-٨) الخلوص لحالة الإتساع القياسي (١,٤٣٥ م)
(خطوط الجباريت للمنشآت المستجدة بعد عام ٢٠١٠)