

2 本群杭で支持されたパイルキャップの鉛直載荷時のせん断強度評価法

正会員 ○岸田 慎司\*1 同 田中 佑二郎\*2  
 同 小林 恒一\*2 同 酒井 慎二\*3  
 同 林 静雄\*4

パイルキャップ 杭頭接合部 せん断耐力

1. はじめに

昨年度 2 本群杭で支持されたパイルキャップの鉛直載荷実験<sup>[1]</sup>を行ったので、ここではパイルキャップのせん断強度について考察を行う。

2. 実験概要

対象とした試験体は筆者らが行った<sup>[1]</sup>試験体 5 体である。主要な因子を表-1 に示す。図-1 に試験体 No.1 の配筋図を示す。試験体 No.1 には、袴筋およびベース筋、3 段の帯筋を配筋している。試験体 No.1 の仕様を標準型とし、柱筋を加えたものが試験体 No.2、アンカー筋を加えたものが試験体 No.3 である。また、試験体 No.1 のフーチングせいを 560mm から 360mm に小さくしたものが試験体 No.4 である。試験体 No.5 は試験体 No.4 に対して、袴筋とベース筋を少なくした代わりに柱筋とアンカー筋を配筋した試験体である。

載荷方法は、パイルキャップ上面のジャッキから球座および載荷板 (150×150mm, t=25mm) を介しての鉛直に単調載荷とした。すべての試験体がせん断破壊である。

3. 検討結果

3.1 鉄筋のひずみ状態

今回の試験体において、鉄筋は袴筋、ベース筋、帯筋、柱筋およびアンカー筋の 5 種類である。また、ベース筋と袴筋は写真-1 のようにかご筋の様に配筋されているので、横筋と縦筋の 2 つに分類した。試験体 No.2 の各鉄筋の荷重-ひずみ関係を図-2 に示す。全ての試験体において折り下げ、折り上げ配筋(以下: 縦筋)となっている袴筋とベース筋は、初期において圧縮を受け、荷重 1000kN 付近で各鉄筋のひずみが圧縮から引張りへ転化し、その後は最大荷重まで引張り力を受けた。斜めひび割れが発生するまで全体的に圧縮力を受け縮んでいる。また、どの試験体においても縦配筋された袴筋とベース筋は降伏ひずみに達するものはなかったが、試験体 No.1, 2, 4 および 5 では帯筋の降伏後に荷重が頭打ちとなった。なお、図-2(b)よりアンカー筋や柱筋は圧縮領域に配筋されているために常に圧縮状態



写真-1 配筋図 (試験体 No. 1)

表-1 試験体緒元

試験体		No.1	No.2	No.3	No.4	No.5
パイルキャップ寸法	フーチングせい(mm)	560			360	
	長さ(mm)	624				
	幅(mm)	312				
	杭径(mm)	152(鋼管杭, 中詰めコンクリート)				
配筋仕様	袴筋	3-D10@100			2-D10	
	帯筋	3-D10@197			2-D10@194	
	ベース筋	4-D13@60			2-D13	
	柱主筋(D10)	-	有り	-	-	有り
	アンカー筋(D10)	-	-	有り	-	有り
材料特性		コンクリート(圧縮強度:29MPa, 割裂強度:2.5MPa) D10(SD295; $\sigma_y=363\text{MPa}$ , 降伏ひずみ:2151 $\mu$ ) D13(SD345; $\sigma_y=363\text{MPa}$ , 降伏ひずみ:1949 $\mu$ )				

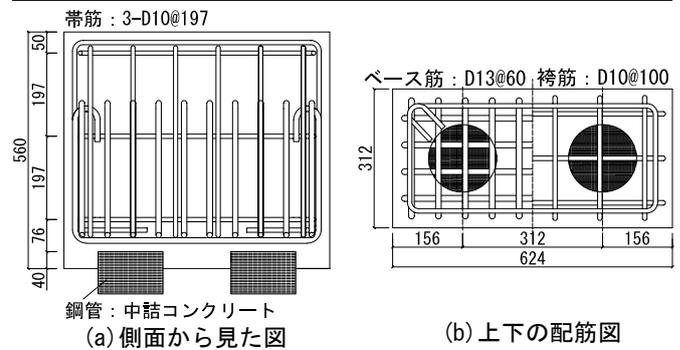


図-1 試験体形状 (試験体 No. 1)

であり、荷重が増加してもほとんど変化していないので、鉛直荷重時のひび割れ強度には寄与しないと判断した。

表-2 にそれぞれの鉄筋の最大強度時のひずみの値と降伏ひずみに対する比を示す。ここで、鉄筋ひずみの値はせん断ひび割れが発生するまで圧縮状態であることを考慮した値となっている (図-2(a)参照)。

3.2 ひび割れ発生時強度

図-3(a)に試験体 No.4 のひび割れ状況を示す。図より載荷位置と杭を結ぶようにせん断ひび割れが発生している。そこで、このひび割れはコンクリートの割裂強度に

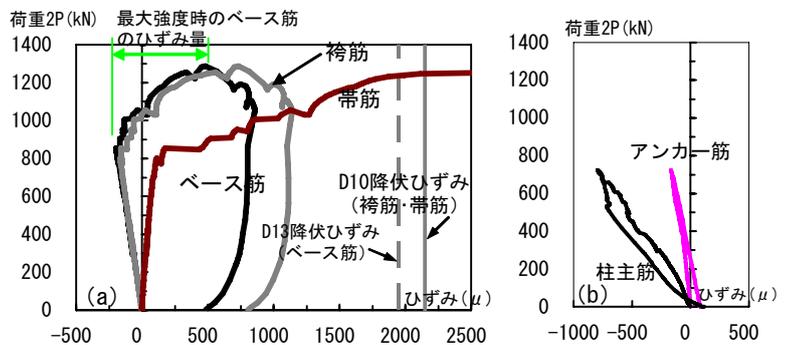


図-2 ひずみの状態 (a) 試験体 No. 2, (b) 試験体 No. 5)

達した時に発生したと考え、その強度をコンクリート負担分とし、式(1)のように計算する。ここで、 $d$  はせん断ひび割れ時に生じた直径(mm) [= 載荷位置と杭を結んだ距離]、 $l$  は反力幅(mm) [図-3(b)参照]、 $f_i$  はコンクリート割裂強度(N/mm<sup>2</sup>)、 $\theta$  はひび割れの角度[= $d$ のなす角度、図-3(a)参照]。なお、実験結果よりひび割れの角度と載荷位置と杭を結んだ直線の角度( $\theta$ )はほぼ一致していることを確認した。ひび割れ発生時の強度とコンクリート負担分の計算値との関係を図-5(a)に示す。フーチングせいが大きい試験体に関してはばらつきが見られるが、ある程度実験値との適合性が良いことがわかる。

$$Pc' = \pi dl \times f_i / 2 \quad (1)$$

$$Pc = Pc' \cos \theta \quad (2)$$

### 3.3 最大せん断強度

最大せん断強度については、式(3)のようにコンクリート負担分と鉄筋負担分の和と考える。コンクリート負担分は3.2章に示した式(2)を用い、鉄筋負担分については式(4)のようにひび割れを横切る鉄筋がひび割れ発生後にせん断強度に寄与する(図-4中の丸で囲んだ鉄筋)と考えた。なお、係数 $\alpha_n$ は3.1章の各鉄筋のひずみ状態から判断し、降伏ひずみに対する最大耐力時のひずみの値の割合である。また、袴筋の $\alpha_c$ は実験データが無い為、帯筋の上の $\alpha_{a1}$ と同じ値を準用する。ここで、 $A_s$ はせん断ひび割れ面を横切る各鉄筋の断面積(mm<sup>2</sup>)、 $\sigma_y$ は各鉄筋の降伏応力度(N/mm<sup>2</sup>)である。図-5(b)に実験値と計算値の比較を示す。フーチングせいが小さい試験体No.4とNo.5も実験値との適合性が良く、全体として評価できることがわかる。

$$P = Pc + Ps \quad (3)$$

$$Ps = \sum \alpha_n \times A_s \times \sigma_y \quad (\text{ベクトル和}) \quad (4)$$

### 4. まとめ

今回の検討結果から、ひび割れ発生時強度はコンクリート割裂強度より算定でき、最大強度はコンクリート負担分と鉄筋負担分の和とすることで、フーチングせいや鉄筋量の違いも考慮できる算定式となることがわかった。

【謝辞】本実験に、御協力頂いた香取慶一先生(東洋大学)、中沼弘貴氏(首都大学東京)、また関係者各位に謝意を表します。

#### 【参考文献】

[1] 田中佑二郎他：2本群杭で支持されたパイルキャップの鉛直載荷実験、日本建築学会大会学術講演梗概集、C-2、pp.427-428、2006.9

表-2 最大強度時のひずみ量と $\alpha_n$ の値

	横筋								縦筋				
	帯筋				ベース筋		袴筋	ベース筋		袴筋			
	上	中	下		$\mu$	$\alpha_b$		$\mu$	$v\alpha_b$	$\mu$	$v\alpha_c$		
No.1	-	-	2003	0.931	-	-	1438	0.738	-	281	0.144	353	0.164
No.2	-	-	<b>2151</b>	1.000	-	-	<b>1949</b>	1.000	-	707	0.363	917	0.426
No.3	-	-	1662	0.773	-	-	1576	0.809	-	460	0.236	378	0.176
No.4	810	0.377	-	-	<b>2151</b>	1.000	<b>1949</b>	1.000	-	403	0.207	735	0.342
No.5	737	0.343	-	-	<b>2151</b>	1.000	<b>1949</b>	1.000	-	-	-	-	-
平均	774	0.360	1939	0.901	2151	1.000	1772	0.909	-	463	0.237	596	0.277
係数 $\alpha_n$		<b>0.36</b>		<b>0.90</b>		<b>1.0</b>		<b>0.91</b>		<b>0.36</b>		<b>0.24</b>	<b>0.28</b>

注) 表中の斜体の数字は降伏ひずみに達したことを意味する。

表-3 実験結果と計算結果

	実験値		コンクリート負担分		鉄筋負担分			合計	実験値/計算値
	ひび割れ発生時強度	最大強度	$Pc'$	角度補正	縦筋	横筋	ベクトル和		
No.1	350	626	324.1	310.4	36.6	312.1	314.3	624.7	1.00
No.2	400	643	324.1	310.4	36.6	312.1	314.3	624.7	1.03
No.3	300	618	324.1	310.4	36.6	312.1	314.3	624.7	0.99
No.4	187.5	540	212.5	191.0	36.6	265.7	268.2	459.3	1.18
No.5	190	362	212.5	191.0	0.0	172.6	172.6	363.6	1.00

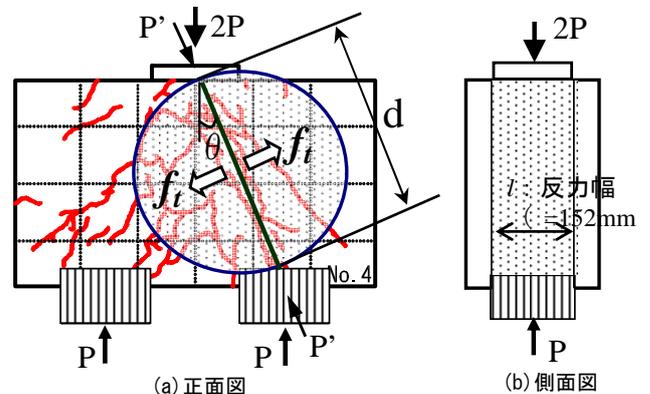
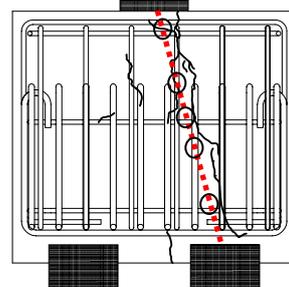


図-3 ひび割れ図と計算概念図



縦筋  
 $vPs$ =袴筋分+ベース筋分  
 横筋  
 $hPs$ =帯筋分+袴筋分  
 +ベース筋分  
 鉄筋負担分 (ベクトル和)  
 $Ps = \sqrt{(vPs^2 + hPs^2)}$

図-4 切断位置図

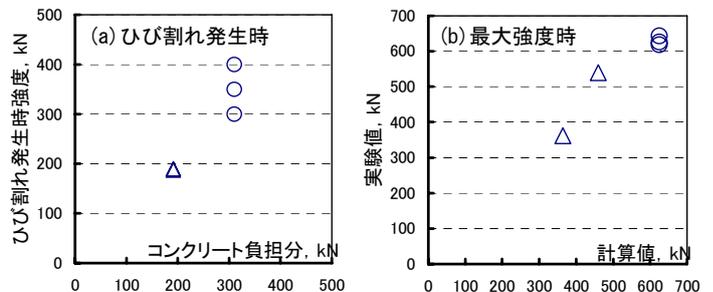


図-5 実験値と計算値の比較

\*1 芝浦工業大学 准教授・博士(工学)  
 \*2 ジャパンパイル  
 \*3 芝浦工業大学 大学院生  
 \*4 東京工業大学 教授・博士(工学)

\*1 Associate Professor, Shibaura Institute of Technology, Dr.Eng.  
 \*2 Japanpile Corporation  
 \*3 Graduate Student, Shibaura Institute of Technology  
 \*4 Professor, Tokyo Institute of Technology, Dr.Eng.