

国鉄 構造物設計事務所

正員 石橋 忠良

〇 — — — — —

— — — — — 松田 好史

— — — — —

— — — — — 斉藤 啓一

1. まえがき 近年、地盤条件・施工条件等の制約により、大口径ぐいを用いたフーチングが多用される傾向にあるが、このようなフーチングのせん断に関する力学的挙動が十分に解明されていないために、現行では、はりとして設計され、せん断力に対しては、斜引張鉄筋の計算をしなくてすむようなフーチング厚さに制限しているために、く体前面におけるフーチング厚さが非常に厚くなる傾向にある。

現行フーチングのせん断に対する設計法は必ずしも明確であるとは言い難く、これは、せん断そのものの力学的性状が明確でないことに起因する他、デュープビームのような性状を示すため、解析的アプローチも困難であるためと考えられる。

本研究は、大口径ぐいを用いたフーチングの力学的挙動とせん断破壊性状とも実験的に明らかにし、フーチングのせん断に対する合理的な設計法を提案するために、行ってきた一連の実験のうち、特に、有効幅に着目した試験結果について述べるものである。

2. 実験概要 供試体の諸元を図1、表1に示す。

せん断耐力におよぼすパラメータの数を少なくするため、有効高さ(d)、主鉄筋比(ρ_w)は、すべて同一とし、せん断スパン比(a/d)、フーチング幅(B)、はね出し長(L)を変化させ、これらのせん断耐力におよぼす影響を調べた。

供試体を用いたコンクリートの設計基準強度(σ_{ck})は210 kg/cm^2 であり、載荷方法は、互いに連動した2つの油圧ジャッキにより、くいに載荷する方法をとった。

3. 実験結果と考察 せん断補強鉄筋を用いない部

材のせん断耐力について『コンクリート構造の限界状態設計

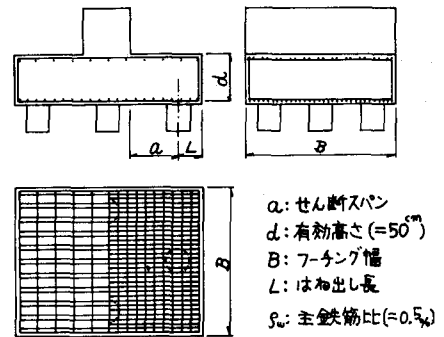


図1. 供試体諸元

表1. 供試体諸元と実験結果

供試体 No.	せん断 スパン a (cm)	a/d	フーチング 幅 B (cm)	はね出し長 L (cm)	破壊 荷重 P_u	V_{u1}	V_{u1}/P_u	V_{u2}	V_{u2}/P_u	V_{u3}	V_{u3}/P_u
W-1	25.0	0.50	160	25	161	206.4	1.282	179.1	1.112	107.1	0.665
W-2	37.5	0.75	160	25	128	145.4	1.136	126.2	0.986	100.1	0.782
W-3	50.0	1.0	160	25	104	123.5	1.188	107.2	1.031	95.5	0.918
W-4	75.0	1.50	160	25	80.9	104.0	1.286	90.3	1.116	89.3	1.104
W-5	50.0	1.0	110	25	96.4	123.5	1.281	107.2	1.112	95.5	0.991
W-6	50.0	1.0	60	25	84.5	83.6	0.989	72.5	0.858	57.3	0.678
W-7	50.0	1.0	160	50	106	123.5	1.165	107.2	1.011	95.5	0.901
W-8	50.0	1.0	160	75	127	123.5	0.972	107.2	0.844	95.5	0.752
W-9	50.0	1.0	110	25	119	123.5	1.038	107.2	0.901	95.5	0.803
W-10	50.0	1.0	160	25	99.1	123.5	1.246	107.2	1.082	95.5	0.964
W-11	50.0	1.0	160	25	101	123.5	1.223	107.2	1.061	95.5	0.946
* コンクリートの圧縮強度の 補正した値						$\bar{x} = 1.164$ $6\sigma = 0.112$ $V = 9.6\%$	$\bar{x} = 1.010$ $6\sigma = 0.097$ $V = 9.6\%$	$\bar{x} = 0.864$ $6\sigma = 0.132$ $V = 15.3\%$			

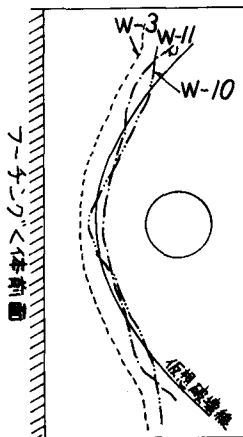


図2. 破壊面と仮想破壊線

法試案¹⁾ (コンクリート・ライブラリー No.48; 土木学会) の提案式 (式 (1)) を用い、せん断スパン比 (a/d) が 3.0 で等しくなるように、 $a/d \leq 3.0$ の範囲で耐力算定式 (式 (2)) を求めた。

$$V_u = 0.94 (0.75 + 1.4 \frac{a}{d}) f_c^{1/3} (\sqrt{100 \rho_w} + (\frac{d}{100})^{1/4} - 1) \quad \text{ただし } a/d \geq 3.0 \quad \text{----- (1)}$$

$$V_{u1} = 4.12 (a/d)^{-1.166} f_c^{1/3} (\sqrt{100 \rho_w} + (\frac{d}{100})^{1/4} - 1) \quad \text{ただし } a/d \leq 3.0 \quad \text{----- (2)}$$

ただし、式 (2) は、 $a/d \leq 3.0$ の領域に対して $(a/d)^{-1.166}$ に比例すると仮定している。¹⁾

せん断破壊したすべての供試体のせん断抵抗面を調べるため、はつりを行い、破壊面の高さが $a/2$ となる点を包絡したところ、図 2 に示すような形状の破壊線が得られた。この破壊線は、ほぼフーチングのく体前面とくい外縁からの距離が等しくなる点の軌跡に非常によく類似しているため、図 3 に示すような仮想破壊モデルを仮定し、破壊面の平面形状として式 (3) で与えられる放物線を得た。

$$y = \frac{1}{2a+d} x^2 + \frac{1}{4} (2a-d) \quad \text{----- (3)}$$

ここに a ; くい中心からく体前面までの距離、 d ; くい直径。
式 (3) で与えられる破壊面の場合には、0 点から離れるに従って、 a/d の影響が小さくなり、従って微小区間 Δl の負担するせん断力も小さくなることわかる。

また、供試体 W-6, W-5, W-3 の耐力を比較すれば、フーチング幅 (B) を増す効果は急激に減少し、ほとんどの耐力が 0 点近傍で負担されていることも実験的に明らかである。

フーチングのせん断に対する有効幅を $2a$ と仮定し、仮想破壊線に沿って式 (2) を積分すれば、せん断耐力 (V_{u1}) が計算できる。この結果は、表 1 に示すように、 V_{u1}/P_u の平均値 $\bar{x} = 1.164$, 標準偏差 $\sigma_m = 0.112$, 変動係数 $V = 9.6\%$ であり、式 (2) による推算値は、若干大きめの値を与えていることがわかる。そこで、耐力の平均値がほぼ推算値に等しくなるように検討した結果、B. Bresler²⁾ の提案しているように、 a/d が 2.5 で式 (1) に等しくなるように式 (2) を修正し、式 (4) を得た。

$$V_{u2} = 3.58 (a/d)^{-1.166} f_c^{1/3} (\sqrt{100 \rho_w} + (\frac{d}{100})^{1/4} - 1) \quad \text{ただし } a/d \leq 2.5 \quad \text{----- (4)}$$

式 (4) を用いて同様の検討を行った結果を表 1 に示す。これによれば、 V_{u2}/P_u の平均値 $\bar{x} = 1.01$, 標準偏差 $\sigma_m = 0.097$, 変動係数 $V = 9.6\%$ であった。従来からの計算方法のように、くい中心から 0 点までのせん断スパンのみを用い、有効幅を $2a$ として求めたせん断耐力 (V_{u3}) は、ほぼ安全側の値となるが、変動係数は大きくなり、せん断耐力を妥当に評価できないと思われる。

4. あとがき 本研究は、式 (4) を用いてせん断耐力を評価し、式 (3) で与えられる仮想破壊線と有効幅 ($2a$) を仮定して検討を加えたものである。一連のフーチングのせん断破壊試験結果についても同様の手法で解析中であり、はね出し長の影響を考慮すれば、変動係数を十分に小さくできると思われる。これらについてもまとまり次第、報告したいと考えている。なお、本実験の計画にあたり御指導いただいた東京大学岡村助教様ならびに実験および解析に御協力いただいた八千代エンジニアリング K.K. 佐々木、瀬戸両氏に、誌面をかりて深くお礼申し上げます。

参考文献 1) By the Joint ASCE-ACI Task Committee 426, "The Shear Strength of RC Members" ASCE, ST6, June, 1973

2) B. Bresler and J.G. MacGregor, "Review of Concrete Beams Failing in Shear" ASCE, ST2, Feb., 1967

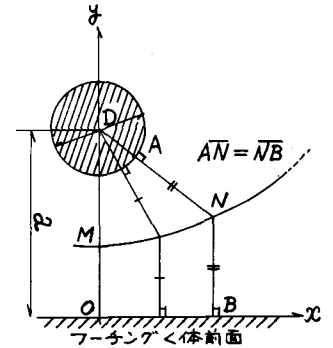


図 3 フーチングの仮想破壊線モデル

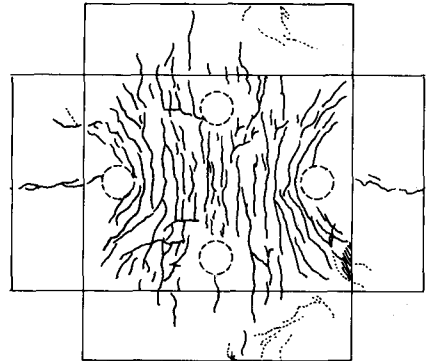


図 4 ひびわれ展開図 (W-3)