

I-24 炭素繊維を用いた RC 橋脚の耐震補強に関する基礎的研究

徳島大学大学院 学生員 ○弓岡 慎也 徳島大学工学部 フェロー 平尾 潔
徳島大学工学部 正 員 成行 義文 鹿島建設 正 員 直井 智治

1. はじめに

平成 7 年 1 月 17 日に発生した兵庫県南部地震により多くの橋脚が被害を受けたことから、道路橋示方書が改定され、橋脚の設計には地震時保有水平耐力法による照査が義務付けられ、既設の橋脚に対する補強が急務となった。橋脚の補強は、当初鋼板や RC を巻き立てる工法が一般的であったが、最近では炭素繊維シートを巻き立てる工法が施工性の良さなどから注目されている。

本研究では、炭素繊維シート巻き立て工法において、シートの性能による補強効果を検討し、工法の選定で重要な要素となる工費を鋼板巻き立て工法と比較し、炭素繊維シート巻き立て工法の有用性を検討した。

2. 炭素繊維シート巻き立て工法

炭素繊維シート巻き立て工法とは、炭素繊維シートを躯体軸方向や帯鉄筋方向に巻き立てる工法であり、躯体軸方向の巻き立ては段落し部の補強、帯鉄筋方向の巻き立ては曲げ耐力、じん性およびせん断耐力の向上を目的としている。地震時保有水平耐力法による照査においては、躯体軸方向に貼り付けることによって主鉄筋の段落しがないものとし、帯鉄筋方向に巻き立てることによって炭素繊維シートを帯鉄筋として考慮するようにしている。

3. 炭素繊維シートの性能による補強効果の違い

橋軸直角方向にタイプ II 地震動を受けた場合を対象として、単柱式 RC 橋脚に炭素繊維シート巻き立てた時の、シートの厚さ、強度および弾性係数の相違が橋脚の終局耐力、許容塑性率およびせん断耐力がどのように影響するかを検討した。その結果を図-1～図-3に示す。

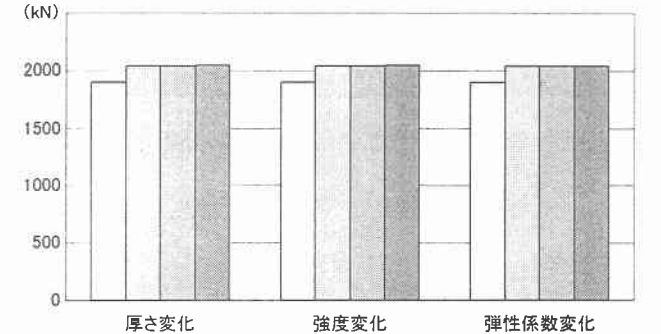


図-1 終局水平耐力

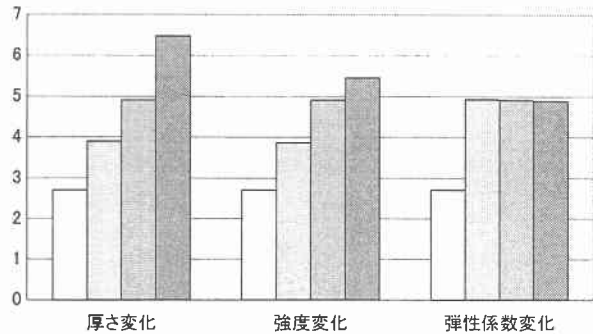


図-2 許容塑性率

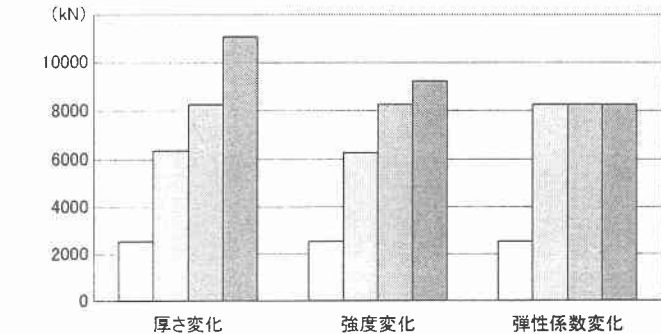


図-3 せん断耐力

厚さ変化(強度:2900N/mm², 弾性係数:3.9×10⁵N/mm²)
□ 補強前 □ 0.111mm
▨ 0.164mm ▨ 0.250mm
強度変化(厚さ:0.164mm, 弾性係数:3.9×10⁵N/mm²)
□ 補強前 □ 1900N/mm²
▨ 2900N/mm² ▨ 3400N/mm²
弾性係数変化(厚さ:0.164mm, 強度:2900N/mm²)
□ 補強前 □ 2.3×10⁵N/mm²
▨ 3.4×10⁵N/mm² ▨ 5.4×10⁵N/mm²

これらの図より、炭素繊維シートで補強を行うと、じん性とせん断耐力は補強前に比べて大きく向上するが、終局水平耐力には補強前とあまり変化がみられない。つまり帯鉄筋方向の炭素繊維による補強では、曲げ耐力の向上があまり期待出来ない。そのため曲げ耐力を向上させるために多くシート枚数が必要となる時

や、補強しきれない時が考えられる。また炭素繊維シートによる補強では、シートの厚さと強度が重要であり、弾性係数の値はあまり関係ないことが分かる。

4. 補強工法における工費の比較

炭素繊維シート巻き立て工法と鋼板巻き立て工法について、補強時に必要となる工費から炭素繊維による補強の有用性について検討する。3で述べたように、炭素繊維を用いた場合の補強では、曲げに対する補強と、せん断に対する補強で同等の効果を期待出来ないため、曲げ耐力の向上を目的とする場合と、せん断耐力の向上を目的とする場合に分けて費用の比較を行った。

なお、炭素繊維シート巻き立て工法と鋼板巻き立て工法の費用単価としては表-1、表-2の値を用いた。

表-1 炭素繊維シート巻き立て工法単価

種目	単位	単価	備考
炭素繊維シート			設計厚さ 引張強度 引張弾性率
FTS-C1-20	m ²	¥6,600	0.111mm 3400N/mm ² 2.3×10 ⁵ N/mm ²
FTS-C1-30	m ²	¥9,500	0.167mm 3400N/mm ² 2.3×10 ⁵ N/mm ²
FTS-C1-45	m ²	¥13,000	0.250mm 3400N/mm ² 2.3×10 ⁵ N/mm ²
FTS-C1-60	m ²	¥16,500	0.333mm 3400N/mm ² 2.3×10 ⁵ N/mm ²
FTS-C5-30	m ²	¥15,000	0.165mm 2900N/mm ² 3.9×10 ⁵ N/mm ²
FTS-C7-30	m ²	¥19,000	0.143mm 1900N/mm ² 5.4×10 ⁵ N/mm ²
FTS-C8-30	m ²	¥19,800	0.143mm 1900N/mm ² 6.4×10 ⁵ N/mm ²
プライマー	kg	¥3,200	エポキシ樹脂、0.2kg/m ²
エポキシパテ	kg	¥2,000	不陸修正用、1.5kg/m ²
エポキシ樹脂	kg	¥3,200	下塗り:0.5kg/m ² 、上塗り:0.3kg/m ²
仕上げ材	kg	¥2,000	0.3kg/m ²
人件費	m ²	¥21,500	

表-2 鋼板巻き立て工法単価

種目	単位	単価	備考
鋼材	kg	¥260	SM400
鉄筋	kg	¥131	SD345
チップング	m ²	¥2,000	
鋼板取付	m ²	¥21,000	材料
鋼板取付	m ²	¥42,000	施工費用
現場溶接工	m	¥13,000	
フーチングアンカー工	本	¥14,000	施工費用
塗装工	m ²	¥7,000	

表-3 各ケースにおける終局水平耐力と作用水平力、およびその比

		ケース1	ケース2	ケース3
P _a	kN	2237.5	2241.6	2634.3
k _{h_e} ・W	kN	3543.1	3184.8	3344.0
P _a /(k _{h_e} ・W)		63%	70%	79%

		ケース4	ケース5	ケース6
P _a	kN	2642.4	2870.5	3075.1
k _{h_e} ・W	kN	3025.6	3105.2	3184.8
P _a /(k _{h_e} ・W)		87%	92%	97%

(1) 曲げ耐力の向上を目的とする場合

対象橋脚の鉄筋量を変えることで、終局水平耐力が設計地震力より表-3のように小さくなる6通りの橋脚を想定し、これらの橋脚が地震時保有水平耐力法を満たすように4種類の炭素繊維シートと鋼板を用いて補強を行った。図-4にこの場合の工費を比較して示す。

(2) せん断耐力の向上を目的とする場合

橋脚に巻き立てる炭素繊維シートおよび鋼板の厚さを变化させた時のせん断耐力の増加と、工費の関係は図-5のようになる。

5. まとめ

対象橋脚が曲げ耐力とじん性の向上を必要とする場合は、炭素繊維シートでは曲げ耐力の向上を大きく見込むことが出来ないために必要枚数が多くなり、工費も高くなる。ただ、鋼板による補強においても、施工性の点より鋼板厚さを6mm以上とする必要があるため、図-4のケース4～6のように、少しの炭素繊維の補強で十分な場合は、炭素繊維による補強が有利となることが分かる。また、せん断耐力の向上を目的とする場合は、シートの種類によりいかなる場合も鋼板よりも、炭素繊維による補強工法の方が有用である。

使用ソフト) フォーラムエイト:「橋脚の設計」

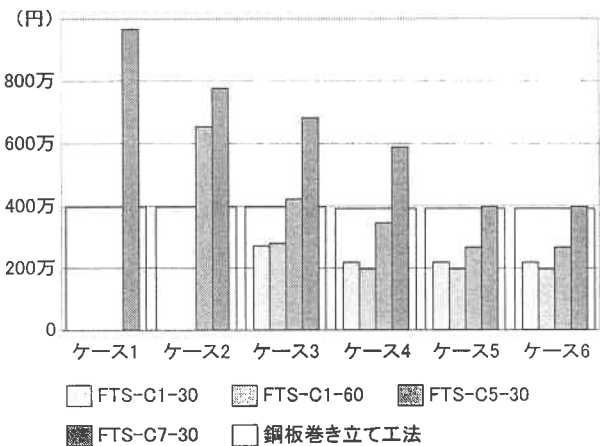


図-4 各ケースにおける補強費用

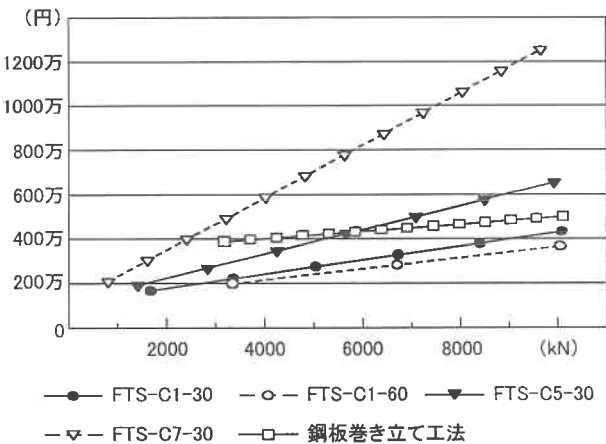


図-5 補強時のせん断耐力の増加と費用