

# 鉄筋を被覆しているコルゲートチューブとセメント硬化体の付着性能に関する基礎研究

山本 貴正\*1・熊谷 茉祐\*2・波多野 結依\*2・今岡 克也\*3

**要旨：**著者らは、幅広い分野で使用されている安価なコルゲートチューブで鉄筋を覆い、その隙間にグラウト材を充填(鉄筋被覆 CT)することで、低コストで鉄筋コンクリート系構造物の中酸化・塩害を抑制、また近年、地球環境との調和を担う材料として注目されているポーラスコンクリートを長期的に補強できると考えた。そこで、まず、鉄筋被覆 CT の基本的な付着性能について、片側引抜き試験を通じて、実験的に検討した。その結果、鉄筋被覆 CT と母材モルタルおよび母材 POC の付着応力伝達機構は、付着応力度の大小を除き、無被覆鉄筋と同様であるなどの知見を得た。

**キーワード：**片側引抜き試験、非付着区間、最終破壊状況、モルタル、ポーラスコンクリート

## 1. はじめに

コンクリートの弱点である脆性を補う鉄筋は、中酸化・塩害で腐食すると、赤錆が発生しコンクリートのひび割れなどを引き起こす。これは、鉄筋コンクリート系構造物の耐力・耐久性を低下させる要因のひとつである。また、近年、地球環境との調和を担う材料として、透水、保水および揚水の機能を発揮するポーラスコンクリート(以下、POC)が注目されているが、これは連続空隙を有しているため、鉄筋を無被覆で使用できない。

以上を背景に、著者らは、幅広い分野で使用されている安価なコルゲートチューブ(以下、CT)で鉄筋を覆い、その隙間にグラウト材を充填(以下、鉄筋被覆 CT)することで、低コストでコンクリート系構造物の中酸化・塩害を抑制、また POC を長期的に補強できると考えた。そこで、まず本報では、鉄筋被覆 CT とセメント硬化体のモルタルおよび POC の基本的な付着性能について、片側引抜き試験を通じて、実験的に検討した。

## 2. 実験概要

### 2.1 検討項目

検討項目は、主に片側引抜き試験で得られる鉄筋被覆 CT とモルタルおよび POC の各付着応力度に及ぼす非付着区間有無、CT 被覆有無の影響である。非付着区間は、引抜き試験における荷重端側に設けられ、載荷板からの応力を均等化し試験誤差を小さくする<sup>1)</sup>。なお、表-1に、実験要因・水準などが示してある。

### 2.2 使用材料

水は水道水、セメントは普通ポルトランド(密度：3.15g/cm<sup>3</sup>、比表面積：3250cm<sup>2</sup>/g)、細骨材は多治見市大

畑町産の山砂(表乾密度：2.55g/cm<sup>3</sup>、吸水率：1.78%、実積率：65.3%)、粗骨材は瀬戸産の JIS 6 号砕石(粒径：5-13mm、表乾密度：2.70g/cm<sup>3</sup>、吸水率：0.52%、実積率：57.8%)、混和剤は高性能減水剤(主成分：ポリカルボン酸系コポリマー)、鉄筋は SDR295・D10、CT はポリプロピレン製(蛇腹形状、スリット無)の公称径が 23.7mm(蛇腹公称内径：19.5mm、公称波長：3.6mm)および 17.5mm(公称内径：13.2mm、公称波長：3.5mm)である。

### 2.3 試験体作製

#### (1) 鉄筋被覆 CT

鉄筋被覆 CT の作製は、写真-1 に示すように、CT の外側表面に、グラウト材の付着を防ぐため布テープを巻きつけた。また底側にもグラウト材が漏れないように布テープを被覆している。また、CT が反らないよう棒状の

表-1 実験要因・水準など

母材	試験体幅	付着長さ	補強筋公称径	荷重端側非付着区間長さ
モルタル POC	150mm	100mm	23.7mm (CT)	35mm
			9.53mm (D10)	35mm
モルタル	100mm	60mm	23.7mm (CT)	25mm
			17.5mm (CT)	無
			9.53mm (D10)	25mm

( )内 CT:鉄筋被覆CT, D10:無被覆鉄筋

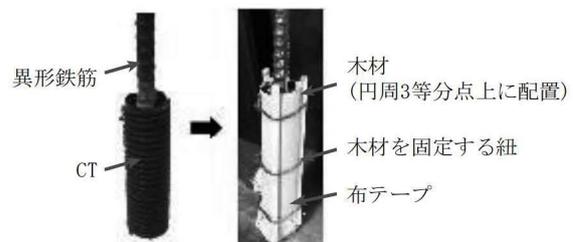


写真-1 鉄筋被覆CTの作製

\*1 愛知工業大学 工学部建築学科准教授 博士(工学)

\*2 国立豊田工業高等専門学校 建設システム工学専攻・専攻科生

\*3 国立豊田工業高等専門学校 建築学科教授 工博

木材を円周3等分点上に設置し、CTの芯に鉄筋を挿入した後、その隙間にグラウト材を注入した。

### (2) セメント系硬化体

グラウト材は容量5リットルのセメントペーストミキサー、母材モルタルは容量2切のモルタルミキサーおよび結合材は容量20リットルのモルタルミキサーを使用して混練りしている。練混ぜ時間は、グラウト材はセメントに混和剤を含んだ水を加え180秒間、母材モルタルおよび結合材は、ミキサー内に投入したセメントと細骨材を120秒間、その後、水を加え180秒間とした。各強度管理用試験体は鋼製の三連型枠(JIS R 5201:1997、内寸40mmx40mmx160mm)で成形している。養生は、グラウト材は気中封緘、母材モルタルは水中、結合材は、材齢7日目まで気中封緘、その後、水中とした。なお、表-2に、これらの調合が示してある。

POCの混練りは、上述の結合材を、あらかじめ粗骨材が投入されている容量60リットルの二軸強制練りミキサーに流し込み、その後、90秒間練り混ぜた。強度管理用試験体は鋼製円柱型枠(JIS R 5201:1997、内寸100mmx200mm)で5体を成形している。型枠への試料の詰め込みは、2層に分けて、突き棒で各層を7回で締固めた。混和剤はポリカルボン酸系高性能減水剤を使用した。調合設計において、調合空隙率は20%とし、粗骨材量は、締固めなどによる補正を無視し、JIS A 1104:2006「骨材の単位容積質量及び実積率試験方法」に準拠して測定した実積率とした。

### (3) 片側引抜き試験体

片側引抜き試験体の作製は、主にJSTM C 2101:1999「引抜き試験による鉄筋とコンクリートとの付着強さ試験方法」(以下、JSTM)に主に準拠した。試験体の付着長さお

表-2 調合

用途	質量比			混和剤 (セメント質量x%)
	水	セメント	砂	
グラウト材	0.25	1.00	-	6.00
母材モルタル	0.60	1.00	3.50	-
結合材	0.25	1.00	-	0.50

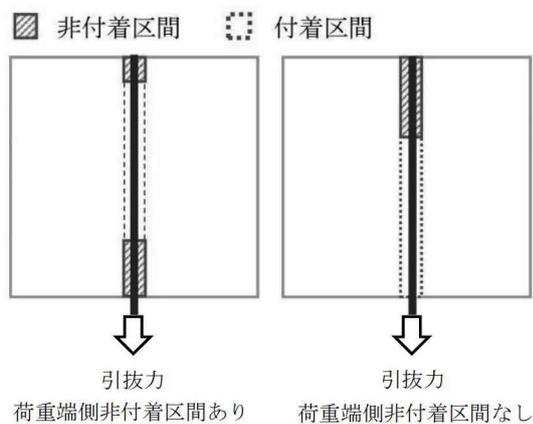


図-1 片側引抜き試験の概要

よび一辺の長さは、JSTMにおいてそれぞれ鉄筋の公称直径の4倍および6倍と規定されているが、鉄筋被覆CTの公称外径のそれに合わせた100mmおよび150mmとした実験において、CTで被覆されている鉄筋が破断したため、追加実験では60mmおよび100mmとした。CT被覆なしの試験体の付着長さおよび一辺の長さはCT被覆ありにそろえている。なお、ワッシャーを型枠側面の荷重端側および自由端側に2貼り付け、型枠へのモルタルの打ち込みにおいて、補強筋が移動しないようにした。同一試験条件の標本数は2である。JSTMには、CT被覆なし(無被覆鉄筋)の荷重端側と自由端側の非付着区間には、塩び管(呼び径:13mm、公称外径:18mm)を設置している。図-1には、これら試験の概要が示してある<sup>註1)</sup>。

型枠へのモルタルまたはPOCの詰め込みは、2層に分けて、突き棒で各層を22回で締固め、最後に突き棒を横にして容器の上面に反りながらならし、余分な試料をかきとる作業を施した。型枠内の補強筋が移動ないように振動締固めをしていない。

## 2.4 実験方法

### (1) 片側引抜き試験

片側引抜き試験では、豊田高専建築学科300kN級万能試験機を用いている。JSTMにて規定されている球座の代替として球座滑り軸受(球面ブッシュ、公称直径130mm)を用いた。また、載荷板と試験体の間に厚さ5mmのゴム板を挿入し、付着応力度に及ぼす試験体表面の凹凸の影響を少なくした<sup>4)</sup>。載荷板は、中央に直径30.0mmの孔が設けられており、球座滑り軸受の上下に配置している。引張力の載荷は、荷重制御で実施し、荷重載荷速度を、鉄筋の引張応力度が毎分49N/mm<sup>2</sup>程度としている。この試験の風景が写真-2に示してある。なお、付着応力度( $\tau$ )は、次式で算出する。

$$\tau = \alpha \cdot P / S \quad (1)$$

ここに、 $\alpha$ :母材の圧縮強度に対する補正係数[母材モルタル:30/母材圧縮強度(N/mm<sup>2</sup>), POC:1.0],  $P$ :引抜き力,  $S$ :付着

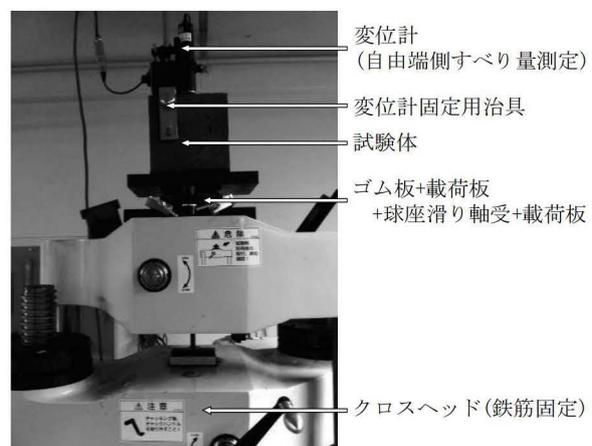


写真-2 片側引抜き試験の風景

区間の表面積(以下、付着表面積)

付着表面積は、最終破壊状況より CT 被覆有無それぞれ CT 部および鉄筋部とする。

最終破壊状況が母材付着割裂の最大付着応力度は、かぶり厚さとの高い相関が認められるため、次式を付着割裂応力度として定める。

$$\tau_{cr} = \beta \cdot \tau \quad (2)$$

ここに、 $\beta$ : かぶり厚補強筋径比に対する補正係数(3.0/かぶり厚補強筋径比)

JSTM では、片側引抜き供試体の幅を鉄筋径の 6 倍程度と規定している。そこで、本報では、基準となるかぶり厚補強筋径比を 3.0 とした。最大引抜き時の付着応力度(最大付着応力度)は、式(1)の最大値(最大付着引抜き応力度( $\tau_{max}$ ))および式(2)の最大値(最大付着割裂応力度( $\tau_{cr-max}$ ))を算出し、最終破壊状況に応じて検討する。

### (2) 材料強度試験

実験データの整理に必要なグラウト材、モルタルおよび結合材の曲げ強度および圧縮強度を、主に JIS R 5201:2015「セメントの物理試験方法」に基づき、測定した。また POC の圧縮強度および全空隙率を、JIS A 1108 :2006「コンクリートの圧縮強度試験方法」および JCI-SPO2「POC の空隙率試験方法(案)」に基づき測定した。なお、POC の圧縮強度試験体(標準試験体)の両端面に対し、平滑度を確保するため硫黄キャッピングを施した。片側引抜き供試体の空隙率は、測定が困難であるため、ここでは作製した標準供試体の空隙率と同等としている。鉄筋については、JIS Z 2241:2011「金属材料引張試験方法」に準拠して引張試験を実施した。

## 3. 実験結果・考察

### 3.1 材料強度試験

#### (1) グラウト材、モルタル、結合材

グラウト材、母材モルタルおよび結合材の強度試験結果を表-3 に示す。同表に示すように標本変動係数が 10%を超える試験結果が存在する<sup>註2)</sup>。これらについては、施工の精度に加えて、モルタルは細骨材の水と空気による界面状態などが、グラウト材および結合材はグラウト材混練時の温湿度が混和剤の効果に影響したことなどが考えられる。

#### (2) POC

POC 標準供試体の圧縮強度( $F_c$ ) と全空隙率( $P$ ) の関係を図-2 に示す。図中の曲線は、文献 6) の近似式の結合材強度に、本研究の結合材の圧縮強度を代入した次式である。

$$F_c = 55.4 \exp(-0.084 P) \quad (3)$$

同図より、各供試体の圧縮強度と全空隙率は、式(3)の曲線上に点在していることが認められる。なお、全空隙率

の平均値 40%と式(3)より得られる圧縮強度の推定値は 1.92N/mm<sup>2</sup>である。

### (3) 鉄筋

引張試験より、鉄筋の降伏耐力の範囲は 22.2-25.5kN、最大引張力の範囲は 31.3-34.6kN である結果を得た。

## 3.2 母材モルタルの引抜き実験

### (1) 付着引抜き応力度-すべり量関係

母材モルタルの付着引抜き応力度と荷重端側すべり量(以下、すべり量)の関係に及ぼす CT 被覆有無の影響の例を図-3 に示す。同図より、CT 被覆ありは、そのなしと比較して、同一すべり量の付着引抜き応力度が小さいことが認められる。これは、既往研究の鉄筋へのエポキシ樹脂塗装による付着応力度の低下を踏まえ<sup>7)</sup>、CT の素材および蛇腹状の付着は、無被覆鉄筋の素材および節と比較してそれぞれ低いことが起因していると考えられる。また CT 被覆有無ともに、すべり量がゼロの状態では付着引抜き応力度が増加していることがわかる。なお、全試験体ともにこれら傾向が認められる。これらのことから、ここでは、すべり量がゼロ時の最大付着応力度(以下、す

表-3 材料強度試験結果

母材	試験体幅	用途	曲げ強度		折片圧縮強度	
			平均値 (N/mm <sup>2</sup> )	s/m (%)	平均値 (N/mm <sup>2</sup> )	s/m (%)
モルタル	150mm	グラウト材	12.0	7.00	67.7	3.50
		母材モルタル	5.87	7.75	23.8	15.9
	100mm	グラウト材	8.96	23.0	73.9	12.0
		母材モルタル	5.90	4.37	33.5	5.1
POC	150mm	グラウト材	3.55	14.9	68.1	15.7
		結合材	9.47	11.4	55.4	13.0

s/m: 標本変動係数, 背景: 灰色塗(標本変動係数が10%超)

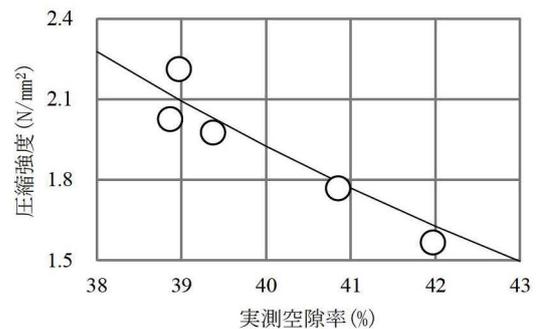


図-2 POCの圧縮強度-実測空隙率関係

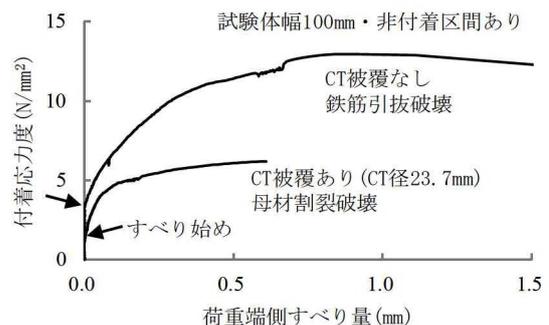


図-3 付着力-すべり量関係の例(母材モルタル)

表-4 実験結果一覧(母材モルタル)

試験体幅(mm)	付着長さ(mm)	CT被覆	補強筋公称径(mm)	非付着区間	付着長さ補強筋径比(L/D)	かぶり厚補強筋径比(C/D)	母材圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )	すべり始め引抜力(kN)	最大引抜力(kN)	最終破壊状況	すべり始め付着応力度(N/mm <sup>2</sup> )	最大付着引抜応力度(N/mm <sup>2</sup> )	最大付着割裂応力度(N/mm <sup>2</sup> )
150	100	あり	23.7 (CT)	なし	4.22	3.16	23.8	8.56	34.7	母材割裂	1.45	5.87	5.57
								8.50	28.6		1.44	4.84	4.59
								12.9	36.0		2.18	6.09	5.77
	なし	9.53 (D10)	なし	10.5	7.87	22.6		34.5	鉄筋破断	3.83	5.83	5.53	
						13.8		34.7		5.82	14.6	5.57	
						8.93		28.6		3.76	12.0	4.59	
100	60	あり	23.7 (CT)	あり	2.53	2.11	33.5	13.3	32.7	母材割裂	2.66	6.55	9.31
								6.26	30.9		1.26	6.19	8.80
								6.47	26.8		鉄筋引抜	1.76	7.28
	なし	9.53 (D10)	なし	6.30	5.25	-		28.6	CT引抜	-	7.78	8.17	
						2.76		26.3		1.38	13.1	7.50	
						7.19		27.3		3.58	13.6	7.77	

べり始め付着応力度( $\tau_{in}$ )についても検討する。なお、表-4には、母材モルタルの片側引抜き実験の結果が示してある。全試験体ともに最大引抜力到達時は、鉄筋が降伏している。グラウト材の充填性が高い鉄筋被覆CTは、鉄筋の引抜きが認められないため、式(1)の付着表面積を、CT部としている。同一試験条件の試験体は、CT公称直径(以下、CT径)が17.5mmを除き、同一の最終破壊状況である。CT径が17.5mmは、CT引抜き破壊と被覆鉄筋引抜き破壊が生じており、後者については、CT径が比較的小さく、グラウト材の充填性が低いことが原因であると考えられる。このことから、以降の検討において、被覆鉄筋引抜き破壊が生じた試験体は除外する。

(2) 各付着応力度に及ぼす付着区間有無の影響

CT被覆ありの非付着区間有無によるすべり始め付着応力度および最大付着応力度の差異を把握可能な実験データを表-5に示す。同表より非付着区間なしのすべり始め付着応力度および最大付着応力度は、そのありと比較して低いことがわかる。これは、既往研究の無被覆鉄筋の引抜き試験で得られている知見と同様に、非付着区間なしは、載荷板からの応力の均一性が、そのありと比較して低いことが影響していると考えられる。また、最終破壊状況が、非付着区間なしは母材割裂<sup>注3)</sup>、そのありは鉄筋引張である。前者は、後者と比較して、載荷板からの応力の均一性が、そのありと比較して低いことから、CT引抜き破壊または鉄筋引張破断が生じる前に母材モルタルの引張応力度が局部的に引張強度に到達したため母材付着割裂破壊が発生したと考えられる。

(3) 各付着応力度に及ぼすCT被覆有無の影響

非付着区間ありのCT被覆有無によるすべり始め付着応力度および最大付着応力度の差異を把握可能な実験データをそれぞれ表-6(a)(b)に示す。同表(a)より、試験体幅150mmと100mmのCT被覆ありのすべり始め付着応力度は、そのなしと比較して低いことが認められる。なお、最大付着応力度については、最終破壊形状が異なることから比較ができない。また同表(b)より、CT被覆ありの最大付着応力度は、そのなしと比較して低いことがわかる。これらは、CTの素材および蛇腹状の付着は、無被覆

表-5 非付着区間の影響(母材モルタル)

試験体幅(mm)	CT被覆	補強筋公称径(mm)	非付着区間	最終破壊状況	$\tau_{in}$ 平均値(N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{max}$ 平均値(N/mm <sup>2</sup> )
150	あり	23.7 (CT)	なしあり	母材割裂 鉄筋破断	1.44	5.36
					3.01	5.96

表-6 CT被覆有無の影響(母材モルタル)

(a) すべり始め付着応力度

試験体幅(mm)	CT被覆	補強筋公称径(mm)	非付着区間	最終破壊状況	$\tau_{in}$ 平均値(N/mm <sup>2</sup> )
150	あり	23.7 (CT)	あり	鉄筋破断	3.01
	なし	9.53 (D10)		鉄筋引抜	4.79
100	あり	23.7 (CT)		母材割裂	1.96
	なし	9.53 (D10)		鉄筋引抜	2.48

(b) 最大付着応力度

試験体幅(mm)	CT被覆	補強筋公称径(mm)	非付着区間	最終破壊状況	$\tau_{max}$ 平均値(N/mm <sup>2</sup> )
100	あり	17.5 (CT)	あり	CT引抜	7.78
	なし	9.53 (D10)		鉄筋破断	13.4

表-7 最終破壊状況と最大付着応力度(母材モルタル)

試験体幅(mm)	CT公称径(mm)	非付着区間	最大引抜力(kN)	最終破壊状況	$\tau_{max}$ 平均値(N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{cr \cdot max}$ 平均値(N/mm <sup>2</sup> )
150	23.7	あり	35.2	鉄筋引張	5.96	5.65
			31.8	母材割裂	6.37	9.06
100	17.5		28.6	CT引抜	7.78	8.17

鉄筋の素材および節と比較してそれぞれ低いことが起因していると考えられる。なお、無被覆鉄筋に対する鉄筋被覆CTの最大付着応力度は0.55程度であり、エポキシ樹脂塗装鉄筋のそれと比較して低い<sup>注4)</sup>。

(4) 最終破壊状況と最大付着応力度

CT被覆ありかつ非付着区間ありの最終破壊状況による最大付着応力度および最大付着割裂応力度の差異を把握可能な実験データを表-7に示す。同表より、母材割裂破壊はCT引抜き破壊と比較して、最大付着応力度(最大引抜力時の付着応力度)は低く、最大付着割裂応力度(最大引抜力時の付着割裂応力度)が高いことがわかる。また、鉄筋引張破断の各最大付着応力度は、母材割裂破壊およびCT引抜き破壊と比較して、低いことが認められる。これらのことから、鉄筋被覆CTの最終破壊条件は、既往研究の無被覆鉄筋のそれと同様に、かぶり厚補強筋比と付着

表-8 実験結果一覧(母材POC)

試験体幅(mm)	付着長さ(mm)	CT被覆	補強筋公称径(mm)	非付着区間	付着長さ補強筋径比(L/D)	かぶり厚補強筋径比(C/D)	すべり始め引抜力(kN)	最大引抜力(kN)	最終破壊状況	$\tau_m$		$\tau_{max}$		$\tau_{cr \cdot max}$	
										右段:平均値(N/mm <sup>2</sup> )	0.097	右段:平均値(N/mm <sup>2</sup> )	0.451	右段:平均値(N/mm <sup>2</sup> )	0.428
150	100	あり	23.7 (CT)	なし	4.22	3.16	0.792	3.74	母材割裂	0.106	0.097	0.502	0.451	0.48	0.428
							0.648	2.98		0.087	0.400	0.38			
							0.276	3.83		0.037	0.514	0.49	0.514		
		なし	9.53 (D10)	あり	10.5	7.87	0.252	4.25	CT引抜	0.034	0.035	0.571	0.543	0.54	0.514
							0.144	2.46		0.048	0.822	0.31	0.325		
							0.216	2.65		0.072	0.885	0.34			

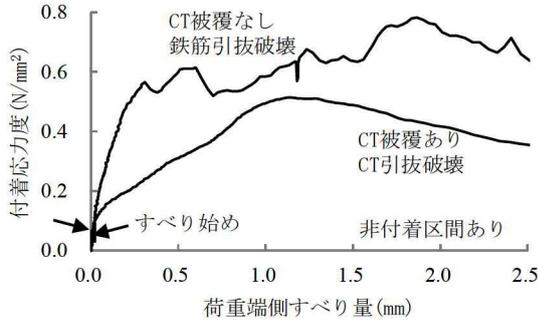


図-4 付着力-すべり量関係の例(母材POC)

長さの大小関係で決定すると考えられる。

### 3.3 母材 POC の引抜き実験

#### (1) 付着引抜応力度-すべり量関係

母材 POC の付着引抜応力度と荷重端側すべり量の関係に及ぼす CT 被覆有無の影響の例を図-4 に示す。同図より、母材 POC の付着引抜応力度-荷重端側すべり量関係に及ぼす CT 被覆有無の影響は、母材モルタルと同等の傾向(前述 3.2(1)参照)が認められる。これらのことから、以降、母材 POC においても、すべり始め付着応力度について検討する。なお、表-8 には、母材モルタルの片側引抜き実験の結果が示してある。

#### (2) 各付着応力度に及ぼす付着区間有無の影響

母材 POC の最大付着応力度と非付着区間有無の関係については、前掲表-8 より、母材モルタル(前述 3.2(2)参照)および既往研究の無被覆鉄筋と同等の傾向が認められる。これらのことから、鉄筋被覆 CT と母材 POC の付着応力伝達機構は、無被覆鉄筋および母材モルタルと同様であると考えられる(応力の大小関係は除く)。このことから、母材 POC に埋め込まれた鉄筋被覆 CT の引抜き試験においても、付着応力度に及ぼす試験方法の影響が生じないようにするひとつの手段として、非付着区間を設ける必要があると考えられる。以上を踏まえ、本節以降において、非付着区間なしの試験体は、検討対象から除外する。なお、非付着区間なしのすべり始め付着応力度は、そのありと比較して高い。このことについては、研究の現状では不明であるため、今後の課題となる。

#### (3) 各付着応力度に及ぼす CT 有無の影響

前掲表-8 より、CT 被覆ありはそのなしと比較して、すべり始め付着応力度および最大付着応力度の平均値は、

低いことが認められる。このことは母材モルタルと同等の傾向であり、CT の素材および蛇腹状の付着が起因していると考えられる。なお、既往研究より、圧縮強度が本研究と同等の母材 POC とエポキシ樹脂鉄筋の最大付着応力度の推定値は 0.95N/mm<sup>2</sup> であり、本研究の鉄筋被覆 CT のそれと比較して高い。なお、このエポキシ樹脂鉄筋に対する最鉄筋被覆 CT の最大付着応力度は 0.57 程度である。

### 4. おわりに

前章までに得られる知見を、次のように整理する。

- (1) 母材モルタルおよび母材 POC ともに、CT 被覆ありは、そのなしと比較して、同一すべり量の付着引抜応力度が小さい傾向がある。これは、既往研究の鉄筋へのエポキシ樹脂塗装による付着応力度の低下を踏まえ、CT の素材および蛇腹状の付着は、無被覆鉄筋の素材および筋と比較してそれぞれ低いことが起因していると考えられる。
- (2) 母材モルタルおよび母材 POC ともに、CT 被覆ありは、そのなしと同様に、すべり量がゼロの状態ですべり引抜応力度が増加している。
- (3) 母材モルタルおよび母材 POC ともに、CT 被覆ありかつ非付着区間なしの最大付着応力度は、そのありと比較して低い傾向がある。これは、既往研究の無被覆鉄筋の引抜き試験で得られている知見と同様に、非付着区間なしは、載荷板からの応力の均一性が、そのありと比較して低いことが影響していると考えられる。
- (4) 無被覆鉄筋に対する鉄筋被覆 CT の最大付着応力度は 0.55 程度であり、エポキシ樹脂塗装鉄筋のそれと比較して低い
- (5) CT 被覆ありかつ非付着区間ありの母材割裂破壊は CT 引抜破壊と比較して、最大付着応力度(最大引抜力時の付着応力度)は低く、最大付着割裂応力度(最大引抜力時の付着割裂応力度)が高い。これらのことから、鉄筋被覆 CT の最終破壊条件は、既往研究の無被覆鉄筋のそれと同様に、かぶり厚補強筋比と付着長さの大小関係で決定すると考えられる。
- (6) 上記を踏まえ、母材モルタルおよび母材 POC と鉄筋

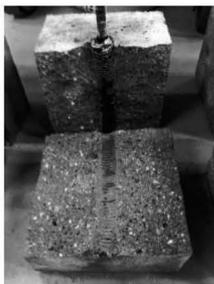
被覆 CT の付着応力伝達機構は、付着応力度の大小関係を除き、その無被覆鉄筋と同等であると考えられる。

### 謝辞

本稿の研究成果は、2017年度公益財団法人内藤科学技術振興財団研究助成金の支援による。また本実験を遂行するにあたり、竹本油脂株式会社、河野伊知郎教授・大畑卓也助教(豊田高専環境都市工学科)、長谷川京奈様(平成29年度豊田高専建築学科卒業生)のご助力を得た。

### 脚注

- 1) 荷重端側の非付着区間では、鉄筋が通る孔径を鉄筋直径に比例させる必要があるが、一般に、その外径は1.2-1.5D(補強筋径)程度である<sup>2)</sup>。自由端端にも非付着長さを設けるのがよいとの研究もあるが、このことについてはJSTM C 2101では考慮されていない。自由端の寸法は、各研究において異なるが、例えば、文献3)では、1.5Dである。
- 2) 繊維舗装コンクリートでは、曲げ強度の実態調査の結果、約80%の工事がその変動係数は10%以下であると推定されている<sup>5)</sup>。レディミクストコンクリートにおいて良好な管理がなされているかの目安となる圧縮強度の上限値は10%である。そこで、本研究では、標準変動係数が10%以上を品質が不良であるとした。
- 3) 母材モルタルおよび母材POCの母材割裂破壊を写真-3に示す。母材モルタルにおいては、CTの凹凸の跡が確認できるため、CTの付着は、施工性の影響を受けることなく十分に発揮されていると考えられる。



母材モルタル



母材POC

写真-3 母材割裂破壊

- 4) 無被覆鉄筋に対するエポキシ樹脂塗装鉄筋の付着応力度は、0.85程度である実験結果が得られている<sup>7)</sup>。

### 参考文献

- 1) 村田二郎, 河合糺菰: 引抜き試験による異形鉄筋の付着強度に関する研究, 土木学会論文集, 第348号, V-1, pp.113-122, 1984.8
- 2) 村田二郎: 引抜き試験による鉄筋とコンクリートとの付着強度試験方法(案), コンクリート工学, Vol.23, No.3, pp.8-11, 1985.5
- 3) 保坂剛, 八十島章, 大屋戸理明, 金久保利之: 腐食による鉄筋の断面減少が付着特性へ及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.1369-1374, 2009
- 4) 米田信年, 野口貴文, 朴同天, 濱崎仁: 補修モルタルと鉄筋の付着特性に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.29, No.2, pp.847-852, 2007
- 5) 柳田力: 舗装用コンクリート, コンクリート工学, Vol.14, No.6, pp.31-34, 1976.6
- 6) 湯浅幸久, 畑中重光, 三島直生, 前川明弘, 宮本高秀: ポーラスコンクリートの振動締固めに関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, No.552, pp.37-44, 2002.2
- 7) 津村壽樹, 上田隆雄, 新井康裕, 宮川豊章: エポキシ樹脂塗装鉄筋の付着改善に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.31, No.1, pp.777-782, 2009