

# コンポーズCFRPコンクリート はりの曲げ载荷実験

椎名 貴快\* 伊藤 忠彦\*  
Takayoshi Shiina Tadahiko Ito  
西 保\*  
Tamotsu Nishi

## 1. はじめに

シールド発進・到達立坑における土留壁開口部の部材補強筋に炭素繊維連続補強材(以下、CFRP)を用いて、直接切削・掘進する工法(以下、NOMST)がある。同工法における新たなCFRPとして、熱可塑性樹脂で表面被覆された「COMPOSE(コンポーズ)」を開発した。ケーソン立坑にNOMSTを適用する場合、開口部は石灰碎石を粗骨材とする新素材コンクリートであり、CFRP主筋と開口部周囲の鉄筋との重ね継手が必要になる。

本報告は、コンポーズのNOMST補強材への適用を検討するために、軸方向引張主筋部にコンポーズと鉄筋との重ね継手を有するCFRPコンクリートはりの曲げ载荷実験を実施し、その概略について述べたものである。

## 2. 実験概要

### (1) 使用材料

コンポーズとは、PAN系炭素繊維を用いて、熱硬化性樹脂(ウレタンアクリレート)をマトリックスとし、表面被覆に熱可塑性ポリサルフォン樹脂を用いた引抜成形法によって製造される平板形の高性能連続繊維強化複合材である(図-1参照)。その特徴の一つは、表面被覆樹脂にエンボス加工を施すことで、コンクリートとの高い付着性が得られる点である。なおエンボス凸部は、高さ1mmで、2.5mm間隔に加工されている。本実験で使用したコンポーズおよび鉄筋の諸元を表-1に示す。

実験で打込んだコンクリートは、呼び強度30 N/mm<sup>2</sup>、普通ポルトランドセメントを使用し、粗骨材の最大寸法G<sub>max</sub>は20 mmである。コンクリートの配合表は、表-2に示すとおりである。

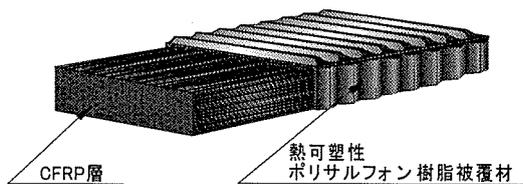


図-1 コンポーズ概略図

表-1 実験材料の諸元

呼称	断面寸法 (mm)	公称断面積 (mm <sup>2</sup> )	強度*1 (N/mm <sup>2</sup> )	ヤング係数 (kN/mm <sup>2</sup> )	伸び率 (%)
FTC15	5.5×20.5	112.8	1934	127	1.90
FTC30	7.3×29.3	213.9	1823	127	1.90
D13	φ 12.7	1.267	380	186	18.4
D32	φ 31.8	7.942	366	191	25.6

\*1 CFRP：保証引張破断強度，鉄筋：降伏強度

表-2 コンクリート配合

スランプ (mm)	空気量 (%)	W/C (%)	s/a (%)	単位数 (kg/m <sup>3</sup> )				
				W	C	S	G	A*
18±2.5	4.5±1.5	48.0	44.6	184	383	745	972	C×0.25 <sup>6</sup>

\* ポゾリス No.70

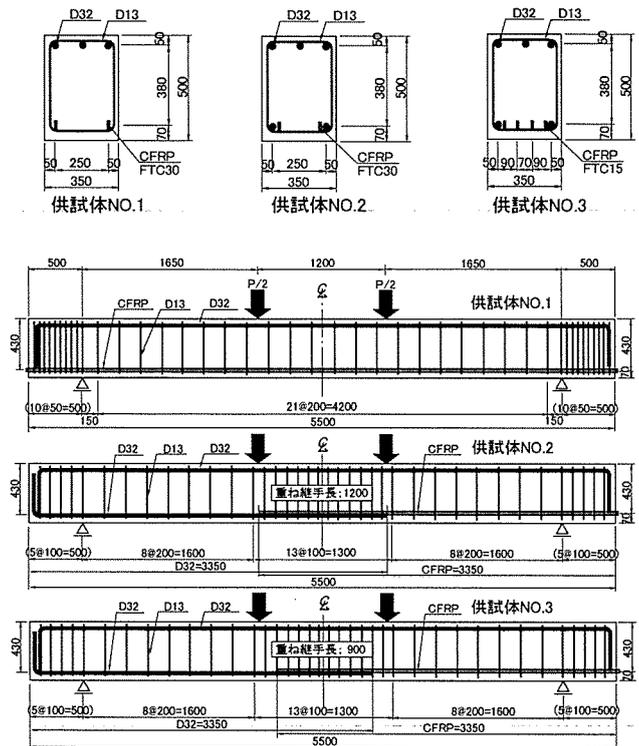


図-2 各供試体の配筋図

### (2) 供試体諸元

供試体形状寸法は、全長5.5 m、スパン長4.5 m、幅35 cm×高さ50 cmの長方形断面であり、有効高さは全ての供試体において43 cmとした。

今回作製した供試体は全3体であり、配筋図は図-2に示すとおりである。供試体NO.1は、FTC30を軸方向引張補強材として全長に渡って配置した基準供試体である。供試体NO.2は、許容応力度設計法にしたがって算出した重ね継手長1,200 mm(FTC30-D32)を純曲げ区間に配置した供試体である。供試体NO.3は、供試体NO.2と同様の設計法によって算出した重ね継手長900 mm(FTC15-D32)を純曲げ区間に配置した供試体である。なお、供試体NO.3は、供試体NO.2のCFRP(FTC30)1本に対して、同等の耐力を持つように、CFRP(FTC15)を2本配置した供試体である。これは、大

\*技術研究所技術研究部土木技術研究課

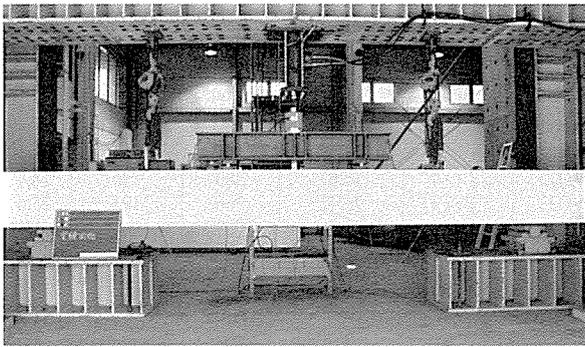


写真-1 曲げ載荷実験状況

径鉄筋に対して細径CFRPを複数本継いだ場合の継手性能を確認するために作製したものである。NOMST立坑は一般に仮設構造物であるため、本実験の重ね継手長は、許容応力度設計法の短期割増1.5を考慮して決めている。  
(3)実験方法

曲げ載荷実験は、一方向繰返し中央2点曲げ載荷で行った(写真-1参照)。いずれの供試体も保証曲げ耐力の50%および75%で一旦除荷し、繰返し載荷を行った後、破壊に至るまで静的載荷した。

### 3. 実験結果

各供試体のひび割れ図を図-3に、荷重 $P$ と中央変位量 $\delta$ の関係を図-4に示す。なお同図中には、保証曲げ耐力(計算値)と設計耐力が示されているが、設計耐力はNOMST立坑が仮設構造物であることを考慮し、保証値の75%としている。

供試体NO.1は、主な曲げひび割れ発生後、比較的載荷初期から曲げ区間のCFRPに沿って水平方向に連続的な付着ひび割れが発生した。実験載荷中、荷重が局所的に落ちてきている原因として、ひび割れの発生・開口に伴うものであると思われる。最終的には、載荷点外側(せん断区間)で局所的なコンクリートの圧壊が生じ、CFRPの破断まで至らなかった。圧壊の原因は、早期に曲げ区間で発生した連続的な付着ひび割れによる影響で、タイドアーチ的機構が卓越し、載荷点外側のひび割れに変形が集中したためと思われる。

供試体NO.2は、曲げひび割れ発生後の剛性が供試体NO.1の約2.3倍であった。鉄筋は、保証曲げ耐力付近で降伏し、計算上の降伏荷重を十分満足した。鉄筋降伏後は比較的粘りのある挙動を示した。最終破壊形態はコンクリートの圧壊であり、CFRPの破断にまで至らなかったが、今回の重ね継手部は鉄筋の降伏まで耐力を保持し、降伏後も脆性的な破壊とならないことが示された。

供試体NO.3は、曲げひび割れ発生後の剛性は、供試体NO.2に比較して若干小さく、供試体NO.1の約1.8倍であった。供試体NO.1と同様にCFRPに沿った水平方向の付着ひび割れがせん断区間に多く発生し、斜めひび割れも発生した。その後付着ひび割れは、継手部の曲げ区間

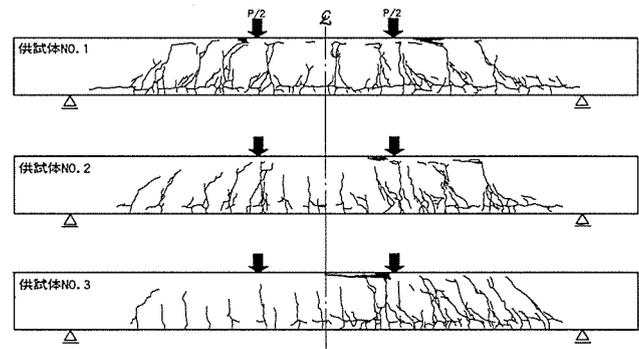


図-3 ひび割れ図

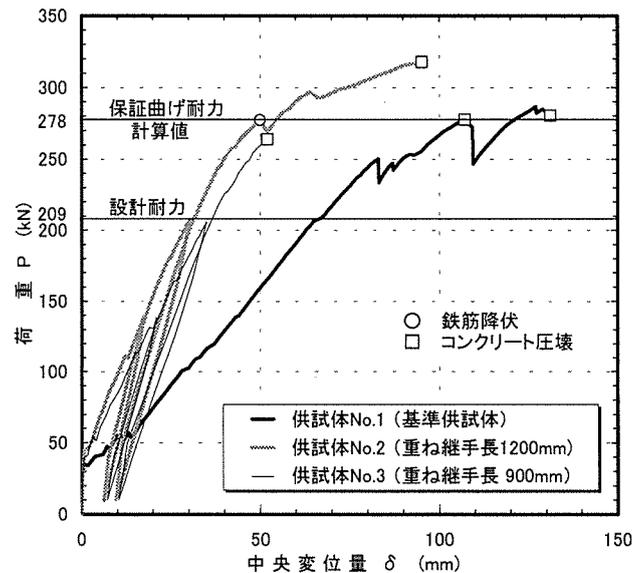


図-4 荷重と中央変位の関係

にも連続し、荷重が264kNに達した時、大きな爆裂音とともに継手部のコンクリートが圧壊した。この時、継手部の被りコンクリートは剥落し、極めて脆性的な破壊となった。鉄筋の降伏、CFRPの破断は見られず、最終破壊形態はコンクリートの圧壊であった。

### 4. まとめ

太径鉄筋に細径コンポーを複数本継ぐ場合は、継手性能を十分に発揮できるように、許容応力度設計法による継手長の設計計算値よりもさらに長くするか、あるいは継手部の横補強筋量を多くするなどの必要性があることが示された。しかし、コンポーを引張強度が同等な鉄筋と1対1で継ぐ場合は、保証曲げ耐力を十分満足することが確認でき、NOMST補強材への適用が可能であると思われる。