

プレストレストコンクリート2径間連続下路鉄道橋の載荷試験 (総武線中川橋梁の架設工事において実施した模型実験)

日本国有鉄道 九州支社 次長 (元東一工 次長) 鳥羽 秀雄
構造物設計事務所 主任技師 尾坂 芳夫

1. 実験の計画

(i) 実験の目的

総武本線新小岩平井間に スパン $35\text{ m}+45\text{ m}+35\text{ m}$ の3径間連続複線用プレストレストコンクリート下路鉄道橋が架設されるにあたり、その設計上の問題点を明らかにし、対策を講じるため、模型実験を行なった。

(ii) 模型げたの構造寸法

模型げたの構造寸法は、図-1 ~~および表-1~~ のようである。

中川橋梁は 前述のように 3径間連続下路橋であるが、模型げたは、図-1 のように、2径間連続下路げたとした。これは、2径間連続下路橋の諸性状を明らかにすることにより、その結果および前項の単純下路げたの諸性状から、3径間連続下路橋の性状を判断でき設計上の資料を得ることができると考えたことによるものである。

(iii) 荷重状態および載荷方法

試験に用いた模型げたの荷重状態は 図-2 および表-1 のようである。

荷重状態B₁~B₆は 単線載荷状態における下路橋の性状を検討しようとするもので、このうち荷重状態B₅は 単線全載の状態である。荷重状態B₆は、実際には殆んどおこり得ないものであるが、連続下路橋の性状を検討する目的で、これを用いた。

荷重状態Dは 列車が橋梁上で交又する状態で載荷した場合の下路橋の性状を検討するためのものである。

荷重状態-Cは 実際の橋梁には殆んどおこらない荷重状態であるが、荷重状態B₆と同様に、連続下路橋の性状を検討する目的で、これを設定した。

荷重状態Aは 荷重が全載した状態における下路橋の性状を検討する目的のものである。荷重状態-Eは 荷重状態Aと同じものであるが、表-1 に示すように、最終回の載荷試験で、荷重の大きさを：けたが破壊するまで 増加した。

また、中川橋梁は 3径間連続げたであるから、支桌の沈下が生じると そのため危険な応力状態が生じることが予想される。それで、支桌沈下の影響を検討するため、表-1 に示すように、中間支桌を64mmだけ沈下させ、変形およびひずみの状態を検討した。この場合、中間支桌を支持する橋脚が沈下傾斜した場合の下路橋の性状を検討するため、また、連続下路橋のねじり強度を検討するため 中間支桌の支承の一方だけを沈下させた試験AS、Bも、あわせて 実施した。

2. 試験に用いた材料の性質

(i) モルタル

模型げたは、~~前項の~~ 工事にふいて実施した試験会 荒川橋梁におけると同様に、大きい変形を得ることのため、人工軽量骨材を用いたモルタルによって、これを、製造した。モルタルの配合は 表-2 のようである。また、使用したメサライトの性質は 表-3 のようである。

円柱試験体の圧縮強度、ヤング係数、ポアッソン比等は 図-3 のようである。

(ii) 鋼材

プレストレスの導入に用いた鋼材は PC 鋼棒(φ11.2およびφ9)で ~~その諸性質は 表-4 のよう~~ ~~である。~~

(3) 試験結果

(a) 変形およびたわみ

図-4 は、各種の載荷状態における模型げたの変形状をあらわしたものである。図-4 (a) は プレストレスを与えた直後のけたのそりを示すものである。図-4 (b)および(c)は、図-2 の各種の載荷状態における左右の主ばりの鉛直たわみを示したものである。左右の主ばりは それぞれ 主ばり-Yと主ばり-Kとして示してある。

図-4 (d)は、主ばり上突縁の水平たわみ δ_H および主ばりの回転変形を示したものである。主ばりの回転変形 θ は 上突縁の水平たわみ δ_H を主ばりの高さ h で除した値である。

床スラブの全面に等分布荷重が載荷する場合(載荷状態-AまたはE)、主ばりの鉛直たわみは それぞれのスパンの中央付近で最も大きい値となり、鉛直の曲げモーメントも最大となると思われるが、主ばり上突縁は けたの全長にわたり ほぼ一定の水平たわみを生じ、したがって、上突縁はこの状態で 殆んど水平の曲げモーメントをうけない と考えられる。

図-5 は 中間の支桌を 6.8 mm 沈下させたときの主ばりのたわみである。主ばりのたわみ曲線は、主ばり-Yのみが沈下した場合、主ばり-Yと主ばり-Kとが沈下した場合、それぞれの場合に床スラブ全面に荷重を載荷した場合(載荷状態-A)について、示した。この支桌沈下量は、スパンの L_{30} (けた長にたいして L_{500})程度であるが、この場合 けたは 十分に弾性的な性状を示した。

図-6 は 試験げたまたは主ばりのねじり変形を示したものである。試験げたのねじり回転 ϕ は、左右の主ばりの鉛直たわみの差を主ばり間隔で除したもので、ねじり角は スパン方向の単位長さあたりの ϕ の変化量 $\frac{d\phi}{dx}$ を、測定結果から 計算によって求めたものである。主ばりのねじり角 θ_{tw} も 同様の方法で 求めた。

図-7 ~図-14 は 各種の荷重状態における試験げた各部のひずみの測定結果および これより計算で求めた応力度を示したものである。応力度の計算には、コンクリートのヤング係数 $E_c = 0.15 \times 10^4$ 、ポアッソン比 $\nu = 0.2$ とした。

図-7 は 床スラブ上下面における橋軸方向のひずみを 2.3の断面について 示したものであり、図-8 は 橋軸直角方向のひずみを示したものである。図-9 は これらの結果から 計算で求めた床スラブ上下面の橋軸方向の応力度であり、図-10 は これより求めた床スラブ中央面の

応力度である。

床スラブは 主ばりの引張下突縁として作用するほかに、床スラブ上の荷重を主ばりに伝える“スラブ”として、作用する。床スラブ上下面の橋軸方向の応力度は この2つの作用による応力の影響もうけていると考えられ、スラブ中央面の応力度は 主ばり引張下突縁としての作用をあらわすと考えられる。したがって、図-7 の橋軸方向応力度から 図-10 の中央面の応力度を減じて得られる応力度は 床スラブのスラブ作用による曲げ応力をあらわすものと考えてよい。図-11 は このようにして求めた 床スラブの橋軸方向曲げ応力度をあらわすものである。

図-12 ~図-14 は 床スラブの橋軸直角方向応力度の状態を示すものである。図-14 にみられるように 床スラブ中央面に 多少の橋軸直角方向応力度が作用することが認められる。

図-15 は、橋りょう上の中間支桌の位置で 上下線の列車が交差しよとする状態(載荷状態-D)における けた支桌附近の主応力度を ひずみの測定値から計算で求めたものである。この計算では、コンクリートのヤング係数 $E_c = 0.17 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ 、ポアッソン比 $\nu = 0.2$ とした。

図-17 は 試験げたのひびわれと破壊の状態を示している。この破壊は 載荷状態-E(全面載荷)で生じたもので、床スラブが スラブの中心線にそって正の曲げモーメントによる と考えられる。

床スラブが その中心線にそって破壊し、破壊線が けたの全長にわたって延び始めた直後に、主ばりは 中間支桌附近の断面で ねじり破壊を生じた。このねじり破壊は 床スラブ中央の破壊線が、けた端から延びて中間支桌附近に達したときに 突然 発生したものである。

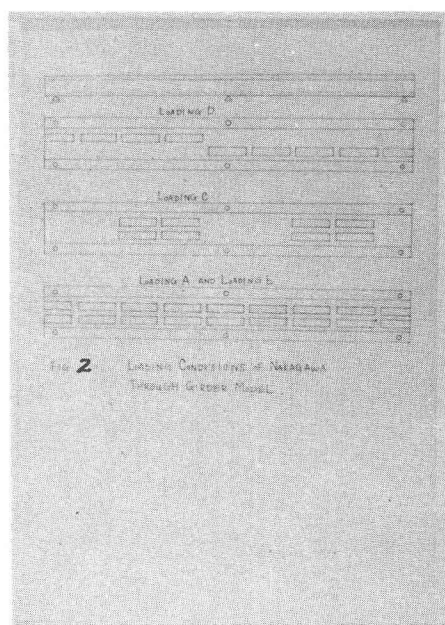
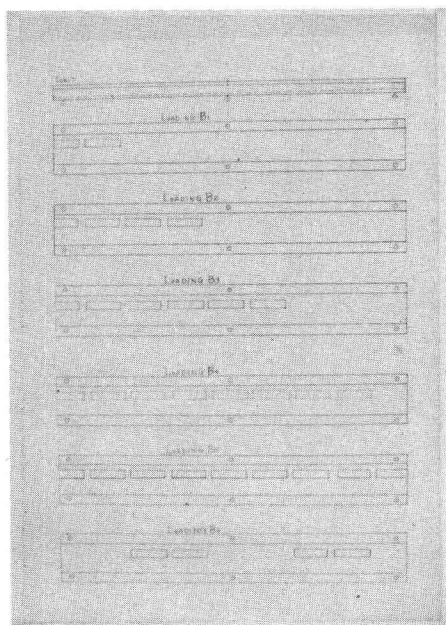
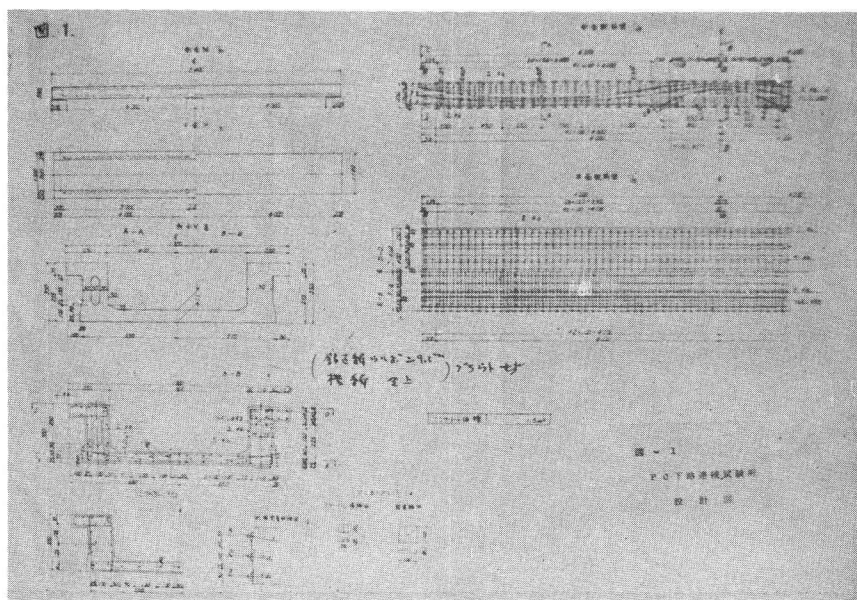


圖-2

LOADING CONDITION	SUPPORTING CONDITION	LOADING STEP (kN)	NOTE	
B ₁	(NORMALLY SUPPORTED)	0 4 8	B ₁ R ₈	MEASURED 2 TIMES
P ₁		0 4 8	B ₁ T ₈	3
P ₂		0 4 8	B ₁ T ₈	2
P ₃		0 4 8	B ₁ T ₈	2
P ₄		0 4 8	B ₁ T ₈	2
P ₅		0 4 8	B ₁ T ₈	1
D		0 4 8	D ₁ R ₈	MEASURED 2 TIMES
C		0 4 8	C ₁ R ₈	MEASURED 2 TIMES
A		0 4 8	A ₁ R ₈	MEASURED 3 TIMES
	S ₁	0 4 8	A ₁ G ₈	MEASURED 1 TIME
	S ₂	0 4 8	A ₁ S ₂ P	MEASURED 1 TIME
E	P ₁	0 4 8 12 14 16 22 (Collapsed)	E ₁ U ₄	

LOADING B₁-B₅ ONE-SIDE TRACK LOADING (SEE FIG)
LOADING D PRESSING-BY LOADING (SEE FIG)
LOADING C PARTIAL SPAN LOADING (SEE FIG)
LOADING A FULL LOADING (SEE FIG)
LOADING E ULTIMATE LOADING (SEE FIG)
 π EACH SUPPORT IS NOT SETTLED
 S_1 ONE SHOE OF MIDDLE SUPPORT IS SETTLED BY 6.4mm
 S_2 BOTH SHOES OF MIDDLE SUPPORT ARE SETTLED BY 6.4mm

TABLE 1 LOADING CONDITION OF NAKAGAWA THROUGH GIRDER MODEL

TABLE 2 MIX PROPORTION OF MATERIAL USED IN NAKAGAWA THROUGH GIRDER MODEL

MATERIAL	UNIT	QUANTITY	UNIT WEIGHT OF MATERIAL (g)	QUANTITY	REMARKS
CEMENT	kg	4	315	1260	PLASTER
SAND	kg	25	1600	40000	ABR

TABLE 3 PROPERTIES OF PRELATE FINE AGGREGATE

UNIT WEIGHT	UNIT	FINENESS	Absorption
1.38	1.120	281	16.9

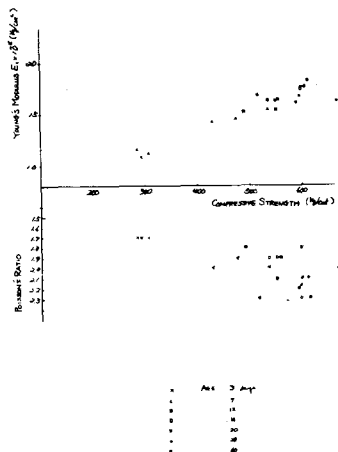


Fig 3 Residuals of Laboratory Assessment Method used in Numerical Tension Grout Mass.

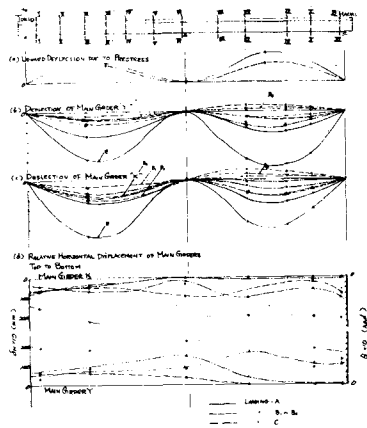


Fig 4 Deformation of Main Girders under various loading conditions.

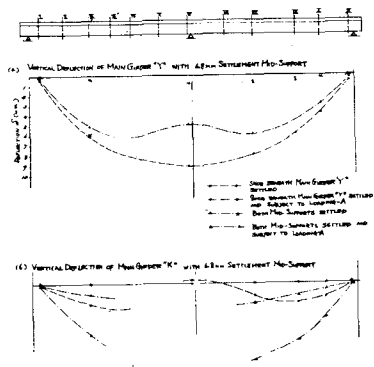


Fig 5 Vertical Deflection of Main Girders with 4.3mm Settlement of Mid-Support

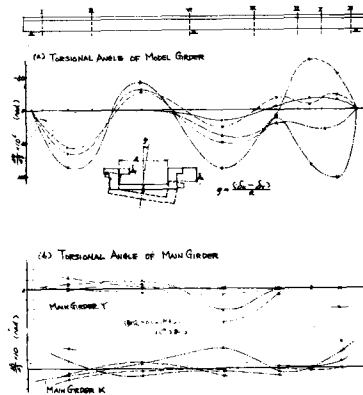
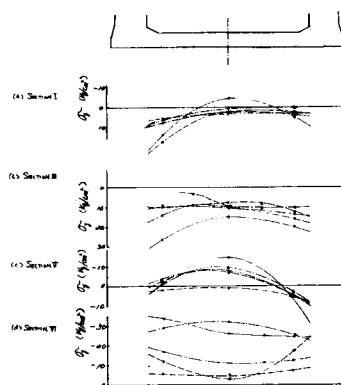
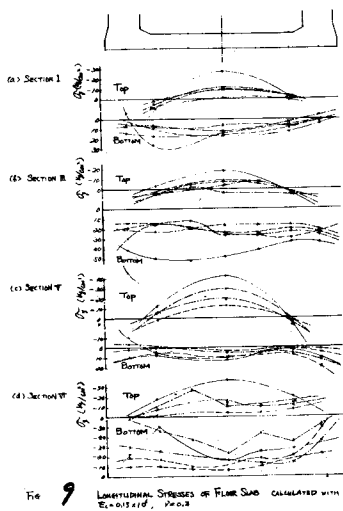
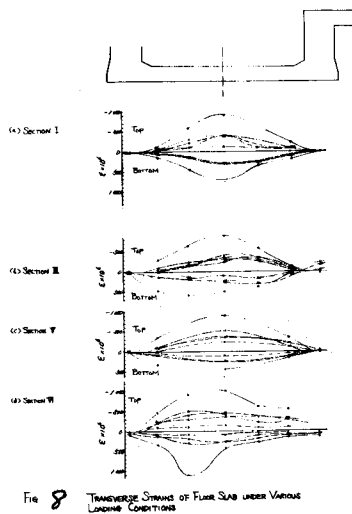
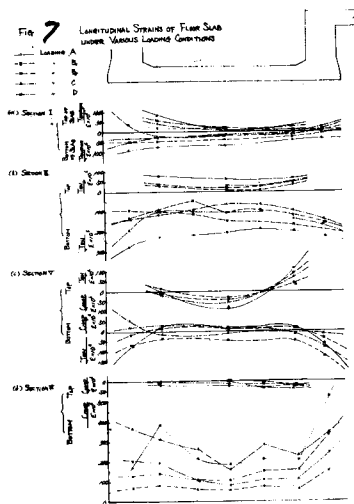


Fig 6 Torsional Deformation of Model Girders and Main Girders



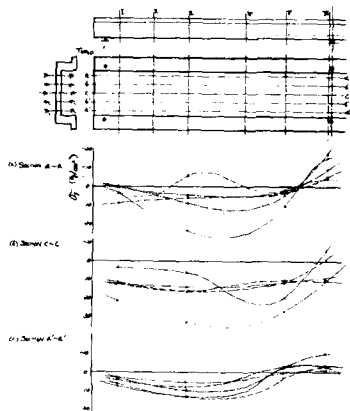


Fig 11 Longitudinal Bending Stresses of Floor Slab

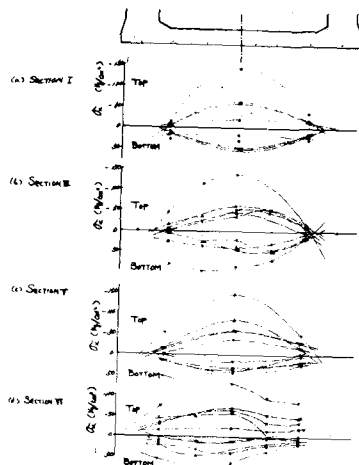


Fig 12 Transverse Stresses of Floor Slab

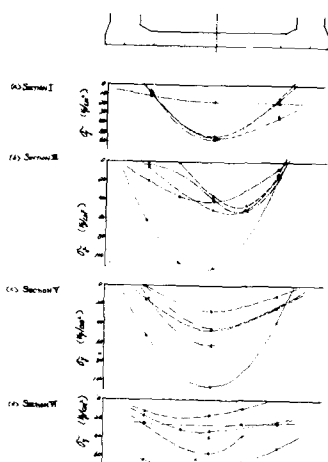


Fig 13 Transverse Bending Stresses of Floor Slab

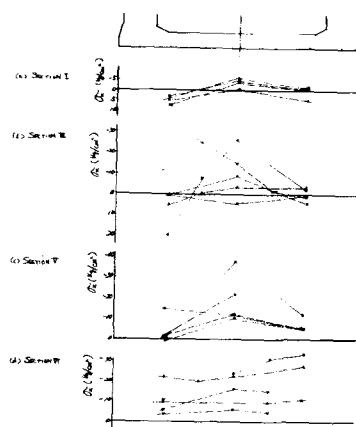


Fig 14 Transverse Stresses of Floor Slab at Mid-Plane

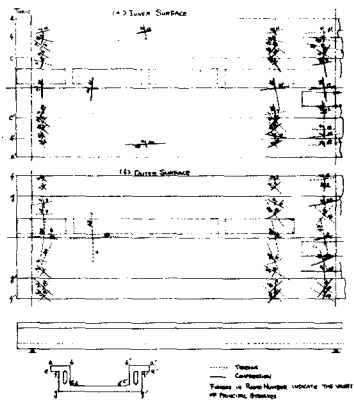


FIG 15 PRINCIPAL STRESSES ON THE SURFACE OF MODEL GIRDER DUE TO LOADING D (See Fig. 14) CALCULATED WITH $E = 29,000,000$ PSI, $\mu = 0.28$

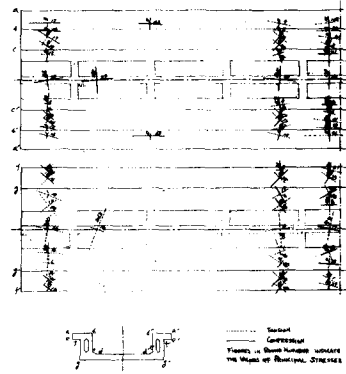
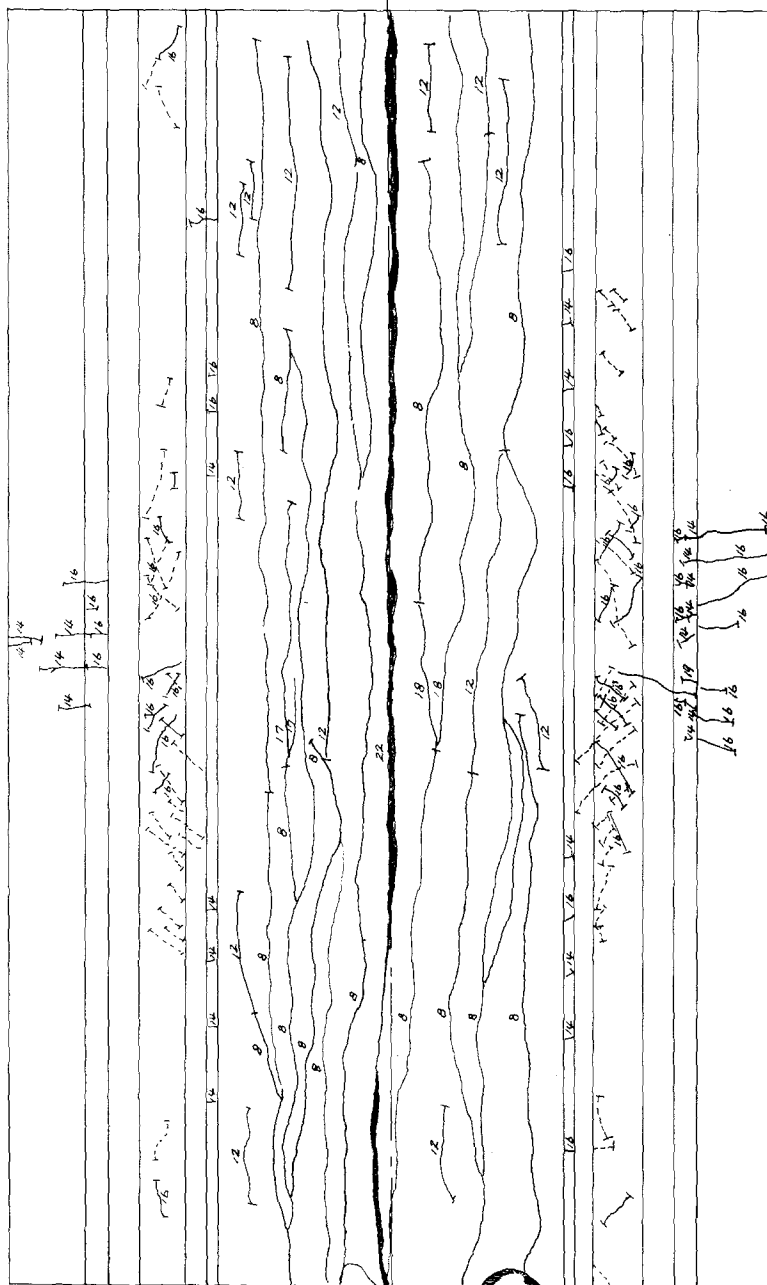


FIG 16 PRINCIPAL STRESSES ON THE SURFACE OF MODEL GIRDER DUE TO LOADING A (See Fig. 14) CALCULATED WITH $E = 29,000,000$ PSI, $\mu = 0.28$

山 劍
八 壬子



川 側 図中の数値はジャッキ台の τ 数を表わす。
…… は16本の載荷以後生じたひびわれ

图-17