

せん断スパン比の小さいフーチングのせん断耐力に関する実験的検討

JR 東日本 正会員 ○井口 重信
 JR 東日本 正会員 小林 将志
 JR 東日本 正会員 滝沢 聡

1. はじめに

せん断スパン比の小さいフーチングのせん断耐力の評価については文献¹⁾などがあるが、載荷側となる柱部分がフーチング全幅に渡って配置されたものについての知見が多く、フーチング中央のみに柱を配置した場合の知見は少ない。そこで、このような場合を対象に模型試験体を製作し静的載荷試験によりせん断耐力の検討を行ったので、以下に記す。

2. 載荷試験の概要

試験体の一般図と配筋図を図-1に、試験体の諸元を表-1に示す。なお、表-1には最大荷重の実験値についてもあわせて示す。試験体は全て700mm×700mmの平面寸法であり、高さを200mmと250mmの2水準とした。配筋は全て同じで、引張鉄筋にはSD390のD16を、圧縮鉄筋にはSD345のD10を50mm間隔の格子状に配置した。かぶりは最外縁鉄筋の芯かぶりとして50mmとした。杭を模したφ100mmの厚鋼板を支点として圧縮試験機のベース上に4箇所設置し、その上に試験体を設置した。試験体上面には、柱を模した200mm×200mmの載荷板をスラブ上面中央に設置して載荷を行った。支点は試験体中央から点対照に配置し、支点と載荷板との間の水平距離をパラメーターとした。なお、以後、支点と載荷板との水平距離は、載荷板角部と支点前面の最短距離で表し、これをせん断スパン a_N とした。

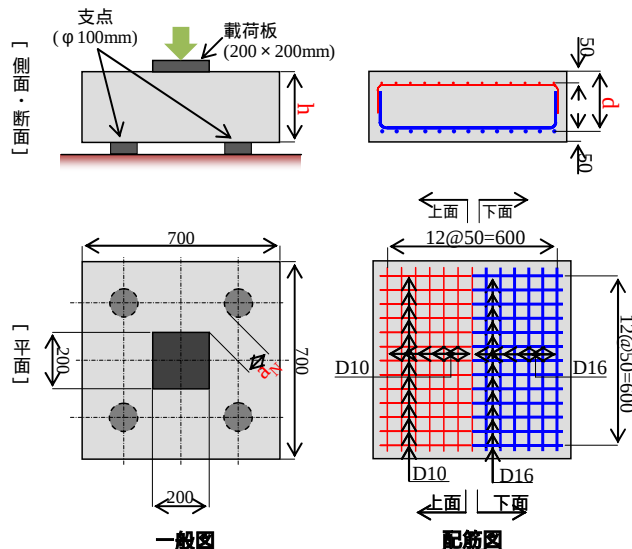


図-1 試験体一般図・配筋図

表-1 試験体諸元と最大荷重の実験値

試験体No.			No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
幅×奥行き		mm	700×700					
高さ	h	mm	250			200		
平均有効高さ	d	mm	192	192	192	142	142	142
せん断スパン	a_v	mm	20.7	84.4	162.1	13.6	63.1	119.7
せん断スパン比	a_N/d	-	0.11	0.44	0.84	0.10	0.44	0.84
主鉄筋比	p_c	%	1.48			1.84		
コンクリート圧縮強度	f'_c	N/mm ²	16.3		14.6	26.1		21.3
引張鉄筋(D16)降伏応力	f_{sy}	N/mm ²	470					
引張鉄筋(D16)降伏ひずみ	ε_{sy}	μ	2492					
最大荷重	P_{exp}	kN	1391	1088	704	1740	1122	801
換算した最大荷重	P_{exp}'	kN	1579	1236	845	1559	1006	796

最大荷重の換算はコンクリート強度21N/mm²に換算した値である。
 なお換算は、 $P_{exp}' = P_{exp} \times (21/f'_c)^{1/2}$ とした。

3. 載荷試験の結果

No.4, No.6 試験体の試験終了時の試験体下面の損傷状況を図-2に示す。いずれの試験体も、下面の支点から試験体角部へひび割れが伸びる直前に最大荷重となり、その後荷重が低下した。試験終了後には、上面は載荷板が試験体にめり込むような損傷のほかにはひび割れ等はなく、下面は各支点を結ぶ矩形のキーワード フーチング、せん断耐力、せん断スパン

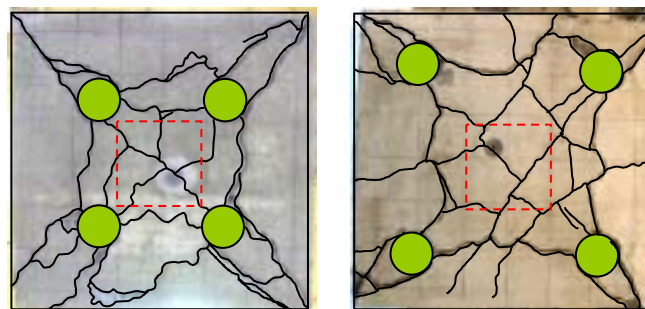


図-2 試験体の損傷状況(左: No.4, 右: No.6)

ひび割れの内側部分が押し抜かれたような損傷状況であった。最大荷重は表-1のように、せん断スパン比 a_N/d が小さいほど大きく、また部材高さが大きいほど大きかった。

4. 考察

既往の設計で用いられているフーチングのせん断耐力の評価式で評価を行った。鉄道構造物の場合、フーチングのせん断耐力については、式(1)に示すディープビームのせん断耐力算定式により評価を行うのが一般的である¹⁾。

$$P_{cal1} = 4 \cdot \frac{0.24 \cdot f'_c{}^{2/3} \cdot (1 + \sqrt{100 p_t}) \cdot (1 + 3.33 R/d)}{1 + (a_2/d)^2} \cdot b_e \cdot d \quad (1)$$

ここに、 f'_c : コンクリートの圧縮強度、 p_t : 引張鉄筋比、 R : 支点の径、 d : 有効高さ、 b_e : 有効幅(=0.8 a_1 + R)、 $a_1=a_N+R/2$ 、 $a_2=a_N+R$

式(1)により算出したせん断耐力の計算値 P_{cal1} と実験値 P_{exp} の比較を表-2 に示す。せん断スパン比 a_N/d が 0.5 以下では、計算値は実験値の 1.27 ~ 1.76 倍に評価する傾向にあった。これは、式(1)では載荷板端部と支点前面の最短距離の midpoint を結ぶ線分での破壊を想定しているのに対し、載荷試験では載荷板から支点中心を結ぶ矩形へ押し抜くような破壊形態となっているのが一因だと思われる(図-3)。

そこで、同様な破壊形態を想定しているケーソン基礎の頂版のせん断耐力算定に用いられている²⁾押し抜きせん断耐力(式(2))により評価を行った。なお、式(2)中のせん断抵抗有効幅 U には、図-3(b)に示す載荷板と支点中心を結ぶ四角形の間距離にある仮想破壊線の周長を用いた。

$$P_{cal2} = \frac{0.95 \sqrt{f'_c} \cdot (100 p_t)^{1/3} \cdot (1000/d)^{1/4}}{1 + (a_N/d)^2} \cdot U \cdot d \quad (2)$$

$$P_{cal2}' = P_{cal2} \cdot (1.2 - 0.667 a_N/d) \quad (2)'$$

ただし、 $1.2 - 0.667 a_N/d \geq 1$

式(2)および式(2)'により算出したせん断耐力の計算値 P_{cal2} と実験値 P_{exp} の比較を表-3 に示す。せん断スパン比 a_N/d が 0.5 以下の範囲では、計算値は実験値の 0.99 ~ 1.38 倍となり、比較的よく整合した。

表-2 せん断耐力の計算値 P_{cal1} と実験値の比較

試験体No. (a_N/d)			No.1 (0.11)	No.2 (0.44)	No.3 (0.84)	No.4 (0.10)	No.5 (0.44)	No.6 (0.84)
せん断 耐力	実験値	P_{exp} kN	1391	1088	704	1740	1122	801
	計算値	P_{cal1} kN	886	852	691	986	881	651
実験値 / 計算値 P_{exp}/P_{cal1}			-	1.57	1.28	1.02	1.27	1.23

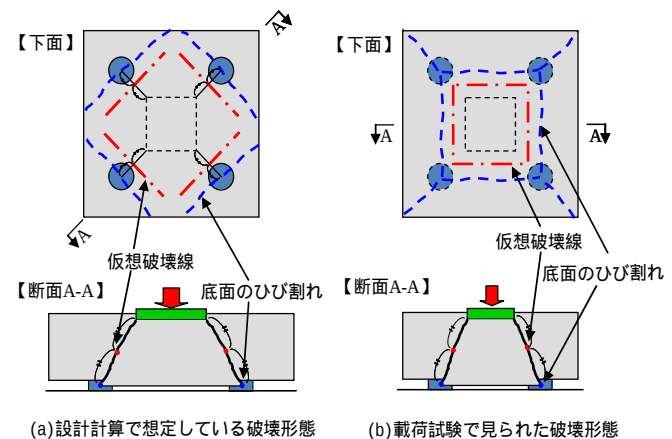


図-3 破壊形態の比較

表-3 せん断耐力の計算値 P_{cal2} と実験値の比較

試験体No. (a_N/d)			No.1 (0.11)	No.2 (0.44)	No.3 (0.84)	No.4 (0.10)	No.5 (0.44)	No.6 (0.84)
せん断 耐力	実験値	P_{exp} kN	1391	1088	704	1740	1122	801
	計算値	P_{cal2} kN	1218	1095	825	1260	1095	724
実験値 / 計算値 P_{exp}/P_{cal2}			-	1.14	0.99	0.85	1.38	1.02

5. まとめ

せん断スパン比 a_N/d が 0.5 よりも小さいフーチングの場合、以下のことが判明した。

- ・今回の試験で行った載荷点や支点の配置状況において、一般的に想定している破壊形態とは異なり、上部載荷板から下部支点中央を結ぶ矩形へ角錐台形に押し抜かれるような破壊形態となった。
- ・ディープビームのせん断耐力の計算値と実験値を比較すると、実験値は 1.27 ~ 1.76 倍となった。
- ・ケーソン基礎頂版の設計押し抜きせん断耐力の計算値と比較すると、実験値は、0.99 ~ 1.38 倍となり、比較的よく整合した。

参考文献

- 1) 鈴木ら：杭基礎フーチングのせん断耐力評価，鉄道総研報告，Vol.18，No.1，2004.1
- 2) 谷村ら：せん断スパン比のごく小さい RC 部材のせん断耐力の評価，鉄道総研報告，Vol.14，No.1，2000.1