

م. محمد يوسف

الجامعة التكنولوجية

مشروع مقدم الى قسم هندسة البناء والانشاءات

فرع هندسة الطرق والجسور

لنيل شهادة البكالوريوس

2011

Design of a Deck-Girder Bridge



اعداد الطالب : احمد جمال صيار
الامتاذ المشرف : ا.م. علاء مهدي الخطيب

2011

الاهداء

الى حبيبتي احفظ لها في القلب كل زاويه
الى من تحملت عبء السنين الماضيه
الى من امضت حياتها تضحيه اثر تضحيه
الى من تفرح لفرحي ولحزني تبقى باكيه
الى من بدعائها فتحت لي ابواب السماء

أمي الغاليه

الى من علمني فامعن في تعليمي ورباني فاحسن في تربيتي ...
الى من بذل ولم يتوانى واعطى ولم ينتظر
الى من ذلل المصاعب وهون علي التاعب
الى مهذب افكاري ومسدد خطواتي

أبي الغالي

الى اللذين يريدون سعادتي
واللذين قضيت معهم اسعد واجمل ايام العمر
الى اقرب الناس واحبهم الى نفسي

اصدقائي الاعزاء

شكر وتقدير

الحمد لله خالق السموات والارض و الشكر له
اولا واخرا اتشرف في نهاية هذا العمل
المتواضع ان اتقدم بالشكر الجزيل وخالص
التقدير والامتنان الى **الاستاذ الفاضل علاء
مهدي الخطيب** لما بذله من جهود ومساعدته
وتوجيه اثناء فترة العمل والبحث وانجاز هذا
المشروع واخراجه بهذا الشكل .

ويسعدني جدا ان اقدم شكري وامتناني الى
جميع اساتذة **قسم هندسة البناء والانشاءات** و
الى السيد رئيس القسم واساتذتي في مرحلة
البكلوريوس الذين زرعوا فينا حب العلم
والمعرفة والتطلع الى مستقبل مشرق زاهر.

الفهرست

الصفحة

١	١-المقدمة
٢	١-١ الفصل الاول (تحميل الجسور)
٤	٢-١ ملحق الفصل الاول (انواع الاحمال وتوزيعها وفق مواصفات ال AASHTO)
١٤	٢-٢ الفصل الثاني (مثال عن تصميم وتحليل جسر بفضاء مقدره ٨٢ قدم (٢٥)
١٥	١-٢ Deck Slab Design
١٩	٢-٢ تصميم الروافد الداخليه (Design of interior girders)
٢٠	١-٢-٢ Dead load moment
٢١	٢-٢-٢ Live load moment
٢٣	٢-٢-٢ Impact moment
٢٤	٢-٢-٢ Dead load shear
٢٤	٢-٢-٢ Live load shear
٢٥	٢-٢-٢ Determination of cross section and steel area
٢٧	٢-٢-٢ ٧-٢-٢ تسليح بدن الرافد لمقاومة اجهاد القص (Web reinforcement)
٣٢	٢-٢-٢ ٨-٢-٢ تصميم الرافدان الخارجيان (Design of exterior Girders)
٣٤	٣- المخططات
٣٦	٤- الاستنتاجات

1- المقدمة

غالبا ما نستخدم في العراق جسور من نوع البلاطة-الرافد (Deck-Girdr Bridge) وتتألف من روافد كونكريتية مسبقة الصب ومسبقة الاجهاد ولها مقطع عرضي يشبه الحرف (i) بالانكليزي وتتراوح اطوالها من 10- 15- 20 ولغاية 24 متر . وتبرز من الجبهه العليا لهذه الروافد قضبان حديدية تأخذ شكل حرف (U) باللغة الانكليزية مقلوب وتسمى بروابط القص (Shear connector) الغاية منها ضمان الترابط الكامل بين هذه الروافد وبلاطة منصة الجسر وتمنع الانزلاق ما بينهما، وبالتالي يتحقق الفعل المركب للمنشأ اي بعباره اخرى تعمل منصة الجسر على انها سلسله من المقاطع الانشائية المترابطة وكل منها على شكل حرف (T) باللغة الانكليزية ويمتاز هذا النوع من التنفيذ ببعض المحاسن ومنها سرعة التنفيذ وكذلك العمق القليل نسبيا . وتوضع الروافد المذكوره بصورة متوازية وتتباعده عن بعضها البعض بمساف لا تزيد عن 90 سم بين مراكزها وذلك حسب شروط الشركات المنتجة لهذا النوع من الروافد .

رغم بعض المحاسن المذكوره اعلاه لهذا النوع من التنفيذ للجسور في العراق توجد هناك مساوئ لها واهمها التقييد باطوال الروافد المسبقة الصب والتي لم يتجاوز طولها لحد الان 24 متر وبعمق كلي مقداره 1.4 متر .

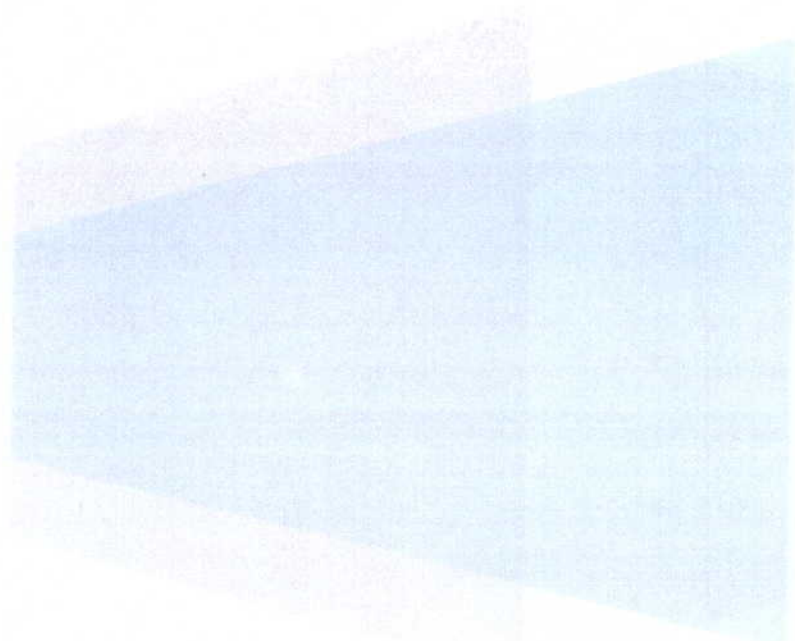
يتضمن مشروعنا هذا التحليل والتصميم الكاملين لجسر كونكريتي مسلح من نوع البلاطة - الرافد وبطول مقداره 25 متر . باعتقادنا ان هذه الطريقة تجعل مهندس الجسور يشعر بالمرونة في تصميم وتنفيذ الجسور وفق الطول الذي يحدده الموقع ويسهل عليه تصميم المقتربات والتقاطعات لكي يكون التصميم ملائم للموقع اضافاه الى ذلك نرى ان هناك خبرات تنفيذيه جيده في العراق ضمن اعمال الكونكريت المسلح والتي قد تثمر عن توفير في الكلف المطلوبه لتنفيذ الجسور مقارنة مع الروافد الكونكريتية المسبقة الصب والمسبقة الاجهاد الباهضة الكلفه والتي تتطلب استخدام ضفائر (Tendnos) وكونكريت ذو مقاومة انضغاط عاليه يتم الوصول لها باستخدام بعض المضافات وباستخدام اسلوب المعالجه بالبخار .

اخيرا يمكن اعتبار مشروعنا هذا كدليل لمهندس الجسور حول كيفية تحليل وتصميم الجسور الكونكريتية المسلحة المنفذه .

قسم هندسة البناء والإنشاءات

الفصل الاول

تحميل الجسور



تحميل الجسور

تتميز الجسور عن باقي المنشآت بتعرضه لآنواع عديدة من الاحمال بعضها شاقوليه واخرى طوليه وكذلك احمال عرضيه ، لذا على المهندس المصمم ان ياخذ بنظر الاعتبار التداخل المتوقع لهذه الاحمال حسب طبيعتها واتجاهها ويحلل الجسر وفق التشكيلة التي تشكل الخطوره القصوى للجسور . (وفي هذا الفصل ملحق يشمل انواع الاحمال وتوزيعها وفق مواصفات ال (AASHTO)).

في هذا الفصل نود التركيز على الاحمال الحيه المؤثره على الجسور وذلك لما لها من تعقيد حيث انها تتكون من مرور شاحنات ذات حمولات مختلفه وقياسات متغيره من ناحية احجام هذه الشاحنات وعدد المحاور التي تستند عليها حيث ان بعض الشاحنات يكون لها محورين واخرى يكون لها عدد اكبر من المحاور قد يصل الى خمسة او ستة محاور . كذلك يمر على الجسور تجمعات من الاشخاص كما في حالة المسيرات او التظاهرات او الاستعراضات وهذه الحركات تسلط احمال حرجه للجسور.

في الحاله الواقعيه توجد ما لا نهايه من الاحتمالات لتشكيلة الاحمال الحيه المسلطه على جسر ما، حيث لا يمكن تحديد موقع او اتجاه او سرعة او حجم او حمولة هذه الاليات او الاشخاص بدقه على الجسر. فعلى سبيل المثال عندما تتوقف حركة المرور على جسر ما بسبب الازدحام تتوقف العجلات بصوره متقاربه عن بعضها البعض مما يشكل حاله حرجه انشاعيا تسمى **critical static life loading** وفي حاله انسياب المرور تتباعد العجلات عن بعضها البعض بسبب مرورها بسرعه معينه فتقل الاحمال على الجسور نسبيا لكنها تشكل حاله حرجه ايضا تسمى **criticaldynamic life loading**. و يضاف لها احمال الصدم **impact load** حيث ان العجلات الماربه بسرعه معينه تسلط اكبر من الوزن الفعلي للعجلات لذا على المهندس الذي يجري عملية التحليل الانشائي ان ياخذ كافة هذه العوامل بنظر الاعتبار عند اجراءه الحسابات المطلوبه.

كما نود الاشاره الى ان مرور الاشخاص على الجسور يسلط احمال عاليه ربما تفوق بعض الاحيان الاحمال التي يسلطها مرور العجلات على جسر ما . واذا اخذنا بنظر الاعتبار ان مرور الاشخاص وفق نسق معين كما في حاله

الاستعراضات العسكرية او المسيرات الجماهيرية تسبب اهتزازا على الجسور وقد ادت في بعض الاحيان الى انهيار بعض الجسور.

اضافه لما ورد اعلاه حول الاحمال العديده من الاحمال المسلطه على الجسور لابد من الاشاره الى ان الجسور بذاتها تختلف اختلافا كبيرا عن بعضها البعض ومن النادر ربما لا يوجد جسر يشبه جسر اخر بصورة متكامله فحتى الجسور المشاه على طرق المرور السريع والتي لها فضاء متساوي لابد ان تختلف من ناحية طبوغرافية الارض وطبيعة التربه ومدى تحملها من موقع الى اخر ولذلك يتطلب اجراء بعض التحويرات عليها لكي تتلائم بدقه مع الموقع الذي تنشأ فيه .

كما ان الجسور تنفذ بمواد انشائية مختلفه كالكونكرت المسلح او المسبق الاجهاد او الحديد او الخشب او مركبه من مادتين او اكثر. وتختلف ايضا من الناحيه الانشائية فبعضها ينفذ على شكل بلاطه slab bridge واخرى على شكل بلاطه مستنده على روافد وغيرها على شكل جملونات او معلقه او على شكل cable state ولكون الاحمال الحيه الناشئه بسبب مرور العجلات تنتقل الى الجسور عبر مساحات صغيره تمثل مساحة التلامس بين الاطارات ومنصة الجسر نرى ان عملية تحليل الجسور وفق الاحتمالات الفعلية للتحميل تبدو معقده جدا ان لم تكن مستحيله . في هذا الصدد ومن خلال الاحصاءات والتجارب والمشاهده الميدانيه وضعت كراسه مواصفات الطرق الامريكيه منهاجا مبسطا و امينا لكيفية احتساب الاحمال الحيه المؤثره على الجسور وبذلك تكون عملية التحليل ومن ثم التصميم لهذه المنشآت المعقده عمليه بسيطه وكما سيتم ذكره بالتفصيل في مشروعنا هذا.

تعتمد الطريقه المقترحه على استعمال الشاحنه الافتراضيه القياسيه والتي تمثل الاحمال القصوى التي من الممكن ان يتعرض لها جسر ما بسبب كافه انواع العجلات الماره عليه. وقد ورد في المواصفه خمسة انواع من الشاحنات .

الا اننا سوف نركز اثقل شاحنه وهي HS20 وذلك لزيادة حمولات الشاحنات في الوقت الحاضر وبالتالي فانها تعوض عن كافه الشاحنات الاخرى المقترحه الاقل وزنا والتي تم تخصيصها للطرق الثانويه .

ملحق الفصل الاول

انواع الاحمال وتوزيعها وفق مواصفات الـ AASHTO



1- GENERAL FEATURES AND DRAWINGS

1-1 General Features:

1. The main purpose of the project is the design of two span prestressed concrete highway bridge.
2. The bridge consists of two simply supported spans, each span is 24 m long, and the total length of the bridge is 48m - See drawing no. 1.
3. (a) The bridge consists of two traffic lanes in each side, the width of every lane is 3.35 m.
(b) The bridge contains a median of width 0.82 m at the center line of the bridge.
(c) The average contains a sidewalk on each side of the bridge, 0.8 m width including the handrail and guardrail.
4. The total bridge width is 19.22 m - see drawing no. 2.
5. Each span in the bridge has ten prestressed pretensioned concrete girders. In the transverse direction, the distance between the centerline of every two girders is 2m as shown in drawing no.3. The section for all bridge girders is similar to type IV AASHTO standard bridge girders. -See drawing no. 3.
6. The ten girders for all the spans are supported at their ends on the pier cap, which covered the five columns. The dimensions of each column is 0.9x 1.85 m and their height is 6.2 m, and the space between the center line of each two columns is 4.25 m - see drawing no.3.
7. The compressive strength is as follow.
 - for deck slab $f'_c = 30 \text{ N/mm}^2$
 - for precast girder $f'_c = 35 \text{ N/mm}^2$
 - for pier and abutment $f'_c = 28 \text{ N/mm}^2$
8. The concrete has a unit weight of 25 kN/m^3 .
9. All types of steel which was used is of yield strength 410 N/mm^2 .
10. Low relaxation prestressing tendons are used, each of 7 wire with $f'_s = 1860 \text{ N/mm}^2$.

1-2 Types of Loads:

Structures shall be designed to carry the following loads and force:

Dead load.

Live load.

Impact or dynamic effect of the live load.

Wind loads.

Other forces, when they exist as follows:

Longitudinal forces, centrifugal force, thermal forces, earth pressure, buoyancy, shrinkage, stresses, rib shortening, erection stresses, ice and current pressure, and earthquake stresses.

1. *Dead Load:*

The dead load shall consist of the weight of the entire structure, including the roadway, sidewalks, car tracks, pipes, conduits, cables, and other public utility services.

2. *Live Load:*

The live load shall consist of the weight of the applied moving load of vehicles, cars, and pedestrians.

2-1 *Traffic Lanes:*

The lane loading or standard truck shall be assumed to occupy a width of 3 m.

2-2 *Highway Loads:*

2-2-1 *Standard Truck and Lane Loads*

2-2-1-1 The highway live loadings on the roadways of bridges or incidental structures shall consist of standard trucks or lane loads that are equivalent to truck trains. Two systems of loading are provided, the M loadings and MS loadings- the MS loadings being heavier than the corresponding M loadings.

2-2-1-2 Each lane load shall consist of a uniform load per linear foot of traffic lane combined with a single concentrated load (or two concentrated loads in the case of continuous spans). So placed on the span as to produce maximum stress. The concentrated load and uniform load shall be considered as uniformly distributed over a 3m width on a line normal to the centerline of the lane.

2-2-2 Classes of Loading

There are four standard classes of highway loading MS 13.5 and MS 18. Show Figs. 1, 2 and 3

3- Impact

3-1 Application:

Highway live loads shall be increased for those structural elements in Group A, below, to allow for dynamic, vibratory and impact effects. Impact allowances shall not be applied to items in Group B. It is intended that impact be included as part of the loads transferred from superstructure to substructure, but shall not be included in loads transferred to footings nor to those parts of piles or columns that are below ground.

3-1-1 Group A- Impact Shall be Included.

- (1) Superstructure, including legs of rigid frames.
- (2) Piers, (with or without bearings regardless of type) excluding footings and those portions below the groundline.
- (3) The portions above the groundline of concrete or steel piles that support the superstructure.

3-1-2 Group B- Impact Shall not be Included.

- (1) Abutments, retaining walls, piles except as specified in 3.1.1 (3)
- (2) Foundation pressures and footings.
- (3) Timber structures.
- (4) Sidewalks loads
- (5) Culverts and structures having 0.914 m or more cover.

3-2 Impact Formula

3-2-1 The amount of the impact allowance or increment is expressed as a fraction for the live load stress, and shall be determined by the formula:

$$I = \frac{15.24}{L + 38}$$

In which

I= impact fraction (maximum 30 percent);

L= length in meter of the portion of the span that is loaded to produce the maximum stress in the member;

3-2-2 For uniformity of application, in this formula, the loaded length, L, shall be as follows:

- (a) For roadway floors: the design span length.
- (b) For transverse members, such as floor beams: the span length of member center to center of supports.
- (c) For computing truckload moments: the span length, or for cantilever arms the length from the moment center to the farthest axle.
- (d) For shear due to truck loads: the length of the loaded portion of span from the point under consideration to the far reaction; except, for cantilever arms, use a 30 percent impact factor.
- (e) For continuous spans: the length of span under consideration for positive moment, and the average of two adjacent loaded spans for negative moment.

4- Longitudinal Forces

Provision shall be made for the effect of a longitudinal force of 5 percent of the live load in all lanes carrying traffic headed in the same direction. All lanes shall be loaded for bridges likely to become one directional in the future. The load used, without impact, shall be the lane load plus the concentrated load for moment specified in Article 2.2, with reduction for multiple - loaded lanes. The center of gravity of the longitudinal force shall be assumed to be located 1.828 m above the floor slab and to be transmitted to the substructure through the superstructure.

5- Centrifugal Forces:

Structures on curves shall be designed for a horizontal radial force equal to the following percentage of the live load, without impact, in all traffic lanes:

$$C = \frac{0.79 S^2}{R}$$

Where

C= the centrifugal force in percent of the live load, without impact;

S= the design speed in miles per hour;

D= the degree of curve;

R= the radius of the curve in meter.

6- Wind Loads

The wind load shall consist of moving uniformly distributed loads applied to the exposed area of the structure. The exposed area shall be the sum of the areas of all members, including floor system and railing, as seen in elevation at 90 degrees to the longitudinal axis of the structure.

7- Buoyancy

Buoyancy shall be considered where it affects the design of either substructure, including piling, or the superstructure.

8- Earth Pressure

8-1 Structures which retain fills shall be proportioned to withstand pressure as given by Rankine's formula; provided, however, that no structure shall be designed for less than an equivalent fluid weight (mass) of 4.17 kN/m^3 .

8-2 For rigid frames a maximum of one-half of the moment caused by earth pressure (lateral) may be used to reduce the positive moment in the beams, in the top slab, or in the top and bottom slab, as the case may be.

8-3 When highway traffic can come within a horizontal distance from the top of the structure equal to one-half its height, the pressure shall have added to it a live load surcharge pressure equal to not less than 0.61 meter of earth.

8-4 Where an adequately designed reinforced concrete approach slab supported at one end by the bridge is provided, no live load surcharge need be considered.

8-5 All designs shall provide for the through drainage of the back-filling material by means of weep holes and crushed rock, pipe drains or gravel drains, or by perforated drains.

9- Earthquakes

In regions where earthquakes may be anticipated, structures shall be designed to resist earthquake motions by considering the relationship of the site to active faults, the seismic response of the soils at the site, and the dynamic response characteristics of the total structure in accordance with the following criteria or AASHTO Guide Specifications for Seismic Design of Highway Bridges.

1-3 Moments Calculation:

The AASHTO specification suggest an approximate method for analysis and design of the deck slab. This method depends on the relationship between main reinforcement and traffic direction. There are two types of bridges thus:

(1) The Main Reinforcement parallel to traffic:

(a) For simply supported slab: use the formula:

$$M = C \left(\frac{S}{L} + \frac{6.1}{L} \right)^2 P$$

Where:

S = effective span length.

P₁₈ = the constructed load on the truck rear for the truck MS₁₈.

(b) For continuous slab: use the formula:

$$M_L = 0.28 \left(\frac{S}{L} + \frac{6.1}{L} \right)^2 P$$

(2) The main reinforcement perpendicular to traffic:

(a) The distribution width of wheel load:

$$E = (1.219 + 0.06 S) \leq 2.134 \text{ m}$$

(b) The distribution width of lane load over (2E)

For MS₁₈

$$M = 13.14 S \Rightarrow \text{for } S \leq 15.24 \text{ m}$$

$$M = 14.6 (1.3S - 6.1) \Rightarrow \text{for } S \leq 15.24 \text{ m}$$

1-4 Reduction in Load Intensity:

The AASHTO specification use the reduction in load intensity which is dependent on the number of traffic lanes where maximum stresses are produced in any member by loading a number of traffic lanes simultaneously, the following percentage of the live loads shall be used in view of the improbability of coincident maximum loading:

Number of traffic lane	Percent
One or two lanes	100
Three lanes	90
Four lanes or more	75

1-5 Distribution of Loads:

In calculating bending moments in longitudinal beams or stringers no longitudinal distribution of the wheel loads shall be assumed. The lateral distribution shall be determined as follows.

Interior stringers and Beams: the live load bending moment for each interior stringer shall be determined by applying to the stringer the fraction of a wheel load (both front and rear) determined in table (3-23-1) in AASHTO.

Outside roadway stringers and beams: the dead load supported by the outside roadway stringer or beam shall be that portion of the floor slab carried by the stringer or beam. Curbs, railings, and wearing surface, if placed after the slab has cured, may be distributed equally to all roadway stringer or beams.

The live load bending moment for outside roadway stringers or beams shall be determined by applying to the stringer or beam the reaction of the wheel load obtained by assuming the flooring to act as a simple span between stringers or beams.

In no case shall an exterior stringer have less carrying capacity than an interior stringer.

In calculating bending moments in floor beams, no transverse distribution of the wheel loads shall be assumed.

If longitudinal stringers are omitted and the floor is supported directly on floor beams, the beams shall be designed for loads determined in accordance with table (3-23-3-1) in AASHTO.

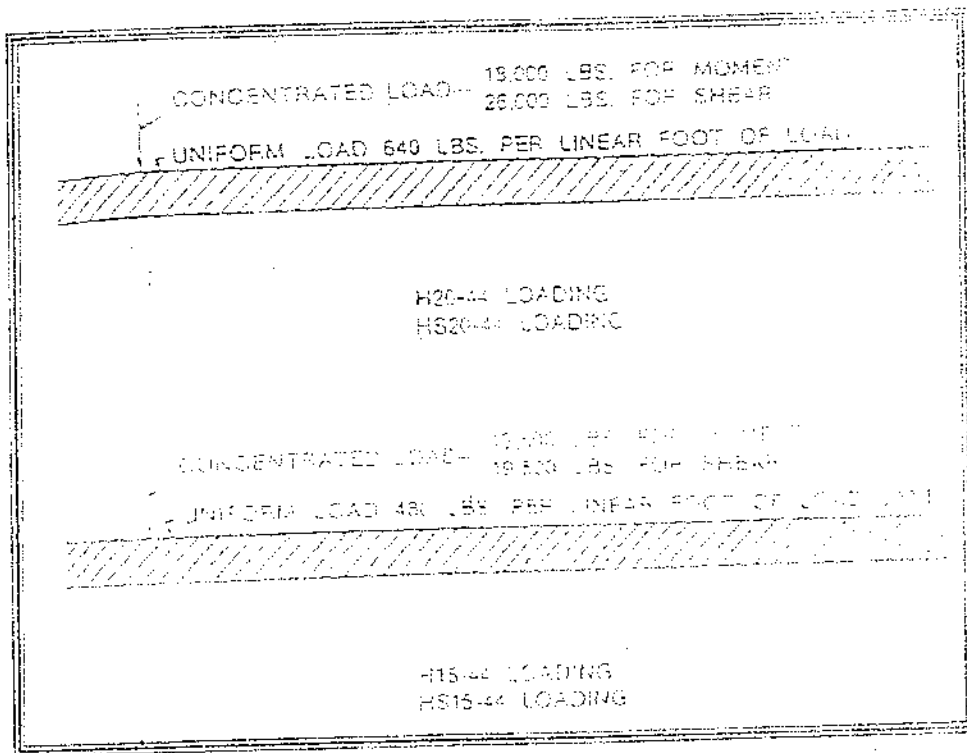


Figure (2) Lane Loading

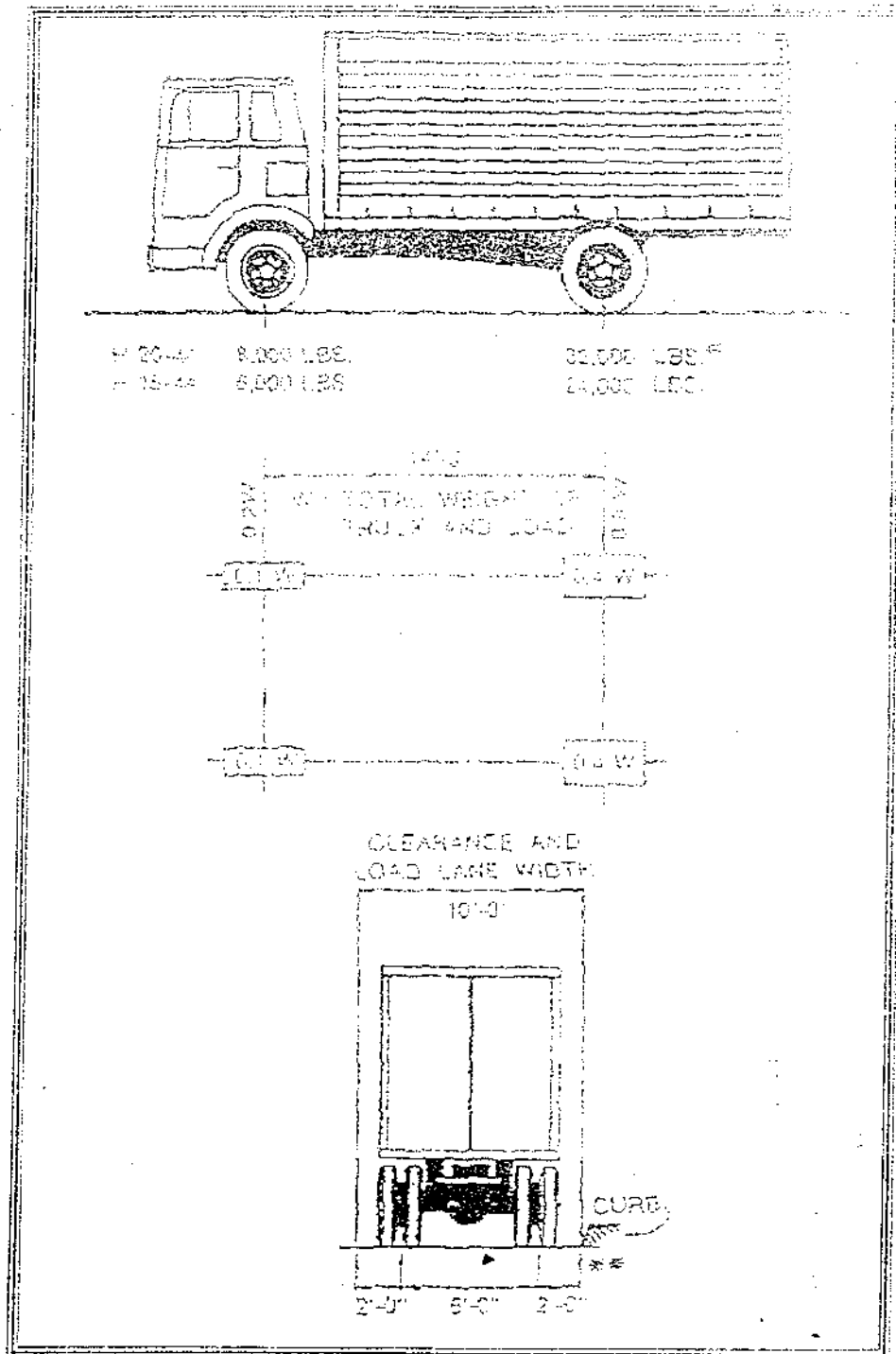
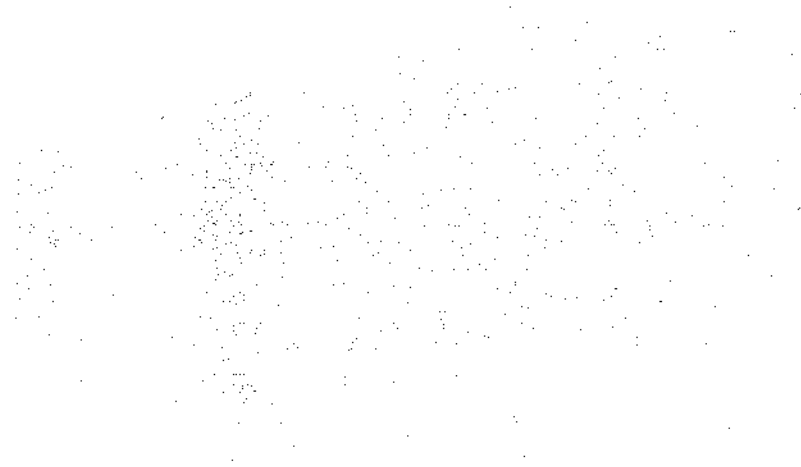


Figure (2) Standard H-trucks

الفصل الثاني

مثال عن تصميم وتحميل جسر Deck - Girder

بفضاء 82 قدم (25متر)



Design of a Deck – Girder Brige

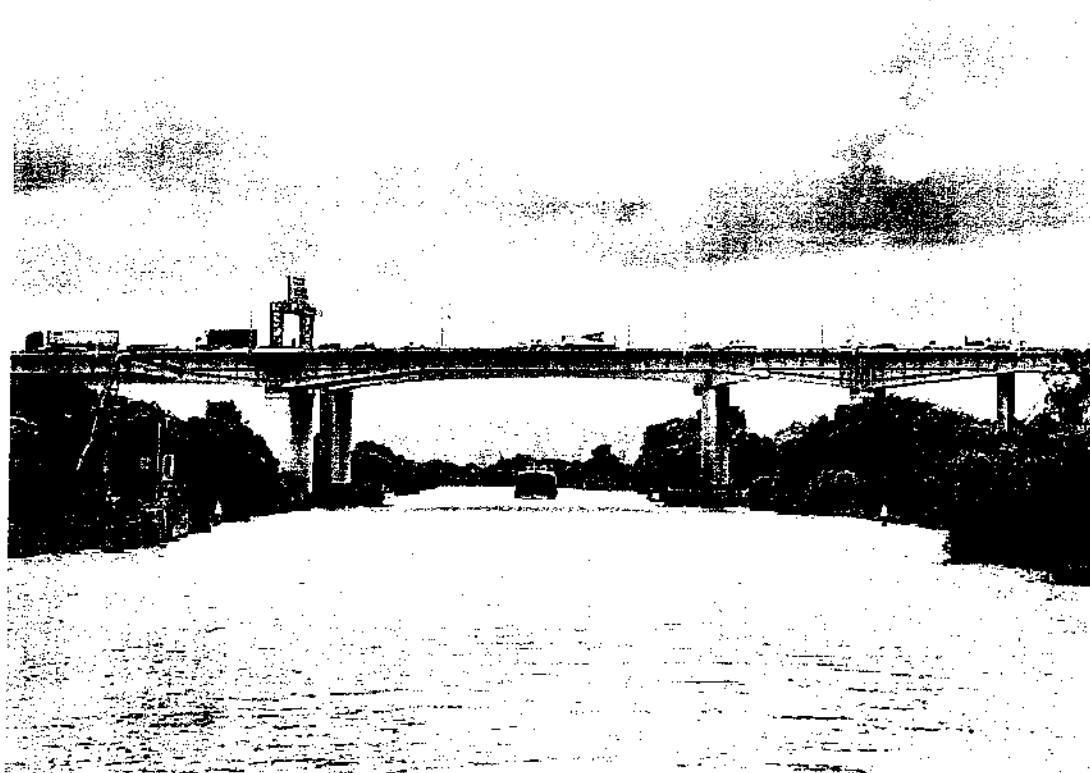
Clear span (s) = 82 ft (25 m)

Clear width = 29 ft (9 m)

Live loading = HS20

Concrete strength $F_c' = 4000$ psi

Grade 60 Reinforcement $F_y = 60000$ psi



2-1- Deck Slab Design

لما كانت عتلية صلب الخرسانة للبلاطة المتصلة تحري بصورة مترافقة
(monolithically) مع التروافق المستدة، ولما كانت التلامية مستمرة
فإن الفضاء المؤثر للبلاطة (s) سيكون مساوي للفضاء الصافي بين
التروافق (s) . بافتراض أن عرض أي من التروافق يساوي 14 in فإن
الفضاء المؤثر هو :-

$$S = s = 5'6'' - \frac{16}{2} - \frac{16}{2}$$

$$= 4'167 \text{ ft}$$



شكل (1) يوضح الفضاء المؤثر



شكل (2) يوضح توزيع العزوم

نفرض ان سمك بلاطة المنصة يساوي 10 in متضمنة 1 in كطبقة للتأكل، مع إضافة وزن مقداره 15 psf ليعادل الوزن الإضافي المتوقع لطبقة الاسفلت، فيكون الحمل الميت الكلي على الجسر هو:-

$$DL = 150 \cdot \frac{10}{12} + 15 = 140 \text{ psf}$$

العزم الموجب والسالب الأقصى للاحمال الميتة كما في شكل (2) :-

$$M_d = \frac{DL \cdot s^2}{10} = \frac{115 \cdot (4.167)^2}{10} = 243.1 \text{ ft.lb}$$

لغرض حساب العزوم القصوى للاحمال الحية نستخدم المعادلات التي تقترحها المواصفة للجسور ذات البلاطة التي تحتوي على تسليح رئيسي عمودي على اتجاه المرور وكما يلي :-

$$ML = 0.8 \cdot \frac{s + 2}{32} P_{20} = 0.8 \cdot \frac{(4.167 + 2)}{10} \cdot 16000 = 2466.8 \text{ ft.lb}$$

نستخدم الحد الأقصى لمعامل الصدم البالغ 0.3 عندما تكون الفضاءات المحيطة بالبلاطة قصيرة فيكون العزم الناتج عن الصدم يساوي :-

$$MI = 0.3 ML = 0.3 \cdot 2466.8 = 740.04 \text{ ft.lb}$$

وأن مجموع العزوم الميتة والحية والصدمية :-

$$MT = MD + ML + MI = 243.1 + 2466.8 + 740.04 \\ = 3450 \text{ ft.Ib}$$

$$\text{Modular ratio} = n = \frac{E_s}{E_c} = \frac{29000000}{57000 * \sqrt{f_c'}} = 8$$

$$\text{Stress ratio} = r = 18.75$$

$$K = \frac{n}{n + r} = 0.3$$

$$j = 1 - \frac{K}{3} = 0.9$$

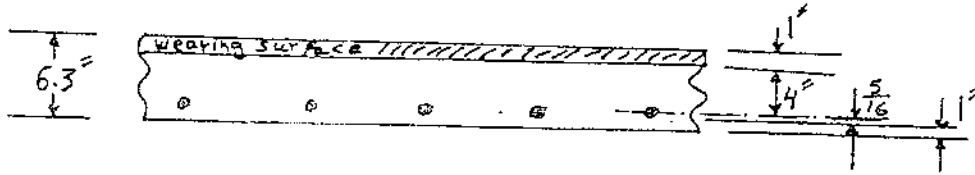
العمق المطلوب للبلاطة هو :-

$$d_{req} = \sqrt{\frac{2MT}{f_c.kjd}} = \sqrt{\frac{2 * 3450 * 12}{1600 * 0.3 * 0.9 * 12}} = 4 \text{ in}$$

بوجود 1 in كغطاء للخرسانة، وباستخدام قضبان حديد تسليح #5 ، مع اعتبار الطبقة القابلة للتآكل بسمك 1 in (وهذه الطبقة ليس لها تأثير انشائي، أي أنها لا تساهم في مقاومة العزوم)، يكون السمك الكلي المطلوب هو 6.3"

$$4 + 1 + \frac{5}{16} + 1 = 6.3 \text{ in} < 10 \text{ in} \text{ ok.}$$

فإن العمق المؤثر الفعلي لغرض الحسابات يساوي :-



شكل (3) يوضح العمق المؤثر الفعلي

$$10 - 1 - \frac{5}{16} - 1 = 7.6 \text{ in}$$

فإن مساحة حديد التسليح الرئيسي المطلوب هو :-

$$As = \frac{MT}{fs \cdot jd}$$

$$= \frac{3450 \times 12}{30000 \times 0.9 \times 7.6} = 0.2018 \text{ in}^2/\text{ft}$$

$$\text{Spacing of \#5 bars} = \frac{Ab}{As}$$

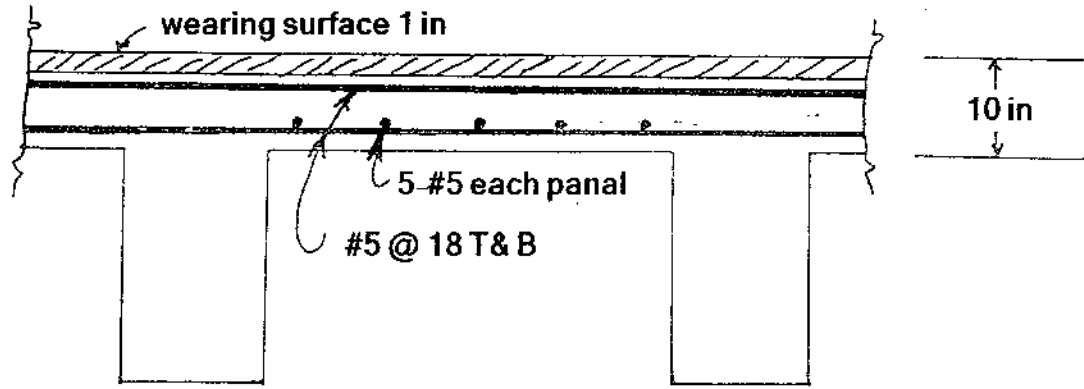
$$= \frac{0.31}{0.2018} = 1.536 \text{ ft}$$

$$= 18 \text{ in}$$

Use #5 @ 18" c/c T&B

لتلافي حني القضبان بصورة قاسية ، سنستعمل قضبان مستقيمة لتسليح البلاطة قطر $\frac{8}{5}$ ومسافات تباعدها 10 in وتوضع في اسفل البلاطة وكذلك في اعلاها ، ان هذا الاجراء سيستهلك كمية من الحديد لكن الكلفة الإضافية ربما يعادلها التوفير الحاصل في اجور عمل الحديد.

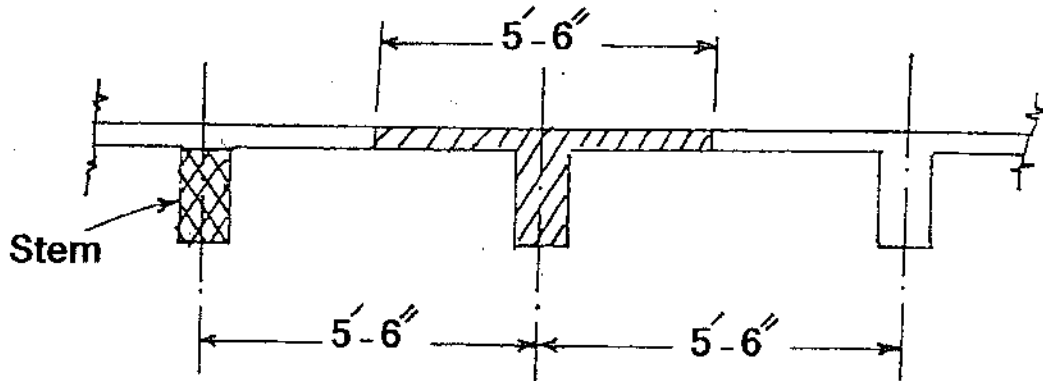
الاجهادات الناشئة عن تغير درجة الحرارة وتلك التي تنشأ بسبب الاحمال المركزة مستقامياً قضبان بقطر $\frac{5}{8}$ " عددها 5 لكل فضاء واقع بين رافدين وستوضع هذه القضبان بصورة متعامدة على اتجاه حديد التسليح الرئيسي.



شكل (4) يوضح توزيع حديد التسليح وابعاده

2-2- Design of Interior Girders تصميم الروافد الداخلية

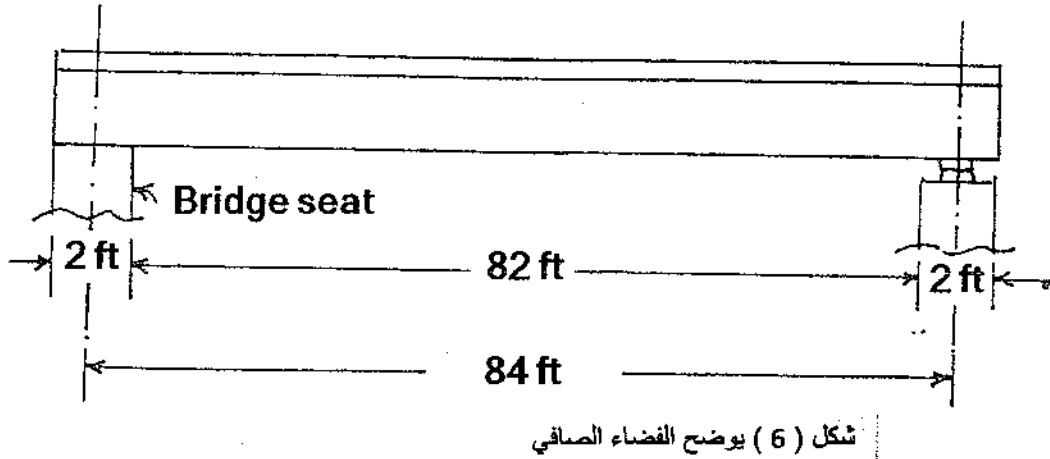
لما كانت الروافد الداخلية على شكل **T-Beams** فإن عرض الشفة العليا **Width of Top Flange** يساوي المسافة بين مراكز الروافد.



شكل (5) يوضح المساف بين مراكز الروافد

يتم تحديد ابعاد البدن **Stem** للرافد وفقاً للعزوم القصوى او اجهادات القص القصوى.

وبافتراض ان مقاعد الجسر **Bridge Steats** تساوي 2 ft فان :-



2-2-1 – Dead Load Moments

عزوم الاحمال الميتة

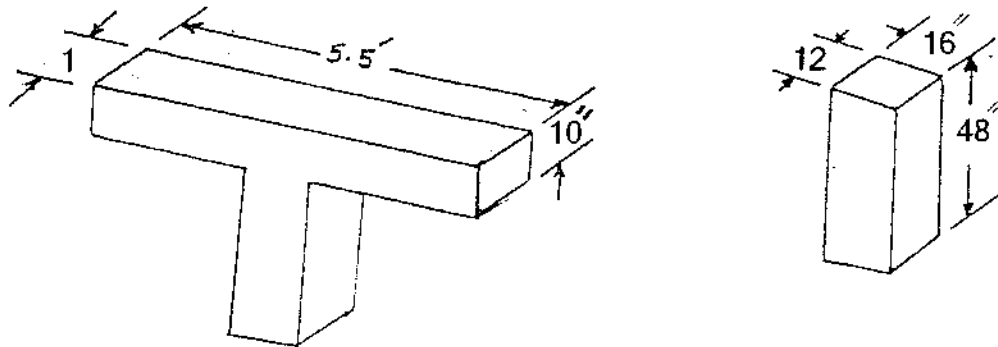
نجد وزن البلاطة لكل قدم طول يساوي:-

$$140 \times 5.5 = 770 \text{ p/f}$$

وزن بدن الرافد لكل قدم :-

$$\frac{48}{12} \times \frac{16}{12} \times \frac{12}{12} \times 150 = 562 \text{ p/f}$$

$$MD = 770 \times 800 = 1570 \text{ p/f}$$



شكل (7) يوضح الابعاد التي تم افتراضها

وان عزم الاحمال الميتة القصوى المؤثرة في وسط فضاء الرافد هو :-

$$Md = \frac{DL \cdot s^2}{8} = \frac{1570 \times 84^2}{8} = 1384740 \text{ ft.lb}$$

2-2-2- Live Load Moment

عزوم الاحمال الحية على الرافد الداخلي

لما كان الجسر مؤلف من بلاطة خرسانية مستندة على روافد خرسانية وعرضه يستوعب مسارين مزدوجين لذا فان كل رافد داخلي يجب عليه اسناد S/5 من احمال اطارات الشاحنات القياسية وكما يلي :-

$$\text{Wheel Load/Wheel} = \frac{S}{5} = \frac{5.5}{5} = 1.1$$

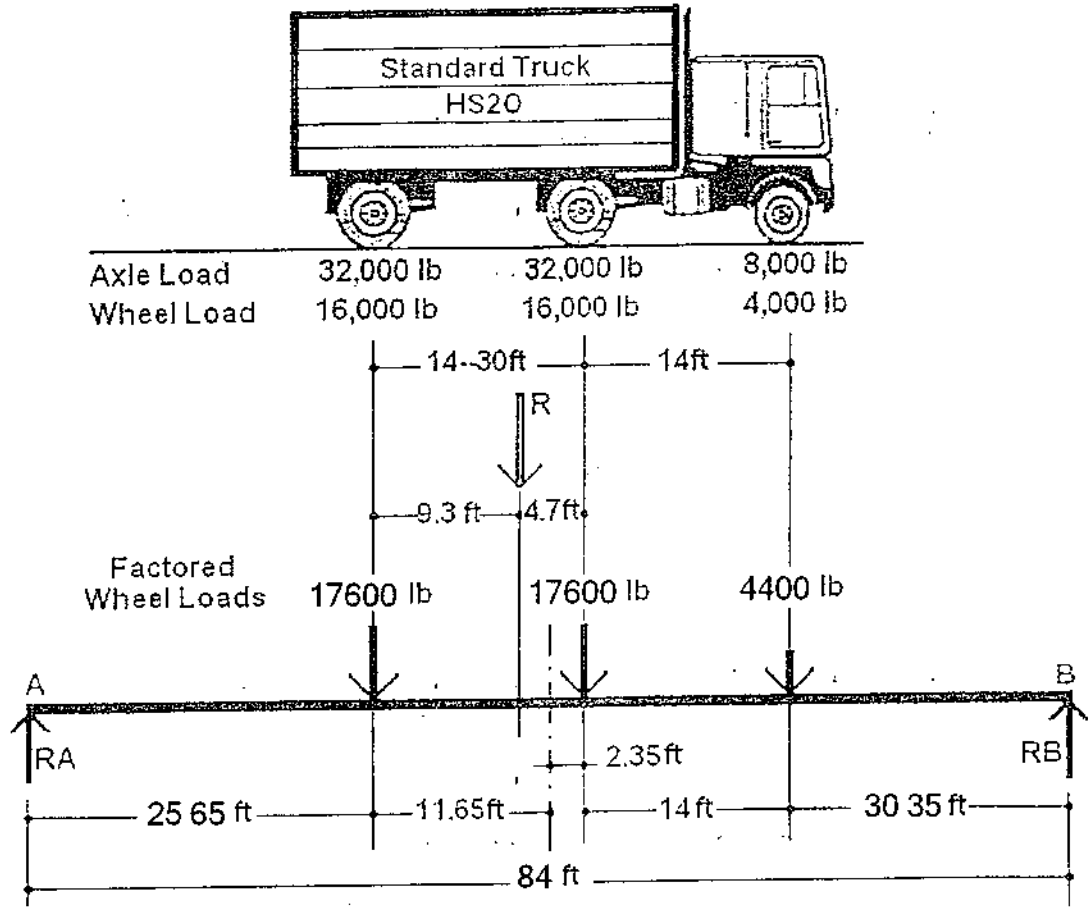
ولما كانت الشاحنة القياسية HS20 تسلط عبر اطاراتها الاحمال التالية :-

For HS20 :-

4000 lb , 16000 lb , 16000 lb *1.1

4400 lb , 17600 lb , 17600 lb

حيث تضرب كل قيمة ب 1.1



شكل (8) يوضح الشاحنة القياسية HS20 التي نصمم على أساسها

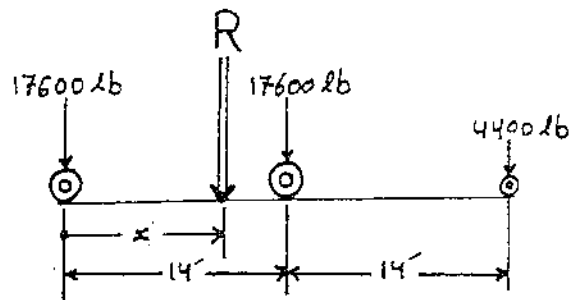
من خلال نظريات تحليل الانشاءات المتعلقة بكيفية حساب مقدار وموقع العزم الأقصى لجسر تسير عليه شاحنة متعددة المحاور ومختلفة الاوزان المسلطة من قبل كل محور نلاحظ ما يلي :

- ان مخطط العزوم يتألف من خطوط مستقيمة و ان أقصى عزم يقع مباشرة تحت احد الاطارات.
- ب- يكون موقع الاطار الذي يسبب العزم الأقصى بحيث ان خط تنصيف الجسر ينصف المسافة بين الاطارات ومحصلة وزن الشاحنة . لاحظ الشكل (8)
- ت- من خلال خبره نعتقد بان أقصى عزم يقع تحت الاطار الوسطي.

ويمكن ايجاد بعد محصلة وزن الشاحنة R عن الطرف الاكثر وزنا من خلال المعادله

$$R = 17600 + 17600 + 4400 = 39600 \text{ lb} \quad \text{التاليه :-}$$

$$RX = 17600 \times 14 + 4400 \times 28 \quad \text{-----} \quad X = 9.3 \text{ ft}$$



شكل (9) يوضح موقع المحصلة R

$$R_B = \frac{4400 * 58.35 + 17600 * 44.35 + 17600 * 30.35}{84}$$

$$= 18707.857 \text{ lb}$$

$$M_{L_{max}} = 18707.85 * 30.15 - 4400 * 14 = 680166.53 \text{ ft. lb}$$

2-2-3- Impact Moment

$$= \frac{50}{s + 125}$$

$$I = \frac{50}{84 + 125} = 0.239$$

$$MI = M_{L_{max}} * I$$

$$= 680166.5 * 0.263 = 162559.8 \text{ ft. lb}$$

و الآن تكون العزوم القصوى الكلية المؤثرة وسط فضاء الرافد :-

$$\text{Max. Table Moments } MT$$

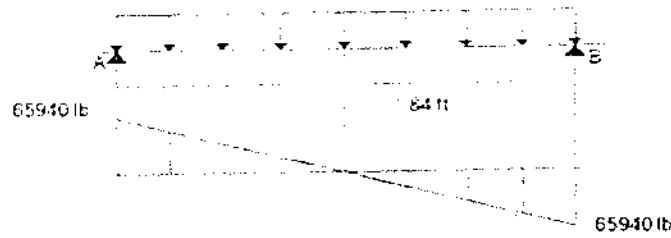
$$= MD_{max} + M_{L_{max}} + M_{I_{max}}$$

$$= 1384740 + 680166.53 + 162559.8$$

$$= 2227416.15 \text{ ft. lb}$$

2-2-4- Dead Load Shear

V D L 1570



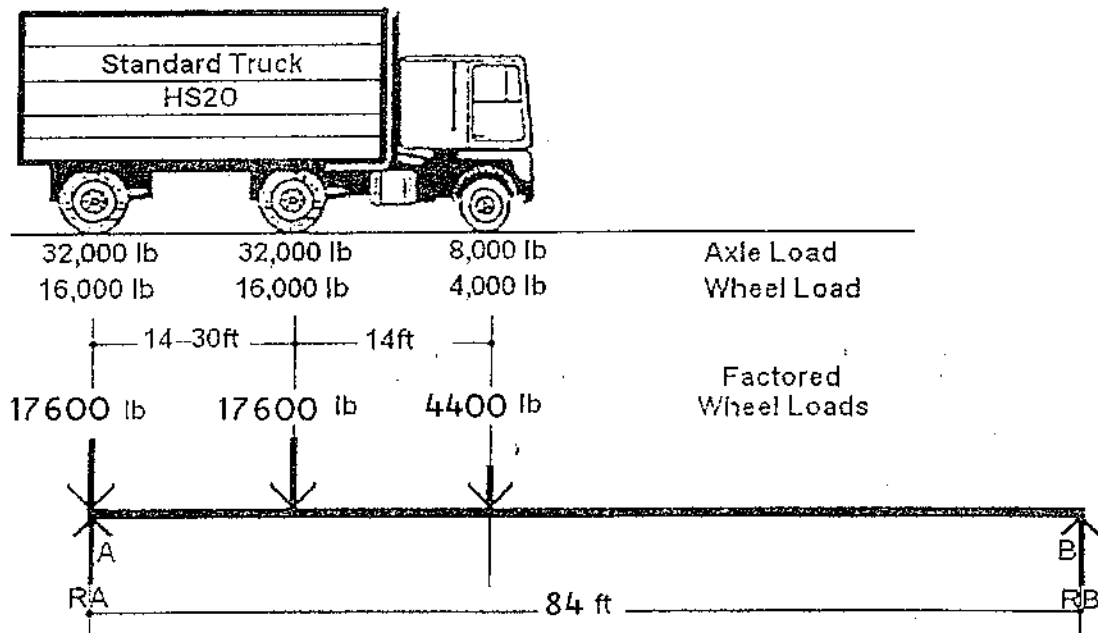
شكل (10) يوضح القص الناشئ عن الاحمال الميتة

Maximum shear at A or B equals :-

$$Vd \max = 1570 + \frac{84}{2} = 65940 \text{ lb}$$

2-2-5- Live load Shear :-

نجد مقدار الاحمال التي تسببها عجلات الشاحنة القياسية وموقعها
لاعطاه اقصى قوة قص



شكل (11) يوضح الشاحنة القياسية عند بداية دخولها الجسر

$$RA = \frac{16000 * 84 + 17600 * 70 + 4400 * 56}{84} \\ = 33600 \text{ lb}$$

Impact shear

نستخدم نفس معامل الصدم I البالغ 0.263 لتحديد مقادير قوى القص الإضافية الناشئة عن الصدم وكما يلي:-

$$VImax = VLmax * I = 33600 * 0.239 = 8030.4 \text{ lb}$$

Total Shear

يتم جمع قوى القص الناشئة عن الاحمال الميتة والحية والصدمية :-

$$VTmax = VDmax + VLmax + VImax \\ = 65940 + 33600 + 8030.4 = 107570 \text{ lb}$$

2-2-6- Determination of Cross Section and Steel Area

تحديد ابعاد الروافد الداخلية ومقدار الحديد المطلوب لتسليحها.

عند تحديد مساحة المقطع العرضي لبطن الرافد سنستعمل اجهاد قص لا يتجاوز :-

$$r = 2.95 \sqrt{fc'} = 186 \text{ psi}$$

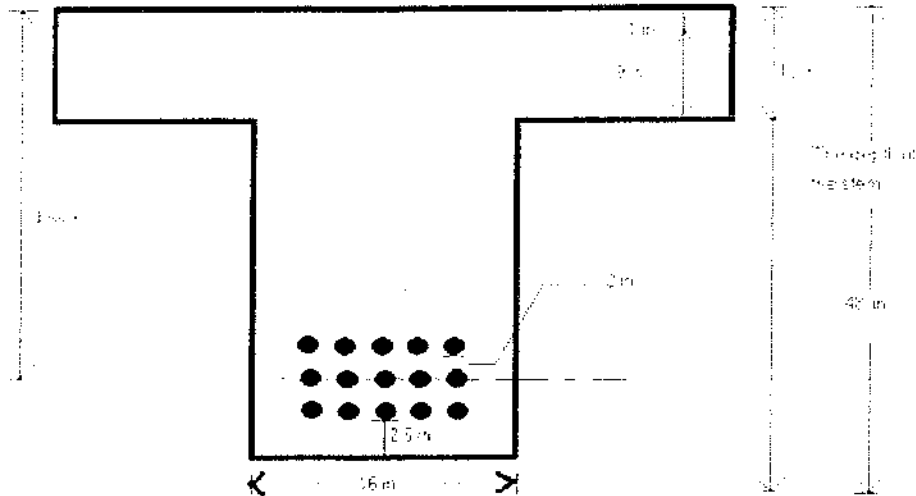
$$bw.d = \frac{VT_{max}}{r} = \frac{107570}{186} = 579 \text{ in}^2$$

العمق المطلوب هو :-

$$d_{req} = 579 / 16 = 36.2$$

ويساوي تقريبا 37 in

إذا افترضنا استخدام ثلاث طبقات من الحديد قياس #11 , مع ترك مسافه صافيه بمقدار 2 in بين طبقه واخرى, مع اضافه غطاء خرساني بسمك 2.5 in تحت الطبقة السفلى من التسليح لاستيعاب ال stirrups ولتأمين الحماية اللازمه للتسليح وضمان ترابطه مع الخرسانه .



شكل (12) يوضح ابعاد الرافد المفروضه وتوزيع حديد التسليح

بهذه الحاله نحصل على العمق الكلي المطلوب h مقداره :

$$h = 37 + \frac{11}{16} + 2 + \frac{11}{8} + 2 + \frac{11}{8} + 2.5 = 46.9375 \text{ in}$$

والعمق الذي افترضناه بالبدايه هو :

$$48 + 10 = 58 \text{ in}$$

وهو اكبر مما هو مطلوب فهو مقبول.

$$d_{\text{ava}} = 58 - \frac{11}{16} - 2 - \frac{11}{8} - 2 - \frac{11}{8} - 2.5 = 48.0625 \text{ in}$$

و واحد انج غير مؤثر انشائيا لذا $d_{\text{ava}} = 47.0625 \text{ in}$

$$As = \frac{MT_{max}}{Fs (d - \frac{t}{2})} = \frac{2227416.15 \cdot 12}{30000 \cdot (47.0625 - \frac{9}{2})} = 20.933 \text{ in}^2$$

فاذا اخترنا قضبان تسليح #11 سيكون العدد المطلوب هو:

$$As/Ab = 20.933 / 1.56 = 14 \text{ bars}$$

في هذه المرحلة من التصميم لابد من حساب مقدار الانضغاط الفعلي الذي تتعرض له الخرسانة ووفق المعادلة التالية والنتائج يجب ان لا يتجاوز مقدار الانضغاط المسموح به والبالغ في هذا المشروع وبخلافه يجب العودة من البداية وافترض ابعاد اكبر والاستمرار بالحل لحين تحقيق الشرط.

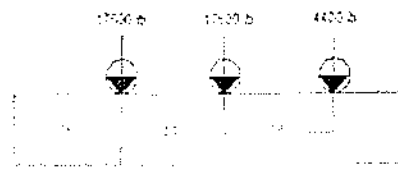
$$\begin{aligned} f_c &= \frac{MT_{max}}{\left(1 - \frac{hf}{2kd}\right) bhfjd} \\ &= \frac{2227416 \cdot 12}{\left(1 - \frac{9}{2 \cdot 0.3 \cdot 47.062}\right) \cdot 12 \cdot 5.5 \cdot 9 \cdot 0.9 \cdot 47.062} \\ &= 1559 \text{ psi} < 1600 \text{ psi} \quad \text{ok.} \end{aligned}$$

2-2-7- Web reinforcement تسليح بدن الرافد لمقاومة اجهاد القص

ان مقدار تسليح بدن الرافد تجاه اجهادات القص تختلف على مقدار فضاء الجسر لذا تحسب مقاديرها عند المسند وعلى مسافة له من المسند وكذلك على مسافة 21 ft من المسند واخيرا في منتصف فضاء الرافد .

القص الناشئ بسبب الاحمال الميتة :-

$$Vd_{max} = 65940 \text{ lb}$$



شكل (13) يوضح القص الناشئ بسبب الاحمال الميتة

اما القص الاقصى على مسافة d له من المسند يساوي :-

$$\frac{vd \ 4}{38} = \frac{65940}{42} \rightarrow \rightarrow \quad vd = 59660 \text{ lb}$$

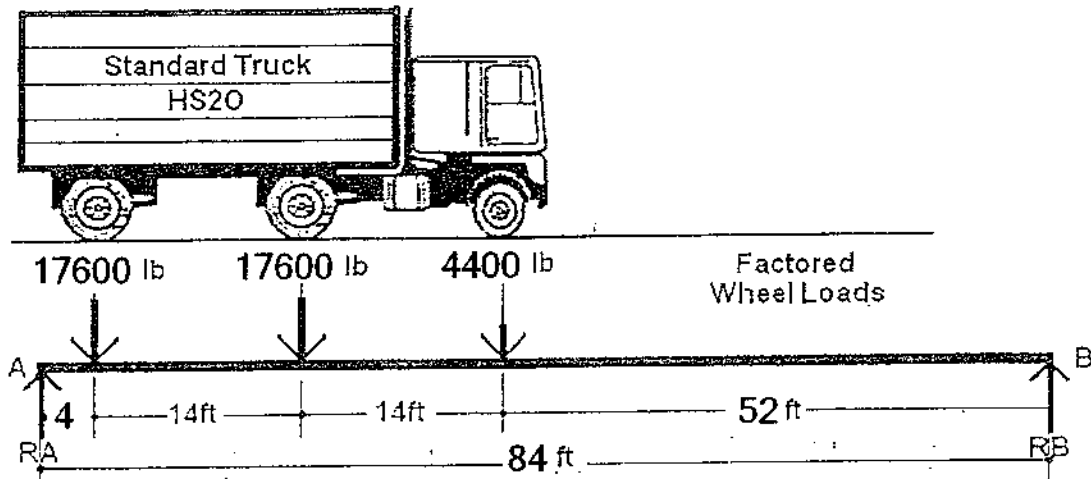
$$\frac{vd \ 21}{21} = \frac{65940}{42} \rightarrow \rightarrow \quad vd = 32970 \text{ lb}$$

اما القص الناشئ بسبب الاحمال الحيه فيتم حسابه كما يلي :-

أما القص على مسافة d من المسند فنحسبها كما يلي :-

$$Vl_d = RA = \frac{17600 * 80 + 17600 * 66 + 4400 * 52}{84}$$

$$= 33314.28 \text{ lb}$$

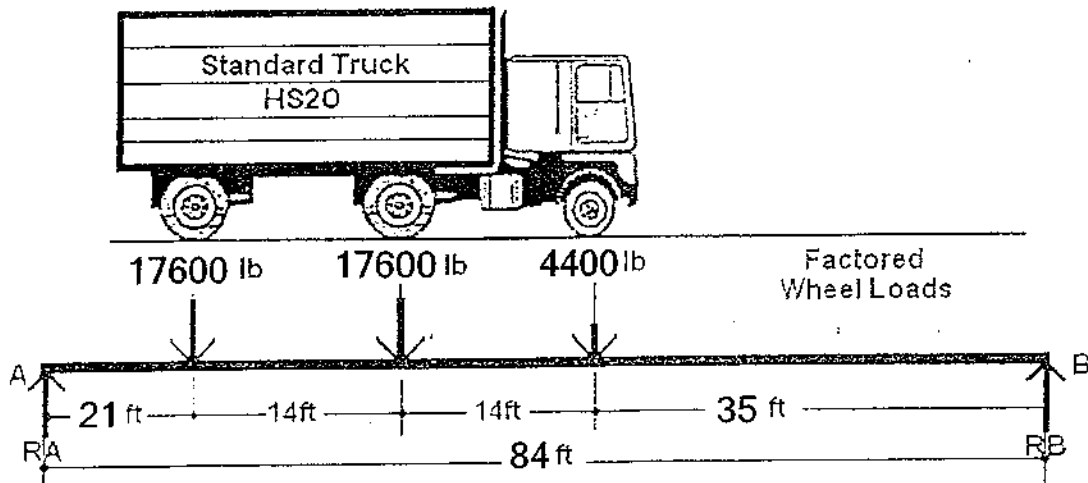


نحسب قوة القص على مسافة 21 ft من المسند كما يلي :-

$$VL_{21} = RA$$

$$= \frac{17600 * 63 + 17600 * 49 + 4400 * 35}{84}$$

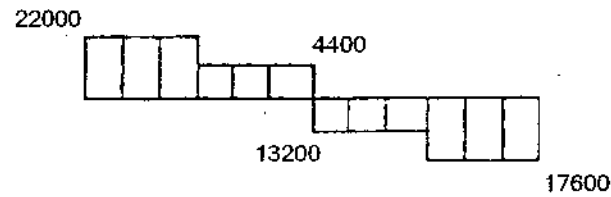
$$= 25300 \text{ lb}$$



و بنفس الطريقة نحصل على القص في منتصف الفضاء :-

$$RA = \frac{17600 * 56 + 17600 * 42 + 4400 * 28}{84}$$

$$= 22000 \text{ Ib}$$



شكل (14) يوضح القص من الاحمال الحيه في المنتصف

$$VL_{mid} = 13200 \text{ Ib}$$

Shear stress per unit psi

الخرسانية تتحمل إجهاد قص مقداره :-

$$V_c = 0.95 \sqrt{f_c'} = 0.95 * \sqrt{4000} = 60 \text{ psi}$$

وباستخدام حديد تسليح #4

$$\frac{d}{2} = \frac{47.6875}{2} = 23.843 \approx 24 \text{ in}$$

وباستخدام حديد تسليح قياس #4 وعلى شكل حرف U في المواقع التي تتطلب تسليحاً لمقاومة إجهادات القص تثير المواصفات إلى وجوب أن لا تزيد مسافات التباعد بين الـ stirrups عن $d/2$ وفي حالة استخدام مسافات التباعد التصويى يكون مقدار إجهاد القص الذي تتحملة الـ stirrups يساوي :-

For grade 60 :-

$$\begin{aligned} V - V_c &= \frac{A_v \cdot f_s}{S \cdot b_w} \\ &= \frac{0.4 * 30000}{24 * 16} = 31 \text{ psi} \\ 60 + 31 &= 91 \text{ psi} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S &= \frac{A_v \cdot f_s}{(v - v_c) b_w} \\ &= \frac{0.4 * 30000}{(133 - 60) * 15} = 10.27 \text{ in} \\ &\text{use \#4 stirrups @ } 10'' \text{ c/c} \end{aligned}$$

2-2-8- Design of Exterior Girders تصميم الرافدان الخارجيان

لنجسّر رافدان خارجيان الاول على يساره والاخر على اليمين ، ان مقطع الرافد الخارجي متطابق مع الرافد الداخلي وذلك لان عملية صب الرصيف تجري بعد اكتمال صب المنطقة لذا لا يعتبر الرصيف ذو فعالية انشائية وانما يعتبر حملاً اضافي ، على الجسر العزوم اضافة الى الحمل الميت المؤثر على الروافد الداخلية ويضيف الرصيف حملاً ميتاً مقداره $250 p/f$ مما يعطي حملاً ميتاً كلياً وبالتالي عزم اقصى للاحمال الميتة يؤثر في منتصف فضاء الرافد.

يسند الرافد الخارجي جزءاً من احمال الاطارات المجاورة بقرب الرصيف وبحسب بوضع الاطارات بقرب مسار مسوح به الرصيف كما في المخطط.

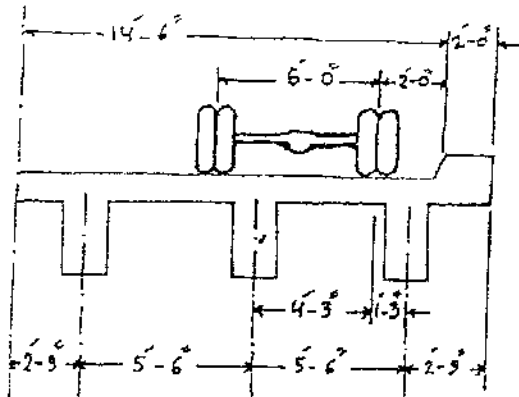
لما كان الموقع الطولي للحمل الذي يسبب عزم الانحناء الاقصى يماثل نفس الموقع على الروافد الداخلية فان عزم الانحناء الاقصى للاحمال الحية يمكن حسابه باستخدام النسبة والتناسب .

$$DL = 1570 + 250$$

$$= 1820 p/f$$

$$MD = \frac{1820 * 84^2}{8}$$

$$= 165240 ft.lb$$



شكل (15) يوضح موقع الاطارات الاكثر احتمالاً وفق مواصفات AASTHO

$$\frac{4.25}{5.5} = 0.773$$

$$MI = \frac{0.773}{1.1} * 68166.53$$

$$= 47902.48 \text{ ft. Ib}$$

$$MI = 0.239 * 47902.48$$

$$= 11448.69 \text{ ft. Ib}$$

$$MT_{max} = 1605240 + 47902.48 + 11448.69$$

$$= 1664591.17 \text{ ft. Ib}$$

$$Vd = 1820 * \frac{84}{2}$$

$$= 76440 \text{ Ib}$$

$$VI = \frac{0.773}{1.1} * 33600$$

$$14127.43$$

$$= 23612 \text{ Ib}$$

$$VI = 23612 * 0.263$$

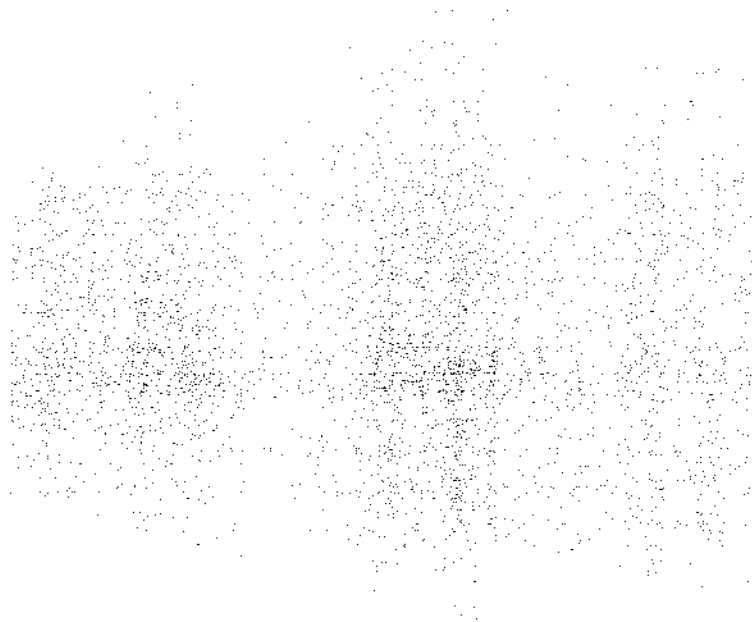
$$= 6210 \text{ Ib}$$

$$VT_{max} = 76440 \text{ Ib} + 23612 \text{ Ib} + 6210 \text{ Ib}$$

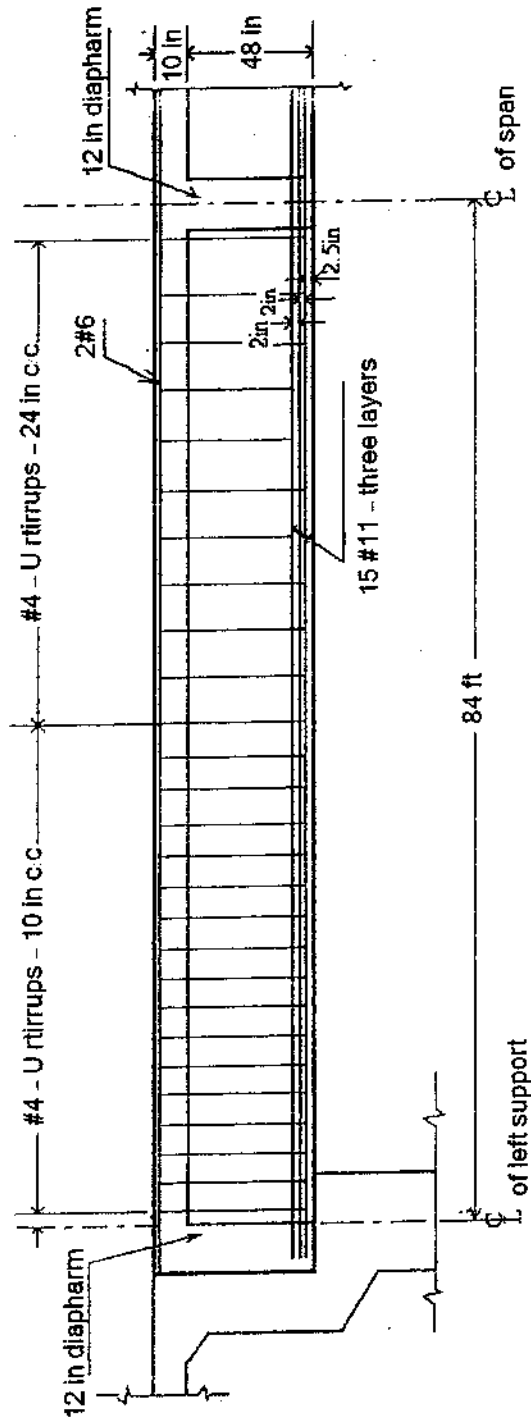
$$= 106262 \text{ Ib} < VT \text{ at support ok..}$$

الفصل الثالث

المخططات



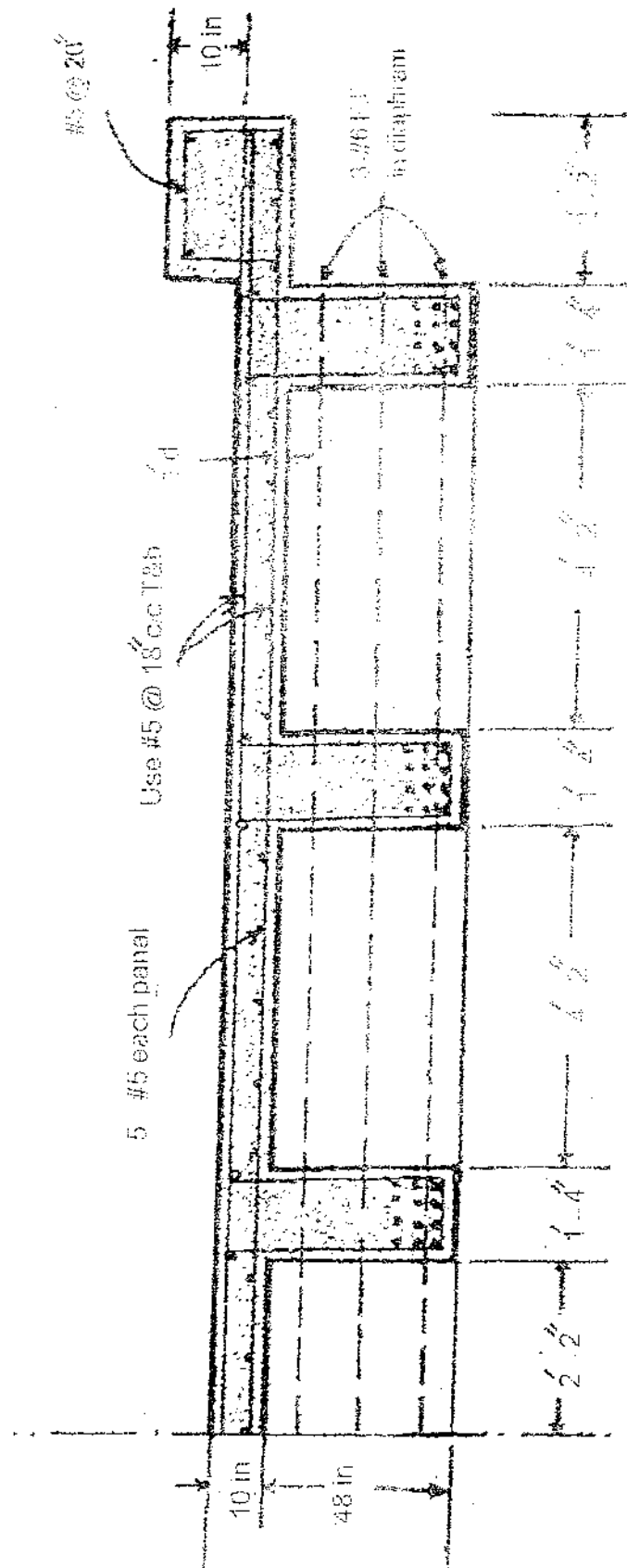
أبعاد جدار حجاب



Longitudinal section . Reinforcement detail of Interior Girder

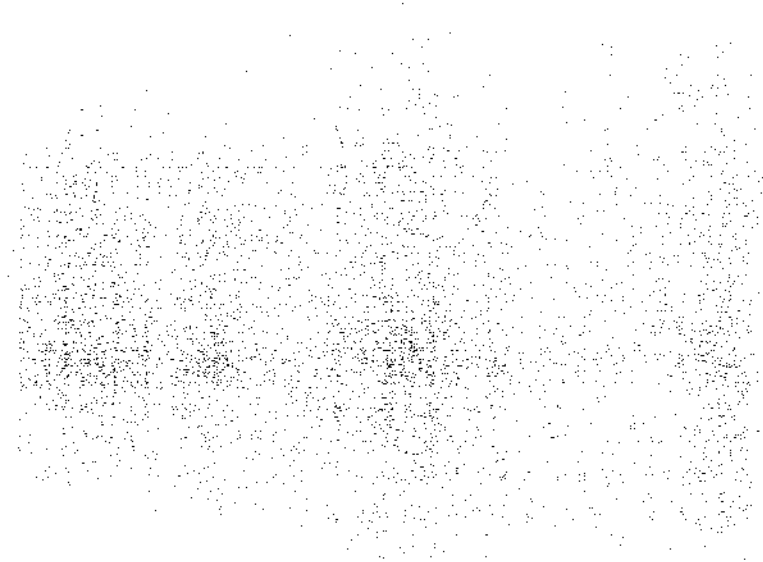
شكل (١٤) المقطع الطولي

1990



الفصل الرابع

الاستنتاجات



الاستنتاجات

١. هذا الجسر هو من الجسور الشائعة الاستخدام في العراق بسبب سهولة التصميم والتنفيذ.
٢. يعتبر هذا النوع جيد من الناحية العملية حيث يمكن تصميمه ليتحمل احمال كبيره لكون فضاءاته صغيره نسبيا.
٣. يمكن استخدام هذا النوع في المجسرات وبتصاميم معماريه يمكن ان تعطي جماليه عند التنفيذ.
٤. الروافد التي تنتج في العراق لتنفيذ مثل هذا النوع من الجسور لم يتجاوز فضاءها لحد الان ال (24 متر) وبعمر كلي مقداره 1.4 متر.
٥. عيب هذا النوع من الجسور هو ان المهندس يكون محدد بفضاء لا يتجاوز ال 35 متر (هذا اذا تم الصب موقعا حيث لا توجد في العراق روافد مسبقه الصب بهذا الطول كما ذكرنا)، لان تجاوز هذا الحد من الفضاءات في نظرنا يتطلب استهلاك كميات كبيره من الكونكريت وحديد التسليح تكون مكلفه من الناحية لاقتصاديه ، فيكون اللجوء الى انواع اخرى من الجسور مثل الجسور المعلقه و ال (cable stayed bridge) الخ من الانواع التي تنفذ بفضاءات كبيره اقل كلفه مقارنة مع هذا النوع فتكون مناسبة اكثر من الناحية الاقتصادية.