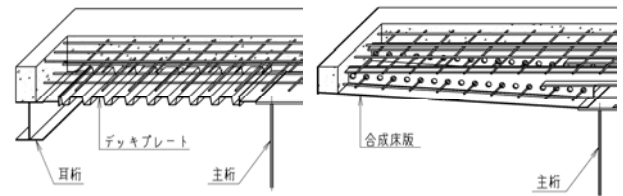


鉄道合成桁に採用した合成床版の適用上の留意点

SCOPE（前：鉄道・運輸機構）フェロー 保坂 鐵矢
 鉄道・運輸機構 正会員 藤原 良憲
 パシフィックコンサルタンツ 正会員 松尾 仁

1. はじめに

合成床版はファブが独自に開発した「製品」で、橋建協の資料¹⁾の中で登録床版として13構造（一部検討中とあるが）がリストアップされ道路橋で用いられている。しかし、一部の製品には道示や疲労設計指針²⁾等に抵触する構造や、耐力評価のための実験や解析等を踏まえた根拠ある算定法も提示していない製品もあり、安易に採用することは橋梁部材の要求性能を損なうこともある。鉄道橋では図-1に示す埋殺し型枠を東北新幹線（赤羽駅高架橋など）や長野新幹線（早苗線路橋）で用いていたが、現行標準³⁾および既往の資料を基に種々の試験や解析を加え、新しく鉄道用合成床版として2タイプの製品を実用化している。以下に、鉄道構造物に合成床版を用いる上での設計上のコンセプト、構造上注意すべき留意点および課題を示す。



a) 埋殺し型枠 b) 合成床版
 図-1 埋殺し型枠と合成床版の概念

2. 適用目的と機能

合成床版は鉄道合成桁の桁下空間に鉄道や道路などの交通施設が存在し、当該橋梁の施工がこれらの交差施設に影響を与えてはならない場合に用いている。これは、従来から用いている埋殺し型枠を改良し、複合構造として用いてきた構造を、更に、解析と構造がマッチする構造—合成床版—として実用化したものである。

合成床版の適用はコンクリート床版施工に伴う施工安全性を第一義としているため、架設施工時に床版下面での作業が生じない構造が求められる。型枠代わりの鋼板は一般に無塗装仕様の耐候性鋼、もしくは溶融亜鉛めっきとすることが必要であり、安易に吊金具を設けることは目的と機能に反する構造となるので注意を要する。

3. 構造概要

①合成床版は横リブにより橋軸直角方向に補剛した下鋼板とコンクリートを合成させている。横リブ間隔や剛性は下鋼板と釣合いが取れた構造にしている。また、横リブのコンクリートかぶりは10cm以上確保し、ひび割れ耐久性を実験や解析⁴⁾で確認し標準化した構造としている。②両者を接合するジベルは帯鋼ジベル、もしくは頭付きスタッドを用いている。③鉄筋は橋軸方向および橋軸直角方向とも上下に配筋しており、橋軸方向の下側鉄筋は、孔明けした横リブを貫通させている。④鋼桁上フランジと下鋼板の接合部は写真-2に示すように高力ボルト摩擦接合を適用している。これは、鋼桁と合成床版を一体化し、桁剛性を高めるためである。⑤パネル化した合成床版の橋軸方向の連結はヤードでの現場溶接を原則としている。ただし、桁架設後に合成床版をセットするような場合は、下鋼板上にねじ付きスタッドを溶植したHTB接合法も可としている。これは設計のコンセプトから、床版下面からの作業を省略したためである。⑥橋軸方向の下側鉄筋は原則として配筋するものとする。これは下鋼板を有効断面とするか否かに関係なく、橋軸方向の応力伝達を円滑にするためである。



写真-1 合成床版の例



a) 鉄道橋方式



b) 道路橋方式
 写真-2 構造詳細

4. 耐力算定法

鉄道構造物における鋼とコンクリートとの複合構造の解析法はSRC構造方式と合成桁方式がある。当該構造はいずれの方法によって設計しても良く、現在用いている2タイプもそれぞれの算定方式⁵⁾を用いている。そのため、解析を併用した載荷

キーワード 合成床版, 鉄道橋

連絡先 〒163-0730 新宿区西新宿2丁目7番1号 新宿第一生命ビル TEL 03-3344-0712

試験を行い耐力評価⁶⁾を行った品質保証が必要で、特に、現行標準³⁾にある疲労継手を準拠する構造で無ければならない。調査した既往の製品（合成床版）は、ほとんどがゴンゴロ（移動荷重試験による繰返し載荷試験）での耐力評価のみで、実験と解析を併用した評価による断面算定法の提案がないのが現状であるため、採用に当たっては耐力評価を理論的に評価できる製品を用いることが必要である。

5. 主たる構造上の留意点

5.1 疲労耐力

①基本的に現行標準³⁾に規定されている溶接継手以外の継手は疲労耐力評価ができないことから、このような溶接継手がある構造（製品）は用いないこととしている。適用できない溶接構造としては断続溶接、スポット溶接および廻し溶接ができない構造等がある。②下鋼板は横リブ等の溶接やスタッド溶植を行うため、疲労耐力評価のできる板厚を有することが必要である。たとえば、下鋼板を有効断面として横リブと一体構造（⊥断面）と評価する場合は、原則として下鋼板は主部材扱いで9mm以上必要であり、それ以外の場合は、2次部材の最小板厚を準用して8mm以上とする必要がある。また、スタッド溶植は板厚8mm程度でも所定の継手強度を有する等の文献⁷⁾はあるが、当面10mm以上としている。尚、繰返し疲労試験を行い疲労耐久性（継手強度区分を確認し標準化してある場合）等の評価を行い、併せて合成床版を適切なモデルを用いて解析を行い、汎用性のある構造を標準化している場合はこの限りではない。そして、下鋼板と横リブの板厚差と溶接量は、たとえ、設計上断面に考慮しなくても応力の伝達が生じることから、板厚差は厚板の1/2（10mm）程度以下とするのが良く、溶接量は縦リブの溶接に準拠することとしている。

5.2 終局耐力の向上

①合成床版と主桁上フランジとの連結構造はHTB継手を採用している。これは、鋼桁と合成床版を一体化し剛性を高めるためである。解析は合成前の剛性評価を行わず、付加剛性として耐久性向上を評価している。②パネル化している合成床版相互の連結は連続性を確保し剛性を高めるため、下鋼板相互の連結を溶接もしくはHTB連結としている。③横リブには円孔を設けジベル効果を、横リブ間隔が広い場合は下鋼板にはスタッドジベルを溶植している。橋軸方向の下側鉄筋は孔明けした横リブを貫通させて配筋し、鋼材（鋼板と鉄筋）とコンクリートとの共同作用の円滑化を考慮した構造を採用している。④ひび割れ耐力向上を期待してコンクリートに膨張材を混和する製品がある。しかし、初期効果はあるものの長期耐久性に対しての信頼性が危惧されるため、膨張材を期待しない構造（かぶりや鉄筋量の確保）を原則としている。

5.3 施工安全性の確保

合成床版を用いる鉄道合成桁の架設は一括架設か手延べ架設を前提にしているため、合成床版は事前に鋼桁上にセットされ施工安全性は確保できている。しかし、ブロック毎にクレーン架設する場合は合成床版相互の連結が活線上で生じるため、施工安全性確保のための構造上の配慮が必要である。合成床版上面からの組立てが可能な構造が原則であり、スタッドが溶植可能な板厚の場合は、ネジ付スタッドを溶植し添接板を介して連結する。したがって、吊足場工を設けて下からボルトを差込み、HTB連結を行うような工法は設計思想に反することになる。つまり、合成床版に吊金具は不適切である。このため、架設施工時のみならず、維持管理を考慮した構造としなければならない。たとえば、環境アセスに影響が無い限り耐候性鋼を用いた無塗装錆安定化処理仕様を標準構造としている。環境の良い区間では溶融亜鉛めっき構造を用いているが、所定のめっき量（HDZ55）を確保するための板厚は考慮しなければならない。また、床版下面は鋼板で覆われているため、適切な浸水対策を考慮することが必要である。

6. まとめ

本稿では、鉄道合成桁に採用した合成床版について設計コンセプトや構造詳細を具体的に示した。今後、より耐久性向上が期待できる構造になるように、余裕のある解析および構造ディテールの中で有効な橋梁形式へ、将来は合成床版合成桁という混合構造への発展を期待する。

<参考文献>

1) (社) 橋建協：橋建協標準合成床版, H15.11. 2) 道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針, H14.3. 3) (財) 鉄道総研：鉄道構造物等設計標準, 1992. 4) たとえば、水口, 春日井, 保坂：合成床版のリブ位置における応力集中に関するFEM解析, 第59回年講. 5) たとえば、水口, 春日井, 保坂：合成床版の耐力評価算定法の紹介（鋼合成鉄道橋の例）, 第60回年講. 保坂, 松尾, 梶田他：鋼・コンクリート合成床版の性能照査型設計法への検討, 第60回年講. 4) 6) たとえば、保坂, 街道他：鋼・コンクリート合成床版を適用した連続合成桁の載荷試験と3次元FEM解析, 構造工学論文 Vol.50A.2204.3. 7) たとえば、保坂, 梶田他, 合成構造に用いたスタッド付き鋼板の疲労特性に関する検討, 第56回年講