

既製杭の杭頭接合部の終局曲げ耐力に関する検討

既製杭 杭頭接合部 終局曲げ耐力

(株)フジタ 正会員 山本 秀明
(株)フジタ 正会員 小林 勝巳
(株)ジオトップ 正会員 小林 恒一

1. はじめに

杭体とパイルキャップの接合部の設計を行う場合、杭頭曲げモーメントによる圧縮側コンクリートの応力の拡がりを考慮して、杭半径+5cmあるいは+10cmを半径とした仮想 RC 断面を用いて定着筋量を算定する方法が多く採用されている(図1, R1:仮想 RC 断面の半径)。

本報では、このような計算方法を用いて得られる終局曲げ耐力と、杭頭部端板にスタッド溶接、あるいはネジ方式により定着した既製杭の実験結果との間にどのような関係があるかを確認することを目的として比較検討する。一方、場所打ち杭の杭頭接合部におけるコンクリートは拘束された状態にあるため、最大強度がシリンダー強度の約2倍になるとの実験報告がある¹⁾。既製杭と接合したパイルキャップにおいても、拘束されたコンクリートの影響が生じているかどうかを確認する為に、仮想断面ではなく、端板に接するコンクリートの断面を用いて(図2, R2:杭外径, r2:杭内径)、かつ、コンクリート強度が支圧効果により増大することを考慮して曲げ耐力を算出し、実験結果と比較検討する。

2. 対象としたデータ

本検討に用いた既往の実験研究²⁾⁻⁵⁾は全10体であり、その実験パラメータおよび実験結果を表1に示す。同表中に示す試験結果は、既製杭の杭頭接合部の正負交番載荷試験を行った結果を選定している。また、本報では杭頭接合部の終局曲げ耐力を対象としている為、定着筋の降伏により最大耐力となったもの、またはパイルキャップのコンクリートの圧縮により破壊に至ったものを選定している。杭体が終局状態に至った試験結果は除外している。

表1. 対象としたデータ

試験番号	杭		定着筋			パイルキャップ		実験結果 終局曲げ耐力 (kNm)		
	種類	径 (mm)	軸力 (kN)	接続方法	径	本数 (本)	種類		soy (N/mm ²)	σ_B (N/mm ²)
文献2-1	PHC	500	0	スタッド溶接	D16	14	KSW490	418	27.5	279
文献2-2	PHC	500	980	スタッド溶接	D16	14	KSW490	418	27.5	392
文献2-3	PHC	500	1960	スタッド溶接	D16	14	KSW490	418	27.5	533
文献3-1	PHC	450	0	ねじ式	D19	4	SD345	370	27.6	120
文献3-2	PHC	450	0	ねじ式	D19	6	SD345	370	25.0	176
文献3-3	PHC	450	637	ねじ式	D19	6	SD345	370	30.7	306
文献3-4	PHC	450	0	ねじ式	D22	4	SD345	378	26.3	150
文献3-5	PHC	450	637	ねじ式	D22	8	SD345	378	29.6	359
文献4-1	PHC	500	0	スタッド溶接	D16	6	SD345	379 ¹⁾	23.5 ²⁾	132
文献5-1	SC	318.5	882	スタッド溶接	D13	9	SN490B	358 ¹⁾	34.0	212

*1) 1.1F_c(F_c:設計基準強度)とする
*2) F_c(F_c:設計基準強度)とする

3. 計算方法

杭頭接合部の終局曲げ耐力は、平面保持を仮定し、表1に示す実験パラメータを用いて、表2に示すような5種類の計算を行う。計算断面を仮想 RC 断面として杭半径+50mmおよび杭半径+100mm(図1斜線部)として計算する場合を、それぞれCASE1,2と呼ぶ。さらに、パイルキャップのコンクリートの最大強度が支圧効果により増大することを考慮して計算する場合をCASE3~5と呼ぶ(計算断面は図2斜線部)。このとき、コンクリートの $\sigma_c - \sigma_y$ 関係は、図3(a)に示すように弾性係数を一定とし、パイルキャップのコンクリートの支圧効果により、コンクリートの最大強度 c_y はシリンダー強度の2~4倍になるものと設定する。また、定着筋の $\sigma_s - \sigma_y$ 関係は、各CASEにおいて図3(b)に示すようにモデル化する。

表2. 計算の種類

	計算断面	コンクリートの最大強度
CASE1	杭半径+50mm	σ_B
CASE2	杭半径+100mm	σ_B
CASE3	端板に接するコンクリートの断面	$2\sigma_B$
CASE4	端板に接するコンクリートの断面	$3\sigma_B$
CASE5	端板に接するコンクリートの断面	$4\sigma_B$

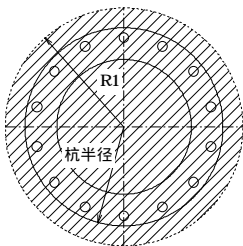


図1. 仮想 RC 断面 (斜線部)

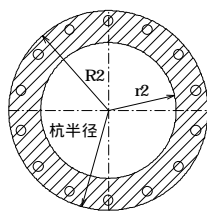


図2. 支圧効果を考慮した場合 (斜線部)

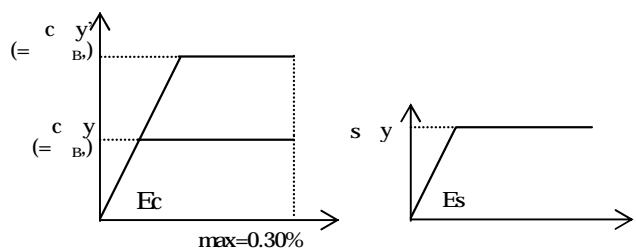


図3. $\sigma - \sigma_y$ 関係のモデル化

4. 計算結果

終局曲げ耐力の計算結果を表3に示す。各試験体において、CASE2の計算結果が最も大きな終局曲げ耐力を示している。次いで、CASE1の計算結果、そして支圧効果を考慮した(CASE3~5)計算結果の順に終局曲げ耐力が小さくなっていることが分かる。

図4では各々の試験体において、実験結果による終局曲げ耐力を計算値で除した値との関係を示している。同図より、CASE2の場合は、(実験値)/(計算値)の値が1未満となり、計算値が実験値よりも大きくなっていることが分かる。つまり、杭頭接合部の終局曲げ耐力が設計上危険側に評価していると考えられる。一方、CASE1およびCASE3~5の場合は、(実験値)/(計算値)の値が1以上となり、安全側な結果となっていることが分かる。特に、CASE1の場合は、計算結果のばらつきが小さく、実験による終局曲げ耐力と計算値が比較的良い一致を示すことが分かる。

図5には、軸力と(実験値)/(計算値)の関係を示す。同図より、本計算結果では、軸力が増大しても(実験値)/(計算値)への影響は少ないことが分かる。

図6では、パイルキャップのコンクリートの支圧効果による影響と(実験値)/(計算値)の関係を示す。同図より、支圧効果を考慮したコンクリートの最大強度が2_B~4_Bの間では、最大強度に関わらず、計算による終局曲げ耐力は実験結果と比較して、安全側な評価となっていることが分かる。また、同図より各CASEにおいて、(実験値)/(計算値)のばらつきが大きいことが分かる。

5. まとめ

CASE1(計算断面:杭半径+50mm)による杭頭接合部の終局曲げ耐力を計算すると、計算結果のばらつきは小さく、設計上安全側であり、かつ、実験結果と比較的良好一致を示すことが分かった。

CASE2(計算断面:杭半径+100mm)による杭頭接合部の終局曲げ耐力を計算すると、計算結果は設計上危険側になる場合のあることが分かった。

支圧効果を考慮して杭頭接合部の終局曲げ耐力を計算すると、計算結果は設計上安全側であるが、ばらつきが大きくなることが分かった(CASE3~5)。

参考文献)(1)小林勝巳,大西靖和,森山英治,丸隆宏,寺岡勝,木戸英樹,和田章:場所打ち杭の杭頭半剛接合法の開発,日本建築学会技術報告集,第9号,pp65-70,1999.12(2)平出務,杉村義広,大杉文哉:アポソト型スラット鉄筋を用いたPHC杭の杭頭接合法の力学特性に関する実験的研究,日本建築学会構造系論文集,第581号,pp71-78,2004.07(3)榎並昭,田中勝博,森山英治,岡田満,佐藤秀人,大垣正之:アポソルト工法による杭とフチングの接合部の曲げ耐力試験(その1)~(その3),日本建築学会大会学術講演概要集,pp1621-1626,1994.09(4)橋本一也,豊岡恒夫,林隆浩,斉藤喜一郎,山田和夫,尾形素臣:杭頭接合部に関する研究,日本建築学会大会学術講演概要集,pp1037-1038,1995.08(5)小嶋一好,永井興史郎,前田耕貴,平川恭章,小椋仁志: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3),日本建築学会大会学術講演概要集,pp621-622,2003.09

表3. 計算結果

試験番号	計算値(kNm)				
	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	CASE5
文献2-1	262	317	234	239	239
文献2-2	421	515	383	399	420
文献2-3	530	668	466	511	533
文献3-1	98	122	81	81	81
文献3-2	137	172	119	119	119
文献3-3	254	317	222	227	230
文献3-4	128	160	108	109	109
文献3-5	328	408	293	304	314
文献4-1	116	141	99	99	99
文献5-1	173	239	137	144	153
試験番号	(実験値)/(計算値)				
	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	CASE5
文献2-1	1.05	0.86	1.17	1.15	1.15
文献2-2	1.01	0.83	1.11	1.07	1.01
文献2-3	1.06	0.84	1.21	1.10	1.05
文献3-1	1.22	0.98	1.48	1.48	1.48
文献3-2	1.28	1.02	1.48	1.48	1.48
文献3-3	1.20	0.97	1.38	1.35	1.33
文献3-4	1.17	0.94	1.39	1.38	1.38
文献3-5	1.09	0.88	1.23	1.18	1.14
文献4-1	1.14	0.94	1.33	1.33	1.33
文献5-1	1.23	0.89	1.55	1.47	1.39

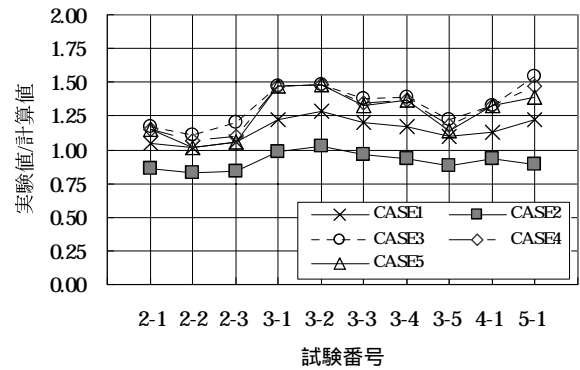


図4. 計算方法の比較

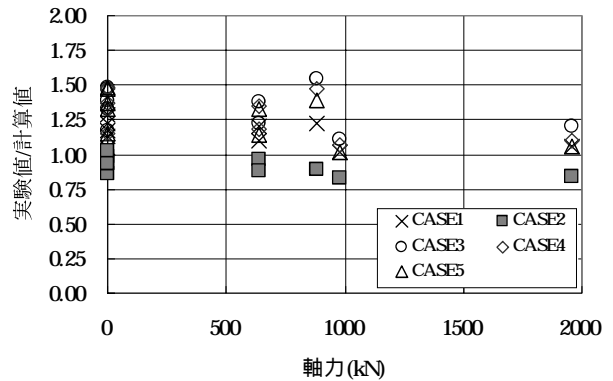


図5. 軸力が計算結果に与える影響

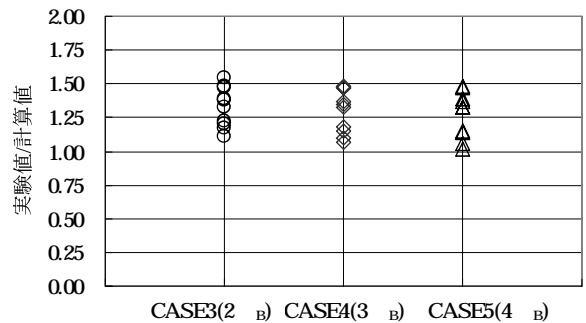


図6. 支圧効果の影響