

V-322

せん断補強筋を有するフーチングの引抜きせん断耐力

東京電力（株） 正会員 佐々木弘美
同上 正会員 谷野謙吾
前田建設工業（株） 正会員 横沢和夫

1. まえがき

送電用鉄塔基礎に多用されているフーチングは、一般に荷重が脚材から取付板を介して、十字型に配置された山形材へ伝達される「いかり材定着」と称する定着方式がとられる。フーチングの引抜きせん断耐力に関する研究は、ここ数年急速に進歩し、コンクリート標準示方書にその取扱いが規定されるに至って入る。

しかし、せん断補強筋の効果については、前田らの実験で耐力向上に有効であることが報告されているものの、実験データが少ないことや破壊メカニズムが明らかでないことから、設計方法の規定は見送られている。本報告は、せん断補強筋を有するフーチングの引抜きせん断破壊実験を行ない、実用的な引抜きせん断耐力算定式を提案したものである。

2. 実験概要

試験体の形状・寸法は、表1に示すとおりである。実験は、3シリーズからなっており、Fシリーズはせん断有効高さとせん断補強筋量の関係、Pシリーズはせん断補強筋の増加の影響、Sシリーズはスケール効果を調査することを主目的として行ったもので、S-11は、S-12をでき得る限り忠実に $1/2.2$ に縮小した試験体である。主鉄筋は、圧縮域まで十分に定着し、せん断有効高さ d_t に対する鉄筋量を主鉄筋比とした。またせん断補強筋は、図1中にも示した想定せん断破壊面の内側に、いかり材を巻くように配置した。せん断補強筋も圧縮鉄筋に十分に定着した。

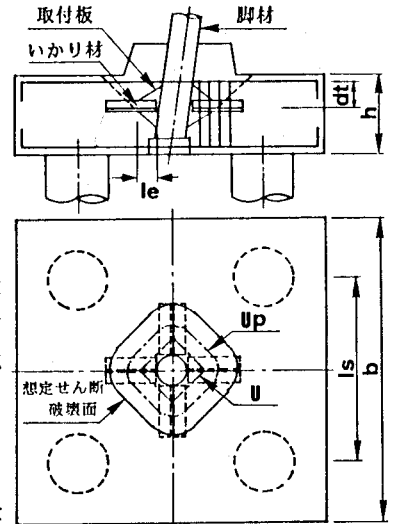


図1 いかり材定着方式

3. 実験結果

(1) ひびわれおよび破壊性状

図2は試験体S-11の終局状態を示したものである。試験体は全て共通の現象を示す。まず曲げの影響によるとみられる放射状のひびわれが発生し、その後せん断の影響とみら

表1 試験体の諸元

れる同芯円上のひびわれが放射状ひびわれを結ぶように発生する。この同芯円上のひびわれは、いかり材の取付板付近から生じている斜めひびわれで、最終的には、この斜めひびわれが卓越し脚材の抜け出しを伴って破壊に至る。したがって全試験体とも引抜きせん断破壊とみなすことができる。

(2) せん断補強筋の挙動

図3は試験体S-11で実測されたせん断補強筋のひずみを示したものである。せん断補強筋は、斜めひびわれの発生とともに、ひずみ量が増大し、脚材に近いせん断補強筋から順時降伏していく。最も多い強筋量を有する試験体P-9を除けば、終局時に全て降伏している。

試験体 No.	幅 b (cm)	厚さ h (cm)	せん断 有効高さ d _t (cm)	スパン ℓ _s (cm)	脚材径 φ (cm)	取付板 ℓ _e (cm)	主鉄筋比 ρ _n (%)	せん断補強筋	
								Ass	ρ _s (%)
F-1	128	25	10.0	86	22.0	5.5	0.81	8-D10	0.32
F-2	128	30	12.5	86	22.0	5.5	0.92	16-D10	0.49
F-3	128	30	12.5	86	22.0	5.5	1.44	16-D10	0.49
F-4	128	35	15.0	86	22.0	5.5	1.13	24-D10	0.58
F-5	128	40	17.5	86	22.0	5.5	0.39	16-D10	0.31
F-6	128	41	17.5	86	22.0	5.5	0.53	48-D6	0.40
P-7	165	40	27.0	116	16.5	10.0	0.50	32-D6	0.14
P-8	165	50	27.0	116	22.0	13.0	0.68	56-D10	0.47
P-9	165	50	27.0	116	22.0	13.0	0.68	56-D13	0.84
P-10	200	50	32.0	151	22.0	13.0	0.68	32-D10	0.21
S-11	155	41	17.5	103	15.5	11.0	0.53	48-D6	0.31
S-12	340	90	38.6	226	35.6	25.0	0.66	48-D13	0.31

(3) 耐力

実験で得られた終局耐力を表1に示す。耐力面での特徴は、せん断補強筋量を変化させたPシリーズにみられ、せん断補強筋量が増加するにつれて耐力も増加するが、その増加率は、減少する傾向にある。またS-11とS-12の比較でS-12の耐力がS-11に対する縮尺比($1/2.2$)の2乗よりも低下しており、スケールの影響が顕著にあらわれている。

4. 終局耐力算定式の提案

コンクリート標準示方書では、せん断補強されていないフーチングの引抜きせん断耐力式として(1)式を規定している。

$$P_c = 0.6 \cdot \beta_p \cdot \beta_d \cdot \beta_r \cdot \sqrt{f'_c} \cdot U_p \cdot dt \quad (1)$$

ここに U_p は設計周長で $U + \pi dt$ 、 U は載荷周長で $4 \cdot \sqrt{2} r$ 、 r は載荷辺で $1 + \phi/2$ である。また β_p は $\sqrt{100\rho}$ 、 β_d は $\sqrt{100/d}$ 、 β_r は $1 + 1/(1 + 0.25U/d)$ である。(1)式はせん断補強されていないフーチングに対し比較的精度良くあらわせることが報告されている。せん断補強筋の効果については、想定せん断破壊面内に配置されたせん断補強筋が全て降伏していることから、(2)式により求められる P_s をせん断補強筋の効果として、(1)式に加えた(3)式をせん断補強筋を有するフーチングの引抜きせん断耐力算定式として提案する。

$$P_s = f_{sy} \cdot A_{ss} \quad (2)$$

$$P_{uc} = P_c + P_s \quad (3)$$

ここに f_{sy} は、せん断補強筋の降伏応力度、 A_{ss} は想定せん断破壊面内のせん断補強筋量である(3)式により計算された終局耐力と実験値を比較すると表2に示すように平均値1.05、変動係数9.1%で表すことができる。ただし図4にみられるように、せん断補強筋が降伏しない場合は、計算値が実験値を過大に評価することになり、せん断補強筋量に制限を設ける必要がある。

5. あとがき

本報告は、現状の研究レベルをもとに実用上とりまとめたものであり、今後、破壊メカニズムを明らかにし、より合理的な設計法を確立していく予定である。なお本研究にあたり、多大な御指導をいただきました東京大学岡村教授に御礼申し上げます。

(参考文献) 1) 前田弘「送電用鉄塔基礎の4本杭に支持されたRCスラブの設計法に関する研究」土木学会論文集No.316

2) 土木学会「コンクリート標準示方書 設計編」昭和61年制定、

3) 土木学会「コンクリート標準示方書 改定資料」コンクリートライブラリー61号

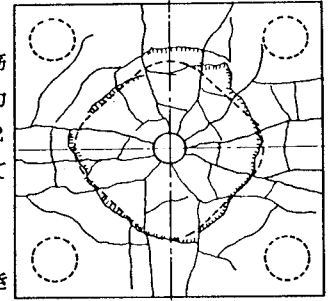


図2 ひびわれおよび破壊性状

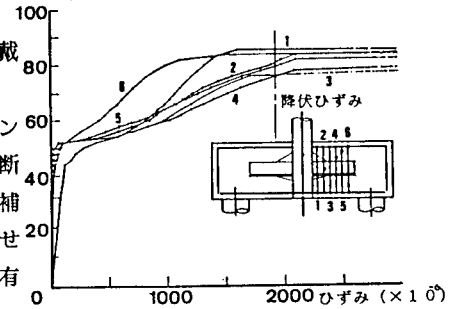


図3 荷重～ひずみ曲線

表2 実験結果と計算値

試験体 No.	実験値				計算値			実験値 計算値
	せん断補強筋 の降伏強度 f_{sy} (kg/cm ²)	コンクリート 強度 f'_c (kg/cm ²)	最大荷重 P_u (ton)	換算耐力 P_u' (ton)	(1)式による P_c (ton)	(2)式による P_s (ton)	$P_c + P_s$ P_{uc} (ton)	
F-1	3800	201	59.2	59.2	26.3	21.7	48.0	1.23
F-2	3800	223	88.0	85.6	37.6	43.4	81.0	1.09
F-3	3800	209	94.0	92.9	42.3	43.4	85.7	1.10
F-4	3800	317	148.0	130.9	60.3	65.1	125.3	1.18
F-5	3800	280	91.8	84.3	48.4	43.4	91.7	1.00
F-6	3920	186	112.5	114.5	45.0	59.6	104.6	1.08
P-7	3920	138	105.4	118.8	68.4	39.7	108.2	0.97
P-8	3800	217	240.0	236.5	106.6	151.8	258.4	0.93
P-9	3680	173	251.0	251.7	95.2	261.1	356.3	0.70
P-10	3800	211	220.0	216.4	131.0	86.7	217.7	1.01
S-11	3920	163	105.1	110.0	42.1	59.6	101.7	1.03
S-12	4025	178	404.0	413.6	198.4	244.8	443.2	0.91

*換算耐力は、コンクリート強度を200kg/cm²に統一したものの

平均値 1.05

変動係数 9.1%

(P-9は除く)

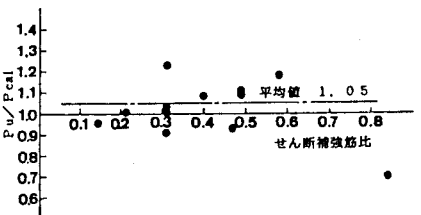


図4 せん断補強筋比と計算値