

## (21) 鋼管とコンクリートの付着せん断強度

Bond strength between steel-tube and concrete

塩見昌紀\*, 前川幸次\*\*, 坂井知朗\*\*\*, 井原朋美\*\*\*\*  
Shiomi Masanori, Maegawa Koji, Sakai Tomoaki, Ihara Tomomi

\*日本ゼニスパイプ(株), 開発部 (〒103-0004 中央区東日本橋2-24-14)  
\*\*工博, 金沢大学教授, 工学部土木建設工学科 (〒920-8667 金沢市立野2-40-20)  
\*\*\*金沢大学学生, 自然科学研究科博士前期課程・環境基盤工学専攻 (同上)  
\*\*\*\*金沢大学技官, 工学部土木建設工学科 (同上)

This paper presents experimental information on the bond strength between a steel-tube and concrete. In order to increase the bond strength, several types of steel-tubes are tested. In case of the steel-tube with hole, a concrete dowel is formed between the steel-tube and concrete. Then, the shear strength of the concrete dowel contributes toward increasing the bond strength between a steel-tube and concrete. The other types are a steel-tube with the surface processed by the sand blast and a steel-tube painted with adhesives. The steel-tube is pushed out from a concrete block in the tests.

*Key Words:* bond strength, shear strength, concrete dowel, steel tube

### 1. はじめに

鉄筋コンクリート構造物の高靱性化を目的として、コンクリート充填鋼管複合はりの研究が行われている。コンクリート充填鋼管複合はりとは、コンクリート充填鋼管を圧縮補強鋼材の代わりに用いたRCあるいはPCはりである。コンクリート充填鋼管が優れた曲げ変形能を有することはよく知られており、これを圧縮補強鋼材とすることにより、コンクリートの圧潰にともなう圧縮補強鋼材の座屈を抑止することができる。これによりコンクリート充填鋼管複合はりの大きな耐荷力と変形性能が期待できる<sup>1), 2)</sup>。

そのようなコンクリート充填鋼管複合はりにおいても、通常の鉄筋コンクリートはりと同様、鋼管とコンクリートとの一体性の確保が重要である。このような合成構造の合理的設計法の開発のためには、鋼管とコンクリートの付着強度の評価法を確立することが必要である。

本研究では、有孔鋼管を用いることによって形成されるコンクリートダウエルのせん断強度を利用する方法と鋼管の表面にコンクリートとの付着強度を増すための種々の加工を施す方法について、押し抜き試験を行い付着強度の特性について検討した。

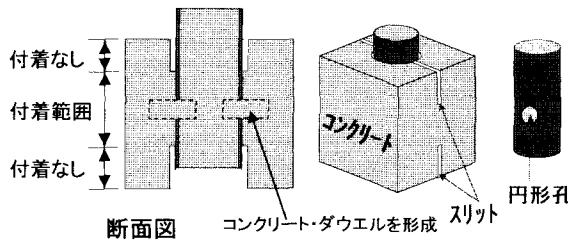


図-1 供試体概要

### 2. 供試体

供試体は全部で13種類あり、用いた鋼管で大別すると、鋼管に孔をあけた有孔鋼管と、表面処理を行なった鋼管に分けられる。供試体は、コンクリートブロックの中に鋼管を埋め込んだものである。

#### 2.1 有孔钢管

鋼管は図-1のように中央の長さ70mmの部分でのみコンクリートブロックと接しており、その付着部の中央にはコンクリートダウエルを形成するための円形の孔が相対する2箇所にあけられている。さらに、上下の付着の無いコンクリート部には、図のようなスリットが設けられており、この部分のコンクリートの割り裂き力分担の影響を除いている。使用した鋼管は図-2に示した①、②の2種類であり、孔径はそれぞれの鋼管について「孔なし」を含めて、図に示した3種類とし、各々3体(A B C)ずつ製作した。型枠に鋼管およびスリット用板材等を配置した後、最大骨材寸法15mmの高流动コンクリートを打設した。その平均圧縮強度は、 $f'_c = 65.3$  (MPa) であった。

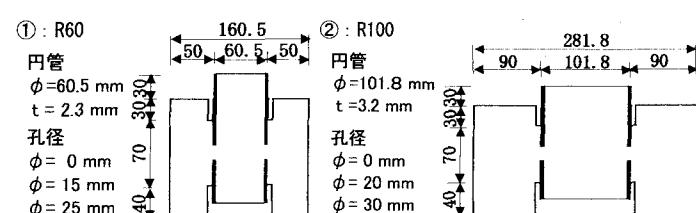


図-2 有孔钢管供試体寸法

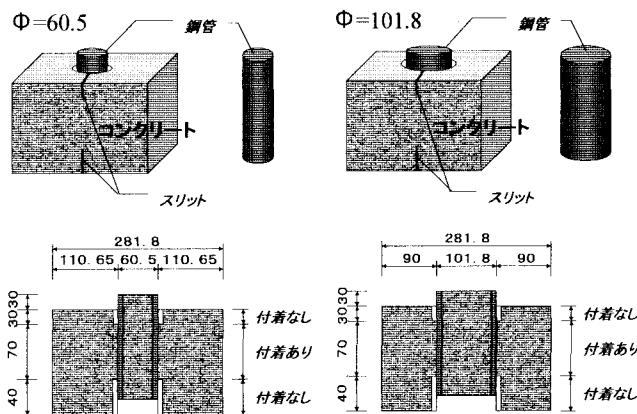


図-3 表面処理鋼管供試体寸法

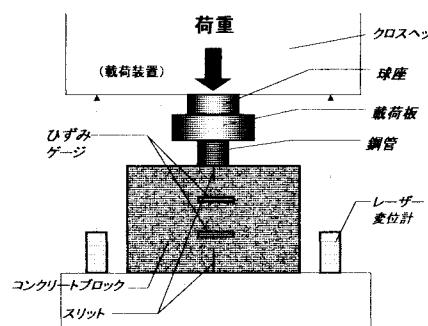


図-5 実験装置

## 2.2 表面処理鋼管

表面処理を施した钢管を用いた供試体の寸法は図-3に示す2通りであり、供試体の種類を表-1および図-4に示す。

SB および GB はそれぞれ钢管表面にサンドブラスト処理およびグリットブラスト処理を施したもので米国の除錆度規格 (SSPC) において SP-10 と表わされるものである。また、ad は鉄とコンクリート用の接着剤 (LION リボテックス SLP-1) を钢管表面に塗布したものである。表面処理钢管供試体に用いたコンクリートの平均圧縮強度は、 $f'_c = 36.2$  (MPa) であった。

## 3. 実験方法

図-5 は供試体の押し抜き試験方法を表している。載荷は耐圧試験機を用い、載荷速度を 0.5 mm/min とした。また、レーザー変位計で底面からクロスヘッドまでの距離を計測することによって、钢管のすべり変位（貫入量）とした。荷重および変位はデジタルレコーダーを用いて 20Hz でサンプリングを行った。

## 4. 実験結果

### 4.1 有孔钢管

図-6 (a),(b) はそれぞれ钢管の種類ごとの荷重-変位(钢管の貫入量)関係を示している。各曲線に附した記号●は孔径小、○は孔径大を表わし、無印は孔なしである。図から、有孔钢管によるコンクリート・ダウエルの効果は明らかである。孔なしおよび孔径が小さい供試体ではピーク荷重の後の荷重低下は緩やかであるが、孔径が大きい供試体ではピーク荷重をしばらく持続した後、荷重が脆的に低下する。この脆的な荷重の低下と同時にコンクリートブロックの上下に設けたスリットを結ぶ方向にクラックが観察されたことから、脆的挙動はブロックの割裂破壊によるものである。また、このようにブロックが割裂した供試体では孔部のせん断面を容易に観察でき、コンクリー

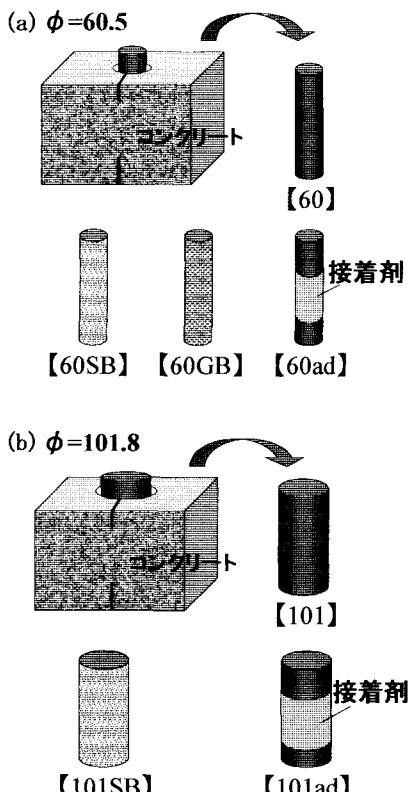


図-4 供試体名 (表面処理钢管)

表-2 押し抜き実験結果（有孔鋼管）

供試体名	鋼管付着面積 $A_b$ (cm <sup>2</sup> )	ダウエルの断面積×2 $A_c$ (cm <sup>2</sup> )	コンクリート圧縮強度 $f'_c$ (MPa)	押し抜き強度 $F$ (kN)	钢管表面の付着強度			ダウエルのせん断強度			
					$F_b$ (kN)	$C_b = F_b/A_b$ (MPa)	$C_b/f'_c$	$F_s$ (kN)	$C_s = F_s/A_c$ (MPa)	$C_s/f'_c$	
R60	00A 00B 00C	133.1	0.0	63.5	29.9	2.25	2.78	0.035 0.053 0.043	18.2 22.9 8.1 34.7 41.3 43.6 17.9 35.4 28.5 56.9 59.8 54.9	51.99 65.43 23.15 35.33 42.02 44.41 28.40 56.24 45.20 40.36 42.38 38.90	0.819 1.030 0.364 0.556 0.662 0.699 0.417 0.780 0.683 0.593 0.663 0.588
				63.5	44.4	3.34					
				63.5	36.4	2.74					
	15A 15B 15C	129.5	3.5	63.5	54.1	35.9* 2.78*			18.2 22.9 8.1	51.99 65.43 23.15	0.819 1.030 0.364
				63.5	58.8				34.7 41.3 43.6	35.33 42.02 44.41	0.556 0.662 0.699
				63.5	44.0				17.9 35.4 28.5	28.40 56.24 45.20	0.417 0.780 0.683
R100	00A 00B 00C	223.4	0.0	63.4	24.7	24.7	1.11 1.49 1.10	0.017 0.021 0.017	56.9 59.8 54.9	40.36 42.38 38.90	0.593 0.663 0.588
				72.1	33.2	33.2					
				63.9	24.6	24.6					
	20A 20B 20C	217.2	6.3	68.0	44.6	1.23*			17.9 35.4 28.5	28.40 56.24 45.20	0.417 0.780 0.683
				72.1	62.1				56.9	40.36	0.593
				66.1	55.2				59.8	42.38	0.663
	30A 30B 30C	209.3	14.1	68.0	82.6	25.7* 1.23*			54.9	38.90	0.588
				63.9	85.5				17.9 35.4 28.5	28.40 56.24 45.20	0.417 0.780 0.683
				66.1	80.6				56.9 40.36 38.90	40.36 38.90 38.90	0.593 0.663 0.588

\*: 無孔鋼管の付着強度を使用

平均値 0.031

平均値 0.655

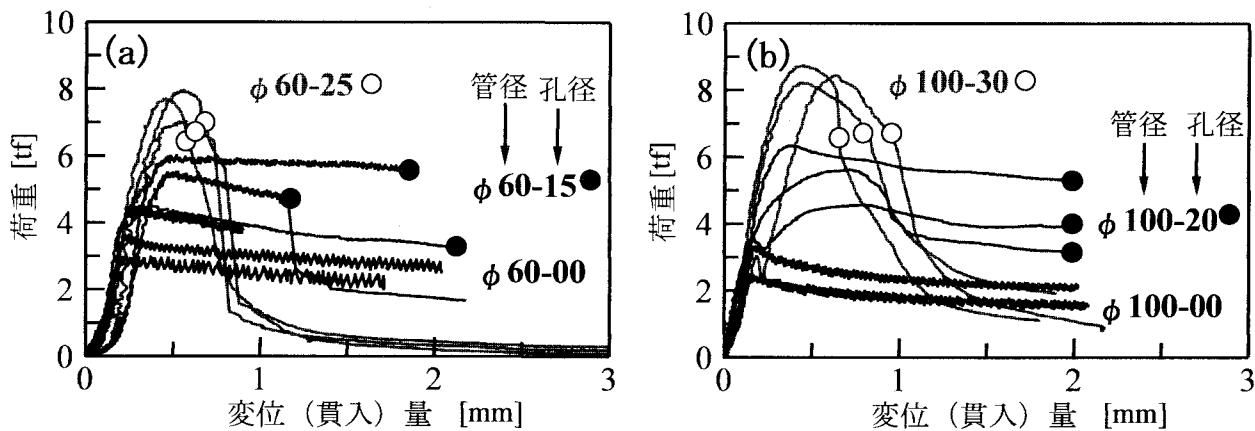


図-6 荷重-変位曲線（有孔鋼管）

トが粉状に破壊しているのを確認できた。したがって、ピーク荷重においてコンクリート・ダウエルがせん断破壊したものと考えられる。

実験結果の一覧を表-2に示す。有孔鋼管とコンクリートの押し抜きせん断強度  $F$  の評価の方法として、式 (1-a) に示すようにコンクリートダウエルのせん断強度  $F_s$  と钢管とコンクリートの付着せん断強度  $F_b$  の累加強度で表せるものと考える。

$$F = F_s + F_b \quad (1-a)$$

$$F_s = C_s A_c \quad (1-b)$$

$$F_b = C_b A_b \quad (1-c)$$

ここに、 $A_c$ : ダウエルのせん断面積 (=孔の面積×2) および  $A_b$ : 钢管の付着面積である。 $F$  および  $F_b$  に対してそれぞれ有孔鋼管および無孔鋼管の供試体から得られるビ

ーク荷重値を用いて整理した。ただし、有孔鋼管供試体の  $F_b$  は、同じ種類の無孔鋼管供試体から得られる  $C_b$  を用いて算出した。 $C_s$ ,  $C_b$  の全供試体の平均値は次式となる。

$$C_s = 0.66 f'_c \quad (2-a)$$

$$C_b = 0.031 f'_c \quad (2-b)$$

#### 4.2 表面処理钢管

表-3に表面処理钢管の押し抜き実験結果を表わし、それぞれの钢管の代表的な荷重-変位曲線を図-7に示す。付着強度  $C_s/f'_c$  は無処理→ad→SB→GBの順大きくなつており、プラスト処理の効果は明らかである。また、プラスト処理についても表面の凹凸の粗いグリットプラスト(GB)の方が付着強度が大きい。接着剤に関しては、供試体 60ad および 101ad ともに安定した付着強度を示して

表-3 押し抜き実験結果（表面処理鋼管）

供試体名		鋼管付着面積 $A_b$ (cm <sup>2</sup> )	コンクリート圧縮強度 $f_c'$ (MPa)	押し抜き強度 $F$ (kN)	鋼管表面の付着強度	
					$C_b = F/A_b$ (MPa)	$C_b/f_c'$
60	A	133.1	40.68	17.93	1.35	0.040
	B		40.68	25.58	1.92	
	C		40.68	21.66	1.63	
60SB	A	133.1	31.86	55.37	4.16	0.132
	B		31.86	56.55	4.25	
60GB	A	133.1	35.09	110.45	8.30	0.241
	B		35.09	114.66	8.61	
60ad	A	133.1	40.00	37.44	2.81	0.074
	B		40.00	38.91	2.92	
	C		40.00	40.87	3.07	
101	A	223.8	46.20	33.91	1.52	0.029
	B		46.20	25.48	1.14	
	C		46.20	30.87	1.38	
101SB	A	223.8	30.18	52.43	2.34	0.084
	B		30.18	60.76	2.71	
101ad	A	223.8	29.65	44.79	2.00	0.075
	B		29.65	54.59	2.44	

いる。また、図-7(a)のように荷重がいったん降下した後、再び上昇する傾向が見られる。なお、無処理鋼管から得られる付着強度の平均値は  $C_b=0.035 f_c'$  であり、4.1節の有孔鋼管について得られた式(2-b)との差は小さい。

## 5. まとめ

本研究では、鋼管とコンクリートの付着強度および特性について、有孔鋼管および表面処理鋼管の2種類について押抜き試験により検討し、次の結果を得た。

- (1) 有孔鋼管については、孔径が大きくなると鋼管内部と外部のコンクリートが一体化して形成されるコンクリートダウエルのせん断による寄与が大きく、見掛けの付着強度が増す。
- (2) 表面処理鋼管については、プラスト処理の効果は大きいが、プラストの種類によって凹凸の度合いが異なるため付着強度に大きな差を生じる。また、接着剤については、付着強度が無処理の場合の約2倍になるだけでなく、強度のばらつきが少なく安定する。

## 謝辞

本研究に際し、ライオン(株)の伊藤篤司氏には接着剤に関する情報を頂いた。また、供試体作成に当たっては金沢大学構造工学研究室の学生に協力願った。各氏に深謝を表す次第である。

## 参考文献

- 1) 前川幸次、吉田博、塩見昌紀：鋼管・コンクリート複合はりの静的および衝撃載荷実験、構造工学論文集、Vol.43A, pp.1481-1488, 1997.
- 2) Shiomi, M., Maegawa, K. and Yoshida, H. : Experimental Study on Deformation Ability of Steel Tube-Reinforced Concrete Composite Beams, Proc. of EASEC-7, pp.1003-1008, 1999.

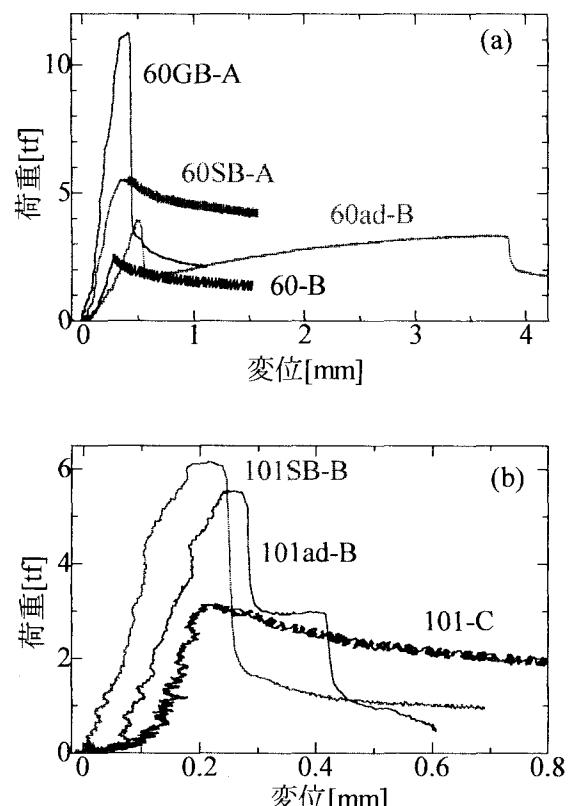


図-7 荷重-変位曲線（表面処理鋼管）