

超高耐久橋梁（Dura-Bridge）の実用化に向けた別枠谷橋の設計

三井住友建設（株）正会員 ○藤岡 泰輔

西日本高速道路（株）正会員 芦塚 憲一郎

西日本高速道路（株）正会員 横山 和昭

三井住友建設（株）正会員 永元 直樹

1. はじめに

高度経済成長期から急速に整備されてきた我が国のコンクリート道路橋は、近年、経年劣化にくわえ凍結防止剤散布や海岸線からの塩分を含む飛沫を起因とする塩害劣化が顕在化し、構造物の著しい性能低下が報告されている。そのため、西日本高速道路(株)および三井住友建設(株)では、腐食の可能性のある材料を一切使用しない次世代型の超高耐久橋梁「Dura-Bridge®」の研究を進めてきた。これまでの研究では、コンクリートのせん断強度を向上させた高強度繊維補強コンクリートを開発し、種々の構造実験により設計手法の確立や妥当性を立証してきた。その後、実験橋建設により超高耐久橋梁の施工性の確認・改良を重ねると共に、土運搬車両やクローラクレーンなどの工事用車両が頻繁に通過する環境下の実験橋を約2年間モニタリングし構造全体の安全性や耐久性について明らかにしてきた^{1),2),3)}。本稿では、世界初となる超高耐久橋梁の実用化に向けて実施した別枠谷橋の設計について概説する。

2. 超高耐久橋梁（別枠谷橋）の構造

超高耐久橋梁は、鉄筋とPC鋼材を一切使用しない橋梁上部工である。蝶型パネルであるバタフライウェブ構造を採用し、せん断力をパネル内で圧縮力と引張力に分解する。圧縮力に対しては設計基準強度 80N/mm² の高強度繊維補強コンクリートで抵抗し、引張力に対してアラミド FRP ロッドを配置し設計の合理化を図っている。これにより、せん断補強鉄筋を排除できる。また、超高耐久橋梁は工場製作されるセグメント桁を基本としており、製作工場の平準化や現場施工の省力化が可能となる。超高耐久橋梁（別枠谷橋）の構造概要を、図-1 に示す。

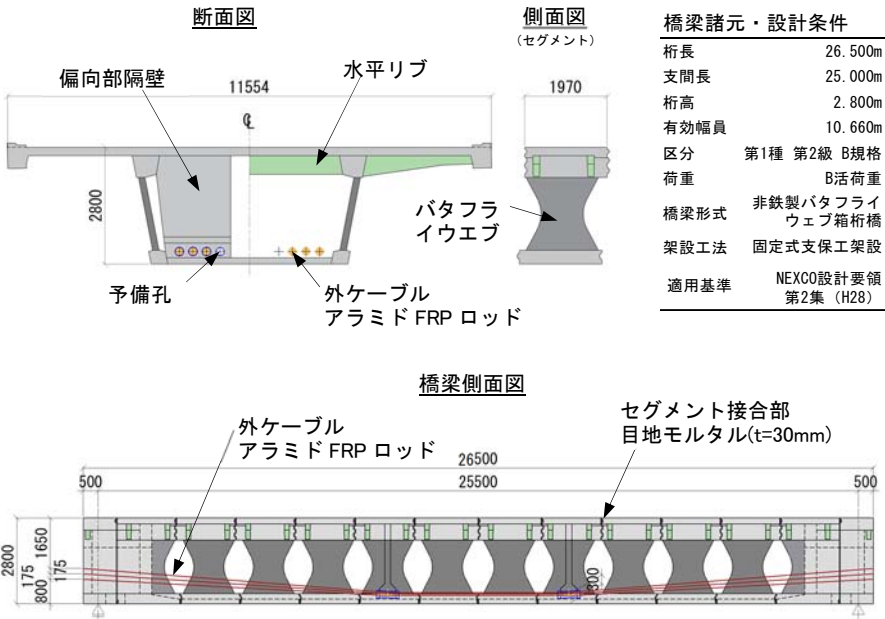


図-1 超高耐久橋梁（別枠谷橋）の構造概要図

3. 主方向の設計

主方向の設計では、PC鋼材を使用する従来のバタフライウェブ構造の耐荷機構と同様である⁴⁾。すなわち、バタフライウェブが橋軸方向に不連続であり主方向の曲げモーメントに対して剛性に寄与しないことから、上下床版を有効断面とする平面骨組解析を行う。また、バタフライウェブのせん断変形は、工学的に平面保持を前提として算出される上下縁の応力状態に影響しないことが示されているため⁴⁾、今回の設計においても曲げ応力度の照査は平面保持の法則を適用した。なお、橋軸方向の補強はアラミド FRP ロッドによる全外ケーブル方式としている。

4. バタフライウェブの設計

バタフライウェブ構造はダブルワレントラス構造と類似した挙動を示す。このパネルの設計では橋軸方向の構造解析によって得られた作用せん断力 S がパネルに作用した際の斜め圧縮力 C と斜め引張力 T を算定し、T に対して

キーワード Dura-Bridge, 高強度繊維補強コンクリート, アラミド FRP ロッド, プレキャストセグメント
連絡先 〒104-0051 東京都中央区佃二丁目1番6号 TEL: 03-4582-3120

引張応力度が制限値以下となるようにアラミド FRP ロッドでプレストレス力を設定している (図-2)。

また、橋軸直角方向の設計でも、活荷重等の作用により上床版に橋軸直角方向の曲げ変形が作用し、その変形が流れることによってバタフライウェブの上部には曲げ応力度が発生する。バタフライパネルの設計においては、この首振りモーメントが最も大きくなる荷重載荷条件を立体 FEM 解析にて再現し、バタフライウェブに発生する引張応力度を算出しパネルの部材寸法・形状を設定すると共に、アラミド FRP ロッドの補強量を算出し、上記の橋軸方向の設計による必要補強量と合わせて考慮した (図-3)。

5. 床版の設計

超高耐久橋梁の床版はリブ付き床版構造としており、本構造は輪荷重走行試験を実施し、少なくとも東名高速道路の最も交通量の多い箇所の 200 年分以上の疲労耐久性を有していることを確認している。

リブ付き床版構造であるため、設計においては図-3 と同様の立体 FEM 解析を用いて発生応力度を算出した。床版横締めおよびリブ横締めとしてアラミド FRP ロッドを用いており、その配置本数は死荷重時にはフルプレストレス、活荷重作用時および風荷重作用時には曲げひび割れ発生限界以内となるように設定した。また、リブ付き床版構造であるため、リブ間に活荷重が載荷された場合に局所的に大きな曲げ引張応力が発生する。この応力に関しても立体 FEM 解析によって検討し、セグメント内の床版一般部とセグメント継目においてそれぞれ照査した。

6. 端支点部横桁の設計

端支点部セグメントは輸送重量の条件より三分割し、現場で分割セグメントを接合し中詰めコンクリートを打設する。このため、現場での接合ステップを考慮した立体 FEM 解析を実施し発生応力度の評価および補強量の算定を行った。

外ケーブル緊張時の桁端部の解析結果 (単ケース) を図-4 に示す。外ケーブルが定着される横桁の桁内面側には、鉛直方向に大きな引張力が作用する。これに対しては、セグメント製作時に厚さ 400mm の隔壁構造となっている部分に鉛直方向のアラミド FRP ロッドを配置し緊張することにより、外ケーブルプレストレス導入直後および死荷重時においてフルプレストレスとなる状態を確保している。

7. まとめ

超高耐久橋梁 (Dura-Bridge) は、高耐久な橋梁を後世に残すことにより将来の維持管理の負担を極力減らすことを目的に開発されてきた。2020 年 3 月現在、工場製作でのセグメント桁の製造を終え、現場架設が進捗している。今後は多径間連続橋などのプレキャストセグメント橋の特徴を生かせるような大規模橋梁への適用も検討していく。

参考文献

- 1) 永元直樹, 大城壮司, 松井隆行, 春日昭夫: 将来的な維持管理性の向上を目指した「超高耐久橋梁 (Dura-Bridge)」の開発, 土木学会第 68 回年次学術講演会, CS7-013, 2013. 9
- 2) 福田雅人, 緒方辰男, 永元直樹, 浅井洋: 超高耐久橋梁実証橋の施工と実橋載荷実験, 土木学会第 71 回年次学術講演会, CS6-017, 2016. 9
- 3) 芦塚憲一郎, 福田雅人, 藤岡泰輔, 永元直樹: 超高耐久橋梁 (Dura-Bridge) の実証橋モニタリングと実用化への評価, 土木学会第 73 回年次学術講演会, CS3-023, 2018. 8
- 4) 永元直樹, 片 健一, 浅井 洋, 春日昭夫/超高強度繊維補強コンクリートを用いた新しいウェブ構造を有する箱桁橋に関する研究, 土木学会論文集 E, Vol.66, No.2, pp.132~146, 2010.4

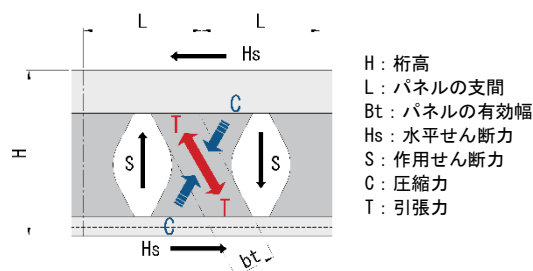


図-2 バタフライウェブ面内の作用力

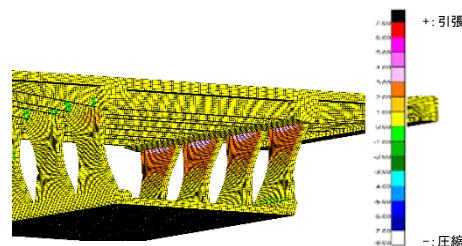


図-3 バタフライウェブの首振りモーメントによる面外の作用力

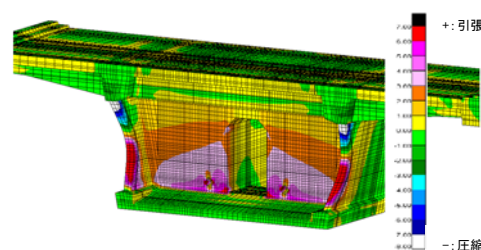


図-4 端支点横桁の解析結果 σ_{max}
外ケーブル緊張時 (単ケース)