

チューブが挿入された鉄筋で補強したモルタル単純梁の曲げ・せん断性状に関する基礎研究

Bending-Shear Tests of Motor Simple Beams with Steel Bar Inserted by the Tube

チューブ 継手 グラウト 正会員 山本 貴正** Takamasa YAMAMOTO
 会員外 ○中条 吉博* CHUJO Yoshihiro 同 大庭 海渡* Kaito OBA
 同 小林 快* Kai KOBAYASHI 同 石川 海斗* Kaito ISHIKAWA
 主筋 せん断補強筋

1. はじめに

鉄筋で補強されるコンクリート構造物は、かぶり厚が規定されている。かぶり厚を規定されている制限値以下にすることができれば、例えば、塀や間仕切り壁に使用される空洞レンガ積み的美観性をさらに高めることができる。また、近年、建設現場においては、技術者の不足による施工効率の低下を防ぎ、品質安定性の確保が可能なプレキャスト化の導入促進が求められている^(例えば, 1)。

以上の背景のもと、筆者らは、幅広い分野で使用されている安価な合成樹脂製のコルゲートチューブ(以下, CT)に注目した。表面が凹凸の蛇腹状であるCTは、異形鉄筋と同様に付着を期待できるため、CTの芯に無被覆鉄筋を挿入し、隙間をグラウトした補強筋(以下、鉄筋内蔵CT)を従来の鉄筋の代替とすれば、特殊な生産管理が不要かつ現場施工が可能でもあり、これは、経済的にも優れた鉄筋の発錆抑制になり、上述の望みを満たすことが可能である²⁾。さらに、前報²⁾に引き続き、せん断補強筋は、必ずしも付着を必要としないため、鉄筋に合成樹脂製のチューブホース(以下, TH)を挿入させることで、発錆を抑制できると考えた。また、プレキャスト化については、まず主筋となるグラウト未注入のCTが配置された複数の単体ブロックを、CTの両先端が合うように並べ、次に、これら隣接する単体ブロックのCTにグラウト材を注入、さらに鉄筋を挿入して複数のブロックを一体化する工法(後述図-1 参照)を考案した。本稿は、鉄筋が挿入されているチューブのモルタルへのせん断補強効果、また上記の考案したプレキャスト工法について、単純梁試験体を用いて実験的に検討している。

2. 実験概要

2.1 検討項目

単純梁の中央一点集中荷重載荷試験を通じて、鉄筋補強モルタルの曲げせん断性状に及ぼすせん断補強筋への

チューブの被覆有無の影響、また曲げ性状に及ぼす荷重載荷面の継手有無の影響を検討した。ここでは、以降、前者および後者、それぞれを実験Qおよび実験Mと呼ぶ。なお、それぞれ表-1(a)(b)に、試験体概要が示してある。継手シリーズについては、予備実験と本実験を実施している。

2.2 使用材料

(a) 主筋・せん断補強筋

主筋・せん断補強筋に使用した鉄筋は、呼び名D6およびD10の異形棒鋼、また公称径4mmのミガキ普通丸鋼(以下, M4)である。CTはポリプロピレン製のスリットなしの公称径10.2mm、THはポリエチレン製の公称径6.0mm、

表-1 実験概要
(a) 実験Q

設計した破壊形状	試験体荷重載荷断面設計高×幅	せん断補強筋		主筋 上・下端筋
		使用鉄筋	使用チューブ	
せん断	100mm×100mm	D6	CT なし	2-D10
		なし*	なし	
		M4	TH なし	
曲げ	100mm×100mm	M4	TH なし	2-D6
		なし	なし	

*使用鉄筋D6の試験体のモルタルと同一バッチ

(b) 実験M

試験体荷重載荷断面設計高×幅	主筋		継手	備考
	鉄筋	チューブ		
39mm×100mm	D6	CT10.4	なし	予備実験 : n=2
			あり	—

同一条件試験体数[n] : 3

* 愛知工業大学工学部建築学科 学部生

** 愛知工業大学工学部建築学科 准教授 博士(工学)

Undergraduate Student, Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Aichi Institute of Technology

Assoc. Prof., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering, Aichi Institute of Technology, Dr. Eng

公称厚 2.0mm を使用した。

(b) グラウト・モルタル

グラウト材および母材モルタルに使用した水は水道水、セメントは普通ポルトランドセメント(密度 3.15g/cm³, 比表面積 3250cm²/g), 細骨材は, 瀬戸市下半田川町産の山砂(表乾密度 2.58g/cm³, 吸水率 1.45%)を使用した。モルタルのセメント水比および砂セメント比はそれぞれ 1.5 および体積比で 3.0, グラウトのセメント水比は 2.2 である。

2.3 試験体作製

(a) せん断補強筋

せん断補強筋は, 末端を 135 度フックとした閉鎖形とし, 折曲げ角度は 135 度, 余長は使用鉄筋の公称径の 6 倍とした。鉄筋内蔵 UB 型 CT においては, 鉄筋 D6 を曲率半径 5mm で曲げ加工した後, そこに CT を通して作製した。鉄筋内蔵 UB 型 TH においては, 鉄筋 M4 に TH を挿入した後, 曲げ加工して作成した。

(b) 主筋

鉄筋内蔵 CT は, 鉄筋無挿入の CT が配置されている曲げ試験体を作製した後(後述図-1 参照), 足踏注入器(踏込吐出量 10cc/回, 踏込力量 15kg, 吐出圧力 3.0MPa, ノズル公称外径 6.0mm)でグラウト材を CT 内に注入し, 続いて, 鉄筋 D6 を芯に挿入して作製した。この注入経路の排出側には, グラウト材が漏れないように布テープを貼

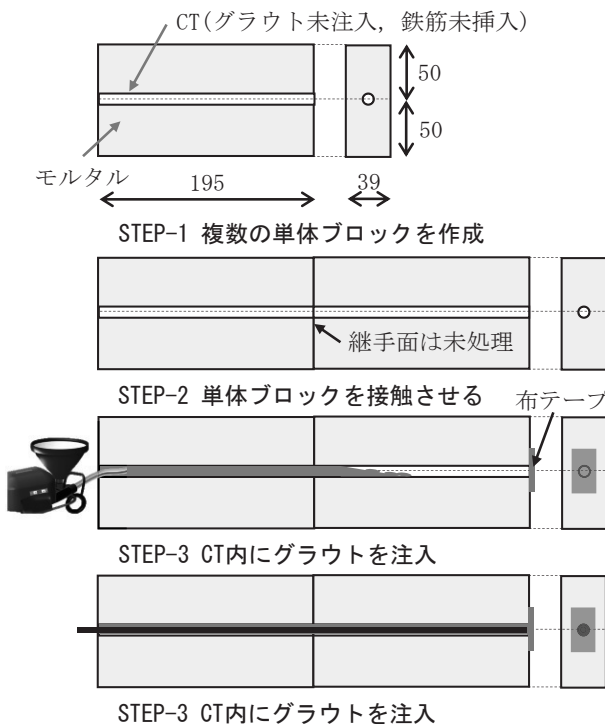


図-1 実験Mの継手ありの試験体作製手順(概略図)

付している。なお, グラウト材の強度管理用試験体を, JIS R 5201 に準拠して鋼製三連型枠で成形した。継手ありは, 単体ブロックを, CT の両先端が合うように並べ, 次に, これらにグラウト材を注入, さらに鉄筋を挿入して作製した。

(c) 単純梁試験体

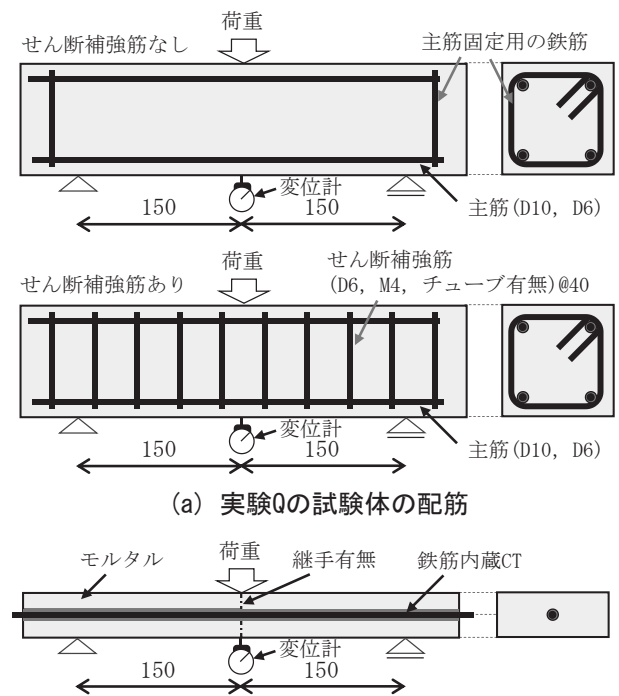
実験 Q の単純梁試験体は, 結束線を用いて, 上記のせん断補強筋と主筋を結束した後, これを公称内幅 100mm×100mm×400mm の型枠内に設置し, その後, モルタルを流し込み成形した。モルタルの各強度管理用試験体を, JIS R 5201 準拠して鋼製三連型枠で成形している。

実験 M の単純梁試験体は, あらかじめ主筋である D10 およびグラウトをしていない鉄筋内蔵 CT を型枠板の両側面中央に設けた直径 12.0mm の開孔に通し, その後, モルタルを打設して成形した。なお, 継目ありの試験体は, 図-1 に通すように, 39mm×100mm×195mm の単体ブロックを並べて, グラウト材を上述の主筋と同様に, CT 内に注入した後, 鉄筋 D6 を芯に挿入して作成した。なお, 予備実験では, 継手部は未処理である。ただし, 本実験においては, 継手部を, 外周 4 面に布テープを貼付して固定した。

2.4 試験・計測

(a) 単純梁曲げ試験

左右対称スパン 150mm の一点集中荷重の単純梁曲げ試



(b) 実験Mの単純梁曲げ試験

図-2 試験方法の概要

験を実験 Q および M においてそれぞれ図-2 (a) (b) に示すように実施した。試験体中央に変位計を設置したわみを、またクロスヘッドの移動量を測定している。また、載荷方向の側は打設面を側面として試験を実施している。

(b) 材料試験

グラウト材とモルタルの各強度管理用試験体の強度試験を JIS R 5201:2015 に準拠して実施し、各曲げ強度・折片圧縮強度を計測した。鉄筋の引張試験を JIS Z 2241:2011 に準拠して実施した。

3. 実験結果・考察

3.1 材料試験

表-2 に、セメント硬化体のグラウトとモルタルの強度試験結果を示す。表中アスタリスク付きの母材モルタルの強度管理用試験体は、同一条件試験体数 3 の内 1 体は、著しく小さい最大曲げ荷重であるため、ここでは対象から除外している。なお、この除外した試験体のみ、相対的に著しい斜めのひび割れが発生した。

表-3 に、鉄筋の引張試験結果を示す。みがき鋼の M4 は、明確な降伏点が認められない、かつ全同一条件試験体ともに、破断箇所が標点間の外であるため、引張強度のみ掲載してある。

3.2 せん断補強筋実験 (実験 Q)

(a) せん断破壊をさせた試験体

図-3 (a) (b) に、実験 Q のせん断破壊をさせた試験体 (主筋 D10) の荷重と見掛け中央たわみの関係を示す。図 (a) の CT 被覆なしの試験体は、中央たわみを正確に計測できていないことから、図 (a) 中に最大荷重のみ記載してある。また、図 (b) には、せん断補強筋なしの試験体が参考のため併せて示してある。なお、図中の実線、太い点線および細い点線はそれぞれせん断補強筋ありかつ CT 被覆あり、せん断補強筋ありかつ CT 被覆なし、およびせん断補強筋なしの試験体を表している。

同図 (a) (b) より、各せん断補強筋の試験体ともに、CT 被覆ありの試験体の最大荷重は、その CT 被覆なしと比較して、低いこと、またそのせん断補強筋なしと同程度であることが見受けられる。また同図 (b) より、CT 被覆ありの試験体のせん断靱性は、せん断補強筋による効果がほとんど見受けられないことも見受けられる。以上を踏まえ、せん断補強筋にチューブを被覆すると、せん断破壊荷重および靱性に対するせん断補強筋の効果が失われる可能性があると考えられる。

(b) 曲げ破壊をさせた試験体

図-4 に、実験 Q の曲げ破壊をさせた試験体 (主筋 D6) の荷重と見掛け中央たわみの関係を示す。図中の実線、太い点線および細い点線はそれぞれせん断補強筋ありか

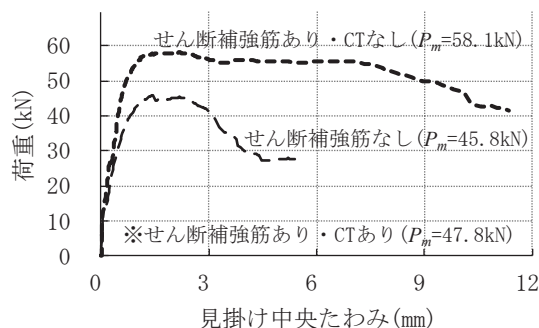
表-2 セメント硬化体の強さ試験結果

用途	該当する試験体	曲げ強度 (N/mm ²)	折片圧縮強度 (N/mm ²)
母材	実験Qせん断	5.50	43.9
母材*	実験Qせん断, 実験M本実験	3.26	43.3
母材	実験Q曲げ, 実験M予備実験	8.45	40.1
グラウト	実験M予備実験	2.40	49.1

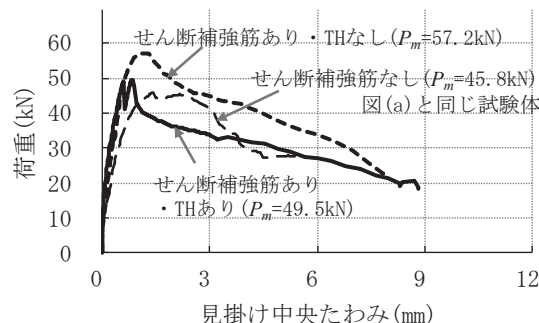
*同一条件試験体(モルタルバー)数:2

表-3 鉄筋の引張試験結果

サイズ	引張降伏応力度 (N/mm ²)	引張強度 (N/mm ²)	降伏比	破断伸び率 (%)
D10	361	490	0.74	29.7
D6	399	535	0.74	27.0
M4	-	832	-	-



(a) せん断補強筋D・CT有無6



(b) せん断補強筋M4・TH有無

図-3 実験Q (せん断破壊, 主筋D10)

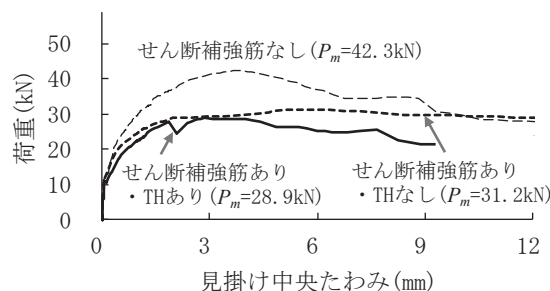


図-4 実験Q (曲げ破壊, 主筋D6)

つCT被覆あり，せん断補強筋ありかつCT被覆なし，およびせん断補強筋なしの試験体を表している。

同図より，曲げ破壊荷重および靱性に及ぼすTH被覆有無の影響はほとんどないが，せん断補強筋を施すことで，曲げ破壊荷重が低下していることが見受けられる。これは材料強度の誤差や過密配筋などが起因していると考えられるが，試験体数が少ないため，定量的なことは言えず，このことは今度再検討する必要がある。

3.3 主筋実験(実験M)

(a) 破壊状況

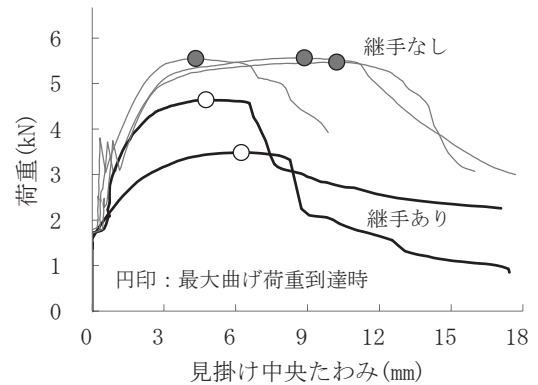
継手なしの全試験体は，ポストピーク後に目視できる程度の曲げひび割れを確認した。なお，継手有無ともに，最大曲げ荷重到達付近で曲げ破壊が生じ，その後，同写真(a)(b)に示すような付着割裂破壊により荷重が比較的厳しく劣化した。上記のポストピークは，モルタルの曲げひび割れ発生時に生じている可能性がある²⁾。また，ポストピーク後の荷重劣化は，モルタルの曲げひび割れ発生で，曲げ引張力の鉄筋の負担が増え，圧縮縁から中立軸までの距離が小さくなることが起因していると考えられる²⁾。

(b) 荷重-中央たわみ関係

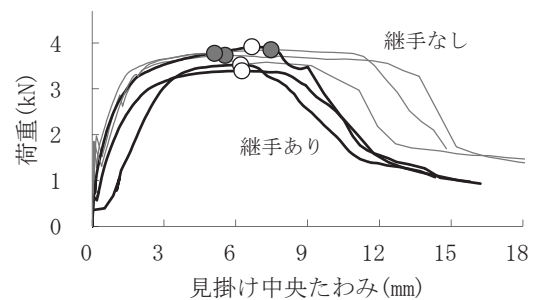
図-5(a)(b)に，実験Mの予備および本実験の荷重-中央たわみ関係をそれぞれ示す。各図中の各線は，それぞれ継手ありおよびなしを，各印は，それぞれ継手ありおよびなしの最大曲げ荷重到達時を表している。

同図(a)より，予備実験においては，全ての継手なしの群は，継手ありの群と比較して，最大曲げ荷重が小さいことが認められる。また，同一条件試験体数が少ないため一概には言えないが，継手ありにおいては，2体の同一条件試験体の最大耐力の差が比較的大きい。これは，試験体作製時のCT内にグラウトを注入する際に，接合個所を固定していないため，継手部における隙間の幅が起因していると考えられる。なお，試験実施前に，継手部の隙間の幅は，計測などしていない。以上を踏まえ，追加実験では，試験体作製時のCT内にグラウトを注入する際に，接合個所を固定し，かつ継手部の隙間の幅を計測した。

同図(b)より，本実験においては，全ての継手なしの群は，継手ありの群と比較して，最大曲げ荷重の差は見受けられない。なお，継手なしとありの群それぞれの最大曲げ荷重は，平均値については有意水準5%で有意差ありとは言えない。標準偏差については有意水準5%で有意差なしとは言えない。このことから，継手ありの群の最大曲げ荷重は，ばらつきが大きいと仮定すると，これは継手部の隙間の間隔が影響していると考えられる。なお，



(a) 予備実験



(b) 本備実験

図-5 実験Iの曲げ荷重-中央たわみ関係

この間隔は，クラックスケール(最小目盛り0.05mm)で計測すると，0.70mm程度である。

4. おわりに

鉄筋が挿入されているチューブのモルタルへのせん断補強効果，また考案したプレキャスト工法についてについて検討した。

謝辞

本研究の一部は，科学研究費補助金(基盤C，研究課題番号21K04343)の助成による。

参考文献

- 1) 国土交通省：国土交通省土木工事におけるプレキャスト工法の活用事例，2021.2
- 2) 山本貴正，大畑卓也：鉄筋が挿入されているコルゲートチューブの付着性能について，防錆管理，Vol. 65，No. 8，pp. 281-288，2021.8