

I - 33 四国の高速道路橋における混合構造の採用について

日本道路公団 四国支社 正会員 望月 秀次 正会員 湯川 保之
和田 信良 ○正会員 藤田 鉦治

1. 概要

高速道路高架橋区間において、鋼・コンクリート混合構造を採用する意義は、①鋼・コンクリートそれぞれの短所を補い、長所を活かすことにより単一では得ることのできない望ましい力学特性を獲得することに加え、②側径間のコンクリート構造化に伴う側径間工費の減、③モーメントバランス改善による中央径間の上部工費の減、④縦断線形を抑えることによる下部工費の減などに基づく経済的有利性、また橋梁の連続化による④耐震性の向上⑤走行環境の向上⑥景観性の向上および⑦伸縮装置の省略による維持管理の低減を獲得することにある。

本論では、高松自動車道高松市内区間の高架橋構造区間において河川等条件により最大スパン118mを必要とする新川橋をモデルとし混合構造システムの採用計画並びに接合部構造の検討経過報告を行なう。

2. 新川橋採用計画

1) 同種桁連続構造と異種混合主桁構造の比較

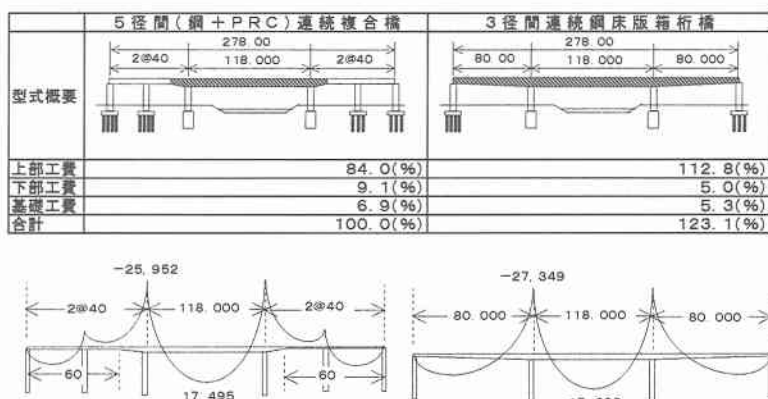
(図-1)に工費比較結果及びモーメント図比較を示す。同種桁連続構造すなわち3径間連続鋼床版箱桁橋においては、長支間を有していることから、軽量である鋼箱桁にカウンターウェイトを期待するには側径間長の長大化を必要とする。一方、異種混合主桁構造においては側径間にコンクリート構造(PRC箱桁)を配置することにより短い側径間長にかかわらず十分なカウンターウェイト効果が得られ、最大曲げモーメントも約5%改善される上、約23%のコスト縮減を達成し得る。

2) 側径間長トライアルによるモーメントバランス改善効果

118mの中央径間に対し、最適なモーメントバランスを提供する側径間長を導き出すため、5径間連続型式において側径間長の比較検討を行なった結果、(2@40m+118m+2@40m)において最も支点上の曲げモーメントが小さく構造的、経済的優位性共により有利な型式となった。側径間長をより短くした場合は桁高決定が負の曲げモーメントに依存し、さらに支点上において照査式による負反力対策を必要とするため構造的に劣る型式となる。また、側径間長をより長くした場合は側径間中央部の正曲げがより卓越しPRC部の桁高アップを招き経済的に劣る型式となる。

3) 最適接合位置の検討

今回の検討では、側径間部、支点上、及び中央径間部の3箇所の接合位置比較検討を試みた。その結果、支点上で接合する方式は維持管理上有利であるが、接合位置の曲げモーメントが大きく接合部の健全性の保持に難色を示す。一方、側径間及び中央径間で接合する場合は、せん断力が小さく、曲げモーメントが交番しない位置に接合部を置くことが可能となり接合部の健全性確保に有利である。新川橋にあっては河川に隣接する橋脚の断面形状の制約により支点上曲げモーメントが大きく下部工断面形状に影響を及ぼす中央径間での接合は採用せず側径間での接合とし、同位置ではPRC桁と接合部の鋼材量が同程度となり経済的な断面となった。



(図-1) 同種桁連続構造と異種混合主桁構造の比較

3. 接合部構造の検討

1) 接合部構造

連続桁型式への混合橋の採用は松山自動車道、松山高架橋のみであり、新川橋規模の長大スパンを有する連続桁橋での混合橋の採用実績はない。従って連続桁型式における混合構造の合理的な設計・施工方法についての十分な検討が必要となり、特に鋼とコンクリートの接合部においては確実な応力伝達が要求されるため、接合部の荷重伝達状況に関する基礎的データを取得することを目的とし、立体有限要素解析法（3D-FEM）による解析を実施した。

接合部構造の詳細に関しては、応力集中の危険性が最も少なく応力伝達がスムーズである中詰め後面プレート方式とし¹⁾、またずれ止め機構に関しては、実績の多いスタッドと比較し、①単位面積当たりで大きな付着力を確保できること、②経済性、加工性に優れることなどの優位性をもつ孔あき鋼板ジベル（PBL：Perfobondleisten）²⁾を採用することを解析の前提とした。ずれ止めはフランジ部およびウェブ部における節点間でのバネモデルとして評価した。（（表－1）解析モデル概要（図－2）要素分割図）

2) 接合部応力伝達状況（FEM解析結果）

解析の結果、鋼桁補強部には局所的な応力集中がみられず、さらに鋼桁接合部における鋼桁の応力レベルは（表－2）に示す通り基本設計時と比較すると約40%にとどまっている。これは、基本設計時には接合部において鋼桁及びPC桁が単独で抵抗できるように設計していることとダブルセルとなっていることに起因している。

しかし、混合桁全体の工費を比較すると接合部及び鋼桁すりつけ部は桁長に占める割合が約7%である一方、工費に関しては全体の15%を占める割高な断面となっている。設計断面力と解析値の比較によりかなり余裕のある断面であることが把握されたことから、今後詳細設計において接合部断面の合理化について検討を重ねていくことによりさらなる節減が可能となる。

4. まとめ

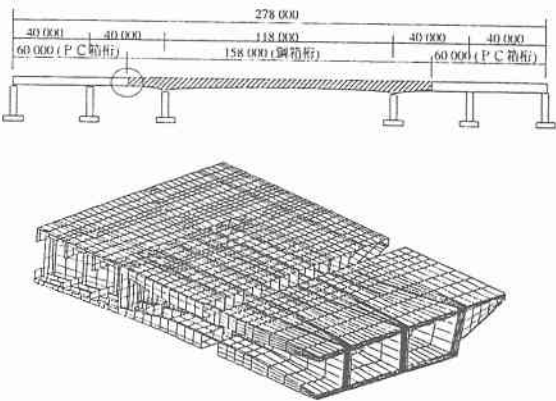
橋梁事業における課題は、品質、機能性を確保した上での節減対策、耐震性向上対策等クローズアップされている課題を淘汰するのみでなく、採用する構造系はイニシャルからライフサイクル全般に渡りあらゆる優位性を併せ持つものでなければならず、本論で述べた上部工主桁混合構造はこの理念に合致したものである。ところが、複合構造を採用するにあっては異種部材間接合部の応力伝達機構の明確化は混合構造システムの健全性を保つ上で、常に命題であり続けるため今回の接合部の応力伝達機構の確認作業結果が今後の複合構造採用に反映されていくことを期待する。

参考文献

1) 本州四国連絡橋公団：生口橋主桁複合構造に関する調査研究報告書No.2（昭和61年度）
2) F. Leonhardt他：Neues vorteilhaftes Verbundmittel für Stahlverbund-Tragwerke mit hoher Dauerfestigkeit（BETON-UND STAHLBETONBAU 12/1987）

（表－1）解析モデル概要

項目	概要
解析対象	・接合面を含みPC桁一般部から鋼桁一般部の14m区間 ・左右対称性を考慮して橋軸直角方向に半分とする
使用要素	・鋼桁部は4節点シェル要素 ・コンクリート部は8節点ソリッド要素 ・PC鋼材は2節点梁要素 ・鋼とコンクリートのずれ止めは線形バネ要素
材料条件	・線形モデル
荷重ケース	(1) 有効プレストレス導入時 (2) 死荷重時 (3) 活荷重時(曲げ最大) (4) 活荷重時(曲げ最小)



（図－2）要素分割部

（表－2）鋼桁接合部応力レベル比較

	設計値(kgf/cm ²)	解析値(kgf/cm ²)	率(%)
ケース2 死荷重時	840	300	36
ケース3 活荷重時(曲げ最大)	550	200	36
ケース4 活荷重時(曲げ最小)	1190	500	42