

KRUNG-DHEB 橋及び KRUNG-DHON 橋

点検 調査報告書

1970

国 広 哲 男
横 田 一 弥
新 家 徹

(派遣専門家)

海外技術協力事業団

KRUNG-DHEB 橋及び KRUNG-DHON 橋

点 検 調 査 報 告 書

1	ま え が き	1
2	設 計 条 件	7
3	床 版	12
3.1	現 況	12
3.2	ひびわれの原因	12
3.3	対 策	21
4	BASCULE 駆動装置の機械電気	29
4.1	現 況	29
4.2	提 案	30
5	あ と が き	35

JICA LIBRARY



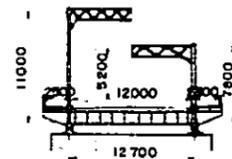
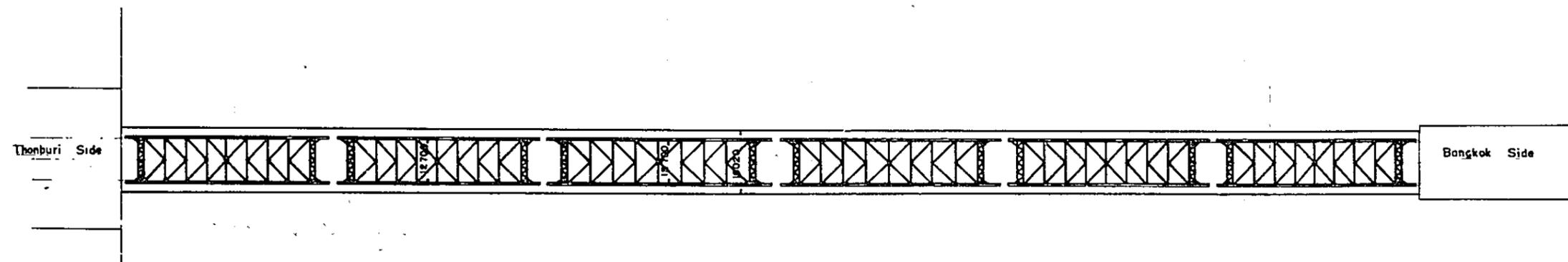
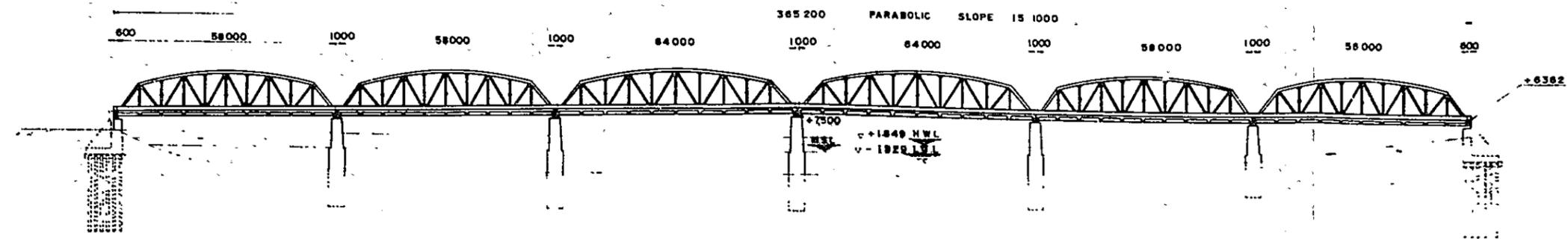
1017825[9]

国際協力事業団	
受入 月日 '84. 5. 2	122
登録No. 04201	61.5
	EX

1 まえがき

バンコック首都圏に既存する首題のクルンテブ橋及びクルントン橋は日本の富士車輛株式会社の手によって建設されそれぞれ1959年、1958年に引渡しを完了したものである。建設後10数年を経た現在タイ国公共事業局は近年の増大する交通量と自動車荷重の拡大に対してこれらの橋梁にどの程度の安全性があるかを調査し、更に将来の交通量に対しての対策をたてる必要に迫られている。

日本国海外技術協力事業団は、在タイ大使からの要請（1970年1月12日付書簡）に基づき、この問題に対して技術協力すべくコロンボ計画の一環として専門家を派遣する事にした。本報告書は1970年4月1日から4月15日の期間に行なわれた上記専門家チームによる調査報告書であってコンクリート床版に関する問題と電気機械に関する問題について述べ対策案を推奨する。



SECTION 5-1 250

Fig. - 2

GENERAL VIEW	
KRUNGSORN BRIDGE	
SCALE	1:500
FOR THAILAND	
PROJECT NO.	8A-0021
FOR THE MANUFACTURER'S USE	

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. Conditions of Design:-

Before entering into investigation and establishment of the countermeasures on the existing bridges, the then design conditions, by which these bridges were built, are given below: The design of these bridges has been made in accordance with the Specifications furnished by the Government of Thailand, but partially with the Standard Specifications for Steel Highway Bridge approved by the Ministry of Construction, Japan in 1939, thereby using the steel complying with the Japanese Industrial Standard (JIS).

2.1 For Truss Span

- (1) Length of span: All central spans shall not be less than 60 meters in clearance.
- (2) Width of roadway: 12 meters with the footpath 2.5 meters wide on each side.
- (3) Construction gauge: Height varies from 5.20 meters at center of the bridge to 4.50 meters at the side.
- (4) Live load:
 - (a) One traffic lane shall be reckoned as 3 meters wide and the number of the traffic lane on these bridges is four.
 - (b) In one traffic lane of each span, only two 16 ton standard trucks shall be considered in the design (Refer to Fig-3).

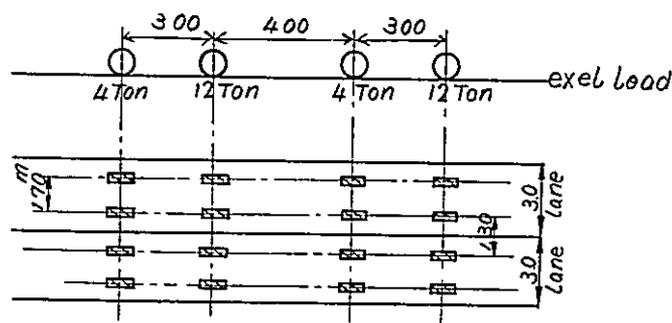


Fig-3 (These figures show axle load)

- (c) Only one heavy 29.25 tons tractor truck with semi-trailer shall be considered on each span and the space left on the roadway shall be considered as full of the equivalent.

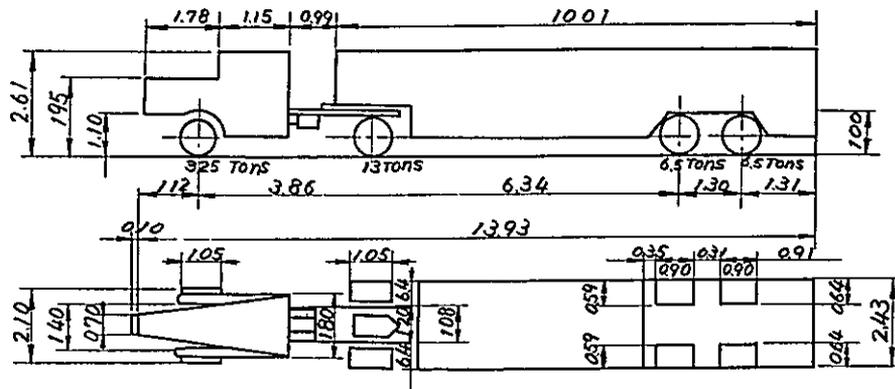


Fig-4 Uniformly distributed load of 400 kg/m²

- (d) Uniformly distributed load of 300 kg/m² on the footpaths.
- (e) Live load stresses, without said equivalent uniform load, shall be increased by an impact factor as shown hereunder:-

$$i = \frac{20}{L + 60}$$

where: i = impact factor
 L = loading length in meters

- (5) Wind load: 200 kg/m²
- (6) Temperature range: from 10°C to 65°C.
- (7) Water & Electricity mains: Provision shall be made for the future fixing of steel water mains, 50 cms diameter, under the footpath on one side of the bridge, and a trough for holding electric wires on the other.

2.2 For Bascule span

- (1) Length of span: There must be a clear width of not less than 48.00 meters at the top of the elevated leaves.
- (2) Height of Bridge: The lowest part of girder shall be at the level of +7.50 meters (M.S.L.) for the center of span.
- (3) Elevation of Bascule Bridge: The elevation of Bascule span is to be operated by an electric motor with an ordinary internal combustion engine as a stand-by. The time for operation shall not exceed 3 minutes by the electric

motor & 15 minutes by the engine. The structure considered in this design is double leaves trunnion bascule highway bridge as illustrated in Fig-1 (Dwg. No. BA-0009A).

There are two concrete piers, each pier carrying one leaf and its appurtenant machinery.

Each leaf is operated by electric motor geared to pinions which engage racks on the girder ends.

When in the lowered position and open for the land traffic, the two leaves are locked together at the center. Each leaf is supported by live load shoe and trunnion and the end of leaf connected to pier by rear lock.

The bascule bridge under the live loading is the cantilever and the affect of shear lock shall also be considered. When the bridge is raised for the river traffic, the angle of opening makes 72° against a horizontal line, the time for full opening being 100 seconds.

2.3 Allowable Stress

According to the Standard Specification for the Steel highway Bridge, the following allowable stresses are duly adopted in the design.

(a) Allowable stress of structural steel (SS41)

(1) Axial tensile stress (net section)

$$\delta = 1,300 \text{ kg/cm}^2$$

(2) Axial compressive stress (gross section)

$$0 < \frac{l}{r} \leq 110 \quad \delta = 1200 - 0.05\left(\frac{l}{r}\right)^2 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{l}{r} > 110 \quad \delta = 7,200,000\left(\frac{r}{l}\right)^2 \text{ kg/cm}^2$$

where: r = Radius of gyration (cm)

l = Length of member (cm)

Axial compressive member in the splice member (gross section)

$$\delta = 1,200 \text{ kg/cm}^2$$

(3) Bending stress

Tensile fiber of floor beam (net section)

$$\delta = 1,300 \text{ kg/cm}^2$$

Compressive fiber of floor beam (gross section)

$$\delta = 1,200 - 0.5 \left(\frac{l}{b}\right)^2 \text{ kg/cm}^2$$

Where l = Distance between fixed points of flange (cm)

b = Width of flange (cm)

When the reinforced concrete slab, etc. is directly fixed to the compressive flange of floor beam.

$$\delta = 1,200 \text{ kg/cm}^2$$

Pin $\delta = 1,900 \text{ kg/cm}^2$

(4) Shearing stress

Web of plate girder (net section);

$$\tau = 1,000 \text{ kg/cm}^2$$

Shop rivet and pin;

$$\tau = 1,000 \text{ kg/cm}^2$$

Field rivet and finishing bolt;

$$\tau = 800 \text{ kg/cm}^2$$

Anchor bolt;

$$\tau = 600 \text{ kg/cm}^2$$

(5) Bearing stress

Bearing stress of rivet hole;

Shop rivet $\delta = 2,200 \text{ kg/cm}^2$

Field rivet and finishing bolt $\delta = 1,800 \text{ kg/cm}^2$

Bearing stress of pin hole;

$$\delta = 1,600 \text{ kg/cm}^2$$

Roller;

$$\delta = 45 d \text{ kg/cm}^2$$

where d = Diameter of roller (cm)

Line bearing;

$$\delta = 80 \left(\frac{r_1 r_2}{r_1 - r_2} \right) \text{ kg/cm}$$

where r_1 = Radius of concave surface

r_2 = Radius of convex surface

(b) Allowable stress of Cast steel

Same as the structural steel.

(c) Allowable stress of cast iron

(1) Bearing stress calculated by Hertz formula.

$$\delta = 4,500 \text{ kg/cm}^2$$

(2) Bending stress

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Tensile fiber } \delta = 400 \text{ kg/cm}^2 \\ \text{Compressive fiber } \delta = 800 \text{ kg/cm}^2 \end{array} \right.$$

(3) Shearing stress

$$\tau = 300 \text{ kg/cm}^2$$

(d) Allowable stress of concrete

Compressive fiber stress due to bending

(Including when accompanied by the axial compressive stress);

$$\delta_a = \frac{\delta}{3} \quad \text{however} \quad \delta_a \leq 70 \text{ kg/cm}^2$$

(e) Allowable stress of weld

(1) Tensile stress $\delta = 1,300 \text{ kg/cm}^2$

(2) Compressive stress $\delta = 1,200 \text{ kg/cm}^2$

(3) Shearing stress $\tau = 800 \text{ kg/cm}^2$

3 床版

3.1 現況

本橋コンクリート床版には附図 Fig-5 (タイ公共事業局調べ) 及び写真 Fig-6、7、8 にみられる様なクラックが生じている。

外見観察によりみられる現況を要約すると下記の通りである。

- 1) クラックの方向は KRUNG-DHON 橋の 1 部 (バンコック側から 1/5 スパン) を除いては、全て橋軸直角方向である。
- 2) 車道床版下面に現われているクラックは殆んど巾 0.2 mm 程度以下の細かいものと思われる。
- 3) 車道上面には、横桁位置の舗装上面にのみクラックがみられる。
- 4) 歩道には上面及び下面にクラックがみられた。
- 5) 尚、KRUNG-DHEB 橋、KRUNG-DHON 橋と同構造で同時期に同業者により施工された NONDABURI 橋では交通量は少なくクラックは殆んど無い。

一般にコンクリートはその引張抵抗が小さいため収縮クラック等の小さなクラックは避け難いものであり、更に近年の自動車荷重の拡大のために床版コンクリートのひびわれは日本でも応々みられる所である。

床版については、上述したようなひびわれ以外の外見上の変状たとえば、コンクリートのはく落、鉄筋露出、コンクリート圧壊などの変状はみられなかった。

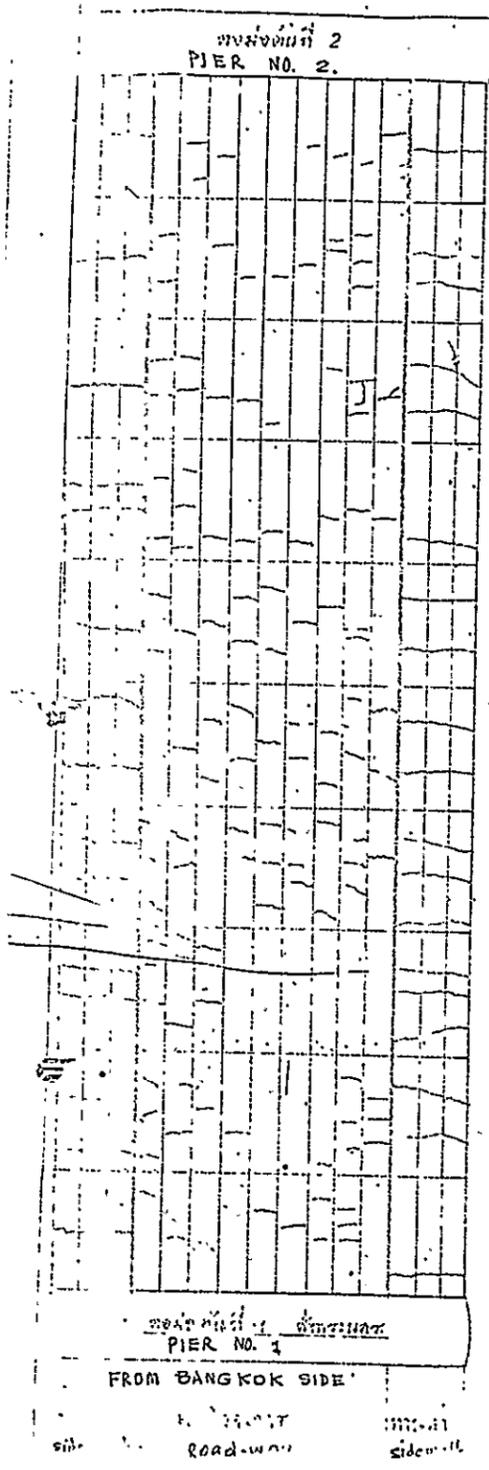
これらクラックの問題に対し次項にその原因を検討し、対策案を述べる。

尚、現橋の橋面上は舗装が磨耗し易いためか、自動車が滑って事故を起している例もみられたので床版コンクリートの強度上ではなく交通安全対策の意味で橋面舗装に対して何らかの対策をとることが必要であろう。

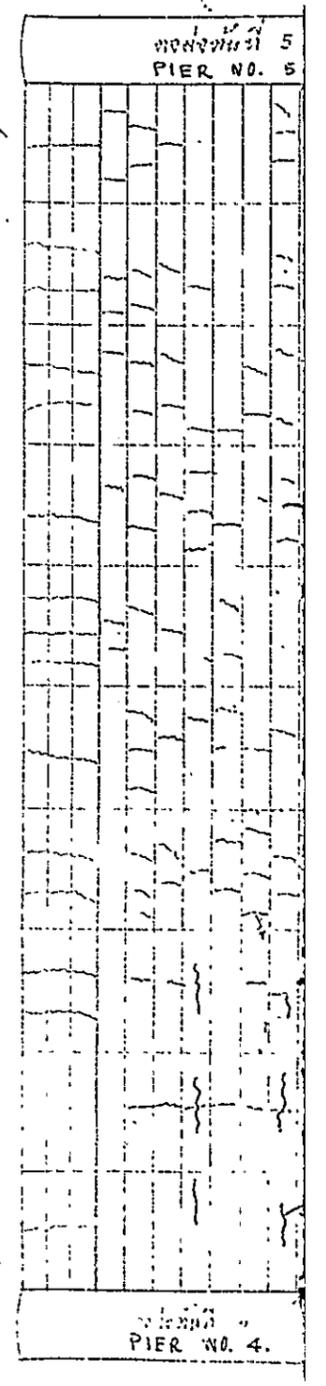
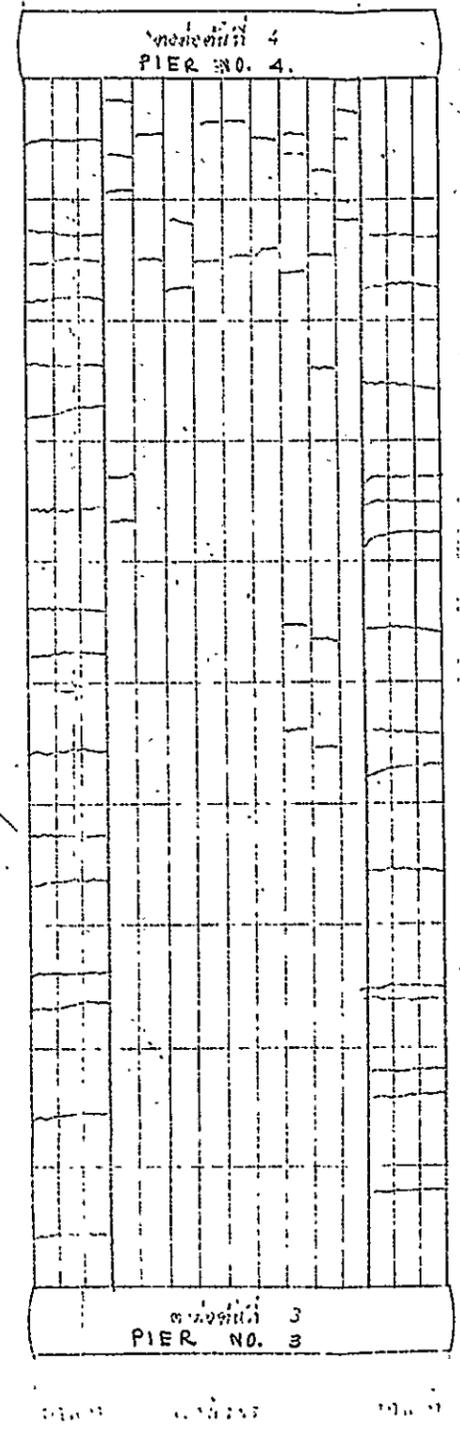
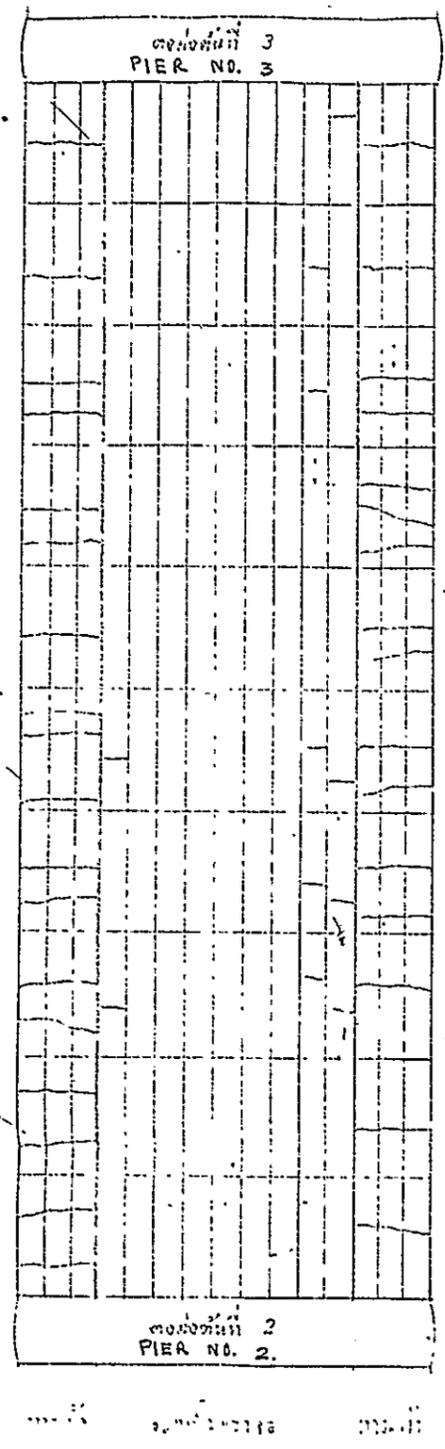
3.2 ひびわれの原因

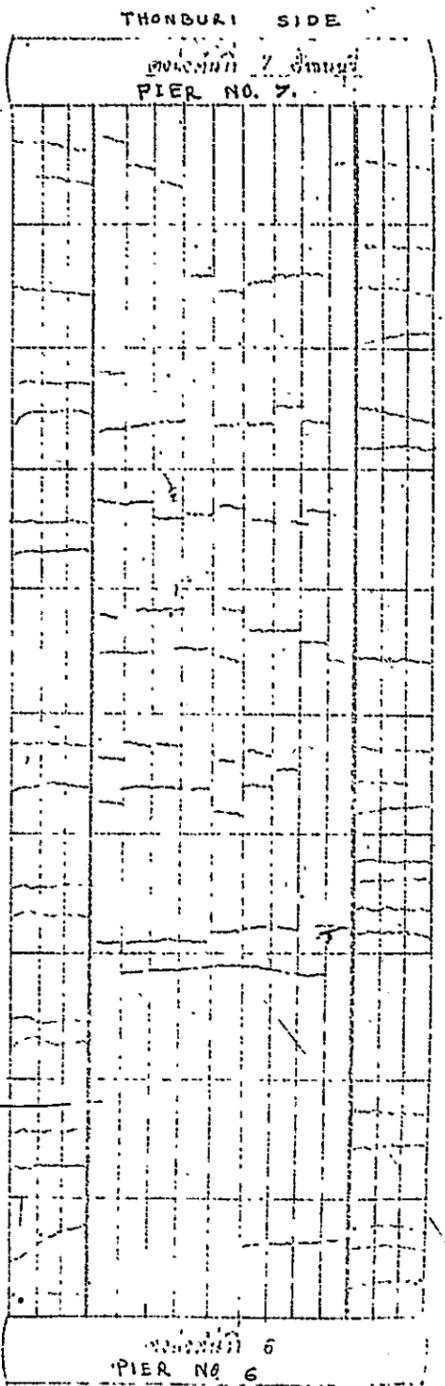
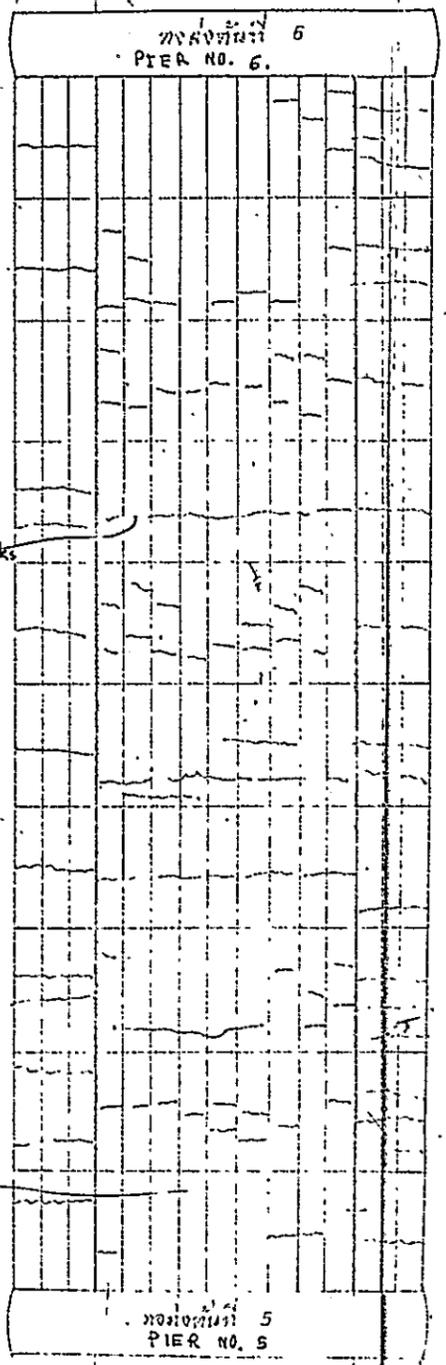
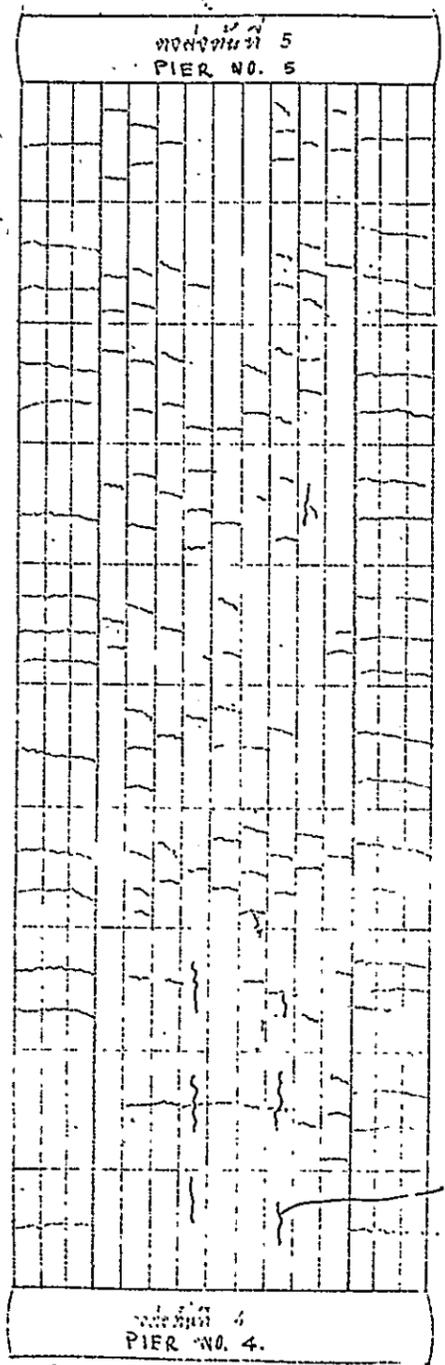
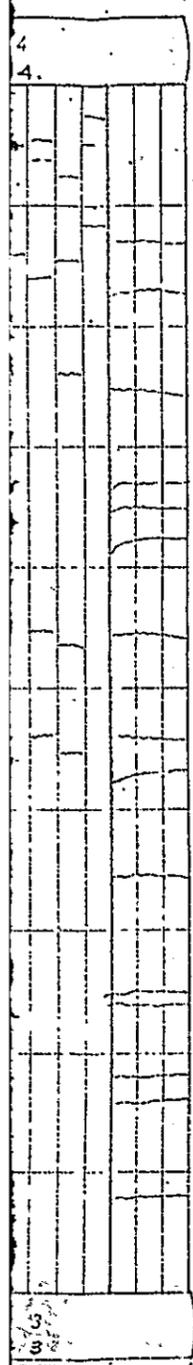
本床版クラックの原因としては勿論或る 1 つの原因に依るものではなく、下記の様な幾つかの要因の集合と考えられる。

- (1) 1 輪荷重として設計荷重以上のものが通っている事。
- (2) 自動車タイヤの品質向上によりタイヤの接地面積が小さくなって来ている事。
- (3) コンクリート構造物には収縮応力が発生しこれによる収縮クラックを完全に防ぐ事は非常に難しい事。
- (4) 床版もトラス下弦材の 1 部としての主構引張応力を受けている事。
- (5) 縦桁と床版との附着による合成作用により横桁上の床版には引張応力が働く事。



Scale, 1:200





Temperature contraction cracks

Main cracks

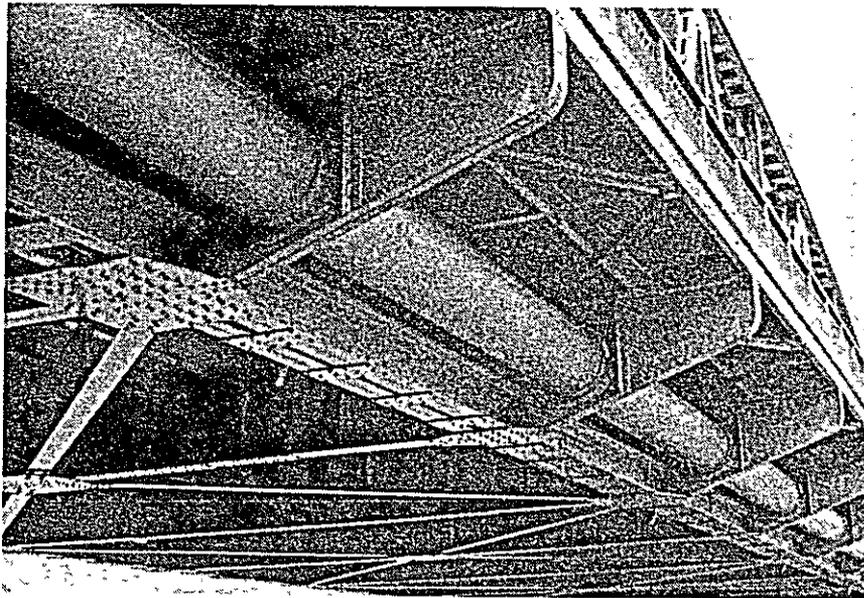


Fig-6

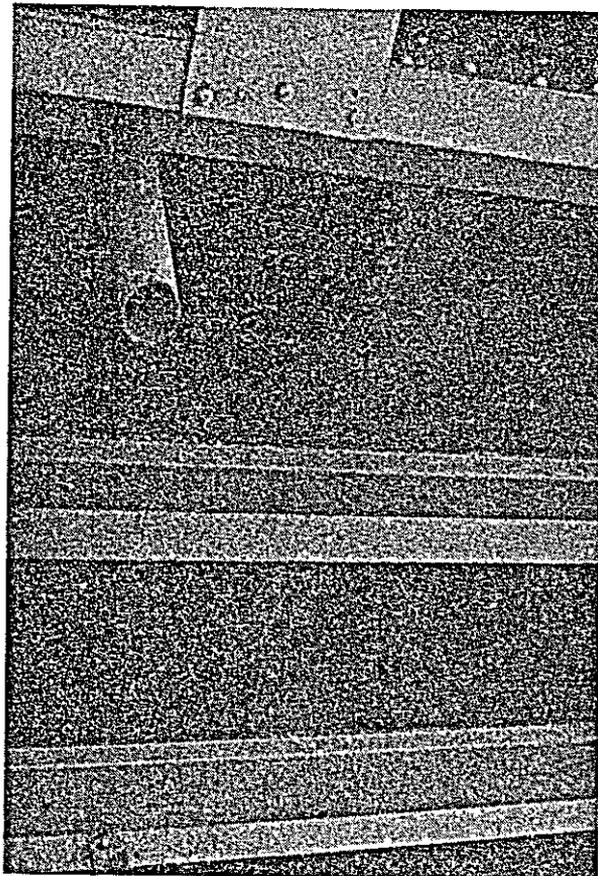
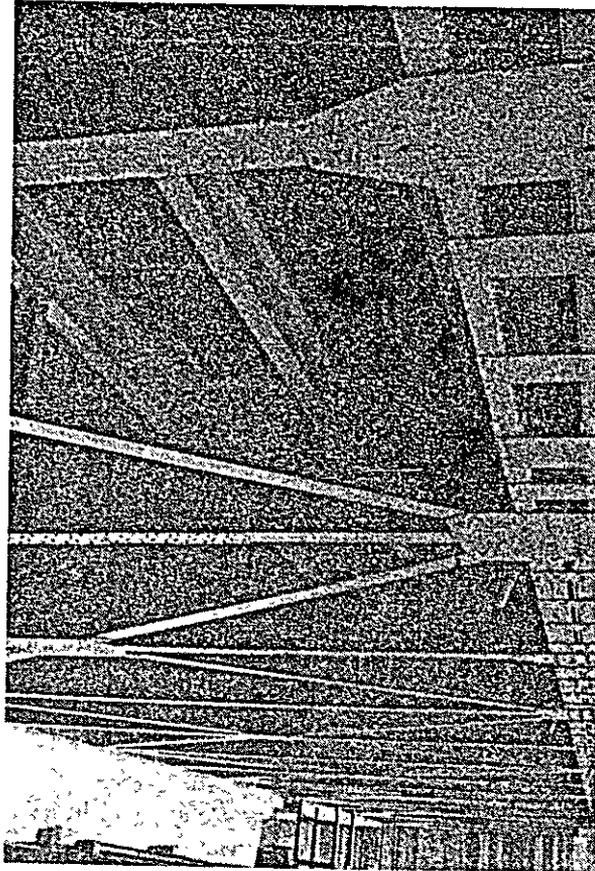


Fig-7

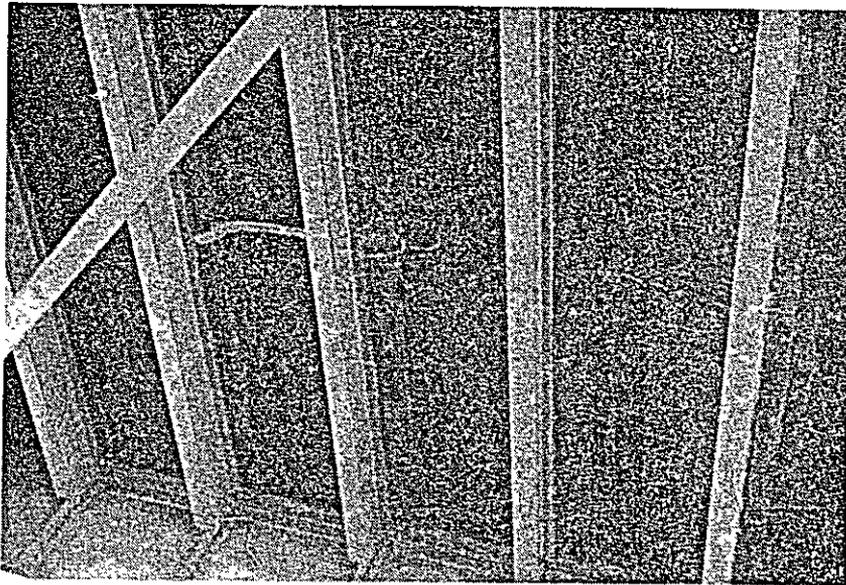
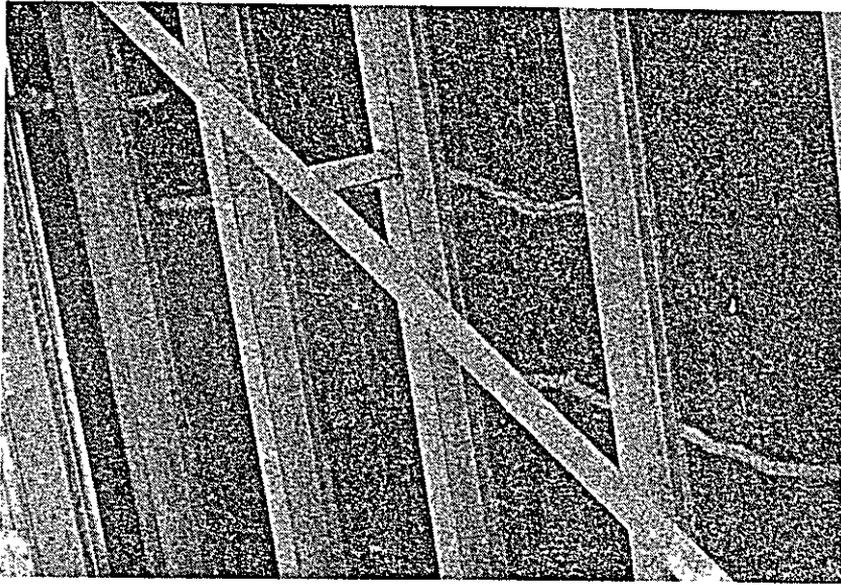


Fig-8

- (6) 一般に設計当時は考慮されなかったものであるが床版の橋軸方向応力に対して鉄筋が不足している事。

本橋設計当時の日本の鋼道路橋設計示方書によれば橋軸方向鉄筋量は橋軸直角方向鉄筋量の25%程度をいれればよいとされていたが日本における1968年制定の鉄筋コンクリート床版の設計に関する暫定基準(案)では橋軸方向の鉄筋はもっと増加するように改訂されている。

3.3 対策

これらのひびわれに対する対策案として当面の対策案と恒久的な対策案に分けて述べる。

(1) 当面の対策

- ① 舗装表面にひびわれのある箇所では、この部分から水が浸入するのを防ぐ処置をする事。
- ② 現在のクラックが今より大きくなるかどうか観察を続ける事(少なくとも2ヶ月に1回位)

当面は上記の対策をほどこし、将来クラックが亀の子状になり、遊離石灰がにじみ出た時に何らかの処置をほどこしてもおそくないと考える。

①について具体的には下図 Fig-9 又は Fig-10 の如き方法を推奨する。

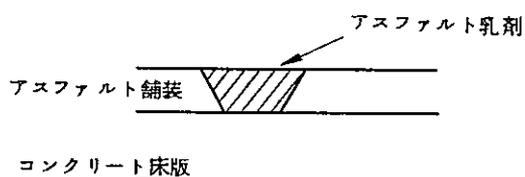


Fig-9

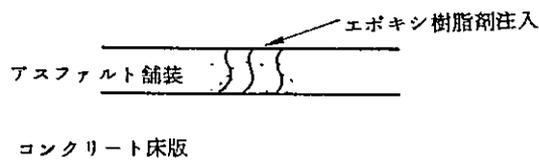


Fig-10

(2) 恒久的対策

最も工費が少なく有効な方法として次の① OVER LAY法を推奨する。然しながら場合によっては②、③、④の案も有効であろうと考えます。

① OVER LAY 法

- 1) 現在のアスファルト舗装の撤去。
- 2) コンクリート床版面を充分清掃する。
- 3) 現床版の旧コンクリートとその上に打つ新コンクリートの附着をよくする様な処置例えば現床版上面をワイヤーブラシかけして粗面にするなどの処置をとる。
- 4) 現床版上に収縮度の小さいコンクリートを6cm程度打設する。
- 5) この新しいコンクリート中には鉄筋のメッシュを入れる(径6mm程度)
- 6) 更に新コンクリートの収縮クラックを防ぐため横桁上の位置に目地を設ける
(巾10mm位)
この目地には止水目地剤を填充する。
- 7) クラック巾の大きなもの(一般の状態では0.3mm、腐蝕し易い場所では0.2mm、海水につかっている様な特に腐蝕の激しい場所では0.1mmを一応の限界と考えてよい。)にはエポキシ系樹脂を注入する。

本工法は処理が良ければ充分の効果が期待出来、最も費用が少なくすむ。然し部分的であっても交通を一時止める事が必要となる。交通の遮断期間を短かくするためにはより早く強度の出るコンクリートを使用するのがよい。[※]日本には将来の早強セメントよりより早く強度の出るセメントが開発されている。(日本では東京周辺で1,000円/㎡程度で入手できます。)

本工法は新旧コンクリートの附着強度如何によって効果が左右される。この附着効果を確認するためには模型による静的載荷及び疲労試験等も有効であろうが現地の1部分について此の工法を応用し、実交通下での実橋試験を行う事が最も望しい。

※ 例えば ASANO SUPER VELD CEMENT.

② 縦桁増設法 (Fig-11 参照)

本工法は鋼桁橋梁のコンクリート床版に亀裂を生じた場合既設の縦桁の間に、更に縦桁(ストリンガー)を増設し、床版とテーパーフランジの空隙をエポキシによって完全に密着させる工法である。

本工法によれば、床版の耐荷力を大巾に増加することができる。この工法は交通を止めずに施工を行なえるという利点があるが工費は相当高価となる。

③ 鉄板接着補強工法

本工法は亀裂の発生した床版の引張側の面に、所要耐荷力に似合う、鉄筋量に相当する鋼板をホールインアンカー及びサポートを併用して接着し、床版を補強する工

ストリンガー 増設工法略図

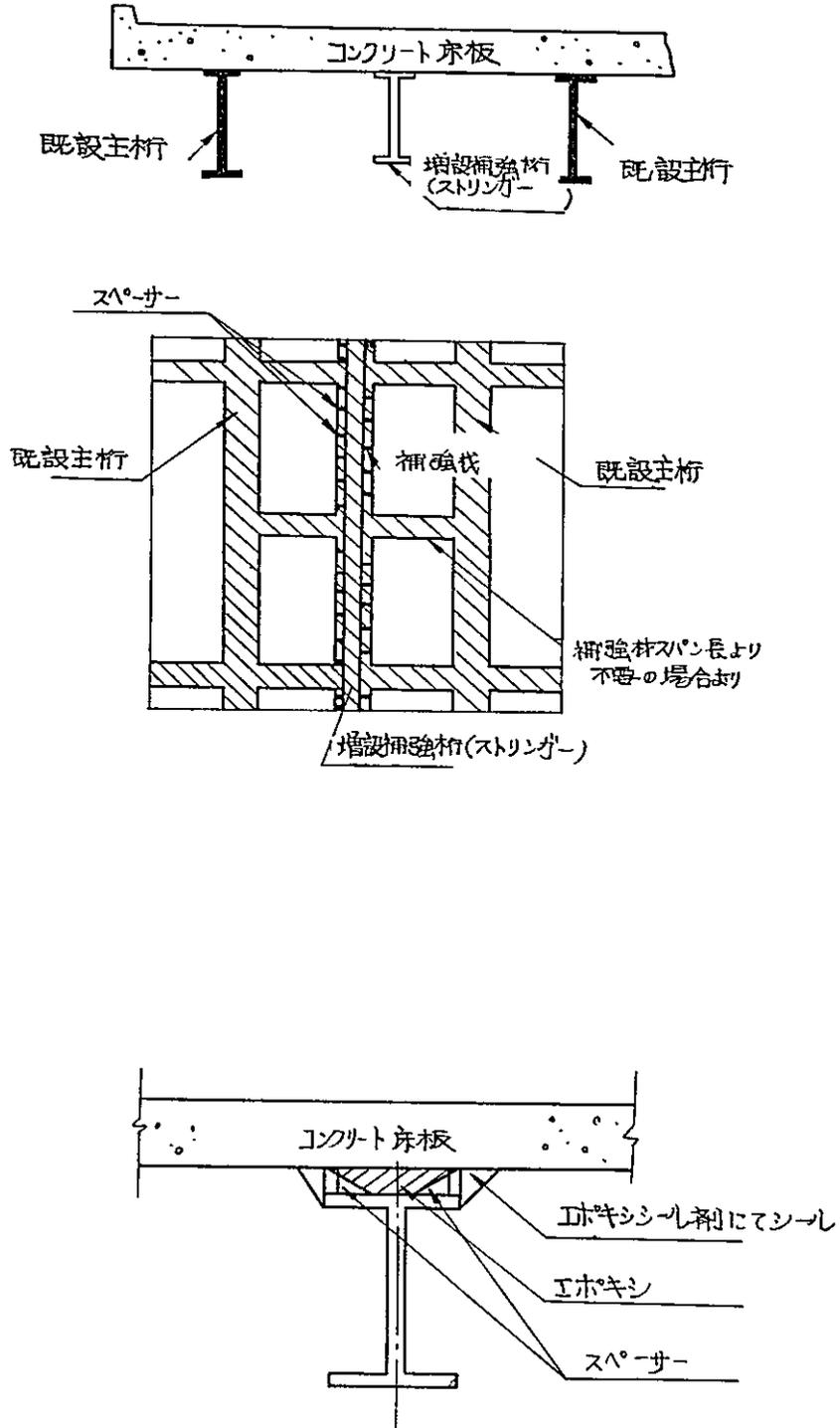


Fig-11

法です。

鋼板接着補強工法に2種類の工法があります。

イ) 注入工法 …… 床版面と鋼板の間に2～4mmの間隙を作り、エポキシ系グラウト剤を注入する工法。

ロ) 圧着工法 …… 床版と鋼板にエポキシ樹脂を塗布して圧着する工法。

この工法は交通を止めずに施工を行なえるという利点があるが工費は相当高価となる。

鋼板接着補強工法の略図

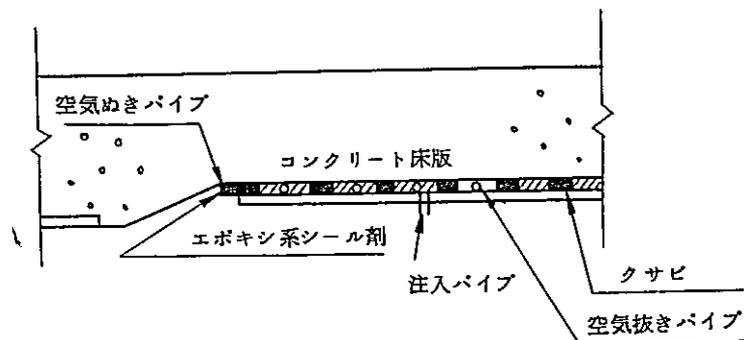


Fig-12 注入工法

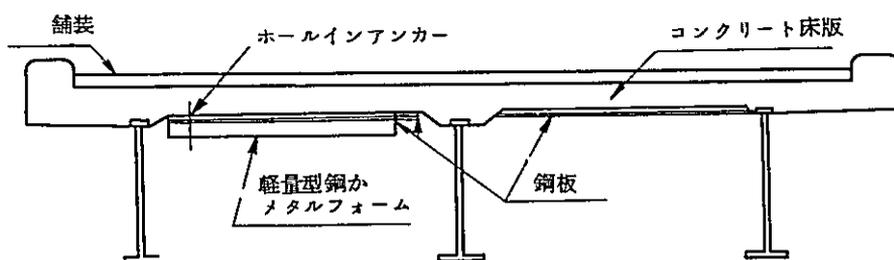


Fig-13 圧着工法

④ 床版とり換え工法

この工法は現床版を撤去して、新しい床版ととりかえる工法である。

この工法は補強効果の完全を期するうえではもっともすぐれているが相当長期にわたって交通を遮断することが必要となる。

この場合新しく施工する床版としては

1. 鉄筋コンクリート床版
2. グレーティング床版

が考えられる。

グレーティング床版は重量が軽く、主構関係に対して有利であるが工費は鉄筋コンクリート床版より高い。

(3) 補強後に対する応力の検討

(2) - ①の方法で補強した場合の橋梁の耐力について検討する。

此の計算は64mスパントラスに対して行ない、詳細計算書は、本報告書の末に付録として添付する。

計算の仮定

死荷重 : 舗装4cmを撤去した後、床版コンクリート6cmを増設する。

活荷重 : ASHO H20-S16-44 荷重を使用する。

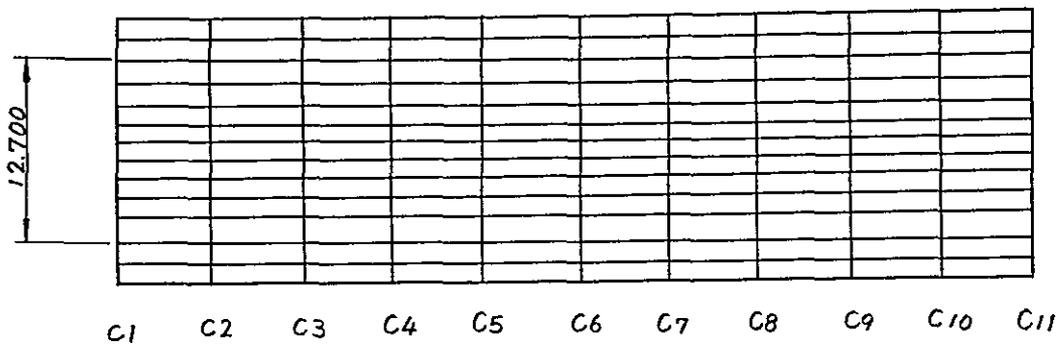
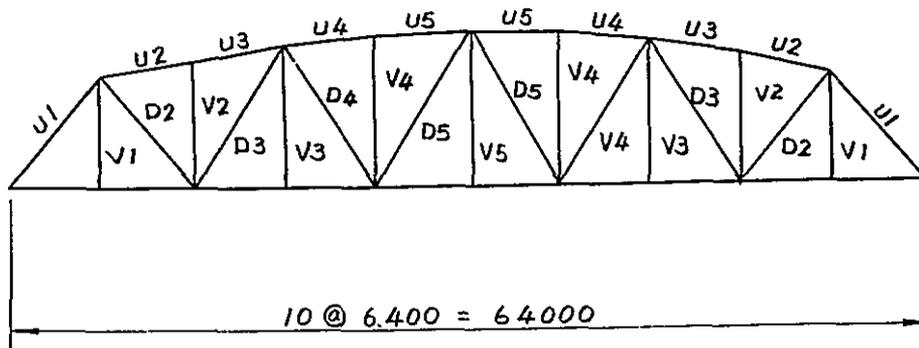
但しAASHOに規定する4車線に対するREDUCTIONの項を無視し100%として計算する。

許容応力：日本に於ける現在の許容応力規準に従う。

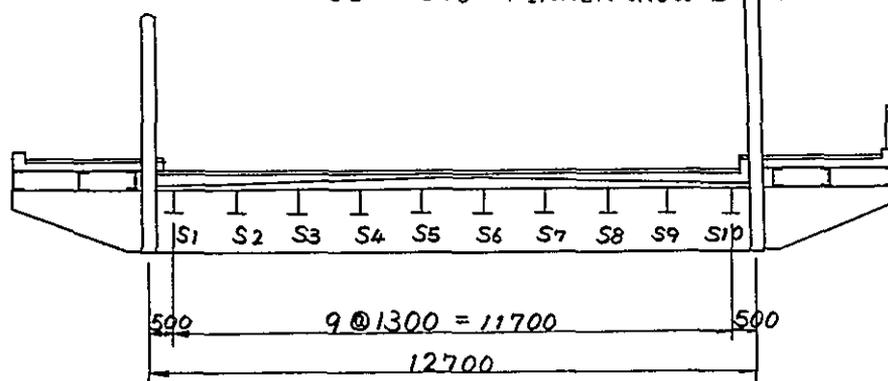
補強後の応力の計算結果は下に示すとおりである。

床 版

	コンクリート	鉄筋
橋軸直角方向応力		
支間部	$\sigma_c = 31 \text{ kg/cm}^2$	$\sigma_s = 857 \text{ kg/cm}^2$
支点部	$\sigma_c = 32 \text{ "}$	$\sigma_s = 1155 \text{ "}$
橋軸方向応力	$\sigma_c = 30 \text{ kg/cm}^2$	$\sigma_s = 2019 \text{ kg/cm}^2$



C1, C11 : END CROSS BEAM
 C2 ~ C10 : INNER CROSS BEAM



S1 S10 SIDE STRINGER
 S2 ~ S9 INNER STRINGER

Fig-14

unit : kg/cm

	死荷重応力度	活荷重応力度	最大応力度	許容応力度
INNER STRINGER	286	922	1,208	1,300
SIDE "	286	561	847	1,300
INNER CROSS BEAM				
σ_c (圧縮)	434	793	1,227	1,300
σ_t (引張)	499	912	1,411	1,400
END CROSS BEAM				
σ_c (圧縮)	306	921	1,227	1,300
σ_t (引張)	351	1,055	1,406	1,400
MAIN TRUSS				
U1	661	144	805	1,132
U2	736	266	1,002	1,240
U3	731	264	995	1,241
U4	768	277	1,045	1,232
U5	766	277	1,043	1,232
L1, L2	751	257	1,008	1,400
L3, L4	926	334	1,260	1,400
L5	922	332	1,254	1,400
D2	849	367	1,216	1,400
D3	524	282	806	959
D4	440	357	797	1,400
D5	127	277	404	923
V1, V3, V5	593	482	1,075	1,400
V2	221	74	295	1,400
V4	262	95	357	1,400

上記の計算結果より、許容応力を越えているのは床版の橋軸方向鉄筋及びCross beamの引張縁である。しかしながらCross beamについては応力超過はきわめて微少であり、まず問題はないと思われる。これに対し床版の橋軸方向鉄筋は許容応力を約40%超過している。

この橋軸方向鉄筋の応力を許容値 $1,400 \text{ kg/cm}$ 以内におさめるためには、新しく打つコンクリートの厚さを相当大きくしなければならない。このようにすると主構に生ずる死荷重応力が相当に増加し、本工法の適用が困難となる。他の工法に比べて、こ

の Over lay 工法を推奨する最大の理由は、本工法がきわめて経済的であるためである。上述したとおり橋軸方向鉄筋の応力は許容値をこえてはいるが、降伏点に対してなお 1.2 程度の安全度（本橋に用いた鉄筋は S R 2 4 級であり、鉄筋の降伏点強度は 2,4 0 0 kg/cm² 以上はあると思われる。したがって降伏に対し $\frac{2,400}{2,019} \div 1.2$ の安全度がある）が残されている。したがって安全率が幾分小さくなるという犠牲を払っても本工法の経済性を採る方が得策だと判断し、この Over lay 工法を推奨した。

4 BASCULE 駆動装置の機械電気

4.1 現況

正常なる運転を確保するために、チェックシートに従って機械の状態及び作用につき、点検調査を行ったが、その内の主要な項目につき下記する。

(1) トラニオン (TRUNNION)

① 運転時電流値

バンコック側とトンブリ側で開閉に要するモーターの電流値に殆んど大差がなく、35 HPモーター運転時に50～55 Ampであった。

此のモーターの定格電流は70 Ampであって本運転モーターより察すると25% LOAD 以下である。本値は設計値にくらべて正常である。[※]

② 軸受けの上方クリアランスは0.6～0.75 mmであり此の値は製作時そのままであり正常と認められる。

尚横方では0.3 mm位であった。

③ 其他ビビリ等特別な現象はみられなかった。

※ 本モーターの特性値

Load	0	25%	50%	75%	100%	125%
Amperes	54.7	55.6	58.0	63.0	69.0	76.7

(2) Pin 及び Shoe

① Shear Lock Pin 挿入により、スパン中央断面でのバンコック側、上流側の持ち上がる量は数ミリであった。

② Rear Lock Pin 脱ピン後、ピン及び孔をみたが、常時接触しているあとはない。

③ Live Load Shoe の接触巾はバンコック側にて次の通りであった。

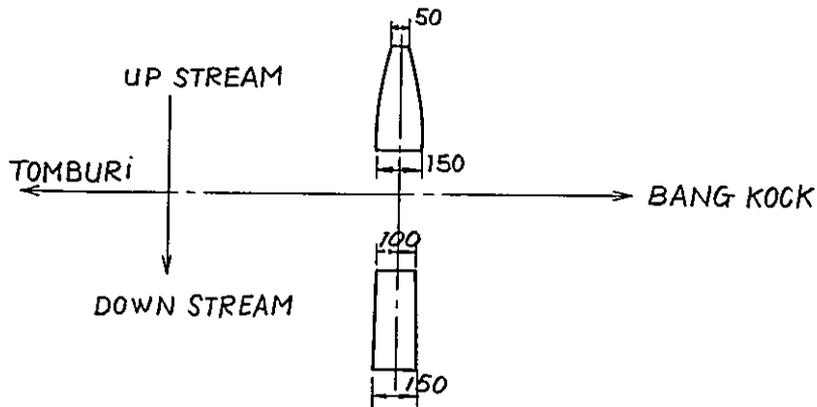


Fig-15

- ④ 下流側の Shear Lock Pin はタイ公共事業局により既に修正されており、現在は良好であると認められる。

Shear Pin 挿入のために許されるパンコック側、トンプリ側の先端の高さの差は 10～15 mm を限界としてこれを超えると修正を要する。

修正する方法としては両バスキュールリーフの高さをそろえるには LIVE LOAD SHOE の側面についているボルトを調整する事によって得られる。

又 SHEAR LOCK PIN の孔とのずれは SHEAR LOCK PIN の調節用ウェッジによって調節出来る。

(3) 其 他

① 修正取換部品

1-1 絶縁不良箇所

パネル	A X 1	上の右から 2, 3 番
	R C 3	左 端
	U V A	左側の 2 個
	R C 1	中央 1 個
	R C 2	中央 1 個
	L R C 4	前
	L F C 4	前
	B C R	

モーター 100 HP (トンプリ側) 2 次側

35 HP (パンコック側) 2 次側

1-2 其他修正取換えを要する部品は現品にて説明致しました。

4.2 提 案

- (1) 正常な運転を確保するために、機械の状態および作動について検査をする際の参考に供するよう、別紙の通り「機械の保守のための検査」案を提出します。
- (2) 消耗部品について適当な数の SPARE を保持していただく事。
- (3) 本橋は水中ケーブル方式が採用されているが、現在の技術水準からみて将来は水中ケーブルを用いない両電源式に変更する方が、種々の点で有利であると思われる。この両電源方式について行った概略設計について以下に述べる。

Change of Electric Wiring System of Krung Dheb Bridge

The electrical wiring system for operation of the bascule leaves of the subject bridge has so far been operated solely from Bangkok side by means of the submarine cables.

Taking into consideration of the poor durability of the submarine cables due to high water velocity, it is hereby recommended that by extending the power sources from both sides (Bangkok and Tomburi), the bascule leaves may be operated from each side operation room respectively.

When following this system, all the submarine cables may be eliminated, which relieves the bridge superintendents from tending the maintenance of electric wires for a long period in the future.

In this respect, we sincerely recommend this change of the electric wire system and ask your Excellency's kind consideration for its adoption in the earliest possible opportunity.

The principal changes of the electric system for operating the bascule leaves shall become as follows.

1. The bascule leaf, rear lock and illumination on the Bangkok side shall be operated from the control desk on Bangkok.
2. The bascule leaf, rear lock and illumination on the Tomburi side shall be operated from the control desk on Tomburi side.
3. The shear lock and signal on the bridge shall be operated from the control desk on either side.
4. The electric apparatus and illumination on the Bangkok side shall be powered from the power source on Bangkok side as in the past.
5. The electric apparatus and illumination on the Tomburi side shall be powered from the newly provided high tension lines on the Tomburi side.
6. The interlocking system between both sides shall be operated by the wireless control apparatus.
7. The communication between both sides shall be done by the wireless telephone.

Due to the changes of electric system as indicated above, the following apparatus shall be changed.

1) To be abolished in Bangkok side:-

Magnetic control panel for 100 HP motor	2
" " " 35 HP "	2
" " " auxiliary "	1
" " signal panel	1

Control desk	1
2) To be newly installed in Bangkok side:-	
Magnetic control panel for 100 & 35 HP motor	1
" " " auxiliary "	1
Signal control panel	1
Control desk	1
Wireless control apparatus	1 set
Wireless telephone	1
3) To be newly installed in Tomburi side:-	
Magnetic control panel for 100 & 35 HP motor	1
" " " auxiliary "	1
Signal control panel	1
Control desk	1
Receiving panel	1
Incoming panel	1
100 KVA 3 phase transformer	1
Transformer panel	1
Storage battery and rectifier	1
50 KVA diesel alternator	1
Wireless control apparatus	1
Wireless telephone	1

General outline
Applied rules:

All electric machineries and tools are as specified in the following standard rules excluding the special instructions.

JIS Japanese Industrial Standard
JEC Japanese Electric Technical Committee Rule
JEM Japanese Electric Manufacturers Association

Power source:
A.C. 3300 V, 50 hz, 3 ϕ
Power circuit:
A.C. 440 V, 50 hz, 1 ϕ
Control circuit:
A.C. 220 V, 50 hz, 1 ϕ
D.C. 110 V

Detail of electric equipment

- 1) Magnetic control panel for 100 HP & 35 HP motors 2
Steel made cubicle type indoor use
- 2) Magnetic control panel for auxiliary motor (Bangkok side).... 1
For cage motor 2 ~ 5 HP rear lock
2 ~ 5 HP shear lock
1 ~ 2 HP pump
Steel made cubicle type indoor use

- 3) Magnetic control panel for auxiliary motor (Tomburi side) 1
 For cage motor 2 ~ 5 HP rear lock
 1 - 2 HP pump
 Steel made cubicle type indoor use
- 4) Signal control panel 2
 Steel made cubicle type indoor use
- 5) Control desk 2
 incorporated in the desk
 1 - Speed meter
 1 - Volt meter 600 V
 1 - Ammeter 300 A
 1 - Ammeter 100 A
 8 - push button switch
 1 - pilot lamp
- 6) Incoming panel 1
 incorporated in the panel
 1 - Disconnecting switch
 1 - Hook bar for above
 1 - Lightning arrestor
 Steel made cubicle type indoor use
- 7) Receiving panel 1
 1 - Oil circuit breaker
 1 - Volt meter
 1 - Ammeter
 1 - Frequency meter
 1 - Indicating watt meter
 1 - Watt hour meter
 1 - Power factor meter
 1 - Overcurrent relay
 1 - O.C.B. Switch
 1 - Manual operated hand lever
 Steel made cubicle type indoor use
- 8) Transformer 1
 Type: three phase
 Frequency: 50 cycle
 Capacity: 100 KVA
 Voltage: Primary 3650/3500/3350/3200/3050 V
 Secondary 440 V
 with oil gage and thermometer
- 9) Primary panel for transformer 1
 incorporated in the panel
 1 - Oil circuit breaker
 1 - Disconnecting switch
 1 - Volt meter
 1 - Ammeter
 1 - Pilot lamp
 Steel made cubicle type indoor use

- 10) Secondary panel for transformer 1
Incorporated in the panel
2 - No fuse breaker
- 11) D.C. Source panel 1
Storage battery
110 V, 150 AH
Rectifier with voltage regulator
- 12) Wireless control apparatus
2 - Transmitter 12 channel
2 - Receiver 12 channel
2 - Antenna
100m - Coaxial cable
20m - Multicore cable
2 - Spare transmitter and receiver

Wave frequency: 40 MHZ
Wave power: According to the Japanese Law
- 13) 50 KVA diesel alternator 1
1500 r.p.m.
440 volt
50 hz

5 あとがき

床版コンクリートに発生するクラックの問題については日本に於いても頭を悩ませている問題であり、交通量や経済性を考慮して、種々の方法で補修しているのが現状である。本報告書では本橋の現況調査にもとづき、経済性を考慮して最もよいと思われる方法を推奨した。また Bascule の機械電気部分については保守のための検査要領（案）を示しておいたのも、これにもとづく定期的な点検がおこなわれることを希望する。

最後に、本調査に当ってはタイ国公共事業局長 Mr. Damrong をはじめ道路管理事務所長 Mr. Pratuang、計画課 Mr. Tongjul、Mr. Vichit の絶大なる御協力を得た事、又日本大使館玉光一等書記官によって調査に関する多大の便宜を計っていただいた事、又三野団長をはじめとする日本の第2次調査団各位の有効なアドバイスを得た事に対し、感謝致します。

付 録

1. 計 算 書
2. 機械の保守のための検査（案）
3. クルンテプ橋の電気配線装置の変更

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that this is crucial for ensuring the integrity of the financial statements and for providing a clear audit trail. The text also mentions that proper record-keeping is essential for identifying and correcting errors in a timely manner.

2. The second part of the document focuses on the role of internal controls in preventing fraud and misstatements. It highlights that a strong internal control system is necessary to ensure that all transactions are properly authorized, recorded, and reviewed. The text also discusses the importance of segregation of duties and the need for regular monitoring and evaluation of the internal control system.

I.
THE
STRESS CALCULATIONS
AFTER
THE REPAIR

(64M SPAN TRUSS)

Contents:

- §1. Loading Condition
- §2. Floor Slab
- §3. Stringer
- §4. Cross Beam
- §5. Main Truss

§1. Loading Condition:-

The stress calculations covered herein show the actual adoption of "Over Lay" method when reinforcing the concrete floor slab of Krun Dheb Bridge and Krun Dhon Bridge.

The loading conditions are classified into the following:-

Dead load; After the 4 cm pavement of the existing bridge has been removed, the 6 cm concrete floor slab shall be installed additionally.

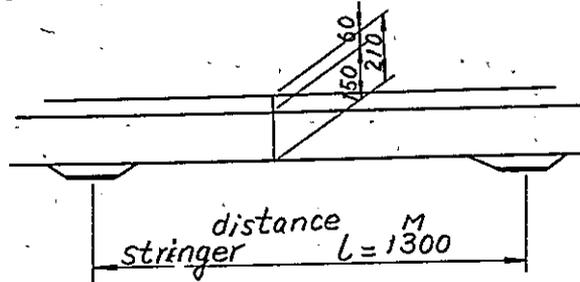
Live load; AASHO H20-S16-44 loading shall be used. However, the clause of Reduction against the 4 traffic lanes as stipulated in AASHO shall be disregarded and the live load calculated as 100%.

Allowable stress; It shall conform to the current allowable stress shown in the current specification for Steel Highway Bridge in Japan.

§2. Concrete floor slab

2.1 Direction perpendicular to bridge axis

1) Bending moment



① Dead load moment

$$w = 2.4 \times 0.21 = 0.504 \text{ t/m}^2$$

As continuous slab

$$M_b = \frac{1}{10} \times 0.504 \times 1.3^2 = 0.085 \text{ t-m/m}$$

② Live load moment

From AASHO Article 1.3.2

$$M_L = \frac{S + 2}{32} \times 16,000 = \frac{3,980 + 2}{32} \times 16,000 = 2,990 \text{ tt-lbs/tt}$$

$$= 2,990 \times 0.4536 = 1,302 \text{ t-m/m}$$

$$(S = 1.300 - \frac{1}{2} \times 175 = 1.213 = 3.980 \text{ ft})$$

Impact factor

$$i = \frac{50}{L + 125} = \frac{50}{3.98 + 125} = 0.4 > 0.3$$

As simple slab

$$M_{L+i} = 1.3 \times 1.302 = 1.693 \text{ t-m}$$

Hence, in continuous slab

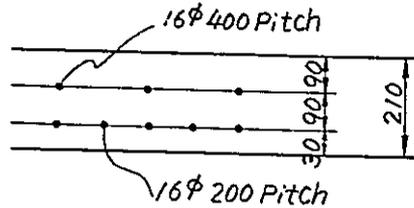
$$M_{L+i} = 0.8 \times 1.693 = 1.354 \text{ t-m}$$

③ Total bending moment

$$M_D + L + i = 0.085 + 1.354 = 1.439 \text{ t-m/m}$$

2) Section and stress

1 At center of span



Reinforcing bar at tension side $AS = 10.05$
 Reinforcing bar at compression side $AS' = 5.02$
 $A = 15.07$

$$x = -n \frac{AS + AS'}{b} + \sqrt{\left\{ \frac{n(AS + AS')}{b} \right\}^2 + \frac{2n}{b} (dAS + d'AS')}$$

$$= -15 \times \frac{15.07}{100} + \sqrt{\left(\frac{15 \times 15.07}{100} \right)^2 + \frac{2 \times 15}{100} (18.0 \times 10.05 + 9.0 \times 5.02)}$$

$$= -2.261 + 8.540 = 6.279 \text{ cm}$$

$$W_c = \frac{bx}{2} \left(d - \frac{x}{3} \right) + nAS' \frac{x - d'}{x} (d - d')$$

$$= \frac{100 \times 6.279}{2} \left(18.0 - \frac{6.279}{3} \right) + 15 \times 5.02 \times \frac{6.279 - 9.0}{6.279} (18.0 - 9.0)$$

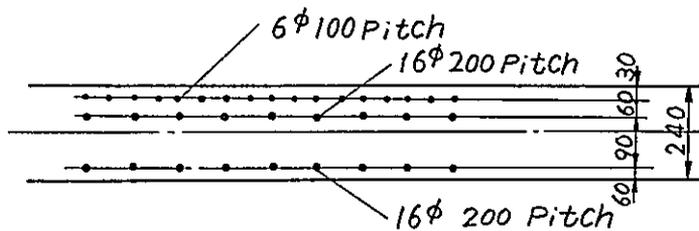
$$= 4,994 + 294 = 4,700 \text{ cm}^3$$

$$W_s = W_c \times \frac{x}{n(d - x)} = 4,700 \times \frac{6.279}{15 \times (18.0 - 6.279)} = 167.9 \text{ cm}^3$$

$$\delta_c = \frac{1.439 \times 10^5}{4,700} = 31 \text{ kg/cm}^2 < 60 \text{ kg/cm}^2$$

$$\delta_s = \frac{1.439 \times 10^5}{167.9} = 857 \text{ kg/cm}^2 < 1,400 \text{ kg/cm}^2$$

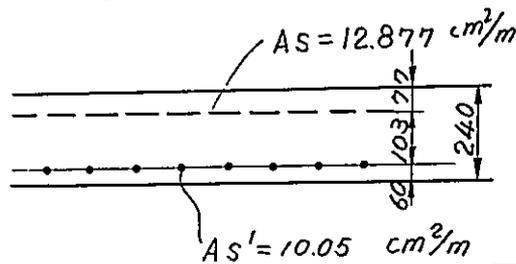
2 At support



Reinforcing bar at tension side $AS = 10.05 \text{ cm}^2$
 $n = \frac{2.827 \text{ cm}^2}{12.877 \text{ cm}^2}$

Reinforcing bar at compression side $AS' = 10.05 \text{ cm}^2$
 $\Sigma AS = 22.927 \text{ cm}^2$

Tension side reinforcing bars considered as one solid piece.



$$x = -n \frac{AS + AS'}{b} + \sqrt{\left\{ \frac{n(AS + AS')}{b} \right\}^2 + \frac{2n}{b} (dAS + d'AS')}$$

$$= -15 \times \frac{22.927}{100} + \sqrt{\left(\frac{15 \times 22.927}{100} \right)^2 + \frac{2 \times 15}{100} (16.3 \times 12.877 + 6 \times 10.5)}$$

$$= -3.439 + 9.638 = 6.199 \text{ cm}$$

$$W_c = \frac{b \cdot x}{2} \left(d - \frac{x}{3} \right) + nAS' \frac{x - d'}{x} (d - d')$$

$$= \frac{100 \times 6.199}{2} \left(16.3 - \frac{6.199}{3} \right) + 15 \times 10.05 \times \frac{6.199 - 6.0}{6.199} (16.3 - 6.0)$$

$$= 4,412 + 50 = 4,462 \text{ cm}^3/\text{m}$$

$$W_s = W_c \times \frac{x}{n(21.0 - x)} = 4,462 \times \frac{6.199}{15(21.0 - 6.199)} = 124.6 \text{ cm}^3/\text{m}$$

$$\delta_c = \frac{1,439 \times 10^5}{4,462} = 32 \text{ kg/cm}^2 < 60 \text{ kg/cm}^2$$

$$\delta_s = \frac{1,439 \times 10^5}{124.6} = 1155 \text{ kg/cm}^2 < 1,400 \text{ kg/cm}^2$$

2.2 The direction parallel to bridge axis:

a) Formula

$$M_Y = K \frac{2PL^2}{\pi^2} \sum_{m=1}^{\infty} \frac{1}{m^2} \sin \frac{m\pi \xi}{L} \cdot \sin \frac{m\pi u}{L} \cdot \sin \frac{m\pi x}{L} \left[\frac{2V}{m\pi} - \left\{ \frac{2V}{m\pi} - \right. \right.$$

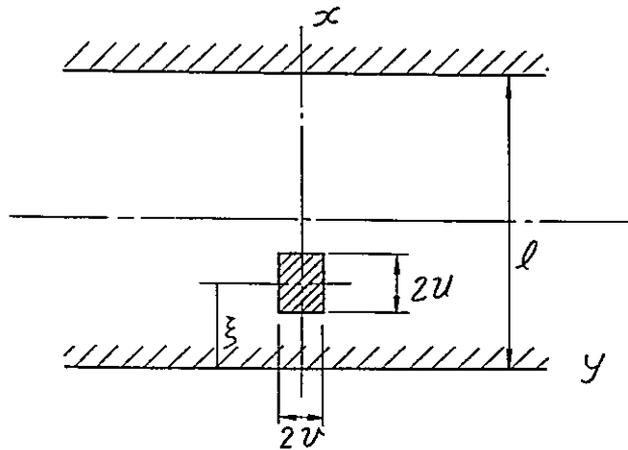
$$\left(1 - \mathcal{L} \frac{S}{l}\right) \left[1 - \frac{m\pi v}{l}\right]$$

Where:

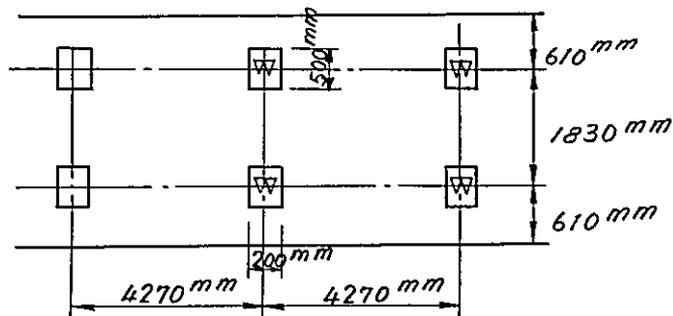
P: Partial load $l = \text{span}$

$\mathcal{L} = \text{poisson's ratio } \frac{1}{6}$

K: The compensating factor 0.8 required for exact understanding of continuous slab from theoretical understanding of simple slab.



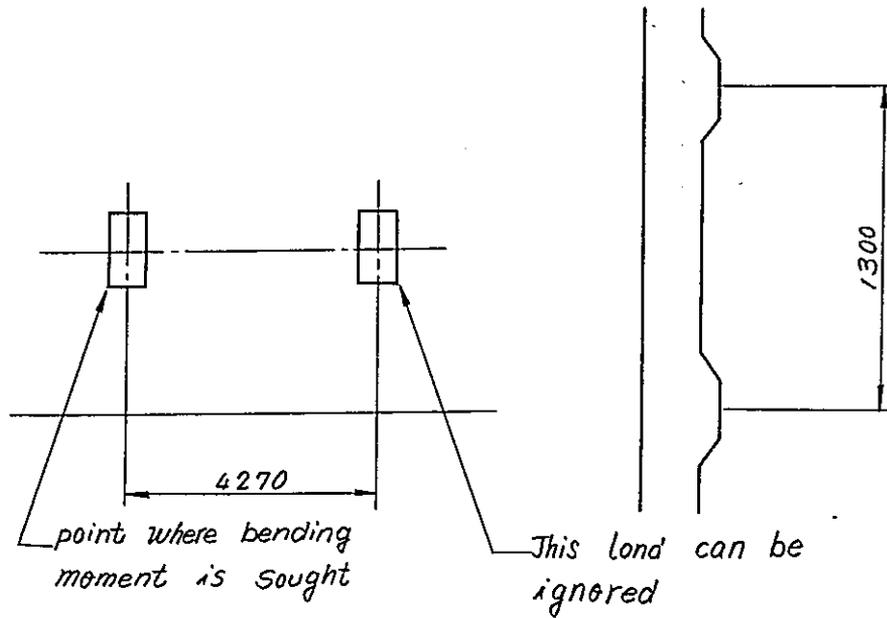
b) H20-S16-44 loading



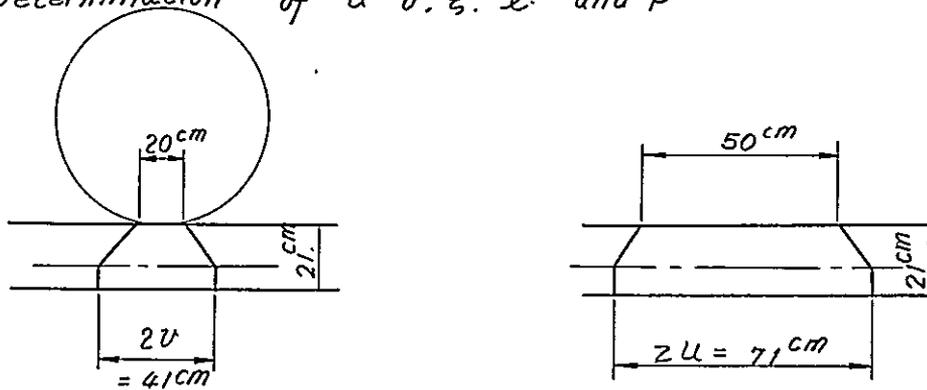
$$W = 16,000 \text{ lbs.} = 7,260 \text{ kg}$$

c) Loading position on the floor slab:

To be loaded only where bending moment is sought.



d) Determination of u , v , ξ , l and P



$$\xi = \frac{l}{2} \quad l = 130 \text{ cm}$$

$$i = \frac{50}{l + 125} = 0.3$$

$$P = 1.3 \times W = 1.3 \times 7260 = 9438 \text{ kg}$$

$$P = \frac{9438}{0.41 \times 0.71} = 3242 \text{ +/m}^2$$

e) Calculation of M_Y :

$$K \cdot \frac{2Pl^2}{\pi^2} = \frac{0.8 \times 2 \times 32.42 \times 1.3^2}{3.14159^2} = 8.882$$

$$\frac{m \pi \xi}{l} = \frac{\pi}{2} m, \quad \frac{m \pi u}{l} = \frac{0.355}{1.3} m \pi = 0.857896 m$$

$$\frac{m \pi x}{l} = \frac{\pi}{2} m, \quad \frac{2 \nu}{m \pi} = \frac{2 \times 0.167}{m \pi} = \frac{0.106316}{m}$$

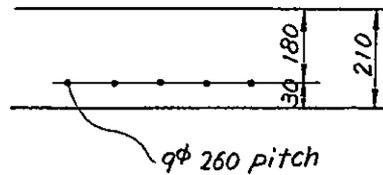
$$(1 - \nu) \frac{\nu}{l} = (1 - 0.167) \frac{0.205}{1.3} = 0.13136$$

$$\frac{m \pi \nu}{l} = \frac{\pi \times 0.205 m}{1.3} = 0.495405 m$$

$$M_Y = 8.882 \sum_{m=1,3,5}^{\infty} \frac{1}{m^2} \sin 0.857896 m \left[\frac{0.106316}{m} - \left(\frac{0.106316}{m} - 0.13136 \right) e^{-0.495405 m} \right]$$

$$= 8.882 \times 0.094165 = 0.836 \text{ m/m}$$

5) Direction parallel to bridge axis direction



$$AS = 2.45 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$n_1 = \frac{AS}{bh} = \frac{2.45}{100 \times 18} = 0.00136$$

$$K = -nn_1 + \sqrt{(nn_1)^2 + 2nn_1}$$

$$= -0.0204 + 0.2030 = 0.1826$$

$$j = 1 - \frac{K}{3} = 0.9391$$

$$W_c = \frac{1}{2} k \cdot j \cdot b \cdot h^2 = 0.5 \times 0.1826 \times 0.9391 \times 100 \times 18^2 = 2,778$$

$$W_s = n \cdot j \cdot b \cdot h^2 = A_s j h = 2.45 \times 0.9391 \times 18.0 = 41.41$$

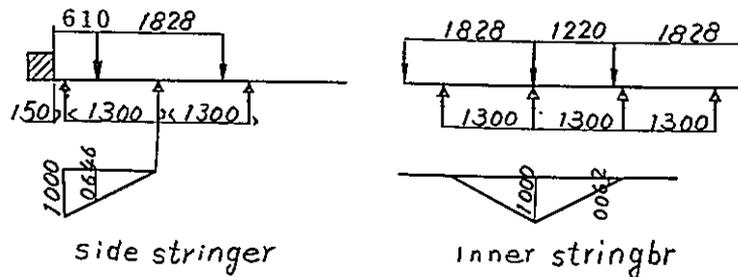
$$\delta_c = \frac{0.836 \times 10^5}{2778} = 30 \text{ kg/cm}^2 < 60 \text{ kg/cm}^2$$

$$\delta_s = \frac{0.836 \times 10^5}{41.41} = 2019 \text{ kg/cm}^2 < 2400 \text{ kg/cm}^2 \text{ yield point}$$

§3. Stringer

Impact factor $i = \frac{50}{L + 125} = \frac{50}{6.4 \times 3.281 + 125} = 0.342 \text{ --- } 0.300$

3.1 Stringer at roadway section



Side stringer

Front wheel $1.815 \times 0.646 \times 1.30 = 1.524 \text{ t}$
 Rear wheel & trailing wheel $7.260 \times 0.646 \times 1.30 = 6.097 \text{ t}$

Inner stringer

Front wheel $1.815 \times (1.000 + 0.062) \times 1.30 = 2.506 \text{ t}$
 Rear wheel & trailing wheel $7.260 \times (1.000 + 0.062) \times 1.30 + 10.023 \text{ t}$

Maximum bending moment

Bending moment due to dead load

Increase of dead load due to increase of pavement thickness

$$W = 2.4 \times 0.06 - 2.2 \times 0.04 = 0.056 \text{ t/m}^2$$

Hence, bending moment due to dead load may be calculated based on the design calculations as:-

INNER $M_d = 4.640 \times \left(1 + \frac{0.056}{0.663 + 0.0917}\right)$
 $= 4.640 \times 1.0742 = 4.984 \text{ t-m}$

Side "

Bending moment due to live load

$$\text{INNER } M_{l+i} = \frac{1}{4} \times 10.023 \times 6.4 = 16.037 \text{ t-m}$$

$$\text{SIDE } M_{l+i} = \frac{1}{4} \times 6.097 \times 6.4 = 9.755 \text{ t-m}$$

Section

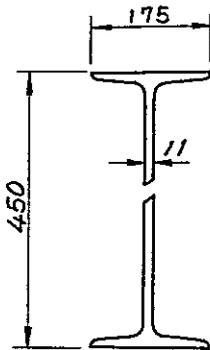
1 - I 450 x 175 x 11

$$Z_x = 1740 \text{ cm}^3$$

Dead load

$$\text{Inner } \delta = \frac{4,984}{1,740} = 286 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Side } \delta = \frac{4,984}{1,740} = \text{ " " }$$



Live load

$$\text{Inner } \delta = \frac{1603700}{1740} = 922 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Side } \delta = \frac{975500}{1740} = 561 \text{ kg/cm}^2$$

Dead load + live load

$$\text{Inner } 286 + 922 = 1208 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Side } 286 + 561 = 847 \text{ kg/cm}^2$$

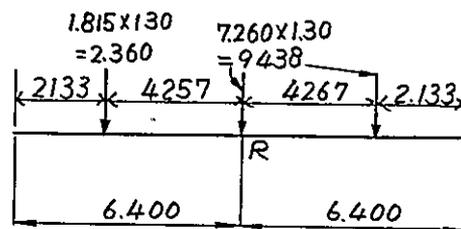
Shear

a) Due to dead load

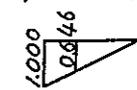
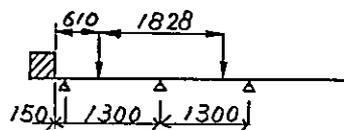
inner $S_d = 2.9 \times 1.0742 = 3.115^t$

Side $S_d = \quad "$

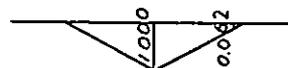
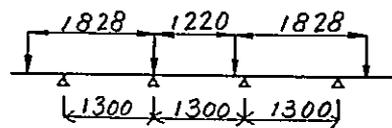
b) Live load



$$R_{l+i} = 9,438 + (2,360 + 9,438) \times \frac{2133}{6400} = 13,370$$



side stringer



inner stringer

Side stringer

$$13.370 \times 0.646 = 8.637^t$$

Inner stringer

$$13.370 \times (1.000 + 0.062) = 14.199^t$$

Section 1 - I 450 x 175 x 11

$$\text{Web Area } 45 \times 1.1 = 49.5 \text{ cm}^2$$

Shearing stress

Inner

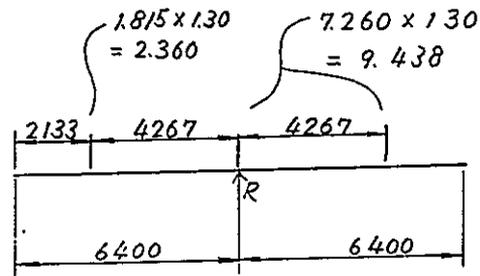
$$\tau = \frac{3,115 + 14,199}{49.5} = 350 \text{ kg/cm}^2$$

Side

$$\tau = \frac{3,115 + 8,637}{49.5} = 237 \text{ kg/cm}^2$$

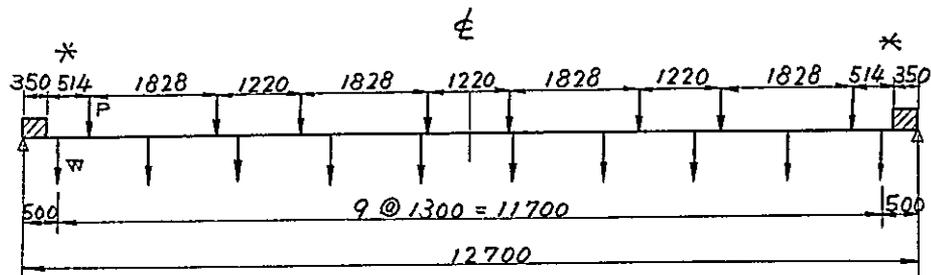
§4. Crossbeam

4.1 Intermediate crossbeam



$$R_d = 5.8 \times 1.0742 = 6.230$$

$$R_{1+i} = 9.438 + (2.360 + 9.438) \times \frac{2133}{6400} = 13.370 \text{ t}$$



For * marked dimensions, they are 2' according to AASHO.

$$P = 13.370$$

$$W = 3.115 \times 2 = 6.230$$

Bending moment at central point

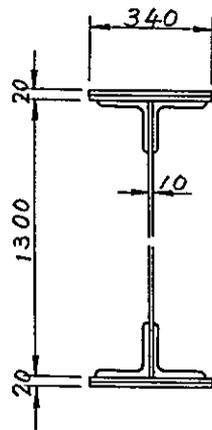
Dead load

$$M_d = 6.230 (5 \times 6.350 - 5,850 - 4.550 - 3.250 - 1.950 - 0.650) = 96.6 \text{ t-m}$$

Live load

$$M_{1+i} = 13.370 (4 \times 6.350 - 5.486 - 3.658 - 2.438 - 0.610) = 176.6 \text{ t-m}$$

$$\Sigma M = 273.2 \text{ t-m}$$



4 - H_S 340 x 10
 4 - H_S 150 x 150 x 15
 1 - H 1300 x 10

$$I_x = 1491300 \text{ cm}^4$$

Dead load

$$\delta_c = \frac{9660000 \times 67}{1491300} = 434 \text{ kg/cm}^2$$

$$\delta_t = 434 \times \frac{436.8}{379.8} = 499 \text{ "}$$

Live load

$$\delta_c = \frac{17659100 \times 67}{1491300} = 793 \text{ kg/cm}^2$$

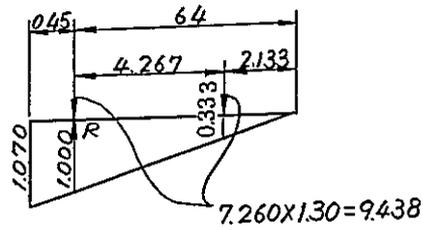
$$\delta_t = 793 \times \frac{436.8}{379.8} = 912 \text{ "}$$

Dead load + live load

$$\delta_c = 434 + 793 = 1227$$

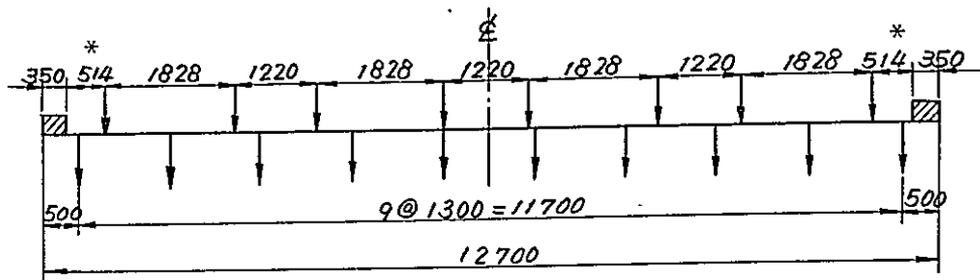
$$\delta_t = 499 + 912 = 1411$$

4.2 End cross beam



$$R_d = 3.31^t \times 1.0742 = 3.555$$

$$R_{l+i} = 9.438 + 9.438 \times 0.333 = 12.581$$



For * marked dimensions, they are 2' according to AASHO.

$$P = 3.555$$

$$W = 12.581$$

Bending moment at central point

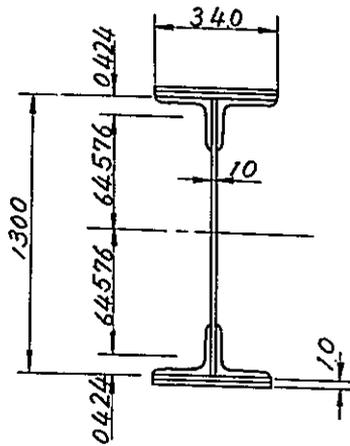
Dead load

$$\begin{aligned} M_d &= 3.555 \times (5 \times 6.350 - 5.850 - 4.550 - 3.250 - 1.950 - 0.650) \\ &= 55.107 \text{ t}\cdot\text{m} \end{aligned}$$

Live load

$$\begin{aligned} M_{l+i} &= 12.581 \times (4 \times 6.350 - 5.486 - 3.658 - 2.438 - 0.610) \\ &= 166.170 \end{aligned}$$

$$\Sigma M = 221.277$$



- 2 - P_L 340 x 10
- 4 - L_S 150 x 150 x 15
- 1 - P_L 1300 x 10

$$I_x = 1,190,608 \text{ cm}^4$$

Dead load

$$\delta_c = \frac{55.107 \times 66}{1190608} = 306 \text{ kg/cm}^2$$

$$\delta_t = 306 \times \frac{368.8}{321.8} = 351 \text{ "}$$

Live load

$$\delta_c = \frac{16617000 \times 66}{1190608} = 921 \text{ kg/cm}^2$$

$$\delta_e = 921 \times \frac{368.8}{321.8} = 1055 \text{ "}$$

Dead load + live load

$$\delta_c = 306 + 921 = 1227 \text{ kg/cm}^2$$

$$\delta_t = 351 + 1055 = 1406 \text{ "}$$

§5. Main truss

5.1 Load

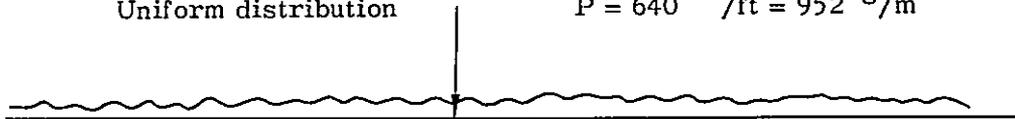
The following is the calculations made against H20-S16-44 load as stipulated in AASHO. The one exception, however, is that, to cope with the load increase in the future, the Clause of Reduction of load against the four traffic lanes stipulated in AASHO shall be disregarded and the load calculated as 100% in conformity with the intention of the Public and Municipal Works Department of Thailand.

Roadway: 4 traffic lanes

Reducing ratio: none

Load per traffic lane

Concentrated load:	for M*	$P = 18000 \text{ lbs} = 8.165^t$
	for S*	$P = 26000 \text{ lbs} = 11.794^t$
Uniform distribution		$P = 640 \text{ lbs/ft} = 952 \text{ kg/m}$



Hence, in 4 traffic lanes

Concentrated load:	for M,	$P = 8.165 \times 4 = 32.660^t$
	for S,	$P = 11.794 \times 4 = 47.176^t$
Uniform load:		$P = 952 \times 4 = 3.808 \text{ t/m}$
Impact factor:		

$$i = \frac{50}{64 \times 3.281 + 125} = \frac{50}{339.984} = 0.149$$

Hence, load per one main truss

Concentrated load:	for M_1 ,	$P_{L+i} = 1.149 \times 32.660 \times 1/2 = 18.763$
	for S_1 ,	$P_{L+i} = 1.149 \times 47.176 \times 1/2 = 27.103$
Uniform distribution		$P = 1.149 \times 3.808 \times 1/2 = 2.188 \text{ t/m}$

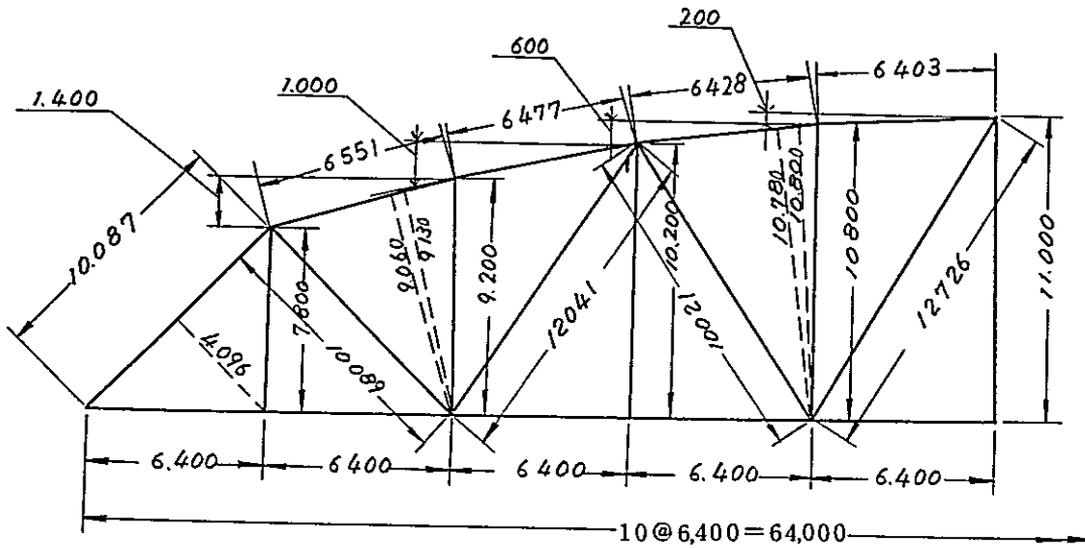
$$\begin{aligned}
 \text{Footpath } P_F &= \left(30 + \frac{3000}{L} \right) \left(\frac{55 - w}{50} \right) \\
 &= \left(30 + \frac{30}{64 \times 3.281} \right) \left(\frac{55 - 2.5 \times 3.281}{50} \right) \\
 &= 30.143 \times 0.9360 \\
 &= 28.214 \text{ lbs/ft}^2 = 28.214 \times 4.8825 = 138 \text{ kg/cm}^2
 \end{aligned}$$

*M: Bending Moment S: Shear

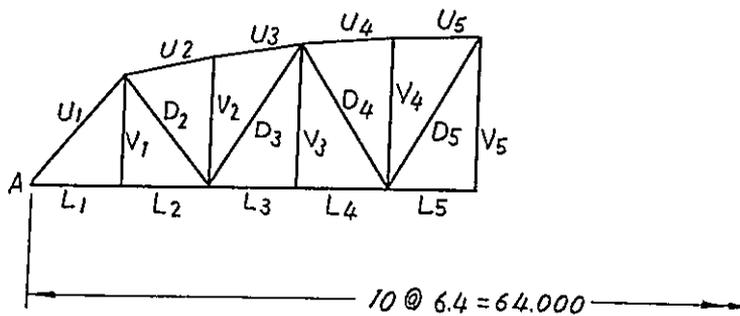
$P_F = 138 \times 2.5 = 345 \text{ kg/m}$
 Concentrated load: for M $P_{L+i} = 18^t.763$
 for S $P_{L+i} = 27^t.103$
 Uniform load $P_{L+i+F} = 2.188 + 0.345 = 2.533 \text{ t/m}$

Dimension and Notation for Main truss

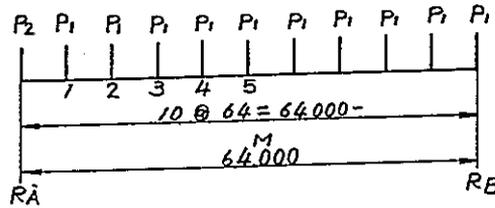
Dimension ;



Notation ;



5.2 Stresses of upper and lower chord members:-



1) Bending moment due to dead load

1-1) From the design calculations,

- P_t 1 : M = 1594.7 tm
- P_t 2 : M = 2674.9 "
- P_t 3 : M = 3510.7 "
- P_t 4 : M = 4012.1 "
- P_t 5 : M = 4179.2 "

Dead load bending moment due to an increase of floor slab thickness,

$$w = 2.4 \times 0.06 - 2.2 \times 0.04 = 0.056 \text{ t/m}^2$$

$$w' = 0.056 \times \frac{17}{2} = 0.476 \text{ t/m}$$

$$M_c = \frac{1}{8} \times 0.476 \times 64^2 = 243.7 \text{ t-m}$$

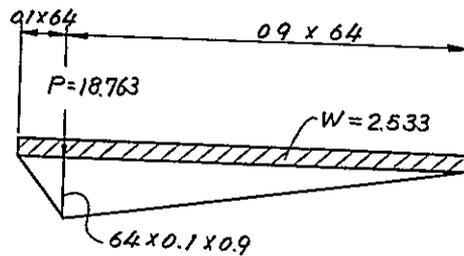
- P_t 1 M = 87.7
- P_t 2 M = 156.0
- P_t 3 M = 204.7
- P_t 4 M = 234.0
- P_t 5 M = 243.7

Hence, total dead load moment will be,

- P_t 1 Mb = 1682.4
- P_t 2 " = 2830.9
- P_t 3 " = 3715.4
- P_t 4 " = 4246.1
- P_t 5 " = 4422.9

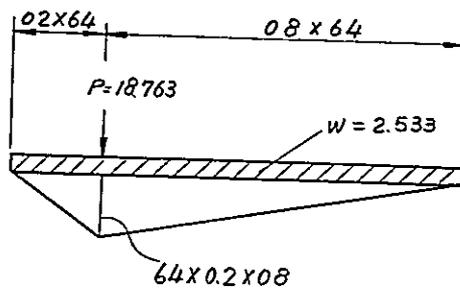
2) Bending moment at each point due to live load (laden with AASHO H20-S16-44 load);

① $P_t 1$



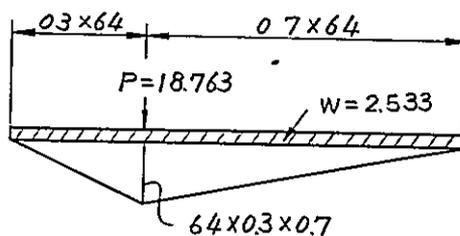
$$M_1 = 18.763 \times 64 \times 0.1 \times 0.9 + \frac{2.533 \times 64^2}{2} \times 0.1 \times 0.9 = 575 \text{ t-m}$$

② $P_t 2$



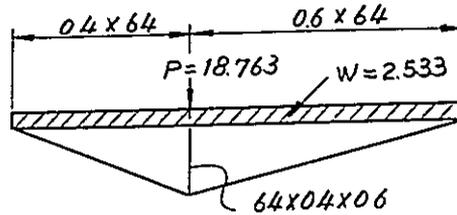
$$M_2 = 18.763 \times 64 \times 0.2 \times 0.8 + \frac{2.533 \times 64^2}{2} \times 0.2 \times 0.8 = 1022.3 \text{ t-m}$$

③ $P_t 3$



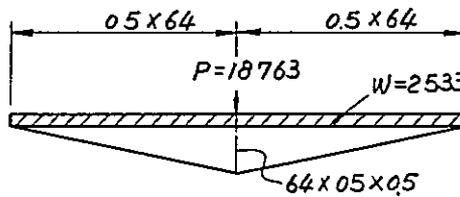
$$M_3 = 18.763 \times 64 \times 0.3 \times 0.7 + \frac{2.533 \times 64^2}{2} \times 0.3 \times 0.7 = 1341.7 \text{ t-m}$$

④ P_t 4



$$M_4 = 18.763 \times 64 \times 0.4 \times 0.6 + \frac{2.533 \times 64^2}{2} \times 0.4 \times 0.6 = 1533.4 \text{ t-m}$$

⑤ P_t 5

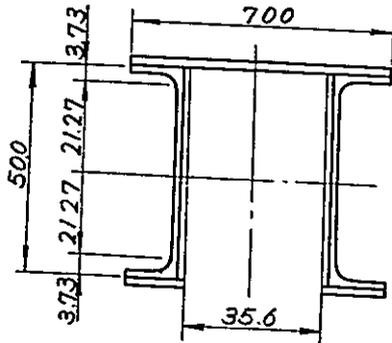


$$M_5 = 18.763 \times 64 \times 0.5 \times 0.5 + \frac{2.533 \times 64^2}{2} \times 0.5 \times 0.5 = 1597.3 \text{ t-m}$$

Pf	Md	M _{L+i}	Total M	Name of Member	rm	Axial Force M	Length of Member
1	1682.4	575.0	2257.4	u ₁	4.96 ^m	455.12	10.089
1	"	"	"	L ₁ , L ₂	7.8	289.41	6.400
2	2830.9	1022.3	3853.2	u ₂	9.06	425.30	6.551
2	"	"	"	u ₃	9.13	422.04	6.477
3	3715.4	1341.7	5057.1	L ₃ , L ₄	9.20	549.68	6.400
4	4246.1	1533.4	5779.5	u ₄	10.78	536.13	6.428
4	"	"	"	u ₅	10.80	535.14	6.403
5	4422.9	1597.3	6020.2	L ₅	11.00	547.29	6.400

3) Stresses of chord members

① Stress of u_1



- 1-PL 700 x 16
- 4-LS 130 x 130 x 15
- 2-PL_S 490 x 14
- 2-PL_S 230 x 15
- 2-PL_S 150 x 15

Aria = 513 cm²

(i) Moment due to dead load $M_d = 1682.4$ t-m

$$r_m = 4.96$$

$$\text{Axial force } N = \frac{1682.4}{4.96} = 339.2$$

$$\delta_d = \frac{339.2 \times 10^3}{513} = 661$$

(ii) Moment due to live load $M_{L+i} = 575.0$

$$r_m = 7.8$$

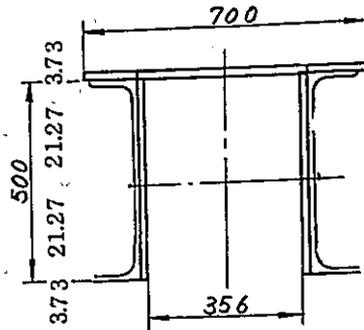
$$\text{Axial force } N = \frac{575.0}{7.8} = 73.72$$

$$\delta_L = \frac{73720}{513} = 144$$

Dead + Live

$$= 661 + 144 = 805 \text{ kg/cm}^2$$

2 Stresses of u_2, u_3



1-PL	700 x 16
4-L _s	130 x 130 x 15
2-PL _s	490 x 12
2-PL _s	150 x 16

$$\text{Aria} = 4244 \text{ cm}^2$$

(i) Moment due to dead load $M_d = 2830.9$

$$r_2 = 9.06 \quad (\text{for } u_2)$$

$$r_3 = 9.13 \quad (\text{for } u_3)$$

$$\text{Axial force } N_2 = \frac{2830.9}{9.06} = 312.5 \quad (\text{for } u_2)$$

$$N_3 = \frac{2830.9}{9.13} = 310.0 \quad (\text{for } u_3)$$

$$\delta_{2,d} = \frac{312.5 \times 10^3}{424.4} = 736 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{for } u_2)$$

$$\delta_{3,d} = \frac{310.0 \times 10^3}{424.4} = 731 \quad (\text{for } u_3)$$

(ii) Moment due to live load $M_{L+i} = 1022 \text{ t-m}$

$$N_2 = \frac{1022}{9.06} = 112.80 \quad (\text{for } u_2)$$

$$N_3 = \frac{1022}{9.13} = 111.94 \quad (\text{for } u_3)$$

$$\delta_{2,L} = \frac{112.8 \times 10^3}{424.4} = 266 \quad (\text{for } u_2)$$

$$\delta_{3,L} = \frac{111.9 \times 10^3}{424.4} = 264 \quad (\text{for } u_3)$$

Dead + Live

$$\delta_{2,d} + \delta_{2,L} = 736 + 266 = 1002 \quad (\text{for } u_2)$$

$$\delta_{3,d} + \delta_{3,L} = 731 + 264 = 995 \quad (\text{for } u_3)$$

3 Stresses of u_4, u_5 :-

Same as V_1 section, Area = 513 cm^2

(i) Moment due to dead load $M_d = 4246.1$

$$r_4 = 10.78 \quad (\text{for } u_4)$$

$$r_5 = 10.80 \quad (\text{for } u_5)$$

$$\text{Axial force } N_4 = \frac{4246.1}{10.78} = 393.9 \quad (\text{for } u_4)$$

$$N_5 = \frac{4246.1}{10.80} = 393.2 \quad (\text{for } u_5)$$

$$\delta_{4,d} = \frac{393.9}{513} = 768 \quad (\text{for } u_4)$$

$$\delta_{5,d} = \frac{393.2}{513} = 766 \quad (\text{for } u_5)$$

(ii) Moment due to live load $M_L = 1533 \text{ t-m}$

$$\text{Axial force } N_4 = \frac{1533}{10.78} = 142.21 \quad (\text{for } u_4)$$

$$N_5 = \frac{1533}{10.80} = 141.94 \quad (\text{for } u_5)$$

$$\delta_{4,L} = \frac{142.21}{513} = 277 \quad (\text{for } u_4)$$

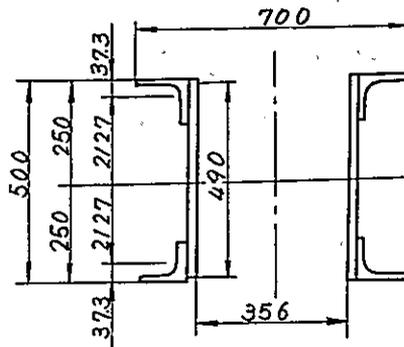
$$\delta_{5,L} = \frac{141.94}{513} = 277 \quad (\text{for } u_5)$$

Dead + Live

$$\delta_{4,d} + \delta_{4,L} = 768 + 277 = 1045 \quad (\text{for } u_4)$$

$$\delta_{5,d} + \delta_{5,L} = 766 + 277 = 1043 \quad (\text{for } u_5)$$

4 Stresses of L_1 , L_2



4- L_S 130 x 130 x 15

2- PL_S 490 x 19

gr 333.2 cm^2 , net, 287.2 cm^2

- (i) Moment due to dead load $M = 1682.4$ t-m
 $r_m = 7.8$

$$\text{Axial force } N = \frac{1682.4}{7.8} = 215.7$$

$$\delta_d = \frac{215.7}{287.2} = 751 \text{ kg/cm}^2$$

- (ii) Moment due to live load $M = 575.0$ t-m

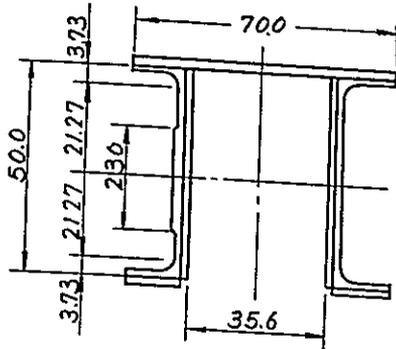
$$\text{Axial force } N = \frac{575.0}{7.8} = 73.72$$

$$\delta_L = \frac{73.72 \times 10^3}{287.2} = 257$$

Dead + Live

$$\Sigma \delta = 751 + 257 = 1008 \text{ kg/cm}^2$$

5 Stresses of L_3, L_4, L_5



- 2- PL_S 160 x 19
- 6- L_S 130 x 130 x 15
- 2- PL_S 490 x 19
- 2- PL_S 230 x 15

gr 536.2 cm^2 , net 436.2 cm^2

(i) Moment due to dead load $M = 3715.4$ (For L_3, L_4) $r_m = 9.2$
 $M = 4422.9$ (For L_5) $r_m = 11.0$

Axial force $N = \frac{3715.4}{9.2} = 403.8$ (For L_3, L_4)

$N = \frac{4422.9}{11.0} = 402.1$ (For L_5)

$\delta_{d_{3,4}} = \frac{403.8 \times 10^3}{436.2} = 926$ (For L_3, L_4)

$\delta_{d_5} = \frac{402.1 \times 10^3}{436.2} = 922$ (For L_5)

(ii) Moment due to live load $M = 1342$ (For L_3, L_4)
 $M = 1593$ (For L_5)

Axial force $N = \frac{1342}{9.2} = 145.87$ (For L_3, L_4)

$N = \frac{1593}{11.0} = 144.82$ (For L_5)

$\delta_L = \frac{145.87 \times 10^3}{436.2} = 334$ (For L_3, L_4)

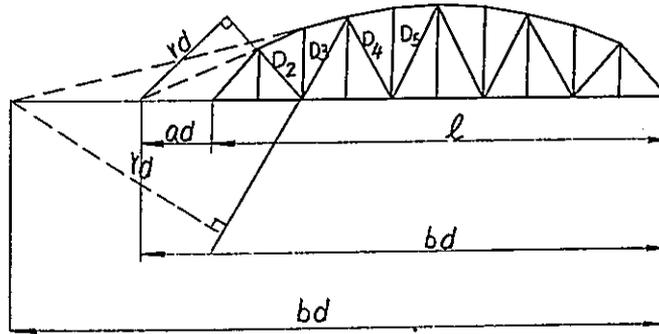
$\delta_L = \frac{144.8 \times 10^3}{436.2} = 332$ (For L_5)

Dead + Live

$\Sigma \delta = 926 + 334 = 1260$ kg/cm^2 (For L_3, L_4)

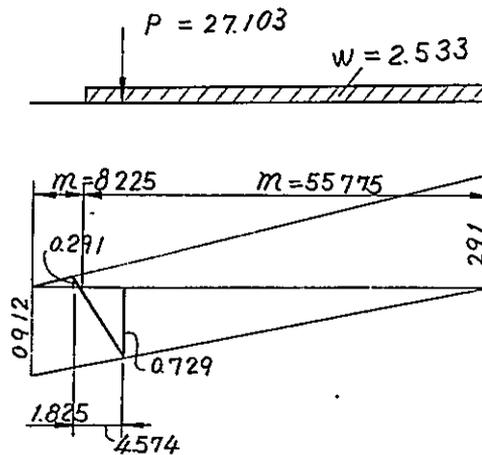
$\Sigma \delta = 922 + 332 = 1254$ " (For L_5)

5.3 Stresses of diagonal members



Name	Height of Truss	Difference of height	$\frac{V_n}{sv} - n$	Distance of Panels	a_d	$a_{d+n\lambda}$	Length of diagonal	r_d	b_d	$\frac{a_d}{r_d}$	$\frac{b_d}{r_d}$
D ₂	7.800	1.4	4.57	64	29.3	42.1	10.090	32.15	93.3	0.912	2.91
D ₃	9.200	1.0	7.7	64	46.1	58.9	12.045	59.80	110.1	0.779	1.842
D ₄	10.200	0.6	14.0	64	89.6	102.4	12.045	97.60	153.6	0.918	1.572
D ₅	10.800	0.2	50.0	64	32.0	332.8	12.726	29.80	384	1.070	1.29

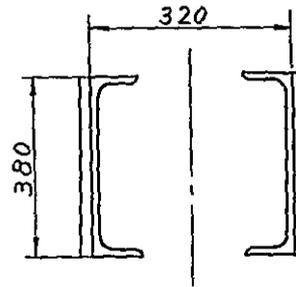
1 Stresses of diagonal member D₂



i) Dead load

$$F_d = 156.05 + 28.62 \times \frac{0.476}{1.5} = 165.13$$

$$\delta = \frac{165.13 \times 10^3}{194.4} = 849 \text{ kg/cm}^2$$



2- L_s 380 x 100 x 13

2- PL_s 380 x 10

Aria gr 2286 net 194.4 cm^2

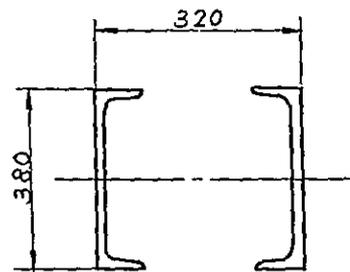
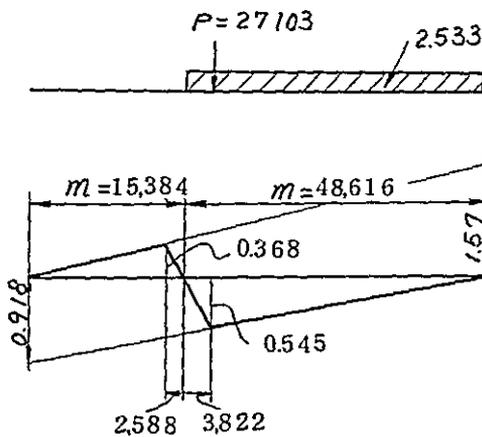
ii) Live load

$$F_{L+i} = 27.103 \times 0.729 + 1/2 \times 55,775 \times 0.729 \times 2,533 = 71.253$$

$$\delta = \frac{71.253}{194.4} = 367$$

$$\Sigma \delta = 849 + 367 = 1216 < 1400$$

2 Stress of diagonal member D_3



i) Dead load

$$F_d = - (84.928 + 15.46 \times \frac{0.476}{1.5}) = - 89.83$$

$$= \frac{89.83 \times 10^3}{171.4} = 524 \text{ kg/cm}^2$$

2 L_s 380 x 100 x 13

Aria gr 171.4 cm^2 net 152.6 cm^2

(ii) Live load

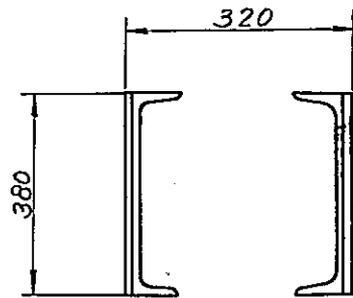
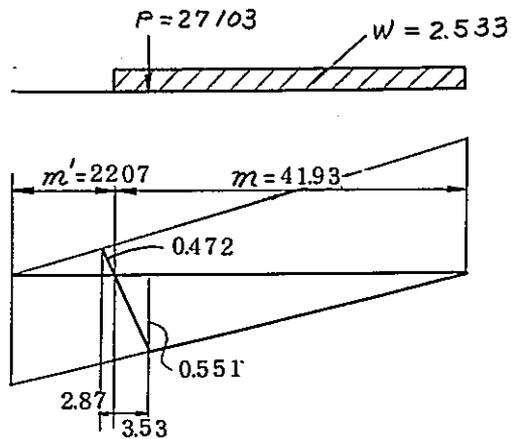
$$F_{L+I} = -27.103 \times 0.545 - 1/2 \times 48.616 \times 0.545 \times 2.533$$

$$= 48.328$$

$$\delta = \frac{48.328}{171.4} = 282 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Sigma \delta = 524 + 282 = 806 \text{ kg/cm}^2$$

③ Stress of diagonal member D_4



(i) Dead load

$$F_d = 51.43 + 9.48 \times \frac{0.476}{1.5} = 54.44$$

$$\delta = \frac{54.44 \times 10^3}{123.8} = 440 \text{ kg/cm}^2$$

(ii) Live load

2-L_s 380 x 100 x 10.5

Aria gr 138.8 cm² net 123.8 cm²

$$F_{L+I} = 27.103 \times 0.551 + 1/2 \times 41.93 \times 0.551 \times 2.533$$

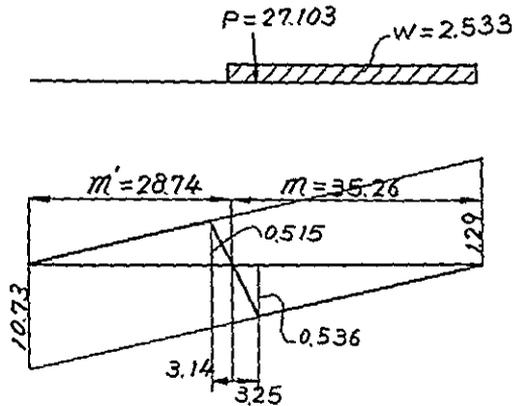
$$= 44.193$$

$$\delta = \frac{44.193}{123.8} = 357 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Sigma \delta = 440 + 357 = 797$$

4 Stress of diagonal member D₅

The section being the same as D₄,



(i) Dead load

$$F_d = - \left(16.7 + 3.07 \times \frac{0.476}{1.5} \right) = - 17.67$$

$$\delta = \frac{17.67 \times 10^3}{138.8} = 127 \text{ kg/cm}^2$$

(ii) Live load

$$F_{i+L} = 27.103 \times 0.536 + 1/2 \times 35.26 \times 0.536 \times 2.533$$

$$= 38.463$$

$$\delta = \frac{38.463}{138.8} = 277 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Sigma \delta = 127 + 277 = 404$$

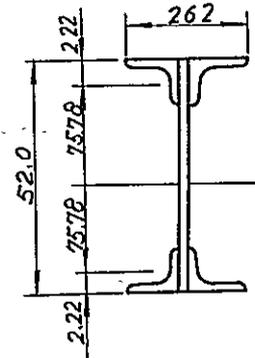
5.4 Stress of Vertical member

1 Stresses of V_1, V_3, V_5 ;

(i) Dead load

$$F_d = 52.25 + 9.6 \times \frac{0.476}{1.5} = 55.30$$

$$\delta = \frac{55.30 \times 10^3}{93.2} = 593 \text{ kg/cm}^2$$



4- L_s 125 x 90 x 10

1- PL_s 310 x 12

Aria gr 119.2 cm^2 net 93.2 cm^2

(ii) Live load

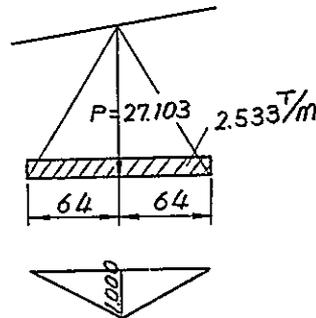
$$F_{L+i} = 27.103 + 1/2 \times 12.8 \times 2.533 = 44.951$$

$$\delta = \frac{44.951}{93.2} = 482$$

$$\Sigma \delta = 593 + 482 = 1075$$

2 Stress of V_2

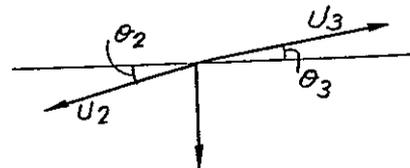
(Same as Section V_1, V_3, V_5)



(i) Dead load

$$\begin{aligned} F_d &= \frac{M_{d2}}{r_2} \times \frac{1.4}{5.966} - \frac{M_{d3}}{r_3} \times \frac{1.0}{5.885} \\ &= \frac{2830.9}{9.06} \times \frac{1.4}{5.966} - \frac{2830.9}{9.13} \times \frac{1.0}{5.885} \\ &= 73.3 - 52.7 = 20.6 \end{aligned}$$

$$\delta = \frac{20600}{93.2} = 221$$



(ii) Stress of live load

$$\begin{aligned}
 F_{L+i} &= \frac{M_{L+i}}{r_2} \times \sin \theta_2 - \frac{M_{L+i}}{r_3} \times \sin \theta_3 \\
 &= \frac{1022}{9.06} \times 0.214 - \frac{1022}{9.13} \times 0.154 \\
 &= 6.90
 \end{aligned}$$

$$\delta = \frac{6.90 \times 10^3}{93.2} = 74 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Sigma \delta = 221 + 74 = 295$$

3 Stress of V_4 (Same as Section V_2)

(i) Dead load



$$\begin{aligned}
 F_d &= \frac{M_{d4}}{r_4} \times \sin \theta_4 - \frac{M_{d5}}{r_5} \times \sin \theta_5 \\
 &= \frac{4246.1}{10.78} \times 0.093 - \frac{4246.1}{10.80} \times 0.031 = 24.44
 \end{aligned}$$

$$\delta = \frac{24.44 \times 10^3}{93.2} = 262 \text{ kg/cm}^2$$

(ii) Live load

$$\begin{aligned}
 F_{L+i} &= \frac{M_{L+i}}{r_4} \times \sin \theta_4 - \frac{M_{L+i}}{r_5} \times \sin \theta_5 \\
 &= \frac{1533}{10.78} \times 0.093 - \frac{1533}{10.80} \times 0.031 \\
 &= 8.83
 \end{aligned}$$

$$\delta = \frac{8.83 \times 10^3}{93.2} = 95 \text{ kg/cm}^2$$

$$\Sigma \delta = 262 + 95 = 357 \text{ kg/cm}^2$$

The above calculation results may be collected as below:-

Floor slab

Stress perpendicular to bridge axis

At center of span $\delta_c = 31 \text{ kg/cm}^2$ $\delta_s = 857 \text{ kg/cm}^2$

At support $\delta_c = 32 \text{ "}$ $\delta_s = 1155 \text{ "}$

Stress to the direction of bridge axis

$\delta_c = 30 \text{ kg/cm}^2$ $\delta_s = 2019 \text{ kg/cm}^2$

Main truss

Unit : kg/cm^2

	Dead load stress	Live load stress	Max. stress	Allowable stress
INNER STRINGER	286	922	1208	1300
SIDE "	286	561	847	130
INNER CROSS BEAM				
δ_c	434	793	1227	1300
δ_t	499	912	1411	1400
END CROSS BEAM				
δ_c	306	924	1227	1300
δ_t	351	1055	1406	1400
MAIN TRUSS				
u_1	661	144	805	1132
u_2	736	266	1002	1241
u_3	731	264	995	1241
u_4	768	277	1045	1232
u_5	766	277	1043	1232
L_1, L_2	751	257	1008	1400
L_3, L_4	926	334	1260	1400
L_5	922	332	1254	1400
D_2	849	367	1216	1400
D_3	524	282	806	959
D_4	440	357	797	1400
D_5	127	277	404	923
V_1, V_3, V_5	593	482	1075	1400
V_2	221	74	295	1400
V_4	262	95	357	1400

From the above, after accomplishing the repairs by adopting the over lay method as described above, we find that the structural members of the bridge are all fully safe and sound.



機械の保守のための検査

機械の保守は給油、掃除、検査および修理の4条項よりなる。

要所への給油は機械の磨耗を最小にし、円滑な運転をするのに重要である。

機械の掃除は機械の耐久力を増し、各部の点検検査を容易にし、機械の円滑なる運転を可能にする。

機械の検査は正常な運転を確保できるかどうかを点検調査し、もし不良箇所を発見すればこれに対する処理を施す。

修繕は不良箇所を補修するか、または新品と取換えることをいう。

検査には見廻り的なものと定期的なものがある。

見廻り検査は各部締付部分の弛緩、磨耗および給油状態、その他使用上支障の有無を調べることとて、不良部分は速かに修繕をする。

定期検査は定められた期間ごとに、必要部分を分解し綿密な検査をなし、運転性能検査、試験を行うことで、不良部分は修繕をするとともに、寿命に近い部品は新品と取換える。

検査および修繕の時期とその検査概要は次の通りである。

見廻り検査

毎日	給油状況、部品の取付具合および作動等の点検
毎週1回	"
毎月1回	各部分の磨耗、変形、破損の状態等の検査

定期検査

6ヶ月毎	局部的に検査をする。
1年毎	主要部を検査する。
5年毎	全般に検査する。

臨時検査

検査は下記によって行う

- 1) 検査結果は監督者、責任者に報告され、定期検査は彼等の立会いを要する。
- 2) 検査中はスイッチは閉とし、検査中の表示をする。
- 3) 検査結果は記録し、保存する。

I 外観検査

主として目測により外観上から磨耗、変形、破損の有無を検査する。

但しカバー等のための内部構造の点検ができない部分はカバーを外して行う。

1. 歯車の破損または磨耗の有無

1) 歯の噛合せ不良のもの、または歯の破損磨耗したものはないか。

(歯車の歯先がその厚さの1/2以上磨耗したものは取換えねばならない。)

2) ギャー・カバーの破損、変形したものはないか。カバー取付ボルトの欠損せるものはないか。

3) ギャー・ボックス内の油の状態の不工合なものはないか。

2. 軸受の給油状態および磨耗、破損の有無

1) 発熱の多いもの、または焼着しているものはないか。

2) 油の循環が不十分なものはないか。

3) 給油装置の不工合なものまたは油量、油質の不適當なものはないか。

4) 磨耗して軸との隙が増大し、下記限度をこえたものはないか。

隙 0.5 mm以上 直径 50 mm未満

1 mm以上 50 mm以上

5) 軸受および軸受金に破損またはきずのあるものはないか。

6) 軸受蓋の締め加減に不適當なものはないか。

7) 軸受のカバー、注油口の蓋およびパッキングの不工合はないか。

8) 軸受取付ボルトに弛んだものはないか。

9) ころがり軸受の不工合なものはないか。

イ) ボール、ローラーに錆は発生していないか、破損、磨耗したものはないか。

ロ) 作動面にこみ付着していないか、作動面に異状はないか。

ハ) レースに破損はないか。

ニ) リテーナーに破損はないか。

3. キーの磨耗、弛緩の有無

1) 歯車、軸等のキー道が変形して、脱出のおそれはないか。

2) キーの変形したものまたは頭が突出したものはないか。

3) キーの弛んでいるものはないか。

4. チェン損傷の有無

1) チェンの破損したものはないか。

2) チェンが伸びすぎていないか。

- 3) チェン車に破損、磨耗はないか。
 - 4) チェンが伸びすぎ、カバーその他の部品に損傷を与えていないか。
 - 5) 給油の不十分なもの、錆の甚だしいものはないか。
5. 配電盤装置故障の有無
- 1) フューズに容量の不適當なもの、または取付金物の変形や溶損はないか。
 - 2) 計器、ガラス、ランプの破損、ランプ用抵抗器の断線はないか。
 - 3) 接触部の不良のものまたは接触不良の跡はないか。
 - 4) 各部取付けの不十分なものはないか。
 - 5) 絶縁物の損傷または絶縁不良のものはないか。
6. 配線損傷の有無
- 1) 被覆の損傷、ごみ油等のため絶縁不良のおそれはないか。
 - 2) 接続部の締付弛んだもの、ハンダの溶損、発熱の跡あるものはないか。
 - 3) 電線管の取付け不完全、管端の電線被覆に損傷ないか。
 - 4) 配線および付属器具の絶縁抵抗の不良のものはないか。
7. 抵抗器の破損および絶縁不良の有無
- 1) 接続部の不完全なものまたは局部的に発熱の甚だしいものはないか。
 - 2) 抵抗器の容量の不適當なものはないか。
 - 3) グリッドの変形したものまたは組立用絶縁ボルトの締付けが不十分なものはないか。
 - 4) ごみの付着したもの又は絶縁不良のものはないか。
8. 電気回転機の磨耗、焼損、弛緩の有無
- 1) 軸受の磨耗、異状はないか、油、グリースは適正か。
 - 2) ブラシホルダー取付位置の不良弛緩損傷はないか、締結部にゆるみはないか。
 - 3) ブラシの磨耗大なるもの、摺合せ不完全でスパークのおそれあるものはないか。
 - 4) ブラシホルダーとブラシとの連絡および遊隙の不適當なもの、スプリングの調整不工合のものはないか。
 - 5) コミュテーター及び交流のスリップリング面の荒損、変色または不規則な磨耗を生じたものはないか。
 - 6) コミュテーター、セグメントの焼損による凹み、またはマイカの突起したものはないか。
 - 7) ライザ部ハンダ上げ不良はないか。
 - 8) エヤー・ギャップの特に不同のものはないか。

- 9) 接続用リードおよびターミナルの不完全なもの、被覆絶縁物の不良のものはないか。
- 10) 電動機の絶縁抵抗の悪いものはないか。
9. リミット・スイッチの調整の良否
 - 1) 各部レバーの連絡部または送りネジの不完全なものはないか。
 - 2) レバーの動作位置の調整、送りネジ用コマ調整不良はないか。
 - 3) スプリングに異状はないか。
 - 4) 接触部の完全でないもの、スパークによって荒粗になったもの、絶縁不良のものはないか。
 - 5) ごみ付着のため機能を害するおそれのあるもの、取付具合の悪いものはないか。
10. 電動制動機の故障の有無
 - 1) ブレーキ・レバー接続部の不完全なものはないか。
 - 2) ロッド、ピン、ネジの弛緩、磨耗、破損または脱落したものはないか。
 - 3) ブレーキホイール面の磨耗大なるもの、きずのあるものはないか。
 - 4) ブレーキシュー、ブレーキライニング等の磨耗したものはないか。
 - 5) ブレーキライニングとホイール面の間隙は適当か。
 - 6) ポンプ部の油の質、量は適当か。
 - 7) 電動機の絶縁抵抗の悪いものはないか。
11. 変圧器
 - 1) 温度上昇は適当か。
 - 2) 油量は、油もれの有無。
 - 3) 油面計、温度計、放熱器、コック等に異状はないか。
 - 4) 外箱は損傷がないか。
 - 5) ターミナル部のゆるみ、過熱による変色の有無は。
 - 6) 1年に1回絶縁油の耐圧、酸価を測定し、破壊電圧30KV以下、酸価0.3以下ならば再生ろ過、又は新油と交換す。
10年に1回分解に内部のスラッグ除去、および締付部の点検をする。
12. 油入遮断器、油入開閉器
 - 1) 端子、リード取付部の発熱による変色の有無。
 - 2) ブッシング破壊の有無
13. 碍子、ブッシング、鉄構その他
 - 1) じんあいおよび変色の有無

2) 接続部分の過熱変色の有無。

3) 碍子破損の有無。

1 4. 蓄電池

1) 電解液の量および色相の適否、液もれの有無。

2) 極板異状の有無。

3) 支持木台金具、端子接続部などの腐蝕の有無。

1 5. ディーゼル機関

取扱説明書による。

II 運転検査

1. 運転時の電流値は正常か。
2. 運転時各部分の振動の有無。
3. 駆動部分の騒音の有無。
 - 1) 歯車の啮合音の高いものはないか。
 - 2) 軸受部に異音はないか。
 - 3) 電気回転機の振動、異音、回転子の横ゆれはないか。
4. 運転中駆動部分の過熱の有無。
 - 1) 電気回転機の温度上昇の大なるもの、軸受の発熱の大なるものはないか。
 - 2) カーボンブラシ摺合せ不具合で、スパークは生じないか。
 - 3) 抵抗器に局部的発熱の大なるものはないか。
5. 歯車の啮合いは正常か。
6. ブレーキの停止時スリップ回転数は正常か。
7. 配電盤の自動遮断器操作機構は完全か。
 - 1) 低電圧リレーのブランジャーはナイフ・スイッチ開で確実に落下するか。
 - 2) 低電圧リレーのブランジャーは手動で全ストロークの半分の高さより降し、正確に動作するか。
 - 3) 過負荷リレーを手動で動作し、遮断作用が確実であるか確かめること。
 - 4) フューズの良否を点検すること。
8. リミット・スイッチの動作の良否の点検
リミット・スイッチのカバーを外し、実動作を行い、自動遮断器の遮断が確実かどうか確かめる。
9. 給油器の作動を確かめる。
10. ディーゼル発電装置の運転を確かめる。
11. ディーゼル機関の運転を確かめる。

III 磨耗限度および寿命

部 分	磨 耗 限 度		磨耗の割合
	修繕限度	使用限度	
機 械 部 品	歯車の歯厚	ピッチ内で25%	40%
	ブレーキ 輪リム	肉厚で 40%	50%
	" 輪面凹凸	2mm	"
	" ライニング		50%
機 械 部 品	ピンとピン孔, 軸と軸受金の際2%	7.5mm以下は1.5mm	3%, 60mm以下は2mm
	ピンおよび軸	4%	6%
	チェーン	15%	20%
	ネジ山	ピッチで20%	30%
電 気 部 品	カーボンブラシ		50%
	スリップ・リング	4mm 20KW未満 5mm 20KW以上	3mm 20KW未満 4mm 20KW以上
	空隙	1/2	1/3
	接触子	40%	50%
	接触片	40%	50%
	絶縁抵抗		0.1MΩ 150KV未満
	"	1MΩ 低圧	0.2MΩ 300V未満
"	5MΩ 高圧	0.4MΩ 300V以上	
蓄電池		定格の80%	
水銀整流器		アークの色が赤味がかかり電極附近のガラス壁が黒化し、水銀がべとつき、ガラス面が鏡のようになった	

一 般 想 定 寿 命

蓄電池	約10年
水銀整流器	10,000~50,000 hv
リミット・スイッチ	5万回
電磁接触器	50万回
放電灯	3,000~6,000 hv
水銀灯	6,000~12,000 hv

