

## 支持条件に着目したフーチングのせん断耐力の評価に関する検討

(独) 鉄道建設・運輸施設整備支援機構 正会員 ○進藤良則 光木香 石井秀和 森野達也  
 (財) 鉄道総合技術研究所 正会員 轟俊太郎 田所敏弥 谷村幸裕 西岡英俊

### 1. はじめに

杭基礎フーチングのせん断力に対する設計においては、下側引張を受ける場合は直接支持部材として、上側引張を受ける場合は間接支持部材として、せん断耐力を算定し照査を行う。下側引張を受けるフーチングのせん断耐力については、単位幅を想定した梁試験体による多くの検討がなされ、設計法が整備されてきた。一方、上側引張を受ける場合については、これまで、ほとんど検討がなされていないのが現状である。そこで、本検討では、橋脚く体、フーチングおよび杭からなる杭基礎橋脚全体を模擬した試験体を用いて、実構造物におけるフーチングの破壊形態およびせん断耐力について検討した。

### 2. 杭基礎橋脚全体を模擬した試験体による荷重試験の概要

図1に試験体の寸法および配筋状況、表1に材料諸元一覧を示す。試験体は新幹線の壁式橋脚を対象とした橋脚く体およびフーチング、杭からなる1/6スケールの橋脚全体の模型である。また、橋脚の支持条件を再現するため、直径267mmの杭を3本×2列で配置し、杭の軸方向鉄筋を実構造物同様にフーチングに定着した。フーチングの幅は設計における全幅有効となるように設定し、フーチングのせん断スパン比  $a/d$  は1.22とした。なお、フーチングのせん断スパン  $a$  は、図1に示す橋脚の引張鉄筋から杭の橋脚側の軸方向鉄筋までの距離489mmとした。また、本検討では、上側引張を受ける梁試験の支持条件の妥当性の確認を目的のひとつとしたため、別途行った梁試験体と断面諸元の共通化を図り、スターラップは省略した。

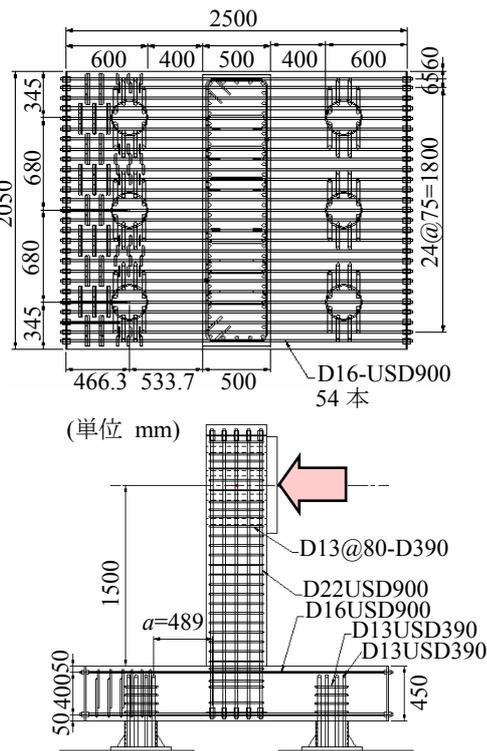


図1 試験体の寸法および配筋

### 3. 荷重方法

写真1に荷重試験の状況を示す。まず、鉛直荷重無し状態で橋脚に水平力のみを作用させ、上側引張を受ける間接支持側（フーチングのスパン右側）でせん断破壊させた。その後、鉛直荷重を3000kN作用させた状態で再び水平力を作用させ、下側引張を受ける直接支持側（フーチングのスパン左側）でせん断破壊させた。

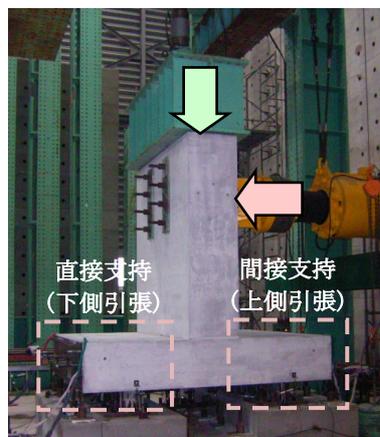


写真1 荷重試験の状況

### 4. 試験結果

#### (1) 間接支持されたフーチングの荷重試験

図2にフーチングのせん断力-鉛直変位関係、写真2にひび割れ状況を示す。なお、図2には、断面諸元を共通化した間接支持された梁試験体の

表1 材料諸元一覧

部材名	$f'_c$	軸方向鉄筋			帯鉄筋		
		規格	$f_{sy}$	$\epsilon_{sy}$	規格	$f_{wy}$	$\epsilon_{wy}$
橋脚	52.6	D22USD900	1074	5820	D13SD390	420	2320
フーチング	21.7	D16USD900	976	5510	—	—	—
杭	21.7	D25SD490	547	3100	D13SD390	420	2320

$f'_c$ : コンクリートの圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>),  $f_{sy}, f_{wy}$ : 降伏強度(N/mm<sup>2</sup>),  $\epsilon_{sy}, \epsilon_{wy}$ : 降伏ひずみ( $\mu$ )

キーワード: フーチング, 間接支持, 直接支持, せん断耐力

連絡先: 〒231-8315 神奈川県横浜市中区本町 6-50-1(独)鉄道・運輸機構 設計技術部設計技術第一課 tel:045-222-9081

結果を併せて示す。せん断力が約 500kN に達したとき、橋脚基部直下に斜めひび割れが発生し、荷重が一時的に低下したが、最終的には 987kN で間接支持されたスパン右側でせん断破壊した。図 2 に、式 (1) に示すコンクリート標準示方書<sup>1)</sup> に示されるせん断耐力の算定式および式 (2) に示す  $a/d$  の影響を考慮した既往の研究<sup>2)</sup> におけるせん断耐力の算定式より求めた算定値、更に間接支持された梁試験の結果を併せて示す。なお、梁試験体については、部材幅とコンクリートの圧縮強度を式 (1) の  $\beta_d, f_{vc}$  を用いて補正した。この結果、単位幅を想定した梁試験体においても実構造物の挙動を再現できることを確認するとともに、せん断補強鉄筋のない場合については、式 (2) により、せん断耐力を評価できる可能性があることがわかった。

$$V_y = V_c + V_s \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 $V_c = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot f_{vc} \cdot b_w \cdot d$

$\beta_d = \sqrt[4]{1000/d}$ ,  $\beta_p = \sqrt[3]{100/p_c}$ ,  $f_{vc} = 0.2 \sqrt[3]{f'_c}$ ,  $b_w$ : 梁幅(mm),  
 $d$ : 有効高さ(mm),  $p_c$ : せん断引張鋼材比

$$V_{c1} = (0.75 + 1.4/(a/d)) \cdot \beta_d \cdot \beta_p \cdot f_{vc} \cdot b_w \cdot d \dots\dots\dots (2)$$

写真 3 に梁試験体の破壊状況を示す。フーチング試験体と梁試験体の最大せん断力はほぼ同等であり、かつ、橋脚の引張鉄筋の先端から杭軸方向鉄筋の先端に向かって生じた斜めひび割れの性状も同様であった。

(2) 直接支持されたフーチングの載荷試験

図 3 にフーチングのせん断力-鉛直変位関係を示す。また、写真 3 にひび割れ状況を示す。直接支持されるフーチングのスパン左側に橋脚の圧縮縁から杭端部に向かって斜めひび割れが発生し、荷重が低下した。図 3 に式 (3) に示す現行の設計式<sup>3)</sup> にしたがって算定したせん断耐力  $V_{rd}$  を示す。直接支持されたフーチングのせん断耐力は、 $V_{rd}$  により評価できることを確認した。

$$V_{rd} = (\beta_d + \beta_w) \beta_p \cdot \beta_a \cdot f_{rd} \cdot b_e \cdot d \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 $\beta_d = \sqrt[4]{1000/d_1}$ ,  $\beta_p = (1 + \sqrt{100p_c})/2$

$$\beta_w = 4.2 \left[ \sqrt[3]{100p_w} \cdot \{1.1(a_1 + R/2)/d_1 - 0.75\} / \sqrt{f'_c} \right]$$

$$\beta_a = 5 / (1 + \{1.1(a_1 - R/2)/d_1\}^2), f_{rd} = 0.19 \sqrt{f'_c}$$

$b_e$ : 有効幅 (mm),  $d_1$ : 柱または壁前面における有効高さ (mm),  $a_1$ : 柱または壁前面から杭中心までの距離 (mm),  $p_c$ : せん断引張鋼材比,  $R$ : 杭径(mm),  $p_w$ : せん断補強鉄筋比

5. おわりに

間接支持されたフーチングのせん断耐力は、直接支持を対象とした既往の研究におけるせん断耐力の算定式により評価できる可能性があることがわかった。また、直接支持されるフーチングのせん断耐力は、梁試験より提案された現行の設計式において、精度よく評価できることを確認した。

【参考文献】1) 土木学会: コンクリート標準示方書 (設計編), 2007, 2) 二羽ら: せん断補強鉄筋を用いない RC 梁のせん断強度式の再評価, 土木学会論文集, No.372, V.5, pp167-176, 1986, 3) 鉄道総合技術研究所: 鉄道構造物等設計標準・同解説—コンクリート構造, 丸善, 2004

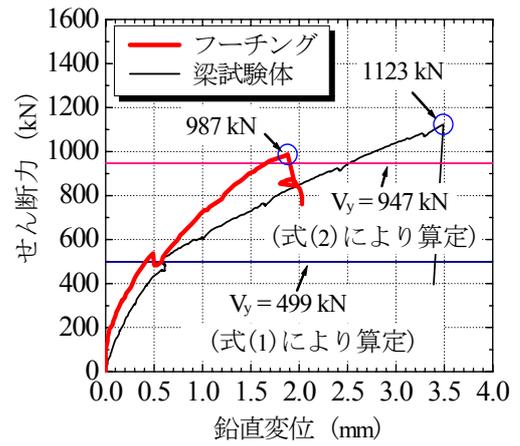


図 2 せん断力-鉛直変位関係

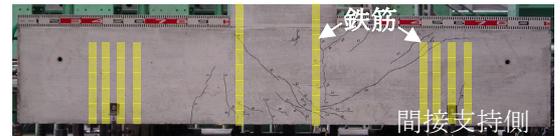


写真 2 フーチングのひび割れ状況 (間接支持)

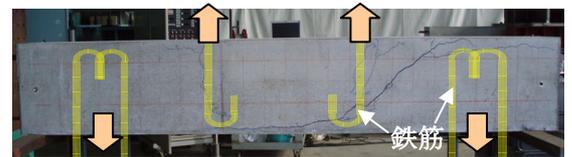


写真 3 梁試験体のひび割れ状況

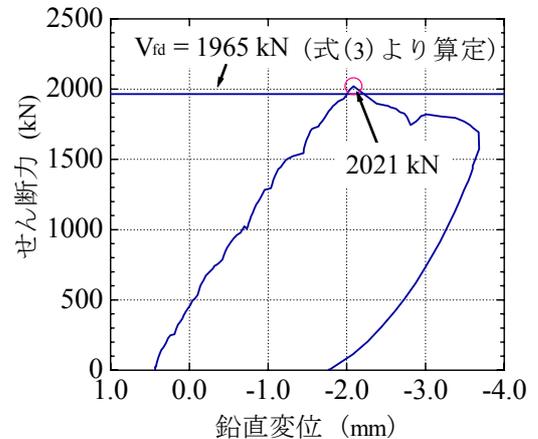


図 3 せん断力-鉛直変位関係

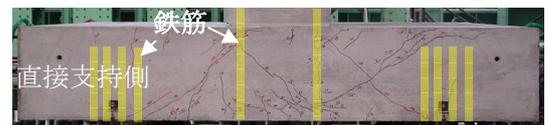


写真 3 フーチングの破壊状況 (直接支持)