

炭素繊維ストランドシートおよび樹脂モルタルを用いて補強した
無筋コンクリート梁の曲げ補強効果

Bending Reinforcement Effect of Plane Concrete by CFRP Strand Sheets and Resin Mortar

○櫻井俊太*, 荒添正棋*, 鈴木宣暁*

Shunta SAKURAI, Masaki ARAZOE, Nobuaki SUZUKI

1. はじめに

変状が発生した水路トンネルにおいて、構造的な耐力の向上と通水性の確保を目指した補強工法が実施されている。そこで本研究では、水路トンネルの補強対策として既往の研究¹⁾で報告されている炭素繊維ストランドシート(以下、CFSS)および耐摩耗性に優れる樹脂モルタルを用いた補強工法の効果について、無筋コンクリート梁を補強した供試体の曲げ試験を行い、曲げ補強効果を検証した。また、従来のFRP補強設計では、樹脂の厚さが薄いため、樹脂を考慮しない設計が行われているが、本試験では樹脂モルタルの厚さが大きく、補強効果に及ぼす影響が大きいと考えられるため、樹脂を考慮した数値計算を行い、その妥当性を検証した。

2. 試験概要

本試験の供試体概要を図-1に示す。供試体断面は既往の研究¹⁾のトンネル模型試験体と同一の断面である幅150mm、高さ250mmとし、支間長2,250mm、等曲げ区間450mmの2点漸増载荷とした。試験水準は、CFSSの接着樹脂の種類とし、CFSSを樹脂モルタルで接着する供試体(Case1)とエポキシ樹脂で接着する供試体(Case2)とした。各使用材料の材料特性値は表-1に示す。施工はコンクリート表面を下地処理した後、プライマーを塗布し、各接着樹脂を用いてCFSSを接着した。接着樹脂の厚さは、エポキシ樹脂は2.0mm、樹脂モルタルは摩耗する厚みを考慮し7.0mmとし、接着長さは2,100mmとした。この際、接着幅は既往の研究¹⁾と同様にCFSSの幅は125mm、接着樹脂の幅は150mmとした。CFSS接着後は1週間常温養生し、曲げ試験に供した。

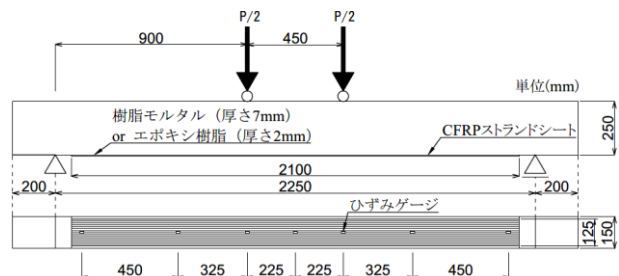


図-1 供試体概要

Test specimen

表-1 材料特性値

Material property

		単位	試験値	試験方法
CFSS	繊維目付量	g/m ²	616	実測値
	引張強度	N/mm ²	4,810	JIS A 1191
	引張弾性率	N/mm ²	263,000	JIS A 1191
樹脂モルタル	圧縮強度	N/mm ²	88	JIS K 7161
	引張強度	N/mm ²	43	JIS K 7161
	引張弾性率	N/mm ²	5,580	JIS K 7161
エポキシ樹脂	圧縮強度	N/mm ²	48	JIS K 7161
	圧縮弾性率	N/mm ²	2,730	JIS K 7161
	引張強度	N/mm ²	36	JIS K 7161

*日鉄ケミカル&マテリアル株式会社 NIPPON STEEL Chemical & Material Co., Ltd.

キーワード：炭素繊維ストランドシート，樹脂モルタル，補強，曲げ試験，無筋コンクリート，数値計算

表-2 試験結果一覧

Test results

	f'_c (N/mm ²)	P_{cr} (kN·m)	P_{crca} (kN·m)	P_{cr}/P_{crca}	P_{max} (kN·m)	P_{uca} (kN·m)	P_{max}/P_{uca}	ϵ_{max} ($\times 10^{-6}$)	破壊状況
Case1	38.9	15.0	12.7	1.18	37.2	34.5	1.08	4,089	CFSS剥離 +せん断圧縮破壊
Case2	38.8	12.9	12.4	1.04	33.1	32.0	1.03	5,266	CFSS剥離 +斜め引張破壊

f'_c : コンクリートの圧縮強度, P_{cr} : ひび割れ荷重 (試験), P_{crca} : ひび割れ荷重 (計算), P_{max} : 最大荷重 (試験), P_{uca} : 終局荷重 (計算), ϵ_{max} : 炭素繊維最大ひずみ (試験)

ひび割れ強度 4.48N/mm² に達した時の荷重, 終局荷重は CFSS のひずみが実験から得られた最大ひずみに達した時の荷重とした. コンクリートの圧縮はコンクリート標準示方書に示される応力ひずみ関係を用い, 引張は線形とし, ひび割れ発生以降はコンクリートの引張は無視した. 補強筋は線形とし, 弾性係数は表-1 に示す CFSS と接着樹脂の弾性係数から複合則に従い FRP としての弾性係数を算出し計算に用いた. 試験結果より, Case1 は Case2 と比較し, ひび割れ荷重は約 16%, 最大荷重は約 12% 向上した. これは樹脂モルタルの厚さが大きく, 引張応力を十分受け持つため耐力が向上したと考えられる. また, 終局荷重の試験値と計算値の差は 8% 以下となり概ね一致した.

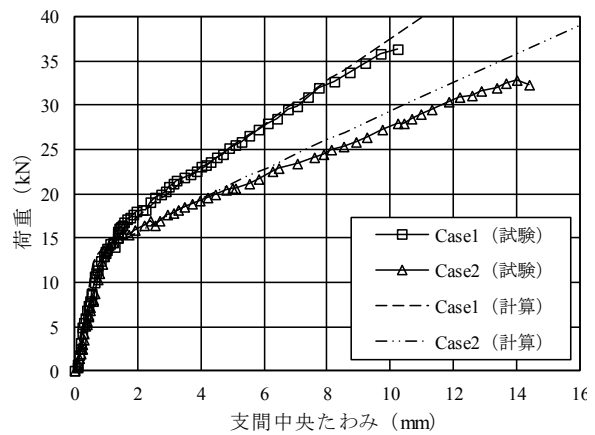


図-2 荷重-支間中央たわみ関係図

Relationship between load and deflection in the center of the span

3. 2 荷重-支間中央たわみ関係

図-2 に荷重-支間中央たわみ関係図を示す. 計算値は 3.1 節に示した計算条件と同様の条件によるファイバーモデルで算出した. また, Case1, Case2 とともに CFSS の剛性に加え接着樹脂の引張剛性を考慮して算出した計算値である. 図より, Case1 のひび割れ以降の剛性が Case2 と比較し約 20% 向上した. これは, エポキシ接着樹脂と比較して樹脂モルタルの引張弾性率および断面積が大きく, 樹脂モルタルの断面剛性がエポキシ樹脂のそれより大きいためであると考えられる. 本試験においては Case1 の補強層の断面剛性は Case2 の補強層の断面剛性の約 1.5 倍であった. また, 計算値と比較すると Case1, Case2 とともにひび割れ前, ひび割れ以降の剛性が概ね一致し, 数値計算の妥当性が確認された.

4. まとめ

本試験より, 無筋コンクリート梁に CFSS を接着し補強する場合には, 樹脂材料の断面剛性を考慮することで, 数値計算と実験の結果が良好に一致することが確認された.

謝辞: 本研究にあたり, 元北海学園大学高橋義裕教授, 並びに学生の皆様に多大な協力を頂きました. ここに感謝の意を表します.

参考文献: 1) 堀越直樹, 西須稔, 石井将幸, 川上昭彦, 小森篤也, ひび割れを生じた水路トンネルに対する補強効果, 農業農村工学会大会講演会講演要旨集, 2019