

PSⅢ-21

杭中空部中詰め鉄筋コンクリートの引き抜き耐力

名城大学理工学部
中日本旭化成建材㈱
㈱大洋コンクリート本社

正会員 堀内 孝英
棚橋 進治
大越 正彦

1 まえがき

既製コンクリート杭とフーチングとの定着方式には、各種の提案があるが、一般に引き抜き力を設計において考慮していない現状にある。しかし、近年は建築物の高層化や塔状化に伴い、地震力による水平力が作用し、軸力変動により基礎杭にも引き抜き力が作用し、止むを得ず引き抜き力を基礎杭に受け持たせる動きがでてきた。

プレストレスト杭の杭頭部を切断した場合、切断面から約350mm程度プレストレスが解放され、その部分はRC杭などと同様になり補強が必要となる。杭頭カットオフによるプレストレスの解放の補強方法としては様々があるが、現段階では杭中空部に鉄筋かごを挿入し、コンクリートを打設してフーチングと結合する方法が採用されている。1)、2)。このような結合方法においても、引き抜き耐力がどの程度期待できるか、その定量的解明の研究も少ない。

ここに、今回、PHC杭の中空部に中詰め鉄筋コンクリートを打設した場合、中詰め鉄筋コンクリートと杭内面との引き抜き耐力がどの程度期待できるかについて、中詰め鉄筋コンクリートの打設長さを変化させて引き抜き実験を実施し、引き抜き耐力についての検討結果を報告する。

2 実験方法

供試体に用いた杭は、PHC杭（A種）径300mmの実施で、杭の片側端面金具付きとし、他端面は1mの長さの位置で切断したものである。供試体杭中空部への中詰め鉄筋コンクリートの打設長さLは、引き抜き耐力の効果の影響を把握するため、杭径Dの1.0D(300mm)および1.5D(450mm)の2種類について実験を実施した。表-1に供試体の諸元、図-1に供試体の断面図の一例を示す。

実験は、タイプⅠおよびⅡ用の供試体は端部を加力装置に固定し、またタイプⅢ用の供試体は杭本体を反力として、それぞれ杭中空部の鉄筋かごを直接引き抜く方法で載荷する。載荷方式は、荷重制御とし、破壊状態に近づいた時点で変位制御とした。なお荷重は多サイクルで載荷し、荷重段階は計算上推定される最大荷重の1/5（40ton）を基本とした。

3 実験結果

図-2は、中詰め鉄筋コンクリートの主筋および杭体表面の軸方向と円周方向のひずみ分布 ϵ と引き抜き荷重Pとの関係の1例を示したものである。ここに、各荷重段階におけるひずみ量は、同一断面の各測定点の平均値である。この図から、各引き抜き荷重段階における中詰め鉄筋コンクリートの主筋および杭体表面のひずみ分布状況を把握することができる。特に、杭体表面の軸方向のひずみ分布状況は、杭頭部から120～140mm付近では圧縮となっており、引き抜き荷重の増大とともに、圧縮ひずみは増大する。この傾向は、タイプⅠおよびⅡの全ての供試体において同様に認められることは注目すべきことである。これは、後述する破壊性状に関係するものと考えられる。

図-3は杭体の破壊状況の1例を展開図として示したものである。杭体の破壊モードとしては、中詰め鉄筋コンクリートの抜け出し前に、杭頭部の内側から縦ひび割れが発生し、引き抜き荷重の増大に伴って、杭体表面への縦ひび割れが杭固定端部へ進行する。その後、さらに引き抜き荷重の増大に伴い、杭体の円周方向のひび割れが発生する。この破壊モードの様相はタイプⅠおよびⅡの全供試体について認められ、中詰めコンクリートの打設長さLによる影響の差はほとんどない。タイプⅢに関しては、実験上杭体が圧縮となること、および杭頭部の補強バンドの拘束効果により、杭体のひび割れ破壊は認められない。このように、中詰め鉄筋コンクリートが破壊せずに抜け出すのは、鉄筋かごの主筋とらせん筋（特に、らせん筋は主筋に溶接されている。）の拘束によるものと考えられ、中詰め鉄筋コンクリートの引き抜きにより、杭本体の内面側にかなり大きな引張力が発生し、その部分から塑性化し、塑性化領域に入り破壊に至るものと思われる。

杭径 (mm)	タイプ	中詰め コンクリート長 (mm)	鉄筋かご仕様	供試体	
				No.	内径(mm)
300	Ⅰ	300	主筋 D13-6, らせん筋 D10	1	155.9
				2	165.2
				3	152.5
	Ⅱ	450	主筋 D13-6, らせん筋 D10	1	158.5
				2	159.4
				3	161.6
	Ⅲ	300	PC鋼棒 D13-6, らせん筋無し	1	161.3
				2	152.3
				3	155.0

表-1 供試体諸元

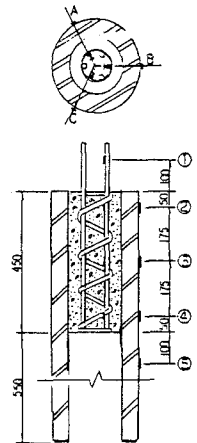


図-1 供試体断面図 Ⅱタイプ

4 引き抜き強度および必要配筋量

杭体破壊モードは前述したように、杭本体にひび割れ破壊が生じるまでは杭体内面と中詰め鉄筋コンクリートの付着面でのすべり破壊（抜け出し）は見られなかった。したがって、杭本体にひび割れ破壊が生じるまでは、杭体内面と中詰め鉄筋コンクリートとの付着は完全に保たれていたといえる。このような観点から、杭体中空部からの中詰め鉄筋コンクリートの引き抜き強度 τ は、次式によって求められる。

$$\tau = P / \pi d L \quad (1)$$

ここに、 P ：引き抜き荷重（ton）

d ：杭中空部の内径（cm）

L ：中詰め鉄筋コンクリートの打設長（cm）

表-2は、タイプ別に、全供試体について、引き抜き強度を算出した結果を示したものである。この表からわかるように、杭体内面と中詰め鉄筋コンクリートの引き抜き強度 τ は、中詰め鉄筋コンクリートの打設長さ L が杭径 D の1.5倍あれば、12.0 kg/cm²程度期待できることが明らかとなった。

試験 No.	中詰め鉄筋コンクリート 長 (cm)	中詰め鉄筋コンクリート 面 (cm ²)	引き抜き荷重 P (ton)	引き抜き強度 τ (kg/cm ²)
I	1 30	1468	17.5	11.92
	2 30	1557	13.5	(8.67)
	3 30	1436	22.5	15.67
II	1 45	2239	29.0	12.95
	2 45	2254	26.5	11.76
	3 45	2285	29.0	12.69
III	1 30	1519	18.0	11.85
	2 30	1435	15.5	10.80
	3 30	1461	48.0	(32.85)

表-2 引き抜き強度

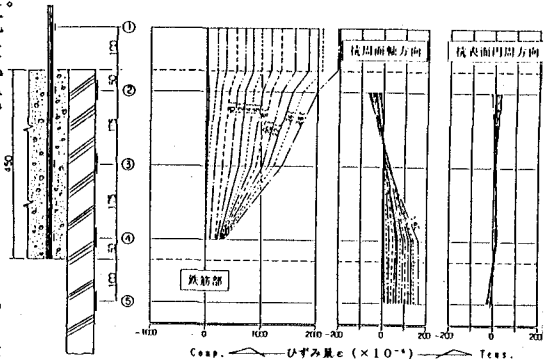


図-2 引き抜き荷重とひずみ分布（Ⅱタイプ）

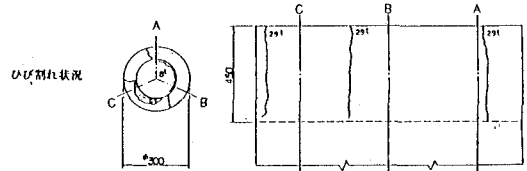


図-3 破壊状態（Ⅱタイプ）

外 径 D (mm)	内 径 d (mm)	中詰めコンクリートの 引き抜き力		杭本体の引張力		短期許容 引き抜き力 T (ton)	必要鉄筋面積 A _s (cm ²)	必 要 配 筋 量		
		T _{caax} (ton)	T _{ca} (ton)	T _{caax} (ton)	T _{ca} (ton)			D 1 3	D 1 6	D 1 9
φ 300	φ 180	30.5	15.2	45.2	18.1	15	5.0	4本以上	—	—
φ 350	φ 230	45.5	22.7	54.7	21.9	20	6.7	6本以上	—	—
φ 400	φ 270	61.1	30.5	68.4	27.4	25	8.4	11本以上	5本以上	—
φ 450	φ 310	78.9	39.4	83.6	33.4	30	10.0	—	6本以上	4本以上
φ 500	φ 340	96.1	48.0	105.6	42.2	40	13.4	—	7本以上	5本以上
φ 600	φ 420	142.5	71.2	144.2	57.7	55	18.4	—	10本以上	7本以上

表-3 杭径別短期許容引き抜き力と必要配筋量

ここに、引き抜き実験結果をふまえて短期許容引き抜き応力 τ_a を 6.0 kg/cm^2 ($\tau_a = \frac{\tau}{F}$ $F=2.0$)

とし、PHC杭中空部への中詰めコンクリートの短期許容引き抜き力 T および必要配筋量を、杭径別に算出した結果を表-3に示した。

5 あとがき

今回の実験結果から、杭中空部の中詰め鉄筋コンクリートに対する引き抜き耐力および破壊性状について、把握することができた。今後はさらに耐力評価および杭頭部設計法に関して引続き検討を行う予定である。最後に、本実験を行うに当たり、ご協力いただいたコンクリートパイル協会中部支部需要開発委員会の各委員に対し、感謝の意を表します。

< 参考文献 >

- 1) 建設大臣官庁官庁営繕部監修：建築工事共通仕様書 平成元年版
- 2) 大志万和也、佐藤幸男：杭基礎とフーチング結合部の設計、基礎工、Vol. 13、No. 11、P106~112、1985