

# 車輛大型化に伴う鋼橋主桁補強（支点増設）工事（村松高架橋）

## Reinforcement (increase in number of supports) of a Steel Bridge Main Girder to Accommodate Heavier Vehicle Loads (Muramatsu Viaduct)

小池 明<sup>\*1</sup> 北原 稔<sup>\*2</sup> 岩井 政光<sup>\*3</sup> 沓掛 靖夫<sup>\*4</sup>  
Akira KOIKE Minoru KITAHARA Masamitsu IWAI Yasuo KUTSUKAKE

### Summary

The reinforcement of existing bridges is being considered in response to the revision of regulations on the design loads of vehicles which allows greater vehicle weight. One means of reinforcement may be to provide a continuous girder with new supports on both sides of its central support. This method would impart greater strength to the entire bridge to withstand increased loads, as a result of reducing spans in the bending moment working on the main girder. The effectiveness of such reinforcement was verified by comparing the result of stress and deflection measurements from a loading test on an actual bridge with the output of an analytical model. The result led us to the conclusion that reinforcing a main girder by increasing the number of supports is an effective way to increase the strength of an existing bridge so it can withstand heavier loads.

### 1. まえがき

現代の物流の大型化と将来の維持管理の軽減を図るため、現行道路橋示方書（平成6年2月）が改訂された。これにより、東名高速道路の橋梁区間は、車輛の大型化（B活荷重）に対応する耐荷力向上を目標として、損傷程度に応じて順次補強工事が進められている。

村松高架橋（215.9kp～216.7kpの内216.5kp～216.7kp間）は、静岡県袋井市に架かる上下線各2連の3径間連続鉸桁であり、支点増設工法により補強工事が施工された（図-1）。

この工法による補強工事は過去には例がなく、試験施工的な要素が含まれており、その補強効果を確認するために、補強前後における主桁の挙動および取付部の負荷等を計測した。また、これらの結果を用いて今回の補強設計方法の検証も行った。

ここでは実橋載荷試験による補強効果と設計方法について報告する。

### 2. 支点増設工法

支点増設工法とは、文字どおり支点を増設する工法であるが、上部工の耐力増強方法の1つとして、既設橋脚間に新たな支点を設けることにより、支間長を短縮し、主桁に作用する応力を低減させる方法である。

村松高架橋においては、中間支点の橋脚の両側に斜支

材と称する立体トラス形式の支点支持材を設置し、新たに支点を設けている。

この工法は、以下に示す理由等により施工上最も有効な補強工法であると考えられ採用された。

- ① 橋脚高が低く、フーチングが露出している。
- ② 桁下空間が利用できる。
- ③ 床版張出長が短く、主桁増設が難しい。

### 3. 補強設計概要

補強設計の手順は、図-2に示す流れ図のとおりである。最初は設計条件の決定であるが、この橋は、しゅん工当時から現在までに、活荷重増加（TL-20からTT-43）による床版補強工事がなされており、上部工解析には、その補強部材（中縦桁・検査路）を増加死荷重として考慮した。また、将来施工が予定されている路肩拡幅・遮音壁設置・床版増厚等も合わせて考慮した。

新支点条件はバネ支点とし、ゴム支承と斜支材の弾性力を合成したバネ定数を用いた。

#### (1) 上部工の設計

上部工は、主桁と対傾構からなる平面格子として、変形法により断面力を算出して断面照査した。格子計算は、支間長の長いP3～P6Bライン（下り線）を対象として、構造および死荷重別に以下に示す3ケースで行った。また、断面照査は構造的に左右対称なので、中央

\*1 技術本部第一設計部設計第二課

\*3 宮地建設工業(株)橋梁構造事業部工事部課長

\*2 技術本部第一設計部設計第二課課長代理

\*4 技術本部保全技術室次長

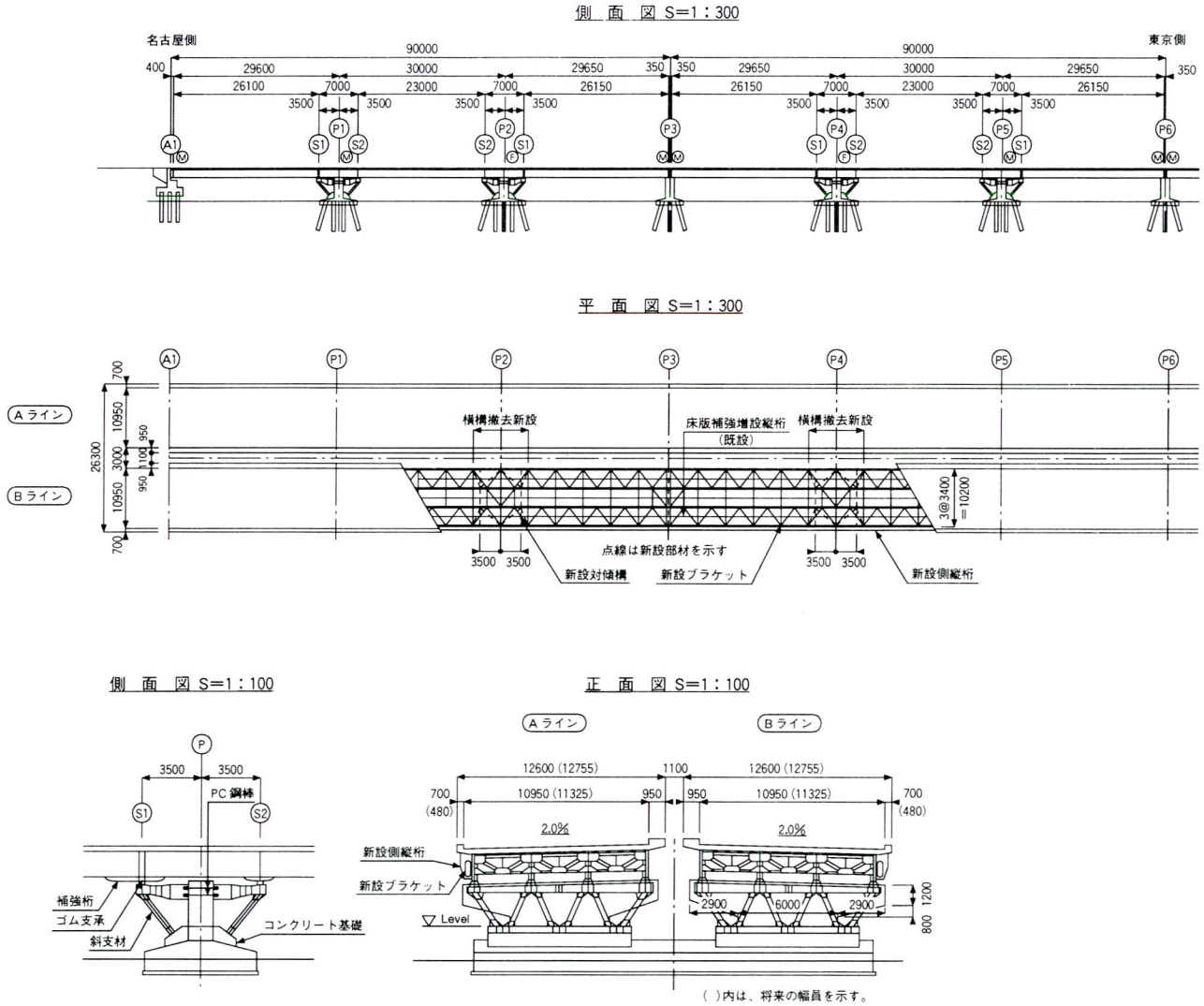


図-1 一般図

径間中央断面より片側のみで行っている。

ケース 1；補強前の構造

しゅん工当時から床版補強工事によって追加された部材（中縦桁・検査路）の鋼重を、増加死荷重として考慮した。

ケース 2；補強後の構造（支点増設した構造）

旧中間支点から新中間支点に盛り替え、5径間連続鉄桁とし、増加死荷重として、今回補強工事として施工した側縦桁およびブラケットの鋼重を考慮した。

ケース 3；将来の構造

補強後の構造に、増加死荷重として、床版拡幅、増厚等将来施工される部材を考慮した。

ケース 1 は、B 活荷重に対する補強前の構造の応力状態を把握するためのものとし、今回の補強工事のための

部材設計は、ケース 2 とケース 3 の内応力的に不利になる方で設計した。結果としてケース 3 の方が不利になった。

活荷重は B 活荷重を載荷させたが、将来の構造で車道拡幅後であっても、拡幅した範囲まで活荷重が載ることはまれであると考え、車道拡幅前の幅員で載荷させた。

新支点上に関して、支点上垂直補剛材を支承幅位置に 2 本追加することによって、道示Ⅲコンクリート橋編 10.3 (H6.2) を準用して曲げモーメントの低減を行った。また、下フランジに I 型断面（補強桁）を取り付けることにより、主桁断面の補強を行った。（図-3）

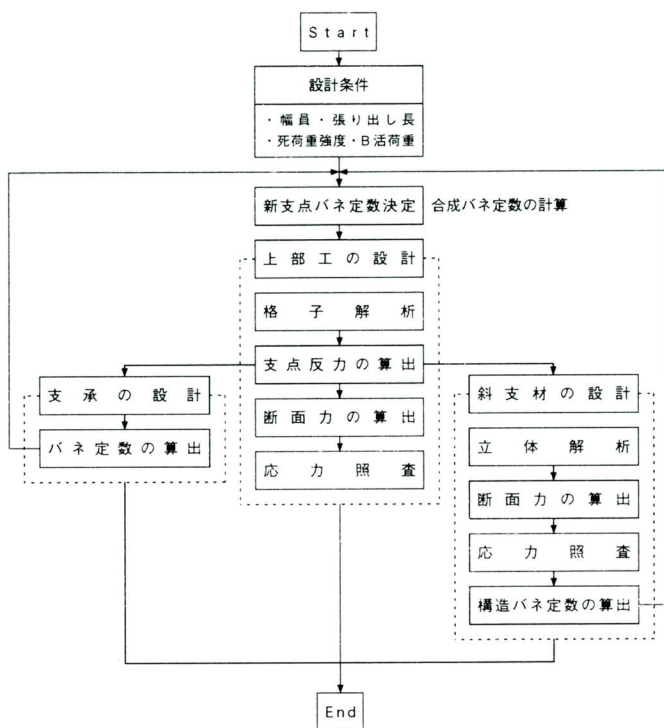


図-2 設計手順 (流れ図)

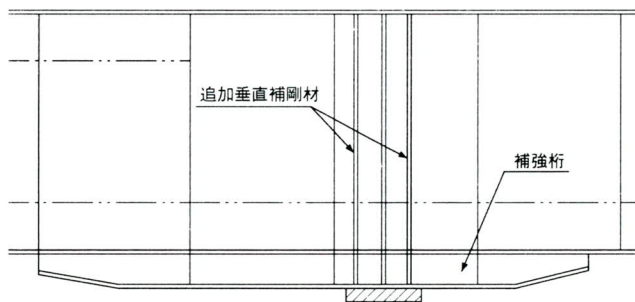


図-3 新支座位部補強図

## (2) 支点バネについて

支点を移設することにより、支間長7.0m という短い支間ができ、常時において中央径間側新支点到に負反力が生じてしまう。この負反力を低減するために、ゴム支承の弾性変形によるバネと斜支材本体のバネ（弾性変形によるバネ）の合成バネの考え方を取り入れた。

バネ定数の設定にあたり、まず支給された設計計算書のバネ定数を用いて上部工格子計算を行い、支点反力を求めた。次に、その支点反力を用いてゴム支承の設計および斜支材の立体解析を行い、それぞれのバネ定数を求めた。こうして求めたバネ定数を用いて、再び上部工格子計算を行い、以下同じ計算を繰り返して最終的なバネ

定数に収束させた。この時、常時における負反力を低減する方法として、中央径間側新支点到（以下S2と言う）のバネを硬く（バネ定数を大きく）し、側径間側新支点到（以下S1と言う）のバネを柔らかく（バネ定数を小さく）した。結果として、同時にS1側の上部工応力も低減できたが、S2側の斜支材は許容応力度に対してかなり余裕のある設計となった。

## (3) 斜支材の設計

斜支材の部材構成は、ブラケット・横梁・斜支柱からなり、部材端条件をすべて剛結合とした。構造解析は、立体構造物として微小変形理論により断面力を算出した。

載荷荷重は、上部工格子解析結果の死荷重および活荷重による支点反力、橋軸直角方向風荷重（風上側、風下側）、地震荷重（橋軸方向、橋軸直角方向、上揚力）を支承位置に載荷させた。これらは全て上部工から作用する荷重であるが、これに比べて斜支材本体に作用する荷重はかなり小さいので、温度変化による応力のみを考慮した。

断面力の算出は、これらの荷重を組み合わせ、道示II鋼橋編2.1による許容応力度の割り増し係数で除した常時換算値を用いて立体解析を行い、断面力毎の最大値を全部材求める方法をとった。

応力の照査（断面計算）は、断面をブラケット基部・ブラケット先端・横梁・斜支柱（外側）・斜支柱（内側）の5種類に分類し、断面毎に軸力・面内曲げモーメント・面外曲げモーメントのそれぞれの最大値を用いて、道示II鋼橋編3.3により行った。

## 4. 応力測定

### (1) 測定箇所

測定箇所は主に以下に示す項目を確認することを目的として選定した。ゲージ等の貼付位置を図-4に示す。

- ① 補強前後での主桁の全体挙動
- ② 斜支材斜支柱およびその取付け部の負荷
- ③ 斜支材ブラケットの応力

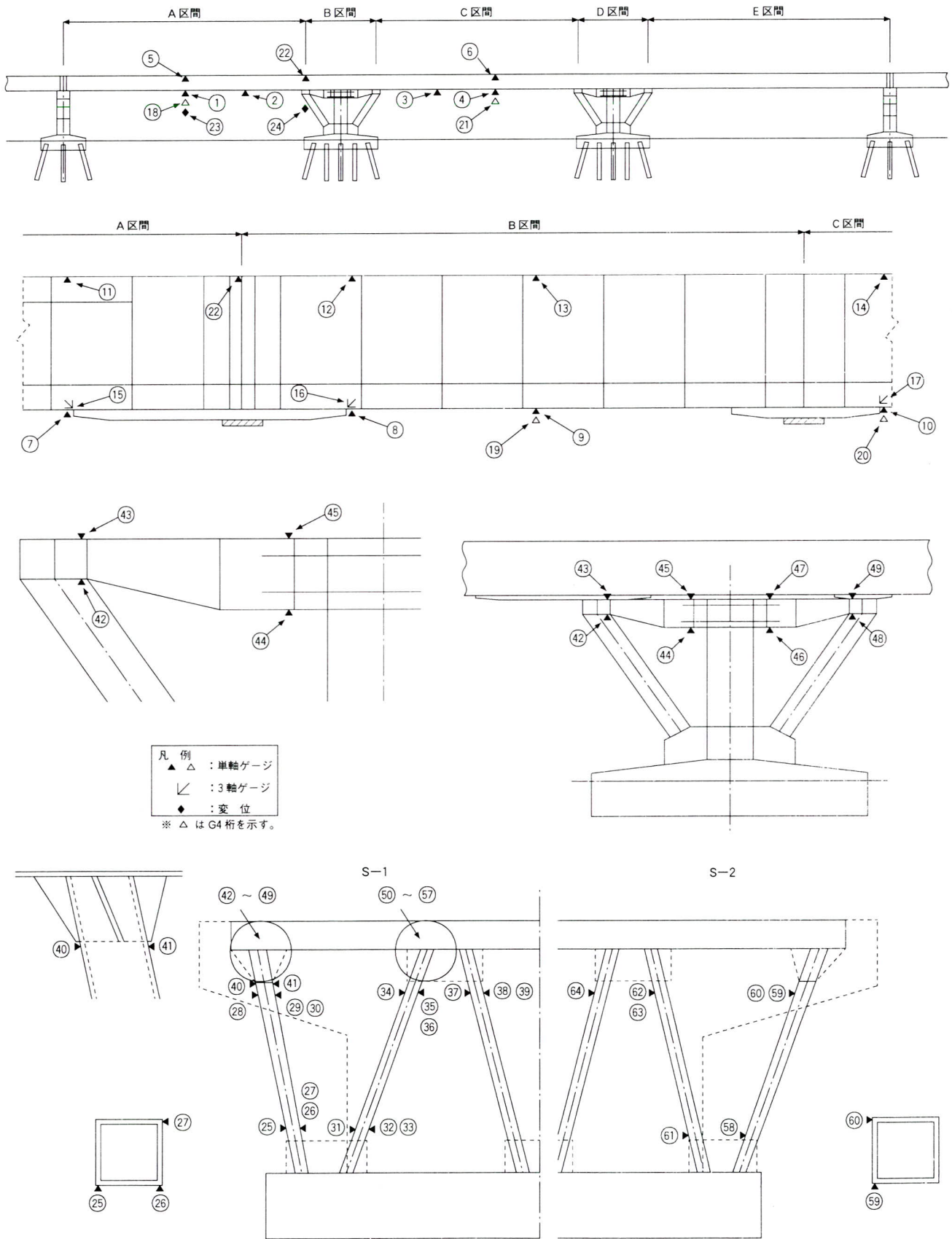


図-4 測定位置図

## (2) 測定方法

補強区間の手前で一般交通の速度規制（先頭固定方法）をし、測定箇所（下り線）の交通を一時的に遮断した。そして重量の計測を行った荷重車を、一般交通車輛無し状態で補強区間を走行させ、その時の着目箇所の応力ならびにたわみを計測した。

なお計測は、荷重車載荷時の応力、たわみの経時変化（応力、たわみ波形）とピーク値を記録する方法とした。

また、斜支材の設計方法の検証に用いるため、桁重量が斜支材に載荷された時点での作用応力も測定した。

この測定では、斜支材に応力が作用していない時にゲージを貼付し、旧支点から新支点到桁重量が移行する時の応力を2分間隔で経時的に計測した。

## (3) 測定区間

P3～P6（下り線）（216.7kp～216.5kpの下り線）

## (4) 測定荷重

測定荷重としては事前に重量を計測した荷重車を用い、G3桁およびG4桁に荷重車の片輪が載るように2台並列で走行させた。

## (5) 測定機器

測定には「\*BMCシステム」等を用いた。表-1に機器一覧表を示す。

\*（株）BMC社開発の橋梁診断システム（応力測定、解析、評価）

表-1 使用機器一覧表

	品名	製作所	形式	性能等
荷測 重定 車用	BMC SYSTEM	BMC	橋守	16ch、6ch
	パソコン	エプソン、NEC	386Book-L PC9801 NS/A	3.5" FDD 340MBHDD
死測 荷定 重用	データロガー	（株）共和電業	UCAM-70A	3.5" FDD メモリガード
	スキャナー	（株）共和電業	USB-70A	50点増設用
付 属 機 器	ひずみゲージ	（株）共和電業	KFW-5-120-C1 D17-11L1	ゲージ長:5mm
	ブリッジボックス	BMC	BMCブリッジ	
	延長ケーブル	BMC		ケーブル長 :10、20、30m

## 5. 測定結果および考察

### (1) 荷重車載荷測定

#### 1) 主桁の全体挙動

補強前後における測定結果を一覧表の形で整理したものを表-2に示す。ただし、同表では、補強前後における荷重車の総重量が異なるため、以下のような補正係数を補強前の測定値に乗じている。

補強前の荷重車総重量を補正後のそれと等値な総重量に換算するには格子分配効果を考慮する必要があるが、補強の前後における荷重車総重量には大きな差がないことから、ここでは単純にそれぞれG3桁およびG4桁について補強後の総重量に対する補強前の総重量の比を補正係数とした。

$$G3桁: 20.40tf / 20.95tf = 0.974$$

$$G4桁: 20.95tf / 21.00tf = 0.998$$

結果として以下の点が言える。

- ① 主桁のL/2、L/4点の下フランジ応力は、側径間、中央径間とも補強前に比べて補強後は1～2割程度低減している。
- ② 上フランジの応力は2～4割低減している。
- ③ 側径間のたわみも2割低減している。
- ④ 旧支点部ソールプレート近傍の応力は、350～385kgf/cm<sup>2</sup>の高い圧縮応力が働いていたが、補強後は60～90kgf/cm<sup>2</sup>と低減している。これは、補強前ではソールプレートの溶接の影響で局部応力が加わっていたものと考えられ、補強後は、ソールプレートおよびその溶接の撤去に伴い局部応力がなくなったと考えられる。また、構造系が変わったこと（3径間連続桁から5径間連続桁に変化）により下フランジに引張り応力も生ずるが40～50kgf/cm<sup>2</sup>程度である。
- ⑥ 新支点部については、以下のことがわかる。
  - 補強桁取付け部の主桁下フランジの応力は100～140kgf/cm<sup>2</sup>程度の圧縮応力で構造系変化による影響はあるものの顕著な差は見られない。
  - 補強桁取付け部の主桁上フランジの応力も構造系変化による差はあるもののその絶対値は小さい。
  - 主桁腹板の応力は水平応力よりも鉛直応力の方が大きい、値は130～190kgf/cm<sup>2</sup>である。

表一2 上部工測定結果一覧表

主桁の全体挙動									
ゲージ No.	補強前			補強後			補強後の比率		
	測定値(kgf/cm <sup>2</sup> )		換算 係数	換算値(kgf/cm <sup>2</sup> )		測定値(kgf/cm <sup>2</sup> )		補強後の比率	
	最大値	最小値		最大値	最小値	最大値	最小値	最大側	最小側
1	227	-34	0.974	222	-33	201	-20	0.9	0.6
2	232	-64	0.974	226	-63	179	-32	0.8	0.5
3	192	-79	0.974	187	-76	160	-49	0.9	0.6
4	244	-60	0.974	237	-59	188	-27	0.8	0.5
5	17	-61	0.974	17	-60	10	-50	0.6	0.8
6	21	-99	0.974	21	-96	17	-92	0.8	1.0
7	146	-104	0.974	142	-101	88	-101	0.6	1.0
8	42	-133	0.974	41	-129	64	-140	1.6	1.1
9	91	-385	0.974	88	-375	53	-61	0.6	0.2
10	106	-109	0.974	103	-106	31	-109	0.3	1.0
11	23	-66	0.974	23	-65	35	-41	1.5	0.6
12	46	-19	0.974	45	-19	29	-8	0.6	0.4
13	58	-6	0.974	57	-6	15	-23	0.3	3.9
14	30	-36	0.974	29	-35	79	-6	2.7	0.2
15-X	—	—	—	—	—	52	-42	—	—
15-Y	—	—	—	—	—	63	-101	—	—
15-Z	—	—	—	—	—	92	-133	—	—
16-X	—	—	—	—	—	43	-101	—	—
16-Y	—	—	—	—	—	18	-6	—	—
16-Z	—	—	—	—	—	12	-77	—	—
17-X	—	—	—	—	—	19	-80	—	—
17-Y	—	—	—	—	—	14	-75	—	—
17-Z	—	—	—	—	—	20	-189	—	—
18	289	-55	0.998	288	-55	238	-15	0.8	0.3
19	82	-359	0.998	81	-358	38	-87	0.5	0.2
20	109	-197	0.998	109	-196	44	-151	0.4	0.8
21	317	-97	0.998	317	-97	231	-33	0.7	0.3
22	23	-37	0.974	23	-36	39	-6	1.7	0.2
ゲージ No.	測定値(kgf/cm <sup>2</sup> )		換算 係数	換算値(kgf/cm <sup>2</sup> )		測定値(kgf/cm <sup>2</sup> )		補強後の比率	
	最大値	最小値		最大値	最小値	最大値	最小値	最大側	最小側
23	1.0	-5.2	0.974	1.0	-5.1	0.4	-4.2	0.4	0.8
24	0.7	-1.7	0.974	0.7	-1.7	0.1	-0.7	0.1	0.4

注) 表中で +:引張、 -:圧縮を示す。

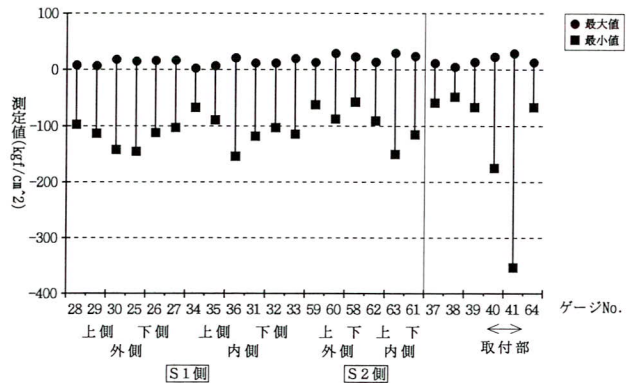
## 2) 斜支材斜支柱およびその取付け部の負荷

斜支材斜支柱およびその取付け部における測定結果を一覧表の形で整理したものを図一5に示す。

斜支柱に作用する圧縮応力は最大で150kgf/cm<sup>2</sup>程度である。また、参考までに単純平均して算出した軸応力は120kgf/cm<sup>2</sup>程度であり、軸圧縮力としても6~20tfである。

曲げ応力に関しては、構面内、構面外とも軸応力の10~20%程度働いている。

斜支柱取付け部のガセット先端には350kgf/cm<sup>2</sup> (34.6 MPa) の圧縮応力が働いている。この継手は強度がG等級:50MPa (510kgf/cm<sup>2</sup>) (JSSC鋼構造物の疲労設計指針・同解説、面外ガセットすみ肉溶接継手  $l > 100$  mm) であることから、今後一般交通下では疲労上検討する必要があると思われる。

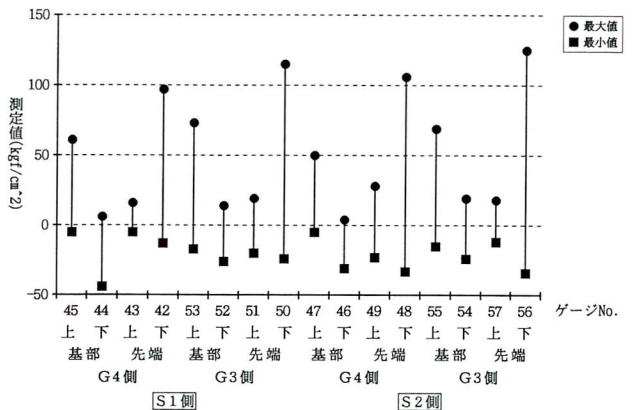


図一5 荷重車載荷時の斜支材斜支柱応力

## 3) ブラケットの応力

斜支材取付け部のブラケットに作用する応力について一覧表の形で整理したものを図一6に示す。

ブラケットの応力は最大でも120kgf/cm<sup>2</sup>程度であるが、先端の下フランジに関しては他の個所に比べ応力が大きく出ており、ナックル部の板曲げ応力が働いていると思われる。全体としては、作用応力は小さく耐荷力には問題はない。



図一6 荷重車載荷時のブラケット応力

## (2) 桁死荷重反力による斜支材斜支柱応力測定

支承盛り替え時の斜支柱に作用する応力測定結果とし

て、支点移設前後の応力をそれぞれ平均し、参考値としてその平均値から軸力を算出し、一覧表の形に整理したものを表-3に示す。ただしこの計測では交通規制をしていないため、一般交通（活荷重）の影響が若干あらわれている。

結果をみると、斜支柱の軸力は外側と内側を比べると外側の方が大きくなっている。また、外側の斜支柱の軸力はS1側のほうがS2側より大きい、内側の斜支柱は反対にS2側のほうが大きくなっている。つまり、設計時の応力状態とは傾向が若干こととなるが、「6. 設計方法の検証」において改めて設計値と比較し、この点についての検討を行う。

表-3 桁載荷時の斜支材斜支柱平均応力、軸力一覧表

桁載荷時の斜支材斜支柱平均応力、軸力					
ゲージ No.	平均応力値 (kgf/cm <sup>2</sup> )		応力範囲 (kgf/cm <sup>2</sup> )	断面積 (cm <sup>2</sup> )	軸力 (tf)
	載荷前	載荷後			
26	16	-375	-391	158.5	-62.0
29	-7	-441	-434	158.5	-68.8
32	-25	-261	-236	110.5	-26.1
35	5	-204	-209	110.5	-23.1
38	3	-143	-146	110.5	-16.1
58	-6	-208	-202	276.2	-55.8
59	1	-202	-203	276.2	-56.1
60	-24	-285	-261	276.2	-72.1
61	-3	-423	-420	110.5	-46.4
62	-13	-262	-249	110.5	-27.5
63	-18	-427	-409	110.5	-45.2
64	14	-241	-255	110.5	-28.2

注) 表中で + : 引張、- : 圧縮を示す。

## 6. 設計方法の検証

今回の様な補強工事は過去に例がなく、その設計方法に対する明確な基準がないので、一般橋梁の設計・補強・補修に対する基準を準用し、かつ工学的判断による仮定の下に設計せざるを得なかった。従って、この設計方法の妥当性をみるために、以下に示す項目に関して実橋載荷試験による結果と設計値を比較して検証した。ただし、ここで言う実橋載荷試験による結果とはあくまで、計測時点での荷重状態の変化に伴う応力（ひずみ）の変化状態、つまり試験車による応力の変化状態である。

- ① 現橋に今回補強工事として施工した外縦桁・ブラケットを取り付けた状態で、補強前後（支点移設前後）の主桁の応力・たわみを比較する。
- ② 補強後の状態で、斜支材の応力を検討する。

③ 補強後の状態で、新支点位置でのたわみを検討する。

①を用いて上部工構造解析モデルの妥当性および補強設計方法の評価をする。②を用いて斜支材の設計方法の妥当性を評価する。また、合成バネ定数の評価として③を使用する。

### (1) 上部工構造解析モデルの妥当性

表-4～7に側径間中央に荷重車を載荷させた場合の、上部工における応力度およびたわみの補強前後における実橋載荷試験の結果と設計値の比較表を示す。ここに、設計値において非合成と合成とあるが、当初設計では非合成桁として断面を決定しているが、現在では床版コンクリートも硬化しており、ある程度合成作用が予想されるので、非合成桁の場合と合成桁（n=7）の場合の両方につき計算値を算出した。

補強前後における応力度の測定値を絶対値でみると、下フランジ側に比べ上フランジ側の方がかなり小さくなっている。これは、その点での応力を床版も受け持っていることが言える。つまり予想したとおり、ある程度の合成作用があることを意味する。また、たわみについても、合成桁として解析した設計値が測定値に近い値となっている。しかし、モデル化において合成桁にする場合、どの程度の合成作用があるかが分からないという問題がある。また解析結果からも分かるように、非合成桁の方が解析値が大きくなるので、モデル化としては、非合成桁とすることで安全側の設計になると言える。

表-4 補強前における上部工応力度の比較

補強前における上部工応力度							
着目点	ゲージ No.	測定値 (kgf/cm <sup>2</sup> )	設計値 (kgf/cm <sup>2</sup> )		測定値/設計値		
			非合成	合成	非合成	合成	
側径間中央	U-FLG.	5	-45	-328	-18	0.1	2.5
	L-FLG.	1	224	342	270	0.7	0.8
中央径間中央	U-FLG.	6	5	77	4	0.1	1.3
	L-FLG.	4	-35	-84	-67	0.4	0.5

表-5 補強前における上部工たわみの比較

補強前における上部工たわみ							
着目点	ゲージ No.	測定値 (mm)	設計値 (mm)		測定値/設計値		
			非合成	合成	非合成	合成	
側径間中央	23	-5.2	-13.665	-5.786	0.4	0.9	
新中間支点	24	-1.3	-3.653	-1.543	0.4	0.8	

表一六 補強後における上部工応力度の比較

補強後における上部工応力度							
着目点	ゲージ No.	測定値 (kgf/cm <sup>2</sup> )	設計値 (kgf/cm <sup>2</sup> )		測定値/設計値		
			非合成	合成	非合成	合成	
側径間中央	U-FLG.	5	-40	-246	-15	0.2	2.7
	L-FLG.	1	199	257	221	0.8	0.9
中央径間中央	U-FLG.	6	0	2	0	0.0	1.0
	L-FLG.	4	-15	-2	-6	7.6	2.5

表一七 補強後における上部工たわみの比較

補強後における上部工たわみ						
着目点	ゲージ No.	測定値 (mm)	設計値 (mm)		測定値/設計値	
			非合成	合成	非合成	合成
側径間中央	23	-4.2	-7.8	-3.9	0.5	1.1
新中間支点	24	-0.6	-0.6	-0.5	1.1	1.1

(2) 斜支材設計方法の検証

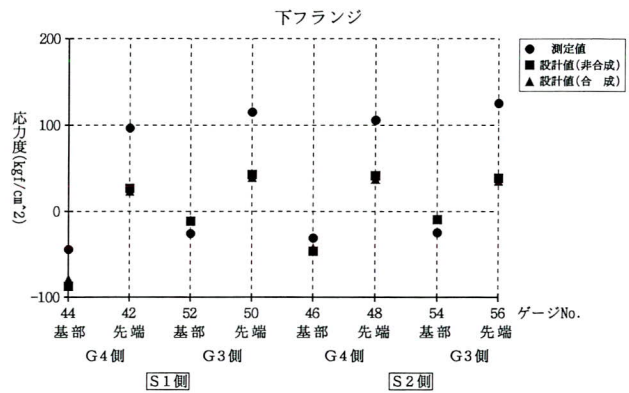
設計値は、補強後の状態で新支点反力が最大になる位置に荷重車を載荷させて格子解析した結果の新支点反力を荷重として載荷させ、立体解析を行い応力度を算出したものである。

ブラケットに関しては、設計上、有効断面として断面を小さく考えているので、安全側の設計になっている(表一七)。また先端の下フランジ側は、板の曲げ加工の影響があり、応力度の測定値が大きく出ているため局部応力として評価する方が妥当である。

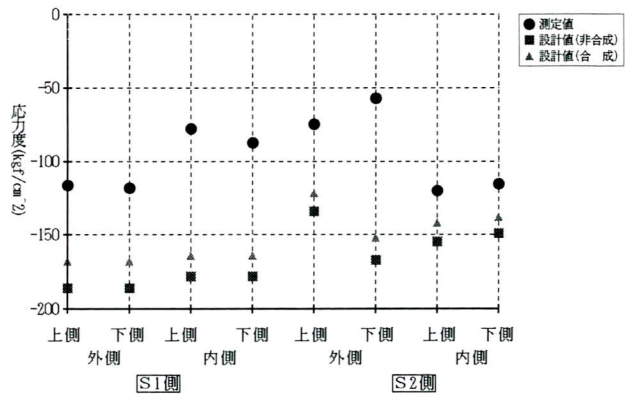
斜支柱に関しては、実橋載荷試験結果と設計値を比較すると、応力はほぼ同じ傾向で現れているが、値としては測定値の方が小さくなっている(図一八)。また、死荷重載荷時の測定値と設計値を比較すると、前述したが内側に比べ外側の方が大きく、S2に比べS1の方が大きく現れている(図一九)。この点に関しては、設計値と同じ傾向であるが、その比率をみるとS2側内側に荷重が偏っていることがわかる。これは一般交通下での計測による影響や計測誤差も考えられるが、支点移設時の支点の高さの管理精度も影響していると思われる。ここで、測定値のB活荷重に対する照査をした。その結果を表一八に示す。S2の内側に関しては、死荷重応力は設計値に対しかなり大きく現れていたが、活荷重(荷重車)応力は設計値と同様な傾向となっており、全体としては許容応力内に入っているため、強度的には問題はない。

以上より、構造モデルとしては支点条件、部材の結合条件等若干の検討は必要であるが、応力状態をみると、前述したS2側斜支柱以外は上部工と同様な傾向で設計

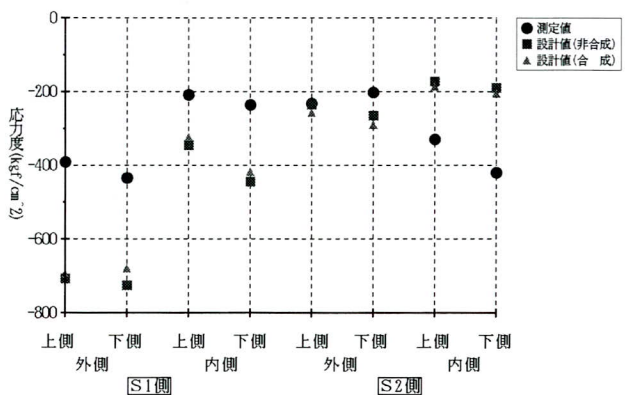
値の方が大きくなっているため、安全側の設計であると言える。



図一七 斜支材ブラケット応力度 (荷重車)



図一八 斜支材斜支柱応力度 (荷重車)



図一九 斜支材斜支柱応力度 (死荷重)



表一8 斜支材斜支柱応力実橋載荷試験結果のB活荷重に対する検討

斜支材斜支柱 B 活荷重に対する検討										
着目	点	ゲージ	$\sigma_d$	$\sigma_l$	RB	R	i	$\sigma$	$\sigma_a$	
S1側	外側	上側	29	-391	-113	84.175	26.444	0.263	-845	-1746
		下側	26	-434	-112	84.175	26.444	0.263	-884	-1746
	内側	上側	35	-209	-89	85.978	20.203	0.263	-687	-1247
		下側	32	-236	-103	85.978	20.203	0.263	-789	-1247
S2側	外側	上側	59	-203	-62	65.911	24.678	0.274	-414	-1334
			60	-261	-87	65.911	24.678	0.274	-557	-1334
		下側	58	-202	-57	65.911	24.678	0.274	-396	-1334
	内側	上側	62	-249	-90	73.006	18.148	0.274	-710	-1247
			63	-409	-150	73.006	18.148	0.274	-1178	-1247
		下側	61	-420	-115	73.006	18.148	0.274	-1009	-1247

$$\sigma = \sigma_d + \sigma_l * RB / R * (1 + i) \leq \sigma_a$$

但し  $\sigma$  : 測定値のB活荷重に対する応力度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

$\sigma_d$  : 死荷重に対する測定値

$\sigma_l$  : 荷重車に対する測定値

RB : B活荷重に対する設計支点反力 (tf)

R : 荷重車に対する設計支点反力 (tf)

i : 衝撃係数

$\sigma_a$  : 許容圧縮応力度 (kgf/cm<sup>2</sup>)

### (3) バネ定数の検証

新支点1での実橋載荷試験によるたわみと格子解析によるたわみの差は10%程度みられるが、値としては非常に小さく、測定精度の点から考えても誤差と考えてよい。よってバネ定数は妥当であると言える。

## 7. まとめおよび今後の展望

まとめおよび今後の展望として、本補強工事（支点増設工法）では以下のことが挙げられる。

- ① 主桁の応力、たわみは補強により1～2割低減されている。
- ② 補強前後の構造系の変化による応力増もあるが、その値は小さく耐荷力には問題がない。
- ③ 主桁の合成作用は確認されたが、その程度は設計時点では予測できない。よって、非合成桁として格

子解析し、断面力を算出した今回の方法は妥当である。

- ④ 常時での負反力を解消するために、またバネ定数を調整するためにも、ゴム支承と斜支材の合成バネとすることは妥当である。
- ⑤ 斜支材ブラケット先端の応力が設計値に比べ小さいので、構造モデルとしては、部材の結合条件をすべて剛結合にするのではなく、斜支材取付け部をピンとみなす構造としてもよい。
- ⑥ 今回の測定において、斜支柱取付け部は継手の等級に対して、疲労照査を必要とする応力範囲となっている。そしてその寿命は、頻度測定を行うことにより推定できる。しかし、設計段階でその継手の等級（疲労強度）を上げることにより、寿命を延ばすことができる。この点から、疲労強度の高い高力ボルト摩擦接合継手構造を検討してもよい。
- ⑦ 設計方法と同様に、製作、架設に関しても明確な基準がないので、応力度的に余裕を持った設計が必要である。

## 8. おわりに

この工事を実施するにあたり、日本道路公団東京第一管理局ならびに同袋井管理事務所の担当者の方々には多大なるご指導を頂きました。また、計測に関しては、(株)BMCの小芝主任技師に大変御協力頂きました。誌面を借りて深く感謝いたします。

### <参考文献>

- 1) (社)日本鋼構造協会編、鋼構造物の疲労設計指針・同解説、技報堂出版、1993

1995.10.30受付