

(18) H形鋼桁橋の連結化設計と実橋実験

Design and experiments on actual bridge for connected H-beam bridge

丸山忠明*、児玉孝**、川崎賢二***

Tadaaki Maruyama, Takashi Kodama, Kenji Kawasaki

*大阪市建設局、街路部立体交差課（〒559-0034 大阪市住之江区南港北 1-14-16）

**株式会社修成建設コンサルタント、構造部（〒553-0002 大阪市福島区鷺洲 2-5-15）

***株式会社修成建設コンサルタント、構造部（〒553-0002 大阪市福島区鷺洲 2-5-15）

It faced in the connective composite H-beam bridge, this report explains connection structure and performs the validity evaluation of the design by experiments. Experiments was checking whether the stress transfer as a continuous structure stands at unusual value by rigidity transition between RC cross beam and H-beam, and whether RC slab contribute to load distribution. As a result, regardless of rigidity transition, the continuity of a neutral axis can be conserved, and a local stress is not a large value. Moreover, it was found that the value of distribution efficiency is not falling lower with the simplification of cross beam.

Key Words: H-beam bridge, connected continuous gilder bridge, RC cross beam load distribution, manpower saving

1. はじめに

大阪市鶴見区放出駅周辺地区の土地区画整理事業の一環として、当該地区と大阪内環状線（国道479号）とのアクセスを確保するため、既設阪東大橋への取付高架橋梁が建設された。このうち、橋長99.6mの5径間連結合成H形鋼桁橋は、単純合成H形鋼桁を中間支点部でRC構造を用いて主桁の連結化を図ったもので、鋼橋の省力化を目指した新合成構造形式である。

本文は、本橋の設計、技術的特徴とこの新構造形式の設計を検証するために実施した実橋実験の結果を報告するものである。

2. 小支間橋梁形式の現状

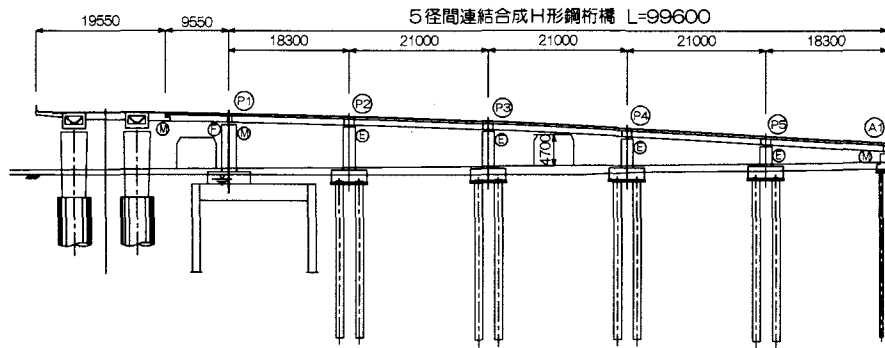
今日、小支間橋梁の多くはコンクリート橋であり、鋼橋は価格の点で競争力を失っているのが現状である。一方、耐震設計の観点からみれば、上部工重量を軽量化することは大いに意義のあることで、経済的メリットも生まれてくる。問題は、鋼橋において、いかにコンクリート橋並みの低コストを実現するかである。従来から、単純桁橋においてはコンクリート橋に対抗できる鋼橋としてH形鋼桁橋が使用されてきたが、橋梁の連続化の要求が高まるにつれ、現在では、多径間橋梁においてH形鋼桁橋が採用されるケースは少ない。

そこで、橋梁の大幅なコスト削減への有効なアプローチとして、従来、単純橋で使用されているH形鋼桁をRC横桁で連結し、連続化を図る新形式を立案、実現化した。

表一1 支間20m程度の小支間橋梁の形式¹⁾

形 式			支 間 (m)		
			10	20	30
コン ク リ ー ト 橋	PC橋	プレテンション単純床版	—	—	—
		プレテンション単純T桁		—	—
		プレテンT桁連結連続桁		—	—
		PC (PRC) 中空床版			—
	RC橋	RC中空床版		—	—
鋼橋		単純H形鋼桁		—	—

注) 上表は道路橋に用いられる標準的適用支間を示す。



図－１ 橋梁一般図

3. 設計時の検討事項

3.1 連結部の設計

本橋の連結部は、敢えて、従来の添接方式に変えて、RC構造を採用することにした。このことで、場所打ちコンクリートの自在性により、主桁の据え付けや通りなどに制約を受けることがなく、自由な桁配置が可能となる。つまり、高度な架設精度を必要としない構造であると言える。

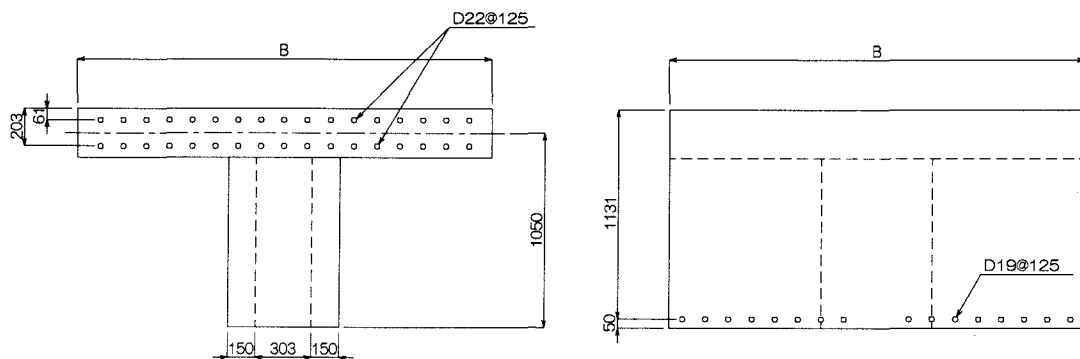
その連結構造の設計は、中間支点上の負の曲げモーメントをRC部材で抵抗させるPCプレテン連結桁の設計基準に準拠した。

連結部に作用する負の曲げモーメントならびに正の曲げモーメントに対する設計断面は図－２に示すとおりである。

しかし、PC橋と違い、本橋においてはH形鋼桁とRC横桁との剛性が大きく異なることから、中間支点上での連続構造としての応力伝達を可能とする連結構造をいかにするかが課題であった。

以下、設計概要を記す。

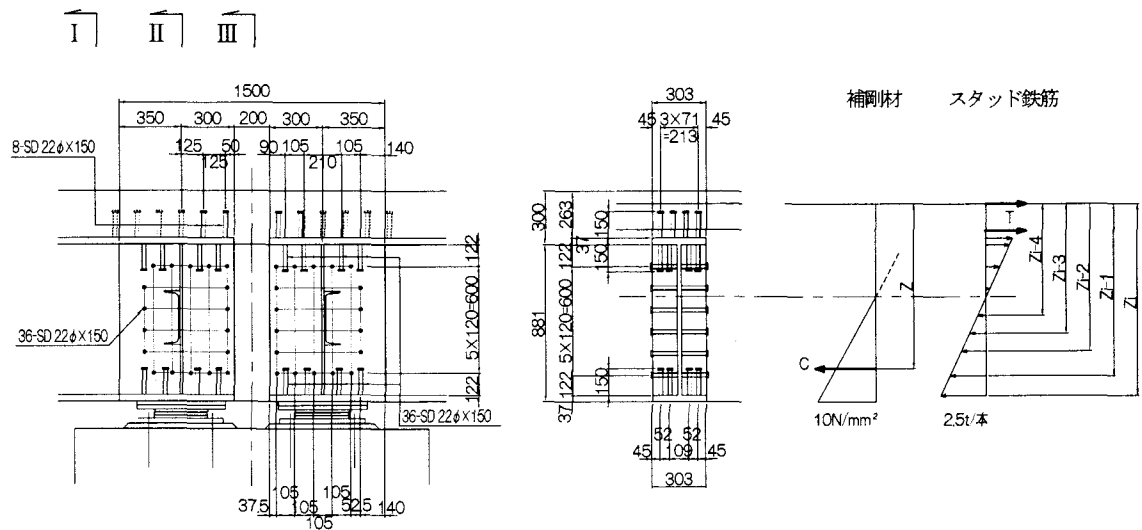
①中間支点上の引張力を床版の連結鉄筋で負担し、圧縮力を横桁で負担させる。そして、応力伝達を確実に行うために、主桁に発生した断面力が横桁を通じて隣接スパンの主桁に伝達される際、H形鋼桁の腹板及びフランジに配置したスタッドと床版内の鉄筋、さらにコンクリートの支圧を負担する鉛直補剛材が応力伝達の機能を果たすものとして設計した。応力は合成桁→スタッド・床版内鉄筋・支圧板（鉛直補剛材）→横桁コンクリート→スタッド・床版内鉄筋→合成桁の流れで伝達するものとした。ただし、せん断力はスタッドのみで負担させた。



負の曲げに対する断面

正の曲げに対する断面

図－２ 横桁抵抗断面



図—3 連結部詳細図

図—3 に示す I～III の断面は以下のとおりである。

I : 合成桁（鋼桁及び RC 床版）

II : 合成桁から横桁コンクリートへの応力伝達の媒体として、スタッド、RC 床版、支圧板（鉛直補剛材）

III : RCT 桁として RC 床版と圧縮側コンクリート（図—2 参照）

ここで、ステップ II において、スタッドは端部で耐力となるように三角形分布するものとした。また、鉛直補剛材に作用する力は、端部でコンクリートの許容圧縮応力となるような三角形分布とした。

スタッド及び鉛直補剛材の許容曲げモーメント M は、 $M = C \times z + \sum (S_{ai} \times z_i)$

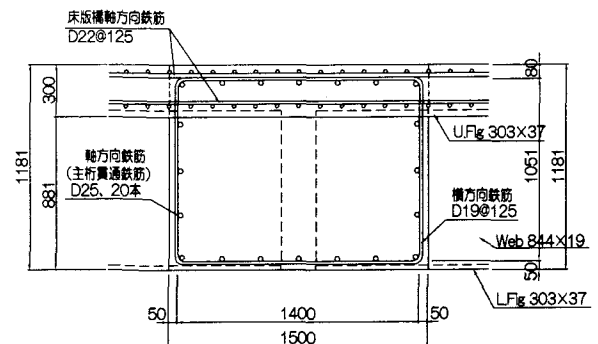
ここに、 C : 鉛直補剛材が受け持つ支圧力 (KN)

z : モーメントのアーム長 (m)

S_{ai} : i 番目のスタッドが受け持つ力 (KN)

z_i : i 番目のスタッドのモーメントのアーム長 (m)

②主桁と横桁の一体化を図るために、H 形鋼桁の腹部に貫通孔を設け、貫通鉄筋 (D25) を配置した。この貫通鉄筋を軸方向鉄筋とした RC のねじり抵抗により、主桁との一体化を図った。



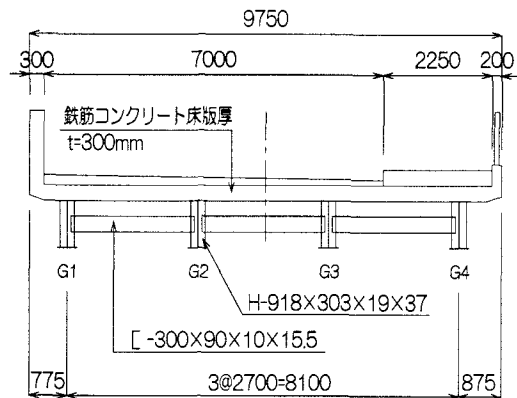
図—4 中間支点横桁

③H 形鋼桁と RC 横桁との剛性急変区間においても、中立軸の連続性が確保されるように、剛性 H 形鋼桁と RC 横桁の中立軸位置が大きく異ならないように部材断面を確保した。また、局部応力に対しては、中間支点付近の FEM 解析を行い、発生応力値に問題がないことを確認した。

3.2 RC 床版の荷重分配効果

本橋は、H 形鋼桁の採用、中間横桁の簡素化（溝型鋼の使用）、RC 床版下面のフラット化など現場施工の省力化を追求した橋梁でもある。この省力化が構造に及ぼす影響として、中間横桁の簡素化による荷重分配効率の低下が懸念された。一方、RC 床版の損傷は、押し抜きせん断耐力不足により進展することから、耐久性の観点から床版を厚くすることが重要である。床版を厚くすることは、死荷重増となり、主桁への負担となるが、合成床版の場合は、抵抗断面の増加にもつながることから、

不経済な断面とはならない。そこで、床版厚を基準以上の 30 cmとし、この床版が荷重分配に大きく寄与することに期待し、解析により、その効果を確認した。



図—5 標準断面図

4. 実橋実験による設計検証

設計での検討結果を実験によって検証し、設計の妥当性

を確認することとした。

- ① 中立軸の連続性が確保されているか。
- ② 剛性急変に伴う局部応力の発生値に問題がないか。
- ③ RC床版が荷重分配に寄与しているか。

実験は総重量約 20 tf のダンプトラックを用いた静的荷重とし、床版コンクリート打設後、図—6 に示す 2 ケースの荷重を行った。

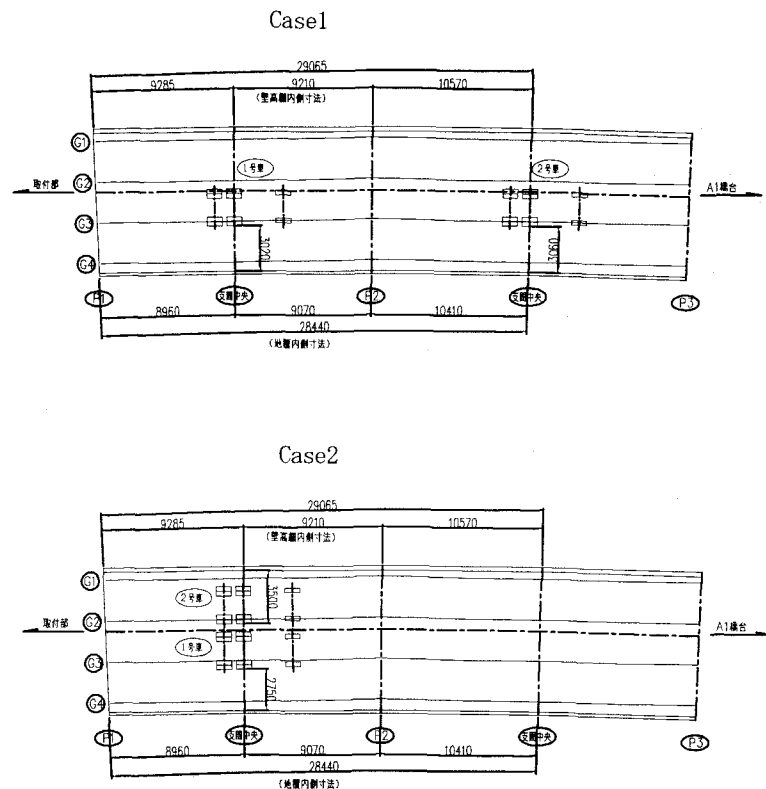
Case1: P1～P2間及びP2～P3間の支間中央G3桁上にトラック後輪荷重を同時に載荷する。

Case2: P1～P2間支間中央に2台のトラック後輪荷重を並列載荷する。

4.1 中立軸の連続性の確保

載荷ケース1におけるP1～P3間のG3主桁フランジの応力状態を示すと図—7のようになる。

計測結果から径間部においては、上フランジ下面の応力値がどの点においてもほぼ0となり、主桁中立軸は上フランジ下面（RC床版下面）にあって一定していることがわかる。また、RC横桁の中立軸は床版下面より 6.4 cmの位置にあり（設計値 9 cm）、連続構造の設計モデルと実橋はほぼ一致しており、連続構造としての設計の妥当性が確認できた。



図—6 静的載荷試験載荷位置図

4.2 剛性急変に伴う局部応力の発生値

荷重ケース1におけるP2支点上RC横桁近傍（横桁より10 cm離れた位置）のG3主桁の応力状態と設計時に実施したFEM解析結果を示すと図-8 のようになる。図-7に示す径間部と同様な値を示しており、局部応力の値は連続桁としての値にとどまり、大きな応力は発生していないことがわかる。また、上下フランジの主応力方向は、FEM解析結果とほぼ一致していることが確認でき、設計モデルの妥当性が検証できた。

4.3 RC床版の荷重分配効果

荷重時のP1～P2径間及びP2～P3径間の支間中央断面における主桁の荷重分配率を示すと図-9 のようになる。ここで、荷重分配率とは、たわみ全量を1とした場合の各桁のたわみの割合である。実験の結果、解析モデル（分配横桁あり床版の分配機能考慮）による計算結果とほぼ同じような分配率を示した。つまり、床版を厚くすることにより、横方向の分配効率は、床版の影響が極めて大きいことが分かり、このことから分配横桁は、不要であるとも言える。

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	⑮
σ_U (N/mm ²)	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1	0.3	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.1
σ_L (N/mm ²)	9.3	3.1	0.4	-2.3	-5.3	-8.1	-9.0	-3.9	-9.2	-8.2	-6.2	-4.1	-2.3	0.0	9.4
$\bar{y}$ (cm)	-0.9	-2.8	0.0	0.0	0.0	0.0	-0.9	6.4	-0.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.9

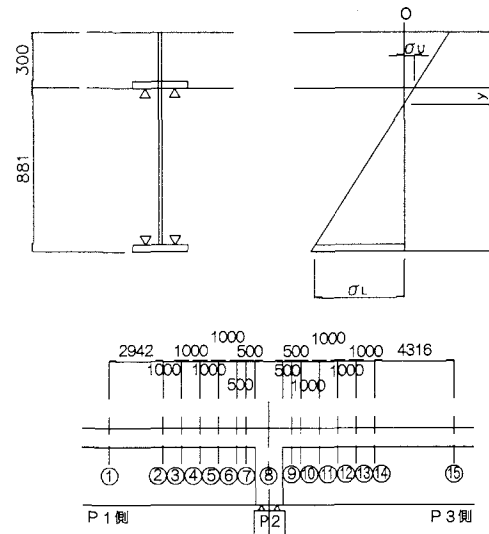


図-7 G3主桁フランジ応力分布

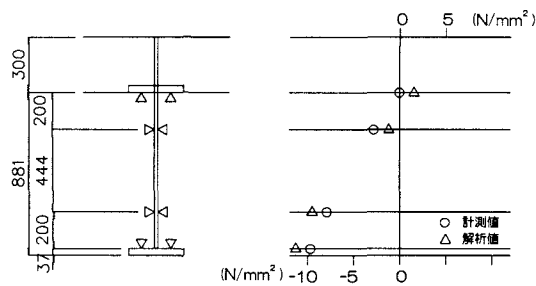
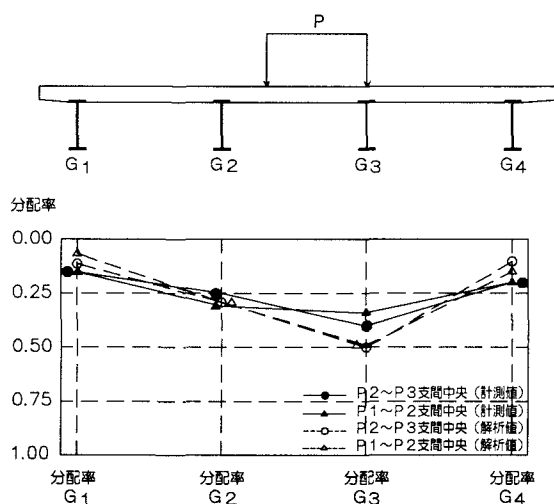
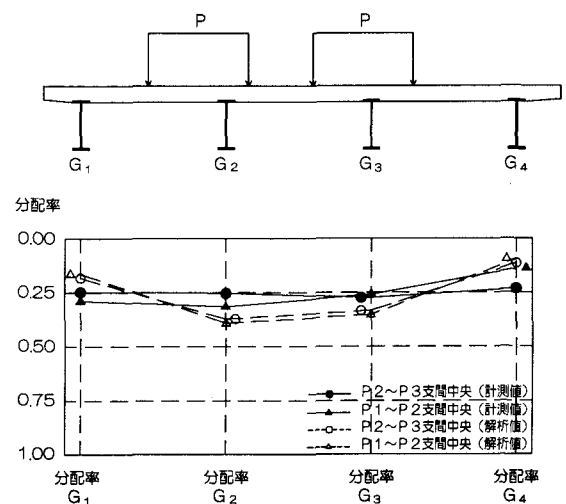


図-8 RC横桁近傍の主桁応力状態



Case1



Case2

図-9 各主桁の荷重分配率

5. まとめ

実験の結果、剛性急変に関係なく、中立軸の連続性が保持できており、大きな局部応力も認められなかった。また、RC床版が荷重分配効果に大きく寄与することも確認でき、設計の妥当性と構造の安全性が確認できた。

今後、小支間に適した鋼橋が待望される中であって、本形式はPC橋に比べて軽量であり、コスト面で十分対

抗できるものと考え、本報告が同種設計の技術資料として参考になれば幸いである。

最後に、本橋連結部の設計にあたり、大阪工業大学 栗田章光教授よりご指導を頂きましたこと、ここに謝辞を申し上げます。

参考文献

- 1) 近畿地方整備局：設計便覧(案)第3編道路編、2000