

経済性を追求した鋼鉄道橋の試み

PURSUIT OF ECONOMICAL STEEL RAILWAY BRIDGE

保坂鐵矢*

Tetsuya HOSAKA

ABSTRACT : Development of Steel Railway Bridge Structures aiming at a reduction in the total cost has rationalized existing bridges, expedited utilization of marketable raw materials, processed materials and enabled developing a new hybrid structure. This paper introduces a hybrid structure that has already been used for practical purpose. It features a low initial cost, low maintenance costs, a low noise level and high antiseismic resistance.

KEYWORDS : Economically, Multi T-section concrete encased steel beam, concrete-filled tubular steel girder, continuous composite girder, electric furnace steel flats

1. はじめに

鉄道桁に占める鋼橋のシェアは、コンクリート系の構造との比較において、列車走行による構造騒音等の環境アセスメントや補修塗装に代表される維持管理費の経済性等から年々厳しい環境にある。

このように最近の鋼鉄道橋は時代の求める要求に適用範囲が少なくなっている。しかし、鋼構造の強く、軽い特性と架設施工性における長所と、圧縮領域で座屈に支配され強度と変形性能が必ずしも優れているとはいえない短所をコンクリートとの合成により補うことにより、高い耐荷力と変形性能が期待できる複合構造に着目した開発・実用化を試みているところである。

本稿ではコスト削減を追求した鋼とコンクリートを組合せた複合構造例の概要を紹介する。

2. 鋼鉄道橋の現状とコスト削減に着目した技術開発

鋼鉄道橋はRCやPC橋梁と比較して、第一は構造騒音が大きく、社会ニーズに受け入れられ難い環境にあり、第二は中小橋梁と比較すると経済性に若干劣る。第三は維持管理費が大きい、という構造選定上クリアしなければならない大きな課題がある。

これらの課題の内、騒音対策および維持管理の省力化については、これまでの技術開発により概ね解決しつつあるが、中小橋梁での経済性の大きな要因は鋼橋梁の製作コストによるものと推測され、すでに道路橋では製作工数の省力化等においてコストメリットの評価を得ている。鉄道橋におけるコスト削減に着目した取り組みは既設構造の合理化、市場性のある素材・材料・製品の適切な活用、技術開発による新しい構造の研究・開発・実用化を進めているところである。

主たる概要は次のとおりである

- (1) 既設構造の合理化：①H鋼埋込み桁を改良した「マルチT型断面SRC桁」、②多径間ある単純合成桁を「連続合成桁」への移行、③「軽量コンクリート」や「鋼繊維コンクリート」を有効に適用した合成桁やSRC桁、④箱断面合成桁をI断面とした「省力タイプI断面合成桁」

* 日本鉄道建設公団 本社 設計技術室 総括補佐 (〒100-0014 東京都千代田区永田町 2-14-2)

- (2) 市場性のある素材・材料・製品の適切な活用：①「電気炉平鋼」を主部材に用いた鋼桁、②「海浜耐候性」を用いた海岸近接地域への無塗装桁、③市場性のある鋼管を用いた「充填鋼管複合桁」
- (3) 新構造の開発と実用化：①「柔ジベルも用いた断続合成桁」、②「孔あけ鋼板ジベル」を用いた「完全合成桁」、③「充填鋼管複合桁」、④「二重合成桁」

3. 経済性を追求した複合構造の例

コスト縮減に向けて実用化した主たる橋梁は次のとおりである。

3. 1 マルチT形断面SRC桁：北陸新幹線・裾花川橋梁、他の例

(1) 構造概要

概ね20m前後の中小橋梁で比較的多く用いられるPC、RC桁では施工が困難な道路や鉄道の交差区間において、シャロー桁で、低騒音桁としてのSRC構造の溶接H鋼埋込桁が多く用いられていた。マルチT形断面SRC桁^{1) 2) 3)}は図-1に示すように従来タイプの溶接H鋼埋込桁の構造体として寄与しない引張り領域のコンクリートを極力少なくした構造である。死荷重の軽減により上・下部構造ともにコンパクトな合理的断面が構成でき、適用支間の拡大、そして連続構造化による経済性と耐震性の評価が得られた。

構造特徴を次に示す。

①桁本体のスリム化：マルチT形断面構造の採用は従来の版桁タイプに比較して、桁自重の軽減ができ、表-1に示すように実用化した数例において、鋼主桁の中央断面の断面積で約20%の経済効果がある。

②支間の長大化：死荷重の軽減により、支間の長大化ができ、構造選定上の適用範囲が拡大できる。ちなみに、新田川橋梁は支間46.2mで単純桁での鉄道SRC桁の最大支間である。

③下部構造のコンパクト化：死荷重の軽減は耐震性能の向上に加え、橋脚断面のコンパクト化や基礎杭の径や本数等の下部工を含めた橋梁全体のトータルコストが低減できる。

④主桁の部分溶融亜鉛めっき処理：コンクリートの外面に露出する唯一の鋼部材である鋼I断面主桁の下フランジのみ溶融亜鉛めっき処理とする製作手法を開発⁴⁾適用した。下フランジを事前に溶融亜鉛めっき処理し、その後腹板との組立てを行う部分溶融亜鉛めっき工法の開発・実用化は補修塗装等の維持管理の省力化に寄与できた。

(2) 実績例：北陸新幹線・裾花川橋梁（2径間連続構造：41.96m+39.96m）

・新田川橋梁（単純桁で最大支間：46.2m）、他

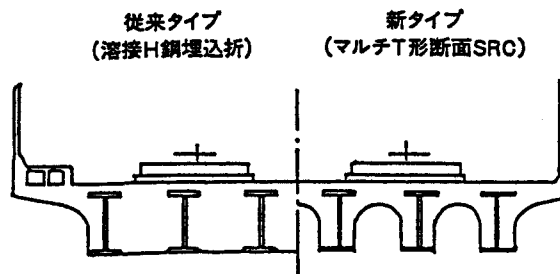


図-1 新旧SRC桁断面図

表-1 SRC桁断面比較（鋼主桁中央断面）

	H鋼埋込桁	T形断面SRC桁
単純桁L=47.0m	100	85
単純桁L=22.30m	100	79
連続桁L=41.6+31.6m	100	80

注) 1. 検討対象：北陸新幹線のスラブ軌道
2. 表中の数値は従来タイプ「H鋼埋込み桁」を100とした時の新型タイプ「T形断面SRC桁」の中央断面の断面積の比率を示す。

3. 2 充填鋼管複合桁：北陸新幹線・北陸道架道橋の例

充填鋼管複合桁は市場性のある丸型鋼管にコンクリート系等を充填した橋桁で、前項で説明したマルチT形断面SRC桁の主桁コンクリート打設用型枠の施工省力化に着目、開発した構造である。丸型鋼管は断面効率が悪いが鋼管内部にコンクリート系を充填することにより優れた耐力評価と荷重変形性能^{5) 6)}が発揮でき、列車走行に伴う騒音・振動を軽減⁷⁾することが期待でき、そしてビルトアップ钣桁であるマルチT形断面SRC桁と比較して加工工数が少なく、施工性においてもコンクリート打設の型枠代わりになる建設コストの低減が期待できる構造である。構造概念を図-2に示す。

(1) 実用化に到る研究^{5) 6) 7)} :

鋼管の充填材の有無および種類による耐力評価を静的・動的載荷試験および数値解析を併用して評価した。概要を以下に示す。

- ① 充填材は気泡モルタル、軽量コンクリート、普通コンクリートである。
- ② 気泡コンクリートの配合強度 50 kg/cm^2 (単位体積重量 1.1 t/m^3) は、非充填鋼管に比べ局部座屈に対する効果がある。
- ③ 軽量コンクリートと普通コンクリートは鋼管に局部座屈が生じるが全塑性耐力を上回っても耐力低下は認められない。
- ④ 充填材の施工性から一部未充填が生じた場合をも考慮した耐力評価を動的載荷試験により行った結果、完全充填と遜色のないことが確認できた。

(2) 実橋への適用

- 1) 実績：北陸新幹線・北陸道架道橋 (3 径間連続・複線 4 主・充填鋼管複合桁・ $34.95\text{m}+36.0\text{m}+34.0\text{m}$)
- 2) 構造上の特徴：構造概要は図-3 に示すとともに以下に示す。

- ① 主桁高さを制限され、施工性から 3 径間連続・充填鋼管複合桁を採用した。
- ② 負曲げモーメントの卓越する中間支点部近傍では充填したコンクリートと鋼管を合成し、正曲げモーメント区間はコンクリート床版と鋼管を合成したダブル構造とした。
- ③ 正曲げモーメント区間の鋼管内に気泡コンクリートを充填した低騒音構造である。
- ④ マルチ T 形断面 SRC 桁よりコンクリート重量が小さいことから主桁である鋼管重量は小さく、また、市場性を有する鋼管を用いることにより製作コストの縮減でき、コスト縮減に貢献できる構造である。

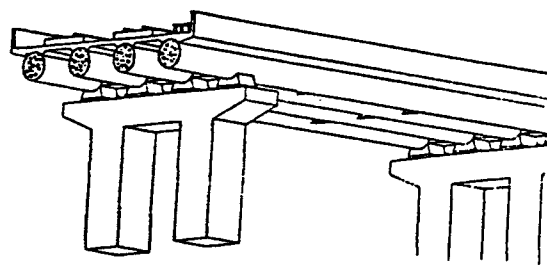


図-2 充填鋼管複合桁の構造概念

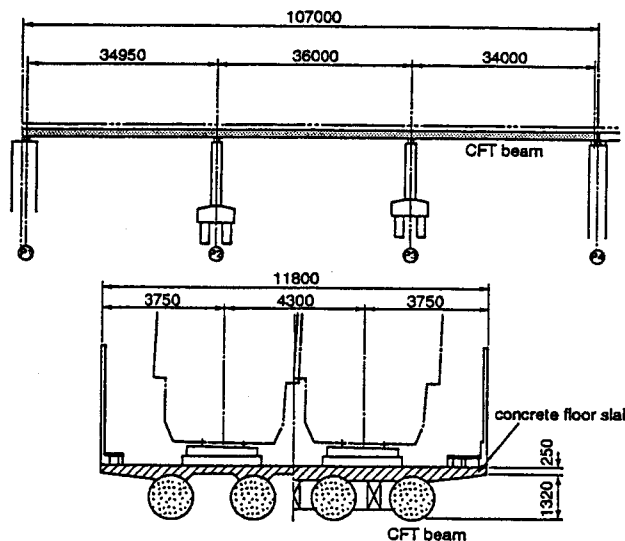


図-3 北陸新幹線・北陸道架道橋：充填鋼管複合桁の概要

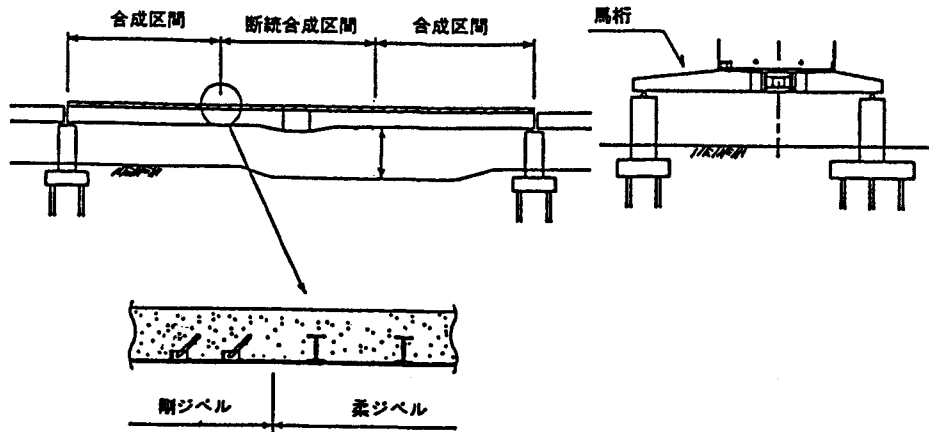
3. 3 断続合成桁：北総線・都計道3・4・20架道橋、他の例

連続合成桁は合理的な断面構成と支承数の低減ができ、耐震性向上と経済性効果を有する構造である。一方、中間支点部近傍に生じる負曲げモーメントによるコンクリート床版のひび割れ防止対策が重要で、福知山線：第二武庫川橋梁は支点の上昇や下降によってプレストレスを導入する方法が用いられた例もあるが、当該橋梁ではプレストレスしない新しいタイプの連続合成桁である断続合成桁⁸⁾を開発・実用化した。

北総線・都計道3・4・20架道橋等⁹⁾で採用した断続合成桁の例は、中間支点到馬桁を用いて主桁と剛結した連続構造で、新しいタイプの断続合成桁である。概念図を図-4に示す。

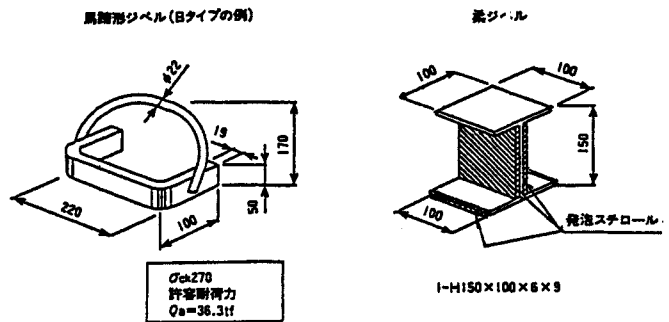
- (1) 構造概要：中間支点部近傍に生じる負曲げモーメント区間の全域、または一部区間にずれを許容するジベル (柔ジベル) を、正曲げモーメント区間に従来から使用しているずれを許容しない剛ジベル (馬蹄形ジベル) を設置した構造で、コンクリート床版は伸縮目地を設けない連続合成桁である。図-5にジベル構造を示す。

2径間連続合成桁(馬桁一体タイプ)



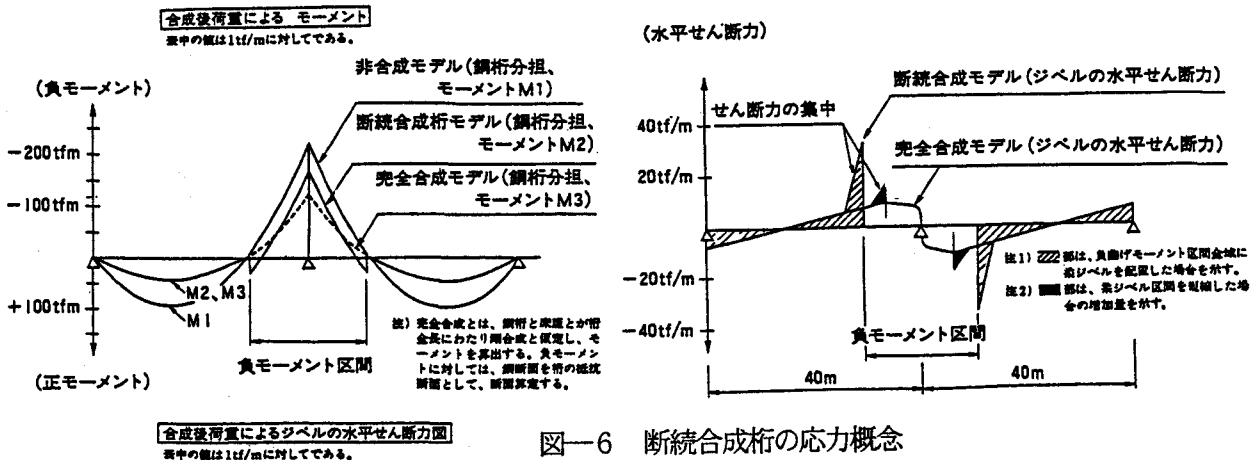
図一4 2径間連続断続合成桁の概要

(2) 柔ジベル: 負モーメント区間に設けるジベルは剛ジベルに比較して、はるかに大きなずれを許容し、繰返し荷重に信頼性を有する阿部ら¹⁾が提案する柔ジベルを採用することとした。柔ジベルは圧延H形鋼(H150×100×9×6)を100mmの幅で輪切りにしたもので、圧延H形鋼の下フランジを鋼桁の上フランジに溶接で取り付け、ジベル腹板およびジベル下フランジ小口にずれを許容する発泡スチロールを貼付けた構造である。また、ジベルはH150×100×9×6を使用すれば耐疲労性から求められる許容ずれ量1.5mm以下となり、今回検討した橋梁程度では問題とならなかった。



図一5 ジベル構造の例

(3) 応力挙動: 二次元FEM解析を併用して解析した2径間連続桁(2@40.0m)の応力挙動の例を図一6に示す。非合成モデルとジベルのずれ定数を考慮した断続合成モデル、そして完全合成モデル(負曲げモーメント区間にも剛ジベルを配置したモデル)の3タイプについて検討した。中間支点部近傍に生じる負曲げモーメントは非合成モデルに比べ、合成モデルに有利性が認められた。水平せん断力は断続合成モデルの場合、境界部に集中するが、柔ジベル区間を短縮することにより水平せん断力の集中が緩和される特徴がみられる。これらの解析結果から水平せん断力の集中をできるだけ少なくなるように柔ジベル区間を適切に配置するとともに、床版のひび割れ対策や水平せん断力の集中する区間に応力分散を考慮して補強鉄筋を配置することとした。



図一6 断続合成桁の応力概念

- (4) 実績：北総線・都計道3・4・20架道橋（2径間連続：2@39.46m）
 東葉高速鉄道：白筋架道橋（3径間連続：19.95m+44.2m+19.95m）
 北陸新幹線・東町架道橋（2径間連続：33.5m+25.9m）
 長沼放水路橋梁（2径間連続：2@34.45m）

3. 4 海浜地区に無塗装仕様の4径間連続ダブル合成桁：北陸新幹線・北陸道架道橋の例

日本海親不知海岸に近接し、海塩粒子高飛来環境に位置する北陸道架道橋¹⁾は北陸自動車道路直上を斜めに交差する橋梁である。架設施工性や耐震性から4径間連続合成桁を二重合成とした経済性と、海塩粒子高飛来環境下における維持管理の省力化から無塗装仕様を採用したトータルコストに有利性を有する構造で、かつ、走行ドライバーへの配慮や景観・環境への配慮を考慮している。

(1) 構造：コンクリート床版と鋼1U断面3室桁を合成した複線4径間連続ダブル合成構造である。

断面はコンクリート床版に勾配を設けた腹板と下フランジとで構成した変形五角形で、全断面現場溶接を採用した。鋼材重量の軽減とむらの無い均一な安定さびの生成、そして軽快感と景観・環境への配慮を考慮している。図-7に概要を示す。

(2) ダブル合成：中間支点部近傍の圧縮領域となる下フランジは騒音対策で設けた下フランジ上の制振コンクリートを構造体として有効に合成した2重合成である。この合成コンクリートは腹板間にあるため、コンクリート有効幅、ジベル耐力等の応力挙動から合成評価をおこなった。

中間支点部近傍の上フランジ側、引張領域のコンクリート床版のひび割れ対策は完全合成としてのひび割れ防止鉄筋はもとより、コンクリート打設順序・打設時期を考慮するとともにSFRCの採用を行っている。

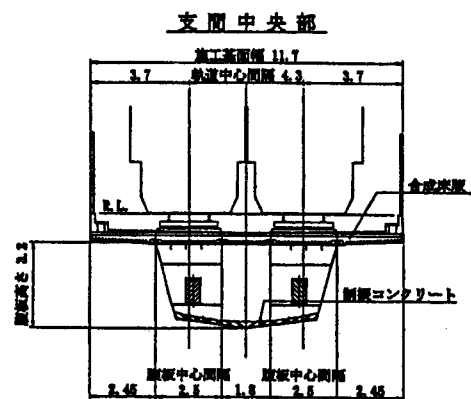


図-7 北陸新幹線・北陸道架道橋：4径間連続ダブル合成桁の概要

(3) 海浜地区における無塗装仕様：

1) 海浜耐候性鋼：飛来塩分付着量が 0.1mmd ($\text{mg}/\text{dm}^2/\text{day}$) を超える環境において、安定さびが生成しないといわれる海塩粒子高飛来環境に位置する当該橋梁は維持管理の省力化から、新しい素材である海浜耐候性鋼を用いた無塗装仕様を採用した。この海浜耐候性鋼は従来の耐候性鋼(SMA○○W)をベースにNi添加量を増やし、Crを少なくした鋼材で、このNiが濃縮した層に生成し、Clの侵入を抑制することからさびの安定化が進むと考えられる。Ni添加量は、当該橋梁では3%とした。

2) さび安定化処理：安定さびの生成を考え、鋼桁表面を雨水が均等に流れる様に、桁断面形状を図に示すように五角形とした。そして高速道路直上交差構造であることから、初期のさび汁対策と均一な安定さびの生成、そして環境・景観への配慮からさび安定化処理を行っている。

(4) 実績：北陸新幹線・北陸道架道橋〔4径間連続ダブル合成・(63.0m+62.0m+62.0m+58.7m)〕

3. 5 省力桁：複線2主I断面合成桁：常磐新線・小貝川橋梁の例

最近、コスト面でPC桁を超えたといわれ、道路橋で脚光を浴びている省力桁は、製作工数が少ないI断面の少主桁で、部材数の少ないコンパクトな横桁で構成され、コンクリート床版を有する合理的な構造である。

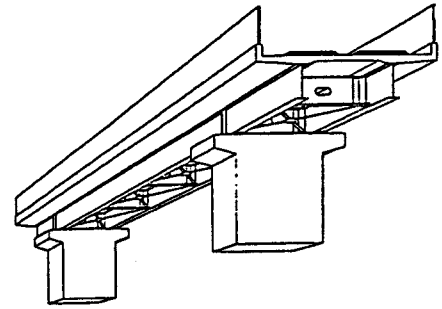
鉄道橋に省力桁としての複線2主I断面桁を採用するに当たり、鉄道橋特有の活荷重（高速走行での連行活荷重載荷）は走行安全性や疲労耐久性に配慮が必要となる。全体剛性確保のための下横構や横桁の剛性、およびコンクリート床版の評価を行い、箱断面桁に比較して製作工数が少ないI断面少主桁

に着目した複線2主I断面合成桁の開発・実用化を行った。図一8に構造概念を示す。ちなみに、一般に、鉄道橋では支間20m以下に単線2主I断面桁、複線4主I断面桁が用いられている。

対象橋梁は小貝川橋梁（支間39.2m+40.0m+39.2mの3径間連続合成桁）で複線2箱断面合成桁に替え、省力桁：複線2主I断面合成桁を採用した。以下に構造特徴を示す。

(1) 構造概要

- ① 3径間連続完全合成構造で、ジベルはスタッドジベルで、中間支点部近傍の負曲げモーメント区間は耐疲労性を考慮した構造としている。
- ② 複線2主I断面合成桁で主桁相互を連結する強固な対傾材（横桁）と下横構からなる格子構造、ねじり剛性に対しては擬似箱桁断面を構成する構造である。
- ③ 横桁は箱桁のダイアフラムに相当する剛度を有する充腹式構造である。
- ④ コンクリート床版は主桁と剛ジベルで連結すると共に、横桁位置においても打ち下ろし定着治具を介して定着し、剛性の向上に寄与している。
- ⑤ 中間支点近傍のコンクリートひび割れ対策は有害なひび割れが生じないように完全合成としてのひび割れ防止鉄筋、コンクリート打設順序や打設時期を調整すると共に、SFRCも考慮することとしている。



図一8 省力桁：複線2主I断面合成桁の概念

(2) 単線載荷時のねじれ振動に対する剛性確保を考慮した検討と構造^{1,2)}

FEM立体解析結果、単線載荷時の応力・変形挙動から前項で述べた構造とした。

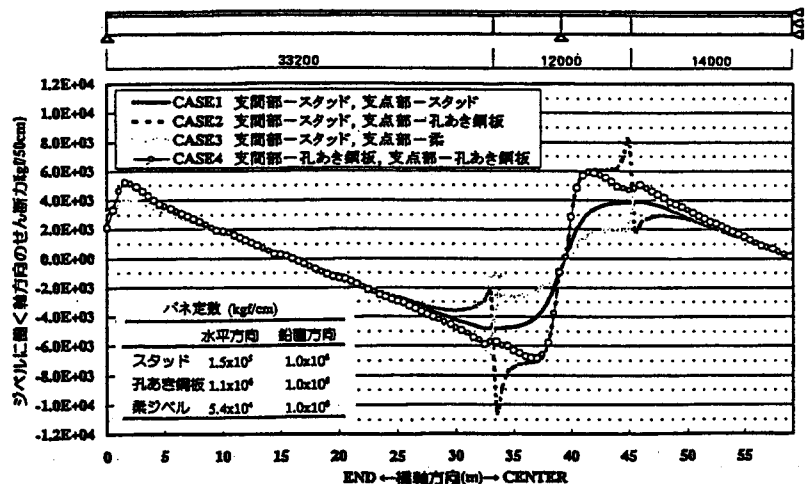
ねじれ振動に対する剛性確保のために下横構を配置、これによる擬似箱桁となる挙動から剛度の高い充腹式対傾材（横桁）を設けることとした。これは列車荷重による断面内の変形により、横桁取り付け部の主桁とコンクリート床版との接合部に揚力が生じ、横桁と主桁取り付け部に局部応力が生じ疲労に対する検討が必要と推測されたためである。

ちなみに、道路橋タイプは主桁中段に支材タイプの横桁のみで下横構は設けていない。

(3) ジベル構造に対する検討^{1,3)}

鉄道橋は繰返し荷重に対する耐力評価から一般に馬蹄形ジベルを用いている。複線2主I断面合成桁は主桁1本に作用するせん断力が大きくなること、支点部近傍では橋軸直角方向のせん断力が作用することも推定できることから、圧縮領域はスタッドジベルと孔あけ鋼板ジベルを、引張り領域はこれに加えて柔ジベルとした組み合わせで数値解析を行った。ジベルに作用するせん断力を3径間連続複線2主I断面（3@40.0m）の例で図一9に示す。

これらの結果から圧縮領域はジベルの種類に差がない挙動を示すが、柔ジベルと他の剛ジベルとの組合せはジベル間の境界にせん断力が卓越し、急変する傾向が見られる。これは図-6の断続合成の場合と同じ挙動を示している。桁全長を剛ジベルであるスタッドや孔あけ鋼板を用いた場合はジベルに働くせん断力は円滑に緩やかな挙動を示し、特にスタッド



図一9 ジベルの種類によるせん断力：3径間連続の例

ジベルはより緩やかである。

(4) 実績：常磐新線・小貝川橋梁（複線2主I断面・3径間連続合成桁・支間39.2m+40.0m+39.2m）

3.6 軽量コンクリート床版を有する下路鋼トラス、北陸新幹線・第三千曲橋梁他の例

鉄道トラス橋では軌道構造、騒音対策、経済性、維持管理の省力化等からトラス床組にコンクリート床版を有する構造が多く採用されている。当該橋梁では河川阻害率の規制から橋脚断面のコンパクト化のため上部工・死荷重の軽減を求められ、寒冷地ではあるが軽量コンクリート¹⁴⁾を用いた床版を有する多径間連続鋼トラス桁とした。軽量コンクリートの採用による死荷重の軽減で上・下部工の経済効果だけでなく耐震性能にも寄与できた橋梁である。図-10に断面概要を示す。

軽量コンクリート床版を用いたトラス床組の構造上の概要を次に示す

(1) 構造概要

1) トラス床組・コンクリート床版構造

①床組構造：コンクリート床版は床組（縦桁は格点位置に設けた横桁を支点とした多径間連続方式：縦桁方式）上に定着治具を介して設備された構造の従来タイプと、下弦材や床組（格点間にも横桁を設ける方式：横桁方式）に直結した構造の新しいタイプがある。表-2に概要を示す。

②構造比較：一般に縦桁方式は、縦桁が約10mの多径間連続である。このため、完全圧縮領域が少ないことから軽量骨材コンクリ

ートを用いた非合成を採用した。縦桁方式に軽量コンクリートを用いることにより死荷重の軽減が鋼材重量の低減効果に、そして下部工への荷重負担の軽減による上・下部工ともに経済性を有し、耐震性向上においても有利性を有する構造となった。なお、横桁方式は下弦材にも床版が直結することから下弦材が曲げ部材となるがシャローとして有用な構造である。

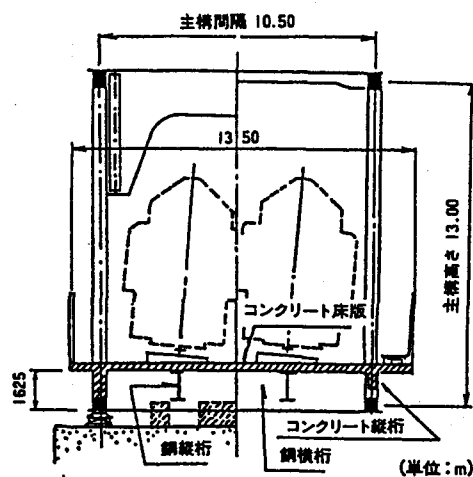


図-10 北陸新幹線・第三千曲川橋梁の断面概要

表-2 コンクリート床版を有するトラス床組構造

	非合成トラス（縦桁方式）	合成トラス（横桁方式）
略 図		
構造概略	<ul style="list-style-type: none"> 格点位置横桁の間に縦桁を設ける 縦桁及び横桁と床版を合成させない 格点位置横桁に床版伸縮目地を設ける 	<ul style="list-style-type: none"> 格点間に横桁を設ける 横桁と床版を合成させる 下弦材と床版を合成させる
構 造	<ul style="list-style-type: none"> 耳桁が必要となる 縦桁の桁高が高くなる 	<ul style="list-style-type: none"> 床組高を低くできる 横桁と弦材が同じ高さとなる 架設時の横荷重対策を要す 下弦材に曲げ応力を生じる 下弦材の作用力の床版への分担 床版の橋軸方向は負の領域となる
実 績	<ul style="list-style-type: none"> 東北新幹線や在来線に多数あり 軽量コンクリートの使用でより合理化が図れる 北陸新幹線犀川橋梁、第三千曲川橋梁 	井原線高梁川橋梁—合成トラス
	<ul style="list-style-type: none"> 横桁方式に軽量コンクリート床版を用いた非合成トラス：福知山線武庫川橋梁 	

2) 軽量コンクリート床版

- ①粗骨材は軽量骨材、細骨材は天然川砂とした。これは耐久性と耐凍害性より定めた。
- ②長距離ポンプ圧送施工性：現場施工条件を考慮した240mのポンプ圧送試験による軽量骨材の吸水率、スランプ、骨材分離等に着眼した施工試験を行い、適切な配合や施工方法を選定した。
- ③耐凍害性：寒冷地における耐凍害性については現場環境・施工条件を加味した凍結融解試験¹⁴⁾を行い配合設計・施工条件を定め施工管理に反映した。

3) コンクリート床版の連続化構造による維持管理の省力化：鉄道トラス橋のコンクリート床版は床組の横桁位置に橋軸直角方向の伸縮目地を設け応力開放をするのが一般であった。しかし、この伸縮目地は雨水の浸透等で横桁上フランジ上面の腐食等構造的弱点になる恐れがある。このため、前述の断続合成桁と同じようにコンクリート床版に発生する橋軸方向の負曲げモーメント区間（縦桁の横桁取付位置近傍）に柔ジベルを設け¹⁰⁾ることによりコンクリート床版を連続化構造とした。

(2) 実績：北陸新幹線・第三千曲川橋梁〔(3+3) 径間連続・3@82.7m+3@103.0m〕、

犀川橋梁〔(2+3) 径間連続・(2@68.0m)+(68.0+88.0+68.0m)〕、

福知山線・武庫川橋梁（横桁方式・非合成：2 径間連続・77.9+95.4m）

井原線・高梁川橋梁（横桁方式・合成：81.9m）

3. 7 電気炉平鋼を主部材への適用した橋梁：井原線・高梁川橋梁、他の例

鋼材のリサイクル材としての屑鉄を再生した鋼材（高炉鋼材）を用いた構造は、「限りある資源の有効利用」から大きいスタンスでの経済性を有する。この電炉鋼材の広幅平鋼を主要部材に用いた橋梁の開発・実用化を行った。

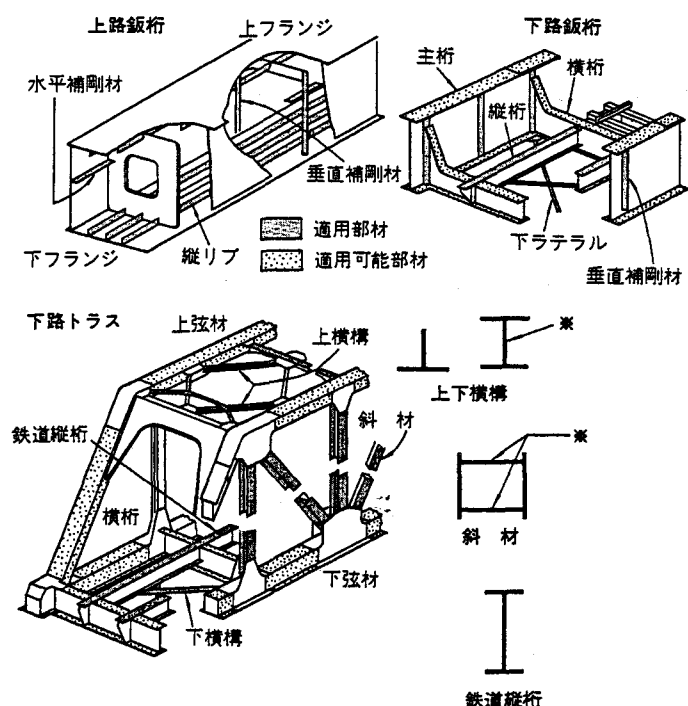
- (1) 電炉鋼の特徴：電炉材は鉄屑を主原料とし、アーク熱を利用した電気炉で溶解・酸化精錬・還元精錬を行い脱硫・脱酸した鋼材である。①鋼材製造設備が小さく建設費や維持費が少ない、②鋼材価格が安価、③鋼材の圧延方向の加工が不要、等の製作費の低減が期待できるとともに、グローバル的な視野から大きなメリットがある。

(2) 実用化に到る研究¹⁵⁾：

1) 鋼鉄道橋の主要部材に適用するために解決すべき事項、

- ①電炉鋼材の特性を考慮した溶接品質：圧延時に生じるコバ形状の丸みとミルスケール、精錬で除去し難いトランプエレメントやSの含有量とZ方向の機械的強度の確保、
- ②鉄道橋特有の構造詳細を考慮した溶接継手に対する溶接品質の確認
- ③部材組立精度の確保できる素材形状寸法等の公差管理規制値の設定
- ④鋼材の市場性を考慮した適用部材の設定

2) 溶接品質の確認：前項の内、特に溶接品質については、広幅平鋼の形状や材質特性を考慮した小型継手試験体や実橋を模し



※印部位には第2中筋川橋梁で適用しない

図一11 電気炉平鋼の適用部材の例

た大型試験桁による溶接施工試験（静的・動的試験）を行い、溶接継手強度等級を確認し、化学成分の制限やミルスケールを規制等、作業標準をマニュアル化した。

(4) 実橋への適用¹⁶⁾

- 1) 適用部材：鋼材の生産可能サイズが限定され、電炉メーカーにより若干異なる。適用部材は幅500mm程度であるため、比較的板幅の小さい部材にしか適用できない。図-11に鉄桁では縦リブ、補剛材、下路桁では縦桁横桁のフランジ、トラスでは縦桁横桁のフランジや弦材である。
- 2) 実績：井原線・高梁川橋梁（トラス、126.0m+3@83.7m+3@83.7m+81.9m）、
宿毛線・第二中筋川橋梁（トラス、76.35m+88.0m+87.35m）
山梨線-実験線・小形山架道橋（ニールセンローゼ、136m）

4. おわりに

最近の鉄道構造物はコンクリート系が主流を占めているが、架設施工性や桁高さ制限をうける鉄道・道路等の立体交差区間や鉄道近接区間、そして、河川阻害率や桁高さ制限のある河川横断区間に、そして環境条件の厳しい住宅地に低騒音で維持管理の少ない鋼とコンクリートを組合せた複合構造が注目を集めている。本稿で報告したのは鉄道公団の例であるが、JR、民鉄各社において同等の技術開発を行い実用化されている。残念ながら情報不足から報告できなかったが、1例として、JR東日本で施工された鋼管を鉄筋に換算した充填鋼管柱を用いたラーメン高架橋¹⁷⁾もある。

耐久性に優れ、環境にやさしい構造物の開発は、結局、トータルコストにおいて評価されるもので、複合構造は開発途中の一里塚である。本稿で紹介した複合構造は、現在、実用化の緒に着いたところである。各分野の指導をいただきながら合理的な構造物の研究・開発・実用化に努力していく所存である。

参考文献

1. 宮崎、稲葉、保坂、田中：新型H鋼埋込桁（SRC桁）の模型試験、土木学会第49回年次学術講演集I-2（H6、9）
2. 稲葉、保坂、中野：新型H鋼埋込桁（SRC桁）の実用化、土木学会第49回年次学術講演集I-2（平成6年9月）
3. 保坂：マルチT形断面タイプの新型H形鋼埋込み桁、土木技術49巻第11号、1994.11
4. 種子島、保坂、安田：下フランジに溶融亜鉛メッキを施したマルチT形断面SRC鉄道橋の製作、土木学会第50回年次学術講演集I-55（H7、9）
5. 保坂、中村、西海：鋼管桁の曲げ耐力およびRC床版のずれ止めに関する研究、構造工学論文集、Vol.43A-3（1997.3）、
6. 保坂、西海、中村：圧縮強度およびヤング係数の異なるコンクリート系材料を充填した鋼管の曲げ性能に関する実験的研究、構造工学論文集、Vol.44A-3（1998.3）
7. 保坂、光木、西海、中村：鋼とコンクリートを組み合わせた鉄道橋主桁の騒音・振動低減効果に関する実験的研究、構造工学論文集、Vol.44A-3（1998.3）
8. 稲葉、井口：鉄道橋断続合成桁の設計法の提案、構造工学論文集 Vol.41A（1995.3）
9. 奥田、八巻、佐藤、井関：北総線、都計道3・4・20架道橋の設計と施工、橋梁と基礎 90-12
10. 阿部、中島、堀内：合成桁におけるスラブ分割の影響と柔ずれ止めの開発、構造工学論文集（1989.3）
11. 保坂、峰田、八巻、松尾：海浜地区に無塗装仕様の4径間ダブル合成桁の設計、土木学会第53回年次学術講演集（H10、9）
12. 牛島、保坂、橋、渡辺、栗田：連続合成桁における中間支点部のひび割れ挙動に関する実験的研究、土木学会第52回年次学術講演集（H9、9）
13. 橋、保坂、堀池、辻角、依田：鉄道複線2主I断面合成桁のずれ止め配置に関する解析的検討、土木学会第53回年次学術講演集（H10、9）
- 辻角、保坂、堀池、橋、依田：鉄道複線2主I断面合成桁の適用に関する解析的検討、土木学会第53回年次学術講演集（H10、9）
14. 藤木、国府、保坂、高橋：鋼橋の床版に用いた軽量コンクリートの耐凍害性、土木学会第51回年次学術講演集 V-3（H8、9）
15. 稲葉、保坂、根本、酒井：鉄道トラス橋への電気炉平鋼適用についての試験、JSSC鋼構造論文集、第1巻、3号（1994.9）
16. 保坂、玉木、根本、酒井：電気炉平鋼を用いた溶接継手の性能と疲労強度、橋梁と基礎、98-3
保坂、津金、津澤、酒井：電気炉平鋼の鋼鉄道橋への適用と試験桁による疲労試験、橋梁と基礎、98-4
17. 大槻、川瀬、高橋、前沢：日本初のCFT構造を用いた鉄道高架橋の設計・施工、コンクリート工学、Vol.36、No6、1998.6