

間詰め内部に収まるずれ止めを用いた UFC 床版と鋼桁の接合部の試験による検討

阪神高速道路(株) 正会員 ○越野まやか 山名宗之 鈴木英之
鹿島建設(株) 正会員 永井勇輔 一宮利通 齋藤公生

1. はじめに

筆者らは、RC床版の更新に対応する技術として、超高強度繊維補強コンクリートを用いた軽量かつ耐久性の高いプレキャスト床版（以下、UFC床版）の開発を進めている。

一般に床版と鋼桁の一体化には、ずれ止めとして頭付きスタッドを鋼桁に配置し、床版に設けた貫通孔から間詰め材を充填する。また、床版架設時の床版と頭付きスタッドの干渉を避けるため、頭付きスタッドは床版架設後に貫通孔から設置することが多い。筆者らは、**図-1**に示すように、あらかじめ間詰め内部に収まるボルトをUFC床版下面に、さらに、短い頭付きスタッド（以下、短スタッド）を鋼桁に配置して、超高性能繊維補強セメント系複合材料（以下、UHPFRC）を充填するずれ止めを考案した。UHPFRCを貫通孔から充填するため、一般的な頭付きスタッド（以下、長スタッド）との併用になるが、本構造を採用することで、床版架設後の長スタッドの設置本数を削減でき、工期短縮が期待できる。

頭付きスタッドの疲労強度は、土木学会「鋼構造物設計指針PARTB」²⁾で規定されているが、ボルトの疲労強度は規定されていないため、本検討では、ずれ止めとして使用したボルトの疲労試験により疲労強度を確認した。また、間詰め内部に収まるずれ止めおよび長スタッドを組み合わせた本接合構造試験体の一面せん断試験を実施し、使用したずれ止めの耐力を確認した。

2. ボルトの疲労試験

試験体形状を**図-2**に示す。試験体は、床版を模擬したUFCブロックの両端にM27ボルトおよびインサートを配置し、間詰めを模擬した厚さ80mmのUHPFRCを充填して製作した。材料強度を表-1に示す。疲労試験に先立って日本鋼構造協会の試験方法³⁾に準じて実施した同じ試験体の押抜きせん断試験結果は、最大耐力174kN/本であり、破壊モードは間詰めの引張破壊であった。

疲労試験は、下限荷重を5kN、変動荷重を70kN（最大耐力の約40%）として5Hzで繰返し荷重を行った。試験体は破壊せずに荷重回数200万回に到達したため、変動荷重を82kN（破断荷重の約50%）に上げて荷重を継続したが、試験体は破壊せずに荷重回数計300万回に到達した。荷重回数-疲労強度関係を**図-3**に示す。また図内に、文献4)のφ25、φ22頭付きスタッドの試験結果および文献2)に規定される頭付きスタッドの疲労強度式も示す。本試験結果はいずれも頭付きスタッドの疲労強度式による予測値を超えていることから、この疲労強度式を用いることでボルトの疲労寿命を安全側に評価できることが分かった。

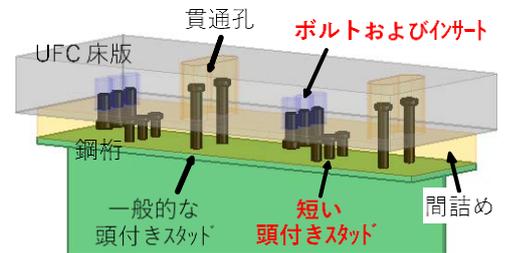


図-1 間詰め内部に収まるずれ止めを用いた床版と鋼桁の接合構造

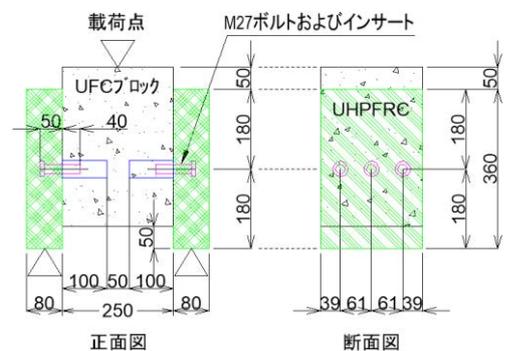


図-2 試験体形状

表-1 材料強度

UFC ブロック	M27 ボルト	間詰め材 (UHPFRC)		
圧縮強度 (N/mm ²)	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
193	680	850	138	7.0

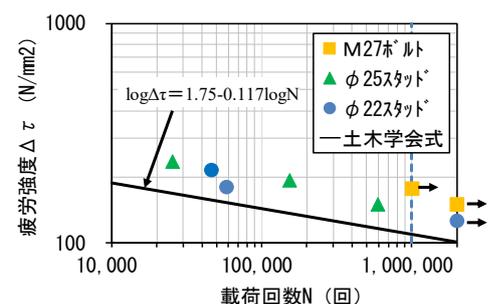


図-3 荷重回数-疲労強度関係

キーワード：超高強度繊維補強コンクリート、UFC、道路橋床版、頭付きスタッド、ボルト

連絡先 〒552-0006 大阪市港区石田3-1-25 阪神高速道路(株)管理本部 TEL 06-6576-3881

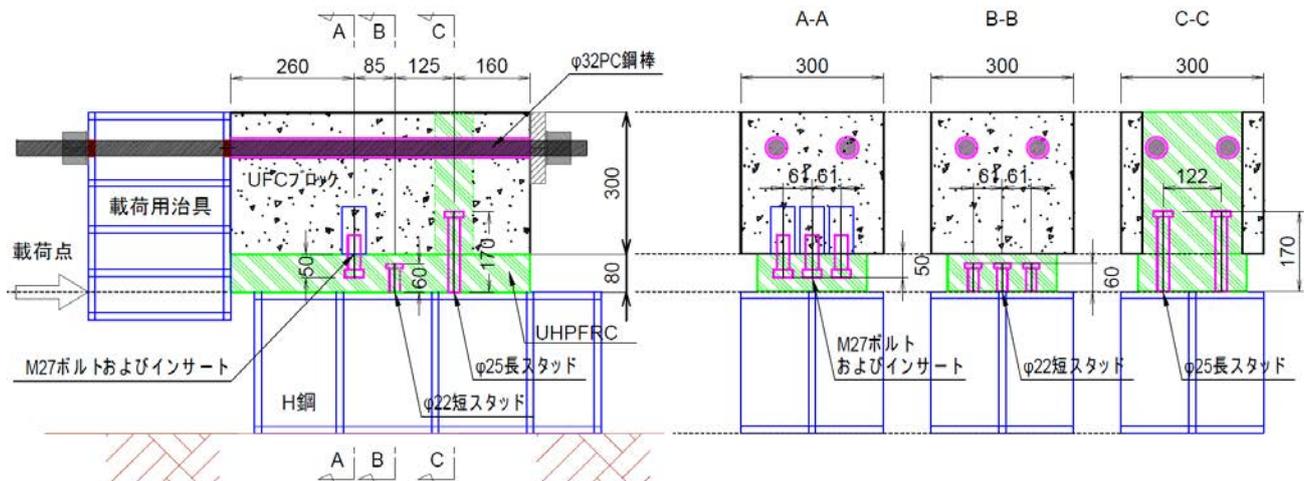


図-4 一面せん断試験体の形状（左側：正面図，右側：断面図）

3. 一面せん断試験

試験体形状を図-4に示す。試験体は、鋼桁を模擬したH鋼上にφ22短スタッドおよびφ25長スタッドを配置し、間詰め厚さが80mmとなるようにM27ボルトおよびインサート付のUFCブロックを配置後、UHPFRCを充填して製作した。UFCブロックの厚さをUFC床版の約2倍(300mm)とし、φ32PC鋼棒に約250kN/本の軸力を導入して荷重用治具を固定した。材料強度を表-2に示す。ボルトの強度は表-1と同様である。荷荷方法は単調荷荷とし、荷荷点がH鋼と間詰めの界面と同じ高さになるようにした。

試験結果を表-3、せん断力—ずれ変位関係を図-5に示す。本試験体のせん断力は、φ25頭付きスタッド1本あたりの断面積比に換算して算出した。また図表内に、文献4)のφ25頭付きスタッドの押抜きせん断試験結果も示す。本試験では1本あたりのせん断力が、複合構造標準示方書⁵⁾の規定から算出した頭付きスタッドの設計せん断耐力173kN/本を上回ったため、試験を終了した。試験終了時の最大せん断力は220kN/本であった。最大せん断力を最大耐力とみなし、文献3)の方法で算出した降伏耐力を図-6に示す。本構造の降伏耐力は174kN/本であり、φ25頭付きスタッド1本あたりの降伏耐力(表-3)と同等以上であることを確認した。また、長スタッド配置付近の間詰めに微細なひび割れが確認された。今後、非線形FEM解析の結果を踏まえて破壊モードを考察する。

4. おわりに

阪神高速道路本線の床版取替工事に本構造を初適用し、現場作業の効率化を実現できた。今後も更なる床版更新の技術革新に取り組む。

参考文献

- 1) 土木学会：UFC 道路橋床版に関する技術評価報告書，技術推進ライブラリーNo.17，2015
- 2) 土木学会：鋼構造物設計指針 PART B 合成構造物，1997
- 3) 日本鋼構造協会：頭付きスタッドの押抜き試験方法（案）とスタッドに関する研究状況，1996
- 4) 小嶋ら：高強度繊維補強モルタルを間詰めとしたUFC床版と鋼桁の接合部に関する検討，第28回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム，2019
- 5) 土木学会：複合構造標準示方書 設計編，2014

表-2 材料強度

UFC ブロック	φ22 短スタッド		φ25 長スタッド		間詰め材 (UHPFRC)	
圧縮強度 (N/mm ²)	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	降伏強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	圧縮強度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)
176	385	454	299	422	163	9.9

表-3 試験結果

	最大耐力 Pmax (kN/本)	降伏耐力 Py (kN/本)
本試験体(破壊せず)	220	174
φ25頭付きスタッド	225	156

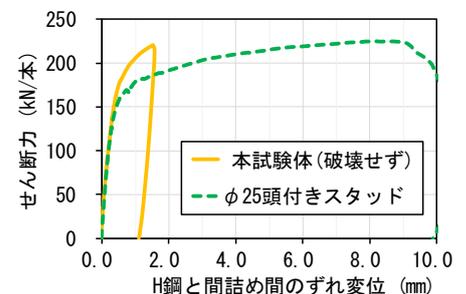


図-5 せん断力—ずれ変位関係

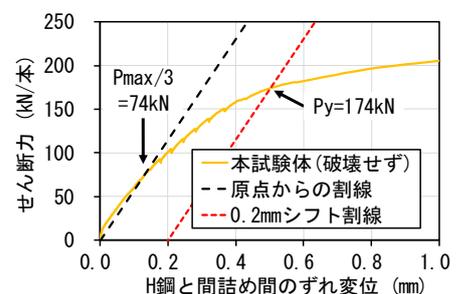


図-6 降伏応力 Py の算出