

淀川新橋(斜張橋)のケーブル定着桌付近の応力伝達状況
に関する模型実験について (その1)

大阪大学 工学部 正員 小松定夫
大阪市 土木局 正員 松川堀夫
日立造船 技研 正員 牛尾正之

1. まえがき

大阪内環状線が淀川を渡る箇所に設けられた淀川新橋(仮称)は中央径間216m、総幅員203mのMittel Träger形式の斜張橋である。(図1,2参照)。1面2段のFan Typeに張られたケーブルには高強度で、かつ、高いヤング係数を有するプレハブ、パラレルワイヤー、ストランドが使用され、上、下段ケーブルの最大張力は各々2530t、1180tで、これらの張力が主桁に定着されている。この斜め方向に定着された張力、すなわち、鉛直分力および水平分力を無理なく、速やかに主桁断面に伝達させる定着構造が望ましい。しかし、一般にケーブル定着桌には大きな集中力が作用するため構造は非常に複雑となり、定着桁の応力集中および主桁への応力伝達状況の適確

な把握が斜張橋の設計上非常に重要な問題となる。大阪市では本橋の製作に先立ちケーブル定着桌付近の

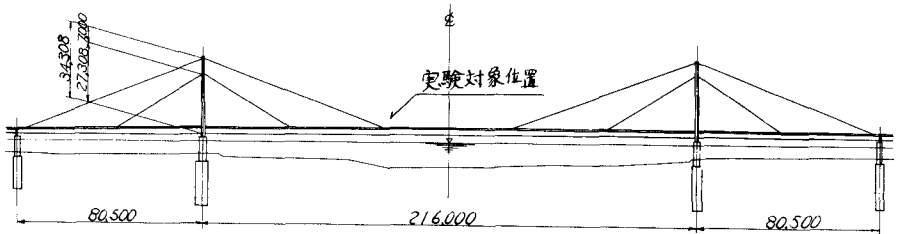


図-1

構造の部分および全体模型実験を行った。また、これらの実験については有限要素法による理論解析を行い、実験結果との対比を行った。本報告は上記模型実験のうち全体模型実験に関するもので部分模型実験については「淀川新橋---模型実験について(その2)」を参照されたい。

2. 実橋のケーブル定着構造

図-3は上段ケーブルの定着構造を示したもので、斜め方向に導入されたケーブル張力は5段に配置された定着桁により16箇所球面状に定着される。集中力の水平分力はデッキとボトムプレートとの間に橋軸方向に設けられた2枚の縦シャイブを通じて主桁に軸力として伝達され最後には均等化された垂直応力となる。

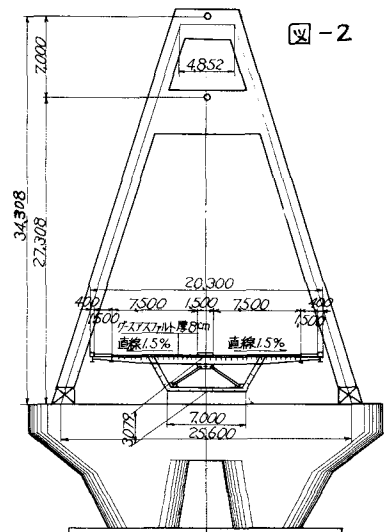


図-2

一方、鉛直分力は縦シヤイベを伝わり縦シヤイベの両端に設けられた横シヤイベにより主桁にせん断力および曲げモーメントとして伝達される。

3 実験計画および目的について

実橋のケーブル定着部の構造の複雑さ、模型桁と載荷装置の規模から1つの模型桁により定着桁

縦シヤイベの応力状態およびデッキとボトムプレートにの応力分布状況を1度には握することは困難であった。このため、ケーブル張力がケーブル定着点から主桁全断面に伝達される過程を2段階に分けて各々の目的に適した2種類の模型桁を製作して実験を行い、最後に両実験により確かめられた理論解析により全体の応力分布状況を把握することにした。すなわち、ケーブル定着点から定着桁を介して縦シヤイベとデッキ、ボトムプレート

の境界点付近に生じたせん断応力の分布形状の調査、およびデッキ、ボトムプレートに伝達されたせん断応力の流れが垂直応力として全断面に均等分布するまでの応力伝達状況の把握とに分け、前者を“部分模型実験”、後者を“全体模型実験”と名づける。以上の趣旨に従い全体模型実験ではデッキ、ボトムプレート各々2箇所より点荷重を作用させその分布状況を調べた。したがって、これらの考えを実橋に適用するには、まず、部分模型実験で確かめられた解法により求められた縦シヤイベ上、下の境界線上に分布するせん断力と全体模型実験で裏付けられた解法に荷重条件として適用することにより、全体系の応力分布が把握される。

4 模型桁および実験方法

ケーブル張力の水平分力に着目すれば実験対象位置(図-1参照)の左側においては圧縮力が作用し、ケーブル定着点より十分離れれば圧縮応力は均等分布する。また、右側では若干の引張応力と圧縮応力が生じる程度距離が離れると主桁は無応力状態となる。上記の応力分布状態を考慮して模型の長さを決定するために有限要素法により簡単な試算を行った。その結果より定着点から左方30m、右方へ20m離れれば実験目的と違わずに十分であることを確かめ模型の縮尺を1/2とした。模型の寸法および支持条件を図-4に示す。実橋では図-4においてA~B間に圧縮応力が作用することになるが模型桁の薄板の局部座屈および初期たわみの実験精度に与える悪影響を考慮して引張実験とした。模型桁の形状を図-5に示す。なお図の2本の載荷P、C、鋼棒は模型桁の中立軸上に配置され、載荷は50tまで5t刻みに行なった。

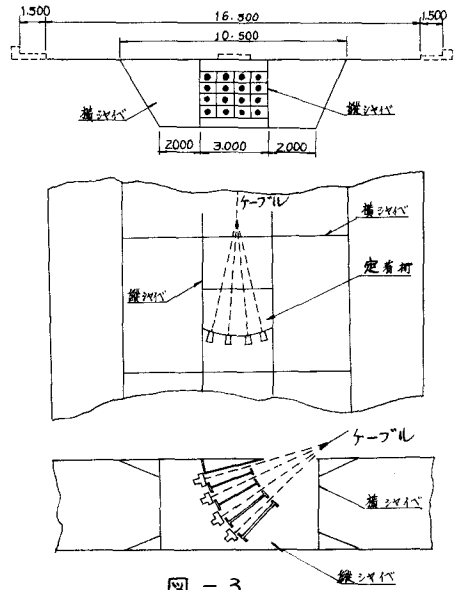


図-3

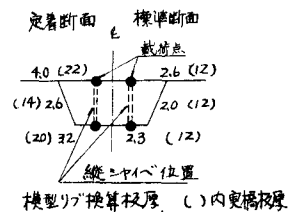
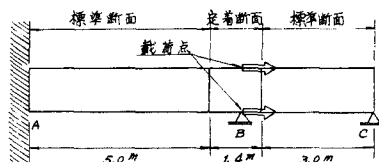


図-4

5 模型桁の理論解析

使用したプログラムは立体薄板構造物の平面応力解析用(板の面外曲げ剛性を無視している)のもので、UNIT分割法であるが、節点数が多いため多少の工夫を要した。
まず、構造物をいくつかのUNITに分け個々のUNITに対してつり合方程式(1)をたてる。

$$\{F\} = \{K\} \{v\} \text{----- (1)}$$

$\{F\}$: 外力ベクトル,

$\{v\}$: 変位ベクトル, $\{K\}$: 剛性マトリックス,

次にその節点条件にしたがって外力ベクトル、変形ベクトルおよび剛性マトリックスを分割する。

ここでは、(1) 外力は既知、変位は未知で他のUNITとは接続しない。(2) 変位は既知で他のUNITとは接続しているか否かは問わない。(3) 外力は既知、変位は未知で他のUNITとは接続している。

以上の3種類に分割され、UNITごとのつり合方程式は(2)式となる。

$$\begin{Bmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} K_{11} & K_{12} & K_{13} \\ K_{21} & K_{22} & K_{23} \\ K_{31} & K_{32} & K_{33} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ v_3 \end{Bmatrix} \text{----- (2)}$$

ここで太字が未知である。

次にUNITの境界線上にある節点のみのつり合方程式を(3)式のように定める。

$$\{P_i\} = \{AK_i\} \{v_{i3}\} \text{----- (3)}$$

$\{P_i\}$: 換算外力ベクトル

$\{AK_i\}$: 換算剛性マトリックス

式(2)より(3)式との対比において次のようになる。

$$\{P_i\} = F_3 - K_{31} K_{11}^{-1} F_1 + K_{31} K_{11}^{-1} K_{12} v_2 - K_{32} v_2$$

$$\{AK_i\} = K_{33} - K_{31} K_{11}^{-1} K_{13}$$

また、UNIT間の境界線上にあるすべての節点群に因りてつり合方程式を次のように仮定する。 $\{P\} = \{AK\} \{v\}$ ----(4)

$$\text{ここで、} \{P\} = \sum_{i=1}^n \{P_i\}$$

$$\{AK\} = \sum_{i=1}^n \{AK_i\} \quad n: \text{UNITの総数}$$

式(4)より $\{P\}$ および $\{AK\}$ が求まれば $\{v\} = (AK)^{-1} \{P\}$ となって境界線上の節

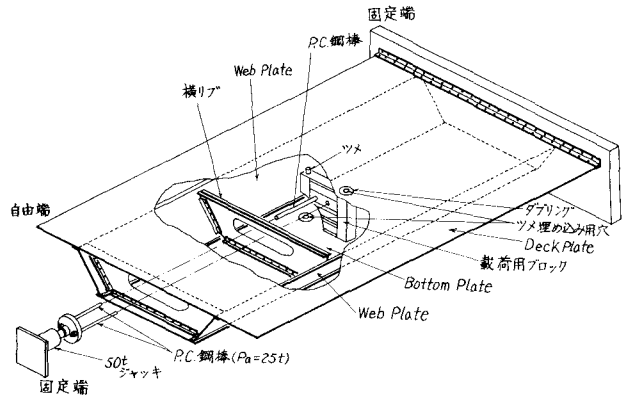


図 - 5

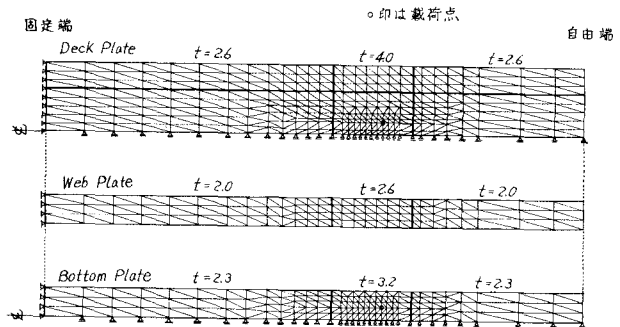


図 - 6

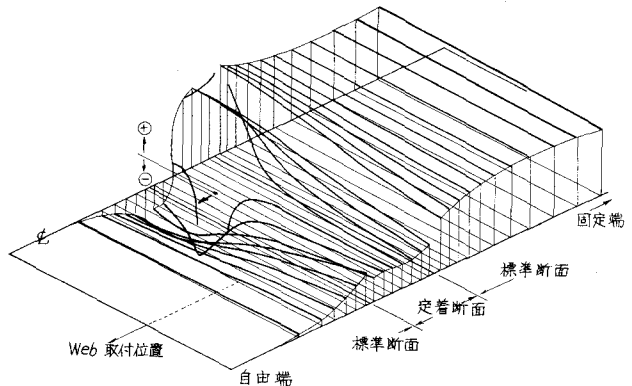


図 - 7

変位が既知となり、順次全節点の変位が求まる。解析にあたっては模型および荷重の対称性を考慮して図-6に示すような要素の組立を行った。節点数559個、要素数1022個であり、計算はHITAC 8500によった。計算結果の1例を図-7に示す。

6 実験結果と理論値の比較

図-8~13はいずれも2^t当りの荷重強度に換算したものである。

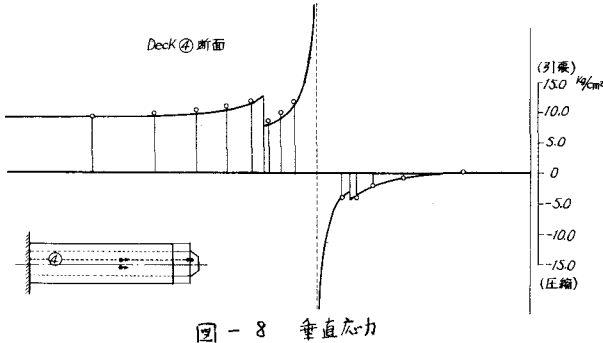


図-8 垂直応力

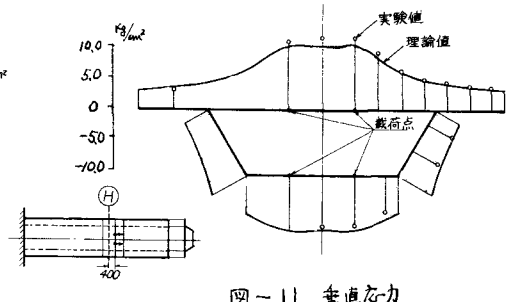


図-11 垂直応力

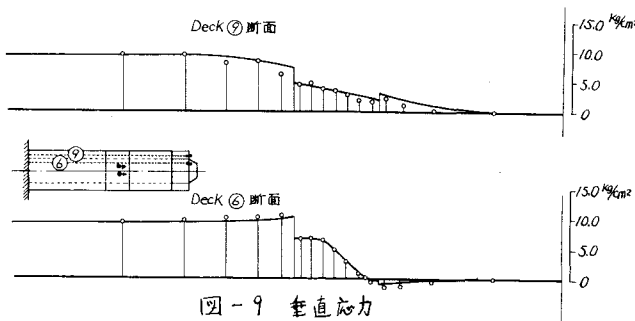


図-9 垂直応力

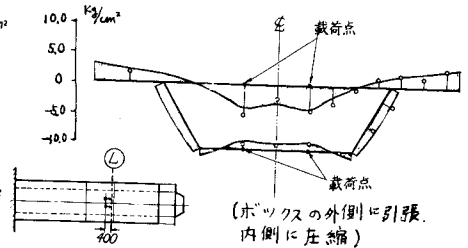


図-12 垂直応力

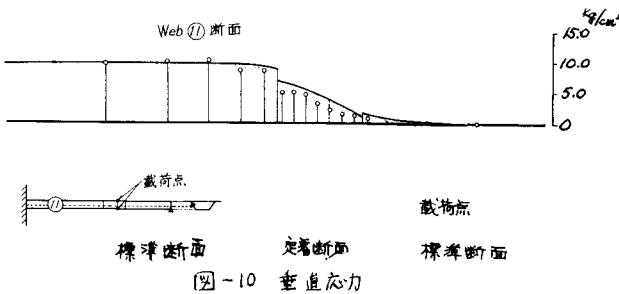


図-10 垂直応力

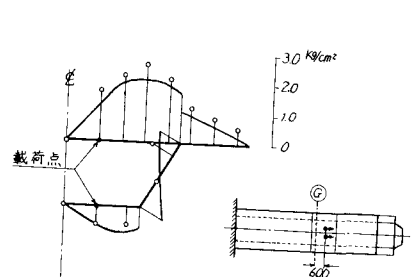


図-13 せん断応力

7 結論

以上淀川新橋のケーブル定着点付近の応力伝達状況について全体模型実験の概要を述べ、実験値と理論値との比較検討を行った。その結果両者はよい一致を示し、この種の問題に有限要素法が有効であることを確かめた。また、部分模型術との関連における実橋の解析については別の機会に報告する予定である。なお、本実験を遂行するにあたって常に適切な助言と御指導を賜った京都大学小西一郎教授と実橋設計にあたっては多大の御後助を賜った建設省道路局下川専門官ならびに杉山課長補佐に謝意を表する次第である。