

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4 実験結果の考察)

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 小林恒一^{*5}

PHC杭 杭頭接合部 杭頭固定度
杭頭部アンカー筋 スタッドアンカー アンボントアンカー

1. はじめに

ここでは、(その3)¹⁾で述べた実験結果を用いて、杭頭固定度、杭頭回転性能、杭頭接合部の引張側アンカー筋、圧縮側コンクリートの歪み等について考察する。

2. 杭頭固定度

載荷重Pと支点反力Rから求まる杭頭モーメント

$M_1(=P \times 2 - R \times 5.3)(kN \cdot m)$ と、1端固定他端ピンとした杭頭モーメントの理論値 $M_0(kN \cdot m)$ によって固定度 $f = M_1/M_0$ を定義し、

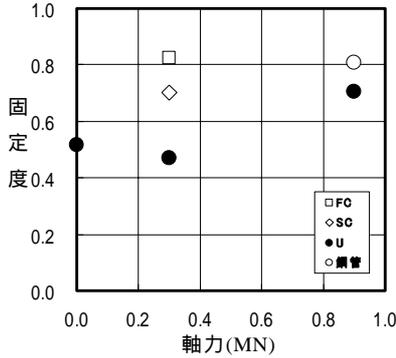


図 - 1 固定度と軸力

載荷点ひび割れ荷重(以後Pcr)時の f と軸力の関係を 図 - 1 に示した。ただし、 M_1 は力-変形関係の線形性を仮定した計算により、実験毎に異なる基礎スラブ回転量 θ_F の影響を除いたものである。軸力 883kN (90tf) においては、アンボンドアンカーでも、FCに近い f を示しているが、軸力293kN(30tf)以下では、SCより小さな0.5程度の値となっている。

3. 杭頭回転性能

'02年試験体の杭頭の曲げモーメント M_1 と杭頭の回転角 θ_P の関係を 図 - 2 に示した。 θ_F は基礎スラブの回転角を除いた値 $\theta_P = \theta_F - \theta_F$ である(図-2下の説明参照)。

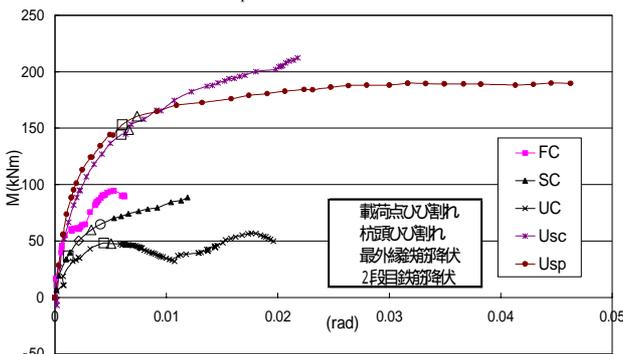


図 - 2 M - 関係

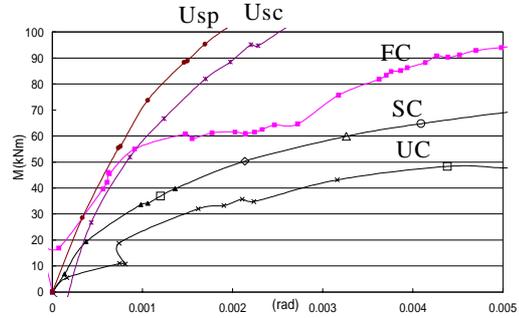
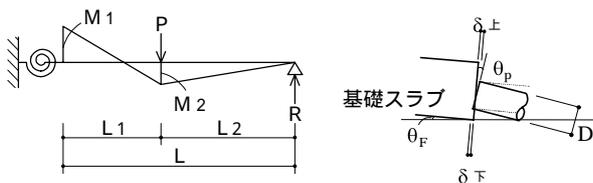


図 - 3 初期K の比較

最大回転角は、FC、SC、UC、Usc90、Usp90と大きくなっている。FCは回転剛性、杭頭モーメント共に大きい、杭頭部、載荷点に曲げひび割れ、杭頭部の曲げ破壊が生じ、回転角は最も小さい。SCはアンカー筋の変形量が小さいため回転剛性が低下せず、載荷重の増加に伴って杭頭負担モーメントが大きくなり、アンカー筋の降伏と前後して杭材のひび割れが生じ、回転性能はUCよりも小さい。UC、Usc90、Usp90は、杭頭アンカー筋が降伏した後、回転剛性が低下し大きな回転角を示している。

さらに、図 - 3 に $M - \theta$ 関係の初期勾配を示した。初期回転剛性 $K (= M/\theta)$ は、Pcr荷重時までのFCと軸力の大きいUsc90、Usp90が最も大きく、スタッドアンカーのSCはこれらの0.5倍程度、アンボンドアンカーのUCが最も小さく、0.23倍となっている。いずれの杭頭接合法も杭頭モーメントが大きくなるにしたがって回転剛性が小さくなる傾向にある。以上より、アンボンドアンカーはスタッドアンカーよりも回転性能が大きく、高軸力下でも靱性を改善した杭を用いることにより回転性能を確保できることがわかる。

4. アンカー筋歪み

図 - 4 には、'02年試験体UC、SCの杭端版位置近く(元端)でのアンカー筋歪みの断面内の分布の一部を示した。同図には降伏ひずみの規格値も点線で示しておいた。引張側のSCの歪みはUCに比べて、かなり大きい。UCとSCの最外縁アンカー筋の歪みを比較して、UC試験体においては、25dの埋め込み長さの先端と元端の歪みがほぼ同じで、杭頭回転変形は、アンカー筋が材長全体にわたって変形して生じるのに対し、SCにおいては、元端でのみ大きな歪みとなり、杭頭回転変形は元端のアンカー筋の極めて局部的な変形によるものであることを確認出来た。

表 - 1 コンクリート圧縮側歪み (c)とアンカー筋ひずみ (t)

記号	Pcr荷重時		Pu荷重時	
	c(μ)	t(μ)	c(μ)	t(μ)
SC	-	4623	-	11600
UC	-185 ~ -404	3223	-194 ~ -777	22552
Usc90	-450 ~ -870	2774	-709 ~ -1663	9940
Usp90	-693 ~ -682	2750	-927 ~ -1473	40153

アンボンドアンカー筋と基礎スラブコンクリートひずみの間に、平面保持を期待することは出来ない。圧縮側アンカー筋のひずみは、25d内の範囲を測定しているのに対して、モールドゲージによるひずみは局部的値を測定している。よって、図-4(UC)の断面位置50mm近くでのコンクリートひずみはアンカー筋のひずみよりも大きくなる。これに対して、断面位置-50mm近くのコンクリートひずみは小さく、杭頭版からの応力は、狭い範囲で負担されていることが推定される。

さらに実験後に杭頭斫りを行い、杭頭と基礎スラブのコンクリート面の様子を観察した結果、引張側は杭頭と基礎スラブとの間に3mm程度の空隙が認められ杭頭が回転しているが、圧縮側のコンクリートでは局所的に大きな歪みとなった痕跡はなく、圧縮側が健全であることが目視でも確認できた。

6. まとめ

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、明らかになった事柄について以下にまとめる。荷重点ひび割れ時の杭頭固定度は、長期軸力の作用下ではSCやFCでは0.7~0.8であるのに対し、アンボンドアンカーによる接合方法では0.5前後に低下していた。Pcr時の固定度は軸力によって変動し、高軸力が作用する場合は、アンボンドアンカーを用いても0.7~0.8となる。杭頭接合部にアンボンドアンカーを採用することにより、靱性を改善した杭を用いて、水平耐力を確保し、水平変形能力の向上を図る可能性が示された。

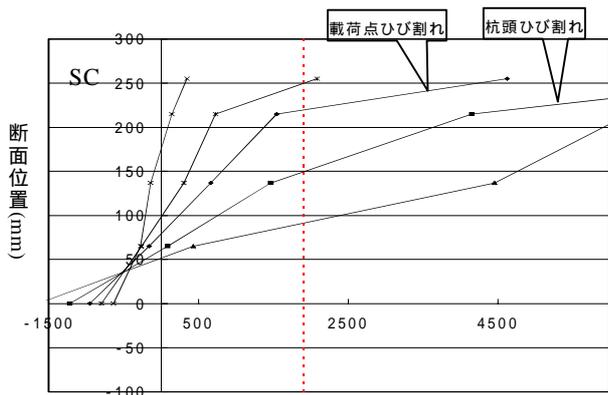
また、今後の課題と考えられる項目を以下に示す。

繰り返し応力が作用した場合のアンボンドアンカーを用いた杭頭接合部における曲げ耐力と回転剛性の評価法を明らかにする。せん断耐力の確認及びせん断破壊を防止するための検討。

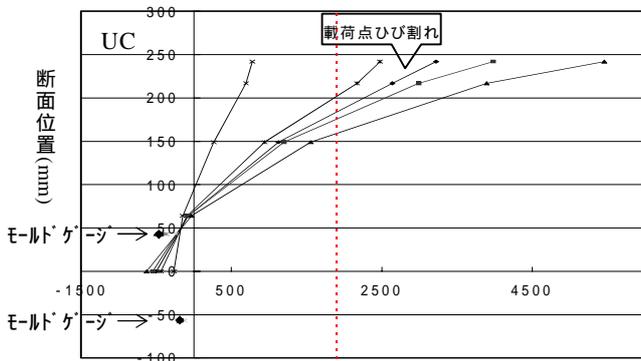
最後に、本研究は、日本建築学会近畿支部摩擦杭設計技術研究委員会(委員長:永井興史郎)の活動の一環として行われたものです。ご助言をいただいた関係各位に厚くお礼申し上げます。また、実験を担当して頂いた摂南大学卒業研究生の諸氏に深く感謝致します。

参考文献

1)小嶋一好、平川恭章他: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梗概集、2004.9



アンカー筋歪み(×10⁻⁶)



アンカー筋歪み(×10⁻⁶)

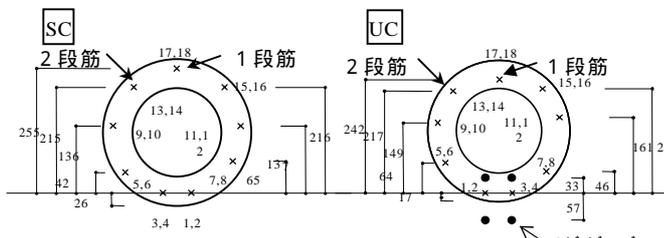


図 - 4 SC,UCのアンカー筋歪み断面内分布

5. 杭頭圧縮側コンクリート状況

UCのアンカー筋引張変形能力は、杭頭部圧縮側コンクリートの健全性にも依存している。'02年の実験では、UC,Usc90,Usp90の杭頭端版に近い圧縮側の基礎スラブ内にコンクリートモールドゲージを設置し、コンクリートの歪みを計測した。その結果は、図-4(UCのみ)に示されている。また、その値を最外縁のアンカー筋歪みと併せて表-1にも示した。SCの場合に平面保持を仮定して、を算出した場合、-4000~7000μと算出されるのに対し、実測値はPcr荷重時に、UCで約-295μ、Usc90,Usp90で約-675μ、Pu荷重時には、UCで約-485μ、Usc90,Usp90で約-1195μ程度であった。

*1 株式会社 中務店 Takenaka Corporation
 *2 摂南大学工学部教授 工博 Prof. Faculty of Engineering, Setsunan University, Dr. Eng.
 *3 鹿島建設株式会社 Kajima Corporation
 *4 株式会社 平田建築構造研究所 Hirata Structural Engineering Corporation
 *5 株式会社 GEOTOP 技術開発本部 工博 GEOTOP Corporation, Dr. Eng.