

## 超高強度繊維補強コンクリート床版を有するモノレール鋼軌道桁の ずれ止めに関する実験的研究

大成建設(株) 生産技術開発部	正会員 ○吉本 宏和
大成建設(株) 生産技術開発部	正会員 川口 哲生
モノレールエンジニアリング(株)	名嘉真 浩昭
東京モノレール(株)	正会員 井上 美佐男

### 1. はじめに

本稿は、既設のモノレール鋼軌道桁の走行路(場所打ちコンクリート床版)の補修に対して、高い耐久性を有する超高強度繊維補強コンクリート<sup>1)</sup>(以下、UFCと表記)床版の適用を検討したものである。提案構造は、プレキャスト部材であるUFCパネルが、充填材を介して、スタッドボルトにより鋼軌道桁に固定される構造となっており、列車の走行による疲労荷重が作用した場合にUFCパネルと充填材との付着切れが懸念された。そこで、UFCパネルに水平方向荷重を作用させる疲労試験を実施して提案構造の疲労耐久性を検証した。

### 2. 実験概要

表-1に使用材料の特性を示す。図-1に試験体の概要を示す。試験体は、実大のUFCパネル、鋼桁、充填材および8本のスタッドボルトで構成される。本試験では、鋼板表面にグリスを塗布して鋼桁と充填材との付着を切っている。図-2に疲労荷重の概要を示す。荷重

荷重の範囲は142kNとし、荷重の下限値を5kN、上限値を147kNとした。ここで、載荷荷重の範囲は、軸方向の設計荷重<sup>2)</sup>(14kN)とFEM解析により算出した桁のたわみの影響による軸方向荷重(128kN)の和である。載荷速度は3Hz、載荷回数は供用期間20年間を想定した200万回とした。疲労載荷中、所定の載荷回数で疲労荷重を静的・単調に載荷して計測を行った。計測項目は、水平2方向および鉛直変位(図-1の赤線および赤丸)、各スタッドボルトのひずみ(図-3)である。

### 3. 試験結果および考察

#### 3.1 外観の状況および変位

表-1 使用材料の特性

項目	内容
UFC	$f'_c : 199 \text{ N/mm}^2, f_{cr} : 11.2 \text{ N/mm}^2$
充填材	無収縮モルタル ( $f'_c : 61.3 \text{ N/mm}^2$ )
スタッドボルト	材質 SWRCH10A ( $f_y : 397 \text{ N/mm}^2$ ), M20, 全長 L=119mm, ネジ部 80mm
鋼板(模擬鋼桁)	材質 SM400, $f_y : 299 \text{ N/mm}^2$

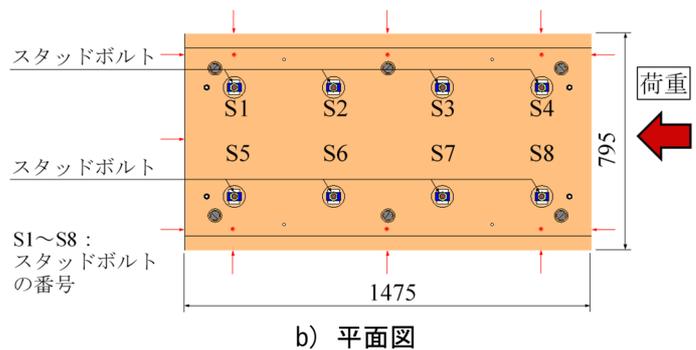
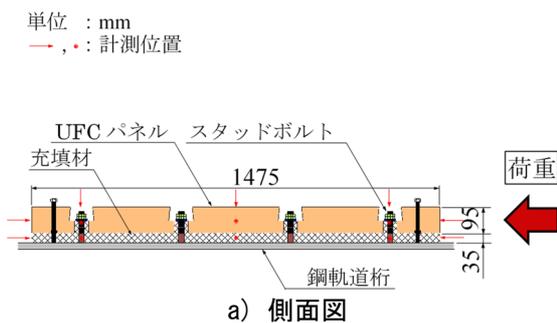


図-1 試験体の概要および計測位置

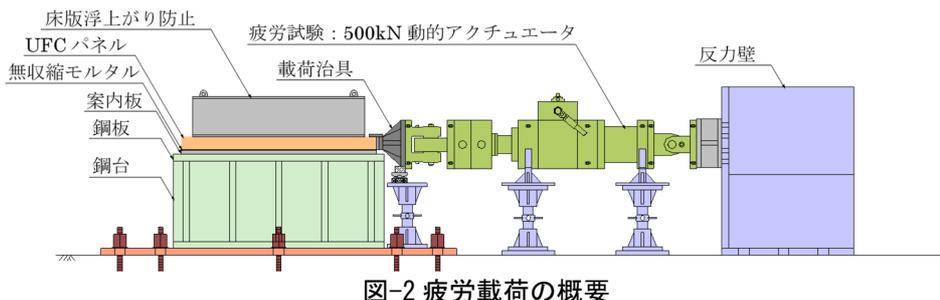


図-2 疲労荷重の概要

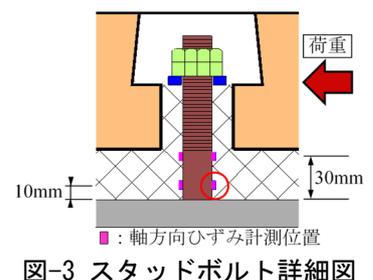


図-3 スタッドボルト詳細図

キーワード 超高強度繊維補強コンクリート, 複合桁, スタッドボルト, 疲労耐久性  
 連絡先〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町 344-1 大成建設株式会社 技術センター 生産技術開発部 TEL 045-814-7219

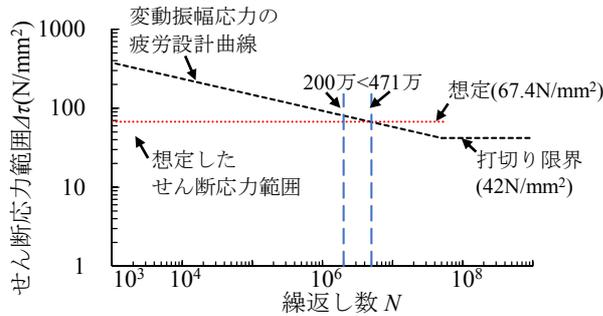


図-4 疲労設計曲線(せん断応力を受ける継手)

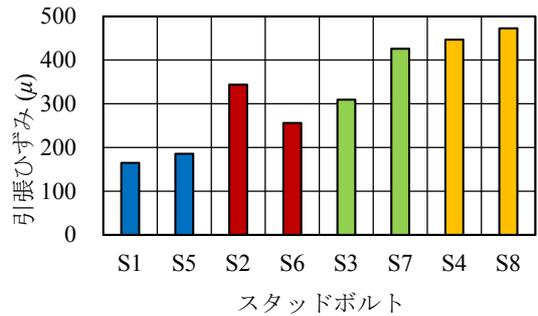


図-5 各スタッドボルトにおける引張ひずみの最大値

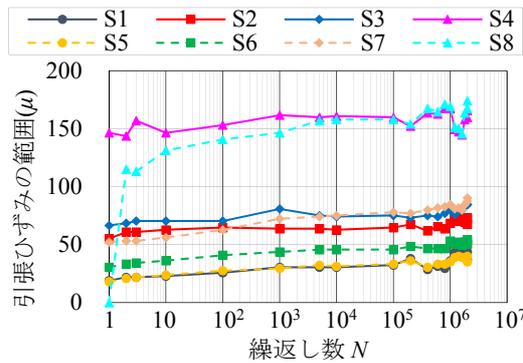


図-6 各スタッドボルトにおける引張ひずみの範囲と繰返し数の関係

試験終了直後の外観目視観察の結果、試験体の変状は確認されなかった。床版と充填材との水平相対変位は最大 0.03mm 程度であり、床版と充填材との一体性が確保されていたことが確認された。また、試験終了後の解体調査により、スタッドボルトに変状が無いことも確認された。

### 3.2 既往の疲労設計曲線との比較

鋼構造物の疲労設計<sup>3)</sup>においては、スタッドボルトを溶接した継手はせん断応力を受ける継手に分類され、変動振幅応力に対する疲労設計曲線は図-4 となる。なお、疲労設計曲線の一般式は式(1)、式(2)である。

$$\Delta\tau^m \cdot N = D_0 \quad (\Delta\tau \geq \Delta\tau_{ve}) \quad (1)$$

$$N = \infty \quad (\Delta\tau \leq \Delta\tau_{ve}) \quad (2)$$

ここで、 $\Delta\tau$  : せん断応力範囲 (N/mm<sup>2</sup>)、 $m$  : 疲労設計曲線の傾きを表す指数 (せん断応力を受ける継手  $m=5$ )、 $N$  : 繰返し数 (cycles)、 $D_0$  : 疲労設計曲線を表すための定数 ( $D_0 = 2 \times 10^6 \cdot \Delta\tau_f^m$ )、 $\Delta\tau_f$  :  $2 \times 10^6$  回基本疲労強度 (強度等級 S : 80N/mm<sup>2</sup>)、 $\Delta\tau_{ve}$  : 変動振幅応力における応力範囲の打切り限界 (N/mm<sup>2</sup>)、である。

図-4 に示したように、本構造で想定したスタッドボルトのせん断応力範囲 67.4N/mm<sup>2</sup> の場合、疲労寿命は 471 万回と評価される。本試験においては疲労寿命は確認されていないものの、目標性能である 200 万回の疲労载荷においてスタッドボルトが健全であったことは

既往の疲労設計曲線とも矛盾しない。

### 3.3 スタッドボルトのひずみ

図-3 に示したように、スタッドボルト 1 本につき、4 箇所の軸方向ひずみを計測した。同図に示した各スタッドボルトの赤丸 (载荷側の下段) の位置における計測結果について以下に考察する。図-5 に示すように、各スタッドボルトの引張ひずみの最大値は、载荷位置 (S4, S8) に近いほど大きい。これは、UFC パネルおよび充填材が剛体ではなく、载荷位置から離れたスタッドボルトの分担荷重が小さかったためと考えられる。また、引張ひずみの最大値 473  $\mu$  (S8) は、降伏ひずみ (1985  $\mu$ ) の 25%程度であった。次に、図-6 に各スタッドボルトにおける引張ひずみの範囲と繰返し数の関係を示す。ここで、引張ひずみの範囲は静的载荷時に生じるひずみの最小値と最大値の差である。各々のスタッドボルトにおいて、ひずみの範囲は繰返し数によらず、ほぼ一定であった。また、全てのスタッドボルトで、载荷方向の両面で引張および圧縮の組合せとなる S 字状の変形モードに対応するひずみ分布であった。したがって、スタッドボルトにはせん断応力に加え、曲げ応力が作用したと考えられる。曲げ応力発生の原因としては、スタッドボルトと充填材の付着切れの影響が考えられる。

### 4. まとめ

200 万回の疲労载荷の結果、提案した構造の疲労破壊は確認されなかった。スタッドボルトにはせん断応力に加え、曲げ応力が作用したと考えられた。

### 参考文献

- 1) 土木学会：コンクリートライブラリー第 113 号，超高強度繊維補強コンクリートの設計・施工指針 (案)，pp.54-70, 2004
- 2) 日本道路協会：モノレール構造物設計指針，pp.61-81, 1975
- 3) 日本鋼構造協会：鋼構造物の疲労設計指針・同解説一付・設計例一，pp.27-50, 1993