

鋼・コンクリート複合橋脚への耐疲労鋼の適用

西日本高速道路(株)

宇根 孝司

西日本高速道路(株)

大城 壮司

住友金属工業(株)

正会員

前田 隆雄

住友金属工業(株)

正会員 利根川太郎

住友金属工業(株)

正会員

松野 正見

住友金属工業(株)

正会員

上條 崇

1. はじめに

第二京阪道路門真高架橋の複合橋脚は、梁を鋼製、柱をRCとした複合構造となっており、隅角部にはコンクリートを充填している。これまで鋼製橋脚隅角部の疲労き裂の対策として種々の試みが行われており、本構造のようにコンクリートを充填することで隅角域における作用応力の低減を図ることが可能¹⁾である。しかし、本構造は、供用中に隅角内部からの目視による疲労き裂の点検確認が行えないため、コンクリートを充填した場合においても疲労に対する配慮が必要である。構造物のさらなる長寿命化を図る目的で、本複合橋脚では隅角部に耐疲労鋼(FCA)²⁾を適用し、材料面からも疲労強度の向上を試みた(図-1)。

耐疲労鋼は、母材の疲労き裂進展抵抗性と、溶接部の疲労強度に優れた鋼材である。き裂進展特性は、軟相のフェライトと硬相のベイナイトを最適に複合させて実現している(図-2)。また、継手疲労特性は、溶接熱影響部の硬化層形成を回避し、疲労損傷が局在化することを防ぐことなどで確保している。

橋脚隅角部の変動応力の算出方法は確立されたものがないため、本報告では、耐疲労鋼採用による耐疲労性能向上確認のため、隅角部を対象とした弾性FEM解析を行い、活荷重による応力範囲を算出し、普通鋼材との比較から橋脚の疲労寿命の延伸効果を推定した。

2. 解析モデル

解析対象部位は、最も構造がシンプルで検証が行いやすいと考えられるP57橋脚左柱とした。実橋脚では隅角部にコンクリートを充填するが、ここでは鋼部材の疲労寿命の差異に主眼をおいたことから、コンクリートを充填しないモデルを対象とした。解析モデル図を図-3に示す。応力範囲を算出するために載荷する荷重は、B活荷重により生じる最大、最小の反力を用いた。応力評価位置は、図-4に示すように柱フランジ及び梁ウェブから50mm離れた位置(評価位置1)とした。これは、板の交差線から2要素程度分離することで解析上の応力の乱れがなくなると判断して便宜上定めた。ま

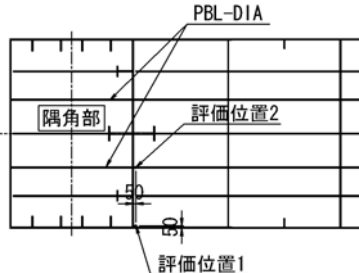


図-4 評価位置（梁平面図）

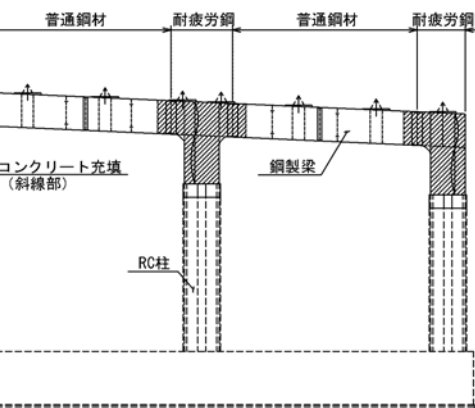


図-1 耐疲労鋼適用範囲

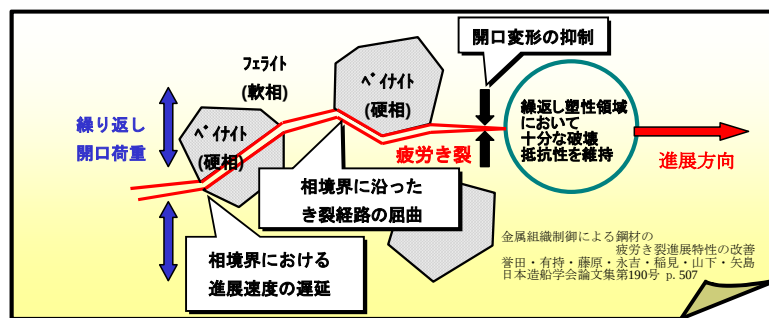


図-2 耐疲労鋼の概要

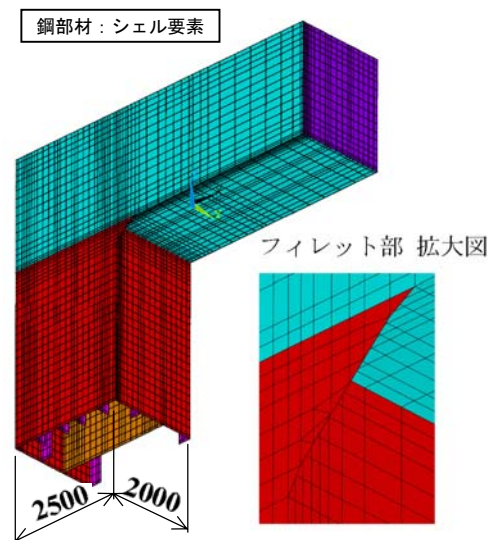


図-3 解析モデル図

キーワード：隅角部、疲労、耐疲労鋼

連絡先：〒541-0041 大阪市中央区北浜 4-5-33 住友金属工業（株） TEL06-6220-5630

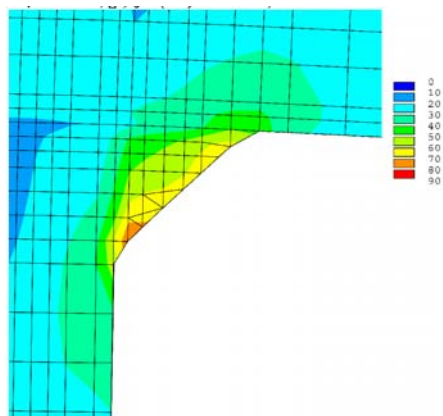


図-5 フィレット応力コンター図

た、本解析モデルはコンクリートを充填した複合橋脚の解析モデルを転用しているため、隅角部には孔あきダイヤフラム (PBL-DIA) を設置している。PBL-DIA はウェブと同等の効果があると推定されるため、本解析では PBL-DIA の柱フランジ位置についても評価位置 (評価位置 2) とした。

3. 解析結果

フィレット近傍の応力コンター図を図-5 に示す。柱フランジから 50mm 離れた位置において活荷重により梁に生じる変動応力を図-6 に示す。本解析では隅角部にフィレットを設置しており、フィレットの円弧部に 90N/mm^2 程度の応力集中が見られるが、下フランジのウェブ位置はフィレットの効果により、応力集中はみられない。しかし、フィレットを設置していない PBL-DIA 位置に応力集中が生じている。上フランジ側では、PBL-DIA 位置に応力集中はみられず、ウェブ位置で応力集中がみられる。

4. 疲労寿命の推定

下フランジ評価位置 2 を対象に疲労寿命を推定した。使用した交通量データは、鋼道路橋疲労設計指針³⁾より引用した。既往の研究⁴⁾では、隅角部の溶接に不溶着部が残存した場合の疲労強度等級は H 等級を満たさないと報告している。隅角部は近年、板組方法の改善、検査技術の向上により、品質が向上しているが、複合橋脚の場合、隅角内部からの点検を行うことができないことから、安全側の評価とし疲労強度等級を H' 等級として寿命を推定した。推定に用いた継手疲労 S-N 曲線を図-7 に示す。継手疲労 S-N 曲線の傾きの係数 m は、普通鋼材、耐疲労鋼ともに十字すみ肉溶接継手を対象に行った実験結果を引用しており、耐疲労鋼の m は 5 程度となった。図中には文献 3) の A~H' 等級の継手疲労 S-N 曲線も示す。

以上の条件にて、普通鋼材と耐疲労鋼の疲労寿命を累積損傷度により推定した。耐疲労鋼は普通鋼材に対して疲労寿命を 5 倍程度延伸できるとの結果を得た。

【参考文献】1) 宇根ら：鋼・コンクリート複合橋脚の隅角部の設計，土木学会第 64 回年次学術講演会，2009 2) 菅田ら：金属組織制御による鋼材の疲労き裂進展特性の改善 - 疲労特性に優れた船体用鋼板の開発 第 1 報 -，日本造船学会論文集，No190，pp.505-515，2001 3) 日本道路協会：鋼道路橋の疲労設計指針，2002 4) 三木ら：鋼製箱桁断面ラーメン橋脚隅角部の疲労特性，土木学会論文集，No.710/I - 60，pp361-371，2002

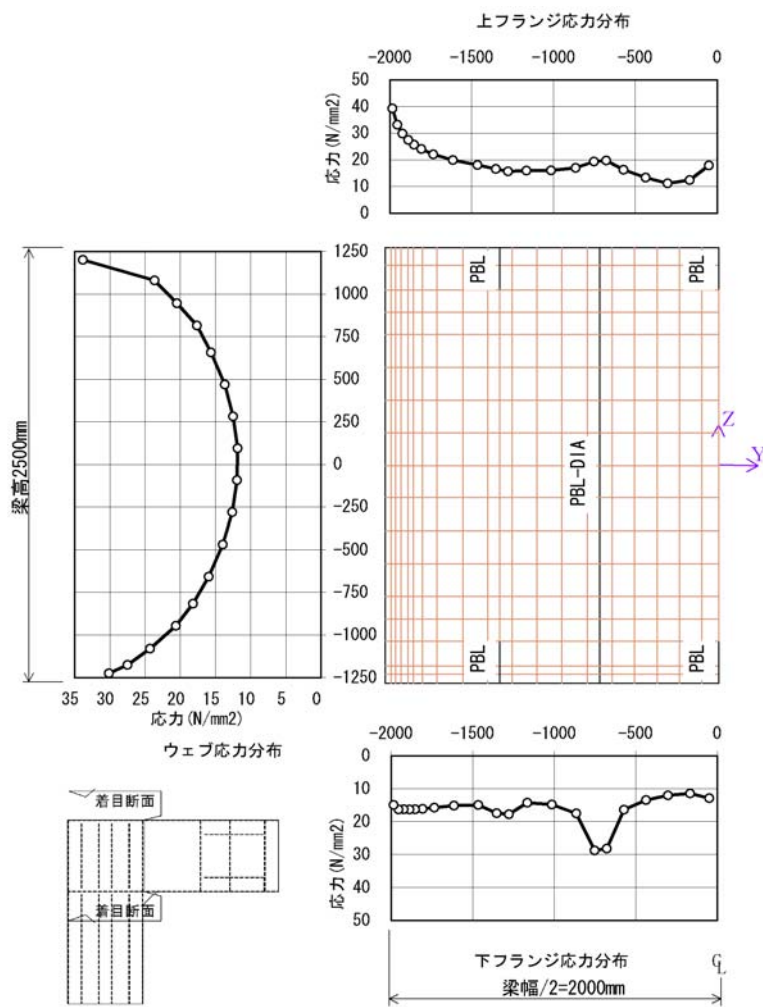


図-6 梁フランジ応力分布

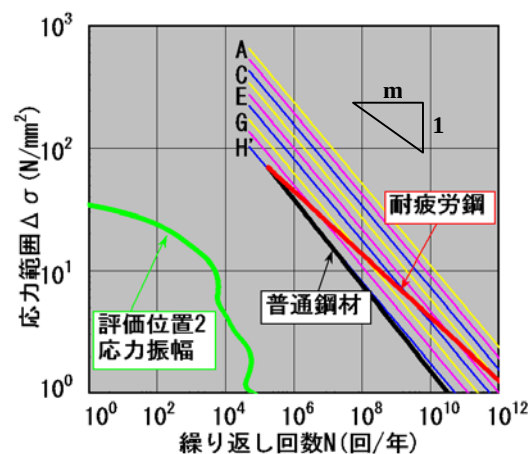


図-7 継手疲労 S-N 曲線