

突起付き T 形鋼ジベル合成床版のリブ間隔及びリブ・底鋼板厚が耐力・疲労耐久性に及ぼす影響

JFE エンジニアリング(株) 正会員 ○高須賀丈広 , 正会員 熊野 拓志
 京都大学大学院 正会員 杉浦 邦征

1. はじめに

突起付き T 形鋼ジベル合成床版(図-1 参照)は, 過年度の報告(例えば 1), 2) をもとに道路橋床版としての要求性能を満足することを検証のうえ, 実橋にも適用されている. 本合成床版のリブ間隔を広げることや底鋼板の厚さを減ずる等の構造の合理化を進めることで建設コスト縮減に寄与することが期待できるが, 合理化の限界値については未追究の状況である. また, 本合成床版は, 過年度の研究で線形解析により疲労損傷による破壊のメカニズムを推定している³⁾が, 非線形性が考慮されたものではない.

そこで, 本報では, リブ間隔, リブのフランジ・底鋼板の板厚を変化させた試験体を用いて, 輪荷重走行試験を実施するとともに, 非線形 3 次元 FEM 解析を行い, 構造の合理化が疲労耐久性や耐力に及ぼす影響を検証する. さらに終局耐力やひび割れに影響を及ぼすコンクリートの内部応力度も推定する.

2. 検討内容

2. 1 輪荷重走行試験

本合成床版の突起付き T 形鋼(以下, DFT と称す)間隔, DFT フランジ・底鋼板の板厚を, 輸送幅を考慮のうえ, 過年度報告した試験体¹⁾から変化させた試験体を用意し(表-1, 図-2 参照), 輪荷重走行試験を実施した. 載荷荷重・走行回数は, 建設省土木研究所共同研究報告書⁴⁾に準拠し, 初期荷重 157kN から最終 392kN・走行回数 52 万回までの階段状漸増載荷とした.

2. 2 3 次元非線形 FEM 解析

解析モデルは輪荷重走行試験体を対象として表-2 に示す内容で 3 次元的にモデル化した. コンクリートの圧縮特性については, 道路橋示方書の特性と類似し, 2 軸応力状態での硬化を考慮できる DIANA の Parabola 曲線⁵⁾を, 引張特性についてはコンクリート標準示方書の特性を採用し, コンクリートの非線形性を考慮した. 荷重条件は DFT 近傍のコンクリートの応力が厳しくなる条件を確認するため, 図-3 に示す 3 つのケースを採用した.

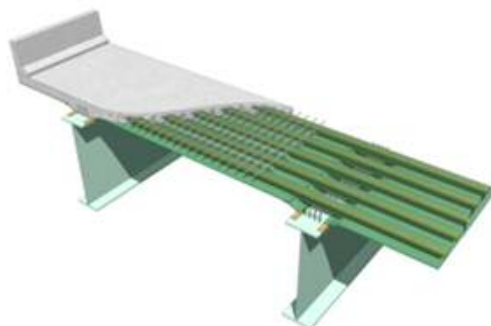


図-1 突起付き T 形鋼ジベル合成床版

表-1 輪荷重走行試験の試験体の種類

	DFTタイプ	DFT 配置間隔 (mm)	底鋼板の 板厚 (mm)	床版厚 (mm)	引張コンクリート 無視剛性 (mm ⁴)	剛性 比率
Type-0 (過年度報告済 ¹⁾)	DFT-100×204×8×12	500	8	180	84,086,368	0.89
Type-1	DFT-120×204×8×12	750	8	200	109,642,531	1.00
Type-2	DFT-120×204×8×8	800	8	200	108,682,383	0.99
Type-3	DFT-122×204×8×8	800	6	200	93,972,274	0.86

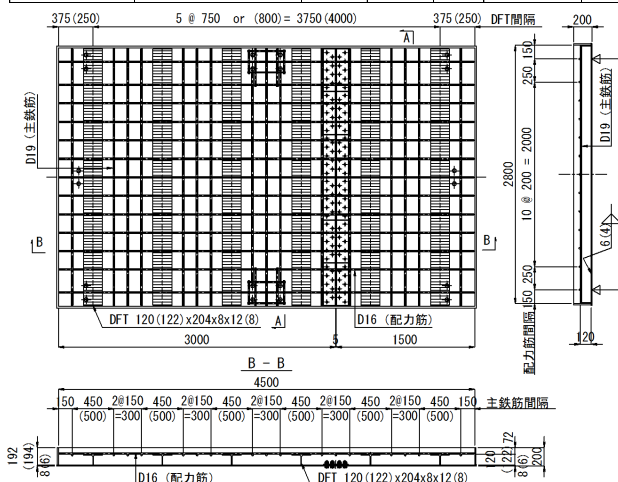


図-2 輪荷重走行試験の試験体概要図

表-2 非線形 FEM 解析モデルの要素

部 位	要素の種類	備 考
コンクリート	ソリッド要素	
突起付きT形鋼	ソリッド要素	荷重載荷位置近傍の4本/板厚方向に2層とする。 (突起はモデル化しない。)
	シェル要素	その他の突起付きT形鋼(突起はモデル化しない)
底鋼板(t=8mm)	シェル要素	
鉄筋(D19, D16)	バー要素	埋め込み鉄筋モデル
突起付きT形鋼フランジ上面 (鋼コンクリート接合面)	パネ要素	初期剛性無限大のパネ要素
その他の鋼コンクリート接合面	接触要素	突起付きT形鋼フランジ上面除く

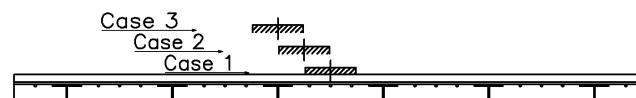


図-3 非線形 FEM の荷重載荷位置

キーワード: 突起付き T 形鋼ジベル合成床版, リブ間隔, リブ・底鋼板厚, 耐力力, 疲労耐久性

連絡先: JFE エンジニアリング(株) 社会インフラ本部 橋梁事業部 技術部 開発室

〒230-8611 横浜市鶴見区末広町 2 丁目 1 番地 TEL: 045-505-7555, FAX: 045-505-7561

3. 検討結果

3. 1 輪荷重走行試験結果

試験体中央部の静的変位と走行回数の関係を図-4に示す。試験終了に至るまで全ての試験体は破壊せず、荷重 392kN に対する静的最大変位は、Type-1～Type-3 ではそれぞれ 2.8mm, 3.7mm, 4.4mm と、その差はわずかであり、また各変位は PRC50 (床版厚 230mm) の最大変位 6.2mm より小さいことが確認できる。また、過年度実施した試験体と Type-1 の結果はほぼ同等であった。以上から、今回のリブ間隔や底鋼板の合理化が疲労耐久性に与える影響は軽微であるといえる。

また、今回の試験体の中で剛性が最小となる Type-3 試験体の床版内部のひずみ分布を一例として図-5に示す。本図から、設計荷重の 2.5 倍の最終荷重 392kN に至るまで特異な値を示さず、また内部ひずみから断面の中立軸を推定すると、全断面有効と引張側コンクリートを無視する断面の中立軸の間にあることが確認された。

3. 2 3次元非線形 FEM 解析結果

剛性が最小である Type-3 試験体を対象として、試験体中央部の荷重と変位の関係から、疲労損傷を考慮した終局耐荷力を解析的に検証した。その結果を図-6に示す。本図から、載荷初期 157kN から最終走行回数 52 万回・392kN まで実験値と解析値は良い一致を示している。荷重 500kN 程度から剛性の低下が認められるが、設計荷重の 5.6 倍程度である、荷重 875kN 程度においても解析上、終局に至っておらず、本合成床版が高い耐荷力を有していると推定できる。

また、DFT 近傍の応力が最大となった Type-1 試験体を対象として、Case-1 の鉛直方向応力度のコンター図を一例として図-7に示す。DFT 近傍の引張応力度はコンクリートの引張強度（実験値：3.2N/mm²）の 50%程度の値となっており、直ちにひび割れることはないが、累積損傷により DFT フランジ端からひび割れる可能性も考えられる。

4. まとめ

- ①輪荷重走行試験の結果、各試験体は未破壊であったことから、今回の DFT 間隔、DFT フランジ・底鋼板厚の合理化が本合成床版の疲労耐久性に与える影響は軽微であるといえる。
- ②試験体の非線形 FEM 解析結果から、構造を合理化した場合も設計荷重の 5 倍以上の高い終局耐力があることや、他のリブ系合成床版と同様に、リブ端（DFT フランジ端）を基点とする水平～斜め 45 度方向にひび割れを生じる可能性がある引張応力度を生じていることが確認された。

【参考文献】

- 1) 末田他：突起付き T 形鋼ジベル合成床版の構造特性と疲労耐久性，鋼構造年次論文集，第 10 巻，pp.157～164，2002.11
- 2) 高須賀丈広，末田明，田中祐人，上村明弘，長井正嗣：突起付き T 形鋼ジベル合成床版の連続合成桁への適用性検証，第三回道路橋床版シンポジウム講演論文集，pp.229～234，2003.6
- 3) 国土交通省 国土技術政策総合研究所：鋼コンクリート合成床版の疲労耐久性評価手法の信頼性向上に関する共同研究，2013.3
- 4) 建設省土木研究所共同研究報告書：道路橋床版の輪荷重走行試験における疲労耐久性評価手法の開発に関する共同研究報告書，1999.3
- 5) JIP テクノサイエンス(株)：DIANA

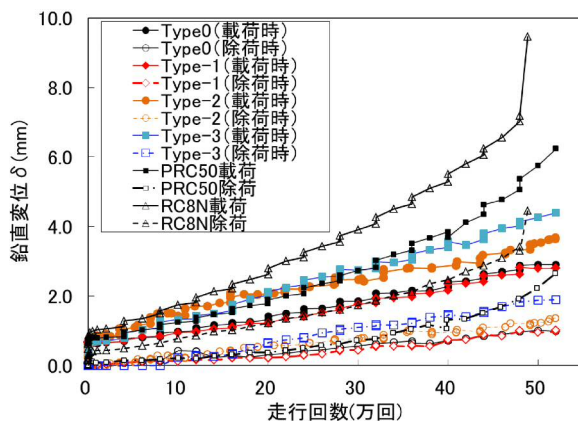


図-4 走行回数と試験体中央の変位

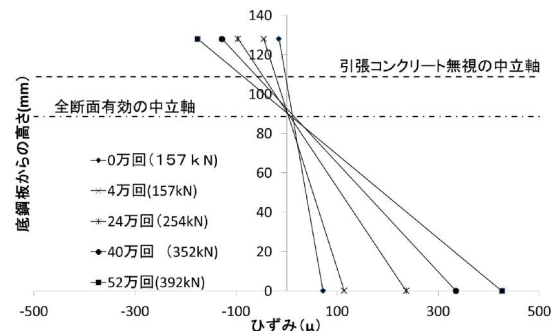


図-5 Type-3 試験体 の内部ひずみ

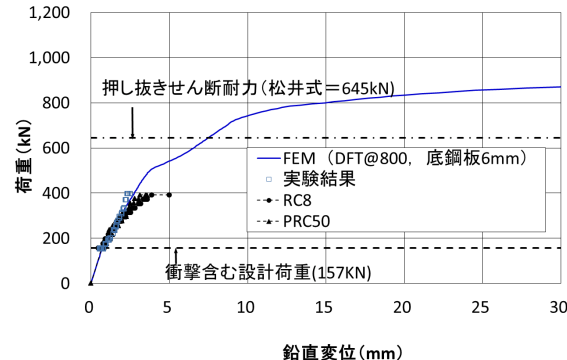


図-6 試験体中央部の荷重と変位の関係 (Type-3)

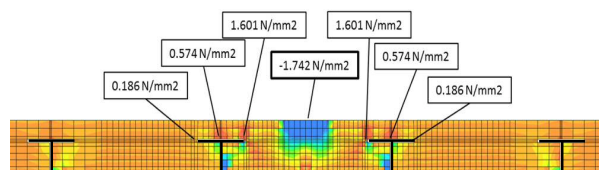


図-7 Type-1 の鉛直方向応力 (P=157kN : Case-1)