

杭頭半固定接合部に用いる定着筋の引抜試験

杭 半固定 引抜き試験

西松建設(株) 正会員 新井寿昭 戸田建設(株) 国際会員 金子 治  
飛鳥建設(株) 堀田 潔 高周波熱錬(株) 岡野崇宜  
鹿島建設(株) 吉松敏行 (株)長谷工コーポレーション 中岡章郎

1. はじめに

杭頭半固定接合法として、図 1 に示すようにリング部材(PCリング)を杭頭に被せる方法を開発した<sup>1),2)</sup>。この杭頭半固定接合法に用いる定着筋は、杭に引張軸力が発生する場合に、パイルキャップから杭へ引抜力を伝達するために、杭頭中央位置に配置される。この定着筋は、あらかじめ杭頭に設置したシース内にモルタルを充填した後に挿入することから、シースおよびシースグラウト材を介して引抜力が伝達される。本報告では、定着筋の性能を確認するために実施した室内および原位置引抜試験について述べる。

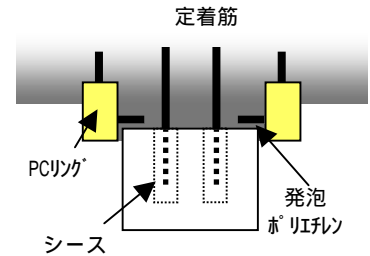


図1 杭頭半固定接合 杭頭部

2. 室内引抜試験

2-1 試験概要

実施した試験は、シース種類、定着筋種類(定着長)、グラウト強度、コンクリート強度をパラメータとして、気中で製作した試験体を用いた室内引抜試験である。試験体一覧を表1に示す。なお、グラウト材の強度試験結果は、41.8N/mm<sup>2</sup>(グラウト 36)、63.0N/mm<sup>2</sup>(グラウト 50)であった。試験は1/2スケールで、試験体を計6体製作した。試験体の平面的な寸法は、定着筋の引抜き性状に影響を及ぼさないことなどを考慮して決定し、反力治具の支圧による拘束圧が作用する影響を少なくするために、定着筋とグラウト、シースとコンクリート間には載荷面から100mmの領域を、絶縁材を用いて非付着区間とした。

試験体概要および加力方法を図2に示す。載荷は、ナットにより固定した定着筋先端の載荷板をジャッキにより押し上げる加力方法(一方向載荷)により、定着筋が破断、あるいは定着筋が引抜けて荷重が低下するまで行った。計測項目は、引張荷重、定着筋の頭部変位、底部変位の3項目とした。

2-2 試験結果

各試験体の荷重-頭部変位関係を図3に、試験結果を表2に示す。荷重-頭部変位関係は定着筋の種類(破断強度)による影響が支配的となっており、その他のパラメータ(No.1,2,5,6)はほとんど影響していないことがわかる。全体の性状は定着筋単体の引張試験と同様であり、変位2-5mmで降伏し、降伏だに、ひずみ硬化の後に変位100-170mmで定着筋が破断(No.2,4)するか、定着筋が抜け出し(No.1,3,5,6)しており、最終破壊状態直前までは定着筋単体の引張性状が支配的であると考えられる。破壊時の変形量はSD685を用いたNo.4およびグラウト強度が低いNo.5ではやや小さく、その他は破壊形式によらずほぼ同じ値であった。なお、全ての試験体でシースの変位(抜け出し)は認められなかった。

表1 試験体一覧

No.	コンクリート	グラウト	鉄筋径	定着筋種類	定着長	シース型名
1	Fc24	50	D22	SD490	850	#1042
2				SD390	750	#3045
3				SD685	1100	
4				SD490	850	
5	Fc30	36		SD490	850	
6	Fc30	50		SD490	850	

\*シース型名#1042(内径42mm 外径45mm), #3045(内径45mm 外径50mm)

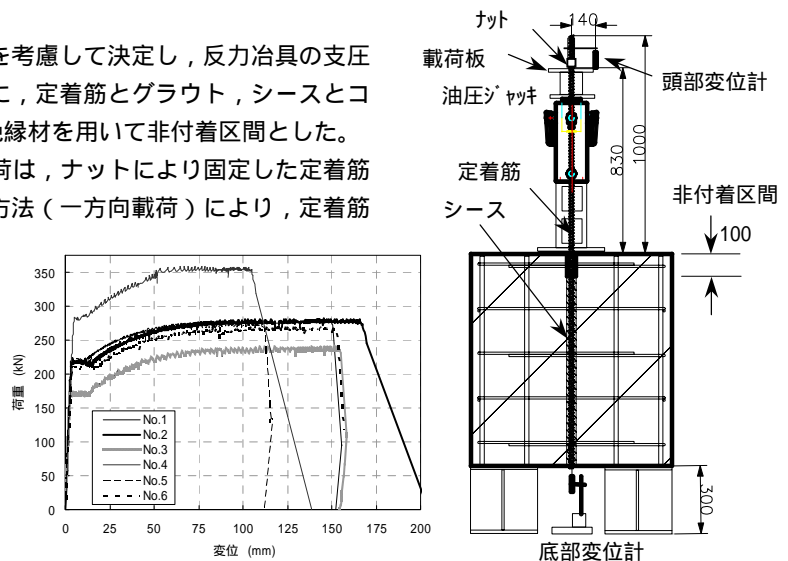


図3 荷重 - 変位関係

図2 試験体概要および加力方法

表2 試験結果

No.	最大荷重 (kN)	最大荷重時変位 (mm)		最終拔出量 (mm)	破壊形式
		頭部	底部		
1	280	142	1.7	12.6	鉄筋付着破壊
2	281	168	0	0	鉄筋破断(頭部)
3	231	156	1.5	8.3	鉄筋付着破壊
4	355	105	0	0	鉄筋破断(頭部)
5	275	111	1.5	8.8	鉄筋付着破壊
6	268	152	1.5	8.9	鉄筋付着破壊

Pullout Tests of Steel Bar for use at Semi-rigid Connection of Pile Head  
ARAI Toshiaki (Nishimatsu Construction) et al.

表3 試験結果，材料強度と付着耐力の比較

No.	最大荷重 P (kN)	引張定着筋 破断強度 F (kN)	P/F	付着耐力/引張定着筋		付着耐力/シース内面		付着耐力/シース外面	
				B <sub>1</sub> (kN)	B <sub>1</sub> /P	B <sub>2</sub> (kN)	B <sub>2</sub> /P	B <sub>3</sub> (kN)	B <sub>3</sub> /P
1	280	263	1.06	691	2.47	1,302	4.65	765	2.73
2	281	263	1.07	691	2.46	1,395	4.96	819	2.91
3	231	234	0.99	610	2.64	1,231	5.33	722	3.13
4	355	351	1.01	894	2.52	1,805	5.09	1,059	2.98
5	275	263	1.05	539	1.96	1,089	3.96	819	2.98
6	268	263	1.02	691	2.58	1,395	5.21	985	3.67

最大荷重について，試験結果と材料強度の比較を表3に示す。最大荷重は定着筋の破断強度とほぼ同じ値(0.99-1.07)となっており，試験を実施したいずれの仕様であっても，杭側の定着筋は定着筋の破断強度と同等の引張強度を確保できることが確認された。

次に，定着筋およびシース内面，外面の付着耐力(B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>)をグラウトまたはコンクリートの実強度(B<sub>g</sub>, B<sub>c</sub>)から算定した長期許容付着応力度 $f_g$ の3倍として求めた結果を表3に併せて示す。

$$B_1 = 3 \times L_r \times f_g \times (\text{鉄筋の周長}) \times (\text{定着長}), B_2 = 3 \times L_s \times f_g \times (\text{シース内面の表面積}), B_3 = 3 \times L_s \times f_c \times (\text{シース外面の表面積})$$

$$L_r \times f_g, L_s \times f_g, L_s \times f_c = 1.35 + B_g/25 \text{ または } B_c/25$$

B<sub>g</sub>, B<sub>c</sub>は実強度(添字のrは鉄筋, sはシース, gはシースグラウト材, cはコンクリートを示す)

ここで，付着耐力の計算値は，最小の定着筋の耐力(B<sub>1</sub>)でも，最大荷重 定着筋破断強度に対して概ね2倍である。したがって，定着筋の定着長さを定着筋の付着耐力(B<sub>1</sub>)の1/2(長期許容付着応力度 $L_r \times f_g$ の3/2)，つまり上記で算定される長期許容付着応力度 $L_r \times f_g$ の1.5倍として設定すれば，引抜耐力として定着筋の破断強度に相当する耐力を確保できることがわかった。

一方，式から求められる終局付着強度は定着筋強度の2倍以上となっているが，実際にはNo.1,3,5,6は最終的に定着筋破断以前に付着破壊している。この原因は，定着長が長くかつ付着破壊が定着筋の降伏以後の場合は，定着筋の降伏にともなうすべり量の急増により，降伏後の付着耐力が定着筋弾性時の付着耐力よりも低下することによると考えられる<sup>3)</sup>。

### 3. 原位置引抜試験

#### 3-1 試験概要

試験対象とした杭はアースドリル工法による場所打ちコンクリート杭(Fc30)で，杭径は1000mmである。設置した定着筋(4-D32, SD390)の定着長さは1250mmであり，グラウト材にはFc50を用いた。引抜試験は1本ずつ行った。加力方法および計測方法を図4に示す。引張力は3サイクル作用させた。1,2サイクルのピーク荷重はJIS規格の降伏点を用いた降伏引張力Ty=310kNとした。3サイクル目は伸び変位が急激に増加することを確認するまで加力した。計測項目は，引張荷重と伸び変位である。

#### 3-2 試験結果

伸び変位が急増する時の引張力と伸び変位を表4に示す。定着筋間のばらつきは小さく，引張力は平均で353.7kN(引張応力度 $353.7 \times 10^3 / 794 = 445 \text{ N/mm}^2$ )とJIS規格降伏点の1.14倍である。同じ仕様の室内引抜試験では，定着筋の引張降伏が付着破壊に先行していることから，伸び変位が急増する時点は定着筋の降伏時と考えられ，伸び変位は付着破壊に伴う抜け出しではなく，定着筋の塑性伸び変位が支配的と考えられる。以上から，原位置で施工された定着筋は，室内引抜試験の定着筋と同等の定着性能を有していることが確認できた。

#### 4. おわりに

杭頭半固定接合部に用いる定着筋の引抜性能について実験で確認した結果，定着筋の定着長さを長期許容付着応力度の1.5倍として設定すれば，引抜耐力として定着筋の破断強度に相当する耐力を確保できる。また，現場施工した杭定着筋は室内引抜試験の定着筋と同等の定着性能を有していることが確認できた。

なお，本研究は鹿島建設，奥村組，五洋建設，戸田建設，飛鳥建設，西松建設，長谷工コーポレーション，松井建設，三井住友建設，高周波熱練による共同研究の一環として実施した。関係各位に謝意を表す。

#### 【参考文献】

- 1) 宮田，新井，伊勢本，舟木，山浦，堀田：杭頭半固定接合部に用いるリグ部材のせん断抵抗，第41回地盤工学研究発表会(投稿中)
- 2) 秦，保井，鴨川，武内，青山，小林：杭頭半固定接合部の圧縮試験，第41回地盤工学研究発表会(投稿中)
- 3) 村山他：マップなコンクリート中に定着された鉄筋の降伏以後の抜け出し特性，第8回コンクリート工学年次講演会論文集，pp597-660，1986。

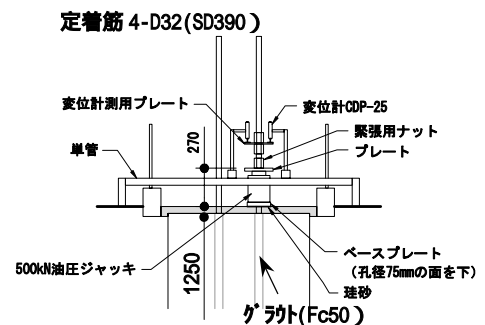


図4 加力方法および計測方法

表4 定着筋降伏時の引張力と伸び変位

No.	降伏時	
	引張力 Pye(kN)	伸び変位 Dye(mm)
1	360.3	1.255
2	349.9	1.230
3	349.7	1.110
4	355.0	1.155
平均	353.7	1.188