

鋼棒とセメント系固化体の付着力強化に関する検討

ジェイアール東日本コンサルタンツ(株) ○(正)桐生郷史

〃 (フェロー)石橋忠良, (フェロー)古山章一, 山本忠, 伊藤企陽司

日特建設(株) (正)菅浩一, 岡崎賢治

1. はじめに

グラウンドアンカーの設計において、用地が狭い場合あるいは定着層を浅くしたい場合、地盤との周面摩擦だけでなく前面の支圧抵抗も期待できる拡径型アンカーの適用が有効と考えられる。一方、設計アンカー力は、鋼材の引張強度、鋼材とグラウトの付着強度およびアンカー体の引抜き抵抗（地盤との摩擦抵抗+支圧抵抗）のうち最小値で決まることから、拡径型アンカーの場合は鋼材とグラウトの付着強度が相対的に弱点となり、設計アンカー力として高耐力が得られ難い課題が残る。

本稿は、鋼棒とグラウトの付着強度を高める構造を考案し、拡径型アンカー体を模擬した試験体に適用した引張試験結果について報告する。

2. 試験体の概要

引張試験は図-1に示す6ケースについて実施した。試験体の寸法はφ600、長さ800～1500mm、固化材は破壊強度を確認するため低強度の1:4モルタル（1m³当りの配合；セメント351kg、水288ℓ、細骨材1544kg）を用いた。他の材料や各ケースの構造概要を以下にまとめる。

鋼 棒；CASE 1～4 PC 鋼棒(異形) D36(C 種)，エポキシ塗装

CASE 5, 6 アンボンド PC 鋼棒 φ36(C 種) (図-2 参照)

螺旋筋；φ9(SR295)，外径110mm，螺旋間隔40mm

支圧板；外径φ110mm，内径φ50mm

CASE 1；異形鋼棒の付着切れ防止のため、鋼棒周囲に螺旋筋を配置。

CASE 2；CASE 1の上部を延長し、鋼棒を鋼管φ48.6で覆って内部を空洞にすることでアンボンド化(付着がない構造)、鋼棒全長に螺旋筋を配置。付着強度が弱い上面付近での応力集中の回避が目的。

CASE 3；アンボンド化した鋼棒先端に支圧板を1枚設置した支圧型構造。

割裂破壊防止のため支圧板より上部の鋼棒周囲に螺旋筋を配置。

CASE 4；CASE 3に対してアンボンド部を延長。

CASE 5；CASE 3を2組繋ぎ、上部支圧部に緩衝材を挟んで移動可能とすることで荷重分散を図る。

CASE 6；CASE 3を3組繋ぎ、下部以外は荷重分散を図る。

試験状況を図-3に示す。試験体の上面には緩衝材と中央にφ200の孔を設けた鋼板を設置し、センターホールジャッキを用いてPC鋼棒に段階的に上向きの荷重を載荷した。

3. 試験結果

各ケースの荷重～変位曲線を図-4に、破壊状況と設計強度との比較を表-1に示す。

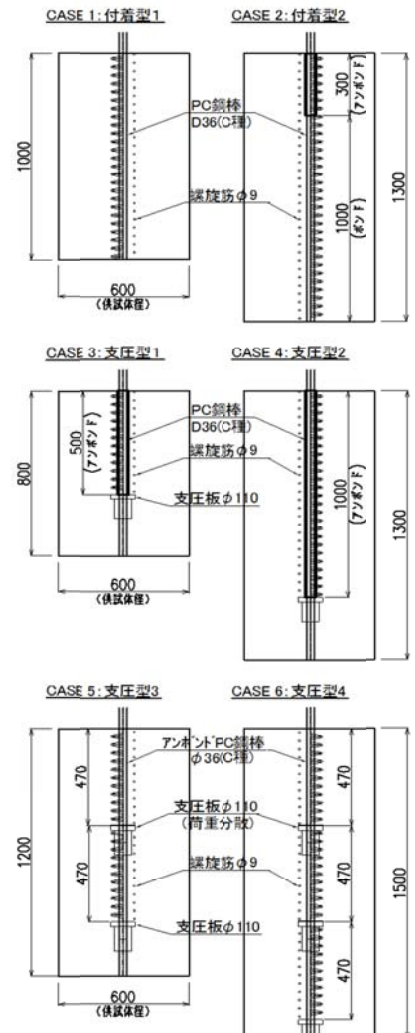


図-1 試験体の構造

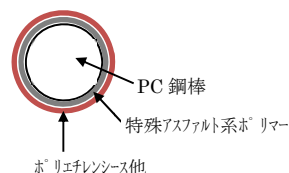


図-2 アンボンド PC 鋼棒の被覆構造



図-3 試験状況

キーワード グラウンドアンカー，付着力強化

連絡先 住所；東京都豊島区西池袋 1-11-1 メトロポリタンプラザ 19F TEL；03-5396-7249 FAX；03-5949-2795

CASE 1 は最大荷重 693kN で螺旋筋外周にて付着切れした。ピーク時における破壊面の付着応力度は 2.0N/mm^2 であり、RC 標準¹⁾を適用した試験体強度 17.8N/mm^2 に対する設計付着強度 1.9N/mm^2 とほぼ同等であった。鋼棒との付着応力度は 6.1N/mm^2 以上である。

CASE 2 は最大荷重 745kN で PC 鋼棒にて付着切れした。ピーク時の付着応力度は 6.6N/mm^2 であり、エポキシ塗装による低減を考慮して設計付着強度を 0.8 倍²⁾した 1.5N/mm^2 に対して、この形状の螺旋筋を設置した場合は約 4 倍の補強効果があった。

CASE 3～6 は何れも割裂破壊している。各ケースの最大荷重を支圧板面積と枚数で除した支圧応力度は $48.7\sim99.6\text{N/mm}^2$ であり、モルタル圧縮強度 $16.2\sim17.8\text{N/mm}^2$ に対して約 3～5 倍の強度を有している。

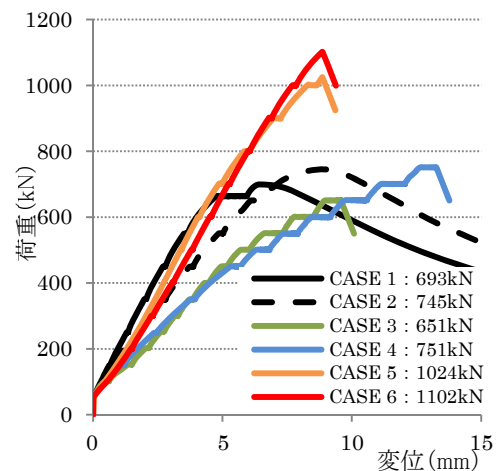


図-4 各CASEの荷重～変位曲線

図-4 に着目すると、支圧板 1 枚の CASE 3・4 はアンボンド長に 2 倍の相違があるが、両者の初期剛性に大差はない。最大荷重の相違は約 8% であり、支圧板 $\phi 110$ の場合はアンボンド長を 500mm 以上にする効果は小さい。複数の支圧板を用いた CASE 5・6 はアンボンドの延長が長いが、CASE 3・4 に比べて初期剛性が高い。これは、アンボンド PC 鋼棒の被覆材が比較的硬質であり、付着型の CASE 1・2 に近い挙動を示したと考えられる。また、支圧板数を増した方が最大荷重付近での剛性低下が小さいことから、荷重分散効果が表れていると思われる。

表-1 各 CASE の破壊状況および設計強度との比較

CASE	CASE 1	CASE 2	CASE 3 ～ CASE 6																																		
破壊状況	螺旋筋外周の付着切れ 	PC 鋼棒の付着切れ 	割裂破壊 (全ケース) 																																		
	設計強度 との比較	$P_u=693\text{kN}$ $f'_{\text{ck}}=17.8\text{N/mm}^2$ $f_{\text{bod}}=0.28f'^{2/3}_{\text{ck}}$ $=1.9\text{N/mm}^2$ $f_{\text{bo}}=2.0\text{N/mm}^2$ (螺旋外周) $f_{\text{bo}}/f_{\text{bod}}=1.05$ $f_{\text{bo}}=6.1\text{N/mm}^2$ (鋼棒)	$P_u=745\text{kN}$ $f'_{\text{ck}}=17.8\text{N/mm}^2$ $f_{\text{bod}}=0.8\times 0.28f'^{2/3}_{\text{ck}}$ $=1.5\text{N/mm}^2$ $f_{\text{bo}}=6.6\text{N/mm}^2$ $f_{\text{bo}}/f_{\text{bok}}=4.4$ ※エポキシ塗装を考慮し、設計付着強度を0.8倍した.	<table><tr><th>CASE</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th></tr><tr><td>支圧板枚数</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td><td>3</td></tr><tr><td>P_u (kN)</td><td>651</td><td>751</td><td>1024</td><td>1102</td></tr><tr><td>f'_{ck} (N/mm²)</td><td>17.8</td><td>17.8</td><td>16.2</td><td>16.2</td></tr><tr><td>f'_{ak} (N/mm²)</td><td>86.3</td><td>99.6</td><td>67.9</td><td>48.7</td></tr><tr><td>$f'_{\text{ak}}/f'_{\text{ck}}$ (η)</td><td>4.8</td><td>5.6</td><td>4.2</td><td>3.0</td></tr></table>					CASE	3	4	5	6	支圧板枚数	1	1	2	3	P_u (kN)	651	751	1024	1102	f'_{ck} (N/mm ²)	17.8	17.8	16.2	16.2	f'_{ak} (N/mm ²)	86.3	99.6	67.9	48.7	$f'_{\text{ak}}/f'_{\text{ck}}$ (η)	4.8	5.6	4.2
CASE	3	4	5	6																																	
支圧板枚数	1	1	2	3																																	
P_u (kN)	651	751	1024	1102																																	
f'_{ck} (N/mm ²)	17.8	17.8	16.2	16.2																																	
f'_{ak} (N/mm ²)	86.3	99.6	67.9	48.7																																	
$f'_{\text{ak}}/f'_{\text{ck}}$ (η)	4.8	5.6	4.2	3.0																																	

※ P_u ;最大荷重(kN), f'_{ck} ;モルタル圧縮強度(N/mm²), f_{bod} ;設計付着強度(N/mm²)¹⁾, f_{bo} ;付着応力度(N/mm²), f'_{ak} ;支圧応力度(N/mm²)

4. まとめ

異形 PC 鋼棒 D36 の周囲に螺旋筋($\phi 9$, 外径 110mm, 間隔 40mm)を配置することで、付着破壊面が螺旋筋外周に移る、あるいは鋼棒自体の付着強度が RC 標準の設計強度の約 3 倍まで上昇することが分かった。また、支圧型の場合、アンボンド鋼棒に荷重分散機能を持つ複数の支圧板を設置し、さらに螺旋筋で補強することで、付着型よりも高い耐力を有することが分かった。CASE 6 の試験結果に対して設計時のグラウト強度 24N/mm^2 を適用し、安全係数 $\gamma_c=1.3$ で除した設計強度は 1272kN となり、PC 鋼棒の降伏強度 1100kN を上回ることになる。

別途、CASE 6 の構造を用いたグラウンドアンカーの原地盤引抜き試験を実施したが、889kN でアンカー体の引抜きが生じ、鋼棒の付着切れは生じていないことを確認している³⁾。

【参考文献】

- 1) 「鉄道構造物等設計標準・同解説 コンクリート構造物」平成 16 年、鉄道総合技術研究所
- 2) 「エポキシ樹脂塗装鉄筋を用いる鉄筋コンクリートの設計施工指針 (案)」: 昭和 61 年 2 月、土木学会
- 3) 伊藤企陽司, 山本忠他: 先端拡張アンカーの引抜き試験, 第 49 回地盤工学研究発表会 (投稿中) 2014 年 7 月