

鋼 I 桁と鋼箱桁を組み合わせた合理化橋梁の提案

日立造船株式会社 正会員 ○比留間堅 正会員 勝田幸男 正会員 美島雄士
 正会員 芦田吏史 正会員 若林保美

1. はじめに

近年、建設コスト削減やライフサイクルコスト低減を目指し、様々な合理化橋梁形式が提案・実現されてきた。鋼橋においては、支間長が 100m 以下で、少数鋼桁橋や細幅箱桁橋の採用によってコスト削減に大きな成果が挙げられた。一方、支間長が 100m 以上の中規模橋梁では、従来、鋼床版橋、トラス橋やアーチ橋等が採用され、コスト削減が大きく進んでいないのが現状である。このような状況を踏まえ、支間長 100~150m 程度の橋梁を対象に、合理化を図った新形式の橋梁を提案し、経済性や耐荷力について検討を行ったので報告する。

2. 提案する橋梁形式

提案する橋梁の側面図を図-1 に示す。本橋は、合理化桁である鋼 2 主 I 桁と細幅箱桁を組み合わせることによって、さらなる合理化を図った形式である。作用断面力の大きな中間支点付近には剛性の高い細幅箱桁を配置し、それ以外は経済性に優れた 2 主 I 桁としている。床版形式には鋼・コンクリート合成床版を採用し、中間橋脚は耐震性の向上と LCC 削減のため、主桁と RC 橋脚を剛結した複合ラーメン構造とした。

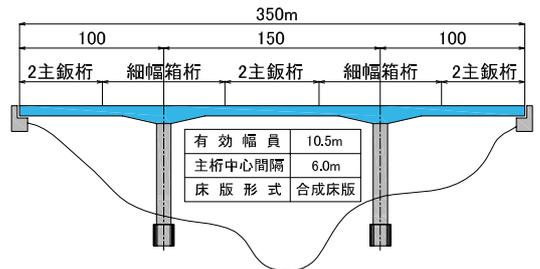


図-1 提案橋梁側面図

本橋の経済性を確認するため、従来型の合理化橋と鋼重および材片数の比較を行った。比較は支間長を 80+100+80m の 3 径間として、従来橋には細幅箱桁橋を対象とした。比較結果を表-1 に示す。結果より、本橋は従来橋と比較して鋼重および大型材片数で約 10%、小型材片数では約 40%削減されるため、経済的なメリットを有していることが確認できた。

表-1 細幅箱桁との比較結果 (80+100+80m)

	鋼重 (t)	大型材片数	小型材片数
a 提案形式	939	369	600
b 細幅箱桁	1,032	401	964
a / b	0.91	0.92	0.62

一方、本橋の技術的課題としては、構造上の特徴部位である I 桁と箱桁との接続部における耐荷力と疲労耐久性の検証があげられる。そこで、支間長 100+150+100m の 3 径間連続橋を対象として試設計を行うことにより、課題に対する検討を行った。

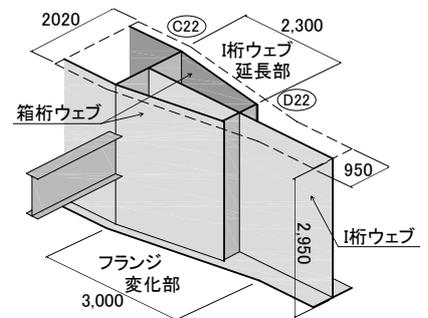


図-2 接続部の構造

接続部の構造を図-2 に示す。従来から連続桁において I 桁と箱桁を組み合わせる例はあったが、中間橋脚上で支間毎に変化させる場合が多く、本橋のように支間途中で変化させる例はほとんど無い。そのため、接続部の構造として図-2 の構造を新たに提案した。

本構造の特徴は、フランジに作用する垂直応力を円滑に伝達させるため、フランジ変化部を設け、ウェブには I 桁ウェブの延長部を設けることによって垂直応力およびせん断応力を主桁相互に伝達するようにした点である。この構造に対して、耐荷力および疲労耐久性を FEM 解析により検討した。

3. 解析モデル

解析モデルを図-3 に示す。モデルは I 桁・箱桁接続部を取り出した部分モデルであり、要素は全てシェル要素で、境界条件はモデルの一端を全方向固定とした。また、荷重は、モデル部分への直接載荷と主桁と横桁の部材端に別途実施した立体骨組解析で求めた境界断面力を作用させた。

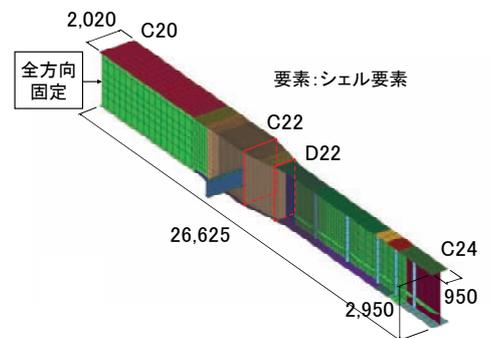


図-3 FEM 解析モデル

キーワード：合理化橋梁、I 桁・箱桁接続構造、複合ラーメン橋、FEM 解析、経済比較

連絡先：〒559-8559 大阪市住之江区南港北 1-7-89 日立造船(株) TEL 06-6569-0057

4. 解析結果および考察

(1) 耐力力

接続部の決定ケースとなる活荷重載荷時の応力度コンターを図-4に示す。応力度コンターを確認した結果、ミーゼス応力度は許容値以内であり、接続部は所要の耐力力を有していることが確認できた。なお、フランジとウェブの材質はSM570材である。ここで、応力度コンターより、ウェブ断面が不連続となる格点C22およびD22において、ウェブの応力が上下フランジ方向へと集中的に伝達されていく傾向が見られた。そのため、ウェブの応力度分布を調べた。結果を図-5に示す。

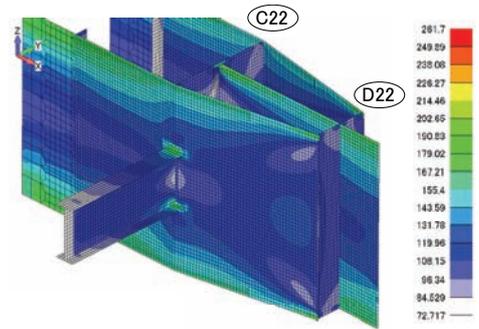


図-4 接続部の応力度コンター図

図中には接続部を箱桁断面としてはり理論により求めた設計応力度も併記する。図より、ウェブ本数の変化するD22断面において、箱桁ウェブの上下端で、垂直応力度の急増と設計応力度を超える大きなせん断応力度が生じていることが判明した。なお、C22断面でも同様の傾向が確認された。このように、接続部の応力度分布が設計応力度と異なった原因について一般部と接続部の主応力ベクトルより検討した結果、接続部ではウェブ断面が不連続となる断面の急変によって、主応力ベクトルの大きさや傾きが一般部と異なることにより、設計応力度と差異が生じることが判明した。

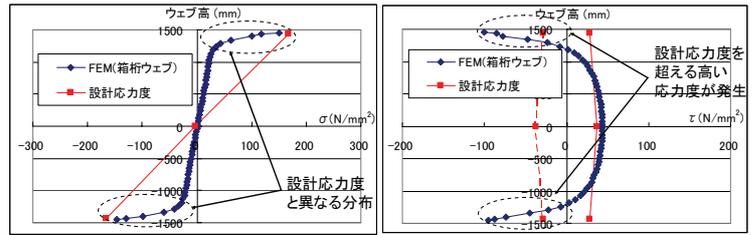


図-5 鋼桁・箱桁接続部(格点D22)におけるウェブの応力度分布

垂直応力度については、急変するものの設計応力度以下であるため問題とならないが、せん断応力度は設計応力度を大きく超えるため、対策が必要となった。そこで、断面の急変を緩和してウェブの垂直応力度を円滑にフランジへと伝達する目的で図-6に示すようにウェブに控えリブを設置し、その効果を確認した。結果を図-7に示す。控えリブの設置によりせん断応力度が設計応力度程度に低減されているのが確認された。なお、効果的な控えリブの形状については今後検討の余地がある。

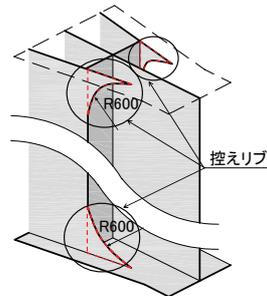


図-6 控えリブ

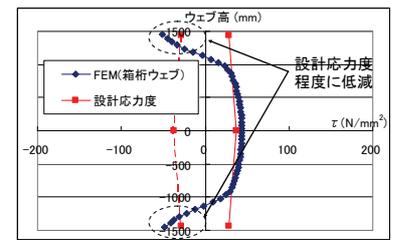


図-7 リブ設置後のせん断応力度分布

(2) 疲労耐久性

接続部の疲労耐久性の照査は、「鋼道路橋の疲労設計指針」¹⁾に準拠して行った。疲労評価の着目箇所を図-8に、照査の結果を表-2にそれぞれ示す。なお、着目応力度は橋軸方向応力度である。その結果、着目箇所の応力範囲は全て打ち切り限界以下となり、接続部は疲労耐久性を確保していることを確認した。

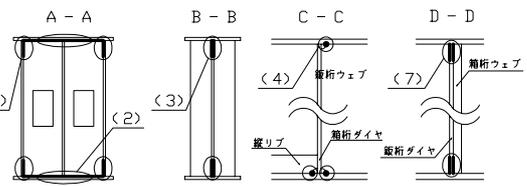
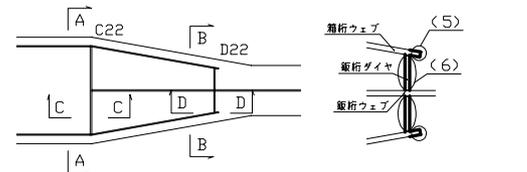


図-8 鋼桁・箱桁接続部の疲労照査着目箇所

5. まとめ

支間長 100~150m 程度の橋梁に対して、新形式の橋梁を提案し、検討を行った。その結果、従来形式に比べ、経済性に優れていること、耐力力および疲労耐久性に問題がないことを確認した。

表-2 接続部の疲労照査結果

番号	着目部位	継手の種類	等級	応力範囲 Δσ	打ち切り限界 Δσ ce	判定
(1)	箱桁ダイヤと箱桁ウェブの溶接部	荷重非伝達型十字溶接継手：非仕上げのすみ肉溶接継手	E (80)	26.7	62	OK
(2)	箱桁ダイヤと箱桁フランジの溶接部	荷重非伝達型十字溶接継手：非仕上げのすみ肉溶接継手	E (80)	30.6	62	OK
(3)	鋼桁ダイヤと鋼桁ウェブの溶接部	荷重非伝達型十字溶接継手：非仕上げのすみ肉溶接継手	E (80)	25.4	62	OK
(4)	フランジと縦リブ及び鋼桁ウェブのスカラップ回し溶接部	縦方向継手：スカラップを含む回し溶接部	G (50)	25.7	32	OK
(5)	箱桁ウェブ端部の回し溶接部	ガセット継手：ガセットをすみ肉溶接した継手	G (50)	20.7	32	OK
(6)	フランジと鋼桁ダイヤの溶接部	荷重非伝達型十字溶接継手：非仕上げのすみ肉溶接継手	E (80)	36.0	62	OK
(7)	箱桁ウェブと鋼桁ダイヤの溶接部	荷重非伝達型十字溶接継手：非仕上げのすみ肉溶接継手	E (80)	14.7	62	OK

参考文献 1)日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針，平成 14 年 3 月