

基礎スラブと接合したPHC杭の曲げ性能に関する実験的研究
(その2 実験結果と考察)

正会員○平川恭章¹
同 永井興史郎² 同 前田耕喜³
同 小嶋一好⁴ 同 小椋仁志⁵

PHC杭 杭頭接合部 杭頭固定度
杭頭部定着筋 スタットアンカー アンボントアンカー

1. はじめに

ここでは、(その1)で述べた実験装置と供試体によって計測された結果について検討し、この曲げ試験における杭頭接合種別による挙動の差など、その概要を把握する。

2. 実験結果

2.1 ひび割れ、終局(最大)時荷重

各実験の荷重点における杭体ひび割れモーメント M_{cr} (kN・m)、破壊モーメント M_u (kN・m) に対応する荷重 P_{cr} (kN)、 P_u (kN)、杭頭モーメント M_1 (kN・m)、杭中間部モーメント M_2 (kN・m)、杭荷重点変位 δ (mm)、 M_u に達したときの杭体のせん断力 Q_u (kN) と文献¹⁾によって求めた終局せん断耐力 Q_{su} (kN) を表-1 に示す。ひび割れモーメント時の荷重 (P_{cr}) は、コンクリートひずみが停留し始めた時とした。破壊モーメント時の荷重 (P_u) は、実験時の最終荷重とした。図-1 には M_1 、 M_2 、 Q_u を求めた力学モデルを示す。

表-1 杭体ひび割れ、終局時の諸量

符号	M _{cr} に達した時				M _u に達した時					
	P _{cr}	M ₁	M ₂	δ	P _u	M ₁	M ₂	δ	Q _u	Q _{su}
FC	85.6	55.3	77.8	11.18	157.9	128.0	128.3	37.32	116.5	115.4
CC	71.1	33.8	71.7	10.91	124.1	64.0	122.2	37.96	84.6	115.4
SA	54.0	26.9	53.8	7.81	84.7	59.1	74.5	23.24	60.7	79.7
SC	69.4	32.7	70.2	9.99	120.5	92.6	100.9	36.80	88.0	115.4
UA1	53.3	28.8	51.7	7.14	88.2	71.3	71.7	41.07	65.0	79.7
UA2	56.0	26.0	56.8	8.53	80.9	53.8	72.7	50.62	57.5	79.7
UC0	66.9	29.2	69.0	11.78	124.0	70.5	118.3	52.67	85.8	95.8
UC	82.3	39.0	84.2	11.89	136.3	100.3	116.7	49.13	98.7	115.4
UC90	111.3	70.8	101.8	15.23	163.2	119.4	140.1	32.56	118.0	154.6

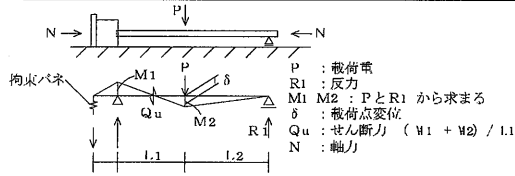


図-1 力学モデル

各実験のひび割れは荷重点付近から生じ、基礎スラブ、杭頭部へと進行し、最後に荷重点付近で曲げ破壊した。せん断破壊しなかったことは Q_{su} が Q_u を上回っていることから理解できる。UC90 試験体を除いて曲げ破壊後も軸力を保持していた。UC90 の破壊は軸力の影響が大きく爆裂的な破壊となった。全ての実験において、 P_{cr} 荷重では基礎スラブのひび割れは見られず、FC 試験体を除いて P_u 荷重近くで杭上面の基礎スラブに 0.1mm 程度のひび割れが見られた。FC 試験体は P_u 荷重でも基礎スラブのひび割れは見られなかった。

2.2 荷重点変位～荷重点関係

各実験の荷重点 P (kN) ・荷重点変位 δ (mm) 関係を図-2 に示す。従来から採用されているスタットアンカーを用い

た A 種杭の SA 試験体は、破壊までの変位量(▲印)がアンボントアンカーを用いた UA1、UA2 に比べて小さい。また、C 種杭の SC、アンカー無し 5cm 埋め込みの CC、同じく 30cm 埋め込みの FC は、破壊までの変位量がアンボントアンカーを用いた UC に比べて小さい。一方、アンボントアンカーを用いた UC0 と UC90 とは軸力による影響が出ており、軸力のない UC0 が UC90 に対して、荷重点は小さいが変形性能があることがわかる。基礎スラブとベット、拘束フレームとの力は荷重点初期の段階で見られたが、荷重点変位に及ぼす影響は 2～4mm 程度であった。

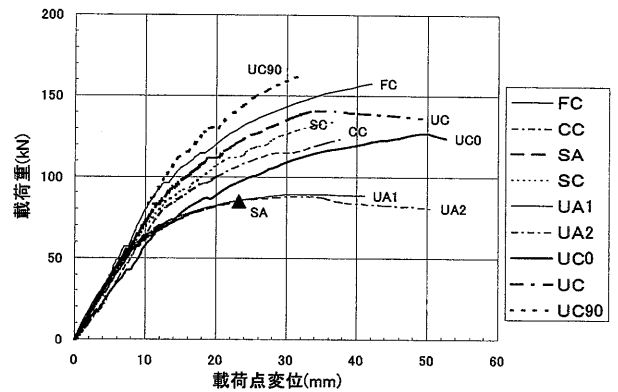


図-2 荷重点変位 δ - 荷重点 P 関係

2.3 杭体コンクリートひずみと曲げモーメント

P_{cr} 荷重における FC 試験体のコンクリートひずみから、杭体の曲げモーメントを推定した結果を図-3 に示し、各実験のひずみ ϵ から計算した杭頭モーメント M_1 (kN・m)、杭中間部モーメント M_2 (kN・m) を表-2 に示す。ヤング係数は導入軸力とひずみの関係から求め $E=4.7 \times 10^4$ kN/m² とし、断面係数は公称寸法より求めた。 ϵM_1 、 ϵM_2 、支点反力による M はひずみ計設置位置の値としている。

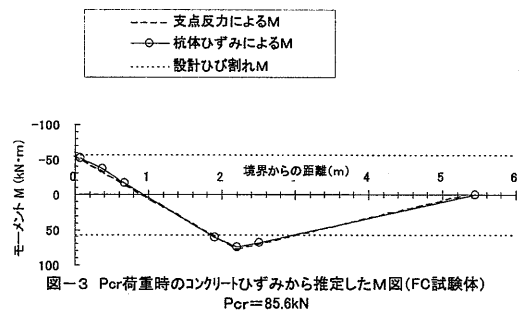


図-3 P_{cr} 荷重点時のコンクリートひずみから推定した M 図 (FC 試験体)
 $P_{cr}=85.6$ kN

表-2 Pcr 荷重時の支点反力、ひずみから算出した M

符号	支点反力による M		杭体歪みによる M		i M ₁ /M ₁ '	i M ₂ /M ₂ '
	M ₁ '	M ₂ '	i M ₁	i M ₂		
FC	50.8	59.7	51.8	61.1	1.02	1.02
CC	30.2	57.4	30.9	61.7	1.02	1.08
SA	24.1	42.9	34.2	47.5	1.42	1.11
SC	29.2	56.2	34.6	60.1	1.18	1.07
UA ₁	26.1	40.7	32.1	41.3	1.23	1.01
UA ₂	23.1	45.6	35.2	50.3	1.52	1.10
UC ₀	25.8	55.6	27.2	53.7	1.05	0.97
UC	34.8	67.4	51.4	65.3	1.48	0.97
UC ₉₀	64.9	78.4	68.1	88.7	1.05	1.13

表-2 に示す杭体ひずみから求めた M と支点反力からの M との比を見ると、杭頭部で杭体ひずみによる M の方が大きいものも見られるが、図-1 の力学モデルで杭体の応力がほぼ推定できることが分かった。

2.4 杭頭定着部ひずみ

定着筋のひずみと載荷重の関係を図-4 に、杭体の Pcr、Pu 荷重に対応する M₁ 作用時基礎スラブ定着部(仮想鉄筋コンクリート柱)の実測最外縁スタッドひずみ ϵ_t と、計算により求めた最外縁コンクリートひずみ ϵ_c を表-3 に示す。仮想鉄筋コンクリート柱は、定着筋からのかぶり厚さを 100mm とした円柱である。

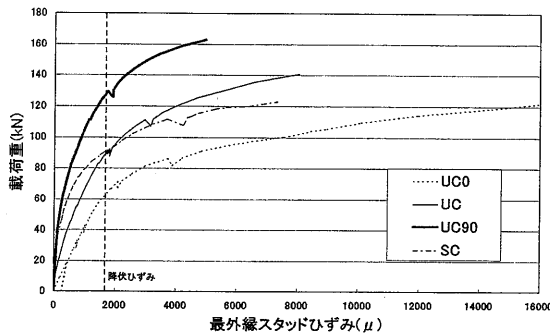


図-4 最外縁スタッドひずみ-載荷重

表-3 スタッド、コンクリート最外縁ひずみ

	Pcr 荷重時		Pu 荷重時	
	$\epsilon_c(\mu)$	$\epsilon_t(\mu)$	$\epsilon_c(\mu)$	$\epsilon_t(\mu)$
SC	-664	641	-4187	7336
UC ₀	-999	1863	-7668	17421
UC	-1059	1470	-4590	8046
UC ₉₀	-1197	1175	-3837	4988

表-3 によると、UC₀ 試験体は載荷点においてひび割れが生じた時点で、最外縁スタッドのひずみは 1863 μ に達しておりほぼ降伏していると考えられる。それ以外の実験ではスタッドの降伏より先に、載荷点でひび割れが生じている。Pcr 荷重付近までは、SC 試験体は UC に比べて付着の影響によりひずみが小さい。Pu 荷重付近では、全ての試験で引張り側スタッドの大半が降伏している。圧縮側コンクリートのひずみも大きな値となっているが、コンクリートの圧壊などの現象は認められなかった。

2.5 固定度

Pcr 荷重における支点反力から求めた杭頭モーメント M₁ (kN・m) と、1 端固定他端ピンとした杭頭モーメント M (kN・

m) との比 (M₁/M) を固定度とし、さらに各実験の固定度と FC 試験体との比を表-4 に示す。Pcr 荷重における固定度は、拘束ばねの影響(基礎スラブとバット、拘束フレームとのガタを含む)がでているため全体に小さい値となっている。拘束ばねの影響は全ての試験で一様であるとし FC の固定度を基準にすると、軸力のない UC₀ が一番小さい。軸力の大きい UC₉₀ は FC とほぼ同じ値である。それ以外は定着筋の有無、形状に関係なく 0.72 ~ 0.84 の値である。Pu 荷重においては、杭材が弾性限を超えるため固定度の評価は難しい。

表-4 Pcr 荷重における固定度

	支点反力による M ₁	理論値 M	固定度	
			M ₁ /M	FC との比
FC	55.3	87.3	0.63	1.00
CC	33.8	72.5	0.47	0.74
SA	26.9	55.1	0.49	0.77
SC	32.7	70.8	0.46	0.73
UA ₁	28.8	54.3	0.53	0.84
UA ₂	26.0	57.1	0.46	0.72
UC ₀	29.2	68.2	0.43	0.67
UC	39.0	84.8	0.46	0.73
UC ₉₀	70.8	113.5	0.62	0.98

3. おわりに

本報では、基礎スラブと接合した PHC 杭の曲げ性能に関する実験の結果について述べ、考察を加えた。主な事項は以下の通りである。

- 各実験の曲げモーメントは、主として基礎スラブの回転の影響で、杭頭部よりも載荷点位置の方が大きく、そこでの曲げ破壊となった。
- UC₉₀ を除いて曲げ破壊後も軸力保持能力を有していた。
- アンボントアンカーを用いた杭の載荷点変形能力は他よりも優れていた。
- 各実験のひび割れ荷重時の杭頭部固定度は、杭頭定着筋の有無、形状による差は見られなかった。
- ひび割れ荷重を越えると定着筋が降伏するために載荷点位置での曲げモーメントが大きくなることが推定できる。

その他、杭の水平変形性能を載荷点の変位で評価することが今後の課題であると思う。

最後に、本研究は、日本建築学会近畿支部摩擦杭設計技術研究委員会(委員長:永井興史郎)の活動の一環として行われたものである。ご助言をいただいた関係各位に厚くお礼申し上げます。また、実験にご尽力をいただいた摂南大学卒業研究生の諸氏に深く感謝いたします。

参考文献

- 後藤、柴田:遠心力 PC(PHC)杭せん断耐力算定式、日本建築学会大会学術講演梗概集、1985.10

*1 ㈱竹中工務店
*2 摂南大学工学部教授 工博
*3 鹿島建設㈱
*4 ㈱平田建築構造研究所
*5 ㈱ジオトップ 工博

Takenaka Corporation
Prof. Faculty of Engineering, Setsunan University, Dr. Eng.
Kajima Corporation
Hirata Structural Engineering Corporation
GBOTOP Corporation, Dr. Eng.