

GFRP 筋を用いたセグメントの性能確認試験

鹿島建設(株) 正会員 鈴木義信 小坂琢郎 ○北原雅俊 森下真那人 平 陽兵
ジオスター(株) 尾上 聡

1. はじめに

近年，鋼材や鉄筋に代わる補強材として，連続繊維を用いたコンクリート部材の利用が増加している．シーールドトンネルにおいても，分岐部や合流部構築時の開口部にシーールド機で切削可能な連続繊維補強材を用いたコンクリート製セグメントを適用する事例が増えてきている．シーールド機で切削可能な連続繊維補強材としては，これまで炭素繊維の適用が一般的であったが，より安価なガラス繊維に着目し，ガラス繊維補強筋（Grass Fiber Reinforced Plastic 以下，GFRP 筋）を用いたセグメントの開発を進めている．

本稿では，GFRP 筋を用いたセグメントの基本性能を確認するために実施したセグメントの曲げ試験およびせん断試験結果について報告する．

2. 試験方法

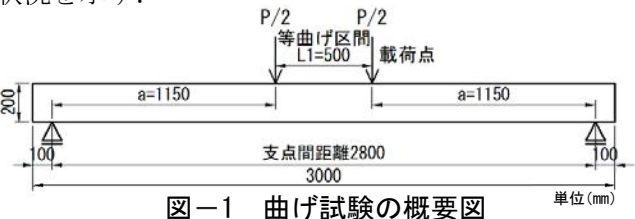
図－1，2 に曲げ試験およびせん断試験の概要図を示す．両試験は，長さ 3,000mm，幅 800mm，高さ 200mm のコンクリート製平板型試験体に，自重の影響を受けない 2 点載荷方式により，10kN ピッチで載荷した．表－1 に試験条件を示す．

単体引張試験により実測した GFRP 筋のヤング係数（ E_{fu} ）は 56,300N/mm² であり，鉄筋の約 1/4 と小さい．また，実測したコンクリートのヤング係数（ E_c ）から求めた試験体のヤング係数比（ E_{fu}/E_c ）は約 1.9～2.0 であった．

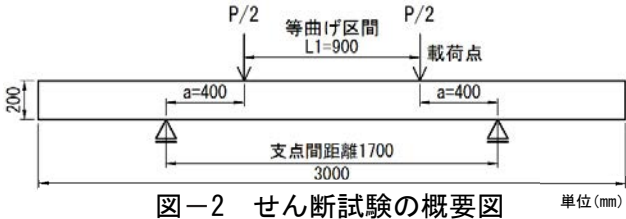
せん断試験は，コンクリートが負担するせん断力 V_c とせん断補強筋が負担するせん断力 V_s を分離するため，せん断補強筋なしの場合（①）と，ありの場合（②）の 2 ケースの試験を実施した．せん断補強筋ありの供試体は，「連続繊維補強材指針案」¹⁾ に準拠し，最小せん断補強筋量（0.53%）以上の配筋をした．なお，せん断スパン比を 2.5 とし，せん断破壊を先行させるため，主筋 $\phi 16$ を 14 本配筋し，十分な曲げ耐力を確保した．写真－1 に，一例として曲げ試験用の GFRP 筋の組立状況を示す．



写真－1 曲げ試験用の筋材組立状況



図－1 曲げ試験の概要図



図－2 せん断試験の概要図

表－1 試験条件

	目的	コンクリート	主筋	せん断補強筋	ヤング係数比 $n = E_{fu}(=E_w)/E_c$
曲げ試験	曲げ耐力の確認	$f'_c = 48.8\text{N/mm}^2$ $E_c = 29,900\text{N/mm}^2$	$\phi 12 \times 6$, $\phi 8 \times 2$ $E_{fu} = 56,300\text{N/mm}^2$ $A_s = 778\text{mm}^2$ 筋材比 $P = 0.61\%$	$\phi 10 \times 4$ $E_w = 56,300\text{N/mm}^2$ $A_w = 316\text{mm}^2$ 筋材比 $P = 0.40\%$	$n = 1.9$
せん断試験 ①	コンクリートの せん断耐力 V_c の確認	$f'_c = 55.7\text{N/mm}^2$ $E_c = 28,900\text{N/mm}^2$	$\phi 16 \times 14$ $E_{fu} = 56,300\text{N/mm}^2$ $A_s = 2,815\text{mm}^2$ 筋材比 $P = 2.20\%$	なし	$n = 2.0$
せん断試験 ②	せん断補強筋の せん断耐力 V_s の確認	$f'_c = 55.7\text{N/mm}^2$ $E_c = 28,900\text{N/mm}^2$	$\phi 16 \times 14$ $E_{fu} = 56,300\text{N/mm}^2$ $A_s = 2,815\text{mm}^2$ 筋材比 $P = 2.20\%$	$\phi 10 \times 6$ $E_w = 56,300\text{N/mm}^2$ $A_w = 471\text{mm}^2$ 筋材比 $P = 0.59\%$	$n = 2.0$

キーワード シールドトンネル，セグメント，ガラス繊維補強筋，曲げ試験，せん断試験
連絡先 〒107-8502 東京都港区赤坂 6-5-30 鹿島建設(株) 土木設計本部 TEL03-5561-6736

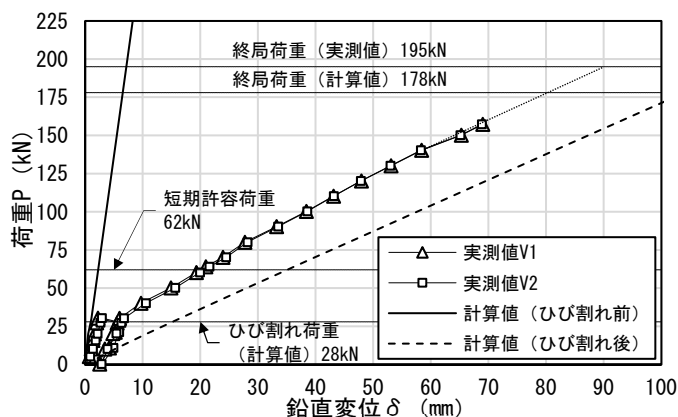


図-3 荷重-変位関係

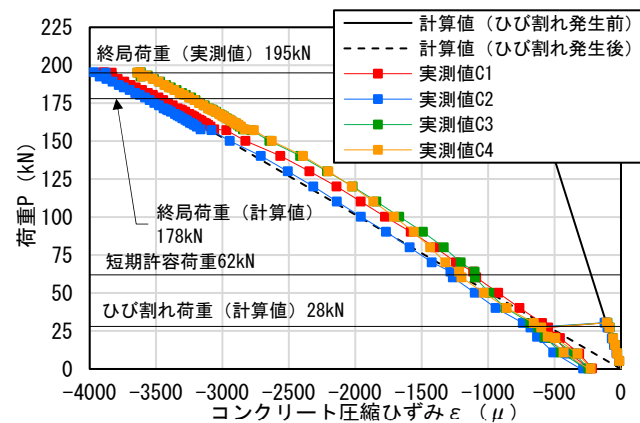


図-4 荷重-圧縮ひずみ関係

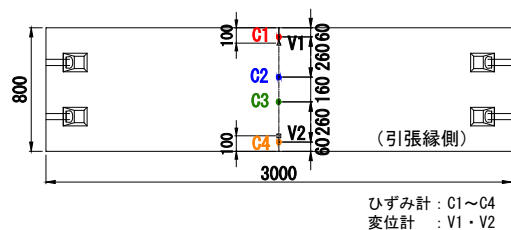
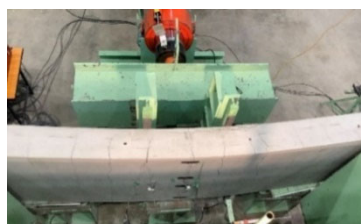


図-5 曲げ試験 ひずみ・変位計位置

写真-2 曲げ試験
載荷時の状況写真-3 セン断試験
破壊時の状況

3. 試験結果

3.1 曲げ試験

図-3に荷重-変位関係を、図-4に荷重-圧縮ひずみ関係を、写真-2に試験状況を示す。また、図-5にひずみ・変位計位置図を示す。ひずみ計は、コンクリートの引張縁にC1～C4の計4点、変位計はV1とV2の計2点を設置した。

試験の結果、曲げ耐力は平面保持の仮定に基づくRC部材の曲げ耐力式の計算値178kNに対して、実測値が195kNと上回ることが確認できた。また、荷重とコンクリートの圧縮ひずみの関係より、実測値と計算値がよく一致していることより、GFRP筋を用いたコンクリートセグメントにおいて、RC部材の設計における鉄筋のヤング係数をGFRPのヤング係数に置き換えた設計が可能であることが確認できた。

3.2 セン断試験

写真-3に破壊時の試験状況を、図-6に「連続繊維補強材指針案」¹⁾のせん断耐力式において安全率を1とした計算値とせん断試験結果を示す。せん断試験①より、GFRP筋を用いたセグメントにおいて、コンクリートのみが負担するせん断耐力 V_c は240kNであった。一方、せん断試験②のせん断耐力 V は320kNであった。両試験体の差から、せん断補強筋が負担するせん断耐力 V_s は80kNであった。以上、実験で得られた V_c 、 V_s は、計算値に対して、1.5～2.0倍の耐力を有していることが確認できた。

4. まとめ

GFRP筋を用いたコンクリートセグメントの曲げ試験およびせん断試験を行い、RC部材の設計における鉄筋のヤング係数をGFRPのヤング係数に置き換える設計が可能であることが確認できた。また、GFRP筋はヤング係数が鉄筋の約1/4と小さいため、「連続繊維補強材指針案」¹⁾で得られた最小せん断補強筋量以上を配置した場合でも、 V_s は V_c の1/3程度であることを確認した。今回の実験結果を今後のGFRP筋を用いたセグメントの構造設計に反映していきたい。

参考文献

1) 連続繊維補強材を用いたコンクリート構造物の設計・施工指針(案), 土木学会, 平成8年9月

