

高軸力下における杭頭半剛接合法の構造性能に関する研究
(その5 杭頭部の耐力評価)

正会員 青島一樹*
同 堀井良浩*
同 小林治男**
同 安達俊夫***

杭頭接合部 半剛接合 杭基礎
PHC杭 パイルキャップ 耐震設計

1. はじめに

その5では、改良型簡易接合法を採用した杭頭部の耐力評価手法について報告する。

2. 杭頭部の耐力評価手法

改良型簡易接合法を採用した杭頭部の曲げモーメントを評価するために、杭頭境界条件と補強バンドの拘束効果を考慮した平面保持断面解析手法を提案する。

2.1 杭頭境界条件の考慮

図1に改良型簡易接合法の杭頭境界条件を模式的に示す。一般に、平面保持を仮定した杭の断面解析では、PC鋼線などの引張部材がコンクリートに定着された状態を想定しており、杭軸部断面の応力分布と曲げモーメントを適切に評価できると考えられる。しかし、改良型簡易接合法を採用した杭頭接合面では、杭頭がパイルキャップに定着されていないため、杭軸部とは異なる応力分布が生じると考えられる。ここでは、改良型簡易接合法の杭頭の曲げモーメントを評価するために、平面保持断面解析に引張ひずみが発生した領域ではプレストレス以外の応力を負担しない仮定を導入する。

図2に上述した仮定を考慮した杭頭接合面と杭軸部断面の応力・ひずみ分布の比較を例示する。同図は、300-PHC杭-C種-Fc105を対象とし、軸応力 $\sigma_n = 20\text{N/mm}^2$ 時において、終局曲げモーメント(ここでは、コンクリートの

終局ひずみを 3167μ に設定)に達した際の応力・ひずみ分布である。杭軸部断面では、圧縮縁から 138.3mm の位置に中立軸が存在し、PC鋼棒には引張応力が作用している。これに対して、引張応力を負担しない杭頭接合面では、中立軸が圧縮縁から 98.2mm の位置に存在し、引張領域にはプレストレス以外の応力は作用していない。この結果、終局曲げモーメントは、杭軸部が $162\text{kN}\cdot\text{m}$ 、杭頭接合面が $102\text{kN}\cdot\text{m}$ と異なる値となる。

2.2 補強バンドによる拘束効果の考慮

前報¹⁾では、比較実験によって杭頭の補強バンドが曲げ耐力を向上させることを示した。この影響を評価するために、断面解析において、杭コンクリートの材料非線形性に補強バンドによる拘束効果を見込むこととした。図3に杭コンクリートの応力~ひずみモデルを示す。今回の解析では、Fc85とFc105のコンクリートについて、それぞれ圧縮強度試験で得られた平均的な応力~ひずみ曲線を用いている。この際、補強バンドの拘束効果を考慮する場合は終局ひずみを 5000μ に設定することとした。これは道路橋示方書²⁾において、SC杭のコンクリートの終局ひずみを鋼管による横拘束を考慮した安全側の値として 5000μ に規定していること、および今回の実験結果¹⁾における補強バンドのひずみ測定結果が 5000μ を大きく超えている点を考慮し、安全側の値として設定したものである。

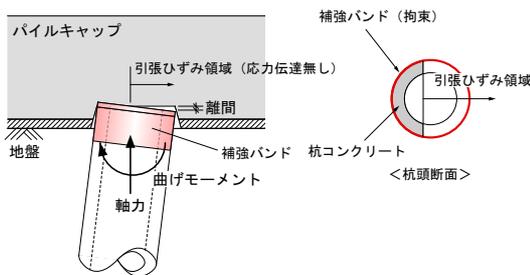


図1 改良型簡易接合法の杭頭境界条件

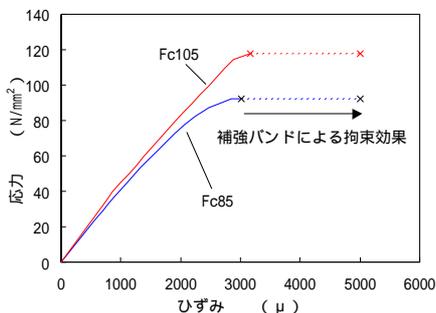


図3 杭コンクリートの応力~ひずみモデル

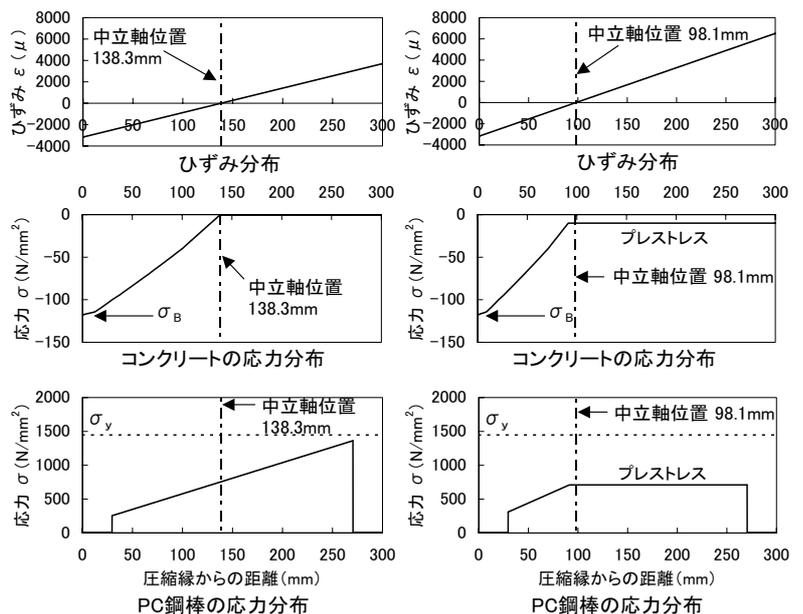


図2 応力ひずみ分布の比較 ($\sigma_n = 20\text{N/mm}^2$)

3. 杭頭部の耐力評価結果

図4に実験で得られた杭頭接合面の最大曲げモーメント M_{max} 、破壊部の最大曲げモーメント M_B (P2,P3では補強バンド上端,P4では杭頭接合面の最大曲げモーメント)と σ_n の関係を示す。同図には、終局曲げモーメントの解析結果 (M_u : 杭軸部, M_u' : 補強バンドを無視した杭頭接合面, M_u'' : 補強バンドを考慮した杭頭接合面), および最大偏心モーメント ($M_e = 0.5 \sigma_n AD$, σ_n : 軸応力, A: 杭の全断面積, D: 杭の直径) を併記した。表1に実験結果と解析結果の比較を示す。杭頭部で破壊した試験体は、補強

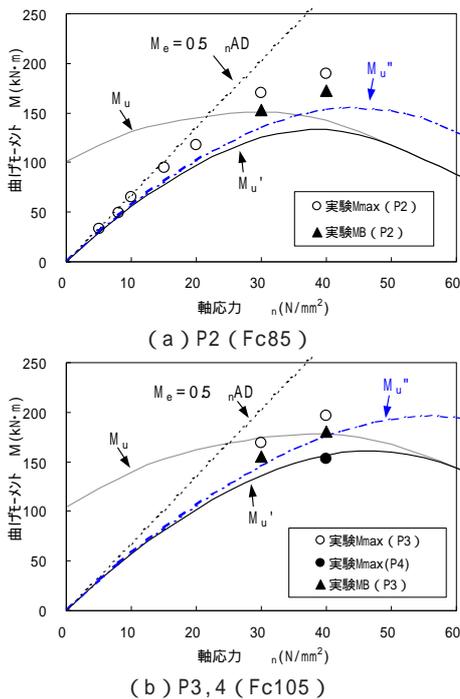


図4 $M_{max}, M_B \sim \sigma_n$ 関係の比較

バンドが無いP4のみである。また、軸応力 20N/mm^2 以下の実験 (P2) では、 M_{max} は M_u' と M_u'' を超えて M_e に近い値に達するが、構造的な損傷は生じていない。損傷が生じる軸力条件は、軸応力比 (σ_n / σ_B) で 0.325 以上である。軸応力比が小さい範囲では、補強バンド等の拘束効果に

より、杭頭部のコンクリートの破壊強度が向上している可能性が考えられる。

軸応力 30N/mm^2 以上の実験では、いずれも杭が曲げ圧壊したため、 M_{max} と M_e との差が大きい。P2 と P3 における軸応力 30N/mm^2 以上の実験では、 M_{max} は M_u' と M_u'' を大きく超え、補強バンドの上端において曲げ圧壊した。 M_B と M_u'' は比較的良好な対応を示している ($M_B/M_u'' = 1.02 \sim 1.13$)。一方、 M_B/M_u は $0.89 \sim 1.21$ の範囲にあり、軸力レベルによっては、補強バンド上端の曲げ耐力が杭軸部の曲げ耐力よりも低くなる可能性が認められる。補強バンドの無いP4では、杭頭接合面において杭が曲げ圧壊しており、 M_{max} は M_u' と良好な対応 ($M_{max}/M_u' = 0.98$) を示した。

4. 結論

高支持力杭に改良型簡易接合法を採用した際の杭頭部の構造性能を実験的に検討し、以下の結論を得た。

- (1) 杭頭部の破壊性状は、高軸力下においては、軸応力の圧縮縁への集中に起因した曲げ圧壊となる。補強バンドが無いPHC杭では、杭頭圧縮縁が曲げ圧壊したのに対し、補強バンドのある杭では補強バンドの上端で曲げ圧壊を生じた。本実験の範囲では、補強バンドが、杭頭の曲げ耐力を約1.28倍に向上させている。
- (2) 改良型簡易接合法を採用した杭頭部の曲げ耐力は、引張応力を負担しない仮定を導入した平面保持断面解析によって評価できる可能性を示した。上述した補強バンドによる曲げ耐力の向上効果は、同解析においてコンクリートの終局ひずみを適切に設定することで評価できると考えられる。

[参考文献]

- 1) 堀井良浩ほか:高軸力下における杭頭半剛接合法の構造性能に関する研究(その4),日本建築学会学術講演梗概集(関東),2011年投稿予定
- 2) 日本道路協会:道路橋示方書・解説 下部構造編, pp.410-413, 2002.3

表1 実験値と解析値の比較

No.	試験杭	軸応力			実験値		解析値			実験値/解析値					
		全応力	コンクリート	軸応力比	接合面最大曲げモーメント	破壊部最大曲げモーメント	接合面終局曲げモーメント	軸部終局曲げモーメント	M_{max}/M_u	M_{max}/M_u'	M_{max}/M_u''	M_B/M_u	M_B/M_u'	M_B/M_u''	
		σ_n (N/mm ²)	$c\sigma_n^*$ (N/mm ²)	$c\sigma_n/\sigma_B$	M_{max} (kN·m)	M_B (kN·m)	M_u' (kN·m)	M_u'' (kN·m)	M_u (kN·m)						
10	P2 (Fc85)	5	15	0.161	32.7	-	30.0	30.5	117.4	0.28	1.09	1.07	-	-	-
		8	18	0.192	49.1	-	45.8	46.7	126.0	0.39	1.07	1.05	-	-	-
		10	20	0.214	65.3	-	55.6	56.9	130.9	0.50	1.17	1.15	-	-	-
		15	24	0.257	94.2	-	78.0	80.6	139.3	0.68	1.21	1.17	-	-	-
		20	29	0.316	117.6	-	97.5	101.8	145.3	0.81	1.21	1.16	-	-	-
		30	39	0.418	169.7	153.1	125.1	135.6	151.0	1.12	1.36	1.25	1.01	1.22	1.13
16		40	48	0.520	189.0	172.2	133.0	153.6	1.33	1.42	1.23	1.21	1.29	1.12	
13	p3	30	38	0.325	168.8	155.8	136.2	146.4	0.97	1.24	1.15	0.89	1.14	1.06	
14	(Fc105)	40	48	0.406	196.2	180.4	156.8	176.4	1.10	1.25	1.11	1.02	1.15	1.02	
15	P4 (Fc105)	40	48	0.412	153.4	153.4	156.8	176.4	0.86	0.98	0.87	0.86	0.98	0.87	

注) 網掛けしたケースは、杭が破壊していないことを示す。

* $c\sigma_n$ はコンクリートの軸応力であり、軸力を換算断面で除し、有効プレストレスを加算した値。 σ_B はコンクリート強度

* 大成建設株式会社 技術センター

** 大成建設株式会社 設計本部

*** 日本大学理工学部 教授・工博

* Technology Center, Taisei Corporation

** Design Division, Taisei Corporation

*** Prof. College of Science & Technology, Nihon Univ. Dr. Eng