

鉄道総合技術研究所	正会員	谷村 幸裕
鉄道総合技術研究所	正会員	渡辺 忠朋
日本鉄道建設公団	正会員	野々村政一
鉄道総合技術研究所	正会員	佐藤 勉

1. はじめに フーチングは上部工の荷重を地盤に伝達し、かつ構造物の安定を保つために重要な部材である。フーチングのせん断設計に関しては、過去に様々な実験的研究が行われており、その設計手法についてもある程度確立しているが、せん断補強に関しては十分な検討がなされていないのが現状である。そこで、杭基礎フーチングをモデル化した供試体の載荷実験を行い、鉛直スターラップによるせん断補強方法と効果について検討を行った。

表-1 供試体諸元、実験結果および計算結果

No	Name	W×B (cm)	a/d #1	引張鉄筋	圧縮鉄筋	せん断補強鉄筋*2	f'c #3	Pmax (tf)	Pmax' (tf)	Pcal1 (tf)	Pcal2 (tf)	*4
1	9431	115×75	1.0	D16-15本	—	—	244	37.4	37.2	46.1	46.1	—
2	9433	115×75	1.0	D16-15本	D16-8本	D6-5本	249	63.7	62.9	46.4	62.2	1.00
3	9434	115×75	1.0	D16-15本	D16-8本	D13-5本	251	78.7	77.5	46.5	96.1	0.40
4	9435	95×75	0.6	D16-15本	D16-8本	D6-3本	254	82.1	80.6	48.2	63.4	1.00
5	9436	140×95	1.5	D16-17本	D16-10本	D10-8本	256	79.9	78.2	40.8	89.2	1.00
6	9438	115×75	1.0	D16-15本	D16-8本	D16-5本	236	65.1	65.5	45.6	123.3	0.00
7	9341	115×75	1.0	D16-15本	—	D6-4本	221	42.2	43.4	44.6	56.7	0.50
8	9342	115×75	1.0	D16-15本	—	D6-5本	222	37.6	38.5	44.7	59.8	0.40

注) *1: せん断スパン比 *2: 仮破壊面と交差するせん断補強鉄筋の本数 *3: (kgf/cm²)
*4: *2うち降伏した鉄筋の本数の比 Pmax': f'c=240kgf/cm²に換算した最大荷重

2. 実験概要 供試体の形状および諸元を図-1および表-1に示す。供試体は、橋脚く体を壁式とし鉛直U形スターラップを用いた杭基礎フーチングのモデルであり、a/d、せん断補強鉄筋比および圧縮鉄筋の有無をパラメータとし8体製作した。なお、圧縮鉄筋を配置した供試体は、スターラップの端を圧縮鉄筋に掛けて配置した。使用したコンクリートおよび鉄筋の材料試験結果を表-1および2に示す。載荷方法は、橋脚く体壁部への1点載荷とし静的単調載荷とした。測定項目は、載荷荷重、供試体の変位、鉄筋およびコンクリートのひずみ、ひび割れ発生状況である。

表-2 材料試験結果

呼び名	降伏強度 (kgf/cm ²)		用途
	No 1~6	No 7~8	
D6	4600	4400	せん断補強鉄筋 圧縮鉄筋 配力鉄筋 主鉄筋
D10	3900	3800	
D13	3600	—	
D16	3600	—	
D16	3900	3700	

3. 実験結果 実験から得られた杭1本当りの最大荷重を表-1に示す。まず、供試体上面に杭直上付近から壁面にほぼ直角方向にひび割れが発生し、続いて、杭直上付近から壁体端部に斜め方向にひび割れが発生した。供試体下面には、初期の荷重段階で支承間中央に曲げひび割れが発生したが、顕著に発達しなかった。その後、供試体上下面にひび割れが多数発生するとともに、支承が供試体中にめり込んで押し抜きせん断破壊に至った。

ここで、最大荷重はコンクリートの圧縮強度の1/3乗に比例するとし、f'c=240kgf/cm²に換算した値をPmax'として表-1に示す。No. 1~3、6はせん断補強鉄筋比のみを変化させたが、せん断補強鉄筋を配置すると無補強のものに比べ最大荷重が増加した。しかし、せん断補強鉄筋比を大きくしても最大荷重は必ずしも大きくならない結果となった。また、No. 2、8は圧縮鉄筋の有無のみを変化させたが、圧縮鉄筋の無い供試体の最大荷重は無補強のものと大差ないが、圧縮鉄筋を配置すると最大荷重が大きくなる結果となった。

4. せん断補強効果の検討 検討断面を図-2の仮破壊線で示される断

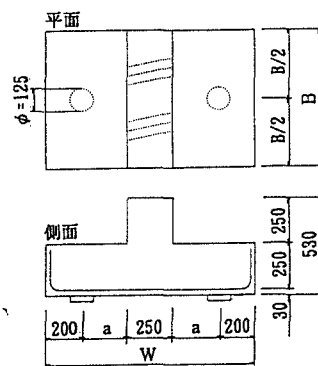


図-1 供試体の形状(mm)

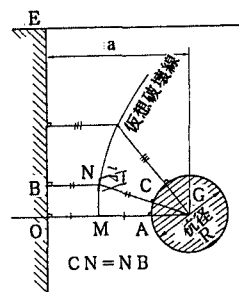


図-2 破壊面の平面形状

面とし、仮想破壊線上の微小区間 Δl のせん断耐力(V_u)を求め、それを仮想破壊線に沿って有効幅($0B \leq 0G$ の領域)内において積分して、杭1本当りのせん断耐力の計算値($P_{c,1,1} = \int V_u$)を算定することとした。 V_u の算定には次式を用いた。¹⁾

$$V_u = 3.58(a/d)^{-1.166} \cdot f'_c{}^{1/3} \cdot (100p_c)^{1/3} \cdot (100/d)^{1/4} \cdot b_w \cdot d \quad (\text{ただし、} 1.0 < a/d \leq 2.5) \dots\dots ①$$

$$V_u = 12 / \{1 + 2.35(a/d)^{1.2}\} \cdot f'_c{}^{1/3} \cdot (100p_c)^{1/3} \cdot (100/d)^{1/4} \cdot b_w \cdot d \quad (\text{ただし、} 0 < a/d \leq 1.0) \dots\dots ②$$

ここに、 a :せん断スパン(図-2でN点のせん断スパン a_N はCNBとなる)、 d :有効高さ、 f'_c :コンクリートの圧縮強度、 p_c :せん断引張鉄筋比 $=A_s/(b_w \cdot d)$ 、 A_s :引張側鉄筋の断面積、 b_w :微小区間の幅(Δl)を表す。また、せん断補強鉄筋を考慮した計算値($P_{c,1,2} = P_{c,1,1} + V_s$)を算定した。せん断補強鉄筋の効果(V_s)は、仮想破壊面と交差するせん断補強鉄筋のみを考慮したラス理論を用いて求めた。計算結果を表-1に示す。

最大荷重の実験値/計算値とせん断補強鉄筋比との関係を図-3および4に示す。図-3は計算値にせん断補強鉄筋の効果を無視した場合である。圧縮鉄筋を配置しない供試体は、いずれも計算値は実験値を過大に評価する結果となった。一方、圧縮鉄筋を配置し、スターラップの端を圧縮鉄筋に掛けて定着した供試体は、実験値が計算値を上回った。

図-4はせん断補強鉄筋の効果を考慮した場合である。せん断補強鉄筋比が比較的大きい供試体(No.3,6)および圧縮鉄筋を配置しない供試体(No.7,8)の計算値は、実験値を過大に評価する傾向がある。また、計算に考慮したせん断補強鉄筋のうち降伏した鉄筋の比率を表-1示す。これらNo.3,6,7,8の供試体は、全てのせん断補強鉄筋が降伏する前に破壊しており、ラス理論で計算されるほどのせん断補強効果がなかったと考えられる。

さらに、 $a/d=1.0$ の供試体について、最大荷重の実験値から $P_{c,1,1}$ を減じた値と V_s の比と、せん断補強鉄筋比の関係を図-5に示す。せん断補強鉄筋比が大きくなると、せん断補強の効果はラス理論で求められる計算値よりも小さくなるのがわかる。

5. まとめ 杭基礎フーチングをモデル化した供試体を用いた実験結果より、鉛直スターラップによるせん断補強効果の検討を行い、以下の結果が得られた。

- (1) 鉛直スターラップは、その端を圧縮鉄筋に掛けて定着しないと十分なせん断補強効果が得られない。
- (2) セン断補強鉄筋比が大きくなると、せん断補強効果はラス理論で考えられる効果よりも小さくなる。

なお、実験にあたりご協力いただいた鉄建建設(株)技術研究所の永岡高氏に謝意を表します。

〔参考文献〕 1)寺田、斉藤：少数本のくいを用いたフーチングのせん断補強に関する実験的研究，鉄道総研報告第2巻第7号，1988.7

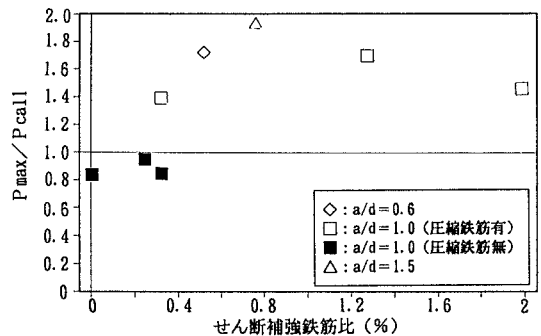


図-3 セン断補強鉄筋比と実験値/計算値 (スターラップを無視)

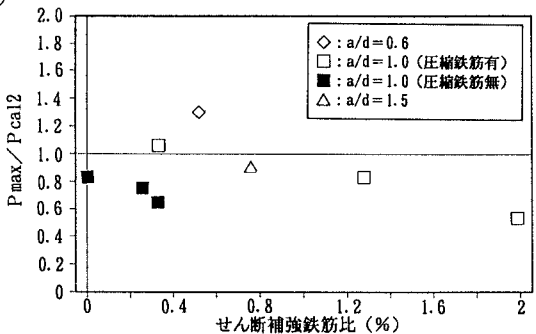


図-4 セン断補強鉄筋比と実験値/計算値 (スターラップを考慮)

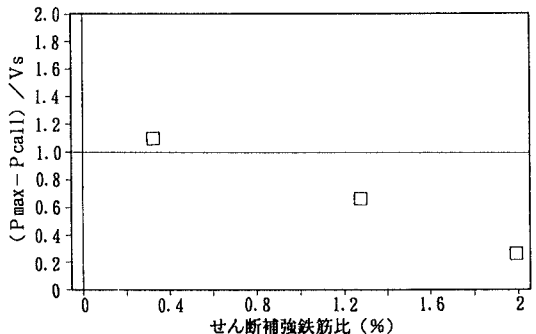


図-5 セン断補強鉄筋比とせん断補強効果 ($a/d=1.0$ 、圧縮鉄筋有)