

国鉄矢作川橋の機関車走行試験

宮 崎 弘*
只 野 直 典**

1. ま え が き

国鉄東海道本線矢作川橋梁は、明治 21 年に建設されたもので、近年その老朽化に対して年々補強を行ってきたが、今回レオンハルト工法による PC 連続桁の架替えが実施され、昭和 40 年 5 月にしゅん工した。

本橋は、最長支間 50 m をふくむ長大 PC 橋梁であり、この施工にあたって各種の諸測定を行なったが、さらに開通にあたって D 51 機関車重連よりなる走行試験を行なった。以下走行試験時の上部構造のコンクリートひずみ度および桁のたわみなどについての動的および静的測定について報告する。

本橋は、甲乙丙三種のタイプの連続桁で構成されているが、測定はそのうちのスパンの大きい甲桁および乙桁下り線について行なった。

2. 上部構の構造概要

設計荷重 KS-18 にて設計し、橋長 466.35 m、甲桁は 50 m + 50 m の二径間連続桁で東京方に位置し、乙桁は 45.8 m + 46.4 m + 45.8 m の三径間連続桁で 2 連あり、丙桁は 40 m + 40 m の二径間連続桁で大阪方に位置して

いる。断面は箱型断面で、桁高は 3.05~2.85 m あり、腹部厚さは標準断面部で 40 cm である。

PC 工法としては 3/8 in ワイヤーストランドを集約して用いるレオンハルト工法を用い、緊張力は甲桁 4000 t、乙桁 3300 t、丙桁 2600 t であり、緊張方法は、緊張ブロックを用いて片端および両端緊張方式をとった（図-1 参照）。

3. 測定方法

(1) 動的試験

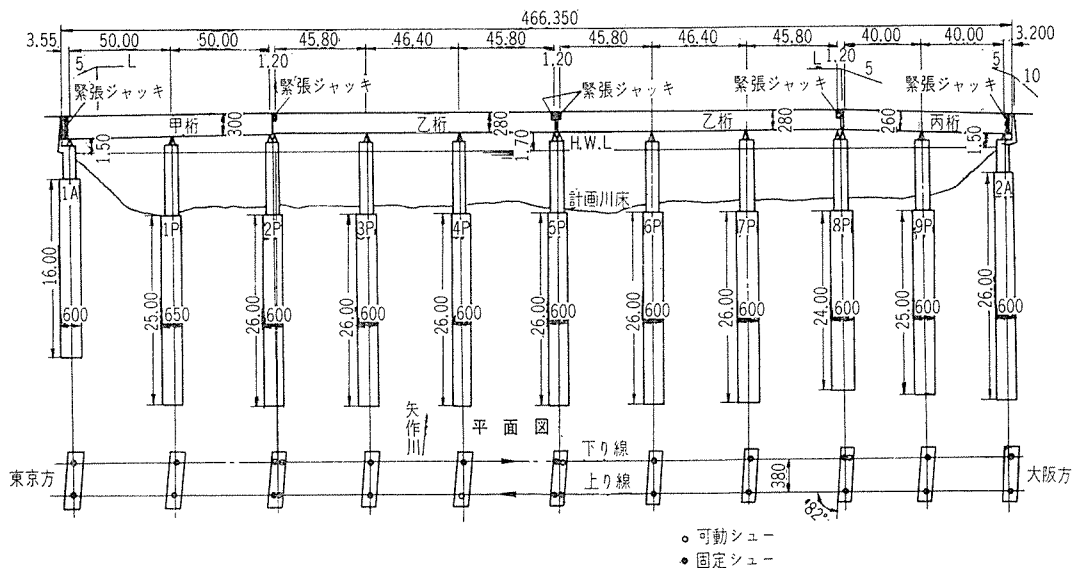
動的試験としては、甲桁下り線（50 m + 50 m）に先に埋設していたカールソン型ひずみ計（C.S 15 D）16 点の動ひずみの測定と、ピアノ線および変位計を用いて、径間中央部二点の動的たわみの測定を行なった。

機関車の走行は 5~70 km/h の速度で行ない、速度測定は、甲桁両支点よりそれぞれ 10 m 離れた 120 m 区間でストップウォッチを用いて測定した。速度段階は 5 km/h、25 km/h、50 km/h をそれぞれ 3 回くり返し最後に最高速度で 70 km/h で走行した。

測点の位置を 図-2 に示す。

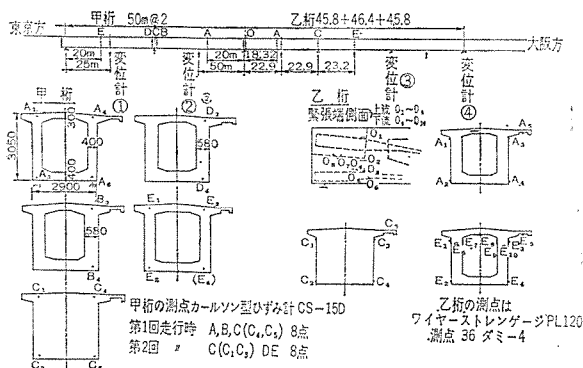
機関車荷重は 図-3 に示すように D51 重連である。

図-1 一般図



* 国鉄岐阜工務局長野出張所技師（元矢作川工務区長）
**大成建設株式会社

図-2 測点位置図



(2) 静的試験

静的試験として乙桁 (45.8 m+46.4 m+45.8 m) について機関車停止時の桁コンクリートのひずみ度および、たわみを測定した。

コンクリートひずみ度は、緊張端近くのコンクリート打継目、標準断面部、内部支点上の3カ所についてコンクリート表面ひずみ度をワイヤーストレンゲージ (P.L-120) を貼付して測定した。たわみは各径間部中央においてピアノ線と変位計を用いて測定した。

測点は 図-2 を参照されたい。

図-3 機関車車輪荷重

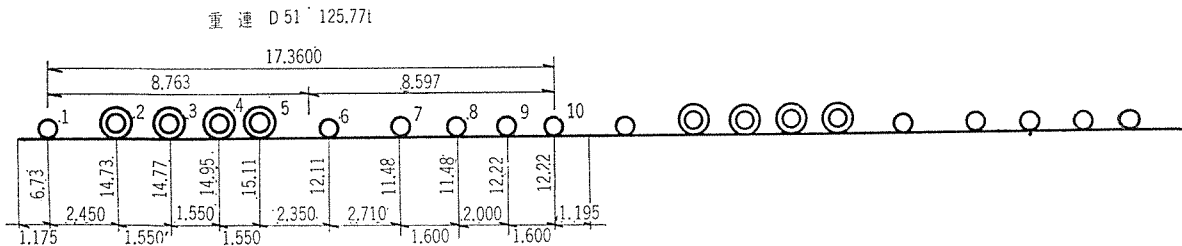


表-1 機関車走行時 (16.0~48.8 km/h) の各測点の応力度および、たわみの平均値および最大値 (応力度は kg/cm² -は引張り 変位は mm -は反り上がり)

荷重状態	No.	A 断面				B 断面		C 断面		径間中央変位		備 考	
		上 縁		下 縁		上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	東京方	大阪方		
		A ₁	A ₄	A ₃	A ₆	B ₃	B ₄	C ₄	C ₆	変 1	変 2		
平均 値	I	34.1	30.4	-26.9	-36.4	-13.6	18.4	-17.1	20.7	-2.4	8.5	A: 大阪方支点より 20 m B: 中央支点より大阪方に 1.5 m C: 中央支点	
	II	-3.9	-3.3	4.4	5.1	-12.7	18.6	-15.7	21.3	9.0	-2.6		
最 大 値	I	35.0	33.3	-28.3	-37.7	-14.4	19.4	-19.1	24.5	-2.8	9.5		
	II	-5.8	-5.8	6.0	7.8	-15.7	20.8	-18.0	25.1	9.5	-3.1		
荷重状態	No.	E 断面				D 断面		C 断面		径間中央変位			備 考
		上 縁		下 縁		上 縁	下 縁	上 縁	下 縁	東京方	大阪方		
		E ₁	E ₃	E ₂	E ₄	D ₃	D ₄	C ₁	C ₃	変 1	変 2		
平均 値	I	-4.2	-3.2	4.8	-	-16.6	15.1	23.1	15.5	-2.3	8.0	E: 東京方支点より 20 m D: 中央支点より大阪方に 1.5 m	
	II	30.0	28.3	-23.7	-	-12.7	15.8	-21.6	14.8	9.1	-2.7		
最 大 値	I	-4.7	-5.2	6.1	-	-17.2	16.5	-24.5	17.6	-3.0	8.4		
	II	32.4	31.0	-25.0	-	-13.8	18.1	-23.6	17.6	9.6	-3.0		

4. 動的試験測定結果

(1) 測定結果

甲桁の動ひずみおよびたわみについてオシログラフより各荷重状態のときの最大値について整理すると 表-1 ようになる。

荷重状態としては機関車荷重が大阪方径間にあるときを荷重状態 I とし、東京方にあるときを荷重状態 II とし、コンクリートひずみ度に対してコンクリートの弾性係数 $E_c = 400\,000 \text{ kg/cm}^2$ として応力度に換算した。

図-4 に示すように走行速度との相関性があまり認められないので、全走行時の平均値にて 表-1 に示す。

図-4 は、コンクリート応力度 σ_c およびたわみ δ と機関車走行速度との関係を示す。図中実線は荷重状態 I (大阪方径間に機関車走行中)、破線は荷重状態 II (東京方径間に機関車走行中) の各走行速度時の最大値平均を示す。

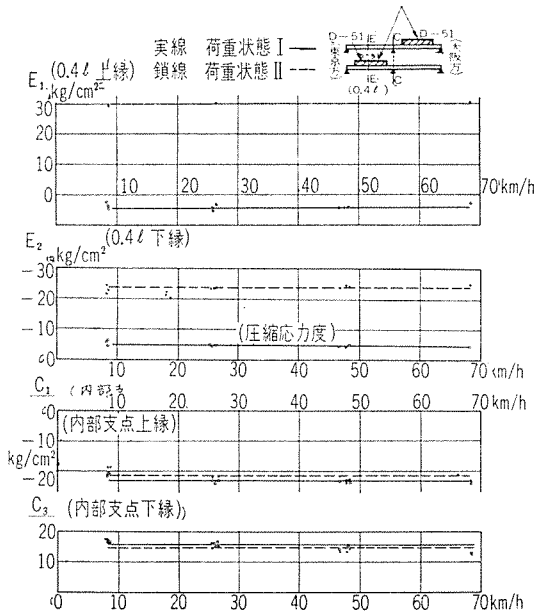
コンクリートひずみ度および桁のたわみの動的変化の測定例として、走行速度 25 km/h のときのオシログラフを 図-5 に示す。

(2) 測定結果の検討

a) 走行時 コンクリート応力度と走行速度との関係

図-4 機関車走行速度と σ_c および δ の関係

(a) 応力度



(b) 径間中央下縁のたわみ

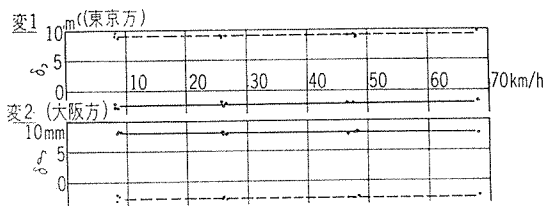
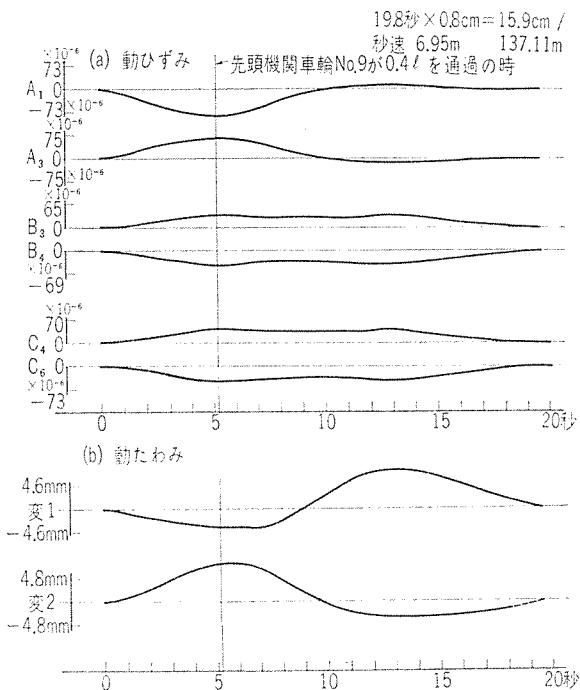


図-5 速度 25.0 km/h 時のオシログラフ (No. 10 17.3 sec/120 m)



係は、前項に示したように相関性がほとんど認められない。

表-2 に測定結果と計算値 (D51 機関車重連) とを比較して示す。

応力図を画くと 図-6 のようになる。

表-2 測定結果と計算値の比較 (応力度)

	A 断面				C 断面			
	上 縁		下 縁		上 縁		下 縁	
	上流側	下流側	上流側	下流側	上流側	下流側	上流側	下流側
測定値 (R)	37.0	34.0	-30.0	-38.0	-25.0	-20.0	17.0	20.0
計算値 (C)	42.6	42.6	-41.0	-41.0	-24.4	-24.4	24.4	24.4
R/C (%)	87.0	80.0	73.0	93.0	102.0	82.0	70.0	82.0

注：測定値は 図-6 に示す応力度図より測点位置を考慮した上下縁応力度をとる。
 応力度は一記号は引張り (kg/cm²)、計算応力度は衝撃係数を考慮しない値を示す。

たわみについて平均測定値と計算値を比較すると 表-3 のようになる。

以上に示すように、応力度については衝撃係数を考慮しない計算値に近い値を示しているが、たわみについては、かなり小さい値を示している。

なお、設計に用いている衝撃係数は甲桁で 0.30 である。

図-6 応 力 度 図

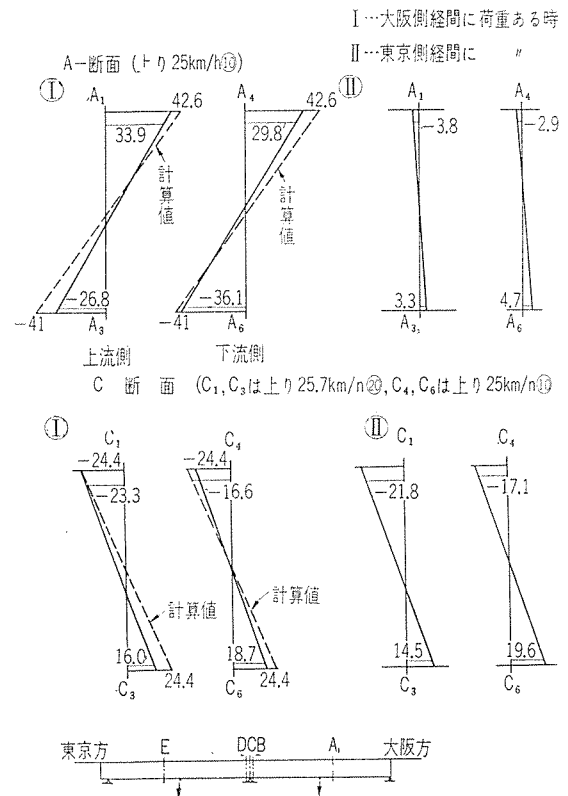
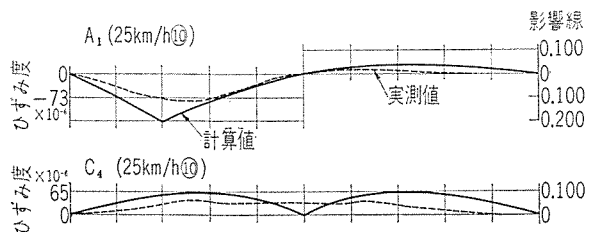


表-3 たわみの平均測定値と計算値の比較
(計算値は衝撃係数を見込まず)

	荷重が大阪方 径間にある時		荷重が東京方 径間にある時		備 考
	東京方 径間中央 たわみ	大阪方 径間中央 たわみ	東京方 径間中央 たわみ	大阪方 径間中央 たわみ	
測定値(R)	-2.4	8.5	9.0	-2.6	単位 mm -は上向き
計算値(C)	-6.5	16.0	16.8	-6.8	
R/C %	37	53	54	38	

図-7 動ひずみ図と影響線図の対比



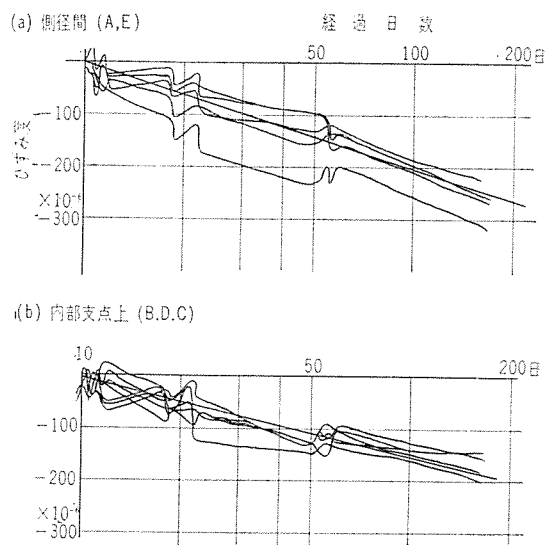
0.4l 断面の上縁側測点および内部支点上縁側測点の動ひずみオシログラフと影響線図を対比すると 図-7 のようになる。

b) 長期ひずみ度変化 甲桁下り線のプレストレス導入は、昭和40年2月28日に1次緊張として850t導入し、その後の10日間に2次、3次緊張を行なって3月11日に4000tの最終緊張力を導入した。

その後4月28日に道床砂利の敷設を待って、あらかじめ内部支点上でPC鋼棒を用いて導入していた318tの導入力の解除を行なった。

上記の緊張期間をふくめた長期ひずみ度変化を対数グラフで示すと 図-8 のようになる。図-9 は、参考に丙桁0.4lの断面の緊張完了後470日のひずみ度変化を示す。

図-8 甲桁の長期ひずみ度変化
(緊張完了後より170日)



これらのコンクリートの硬化収縮およびクリープひずみの変化量として、図-8 に示すように側径間において約 -250×10^{-6} 内部支点上で約 -180×10^{-6} となる。

c) 上り線の活荷重の影響 機関車走行試験を行なったのは下り線であるが、試験時上り線を貨物列車が通過したとき、オシログラフに変化が認められたので、この変化量を下り線機関車走行試験時の平均測定値と比較すると 表-4 のようになる。

上り線、下り線は構造上分離され、プレキャスト目皿板が渡され、その上に道床砂利が載せられている。

表-4 に示すように、本橋のような簡単な構造で、上下線が連結されている場合でも無載荷側主桁には、載荷側主桁に生じる曲げ応力度の10%程度が伝達されている。

図-9 丙桁のプレストレス導入後(39.5.18, 18:30, 2600t)からの長期ひずみ度変化

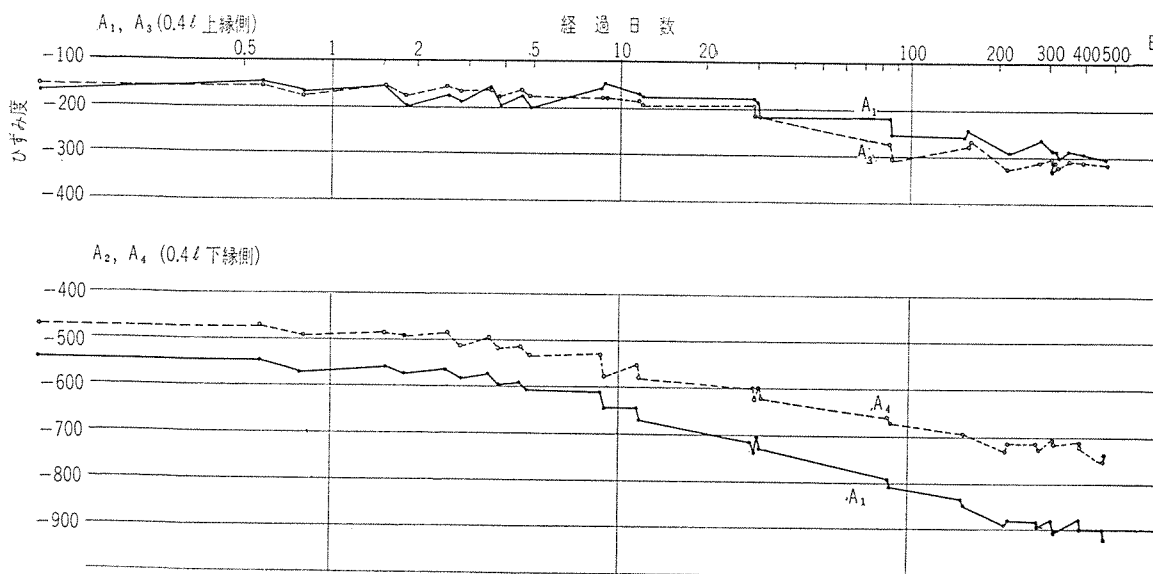


表-4 上り線の活荷重の影響

測 点	貨物列車上り線通過時 (I)	試験車下り線通過時 25 km/h20(II)	(I)/(II)	
0.4l	上流上縁 E ₁	$\times 10^{-6}$ -6.6	$\times 10^{-6}$ -72.1	9.1
	下流 " E ₃	-11.3	-71.8	15.7
	上流下縁 E ₂	1.5	58.6	2.6
内部支点 -1.5 m	下流上縁 D ₃	4.9	30.2	16.2
	" 下縁 D ₄	-3.5	-38.8	9.0
内部支点	上流上縁 C ₁	0.7	54.6	1.3
	下縁 C ₃	-5.1	-36.2	14.1
径間中央変位	東京方 変1	mm 0.3	mm 9.3	3.2
	大阪方 変2	-0.5	-2.8	17.9

* 測定値は貨物列車が大阪方径間にあるときの最大ひずみ度 10×10^{-6} およびたわみ試験車も下り線大阪方径間通過時の最大ひずみおよびたわみ

上述のように、両主桁の上突縁の突合わせ部を切り欠いて、落とし込みとしたプレキャスト目皿板には鉛直変位差に抵抗する力はほとんど考えられないので、もし考えられるとすれば、上突縁の水平変位差に対するせん断抵抗材としての働らきをしたものではないかと思われる。

4. 静的試験測定結果

静的試験としてはあらかじめカールソンひずみ計の埋設されていなかった乙桁について、貼付ワイヤーゲージ法によってコンクリート表面ひずみ度を測定し、たわみについては甲桁と同様ピアノ線と変位計を用いて測定した。

ワイヤーゲージとしてはコンクリートの最大骨材粒径(40 mm)を考慮し、測長 120 mm のものを用い、防湿には十分な厚さのワックスを用いて貼り付けたが、測定結果にむらが多く、満足すべき結果でなかったが、そのうちから妥当性のあるものについて応力度図を画くと図-10 のようになる。

径間中央部のたわみ測定値と計算値との比較を 表-5

図-10 応力度の比較

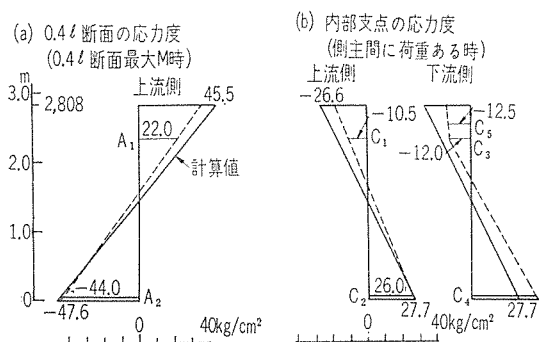


表-5 乙桁のたわみ測定値と計算値の比較

径間	測定値	中央径間中央部に M _{max} の生ずるとき		
		側径間(東京方に M _{max} の生ずるとき)	内部支点に M _{max} の生ずるとき	中央径間中央部に M _{max} の生ずるとき
東京方径間中央のたわみ	1	7.3	7.2	-2.1
	2	7.2	7.3	-2.1
	計算値	15.2		-5.4
	測定/計算 %	48 %		39 %
中央径間中央のたわみ	1	-1.7	-1.9	7.0
	2	-1.5	-1.5	6.3
	計算値	-5.5		11.9
	%	31 %		59 %
大阪方径間中央のたわみ	1	0	0	-2.3
	2	-0.5	-0.2	-2.1
	計算値			-5.4
	%			43 %

注：計算値と測定値の比は2回測定値のうち最大値について算出す。

上表に示すように計算値の31~59%と低い値を示している。に示す。表-5に示すように計算値の31~59%と低い値になっている。

5. むすび

甲桁の動的試験結果では、コンクリート応力度は機関車の走行速度との相関性が少ないので、計算値との比較では衝撃係数を考慮しないで検討を加えたが、その結果では、測定応力度のほとんどは衝撃を考えない計算値の70~90%の範囲であることより、設計に用いた衝撃係数はきわめて安全側の値であること、および載荷によって生じる主要断面の曲げ応力度等についても、前述の上下線の間を渡したプレキャスト目皿等の影響によって約10%程度荷重が無載荷桁に伝達されるものと考えても十分安全な値を示している。

桁の径間中央部でのたわみは、計算値の37~54%と応力度にくらべて小さい値を示し、この傾向は乙桁の静的試験においても同様で31~59%であった。

乙桁の静的試験では、ワイヤーゲージ貼付法を用いてコンクリートひずみ度を測定したが、このましい結果が得られなかった。

上り線を貨物列車が通過したときの下り線試験桁のカールソンひずみ計にその影響が認められ、ある程度の荷重分担があることと推定される。

本試験の実施にあたっては、国鉄構造物設計事務所技師 小池 晋氏および平栗 浩氏の指導を受け、実施計画および測定は、国鉄名古屋鉄道管理局矢作川工事区および大成建設KKの協力のもとに行なった。

1966.2.24・受付