

鉄筋を被覆したコルゲートチューブとモルタルの
最大付着応力度に関する基礎研究

準会員 ○熊谷 菜祐 1*
正会員 山本 貴正 2*
同 今岡 克也 3*

片側引抜き試験 最終破壊状況 かぶり厚さ
補強筋引抜強度 付着割裂強度

1. はじめに

前報¹⁾に引き続き、鉄筋を被覆したコルゲートチューブ(以下、鉄筋被覆 CT)とモルタルの最大付着応力度について実験的に検討したので、その結果などを報告する。

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 とモルタルの最大付着応力度に及ぼす CT 被覆の有無およびかぶり厚さに対する補強筋径(以下、かぶり厚補強筋径比)の影響である。片側引抜き試験は主に JSTM_C_2101:1999(以下、JSTM)に準拠し、かぶり厚さは、径 23.7mm の鉄筋被覆 CT 径の 4 倍程度の 100mm としている。

2.2 使用材料

CT と鉄筋の隙間に充填するグラウト材は、セメントペーストである。それと母材モルタルで使用した材料は同一である。水は水道水、セメントは普通ポルトランド(密度: 3.15g/cm³, 比表面積: 3250cm²/g), 細骨材は多治見市大畑町産の山砂(表乾密度: 2.55g/cm³, 吸水率: 1.78%, 実積率: 65.3%, 粗粒率: 2.91)を使用している。骨材は、微粒分を水洗いして取り除いた絶乾状態を使用し、絶乾状態の骨材に吸水率分の水を添加して骨材の含水状態を表乾状態とした。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)を使用した。

鉄筋は SDR295 の D10(降伏応力度: 337N/mm², 引張強さ: 472N/mm²), CT はポリプロピレン製の公称外径が 17.5mm(形状: 蛇腹, スリット: 無, 公称内径: 13.2mm, 公称波長: 3.5mm)である。

2.3 試験体作製

グラウト材のセメント水比は 4.0, 混和剤使用量はセメント質量比で 6.0%である。母材モルタルのセメント水比は 0.17, セメント砂比は 3.50 である。それぞれの強度管理用供試体は鋼製の三連型枠(JIS_R_5201:1997, 内寸 40mmx40mmx160mm)で成形した。養生は、グラウト材を実験室封緘, 母材モルタルを水中とした。

鉄筋被覆 CT の荷重端側と自由端側に非付着区間を設けた。その区間には、鉄筋周辺に塩ビ管(呼び径: 13mm, 公称外径: 18mm)を設置している。なお鉄筋に塩ビ管を固定するため、計画した非付着区間の箇所に布テープを巻き付けた後、塩ビ管を設置し固定した。付着区間は 60mm,

荷重端側の非付着区間は 25mm とした。

片側引抜き供試体の一辺の長さは、JSTM において鉄筋の公称直径の 6 倍と規定されているが、鉄筋被覆 CT の公称外径の 6 倍程度である 150mm とした前報¹⁾の片側引抜き試験において、CT で被覆されている鉄筋が破断したため、本追加実験では 100mm とした。試験条件を同一とするため、CT 被覆なしの供試体の一辺の長さも 100mm としている。なお、ワッシャーを型枠側面の荷重端側に 1 枚, 自由端側に 2 枚を貼り付け、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。

2.4 実験方法

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。なお、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。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。試験力の載荷は、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/mm²程度としている。

補強筋引抜応力度[τ (N/mm²)]は次式で算出した。

$$\tau = \alpha \cdot P / (L \cdot \pi \cdot D) \quad (1)$$

ここに、 α : 母材の圧縮強度に対する補正係数[30/母材圧縮強度(N/mm²)], P : 引抜力(N), D : 補強筋の公称直径(mm)

付着割裂破壊における最大付着応力度は、かぶり厚さとの相関性が認められるため²⁾, 付着割裂応力度[τ_{cr} (N/mm²)]を次式として定めた。

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

ここに、 β : 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)^{注1)}

グラウト材, 母材モルタルおよび結合材の強度管理用試験は JIS_R_5201:2015 のセメントの曲げ強さ・圧縮強さの試験方法に準拠して実施している。

3. 実験結果・考察

3.1 材料強度試験結果

グラウト材および母材モルタルの圧縮強度はそれぞれ

73.9N/mm² および 33.5 N/mm², 標本変動係数はそれぞれ 12.0%および 5.05%である。既報¹⁾ のグラウト材および母材モルタルの圧縮強度はそれぞれ 67.7N/mm² および 23.9 N/mm², 標本変動係数はそれぞれ 3.58%および 15.9%である。

3.2 片側引抜き試験結果

(a) 最終破壊状況

各片側引抜き供試体の最終破壊状況などを表-1 に示す。同表には、既報¹⁾の結果も併せて示してある。なお、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)(2)のDを、CTの公称直径とした。

同一試験条件の供試体は、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。なお、後述を含め、鉄筋被覆CTの破壊状況は、既往の無被覆鉄筋と同様に、かぶり厚補強筋径比が影響すると推察される。

(b) 無被覆鉄筋

CT被覆なしの供試体は、最大付着応力度に及ぼす付着長さ補強筋径比の影響は、見受けられない。全供試体の最終破壊状況は、鉄筋引抜き破壊であるため、最大付着応力度は、最大引抜き時の補強筋引抜き応力度(以下、補強筋引抜き強度)となり、その平均値は12.7N/mm²、標本変動係数は10.1%である。かぶり厚補強筋径比が5.2の最大引抜き時の付着割裂応力度は、平均値が7.63N/mm²であり、付着割裂強度は、これ以上であると推察される。

(c) 鉄筋被覆CT

鉄筋引張破壊が生じたかぶり厚補強筋径比が3.2の鉄筋被覆CTの供試体は、最大引抜き時の付着割裂応力度の平均値(=5.63N/mm²)が、着割裂破壊が生じたその2.1と比較

して低い。これは、かぶり厚補強筋径比が比較的大きいため、付着割裂破壊に先行して、鉄筋引張破壊が生じたためであると考えられる。

CT引抜き破壊が生じたCT径が17.5mmの供試体は、その付着割裂破壊が生じたCTが23.7mmと比較して、最大引抜き時の補強筋引抜き応力度は高いが、付着割裂応力度は低い。最大付着応力度に及ぼすCT径の影響がないと仮定すると、これは、かぶり厚補強筋径比が比較的大きいため、付着割裂破壊に先行して、CT引張破壊が生じたためであると考えられる。

(d) CT被覆有無の影響

最大付着応力度に及ぼすCT径の影響がないと仮定すると、鉄筋被覆CTの補強筋引抜き強度(=7.78N/mm²)は、無被覆鉄筋の平均値(=12.7N/mm²)と3.0s(s:標本変動係数と平均値の積)の差以下である。付着割裂強度(平均値が6.37N/mm²)は、既往の無補強鉄筋とコンクリートの片側引抜き試験の結果²⁾を参考にすると、それと比較して低い。

4. おわりに

鉄筋を被覆した鉄筋被覆CTとモルタルの補強筋引抜き強度および付着割裂強度について実験的に検討した。

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、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) 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。

参考文献 1) 熊谷, 他 4名: AIJ 東海支部研究報告集, 第56号, pp.37-40 2) 村田・河合: JSCE 論文集, 第348号/V-1, pp.113-122

表-1 実験結果一覧

CT被覆	補強筋公称直径 [mm]	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 ²]	最終破壊状況	最大引抜き力 (kN)	最大引抜き時	
							補強筋引抜き応力度 式(1) [N/mm ²]	付着割裂応力度 式(2) [N/mm ²]
無	9.53	10.5	7.9	33.5	鉄筋引抜き	34.7	13.9	5.57
						28.6	11.5	4.59
						26.3	12.5	7.50
有	23.7	4.2	3.2	33.5	鉄筋引張	27.3	12.9	7.77
						35.69	6.04	5.73
						34.46	5.83	5.53
有	17.5	2.5	2.1	23.8	付着割裂	32.68	6.55	9.31
						30.88	6.19	8.80
有	17.5	3.4	2.9	23.8	CT引抜き	28.64	7.78	8.17
						26.82	7.28	7.65

1* 豊田工業高等専門学校建設工学専攻 専攻科生

2* 愛知工業大学工学部建築学科 准教授 博士(工学)

3* 豊田工業高等専門学校建築学科 教授 工博

1* Student, Advanced Course of Arch., National Institute of Technology, Toyota College

2* Ass. Prof., Department of Architecture, Faculty of Eng., Aichi Institute of Technology, Dr. Eng.

3* Prof., Department of Architecture, National Institute of Technology, Toyota College, Dr. Eng.