

内面にずれ止めを有する鋼管におけるコンクリートの付着耐力評価

新日鐵住金 正 ○日下 裕貴 正 阿部 幸夫 \*1  
 鉄道総合技術研究所 正 池田 学 正 西岡 英俊 \*2  
 新日鐵住金エンジニアリング 正 和田 昌敏 正 中澤 公博 \*3

1. 目的

鋼管とコンクリートの界面において高い付着耐力が必要な場合、鋼管表面にずれ止めを設けて付着耐力を高めることが可能である。ずれ止めの付着耐力の評価は、例えばソケット式接合部では土木学会や鉄道の設計基準<sup>1),2)</sup>において、Grouted Pile/sleeve connection を対象としたAPI 基準<sup>3)</sup>を準用しているが、鋼管杭の杭頭結合部<sup>4)</sup>やコンクリート充填鋼管等の鋼管内面のずれ止めの付着耐力については、統一的な評価方法が確立されていない。本報は、過去に実施された管内コンクリートの押し抜き試験結果を基に、コンクリート充填鋼管における付着耐力の評価方法について検討を試みた。

2. 管内コンクリートの押し抜き試験

検討に用いた既往押し抜き試験の諸元を表1に示す。ここでは、複数段のずれ止めが取り付けられており最大荷重が判明したものを対象とした。なお、シリーズ2は本報において新たに実施したものである。試験パラメータの範囲として鋼管径は200.6~1016mm、鋼管の径厚比は16.8~88.9、コンクリート(モルタル)強度:18.0~55.3N/mm<sup>2</sup>である。またずれ止めは平鋼、棒鋼を取り付けたものと、溶接ビードを置いたものがある。

表1 押し抜き試験の諸元

シリーズ	鋼管			ずれ止め					コンクリート強度 $\sigma_{cc}$ (N/mm <sup>2</sup> )	試験数	
	径 D(mm)	板厚 t(mm)	D/t	高さ h(mm)	ピッチ s(mm)	s/h	段数 n	種類			
1 <sup>5)</sup>	a	400~800	9	44.4~88.9	5.5~9	60~120	10.9~21.8	2~4	WE	23.2~35.6	13
	b	800	9.8~18.9	42.3~81.6	6~12	100~200	9.9~16.7	2~3	FB,WE	27.8~29.0	7
	c	609.6	6.9~18.3	33.3~88.3	9~13	150~250	15.4~20.8	2~4	FB,RD	21.0	6
2	267.4	9.3	28.8	6	100	16.7	2	FB	18.0	1	
3 <sup>6)</sup>	609.6~1016	16~19	38.1~53.5	12	300~500	25~41.7	2	FB	26.9~29.1	3	
4 <sup>7)</sup>	400~1000	9~16	37.5~62.5	9~16	100~250	8.3~20.8	2	FB,RD	13.1~26.6	11	
5 <sup>8)</sup>	a	351.6	10	35.2	2.5	80	32	2	WE	31.1~55.3	2
	b	200.6~215.6	5.2~12.8	16.8~38.6	6	50	8.3	2	FB	25~43.6	5
6 <sup>9)</sup>	400~800	9.5~22	25~42.8	13~16	200	12.5~15.4	2	RD	20~24.1	6	

\*突起種類  
 FB: 平鋼突起  
 RD: 棒鋼突起  
 WE: 溶接ビード  
 \*1-c,3,4 シリーズはモルタル

3. 付着耐力の評価

一般的に付着耐力の評価方法は、①押し抜き最大耐力を鋼管とコンクリートの総接触面積で除した平均付着強度とする方法と、②押し抜き最大耐力を突起の加力方向の総投影面積で除した支圧強度として評価する方法がある。ここでは、API 基準<sup>3)</sup>で用いられている前者で評価することとした。図1にAPI 基準<sup>3)</sup>に記載の図中に表1の結果をプロットした結果を示す。なお、試験における総接触面積は鋼管内周長とずれ止めピッチと段数を乗じた値として算出し、コンクリート強度は形状補正のために0.8で除した。図中に式(1)、式(2)で示されるAPI 基準<sup>3)</sup>と土木学会設計基準<sup>1)</sup>を併記する。

API 基準:  $f_{ba} = 0.248 + 0.90 f_{cu} \cdot h/s \dots$  式(1) 土木学会:  $\tau_{max} = 1.15 + 1.72 (f'_{cd} / 0.8) \cdot h/s \dots$  式(2)

ここで、 $f_{cu}$ : unconfined grout compressive strength(N/mm<sup>2</sup>)  $h$ : shear key outstand dimension  
 $s$ : shear key spacing  $f'_{cd}$ : 充填コンクリートの設計圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>)

図より式(1)は2重管の押し抜き試験であるAPI 基準<sup>3)</sup>のプロットの下限值相当で、式(2)は平均値相当であることがわかる。また、管内コンクリートの押し抜き試験結果は、総じてAPI 基準<sup>3)</sup>のプロットより大きかった。これは、試験体形状や突起の寸法形状の違い等が考えられるが、鋼管の径厚比の影響を無視していることも一因と考えられる<sup>8)</sup>。そこで鋼管によるコンクリートの拘束状況について把握するために、図2に示すシリーズ2において押し抜

キーワード: コンクリート充填鋼管, 押し抜き試験, 付着耐力

\*1: 〒100-8071 東京都千代田区丸の内2-6-1 新日鐵住金(株) tel. 03-6867-6861  
 \*2: 〒185-8540 東京都国分寺市光町2-8-38 (公財)鉄道総合技術研究所 tel. 042-573-7280  
 \*3: 〒141-8604 東京都品川区大崎1-5-1 新日鐵住金エンジニアリング(株) tel. 03-6665-4034

き載荷時のずれ止め部近傍の鋼管のひずみを計測した。載荷は2000kNのアムスラー式圧縮試験機を用い、2軸ゲージにより鋼管軸方向と周方向を計測した。図3に荷重と押し抜き変位(載荷点変位)の関係を示す。図4に荷重と平面応力状態を仮定し2軸ゲージの計測値より計算した鋼管周方向応力の関係を示す。荷重増加とともに応力は増加し、特にずれ止め位置の近傍において、コンクリートは鋼管により周方向に拘束されていることが確認できた。

図5において図1の横軸に鋼管の径厚比( $t/D$ )を乗じて、付着耐力に径厚比の影響を反映することを試みた。径厚比( $t/D$ )は、管内コンクリート押し抜き試験において、鋼管に周方向応力が生じた場合に、鋼管とコンクリートの界面に作用する径方向の応力と変形の関係を支配する主因子である。

なお、API 基準<sup>3)</sup>のプロットは径厚比が把握できた分<sup>10)</sup>を対象とし、2重管の場合の上記主因子である径厚比は下式により与えられる。

$$D/t = D_i/t_i + D_o/t_o \dots \text{式(3)} \quad \text{ここで、} D_i, t_i : \text{内管の径と板厚、} D_o, t_o : \text{外管の径と板厚}$$

表1のケースの中で比較的データ数が多い付着強度が20N/mm<sup>2</sup>以下の範囲に着目すると、図1では線形近似曲線の相関係数が0.68、図5では0.85となり径厚比を考慮することによりプロットのばらつきが少なく、また2重管の結果を含めて一定の傾向を呈することが確認できた。

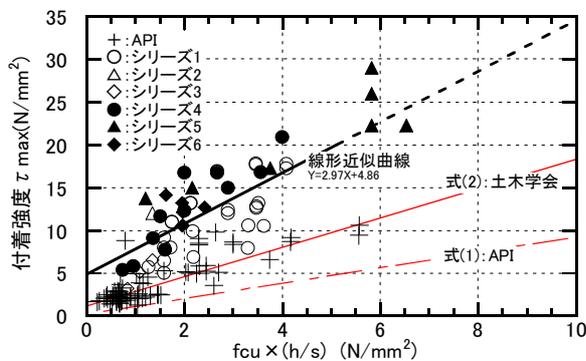


図1 付着強度  $\tau_{\max}$  -  $fcu \times (h/s)$  関係

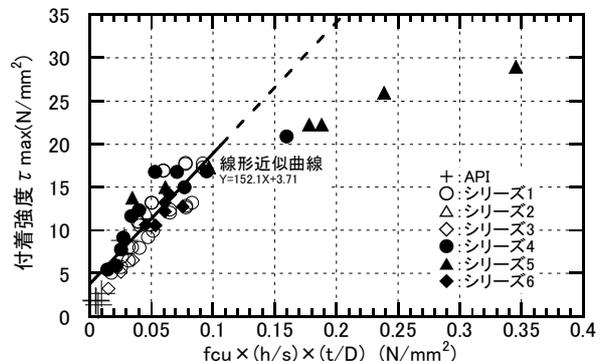


図5 付着強度  $\tau_{\max}$  -  $fcu \times (h/s) \times (t/D)$  関係

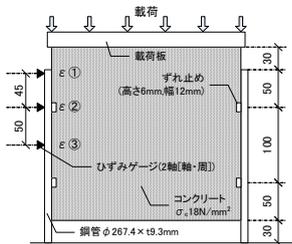


図2 押し抜き試験概要

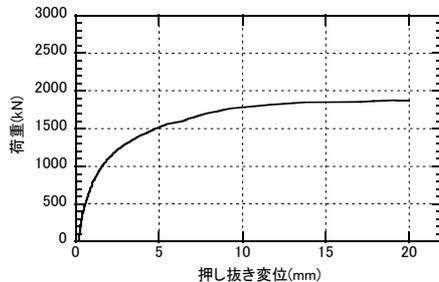


図3 荷重-変位関係

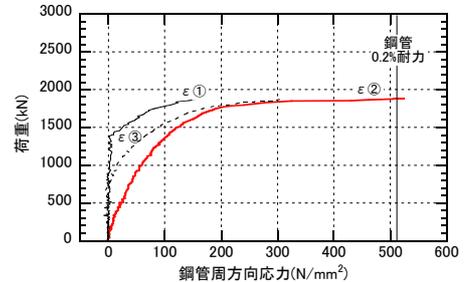


図4 荷重-鋼管周方向応力関係

#### 4. まとめ

本報では既往の管内コンクリートの押し抜き試験結果を基に、付着耐力の評価方法について検討した。鋼管によるコンクリートの拘束が認められ、試験結果の評価パラメータに鋼管の径厚比を導入することで二重管の結果を含めて結果のばらつきを低減することが可能となった。鋼管による拘束効果を考慮することにより付着耐力の合理的な評価方法の確立の可能性を提示した。

<参考文献>

- 1)土木学会：複合構造標準示方書[異種部材接合部編]，2009.12
- 2)鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説－鋼とコンクリートの複合構造物，2002.12.
- 3)American Petroleum Institute：Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms－Load and Resistance Factor Design，2003.
- 4)鉄道総合技術研究所編：鉄道構造物等設計標準・同解説－基礎構造物，p.327，2012.1.
- 5)日本建築総合試験所：建築技術性能証明評価概要報告書 ハイブリッド鋼管杭工法，2013.5.
- 6)国土技術研究センター：建設技術審査証明事業報告書 TBS 工法，2002.5.
- 7)国土開発技術研究センター：一般土木工法・技術審査証明報告書 KING 工法，2000.10.
- 8)高木ら：鋼管内面にリング状の機械的すべり止めを有するコンクリート充填円形鋼管柱の付着耐力評価，日本建築学会大会学術講演梗概集 1999.9.
- 9)土木研究センター：建設技術審査証明報告書 Super KING 工法，2007.8.
- 10)Billington,C.J.,and Lewis,G.H.G.：The Strength of Large Diameter Grouted Connection，OTC Paper3083,1978.