

## UFC床版と鋼桁の接合に関する基礎的研究

鹿島建設(株)	正会員	工修	○一宮	利通
阪神高速道路(株)		工博	金治	英貞
阪神高速道路(株)	正会員	工修	小坂	崇
鹿島建設(株)		工修	樽谷	早智子

Abstract : The deterioration of the RC bridge deck designed in an old standard is actualized, and exchange construction is planned. It is common to use the PC deck to exchange the RC bridge deck, but earthquake resistance and elevation of bridge surface would become the problem because weight and thickness of the PC deck would become larger than the existing RC deck. Therefore we are developing the lightweight bridge deck using UFC. The UFC deck is connected to a steel girder using stud dowel in the same manner as the PC bridge deck. Because the UFC bridge deck is thinner than the PC bridge deck, basic structural performance of the stud dowel are examined by shear tests. As results, the filling was broken in the case using mortar as filling, and the stud dowel was broken in the case using UFC as filling.

Key words : Ultra high strength fiber reinforced concrete, Bridge deck, Composite girder

## 1. はじめに

近年、既設道路橋のRC床版の劣化が顕在化しており、RC床版の更新が計画されている。一般にはPC床版に更新されることが多いが、旧基準で設計されたRC床版は現行基準の最小床版厚さよりも小さく、PC床版に更新することで床版厚さが厚くなる場合がある。そこで、筆者らは超高強度繊維補強コンクリート（以下、UFC）を用いた平板型UFC床版（以下、UFC床版）を開発している<sup>1) 2)</sup>。

UFC床版の適用概念を図-1に示す。対象橋は合成桁であり、旧基準で設計された既設のRC床版からUFC床版への更新を想定している。基本的な構造はPC床版への更新と同様なものであるが、本床版の厚さは支間長1.925mで試設計した場合<sup>1)</sup>123mm、支間長4mで試設計した場合<sup>2)</sup>150mmとなり、旧基準で設計されたRC床版と同等以下にすることができるため、下部構造の耐震補強や線形の変更を不要とすることができる。

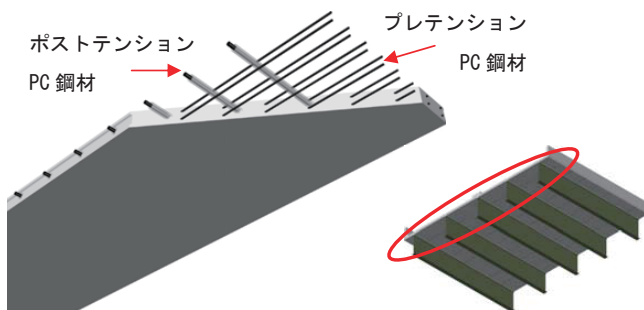


図-1 UFC床版の構造および適用概念

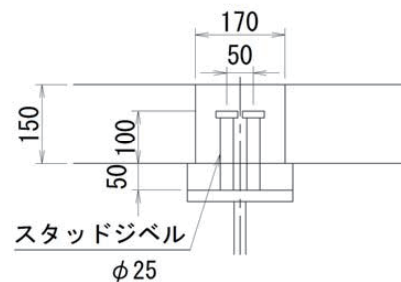


図-2 UFC床版と鋼桁の接合構造

UFC床版と鋼桁の接合構造は通常のPC床版と同様、床版に頭付きスタッド用の箱抜きを設けておき、箱抜きおよび鋼桁と床版間の50mm程度の間詰部をモルタルで充填するものである（図-2）。しかし、UFC床版では厚さが123~150mmとPC床版よりも薄くなるため、頭付きスタッドのせん断耐力に影響を

与える可能性がある。また、鋼桁と床版間に間詰を有する場合、頭付きスタッドのせん断耐力が低下することが指摘されている<sup>3)</sup>。そこで、モルタルで間詰めした試験体、間詰を溶接金網で補強した試験体、間詰をUFCとした試験体を用いて押抜き試験方法<sup>4)</sup>によるせん断試験を行い、本接合構造のせん断耐力を確認した。

## 2. 実験の概要

試験体の概要を図-3および表-1に示す。床版部の厚さは、試験体No.1~No.3では123mm, No.4とNo.5では150mmとした。頭付きスタッドの径はφ25mmで長さは130mmまたは150mmとした。鋼桁を模擬したH形鋼のフランジ幅は200mm, 床版間の間詰部の厚さはいずれも50mmとした。間詰部の幅は、試験体No.1~No.3では試験体の製作性を考慮して床版部の幅と同じ400mmとしたが、試験体No.4とNo.5では間詰部の幅がせん断耐力に影響を与える可能性があることからH形鋼の幅と同じ200mmとした。間詰部は、試験体No.1~No.4ではモルタルを充填し、No.5ではUFCを充填した。No.4では床版とH鋼間の間詰部を直径3.2mmの鋼材が75mmピッチで配置された溶接金網で補強した(写真-1)。箱抜き部は、間詰部と同じ材料を間詰部と同時に充填した。間詰部の充填は床版部が水平になるように試験体を設置して箱抜き部からモルタルまたはUFCを充填し(写真-2), No.1~No.4では同日の数時間後に、No.5では翌日に試験体を反転させて反対側の間詰部を充填した。

表-1に使用材料の強度試験結果を示す。モルタルには収縮補償型のプレミックスモルタルを、UFCにはエトリンサイト生成系のUFC<sup>5)</sup>を使用した。床版部のUFCは、養生として常温の封緘養生を24時間行い、85℃の蒸気養生を24時間行った。間詰部のUFCは20℃で8~9日封緘養生した。なお、表-1に示す間詰部のUFCの圧縮強度は両側の平均値である。

荷重方法は押抜き試験<sup>4)</sup>とし、No.1, No.4およびNo.5は静的単調荷重, No.2では荷重と除荷を繰り返す静的荷重とした。No.3では疲労試験を行い、静的荷重による耐力141kNの約1/3である45kNで10万回, 59kNで2万回, 82.5kNで8万回, 120kNで破壊まで繰り返し荷重を行った。いずれの試験体も試験体下面は不陸調整用のモルタル上に設置し、床版部の開きは拘束しなかった。

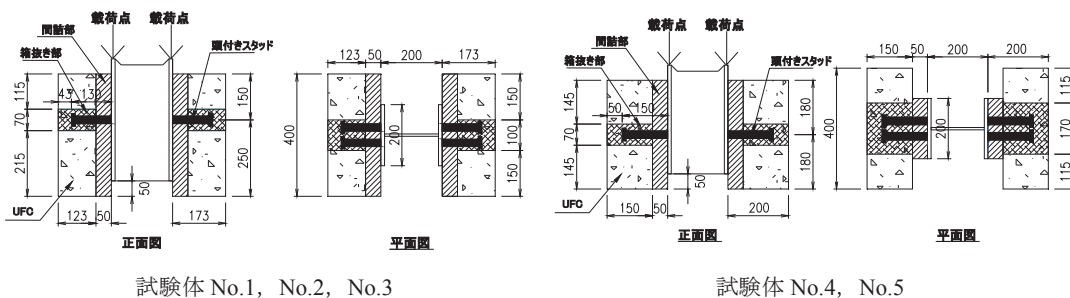


図-3 試験体の概要

表-1 試験体一覧

試験体	間詰		床版部		スタッドジベル		
	仕様	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	仕様	圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> )	仕様	本数 (本/面)	引張強度 (N/mm <sup>2</sup> )
No. 1	モルタル	65.1	UFC	209	φ 25	2	469
No. 2		65.1		209			
No. 3		65.1		209			
No. 4	モルタル+溶接金網	72.7		189			
No. 5	UFC	158		189			



写真-1 溶接金網設置状況



写真-2 間詰部の充填状況

### 3. 実験結果

静的単調載荷試験および静的繰返し載荷試験の結果として、せん断力とずれ変位（床版部とH形鋼の鉛直方向相対変位）を図-4に示す。試験体No.1およびNo.2では、両者ともせん断力が141kNに達したところで異音が発生してせん断力が低下し、写真-3に示すように頭付きスタッド直下の間詰モルタル部に鉛直方向のひび割れが観察された。頭付きスタッドの支圧によって間詰部が割けるようなひび割れが生じたものと推定される。

間詰部を溶接金網で補強した試験体No.4では最大耐力が174kN/本と大きくなり、最大荷重付近ではひび割れは目視では観察されなかった。せん断耐力が大きくなったのは、溶接金網による補強効果だけでなくUFC床版部を厚くした影響も含まれていると考えられるが、溶接金網によるひび割れ抑制効果が確認され、間詰部の剥落対策としても期待できると考えられる。

間詰部をUFCとした試験体No.5では、最大耐力は256kN/本であり、破壊モードは頭付きスタッドの破断であった。間詰部をUFCとすることによって間詰部の破壊を防ぐことができるが、UFCは粘性が高く間詰の充填に時間を要するため、実構造物の設計では頭付きスタッドの耐力だけでなく間詰部の充填に要する時間を考慮して間詰構造を選定する必要がある。

試験体No.1およびNo.5について、せん断力とスタッドのひずみの関係を図-5に示す。試験体No.1では先端部では曲げに伴って降伏ひずみ約1700 $\mu$ 以上のひずみが生じているが、基部の上下ではひずみは小さい。これは、先端部は床版部の拘束が大きいのにに対して、間詰部ではひび割れが生じて拘束が小さかったため、床版部と間詰部の界面から床版側でスタッドに上引張の曲げが作用したことによると考えられる。一方、試験体No.5では、基部でも降伏ひずみを超えるひずみが生じている。これは、間詰部でも拘束が大きかったため、間詰部とフランジの界面でスタッドに上引張の曲げが作用したこ

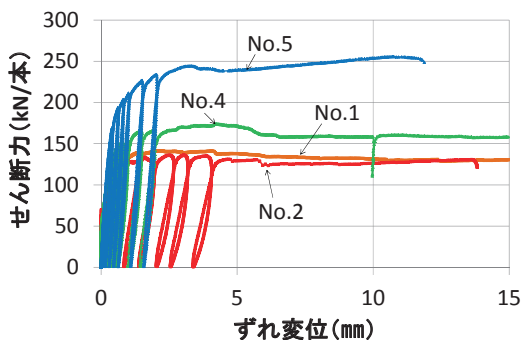


図-4 せん断力-ずれ変位関係

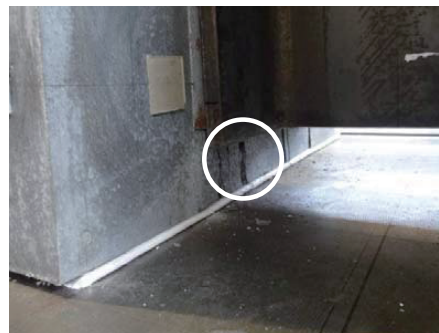


写真-3 間詰部のひび割れ

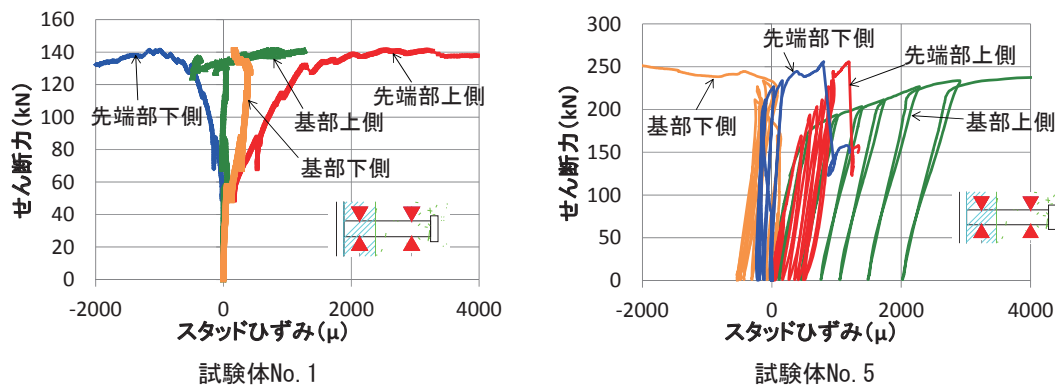


図-5 せん断カースタッドひずみ関係

とよると考えられる。

疲労試験結果を図-6に示す。ずれ変位は、せん断力59kNまでは0.02mm、せん断力82.5kNでは0.36mmであった。せん断力120kNでは2千回を超えたあたりからずれ変位が1mmを超え、徐々に変位が大きくなった。なお、頭付きスタッドに作用する繰返し荷重としては床版と鋼桁との温度差および活荷重の荷重が想定され、1日に2~3回程度作用すると考えると100年で10万回程度の繰返し作用が想定される。せん断力59kN(せん断耐力の4割程度)であれば、実構造物における繰返し荷重の作用に対して問題ないと考えられる。

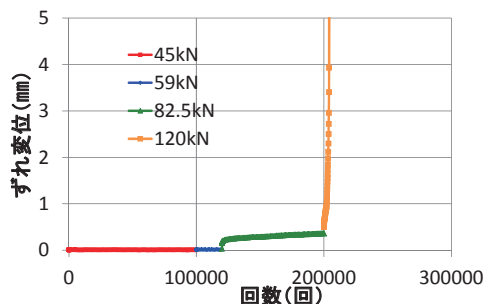


図-6 ずれ変位の経時変化(試験体No.3)

#### 4. おわりに

UFC床版と鋼桁を頭付きスタッドで接合することを想定して荷重試験および疲労試験を行い、せん断耐力および疲労強度を確認した。本構造における頭付きスタッドのせん断耐力は間詰の厚さにも依存すると考えられるため、間詰の厚さをパラメータとした試験も必要と考えられる。間詰部にモルタルを充填する構造では既往の耐力推定式を直接適用することはできないと考えられるため、実適用にあたっては試験数を増やして許容せん断力を適切に設定する必要がある。

本研究を行うにあたり、大阪大学松井名誉教授、長岡技術科学大学長井名誉教授、東京工業大学二羽教授および神戸大学三木准教授にご指導をいただきました。また、試験に際して(株)富士ピー・エス徳光氏の助言をいただきました。ここに深く感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 小坂ら：UFC道路橋床版の既設橋への適用に関する解析的検討，土木学会第69回年次学術講演会，2014.9
- 2) 藤代ら：橋梁床版取替えにUFC床版を用いた場合の構造影響について，土木学会第70回年次学術講演会，2015.9(投稿中)
- 3) 永尾ら：コンクリート床版箱抜き部とモルタル層を用いた頭付きスタッド押抜き試験体の押抜き性状，第10回復合構造の活用に関するシンポジウム，2013年
- 4) 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の現状，1996年
- 5) 土木学会：超高強度繊維補強コンクリート「サクセム」の技術評価報告書，技術推進ライブラリー No.3，2006