



# METALLIC BRIDGES STR403

Sherif A. Mourad  
Professor of Steel Structures and Bridges  
Faculty of Engineering, Cairo University

Lecture 2 – Winter 2020

Sherif A. Mourad 1



## Lecture Outline

- Bridge Floor Systems.
  - For Roadway Bridges.
  - For Railway Bridges.
- Bridge Loading.
  - For Roadway Bridges.
  - For Railway Bridges.

Sherif A. Mourad 2



## Introduction

Structural systems used in bridge floors vary according to the bridge usage. There are three main types of transverse structural systems used in roadway bridge floors, whereas there are two main types for railway bridges.

Sherif A. Mourad

3



## Floors for Roadway Bridges

There are three main types of transverse structural systems used in roadway bridge floors:

- a) Slab
- b) Beam-Slab (slab with floor beams)
- c) Orthotropic plate floor

Sherif A. Mourad

4



## Floors for Roadway Bridges



جامعة القاهرة

- a) In the Slab cross-sections, a reinforced concrete deck slab about 20 to 30 cm thick is supported directly on the bridge main girders. This system is economical for small spans, generally below 25m, where multiple girders are used for the longitudinal structural system at spacing of 2.5 – 4 m.

Sherif A. Mourad

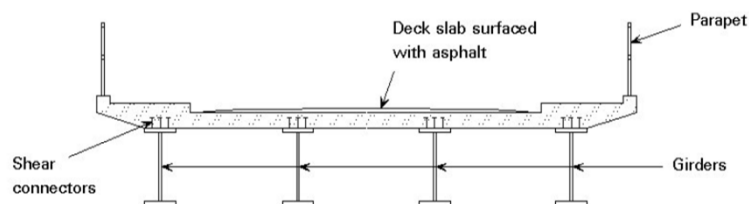
5



## Floors for Roadway Bridges



جامعة القاهرة



Sherif A. Mourad

6



## Floors for Roadway Bridges



جامعة القاهرة

- b) In the Beam-Slab cross-sections, the deck slab is supported on longitudinal floor beams (called stringers) and /or transversal floor beams (called cross-girders). This system is generally adopted for medium spans below 80 m where the spacing of main girders exceeds about 4 m.

Sherif A. Mourad

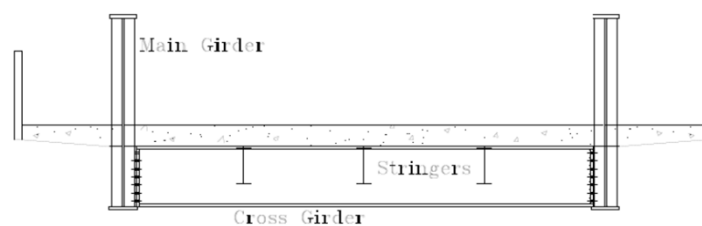
7



## Floors for Roadway Bridges



جامعة القاهرة



Sherif A. Mourad

8



## Floors for Roadway Bridges



جامعة القاهرة

b) In both cases, the slab may act independently of the supporting beams (a very uneconomic solution for medium and large spans) or it may work together with the supporting beams (composite bridge deck). The composite action requires the shear flow between the slab and the girders to be taken by shear connectors.

Sherif A. Mourad

9



## Floors for Roadway Bridges



جامعة القاهرة

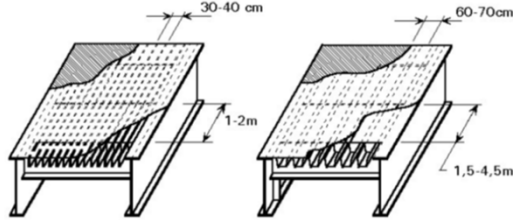
c) In the Orthotropic Plate Deck, a stiffened steel plate covered with a light wearing surface is welded on top of the main girder webs to provide a deck surface. The deck plate, acting as the top flange of the main girders, gives a very efficient section in bending.

Sherif A. Mourad

10



## Floors for Roadway Bridges



Sherif A. Mourad

11



## Floors for Roadway Bridges

c) The steel plate is longitudinally stiffened by ribs, which may be of open or closed section. Transversally, the ribs are connected through the transverse floor beams (cross girders) yielding a complex grillage system where the main girders, the steel plate, the ribs and the floor beams act together.

Sherif A. Mourad

12



## Floors for Roadway Bridges



جامعة القاهرة

- c) When compared to concrete slab decks, the biggest disadvantage of orthotropic steel plate decks is their high initial cost and the maintenance required. Concrete decks are therefore usually more economic than orthotropic steel plates. The latter are only adopted when deck weight is an important component of loading, i.e. for long span and moveable bridges.

Sherif A. Mourad

13



## Floors for Railway Bridges



جامعة القاهرة

Tracks of railway bridges are normally carried on timber sleepers which are 260 cm long and spaced at not more than 50 cm between centers. The sleepers are then supported on the bridge floor system, which may be of the:

- A.open timber floor type.
- B.ballasted floor type.

Sherif A. Mourad

14



## Floors for Railway Bridges



جامعة القاهرة

- a) The Open Floor type consists of longitudinal beams, called stringers, spaced at 1.5 to 1.8 meters, and transversal beams, called cross girders, spaced at 4.0 to 6.0 meters.
- b) The Ballasted floor type consists of a 20 cm layer of ballast carried on an R.C. slab which is supported on steel floor beams, e.g.; stringers and/or cross girders.

Sherif A. Mourad

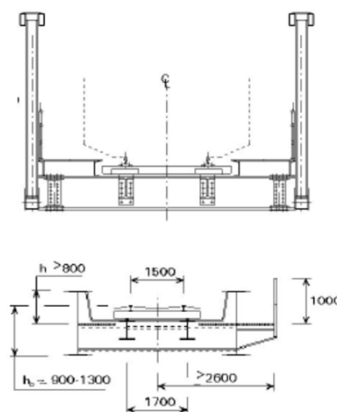
15



## Floors for Railway Bridges



جامعة القاهرة



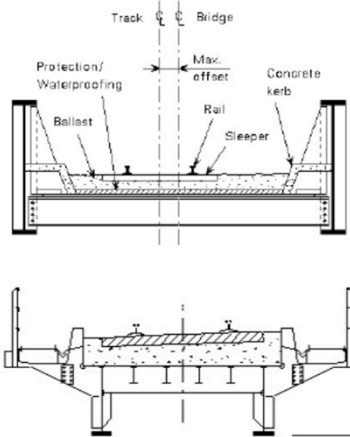
Sherif A. Mourad

16



## Floors for Railway Bridges

  
جامعة القاهرة



Sherif A. Mourad

17



## Bridge Loading

  
جامعة القاهرة

Why do we need to devote considerably greater attention to the assessment of loads for bridges than for many other types of structure?

Sherif A. Mourad

18



## Bridge Loading

  
جامعة القاهرة

Bridges, particularly larger structures, are substantial investments of public funding for which a high level of safety is required.

Loads may be determined with greater precision than with many other types of structure.

Load paths are usually well defined.

Sherif A. Mourad

19



## Bridge Loading

  
جامعة القاهرة

Strength, static or fatigue, is more frequently the governing design condition.

The primary structure is a much higher proportion (typically > 80%) of the total investment than is the case in, for example, a commercial multi-storey building (frequently < 20%).

Sherif A. Mourad

20



## Bridge Loading

  
جامعة القاهرة

Loads are divided into main loads and secondary loads:

- ✓ Main loads include dead load, live load + impact, jacking, prestressing, concrete creep, centrifugal force, earth and water pressure, and loads on railing.
- ✓ Secondary loads include temperature, seismic, braking force, friction on bearings, differential settlement, shrinkage of concrete.

Sherif A. Mourad

21



## Bridge Loading

  
جامعة القاهرة

The Egyptian Code for loads identifies the loads and other actions which need to be considered in bridge design, and define their characteristic values. The Egyptian Code for Steel (ASD) or the Egyptian Code for Bridges (LRFD) are the references for design.

Sherif A. Mourad

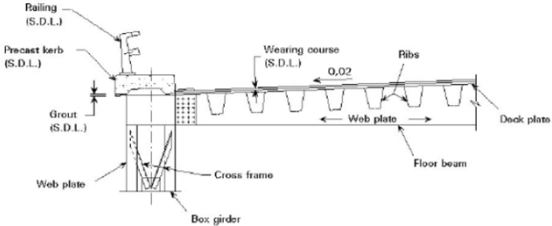
22



## Highway Bridges Dead Load

  
جامعة القاهرة

Dead load on bridges includes the weight of structural materials (self-weight) and also the so-called superimposed dead load (surfacing, finishes, etc.).



Sherif A. Mourad

23



## Highway Bridges Dead Load

  
جامعة القاهرة

The own weight of the bridge generally requires an experienced engineer to provide a reasonable estimate prior to completion of the design.  
It is customary to provide a reasonable estimate of own weight at the initial design stage and then to check and/or verify the assumption at the final stage.

Sherif A. Mourad

24



## Highway Bridges Dead Load

  
جامعة القاهرة

The weight of the surfacing generally has a large variation during the life of a bridge and so particular care must be taken to assess its design value. It is customary to adopt a conservative estimate of initial thickness to determine the characteristic loading and then to apply a high partial factor.

Sherif A. Mourad

25



## Highway Bridges Live Load

  
جامعة القاهرة

Traffic loads on bridge decks are used to simulate the effects of vehicles and/or pedestrian loads. Some traffic loads represent the weight of real vehicles that can travel over the bridges; other values and distributions are chosen in such a way that they produce maximum internal forces in bridge structures similar to the ones produced by real vehicles.

Sherif A. Mourad

26



## Highway Bridges Live Load

  
جامعة القاهرة

Three types of loads are specified in the Egyptian Code for Loads:

- Uniform distributed loads
- ~~Knife-edge load~~
- Single wheel loads.
- Truck loads

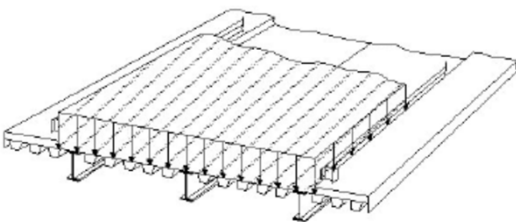
Sherif A. Mourad

27



## Highway Bridges Live Load

  
جامعة القاهرة



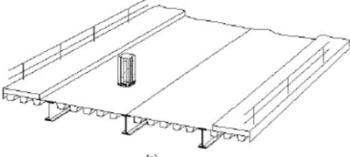
Sherif A. Mourad

28

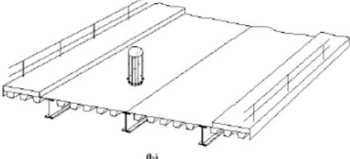


## Highway Bridges Live Load





(a)



(b)

Sherif A. Mourad

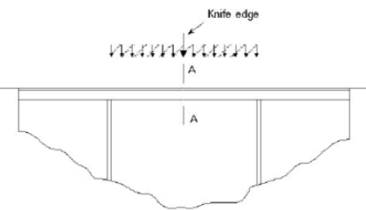
29



## Highway Bridges Live Load



### Cases of loading



Impact effects (dynamic effects) of traffic loads are in general specified in the codes. For highway bridges an enhancement of up to 25% of the static load is often used to take impact into account.

Sherif A. Mourad

30



## Car Lanes



١-٢-٥ تقسيم الطريق إلى حارات مرور افتراضية:

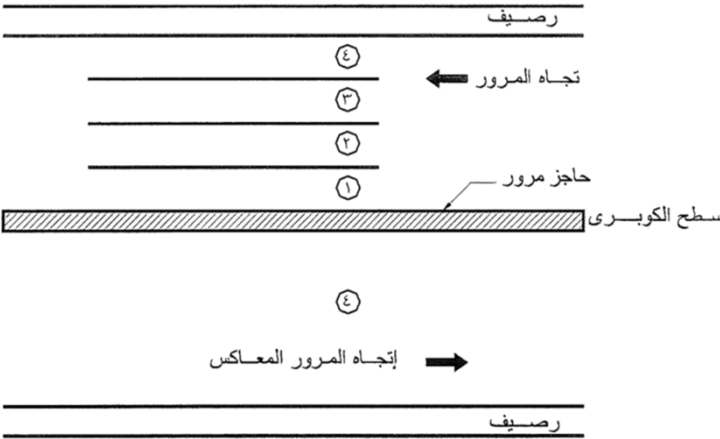
- ١ - يعرف عرض الطريق ( $W$ ) على أنه البعد الداخلي الصافي بين حافتي الرصيف أو بين حواجز المرور للطريق.
- ٢ - عند تقسيم سطح الكوبري إلى اتجاهي مرور بواسطة حواجز مرور دائمة (رصيف ثابت) فإنه يتم تقسيم كل اتجاه على حدة إلى حارات مرور افتراضية.
- ٣ - عند تقسيم سطح الكوبري إلى اتجاهي مرور بواسطة حواجز مرور مؤقتة فإنه يتم تقسيم سطح الكوبري كله إلى حارات مرور افتراضية. في هذه الحالة فإن العرض الكلي لسطح الكوبري يشمل عرض حواجز المرور المؤقتة.
- ٤ - عندما ينقسم سطح الكوبري إلى اتجاهي مرور بدون وجود فاصل تمديد 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).

Sherif A. Mourad 31



## Car Lanes





Sherif A. Mourad 32



## Car Lanes



جامعة القاهرة

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 يرتكز عليه سطحى كوبرى منفصلين يستخدم ترقيم واحد فقط للسطحين.

٧ - عند ارتكاز سطحى الكوبري المنفصلين على دعائتين 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.

Sherif A. Mourad

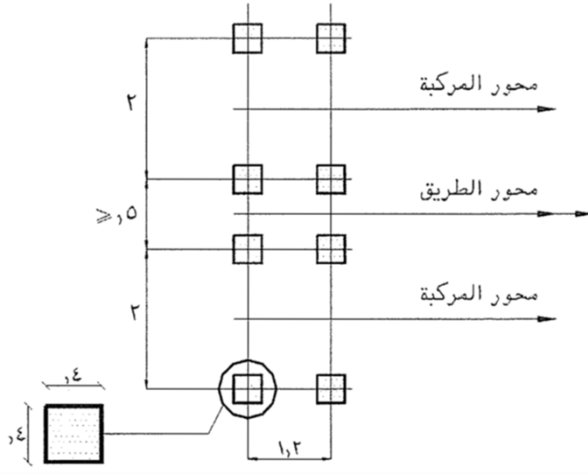
33



## Truck Dimensions 2.0 x 3.0 m



جامعة القاهرة



Sherif A. Mourad

34



## Truck Dimensions

### 2.0 x 3.0 m



| رقم حارة<br>الممرور | وزن المركبة<br>كن (طن) | حمل العجلة للمركبة<br>كن (طن) | الحمل المنتظم<br>(على إجمالي مساحة حارة<br>الممرور) كن/م <sup>٢</sup> (كجم/م <sup>٢</sup> ) |
|---------------------|------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 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)                                                                                   |

Sherif A. Mourad

35



## Loading Model 1



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

أ - حارة الممرور 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<sup>٢</sup> (٩٠٠ كجم/م<sup>٢</sup>) يؤثر على إجمالي مساحة حارة الممرور.

Sherif A. Mourad

36



## Loading Model 1



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<sup>٢</sup> (٢٥٠ كجم/م<sup>٢</sup>) 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<sup>٢</sup> (٢٥٠ كجم/م<sup>٢</sup>) يؤثر على إجمالي مساحة حارة المرور.

د - حمل منتظم مقداره ٢,٥ كن/م<sup>٢</sup> (٢٥٠ كجم/م<sup>٢</sup>) يؤثر على المساحة المتبقية لنهر الطريق والأرصفة ذات العرض الأقل من ١,٥ متر.

هـ - حمل منتظم مقداره ٥ كن/م<sup>٢</sup> (٥٠٠ كجم/م<sup>٢</sup>) يؤثر على أرصفة المشاة و الجزر الوسطى التي يكون عرضها مساويا أو اكبر من ١,٥ متر.

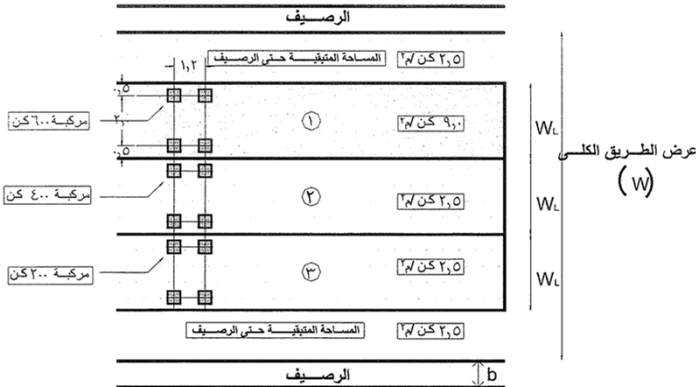
Sherif A. Mourad

37



## Loading Model 1





b أقل من ١,٥ متر — ٢,٥ كن/م<sup>٢</sup>  
b أكبر من أو يساوي ١,٥ متر — ٥ كن/م<sup>٢</sup>

Sherif A. Mourad

38



## Loading Model 1



جامعة القاهرة

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

Sherif A. Mourad

39



## Loading Model 2



جامعة القاهرة

٢-٣-٥ 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 (٢٠طن) تشمل معامل التأثير الديناميكي.
- ٣ - مساحة التلامس للعجلة عبارة عن مستطيل بأبعاد ٠,٣٥ × ٠,٦ م (شكل ٤-٥).
- 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 القطع عن فاصل التمدد بالمتر

Sherif A. Mourad

40

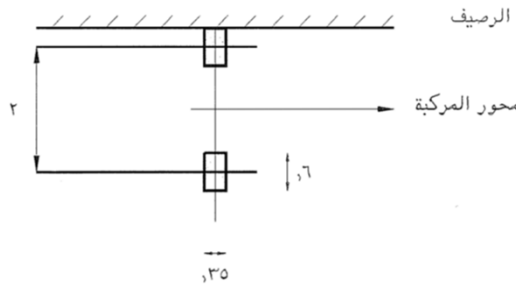


## Loading Model 2



٦ - عند تصميم فواصل التمدد يتم زيادة اخذ الديناميكي للحمل بنسبة ٣٠% .

٧ - يراعى في تصميم البلاطات أخذ حالة التحميل الأسوأ لنموذج التحميل رقم (١) أو (٢) وخصوصا في حالة الكبارى المعدنية ذات الأعصاب المتعامدة (Orthotropic decks).



Sherif A. Mourad

41



## Loading Model 3



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

Sherif A. Mourad

42



## Distribution of Concentrated Loads



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 × ٠,٣٥ م).

٣ - يتم توزيع الحمل خلال طبقة الرصف و البلاطة الخرسانية لسطح الكوبرى حتى مستوى منتصف البلاطة الخرسانية (شكل ٥-٥) أو حتى مستوى الشلة العلوية للكرة المعدنية لسطح الكوبرى في حالة الكبارى ذات الاعصاب المتعامدة (Orthotropic) شكل (٥-٦).

Sherif A. Mourad

43



## Braking Force



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 الكوبرى (بالمتر).

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

Sherif A. Mourad

44



## Centrifugal Force



٥-٢ قوى الطرد المركزية والقوى الأفقية الأخرى

١ - في حالة الكبارى التي تقع على منحنيات تؤخذ قوى الطرد المركزية كقوة مركزة عرضية عمودية على المماس لمحور الطريق ومؤثرة عند مستوى سطح الطريق.

٢ - يوضح الجدول (٢-٥) قيم قوى الطرد المركزية متضمنة التأثير الديناميكي.

جدول ( ٢ - ٥ ) قيم قوى الطرد المركزية ( $Q_i$ ).

| نصف قطر الانحناء      | قيم قوى الطرد المركزية  |
|-----------------------|-------------------------|
| $r \leq 200$ m        | $Q_i = 0.2 Q_v$ (kN)    |
| $200 < r \leq 1500$ m | $Q_i = 40 Q_v / r$ (kN) |
| $r > 1500$ m          | $Q_i = 0$               |

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 حارتين تصبح قوى الطرد المركزية ١٣٣ كن (١٣,٣ طن).

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

Sherif A. Mourad

45



## Vehicle Impact



- Impact on bridge columns and piers.
- Impact of concentrated load on curb.
- Impact of vehicle on curb and barriers.

Sherif A. Mourad

46



## Temperature Variation



جامعة القاهرة

١ - بافتراض درجة حرارة متوسطة للمنشأ مقدارها  $20^{\circ}\text{C}$  فإنه يراعى افتراض تغير في درجات الحرارة مقداره  $\pm 30^{\circ}\text{C}$  في المنشآت المعدنية والمركبة. وبالنسبة للمنشآت الخرسانية يؤخذ تأثير التغير في درجات الحرارة بمقدار  $\pm 20^{\circ}\text{C}$ .

٢ - يؤخذ تأثير تغير درجة حرارة السطح العلوي عن السفلي أو العكس في المنشآت المعدنية أو المركبة وذلك بمقدار  $\pm 15^{\circ}\text{C}$  وبالنسبة للمنشآت الخرسانية بمقدار  $\pm 5^{\circ}\text{C}$ .

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:

$\pm 10^{\circ}\text{C}$  للمنشآت المعدنية والمركبة.  
 $\pm 5^{\circ}\text{C}$  للمنشآت الخرسانية.

Sherif A. Mourad

47



## Temperature Variation



جامعة القاهرة

٤ - في حالات جميع التأثيرات المختلفة لتغير درجات الحرارة المذكورة في البنود الثلاثة السابقة يؤخذ الفرق بين درجتى حرارة أى عنصرين انشائيين بحد أقصى:

$\pm 20^{\circ}\text{C}$  للمنشآت المعدنية والمركبة.  
 $\pm 10^{\circ}\text{C}$  للمنشآت الخرسانية.

٥ - في الأعمدة والبغال الخرسانية تؤخذ فروق درجات الحرارة  $\pm 5^{\circ}\text{C}$  بين الوجهين المتقابلين.

٦ - في حالة جميع تغيرات درجات الحرارة مع حالة احمال المرور تؤخذ إحدى الحالتين التاليتين أيهما أسوأ تأثيراً :

أ - احمال المرور القصوى طبقاً للبند (٥-٣) مع  $60\%$  من تأثير فروق درجات الحرارة.

ب -  $70\%$  من احمال المرور القصوى بالإضافة إلى التأثير الكامل لفروق درجات الحرارة.

٧ - تؤخذ فروق درجات الحرارة في حساب حركة الركائز وفواصل التمدد كالتالي :

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

Sherif A. Mourad

48



## Wind Loading



جامعة القاهرة

- ١ - يؤخذ ضغط الرياح كقوى أفقية إجمالية (شاملة الضغط والسحب) حسب الجدول (٤-٥).
- ٢ - السطح المعرض للرياح في حالة عدم وجود حمل حي هو مساحة المسقط الرأسى الطولي للكوبرى. وفي حالة وجود الحمل الحي يؤخذ في الاعتبار مساحة شريط مستمر يمثل المسقط الرأسى الطولي للحمل الحي.
- ٣ - ارتفاع الشريط المكافئ للمسقط الرأسى الطولي للحمل الحي 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 في 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 للكوبرى تؤخذ المساحة المعرضة للرياح معادلة لمساحة كمرتين طوليتين.

Sherif A. Mourad

49



## Wind Loading



جامعة القاهرة

جدول (٤-٥) ضغط الرياح على كبارى الطرق كن / م<sup>٢</sup> (كجم / م<sup>٢</sup>)

| مع وجود حمل حي | بدون حمل حي         |                  | الارتفاع فوق سطح الارض أو<br>المياة أسفل الكوبرى (متر) |
|----------------|---------------------|------------------|--------------------------------------------------------|
|                | مع وجود حاجز<br>صوت | بدون حاجز<br>صوت |                                                        |
| ١,٠٠ (١٠٠)     | ١,٥٠ (١٥٠)          | ٢,٠٠ (٢٠٠)       | صفر حتى ٢٠                                             |
| ١,٢٥ (١٢٥)     | ١,٧٥ (١٧٥)          | ٢,٢٥ (٢٢٥)       | أكبر من ٢٠ حتى ٥٠                                      |
| ١,٥٠ (١٥٠)     | ٢,٠٠ (٢٠٠)          | ٢,٥٠ (٢٥٠)       | أكبر من ٥٠ حتى ١٠٠                                     |
| ١,٧٥ (١٧٥)     | ٢,٢٥ (٢٢٥)          | ٢,٧٥ (٢٧٥)       | أكبر من ١٠٠                                            |

Sherif A. Mourad

50



## Other Loading

  
جامعة القاهرة

- Seismic loading.
- Bearings and friction coefficient.
- Differential settlement.
- Creep and shrinkage.
- Special loading during construction.
- Lateral loads from soil or water.
- Fatigue.
- Non-conventional loading.

Sherif A. Mourad

51



## Footbridge Loading

  
جامعة القاهرة

- Vertical loads: Distributed loads, concentrated loads, car loads.
- Lateral loads.
- Impact loads.
- Handrail loads.
- Live load for retaining walls.
- Human comfort and resonance.

Sherif A. Mourad

52



## Railway Bridges Live Load

  
جامعة القاهرة

Train loads on bridge decks are used to simulate the effects of vehicles loads.  
The train standard load is defined in the Egyptian Code for Loads, Chapter 6.

Sherif A. Mourad

53



## Railway Bridges Live Load

  
جامعة القاهرة

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

Sherif A. Mourad

54



## Railway Bridges Live Load

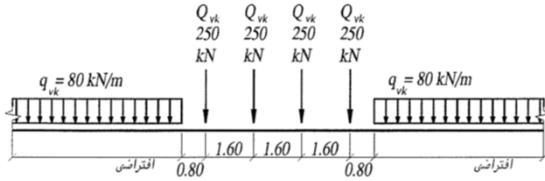


جامعة القاهرة

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) و يرمز 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 (١-٦) نموذج الحمل القياسى

Sherif A. Mourad

55



## Railway Bridges Live Load



جامعة القاهرة

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  $\alpha$  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  $\alpha$  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 .

Sherif A. Mourad

56



## Railway Bridges Live Load



**٦-٢-١ 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 - فى حالة تحميل ثلاث سكك أو أكثر يؤخذ حمل السكتين الأولى و الثانية بدون تخفيض بالإضافة إلى ٥٠ % من حمل السكة الثالثة و ٢٥ % من حمل السكة الرابعة أو ما زاد عن ذلك.

**٦-٢-٢ الأحمال على الدرابزينات:**

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

57

Sherif A. Mourad



## Dynamic Effect for Live Load



**٦-٣-١ معامل التأثير الديناميكي على كبرى السكك الحديدية: (  $\phi$  )**

بالنسبة لكبرى السكك الحديدية يؤخذ التأثير الديناميكي (I) على جميع عناصر المنشأ شاملة الأساسات ويؤخذ الحمل الحى شاملا التأثير الديناميكي طبقا للمعادلة الآتية:

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

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

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

بحيث تكون أقصى زيادة فى 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  $L_1$  طبقا للحالات الآتية:

58

Sherif A. Mourad



## Dynamic Effect for Live Load



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

| الحالة                                                                                                    | العنصر الإنشائى                                              | الطول $L_1$                                                                 |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| <b>كوبرى معدنى بأرضية معدنية: أرضية معدنية مغلقة ذات فرشاة زلطية وأعصاب متعامدة ( Orthotropic Plate )</b> |                                                              |                                                                             |
| <b>أرضية معدنية بكمرات عرضية وأعصاب طولية مستمرة:</b>                                                     |                                                              |                                                                             |
| ١ - ١                                                                                                     | أرضية معدنية 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 الكمرة العرضية                                                      |
| ٤ - ١                                                                                                     | كمرة عرضية نهائية                                            | ٣.٦ متر                                                                     |
| <b>أرضية معدنية بكمرات عرضية فقط</b>                                                                      |                                                              |                                                                             |
| ١ - ٢                                                                                                     | أرضية معدنية فى الاتجاهين                                    | ضعف المسافة بين الكمرات العرضية + ٣ متر                                     |
| ٢ - ٢                                                                                                     | الكمرات العرضية                                              | ضعف المسافة بين الكمرات العرضية + ٣ متر                                     |
| ٣ - ٢                                                                                                     | كمرة عرضية نهائية                                            | ٣.٦ متر                                                                     |
| <b>كوبرى معدنى بأرضية معدنية: أرضية خشبية مفتوحة بدون فرشاة زلطية</b>                                     |                                                              |                                                                             |
| ١ - ٣                                                                                                     | حوامل القضبان (Rail Bearers)<br>■ مستمرة<br>■ بسيطة الارتكاز | ٣ مرات المسافة بين الكمرات العرضية<br>■ المسافة بين الكمرات العرضية + ٣ متر |
| ٢ - ٣                                                                                                     | كابولي حوامل القضبان (End Bracket)                           | ٣.٦ متر                                                                     |
| ٣ - ٣                                                                                                     | الكمرات العرضية (Cross Girders)                              | ضعف طول الكمرة العرضية                                                      |
| ٤ - ٣                                                                                                     | كمرة عرضية نهائية                                            | ٣.٦ متر                                                                     |

Sherif A. Mourad

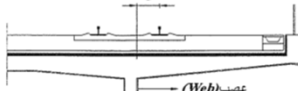
59



## Dynamic Effect for Live Load



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

| الحالة                                    | العنصر الإنشائى                                                                                                                                                                                      | الطول $L_1$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>أرضية ببلاطة خرسانية و فرشاة زلطية</b> |                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| ١ - ٤                                     | بلاطة الأرضية كجزء من كمرة صندوقية أو شفة علوية لكمرة رئيسية:<br>■ البحر التصميمى فى الاتجاه العرضى<br>■ البحر التصميمى فى الاتجاه الطولى<br>■ كمرات عرضية<br>■ كوابيل عرضية حاملة لحمل السكة الحديد | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ٣ مرات بحر البلاطة</li> <li>■ ٣ مرات بحر البلاطة</li> <li>■ ضعف طول الكمرة العرضية</li> <li>■ ٣ مرات المسافة بين الأعصاب</li> </ul> <p>- <math>e \leq 0.5m</math><br/>- <math>e &gt; 0.5m^*</math></p>  <p>شكل (٢-٦) : الكابولي العرضى المحمل بحمل السكة</p> |
| ٢ - ٤                                     | بلاطة أرضية مستمرة (فى اتجاه الكمرة الرئيسية) محملة على كمرات عرضية                                                                                                                                  | ضعف المسافة بين الكمرات العرضية                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |

\* تحتاج إلى دراسة خاصة وتحليل ديناميكى

Sherif A. Mourad

60



## Dynamic Effect for Live Load



جامعة القاهرة

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

Sherif A. Mourad
61



## Dynamic Effect for Live Load



جامعة القاهرة

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 المرتكزة على طبقة من الصابورة (Ballast) بسمك أدنى 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 ٠,١٠ .

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

Sherif A. Mourad
62



## Centrifugal Force



١-٤-٦ عندما تكون السكة على كبارى السكك الحديدية منحنية يؤخذ تأثير قوة الطرد المركزي 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 الإعتبار .  
R نصف قطر الانحناء بالمتر .

٢-٤-٦ يؤخذ تأثير قوة الطرد المركزية مع التأثير الديناميكي للأحمال الحية بند (٦-٣) 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 ) .

Sherif A. Mourad

63



## Temperature Effect



١ - بافتراض درجة حرارة متوسطة للمنشأ مقدارها ٢٠°م فإنه يراعى افتراض تغير فى درجات الحرارة مقداره ٣٠ ± °م في المنشآت المعدنية والمركبة. وبالنسبة للمنشآت الخرسانية يؤخذ تأثير التغير في درجات الحرارة بمقدار ٢٠ ± °م.

٢ - يؤخذ تأثير تغير درجة حرارة السطح العلوي عن السفلي أو العكس في المنشآت المعدنية المركبة وذلك بمقدار ١٥ ± °م وبالنسبة للمنشآت الخرسانية بمقدار ٥ ± °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:

± ١٠ °م للمنشآت المعدنية والمركبة.  
± ٥ °م للمنشآت الخرسانية.

٤ - في حالات جميع التأثيرات المختلفة لتغير درجات الحرارة المذكورة في البنود الثلاثة السابقة يؤخذ الفرق بين درجتى حرارة أى عنصرين انشائيين بحد أقصى:

± ٢٠ °م للمنشآت المعدنية والمركبة.  
± ١٠ °م للمنشآت الخرسانية.

64



## Temperature Effect



٥ - في الأعمدة والبغال الخرسانية تؤخذ فروق درجات الحرارة  $\pm 5^\circ\text{C}$  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 | $+ 6^\circ\text{C}$      | $- 20^\circ\text{C}$    |
| الكباري الخرسانية         | $+ 50^\circ\text{C}$     | $- 10^\circ\text{C}$    |

Sherif A. Mourad 65



## Braking and Traction



تؤخذ قوى الفرامل على كباري السكك الحديدية مساوية لمقدار ٢٥ % من إجمالي 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 وفي اتجاهها ويمكن استعمال القيم الواردة بالجدول الآتي :

| القوة       | الطول المحمل $L_0$ (متر) | القيمة كن (طن)           |
|-------------|--------------------------|--------------------------|
| قوة الجر    | حتى ٣,٠٠                 | ١٥٠ (طن)                 |
|             | أكبر من ٣,٠٠ إلى ٥,٠٠    | ٢٢٥ (طن)                 |
|             | أكبر من ٥,٠٠ إلى ٧,٠٠    | ٣٠٠ (طن)                 |
|             | أكبر من ٧,٠٠ إلى ٢٥,٠٠   | $24 + 300 - L_0$ (طن) كن |
|             | أكبر من ٢٥,٠٠            | $2,4 + 30 - L_0$ (طن) كن |
| قوة الفرامل | أكبر من ٢٥,٠٠            | ٧٥٠ (طن)                 |
|             | حتى ٣,٠٠                 | ١٢٥ (طن)                 |
|             | أكبر من ٣,٠٠ إلى ٥,٠٠    | ١٨٧ (طن)                 |
|             | أكبر من ٥,٠٠ إلى ٧,٠٠    | ٢٥٠ (طن)                 |
|             | أكبر من ٧,٠٠             | $20 + 250 - L_0$ (طن) كن |
|             |                          | $2 + 250 - L_0$ (طن) كن  |

66



## Lateral Shock



جامعة القاهرة

١-٧-٦ يؤخذ تأثير قوة الصدمات العرضية في كبارى 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 للكبارى التى تحمل أكثر من سكة واحدة فان قوة عرضية واحدة مقدارها ١٠٠ كن (١٠طن) تعتبر كافية، و لا يضاف التأثير الديناميكي للإجهادات الناتجة عن هذه القوة. و بالنسبة للكبارى المقامة على خط منحنى فتؤخذ الإجهادات الناتجة من قوى الصدمات العرضية أو القوى الطاردة المركزية أيهما أكبر.

٢-٧-٦ 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.

Sherif A. Mourad

67



## Summary



جامعة القاهرة

- Bridge Floor Systems.
  - For Roadway Bridges.
  - For Railway Bridges.
- Bridge Loading.
  - For Roadway Bridges.
  - For Railway Bridges.

Sherif A. Mourad

68