

# 付着面を改善したUFC埋設型枠RC床版の耐荷力性能および押抜きせん断耐荷力

日本大学 学生会員 ○園木 聡      日本大学 正会員 阿部 忠  
日本大学 正会員      木田哲量      日本大学 正会員 水口和彦

## 1. はじめに

近年、道路橋における、施工の合理化、省力化が重要課題とされている。RC 床版施工における場所打ちコンクリートの型枠脱型作業を省略するために、超高強度繊維補強コンクリート(以下 UFC)埋設型枠が採用されている。しかし、UFC 材は高強度、高耐久性を有していることから、その力学特性をさらに発揮させるために、UFC 埋設型枠と RC 床版を合成させた UFC 埋設型枠 RC 床版が提案されている<sup>1)</sup>。既往の研究によると、破壊荷重付近で、UFC 埋設型枠と RC 床版との合成界面ではなく離が生じている。そこで本研究は、これらの合成効果を高めるために、UFC 埋設型枠の合成面を従来の凹型に対し、凸型に改善した UFC 埋設型枠 RC 床版を提案し、これを供試体として静荷重実験を行い、耐荷力性能および押抜きせん断耐荷力を考察した。

## 2. 使用材料および寸法

(1)RC 床版 供試体のコンクリートには、普通ポルトランドセメントと最大寸法 20mm の粗骨材を使用する。RC 床版部のコンクリートの圧縮強度は P 型が 35N/mm<sup>2</sup>、C 型が 27N/mm<sup>2</sup> である。また、鉄筋は SD295A、D10 を使用する。鉄筋は、降伏強度は 385N/mm<sup>2</sup>、弾性係数は 200kN/mm<sup>2</sup> である。

(2)UFC 埋設型枠の使用材料 UFC 埋設型枠の使用材料は、水、ポリカルボン酸系の高性能減水剤、プレミックス材料および鋼繊維とした。鋼繊維は、直径 0.2mm、長さ 15mm を体積比で 2.0 % 使用した。プレミックス材料は、セメント、シリカフューム、珪石粉末などが最密充填されるように配合されており、粗骨材は使用せずに最大粒径 2mm の珪砂を混合した。混和剤使用量は、目標フロー値を 240mm として決定した。

(3)UFC 埋設型枠の付着面および寸法 UFC 埋設型枠と RC 床版との合成効果を高めるためには、UFC 埋設型枠の合成面の構造が重要となる。従来の合成面は UFC 埋設型枠側に  $\phi$  9mm、深さ 5mm の凹部を一樣に設けた構造である(以下、P 型)。そこで本研究では、付着力をさらに高めるために UFC 埋設型枠側に  $\phi$  15mm、高さ 5mm の凸部を一樣に設けた(以下、C 型)。ここで、UFC とコンクリートとの面積比率は、P 型で 6 : 4、C 型で 4 : 6 である。UFC 埋設型枠の寸法は、RC 床版の引張鉄筋かぶり内に埋設することから、幅 1470mm、厚さ 20mm とし、付着面厚は 5mm とした。ここで、P 型、C 型の付着面を図-1に示す。

(4)供試体寸法および鉄筋配置 本供試体は、道路橋示方書・同解説 II<sup>2)</sup>(以下、道示 II とする)に基づいて、RC 床版の設計支間と大型車両の 1 日 1 方向あたりの計画交

通量が 2000 台以上を想定して床版厚、鉄筋量を算出し、その 1/2 モデルとした。供試体は、床版厚 130mm とし、引張鉄筋かぶり内に UFC 埋設型枠を配置した。ここで、本実験供試体の寸法および鉄筋配置を図-2に示す。P 型の UFC 埋設型枠を合成した RC 床版供試体名称を U.RC-P、C 型の UFC 埋設型枠を合成した RC 床版供試体を U.RC-C とした。

(5) UFC 埋設型枠 RC 床版供試体の作製 UFC パネルの作製は、凸型の型枠を用いて 20℃で 24 時間養生(1 次養生)、その後 48 時間 90℃の蒸気養生(2 次養生)で行った。次に、UFC 埋設型枠 RC 床版の作製は、図-3に示すように、予め製作した UFC 埋設型枠を床版底面に設置し、その上に直接に鉄筋を配置し、コンクリートを打設して一体構造とした。

## 3. 一面せん断試験

(1)一面せん断試験方法 UFC 材の材料特性値を得るために角柱( $\square$  100 × 100 × 400mm)用の管理供試体の型枠を用い、片側のコンクリートとの合成面にコンクリートを打設して一体構造とした。供試体は角柱供試体を長さ 1/2 の位置で切断し、一面せん断試験と圧縮試験に用いる。モード II 型一面せん断試験により得られるコンクリートせん断応力度  $f_{cv0}$  を式(1)より算出する。

$$f_{cv0} = P/A \quad (1)$$

ここで、P : 破壊荷重、A : 一面せん断破壊面積

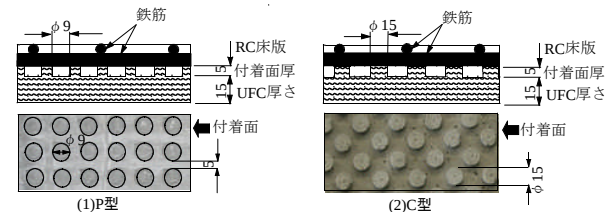


図-1 付着面形状

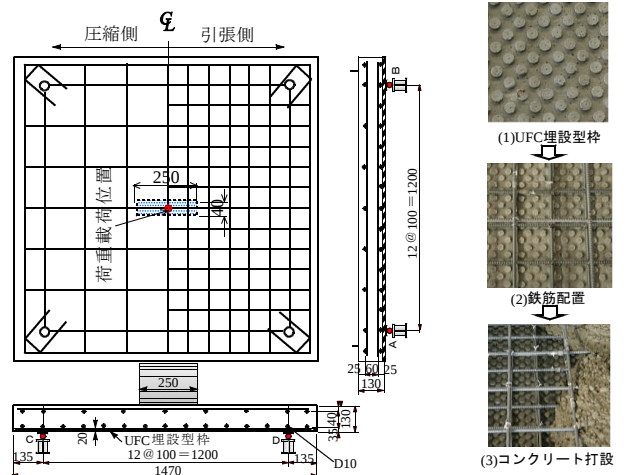


図-2 供試体概要図

図-3 作製図

キーワード : RC 床版, UFC 埋設型枠, 静荷重実験, 押抜きせん断破壊

連絡先 〒 275-8575 習志野市泉町 1-2-1 日本大学生産工学部土木工学科

TEL 047-474-2459

(2) 一面せん断強度 本実験における付着面を P 型および C 型を用いた場合の一面せん断強度とコンクリートの圧縮強度の関係を図-4に示す. 図-4より得られたせん断強度と圧縮強度の関係をもとに, UFC 埋設型枠の凹凸部のばらつきによる損失を約 10%考慮したせん断耐力式は P 型の場合は式(2), C 型の場合は式(3)として与えられる.

$$P \text{ 型} : f_{cv0} = 0.248f_c^{0.610} \quad (2)$$

$$C \text{ 型} : f_{cv0} = 0.372f_c^{0.610} \quad (3)$$

ここで,  $f_c$  : コンクリート圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

#### 4. 押抜きせん断耐力

##### (1) 押抜きせん断試験方法

静荷重実験は, 曲げ応力が最大となる供試体中央に車輪を停止した状態の実験である. 載荷方法は 10kN ずつ荷重を増加し, 鉄筋が降伏した後は 5.0kN ずつ荷重を増加し, 破壊するまで荷重の増加を行う.

(2) 押抜きせん断耐力 実験耐力を表-1に示す. UFC 埋設型枠 RC 床版供試体における P 型の平均押抜きせん断耐力は 294.7kN, C 型は 307.5kN であり, 耐力比は C 型が 1.04 倍となった. U.RC-C はコンクリートの圧縮強度が 27N/mm<sup>2</sup> であることから, 大幅な耐力力の向上は見られない.

(3) 押抜きせん断耐力式 UFC 埋設型枠 RC 床版供試体の押抜きせん断力学モデルを図-5に示す. RC 床版の等価応力ブロックの範囲には, コンクリートのせん断強度の影響による押抜きせん断強度を考慮した. 引張鉄筋かぶり内は UFC 埋設型枠と RC 床版部との付着面のせん断強度の影響によるものと, 付着面にはく離が生じない場合は, UFC の曲げ強度から得られる引張強度の影響を検討する必要がある. 付着面を P 型とした場合の, コンクリート側の面積比は 40 %, C 型では 60 %である. この付着面が及ぼす範囲は, RC 床版の押抜きせん断破壊時のダウエル効果が及ぼす範囲とする. また, 付着力に比して曲げ引張強度が大きい場合は, 鋼繊維の架橋効果の影響を考慮する. よって, UFC 埋設型枠 RC 床版の押抜きせん断耐力, 付着面のせん断強度が及ぼす影響と鋼繊維による架橋効果の影響を比較して, 絶対値の小さい方が UFC 埋設型枠 RC 床版の押抜きせん断耐力となる. したがって, 式(4)として与えられる<sup>1)</sup>.

$$V_{cp,UFC} = f_{cv0} \{2(B+2a)a + 2(A \times a)\} + V_{cp \cdot ft} \quad (4)$$

$$f_{cv0} = 0.688f_c^{0.610}$$

・せん断強度を適用する場合

$$V_{cp \cdot ft} = f_{cv0,P} \{4(4C_x + 2d_a + B)C_x + 2(A + 2d_a)C_x\}$$

$$P \text{ 型} : f_{cv0,P} = 0.248f_c^{0.610} \leq f_c = 80\text{N/mm}^2$$

$$C \text{ 型} : f_{cv0,C} = 0.372f_c^{0.610} \leq f_c = 80\text{N/mm}^2$$

・引張強度を適用する場合

$$V_{cp \cdot ft} = f_t \cdot UFC \{2(2d_a + B) + (A + 2d_a)t_{UFC}\}$$

$$f_t \cdot UFC = (f_b - 1.54)/2.59$$

$$f_b = 34\text{N/mm}^2 (P \text{ 型}), 31\text{N/mm}^2 (C \text{ 型})$$

ここで, A, B : 載荷版の主鉄筋, 配力筋方向の辺長(mm), a

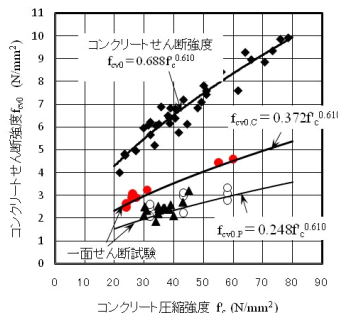


図-4 圧縮強度とせん断強度の関係

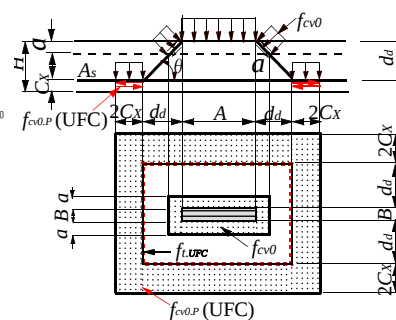


図-5 押抜きせん断力学モデル図

表-1 実験耐力および理論耐力

| 供試体       | 実験耐力<br>(P_max)<br>(kN) | 平均耐力<br>(P_cp)<br>(kN) | 理論耐力<br>(V_cp,UFC) (kN) |              | 耐力比<br>(P_cp/V_cp,UFC)<br>(kN) |
|-----------|-------------------------|------------------------|-------------------------|--------------|--------------------------------|
|           |                         |                        | f_cv0,P                 | f_t,UFC      |                                |
| U.RC13-P1 | 299.6                   | 294.7                  | <u>274.3</u>            | 322.8        | 1.09                           |
| U.RC13-P2 | 289.7                   |                        |                         |              | 1.06                           |
| U.RC13-C1 | 310.0                   | 307.5                  | 333.8                   | <u>299.3</u> | 1.04                           |
| U.RC13-C2 | 305.0                   |                        |                         |              | 1.02                           |

: 主鉄筋( $a_x$ )と配力筋方向( $a_y$ )の等価応力ブロックの大きさの平均( $= (a_x + a_y)/2$ ),  $f_{cv0}$  : コンクリートのせん断強度(N/mm<sup>2</sup>)<sup>1)</sup>,  $f_t$  : コンクリート引張強度(N/mm<sup>2</sup>),  $C_x$  : ダウエル効果の及ぼす影響範囲,  $C_a$  : 主鉄筋のかぶり( $d_x$ )と配力筋方向のかぶり( $d_y$ )の平均( $= (d_x + d_y)/2$ ),  $d_a$  : 主鉄筋の有効高さ( $d_x$ )と配力筋方向の有効高さ( $d_y$ )の平均( $= (H - C_x)$ ),  $f_c$  : コンクリートの圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>),  $f_{cv0,P}$  : P型の一面せん断強度(N/mm<sup>2</sup>),  $f_t \cdot UFC$  : UFC の引張強度(N/mm<sup>2</sup>),  $f_b$  : UFC の曲げ強度(N/mm<sup>2</sup>)

上式より算出した UFC 埋設型枠 RC 床版の理論耐力を表-1に併記する. 表-1より, 付着面を P 型とした場合は, UFC の引張強度に達する前に付着面がせん断破壊となり, 理論押抜きせん断耐力は 274.3kN である. 曲げ引張強度を適用した場合は 322.8kN であり, 合成面のせん断強度の影響により押抜きせん断破壊となった. また, C 型の場合は付着面の合成効果が向上し, せん断強度の影響による押抜きせん断強度は 333.8kN となり, 曲げ引張強度を適用した場合は 299.3kN となり, 絶対値の小さい方が理論押抜きせん断耐力となる.

#### 5. まとめ

- (1) RC 床版部のコンクリート圧縮強度に差異はみられたが, 付着面を C 型とすることで付着面の合成効果が向上し, 押し抜きせん断耐力は向上した.
- (2) 理論押抜きせん断耐力は付着面のせん断強度と曲げ引張強度の関係より算出されるが, 絶対値が小さい押抜きせん断耐力が実験耐力と良く近似した.

#### 参考文献

- 1) 阿部忠, 木田哲量, 新見彩, 高野真希子, 田中敏嗣: UFC 埋設型枠 RC 床版の合成面のせん断強度および理論押抜きせん断耐力式, 構造工学論文集 Vol.55A, pp1478-1487, (2009)
- 1) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説 II, 2004