

## コルゲートチューブで被覆された鉄筋で補強したモルタルの曲げ性能に関する基礎研究

愛知工業大学 正会員 ○山本 貴正 豊田工業高等専門学校 正会員 大畑 卓也  
愛知工業大学 会員外 山田 和夫 豊田工業高等専門学校 会員外 波多野 結依

### 1. はじめに

著者らは、鉄筋をコルゲートチューブ(以下、CT)で覆い、隙間にグラウト材を充填(以下、鉄筋被覆CT)することで、低コストでセメント硬化体の中性化・塩害を抑制できると考えた。本報は、鉄筋被覆CTの付着性能の基礎資料を得ることを目的として、中央に鉄筋が配置された鉄筋補強モルタル梁の曲げ性能に及ぼすCT被覆の影響について実験的に検討している。実験要因は、CTの公称直径およびCT被覆有無である。

### 2. 実験概要

#### 2.1 使用材料

セメント硬化体に使用した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), 細骨材は山砂(表乾密度:2.55g/cm<sup>3</sup>, 吸水率:1.78%, 実積率:65.3%), 混和剤は高性能減水剤である。鉄筋はD10(降伏応力:341N/mm<sup>2</sup>), CTはポリプロピレン製(蛇腹形状, スリット無)の公称径23.7mm(公称内径:19.5mm, 公称波長:3.6mm)および公称径17.5mm(公称内径:13.2mm, 公称波長:3.5mm)である。

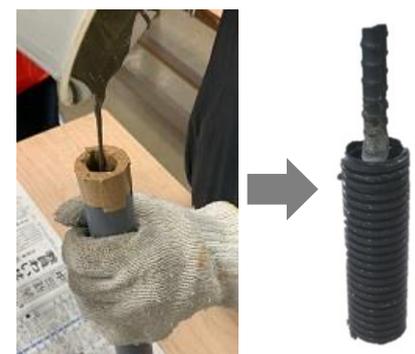
#### 2.2 試験体作製

鉄筋被覆CTは、写真-1に示すように、予め硬質ポリ塩化ビニル管(以下、塩ビ管)に挿入されているCTへグラウト材を注入した後、芯に鉄筋を挿入して作製した。塩ビ管とCTの隙間にグラウト材が流入しないように布テープを貼付している。

鉄筋補強モルタルは、内寸100x100x400mmの鋼製型枠を使用して作製した。短手側の型枠に、補強筋径に併せて中央を削孔した高さ40mmのスギ板を配置し、そこに鉄筋被覆CTおよび無被覆鉄筋を挿入した後、母材となるモルタルを型枠内に打設している。同一条件試験体の標本数は3であり、モルタル打設の翌日から、強度試験実施まで水中養生している。母材モルタル管理用供試体は、JIS R 5201の鋼製の三連型枠で成形し、養生は、鉄筋補強モルタルと同一である。セメント水比は、グラウト材は4.0, モルタルは1.7, モルタルの砂セメント比は3.5である。

#### 2.3 実験方法

母材モルタル管理用供試体の強さ試験を、JIS R 5201に準拠して実施した。鉄筋補強モルタルの曲げせん断試験は、図-1に示すような単純梁の二点集中載荷で実施した。なお、載荷面をモルタル打設方向としている。変位は、試験機のラムストロークで測定している。



鉄筋挿入かつグラウト材硬化後、塩ビ管から鉄筋被覆CTを抜き

写真-1 鉄筋被覆CTの作製

### 3. 実験結果・考察

#### 3.1 荷重-変形関係

図-2(a)~(c)に、各種鉄筋補強モルタルの荷重-変形関係を示す。縦軸は、次式で算出した曲げひび割れモーメント到達時の荷重(以下、曲げひび割れ荷重推定値( $M_{cr}$ ))に対する荷重である。

$$M_{cr} = Z \cdot f_b \quad (1)$$

ここに、 $Z$ :試験体の主筋部を無視して求めた断面係数、 $f_b$ :母材モルタル管理用試験体の曲げ強度  
横軸は、試験機のラムストロークである。なお、最終破壊状況は、全試験体ともに母材割裂と曲げひび割れである。なお、曲げ引張ひび割れが発生している。同

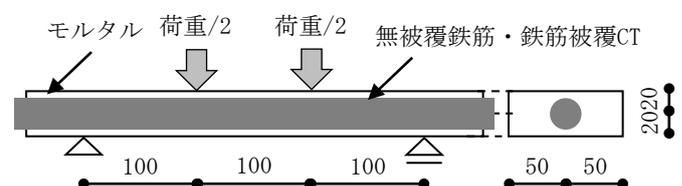


図-1 鉄筋補強モルタルの曲げせん断試験の概要

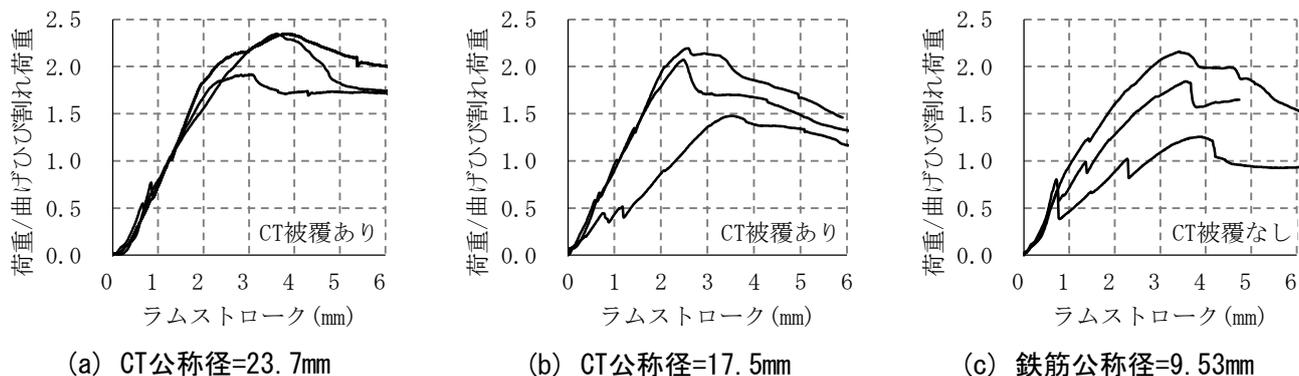


図-2 曲げせん断試験の荷重-変形関係

図より、各供試体ともに、最大荷重到達前に、一時的に荷重が低下していることがわかる。ここでは、はじめの一時的な荷重低下をする前の最大荷重を1次ピーク時荷重と呼ぶ。

### 3.2 最大荷重・1次ピーク荷重

表-1に、各種鉄筋補強モルタルの曲げひび割れ荷重推定値に対する最大荷重(以下、最大曲げ補強効果比)および1次ピーク時荷重(以下、1次ピーク時曲げ補強効果)の平均値および標本標準偏差を示す。

表-1 最大荷重・1次ピーク時荷重

補強筋	補強筋公称径 (mm)	最大曲げ補強効果比		1次ピーク時曲げ補強効果比	
		平均値	s/m	平均値	s/m
鉄筋被覆	23.7	2.18	0.116	0.79	0.142
CT	17.5	1.89	0.086	0.62	0.248
無被覆鉄筋	9.53	1.59	0.155	0.82	0.268

s/m: 標本変動係数

同表より、CT被覆ありは、CT被覆なしと比較して、最大曲げ補強効果比の平均値が高いことがわかる。これは、母材モルタルと比較して強度が高いグラウト材を鉄筋に被覆させたことで、鉄筋の最大付着割裂応力度が上昇したためと推察される。なお、鉄筋と比較して直径が大きいCTを被覆することで、かぶり厚さが小さくなるが、曲げ補強効果比は低下していない。これは、次式が成立しているためであると考えられる。

$$「CTのf_{cr}」 \times 「CTのS」 > 「被覆鉄筋のf_{cr}」 \times 「被覆鉄筋のS」 \quad (2)$$

ここに、 $f_{cr}$ : 最大付着割裂応力度、 $S$ : 表面積

なお、CTと無被覆鉄筋の最大付着割裂応力度は不明であるため、検討課題となる。またCT公称径が大きいと、曲げ補強効果比が高いことがわかる。これは、CTの公称径を大きくする、換言すると、表面積を大きくすることによる最大付着割裂力の増加量が、かぶり厚さを小さくすることによる最大付着割裂力の減少量を超えているためであると考えられる。

同表より、1次ピーク時曲げ補強効果比の平均値は、CT被覆の影響を受けないこと、また1.0より小さいことがわかる。これは、1次ピーク時荷重到達までは、鉄筋が中立軸に位置していること、また式(1)による曲げひび割れ荷重推定値の算出において、母材モルタル管理用供試体の一点載荷による曲げ強度を使用しているためと推察される。なお、コンクリートの曲げ強度は、一点載荷と比較して二点載荷は低くなると言われている<sup>1)</sup>。これらを踏まえ、1次ピーク時荷重後に、曲げ引張の負担が、モルタルから主筋へ移るため、荷重が一時的に低下すると推測される。

### 4. おわりに

中央に鉄筋が配置された鉄筋補強モルタル梁の曲げ性能に及ぼすCT被覆の影響について、実験的に検討した。その結果、CT被覆の影響は、最大荷重に及ぼすが、1次ピーク時荷重に及ぼさないなどの知見を得た。

### 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および平成30年度愛知工業大学研究特別助成の支援による。また本実験を遂行するにあたり、愛知工業大学本科生の古橋健汰様、吉田教浩様、豊田高専専攻科の熊谷菜祐様のご助力を得た。

### 参考文献

- 1) 小阪義夫: コンクリートと力(2), コンクリート工学, Vol.17, No.5, pp.56-61, 1979.5