

(39) 新形式中空合成床版橋の実用化および合成床版橋連続化の動向

The Development and Latest Trend of Hollow-type Steel-concrete Composite Slabs Bridges

佐藤政勝*, 呉 紅軍**, 石原 聡***, 武井博久****, 神田恭太郎*****, 小林博之*****

Masakatu SATO, Hongjun Wu, Satohi ISIHARA, Hirohisa TAKEI, Kyoutaro KANDA, Hiroyuki KOBAYASHI

*工博, 千葉工業大学教授, 工学研究科土木工学専攻 (〒275-8588 習志野市津田沼 2-1-17)

**工修, 千葉工業大学大学院, 工学研究科土木工学専攻 (〒275-8588 習志野市津田沼 2-1-17)

***千葉工業大学大学院, 工学研究科土木工学専攻 (〒275-8588 習志野市津田沼 2-1-17)

****ショールド建設株式会社, 北日本支社技術部 (〒984-0014 仙台市若林区六丁の目元町 8-1)

*****川鉄橋梁鉄構株式会社, 技術部開発技術室 (〒111-0051 東京都台東区蔵前 2-17-4)

Various types of steel-concrete composite slabs bridges have been developed for road bridges and are available on the market. The depth of these slab bridges is much smaller than those of conventional bridges. Moreover since the steel girders act as concrete forms, erection work is very simple, rapid and safe. Therefore, demand for the slab bridges is yearly increasing as rebuilding of bridges for the river improvement and railway over-bridges. Although the almost of actual results of application of the already commercialized composite slab bridge are simple supported types, aiming toward the utilization of continuous supported types, the static bending tests of the continuous slab bridges are executed. The practical applications of these slab bridges are reviewed and these researches of continuous composite slab bridge are introduced in this paper.

Key Words: composite slabs bridge, the low depth of girder, continuous type

キーワード: 鋼・コンクリート合成床版橋, 低桁高, 連続化

1. まえがき

道路橋では鋼・コンクリート合成(以下, 合成と記す)構造の代表的なものは鉄筋コンクリート(以下, RC と記す)床版と鋼主桁をずれ止めで結合した合成桁橋であろう。1952 年に当時の建設省土木研究所が合成桁の研究を始めて以来, 1953 年に大阪市が架設した神崎橋を始め, 多くの合成桁橋が全国で設計施工された。1956 年には「鋼道路橋合成桁設計施工指針」が制定されている¹⁾。合成桁橋の全盛期の 1960 年代前半に道路橋 RC 床版において, 一部コンクリートが剥落した損傷が発生し, 大きな社会的問題となった²⁾。このような破損事故は鋼橋とりわけ合成桁橋に多いとの調査報告や合成桁橋における RC 床版取替え施工が非合成桁橋のそれと比べて難しいことが相まって, その結果として, 1960 年後半から徐々に合成桁橋の建設は減少し, 現在は極端に少なくなっている³⁾。

床版破損の主な原因としては⁴⁾, 車両の大型化や交通量の頻度増大に伴う疲労耐久性不足と, コンクリートの品質や施工の問題と, さらに配力鉄筋の不足, 主桁間の不等沈下などが複合したものであった。その後の現地調査や実験・解析研究の成果により, それらの原因が解明されると共に, 道路橋示方書(以下, 道示と

記す)が逐一整備充実され⁵⁾, RC 床版破損の対策が万全であるにも拘わらず合成桁橋が低迷している。この理由として, 合成桁橋の全高:H と支間:L の比(以下, H/L または, 桁高比と記す)がプレストレスコンクリート(以下, PC と記す)床版橋のそれに比べて大きいことや現場打ち RC 床版施工の煩雑さが挙げられる。

そこで, 鋼弁当箱にコンクリートを全充填した合成床版橋が 1982 年に開発され⁶⁾, 河川改修に伴う既設橋の架替えに適用された⁷⁾。本床版橋では鋼弁当箱が永久型枠と支保工の役割を果たすため, 現場施工の省力化と工期の短縮化が図られるほか, その桁高比はプレテンション PC 単純橋のそれより小さいのが特徴である。その後, 各種の合成床版橋が開発され, 実橋に適用された⁸⁾。また, RC 床版の一部を連続したジョイントレス工法および連続合成床版橋に対する実験的研究が実施されている。

ここでは, 施工実績の多い単純合成床版橋の特徴や設計法および最近実用化されたずれ止めに山形鋼を用いた中空合成床版橋の特徴を紹介し, 次に, 連続合成床版橋について, その研究動向および都市交通渋滞の解消の要である立体交差跨道橋に適用を試みた事例を紹介する。

2. PC 橋と合成桁・合成床版橋の桁高比

プレートガーダーにおける鋼桁高: h と支間の比としては、過去の多くの実例や最適設計法によると、 $1/15 \sim 1/20$ の値が適当とされており⁹⁾、RC 床版厚を考慮すると、合成桁橋の桁高比は、 $1/12 \sim 1/17$ であって、建設省制定標準設計でのプレテンション PC 床版橋¹⁰⁾の $1/24 \sim 1/27$ や PC 桁橋¹¹⁾の $1/16 \sim 1/22$ に比べ大きい値である。この標準設計ではコンクリートの設計基準強度は 40N/mm^2 であるが、設計基準強度 60N/mm^2 のコンクリートの使用により、 $H/L=1/31$ 程に小さくできるが¹²⁾、これ以上桁高比を小さくすると PC 床版橋の支間中央における上縁圧縮応力が許容応力度を超えるため、コンクリートの圧縮縁に配置した PC 鋼棒に圧縮力を与えて定着し、コンクリートに引張応力を発生させ、圧縮応力を低減させた「パイプ工法」が実用化された。1987 年に道路橋に初めて適用した福岡県勝山町の新町橋の $H/L=0.6\text{m}/20.6\text{m}=1/34$ は比較設計したプレビーム合成桁橋の桁高比と同等であった旨が報告されている¹²⁾。その後道路橋の実績として、 $H/L=1/27 \sim 1/34$ が報告されている¹³⁾。図-2.1 に示すように、I 形断面を有する鋼桁プレフレクションを与えて下フランジコンクリートにプレストレスを導入したいわゆるプレビームを架設し、その後床版コンクリートを打設して合成させたプレビーム合成桁橋では、その桁高比を $1/25 \sim 1/34$ に、桁高を低く抑えることが特徴であり、1968 年に玉津橋 ($H/L=0.65\text{m}/18.5\text{m}=1/28$) が大阪市に完成して以来、道路橋、鉄道橋に採用され、1989 年時点で約 330 橋 (最大支間は 49.2m) の実績があった¹⁴⁾。

図-2.2 に示す合成床版橋では底鋼板 (以下、底板と記す) に比較的密に主桁を配置した弁当箱と床版コンクリートから構成される二層版構造の大きい曲げ剛度を利用し、図-2.3 に示すよう、その桁高比を $1/30 \sim 1/40$ とサンドイッチ鋼床版橋並に低くできることが最大の特徴である。

昨年完成した歩道橋「酒田みらい橋」では¹⁵⁾、設計基準強度 200N/mm^2 の無機系複合材料を用い、非常に薄い部材厚の使用により軽量化を図り、支間中央の $H/L=1.56\text{m}/49.4\text{m}=1/32$ であるが、桁端部の桁高を 0.55m 絞り ($H/L=1/90$) 込み河川堤防道路に取り付けており、都市部の中小河川に架かる橋梁には、桁高が低く、かつ桁端部では支間中央の桁高を絞り込める橋梁形式が要求される。

3. 単純合成床版橋の特徴と構造概要・施工例

3.1 施工実績のある合成床版橋の構造概要と特徴

合成床版橋はフランジとウェブで構成される T 形鋼を底板の上面にほぼ等間隔に比較的密に配置した多主桁並列状の鋼桁と、これを型枠として、支保工無しで、打設したコンクリートから構成される。コンクリートを全充填した充実タイプと、自重による曲げモーメントは

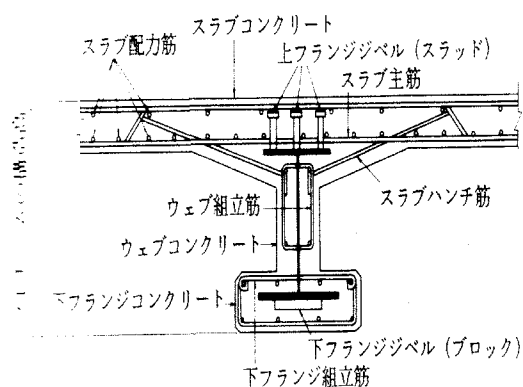


図-2.1 プレビーム合成桁橋の断面図

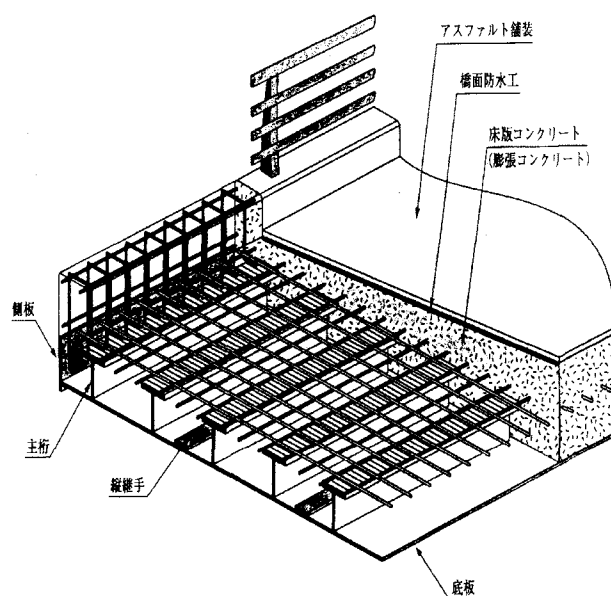


図-2.2 充実タイプ合成橋版橋 KCSB の構造概要図

図-2.3 PC 橋と合成桁・合成床版橋の桁高比

PC 橋	プレテン PC-T 桁: $H/L=1/16-1/21$
	プレテン PC 床版橋: $H/L=1/24-1/27$
	パイプ工法: $H/L=1/25-1/34$
合成橋	合成桁橋: $H/L=1/12-1/17$
	プレビーム合成桁橋: $H/L=1/25-1/35$
	合成床版橋: $H/L=1/30-1/40$
	KCSB QS 橋 スレンダー橋 ハイブリッドスラブ橋 トラス型ジベルを用いた床版橋 ずれ止めに山形鋼を用いた床版橋
鋼橋	鋼床版桁橋: $H/L=1/25-1/30$
	サンドイッチ鋼床版橋: $H/L=1/37-1/44$

支間の二乗で大きくなるので、その低減を主な目的として引張側コンクリートを排除するもの、あるいは軽量充填材で置き換えた中空タイプとの 2 種類に分けられる。鋼桁と床版コンクリートとはスタッド等ずれ止めやトラス型ジベルの機械的抵抗あるいは、上フランジ面における突起の機械的付着抵抗により一体化される。

図-2.3 に示す CT 形鋼上フランジに圧延時設けた線状突起により床版コンクリートと合成させたことを特徴とする KCSB は¹⁶⁾、現在道路橋・歩道橋に 240 橋（最大支間は 38.0m）以上の実績がある。

デッキプレートによる中空部を形成させることを特徴とするスレンダー橋¹⁷⁾の構造概要を図-3.1 に示す。須戸橋（L=42m 二連）、深志橋（L=21m）、相野谷川橋（L=27.2m）他多数の施工実績がある。

硬質ウレタンを埋込み型枠に採用したことに特徴を有する QS Bridge¹⁸⁾の構造概要を図-3.2 に示す。金桜橋（L=34.0m）、木津橋（L=32.7m）、明倫橋（L=26.5m）他多数の施工実績がある。

底板（スキムプレート）に溶接したスタッドにより床版コンクリートと一体化したハイブリッド床版橋の構造概要を図-3.3 に示す。本床版橋で中空 PC 床版橋を一夜で架替えた東名高速道路の三の宮橋（L=18.2m、斜角=46°）の拡幅工事例¹⁹⁾や雲出橋（L=36m 二連）の建設²⁰⁾が報告されている。

ウェブをラチス状に組上げたトラス型ジベルを用いることにより床版コンクリートと合成されたことを特徴とする合成床版橋が神戸市内の三六橋（L=13.3m）架替えに適用された²¹⁾。その構造概を図-3.4 に示す。

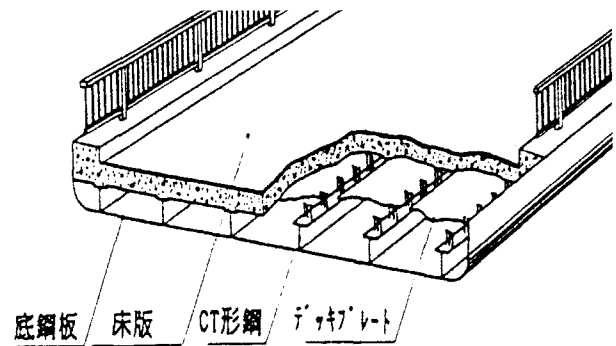


図-3.1 スレンダー橋の構造概要図

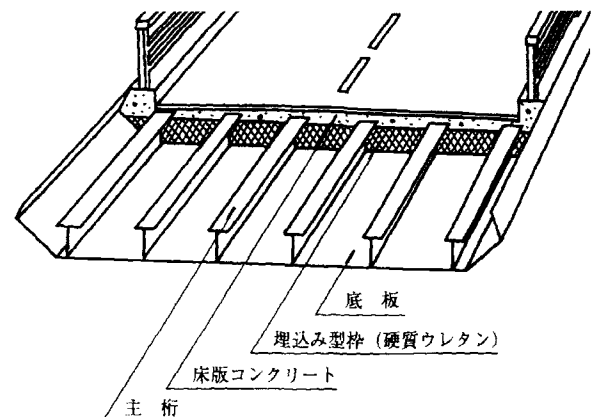


図-3.2 QS Bridge の構造概要図

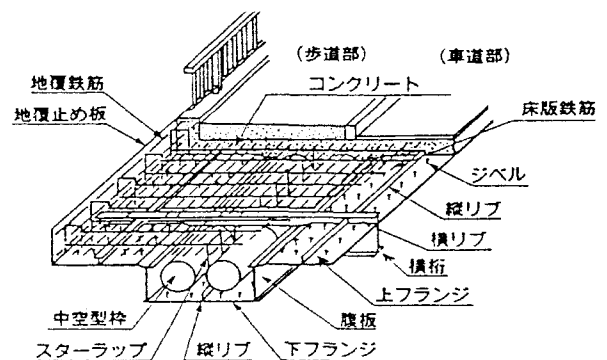


図-3.3 ハイブリッド床版橋の構造概要図

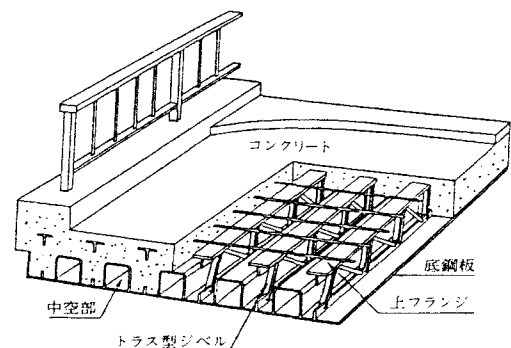


図-3.4 トラス型ジベルを用いた合成床版橋構造概要図

3.2 特徴と設計法

KCSB、スレンダー橋と QS Bridge の企業 3 社と学識経験者を交えて討議し、これら 3 種類の合成床版橋に共通す特徴と設計指針（案）を取り纏めた⁸⁾。

(1) 特徴

- ①床版全高を支間の 1/30～1/40 と低くできることから、桁高制限のある架替え橋梁に最適である。
- ②コンクリート打設時に、型枠や支保工を必要とせず急速施工が可能である。
- ③分割施工が可能なので、既設橋架替えに際して、車両の全面交通止めをする必要がない（写真-3.1 参照）。
- ④きつい斜角²²⁾や橋端の拡幅（バチ）などの複雑な平面形状にも対応できる
- ⑤橋底面と側面が単調であり、維持管理が容易である。

(2) 設計指針（案）

指針（案）は、合成床版橋の設計・施工に際して、道示Ⅰ.共通編、Ⅱ.鋼橋編とⅢ.コンクリート橋編に準拠するが、床版橋の構造特性を勘案し、Ⅲ.コンクリート橋編を重視することが多い。

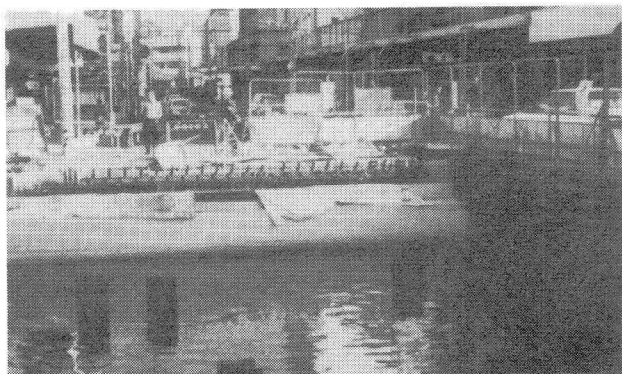


写真-3.1 架替え橋における分割施工の例

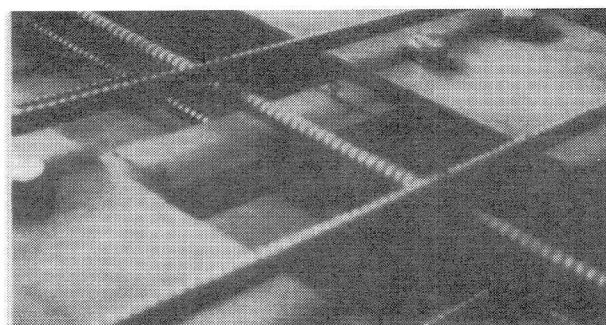


写真-3.2 ずれ止め用山形鋼を主桁上フランジ
下面に高力ボルトで接合した状況

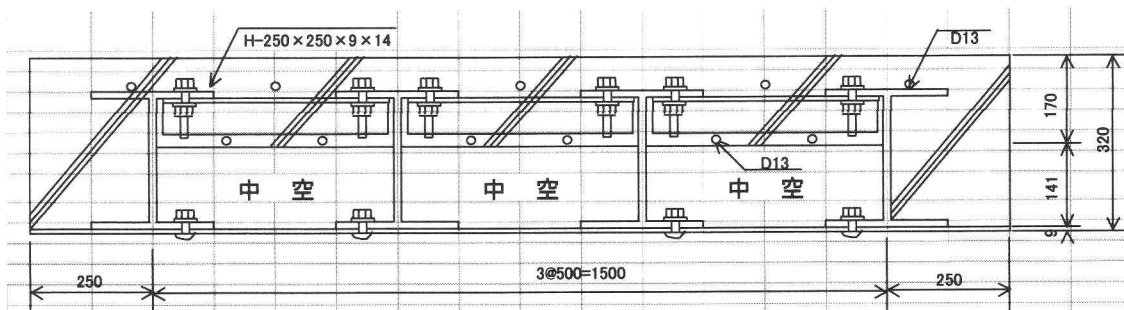


図-3.5 中空タイプ合成床版橋供試体の断面図

- ①鋼桁とコンクリートの死荷重を鋼桁が負担するものとし、活荷重については、コンクリート圧縮部を鋼部材に換算した完全合成断面で負担するものとする。
- ②コンクリートの乾燥収縮を補完する目的で、床版に膨張コンクリートを用いた場合、コンクリートの乾燥収縮の影響を考慮しなくてもよい²³⁾。
- ③コンクリートの許容応力度： $\sigma_{ca} = \sigma_{ck}/3$ とし、 σ_{ck} は 30N/mm^2 にこだわらないことにする。
- ④たわみの許容量として、建設省制定土木構造物標準設計の規定値を採用し、たわみの制限値 $\delta_a = 1/600$ とする。

3.3 ずれ止めに山形鋼を用いた中空合成床版橋²⁴⁾

(1) 特徴

写真-3.2 に示すよう、H形鋼上フランジ下面に高力ボルト接合した山形鋼により、鋼桁と床版コンクリート部の一体化を図った。図-3.5 に示すよう、底鋼板にH形鋼下フランジを高力ボルト摩擦接合した並列開断面鋼桁に膨張コンクリートを打設した単純な構造であり、工場製作、現地組み立ては全て高力ボルト接合(溶接接合を排除)により、製作、施工の省力化を図った。

(2) 構造性能確認試験

支間 6.0m、幅 2.0m、桁高 0.32m の中空タイプ合成床版橋供試体(図-3.5 参照)に対する曲げ載荷破壊実験の成果により、次の点が確認された。

- ①設計荷重： $P_{sda} = 398\text{kN}$ (床版コンクリート上縁応力が 10N/mm^2 に達する荷重)時では、底鋼板のひずみとたわみの実験値はコンクリート圧縮部を弾性係数比

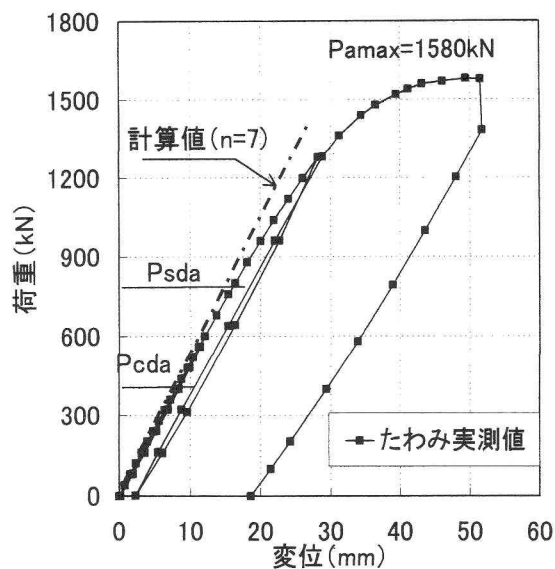


図-3.6 荷重と支間中央のたわみの関係

: $n=7$ で鋼部材に換算した完全合成断面に基づく計算値にほぼ等しい(図-3.6 参照)

- ②図-3.6 に示すように、荷重 1300kN 付近から、たわみの実験値と計算値の差が徐々に拡大し、荷重 1560kN で底鋼板が降伏した後、床版コンクリートが圧潰して、最大荷重： $P_{max} = 1580\text{kN}$ に達した。この最大荷重は AASHTO の終局耐力算定に基づく計算耐荷力： $P_{us} = 1424\text{kN}$ の 1.11 倍であって、道路橋として十分な耐荷力が確認された。
- ③試験後、橋軸方向にH形鋼間の中央を切断した面に山形鋼とコンクリートのずれが観察されなかった。

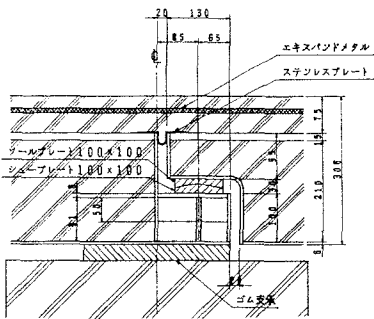


図-4.1 掛け違い支承部詳細

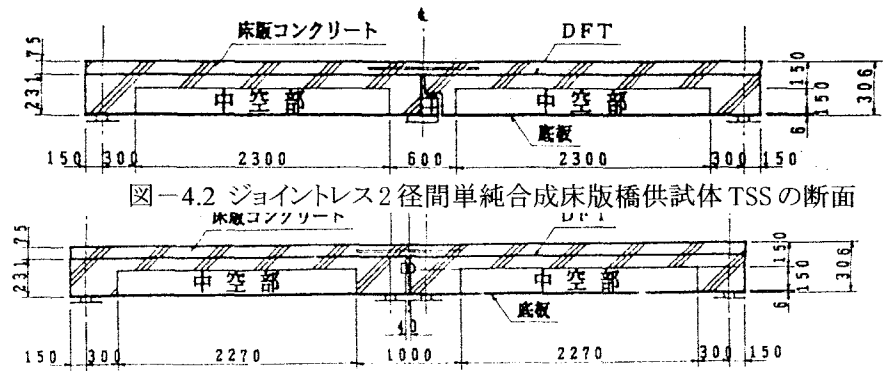


図-4.3 掛け違い支承 2 径間合成床版橋供試体 PSS の断面図

4. ジョイントレス中空合成床版橋²⁵⁾の研究動向

4.1 構造概要と特徴

単純合成床版橋の隣接隙間における RC 床版の一部を連続させた掛け違い支承によるジョイントレス工法を提案した。図-4.1 に示すように、この支承では橋脚天端面において移動支承1個で支持することから、橋軸方向の橋脚幅がコンパクトにできること、掛け違い部の固定(ピン)支承は桁端回転のみに対応し、温度変化による桁端隙間の伸縮が無いことから桁端上面の水平移動量が少なくて済むことなどの特徴がある。

4.2 構造性能確認試験

提案した掛け違い支承および従来の橋端ピン連結したジョイントレス2径間合成床版橋供試体(図-4.2, 4.3 参照)について、それぞれ曲げ破壊実験を実施し、設計荷重時における中間支承上の鉄筋応力やコンクリートの最大ひび割れ幅を求め、また、終局時における耐荷力や破壊性状を把握することによりジョイントレス合成床版橋の構造特性を解明し、エキスパンドメタルによるRC床版連続部のコンクリートひび割れに対する補強効果を確認した。ここで、掛け違い支承を用いたジョイントレスを供試体 PSS、桁端でピン連結したジョイントレス2径間単純桁を供試体 TSS と記す。

4.3 床版連続部におけるひび割れ幅と耐荷力

荷重と中間支承におけるコンクリートのひび割れ幅(以下, $W_{\max}$ と記す)の関係を示した図-4.4 から, 両供試体の荷重と $W_{\max}$ の関係は同様な傾向を示し, 設計荷重: P_{ds} における供試体 TSS と PSS の $W_{\max}$ はそれぞれ 0.19mm, 0.16mm あり, RC 構造物の許容ひび割れ幅の目安である $W_a = 0.005 \times C$ (C にエキスパンドメタルのかぶり 40mm を代入して) $= 0.2\text{mm}$ を満足する値であって, エキスパンドメタルによる床版コンクリート連続部に対する補強の効果が確認された。

供試体 TSS の最大荷重 2.2MN と供試体 PSS の最大荷重 2.31MN は、それぞれ AASHOT の終局耐荷力算定式に基づく計算値 1.66MN の 1.33、1.39 倍であり、道路橋として十分な耐荷力が確認された。

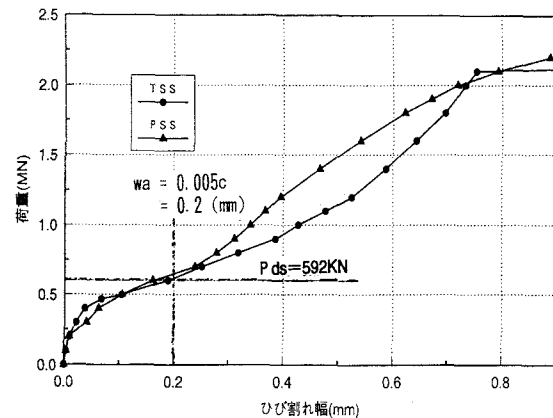


図-4.4 床版連続部における荷重と $W_{\max}$ の関係

5. 連続合成床版橋の研究動向

5.1 連続化の現状

単純形式橋梁には伸縮継ぎ手が設けられるが、これは温度変化による桁の伸縮及び輪荷重の通過時に生じる桁端の回転変形を吸収し、路面の平坦性を保つための装置である。ただし、橋梁全体の構造上伸縮継手部は不連続部であり、車両の通過に伴い繰り返し荷重が作用することから、付帯設備の中では損傷しやすい。しかも騒音・振動の発生源となり、周囲の環境に悪影響を及ぼすだけでなく、車両のスムーズな走行の妨げとなる欠点がある。そこで、多径間連続合成桁の設計・施工が検討され、実橋に採択されているのが実状である。

既に商品化された合成床版橋は、圧縮側の RC 床版を合成させることから、1989 年に名古屋高速道路の堀田ランプ桁の 2 径間連続合成床版橋²⁶⁾を除けば、その適用実績の殆どは単純形式であるが、各種連続合成床版橋試験体の曲げ載荷試験が実施され^{27)~29)}、中間支承部のコンクリートひび割れ対策、支承構造および設計法が検討され、各社それぞれの連続合成床版橋について実用化の目処が付いている状況にある。

合成床版橋の連続化によりジョイントレス化を達成するほか、支間中央の作用曲げモーメントおよびたわみが単純形式のそれより小さくなるため、鋼桁断面をよりコンパクトなものにした、経済的な断面構成が可能となる。

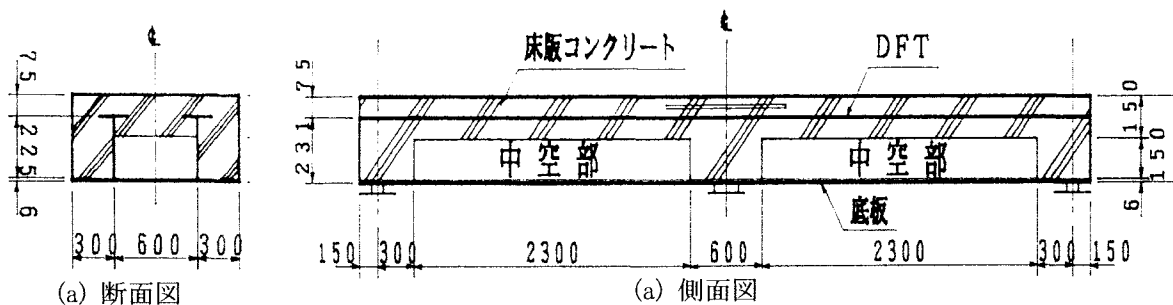


図-5.1 2 径間連続合成床版橋供試体の形状寸法

5.2 構造的確認試験²⁸⁾

2 径間連続合成床版橋供試体(以下, TC1 と記す)の静的曲げ破壊試験を実施し, 耐荷力や中間支承部コンクリートのひび割れ等構造特性を把握すると共に, ジョイントレス合成床版橋の実験成果と比べ, 連続合成床版橋におけるひび割れ性状や耐荷力が単純桁のそれよりも優れていることを確認した。

図-5.1 に示すよう供試体の形状寸法はジョイントレス合成床版橋供試体と同一にした。その供試体は板厚 6mm の底鋼板に 600mm 間隔で 2 本の突起付 T 形鋼を溶接し, その上面に異形鉄筋 D10 を配置した後, 床版厚の上半分の 150mm に膨張コンクリートを打設した。各支承にはゴム支承を採用すると共に, 中間支承直上の床版にはコンクリートのひび割れ対策として, エキスパンドメタルを配置した。なお, 中央支承上では鋼部材のみが負曲げモーメントに対して抵抗すること, および相対沈下かないことを仮定し, 突起付き T 形鋼上フランジの計算引張応力が許容応力度(140N/mm²)に達する荷重:853kN が設計荷重: P_{dc} である。

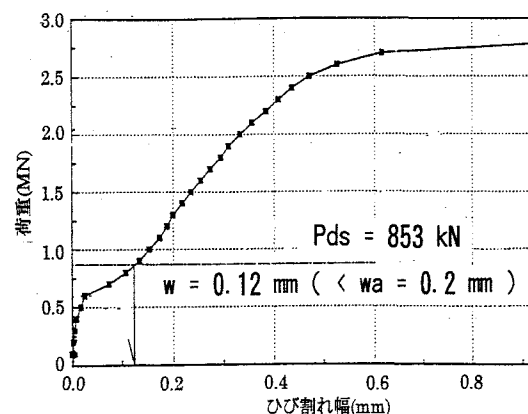


図-5.2 中間支点上における荷重と W_{max} の関係

表-5.1 設計荷重時における W_{max} の比較

供試体	P_{ds} or P_{dc}	$W_{max}(mm)$	W_{maxc} / W_{maxs}
TSS	$P_{ds}=592kN$	$W_{maxs}=0.19$	—
TC1	$P=592kN$	$W_{maxc}=0.03$	0.16
	$P_{dc}=853kN$	$W_{maxc}=0.12$	0.63

5.3 床版連続部におけるひび割れ幅と耐荷力

供試体の中間支承上のコンクリートの最大ひび割れ幅(以下, W_{maxc} と記す)と荷重の関係を図-5.2 に示し, 設計荷重時での供試体 TSS と TC1 の最大ひび割れ幅の比較を表-5.1 に示す。供試体 TC1 の $P_{dc}=853kN$ における W_{maxc} は供試体 TSS のその 63%に相当する 0.12mm であり, RC の許容ひび割れ幅 0.2mm の 6 割であって, 連続形式が単純桁のジョイントレス化よりひび割れ幅に対し有利であること, コンクリートのひび割れ対策としてエキスパンドメタルによる補強策は有効であることが確認された。

連続供試体 TC1 およびジョイントレス供試体 TSS の荷重と支間中央たわみの関係を図-5.3 に示し, 計算終局耐力と最大荷重(実験値)の比較を表-5.2 に示す。供試体 TC1 の最大荷重 $P_{maxc}=2.92MN$ は AASHTO の終局耐力計算式に基づく計算値 $P_{uc}=2.41MN$ に対して 1.21 倍であって, 道路橋として十分な耐荷力が確認された。さらに, 供試体 PSS と比較した場合, 試験体 TC1 の最大荷重は供試体 PSS の 1.26 倍であって, 終局耐力においても連続形式が単純桁のジョイントレス化より優れていることが確認された。

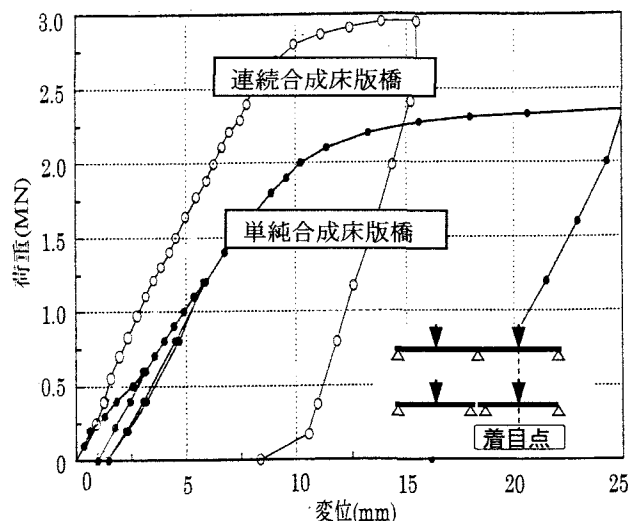


図-5.3 荷重と支間中央たわみの関係

表-5.2 計算終局耐力と最大荷重(実験値)の比較

供試体	計算値 $P_u(MN)$	実験値 $P_{max}(MN)$	実験値 / 計算値	P_{maxc} / P_{maxs}
TSS	$P_{us}=1.66$	$P_{maxs}=2.31$	1.39	—
TC1	$P_{uc}=2.41$	$P_{maxc}=2.92$	1.21	1.26

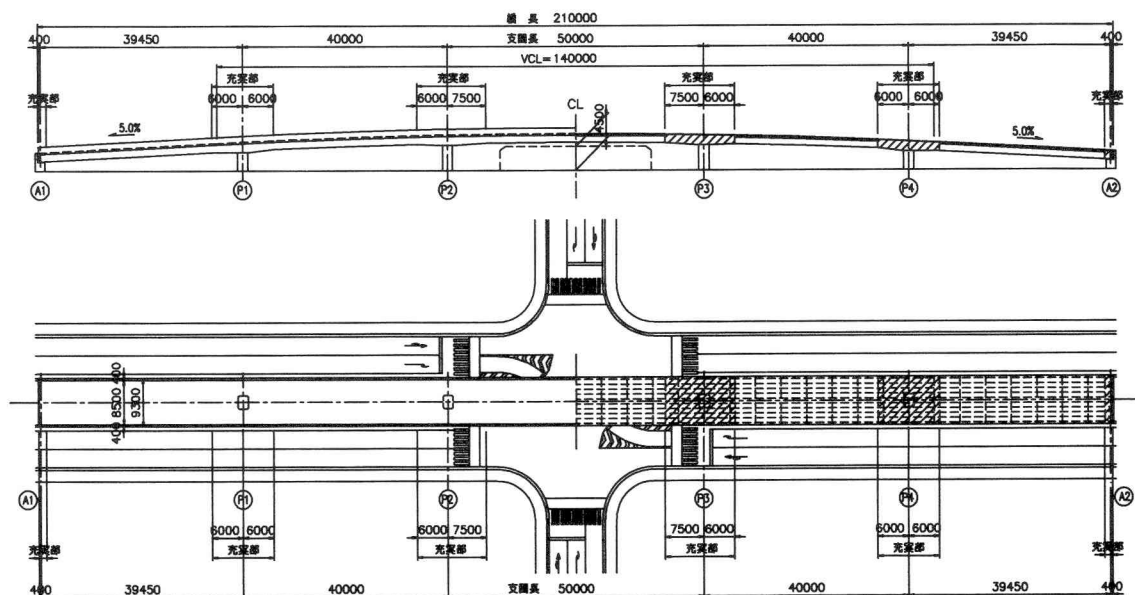


図-6.1 全体平面図および側面図

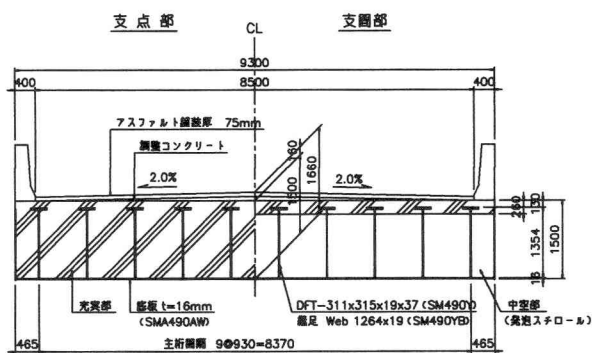


図-6.2 桁断面図

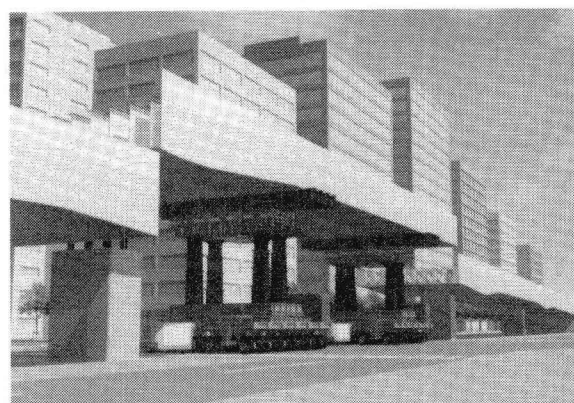


写真-6.1 一括架設イメージ図

6 連続合成床版橋の立体交差跨道橋への適用例

近年、都市再生事業の一環である、ボトルネック交差点の渋滞緩和対策として「立体交差化」が注目を集めている。この立体交差跨道橋へ桁高の低い合成床版橋を適用することにより、立体交差部の総延長を短縮でき、工事費を低減できるメリットが考えられる^{31),32)}。ここでは連続合成床版橋として設計した、立体交差跨道橋への適用例を紹介する。

(1)設計条件

- ①立体交差跨道橋は、交差する道路の幅員や右左折レーンの有無により中央径間の支間長が異なるが、概ね45～60mとした5径間連続桁として設計した。
- ②跨道橋は対面2車線を想定し、総幅員は9.3mとした。
- ③従来の鋼床版箱桁橋の場合 $H/L=1/30$ 程度となるが、合成床版橋では桁高変化を前提に中央支間部桁高1.5m($H/L=1/40$)として中間支間部の必要桁高を算出した。
- ④コンクリートは、死荷重による断面力を低減させるため、支間中央部を中空構造として高性能軽量コンクリート(比重: $\gamma=18\text{kN/m}^3$)を使用した。

(2)設計方法

- ①断面力は、平面格子解析により算出した。
- ②断面は、「プレストレスしない連続合成桁」³³⁾の設計要領に従って決定した。
- ③負曲げ部のひび割れについては、コンクリート標準示方書によるひび割れ幅の照査に基づき鉄筋量を決定した。

(3)試設計結果

図-6.1に中央径間の支間長が50mの5径間連続合成床版橋の全体平面図および側面図を示し、図-6.2に桁断面図を示す。中間支間部の桁高は、中央径間の支間長により1.5～2mとなり、立体交差部の総延長は鋼床版箱桁を適用した場合に比べ10%程度短縮することが確認できた。ボトルネック交差点における立体交差跨道橋の施工では急速施工が要求される。本床版を適用した場合、標準的な施工条件下では現場工期が3～4ヶ月となる試算結果を得ている。写真-6.1に、急速施工を実現するために中央支間部を大型自走台車で一括架設するイメージを示す。

このように、立体交差跨道橋に連続合成床版橋を適用することにより、十分実用性のある構造となることや経済性を満足させること、さらには急速施工が可能となることが確認できた。今後は負曲げ部のひび割れ制御設計法や細部構造の挙動を実験や解析により明らかにする必要があると考えられる。また、SRC 橋脚との剛結構造とした複合ラーメン構造とすることにより経済性や維持管理などの面で合理化を図り、適用範囲を拡大する将来展開も考えられる。

参考文献

- 1) 土木学会鋼・コンクリート合成構造小委員会報告：鋼・コンクリート合成構造の現状，pp.51-52，土木学会誌(1981.9)
- 2) 佐藤，関口，辻本：鋼・コンクリート合成床版およびプレキャスト床版の開発と最近の動向，土木学会第二回鋼橋床版シンポジウム講演論文集，pp.43-48，1998.10.
- 3) 松井：合成桁橋の復権と合成構造の開発と研究，鋼構造論文集，第1巻第2号，pp.1-9，1994.6.
- 4) 土木学会鋼構造進歩調査小委員会報告：鋼道路橋コンクリート床版の現況と動向，pp.57-64，土木学会誌(1985.2)
- 5) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説，II.鋼橋編，付録1-2，pp.499-517，2002.3.
- 6) 佐藤，石渡：異形フランジ T 形鋼埋込み合成床版橋の構造特性，第37回土木学会年次学術講演会，I -120，pp.239-240，1982.9.
- 7) 佐藤，石渡：新しい形鋼を用いた合成床版橋の構造特性と設計法，第30回構造工学シンポジウム，pp.79-85，1984.2.
- 8) 太田，依田，利根川，上田，古室：合成床版橋の設計と施工の現状，橋梁と基礎，Vol.33, No.7，pp.19-23，1999.7.
- 9) 橋(中井，北田改訂)：橋梁工学，第5版，共立出版，pp.127，2001.3.
- 10) 全日本建設技術協会：建設省制定土木構造物標準設計第18～20巻の手引き，pp.17，1996.7.
- 11) 泉，近藤：橋梁工学，コロナ社，pp.244，2000.4.
- 12) 倉成，手嶋，中村：パイプ方式による新町橋の設計および施工について，プレストレストコンクリート，Vol.29, No.4，pp.45-51，1987.9.
- 13) 渡部：パイプ工法によるPC桁橋の設計の要点，プレストレストコンクリート，Vol.31, No.1，pp.44-50，1989.1.
- 14) プレベーム協会：プレベーム工法，プレストレストコンクリート，Vol.31，特別号，pp.140-142，1989.
- 15) 武者，大熊，大竹，児玉，関，小林：無機系複合材料を用いた酒田みらい橋の設計と施工，橋梁と基礎，Vol.35, No.11，pp.2-11，2002.11.
- 16) 佐藤，橋本，石原：架換え橋に適した中空合成床版橋の設計と施工，第3回合成構造の活用に関するシンポジウム

- 講演論文集，土木学会，pp.239-244，1995.11
- 17) 湯川，飯村，由井：低桁高合成桁橋の耐荷性能と疲労耐力，第46回土木学会年次学術講演会，I -305，pp.648-649，1991.9.
 - 18) 太田，太田，日野，山田，高田：硬質ウレタンを充填した鋼・コンクリート合成床版橋(金桜橋)の現場載荷試験，土木学会第4複合構造の活用に関するシンポジウム講演論文集，pp.37-42，1999.11
 - 19) 日経コンストラクション：一夜で高速道路橋を架け替える，pp.66-70，7月8日号(1994)
 - 20) 鷹取，田中，植村，土屋，吉田，橋詰：合成床版橋・雲出橋の建設，日本鋼管技報，No.118，pp.54-61，1987
 - 21) 国広，奥田，山本，近藤：合成床版橋の設計・施工と実橋実験，橋梁，pp.47-54，1989.7.
 - 22) 佐藤，田中：斜角の小さい中空合成床版橋の構造特性と実橋への適用，鋼構造論文集，第1巻第2号，pp.81-90，1994.6.
 - 23) 土木学会鋼構造委員会：鋼構造物設計指針，PART B 合成構造物，pp.36，1997.9.
 - 24) 佐藤，武井，板谷：ずれ止めに山形鋼を用いた中空合成床版橋の構造特性と設計法，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.23, No.1，pp.679-684，2001.
 - 25) 佐藤，田中：掛け違い支承を用いたジョイントレス形式合成床版橋の構造特性，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.20, No.3，pp.937-942，1998.
 - 26) 深田，森山，加納，綿引：低桁高連続合成床版橋，土木学会第2回合成構造の活用に関するシンポジウム講演論文集，pp.353-358，1989.5.
 - 27) 山田，堂園，太田，日野，太田，財津：軽量充填材を用いた鋼・コンクリート合成床版橋の連続化への適用に関する研究，第49回土木学会年次学術講演会，CS-85，pp.174-175，1988.9.
 - 28) 石原，佐藤，小池：2 径間連続桁に適用した合成床版橋の構造特性，第50回土木学会年次学術講演会，I-106，pp.212-213，1989.9.
 - 29) 日野，山田，太田，太田：鋼・コンクリート連続合成床版橋の中間支点部でのひび割れ特性，土木学会論文集 No.612/I-46, pp.153-163，1999.1.
 - 30) 松野，利根川，井澤：合成床版橋の連続化に向けた一考察，第55回土木学会年次学術講演会，I-A294，2000.9.
 - 31) 横沢，赤坂，上村：RELIEF(リーフ)工法による短期間立体交差施工法，建設機械，pp.36-39，2003.7.
 - 32) 横沢，赤坂，上村：RELIEF(リーフ)工法で今すぐ渋滞解消を!!，橋梁&都市 PROJECT，pp.30-34，2003.7.
 - 33) 日本橋梁建設協会：PC 床版を有するプレストレスしない連続合成桁，1996.3.

(2003 年 9 月 30 日受付)