

橋梁下に構造物を作る場合における既設橋脚の 受け方に対する一考察

石 田 一 郎*
河 野 康 雄**

要 旨 ラーメン等の既設橋梁下に構造物が計画される場合、橋礎並びに橋脚一部が新設構造物の構築に支障となり、これを撤去して盛換えをしなければならないことがある。この場合、従来多くは仮足場により橋梁を支え、既設橋梁の支障部分を取壊して橋脚直下に新しく桁等を渡し、これにより脚並びに上部荷重を受けさせるような方法が行われてきた。本報告は仮足場等の繁雑な手段をばいいて、単に既設橋脚の面の一部を削り、この面をくんで新しい桁を打ち、下部支障部分を取り壊し、すなわち新しい桁により既設橋脚をクサビ型に受けとめるように計画したもので工事の施工をいちじるしく簡素化したものである。

本工法は帝都高速度交通営団が建設した、東京地下鉄の有楽町付近における国鉄との立体交叉に計画したもので、この設計の概要を示したものが 付図-1 である。

本設計に見るとくラーメン柱をかかえる構造により受ける方法は従来実施例がなく、一方その利用範囲も多く、本構造の解析は将来この種の設計の資料としての意義も深いものと考え、構造物としての強度を確かめる一方、コンクリート供試体に対し電気抵抗によるヒズミ測定を行い、載荷時における応力分布の状態を明らかにしようとした。

なお本試験には光弾性実験もあわせて行つた。

1. 実験の目的

実験の目的を次の事項に置いた。

(A) コンクリート供試体の部

- (1) ラーメン柱受部において載荷時柱が桁より突抜けるかどうか。
- (2) ラーメン柱受部の破壊の鉄筋に働らく応力を知る。
- (3) ラーメン柱受部の破壊はどこから起るか。
- (4) ラーメン柱受部が設計荷重の3倍程度もつかどうか。
- (5) 桁にねじれが働らくかどうか。

(B) 光弾性実験法の部

- (1) 主応力の方向を知る。
- (2) 構物の造主要部分の周辺応力を知る。

(3) 最大セリ断応力度の分布を知る。

2. コンクリート供試体載荷試験

(A) 試験荷重の決定

桁受部に作用する最大の荷重は活荷重衝撃および死荷重を含めて 284 t となるので、これを基礎に荷重を定めた。原設計と相似な、しかもなるべく最小な模型を作る意味において、市販鉄筋の最少 9 mm 並びに設計上の使用鉄筋 32 mm との比 9/32 を模型決定の比率として採用した。

従つて模型に対する荷重は

$$284 \times \left(\frac{9}{32}\right)^2 = 22.5 \text{ t}$$

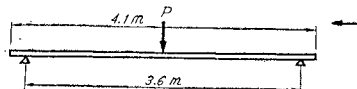
とした。

(B) 供試体の製作

ラーメン柱およびラーメン柱受部は原設計の 9/32 の断面を有するように設計したが、桁部は原設計と離れてラーメン柱受部が原設計に対応する荷重 22.5 t の3倍として、上の載荷試験に耐えうる程度の構造で別途設計した。もちろん Bond の関係上ラーメン柱が柱受部に埋設される高さは 9/32 の比率は必要であるので、桁を破壊にまでもつてゆく関係上、鉄筋量のみを変化させた。以下桁の設計計算を示す。

支間は試験機に適合されるように 3.6 m とし、全長 4.1 m と決定し (図-1 参照)、桁の破壊荷重は 80 t とした。

図-1



$$M_u = A_s \cdot f_y \left[d - \frac{A_s m}{2b} \right]$$

M_u : 破壊曲げモーメント

A_s : 引張鉄筋断面積

f_y : 鉄筋の降伏点強度

(=2600 kg/cm² とした)

d : 有効高 (桁)

$m = f_y / 0.85 f_c'$

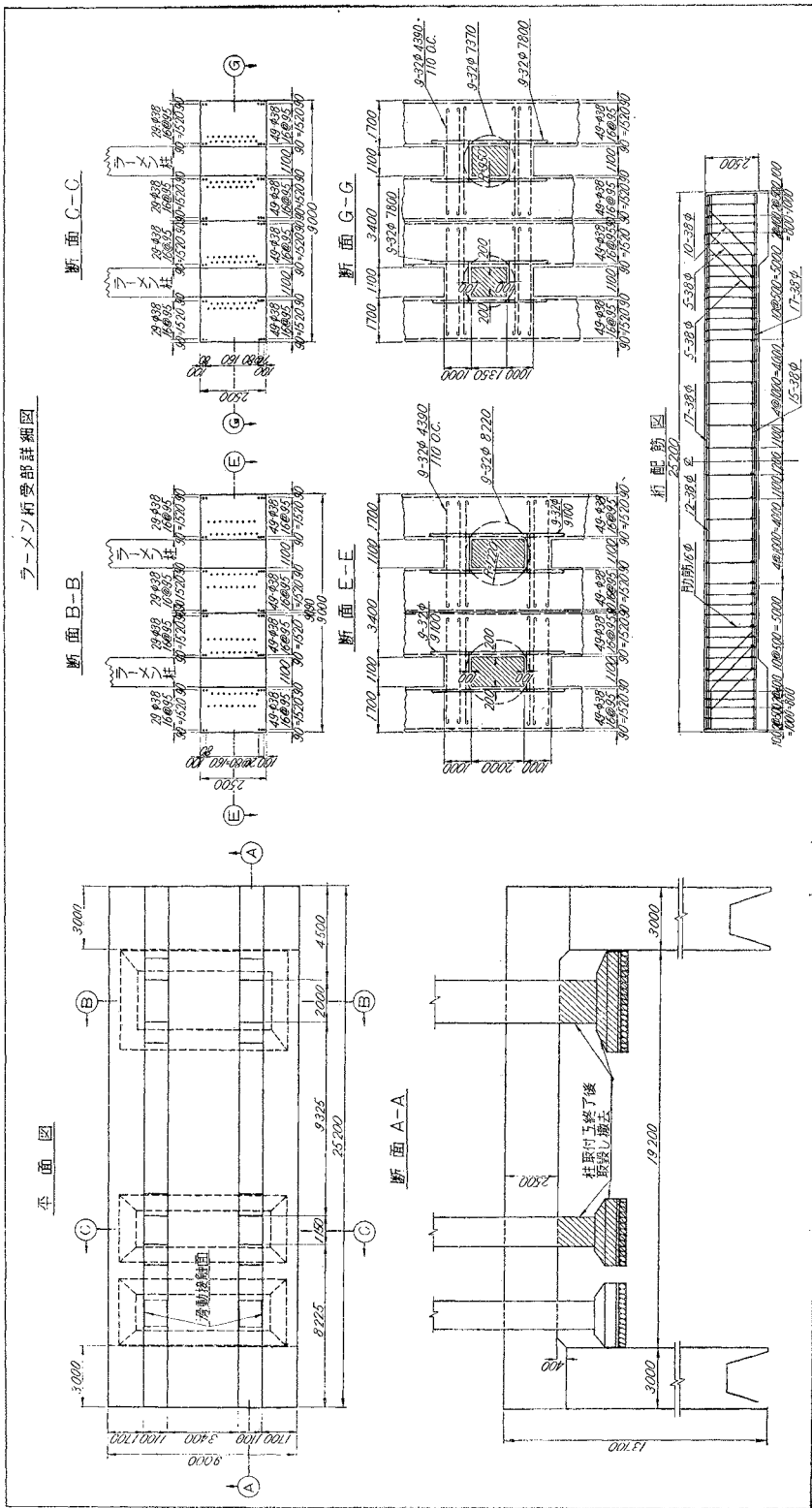
f_c' : コンクリートの 28 日強度

(=210 kg/cm² とした)

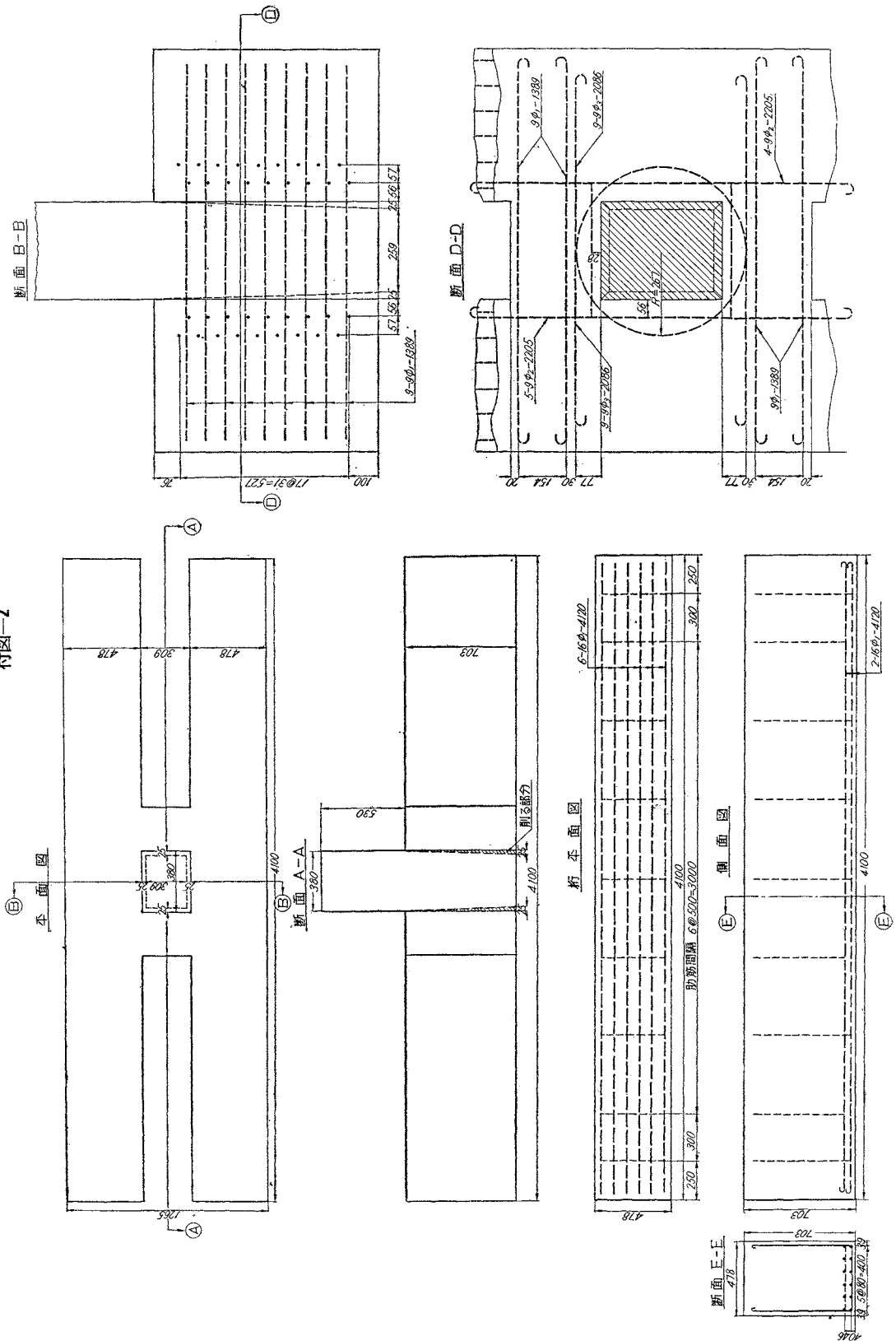
* 正員 国鉄東京工務局次長

** 正員 パシフィック・コンサルタンツ KK 常務取締役

付図一-1



付图-2



b: 桁幅

活荷重によるモーメント $M_l = 36 \text{ t-m}$

死荷重によるモーメント $M_d = 1.3 \text{ t-m}$

∴ $M = M_l + M_d = 37.3 \text{ t-m}$

$m = f_y / 0.85 f_c' = 14.6$

$A_s = 23.7 \text{ cm}^2$ ゆえに 16 mm ϕ 12 本

せん断力 鉄筋比 $P = 0.0067$

$i = 0.880$

$s = 21.6 \text{ t}$

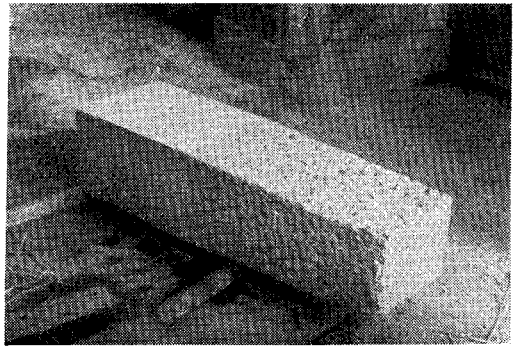
$\tau = 8.0 \text{ kg/cm}^2$

従つて斜引張鉄筋および助筋を必要とするが 80 t で破壊させる意味においてこれを省略し組立筋程度とした。設計図は 付図-2 のとおりである。

柱は現存するラーメン柱を意味するので多少でも材令の差を考慮して容積配合 1 : 2 : 4 Slump 10 cm のコンクリートにより桁打設前に別個に製作した。柱のクサビ部の面削りは既設橋脚の鉄筋のかぶりが 10 cm であるのでカブリー一杯に削るものとして、模型ではその 9/32 の 2.81 cm に取つた。

写真-1 は柱および面削面の状況を示す。ラーメン柱受部および桁部コンクリートは試験の関係上、建設省土木研究所大型実験室床版試験機内で打設した。柱の断面はワイヤーブラシで浮石を十分かき落とし、桁並びに柱

写真-1



受部型ワク内に据付け、桁コンクリート打設に先だちセメントペーストを塗布し、柱周囲のコンクリートの突固めは十分に行つた。

コンクリートは 1 m^3 当り

セメント 335 kg $G/S = 1.5$ スランプ 5 cm とした。

写真-2 は柱の据付けおよび桁の型ワクの状況を示す。柱および桁コンクリート打設に際してはテストピース各3コを取り、これよりヤング率を次のように決定した。

$E = 150\,000 \text{ kg/cm}^2$

E が比較的小きな値を示しているのは細骨材の一部に粘土分を含有していたためである。

図-2

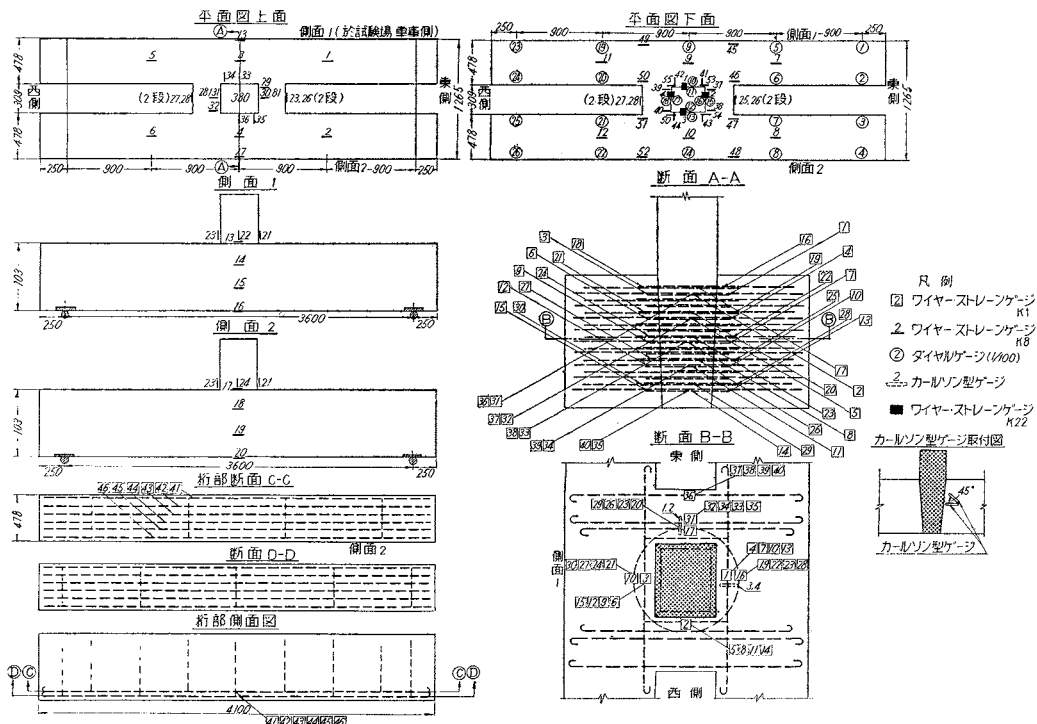
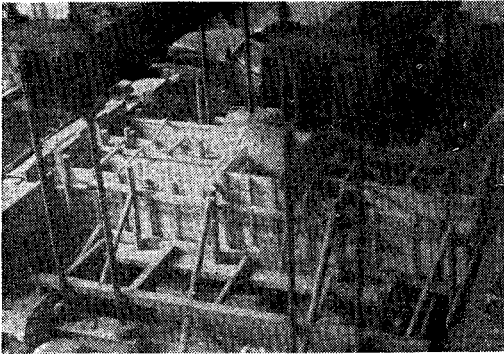


写真-2



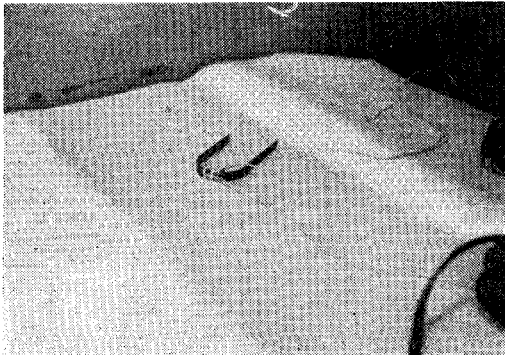
3. 応力測定位置並びに測定器具とその装置

応力測定位置を次のごとく定めた (図-4 参照)。

- (a) 供試体外面
- (b) 内部主要鉄筋
- (c) 柱のクサビ部分の周囲 (内部2カ所)

応力測定のためにはワイヤー ストレイン ゲージを貼布したが、柱と柱受部との接着部は桁のタワミとともに Bond が切れて大きなキレツを生ずることも考えられるので、そのときは伸びが大きく、従つてワイヤー ストレイン ゲージでは測定不可能となることも考えられるので 写真-3 のごときU字型のゲージを装着した。また鉄筋表面にワイヤー ストレイン ゲージを貼布する方法は従来信頼しうる資料を得た例は少ないが、他に適当な方法も見当たらないため特に防湿に意を用いて使用した。

写真-3



カールソン型ヒズミ計は主応力の方向に一致させればよいが、一応 45° に傾けて埋設し、後述する光弾性実験法により、主応力の方向が判明してから補正することとした。

またダイヤル ゲージ は柱の突抜け、桁のねじれを測定する意味において 26 コを取付けた。

4. 載荷試験

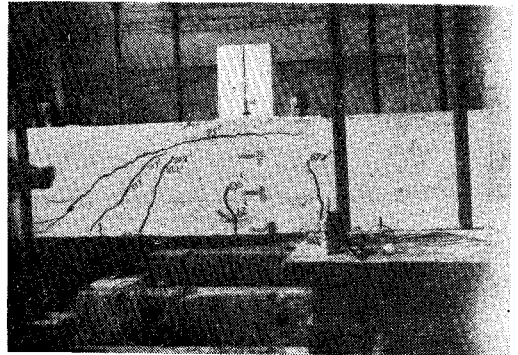
建設省土木研究所の大型実験室床版試験機により行つた。本試験装置は1基では約 50 t までしか載荷できず、

従つて破壊まで載荷するには2基同時に使用する必要がある。このため荷重の偏心に対しては十分なる載荷点の補正を行い、1基並びに2基同時に使用する場合の載荷条件を同じにするよう注意をした。

5. 破壊の状況

荷重 60 t 前後よりキレツを生じマンオメーターの読み 219(78 t) に至り、桁部が斜引張応力のため 写真-4 のごとく破壊した。

写真-4

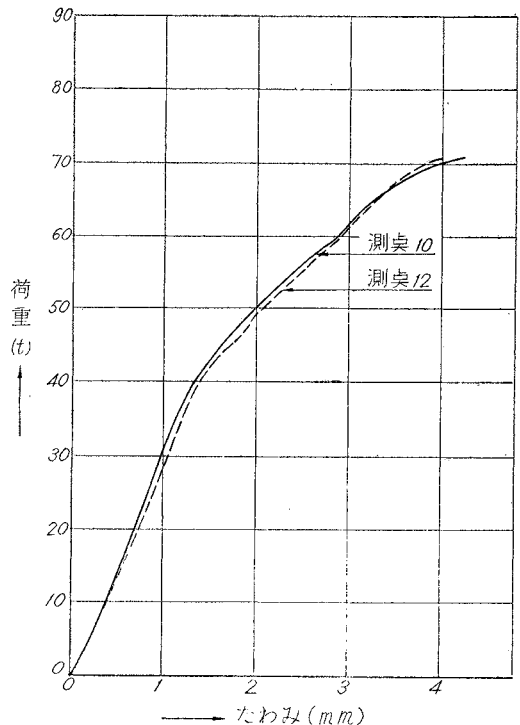


6. 測定結果

(A) タワミ

桁中央部におけるタワミは 図-3 のとおりで、荷重 70 t で約 4 mm 程度であつた。

図-3



(B) 鉄筋およびコンクリートの応力

インジケーターの示す値に鉄筋ヤング率 $2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ を乗じて得た応力を一例として図示すると、図-4のごとくなる。いまこの図表の測点44を見ると、曲線は荷重が約35t前後より急上昇しており、この付近でコンクリートの引張応力がキレツのため0となり、以後鉄筋が応力を負担したものである。この測点に相当

図-4

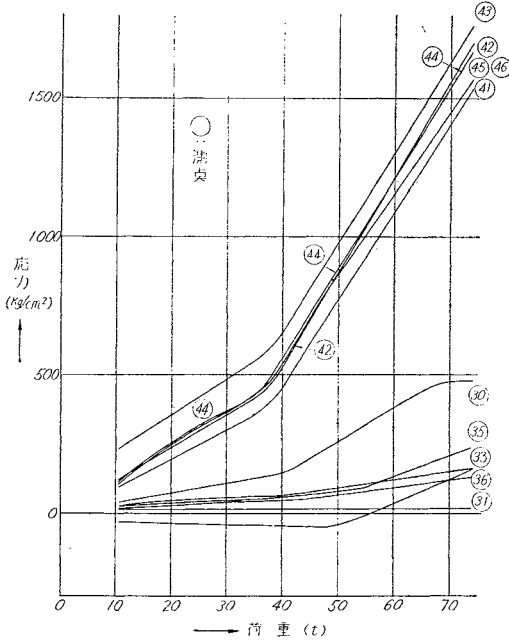
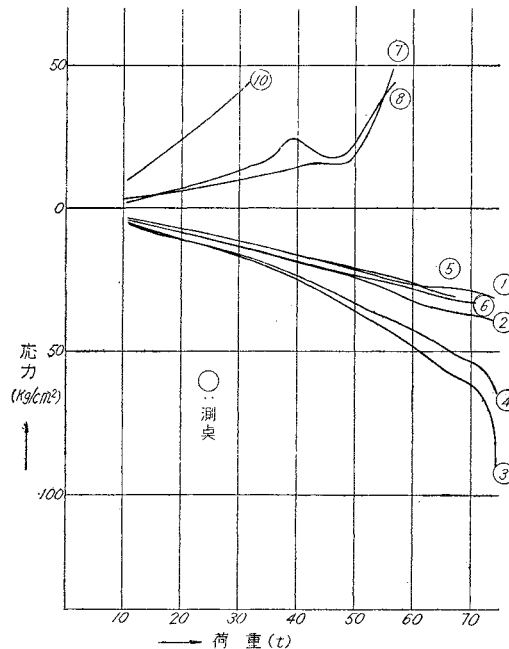


図-5



するコンクリート表面測定位置 10 の曲線を見ると (図-5 参照) 荷重が 32 t 前後で約 44 kg/cm^2 の応力を示しており、これはキレツの生ずべき応力であり鉄筋における応力変化の状況と一致している。

他の点についても同様の観察を加えると、おおむね上記のような傾向を示しており、本測定による測定値が比較的信頼すべき値であることを裏書きしている。

7. 光弾性実験法による研究

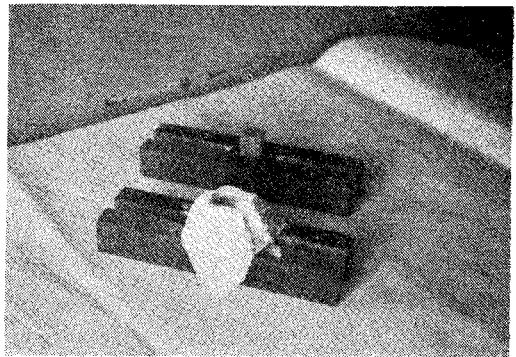
供試体の応力測定は供試体が1コであるためと、前述のごとく鉄筋における応力測定の不信頼性等より、これを補足する意味において光弾性実験法を行った。光弾性により三次元的応力状態を厳密に求める方法として現在二、三の方法が考案されているが、いずれも相当の手数を要し短時日では行い得ない。今回は応力凍結法を行い供試体を薄片に截断し、そのおのおのについて二次元的に取扱うことにした。

(A) 模型製作

材料としては Araldite Type B (凍結温度 120°C , E (20°C) = 27 kg/mm 感度 $\alpha=40$) を用いコンクリート供試体の $1/26$ の大ききで模型を作製した。模型製作には柱の部分がクサビとして作用するか、柱断面の bond あるいは摩擦が大きく、従つて柱と桁が一体となつて働くかにより2つの Type すなわち

- A 柱の突出せる部分を別に削つてケタ部の上に乘せて張り合わせたもの
- B 桁と柱受部を一体につくり、中央に穴をあげ柱部は別に Araldite を流し込んで成形した (写真-5)

写真-5



ものを考え桁に平行および垂直方向に截片を取るため各2コを作製した。

実験の結果は、A, B 両 Type とも大きな相異を示さなかつたので、本報告には B Type のみにつき、その結果を記した。

Type	供 試 体	
A	No. 1	No. 3
B	No. 2	No. 4

(B) 光弾性縮写真撮影

凍結を完了した模型は次のごとく切断截片とし、光弾

性撮影装置により等色線を観察した。

図-6

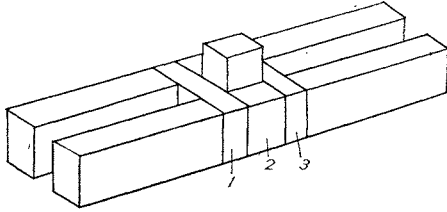


図-7

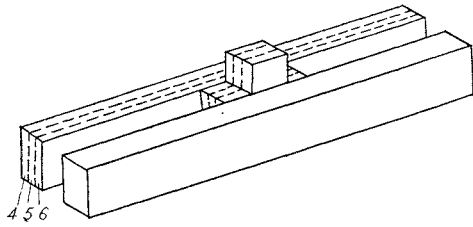
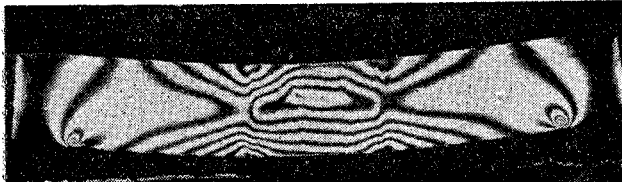


写真-6,7 は、それぞれ 図-6,7 の截片 1.2.6 を取り撮影したものである。

写真-6



写真-7



(3) 等傾線の観察

等傾曲線は光弾性撮影装置より 1/4 波長板をとり除き偏向子の角度を 10° ずつ回転して現われる暗線を撮しとつて得た。図-8 は 図-6 の截片 1.2 より得たものである。

(4) 主応力曲線の決定

主応力曲線はこの曲線への接線が常にその接点での主

図-8

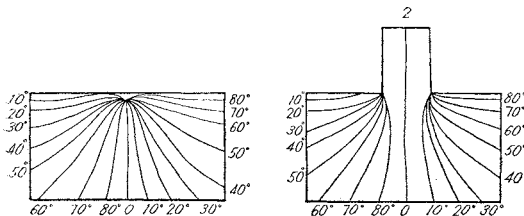
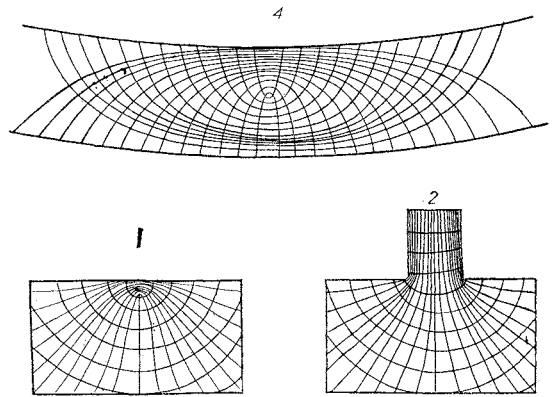


図-9



応力軸に一致するような曲線である。これは前記等傾線を元にして画くことができる。図-9 は 図-6, 7 の截片 1.2.4 に対する主応力曲線図を示したものである。

(5) 周辺応力の測定

縮写真より周辺応力を求めるには次の式を使用した。

$$\sigma = \frac{n}{\alpha t}$$

σ : 周辺応力

n : 縞次数

α : 光弾感度 = 40

t : 截片の厚み (mm)

またコンクリート模型と模型と Araldite の応力の関係は次式

$$\sigma_p = S \times \frac{W_p}{W_m} \times \sigma_m$$

σ_p : コンクリート模型の応力 (kg/mm²)

S : Araldite 模型とコンクリート模型の荷重面積の比

W_p : コンクリート模型の荷重

W_m : Araldite 模型の荷重

σ_m : Araldite 模型の周辺応力 (kg/mm²)

により 80 t の荷重を受けた場合につき応力の算定を行った。

図-10,12 は桁並びにその直角方向の応力の状況を示したものである。これによれば最大せん断応力度は柱を取りまくコンクリートの外部の桁に生じていることがわかる。

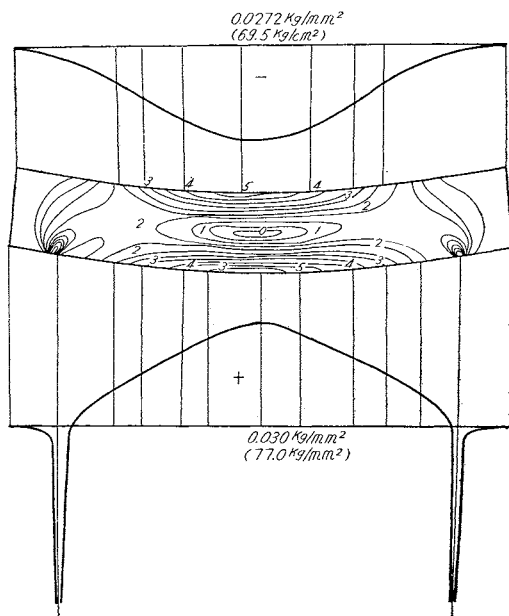
8. 結言

以上により本工法に対する実験の概要を記したが本実験の結果を要約すると次のとおりになる。

(1) ねじれ

桁におけるねじれは、下面に取付けたダイヤルゲージにより判定できるが、測定結果はこの程度の荷重と径間のもとではいちじるしいねじれは認められない。

図-10



(2) 柱の桁よりの突出

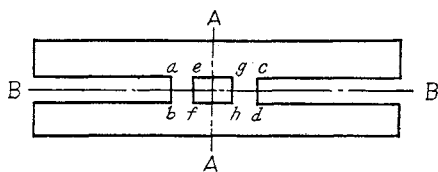
ダイヤルゲージの沈下の測定結果より考えこの傾向はなんら認められない。

(3) 本構造の弱点部

柱に荷重のかかった場合、荷重は柱支持部のコンクリートに伝達される。このため柱を囲繞するコンクリート部には Ring 筋が挿入されたが、この鉄筋には桁としての曲げによる応力がいちじるしく現われ、囲繞筋としての柱よりの荷重による引張りはあまり認められない。

光弾性実験結果では柱と柱受部の境界に応力が集中し

図-11



たほかは図-11 abcd の部分が応力が大きくなっている。引張側では同様に下面の abcd が最大となっている。

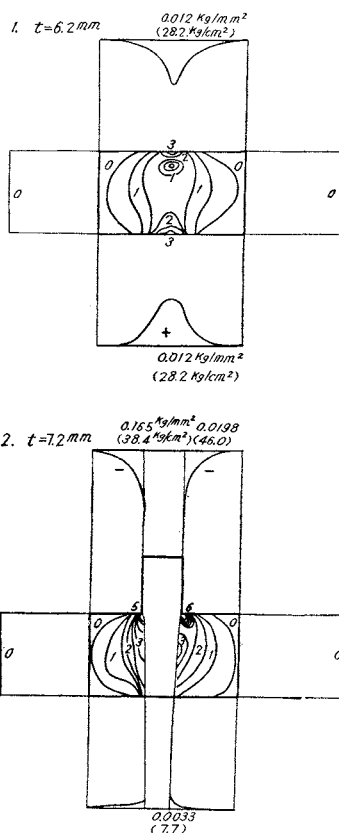
一方キレットの状態を見るといづれも abcd より発生しておりこの部分が弱点となつている。従つて柱と柱受部は Bond さえ十分ならば、なんら弱点を形成しない。

これを要するに柱と桁との接合部におけるコンクリートを十分慎重に施工すれば柱と桁との

間には、十分の Bond が考えられ、本実験の範囲より考え、少なくとも設計荷重の3倍くらいの範囲においては柱と桁とが一体となつて働いていることがわかる。

本実験より新旧コンクリートの間の Bond を実験的に求め荷重に対する所要断面を算定すれば荷重状態により多少の差はあるが本工法に対する柱受部の断面を決定できる。建造物の密集した都市の現況において今後施設される地下構造物に対する一工法として本工法の利用範囲は大きいものと考え、ここに本工法の概要と応力分布を記してこの種工法の参考としたものである。

図-12



三笠

コンクリート パイプ



建築工事用
砂防橋梁用
ダム堰堤用
道路舗装用
(モーター式・エアー式
エンジン式各種)

本社 東京都中央区八重洲4の5
営業所 TEL (28) 8673~4・9978
工場 群馬県館林市成島 2042 電話 館林 221


三笠産業株式会社