

連続繊維シートを用いた耐震補強工法の適用拡大に関する検討

NEXCO 西日本コンサルタンツ(株) 正会員 ○安東 史晃, 中谷 隆生
 西日本高速道路(株) 正会員 豊田 雄介
 九州大学 フェロー会員 松田 泰治, 学生会員 渋井 康平, 濱田 慶太郎

1. はじめに

現在, 設計要領第2集橋梁保全編り(以下, 設計要領)において, 連続繊維シートを用いたじん性補強を採用する場合, 橋脚断面寸法の辺長比が1:1.5以下の橋脚に適応することが規定されており, 辺長比が1:1.5を超える断面の橋脚ではその適用条件から連続繊維シートが適用できない。これは既往の実験結果²⁾を踏まえて規定されたものであるが, 連続高架区間で多く採用されている独立2柱式の既設橋脚の柱断面は辺長比が1:2.0のものが多く(図1), 連続繊維シートを用いたじん性補強の適用範囲が辺長比1:2.0に拡大するだけでも, 耐震補強における現地作業の効率化に対する効果は大きいと考えられる。

そこで, 筆者らは, 連続繊維シート補強の適用拡大に向けて, 柱断面の辺長比に着目した載荷実験を行ったのでその結果を報告する。今回の報告では, 辺長比1:1.5と1:2.5のケースについて整理したものである。

2. 実験概要

2.1 実験供試体

実験に用いた供試体諸元を表1, 供試体形状を図2に示す。柱断面の辺長比は1:1.5, 1:2.0, 1:2.5, 1:3.0の4タイプとし, 軸方向鉄筋と帯鉄筋間隔は既往の研究成果²⁾を参考に, 曲げ破壊型となる供試体とした。また, 補強の影響については, 無補強, 補強(炭素繊維シート, 高強度アラミド繊維シート(以下, アラミド2繊維シート))の3ケースとし, 合計12ケースの供試体で実験を行った。

2.2 連続繊維シート量の設定

実験供試体の連続繊維シートについては, 炭素繊維シートとアラミド2繊維シートで1層の厚さや引張強度が異なるため, 式1)に示す体積比が同等となる連続繊維シート量とした。

$$\rho = \frac{4A_{CF}}{s_{CF} \cdot d_{CF}} = \frac{4n_{CF} \cdot t_{CF}}{d_{CF}} \dots \dots \dots \text{式 1)}$$

表2に設計要領に基づき, 連続繊維シートの応力ひずみ曲線を用いて設計さ

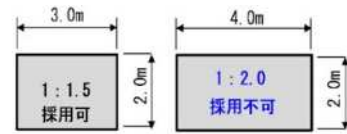


図1 じん性補強用連続繊維シートの適用範囲

表1 供試体一覧表

No.	補強	辺長比	断面(DxB)		軸荷軸力(kN)	軸応力度σ(N/mm ²)	軸方向鉄筋比ρt(%)	帯鉄筋比ρw(%)	材料強度			載荷方法	
			D(mm)	B(mm)					コンクリート圧縮強度(N/mm ²)	鉄筋降伏点(N/mm ²)	鉄筋引張強度(N/mm ²)		
1	無	1:1.5	300	450	175	1.30	2.382	0.056	34.6	368	368	394	正負交番3回
2	炭素繊維								37.6				
3	アラミド								36.4				
4	無	1:2.0	300	600	235	1.31	2.349	0.063	37.3	368	368	394	正負交番3回
5	炭素繊維								38.6				
6	アラミド								38.2				
7	無	1:2.5	300	750	290	1.29	2.330	0.051	38.2	368	368	394	正負交番3回
8	炭素繊維								36.7				
9	アラミド								36.3				
10	無	1:3.0	300	900	350	1.30	2.317	0.056	39.5	42.2	42.2	40.2	正負交番3回
11	炭素繊維								42.2				
12	アラミド								40.2				

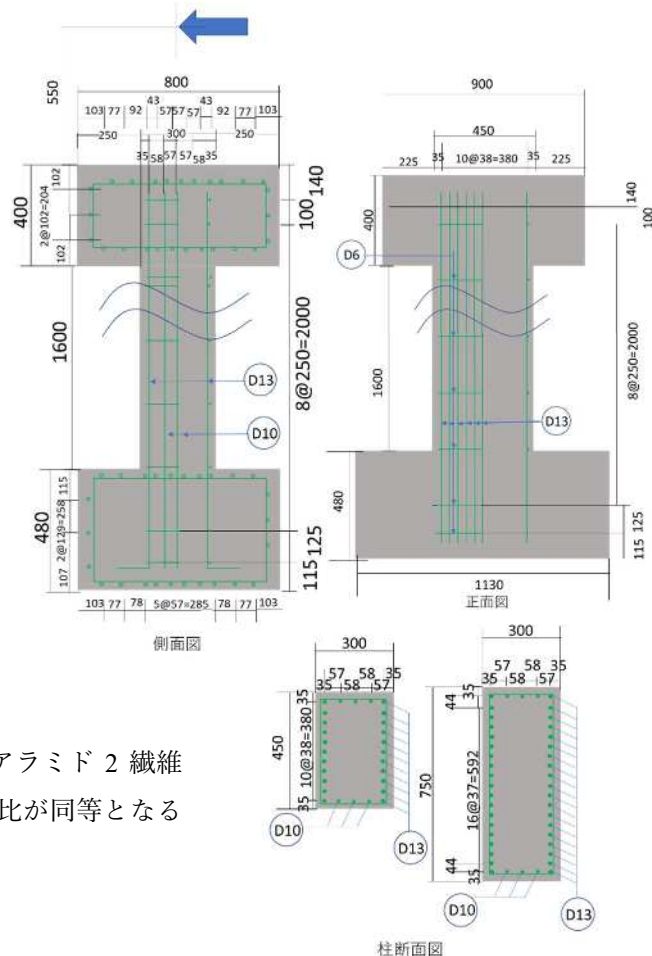


図2 供試体形状(単位:mm)

キーワード: 正負交番載荷試験, 終局変位, 辺長比, 連続繊維シート, じん性補強
 連絡先: 〒732-0057 広島市東区二葉の里三丁目5番7号, TEL: 082-298-8377

表 2 供試体の耐力と変位および塑性率

辺長比			1.0 : 1.5			1 : 2.0			1 : 2.5			1 : 3.0				
補強内容	じん性補強	無補強	炭素繊維	アラミド2	無補強	炭素繊維	アラミド2	無補強	炭素繊維	アラミド2	無補強	炭素繊維	アラミド2			
		周方向	300g-1層 +400g-1層	525g-1.0層		300g-3.0層	350g-2.0層		400g-3.0層	525g-1層 +350g-1層		600g-2層 +200g-1層	525g-2.0層			
		シート体積比	0.345%	0.336%		0.334%	0.336%		0.355%	0.336%		0.345%	0.336%			
		鉛直方向	200g-1/4層	235g-1/4層		200g-1/4層	235g-1/4層		200g-1/4層	235g-1/4層		200g-1/4層	235g-1/4層			
保有耐力	せん断耐力	基部	P _{so}	(kN)	82.8	112.4	94.6	108.7	153.8	153.8	137.9	183.6	153.8	165.5	224.9	224.9
	耐力	初降伏	P _{yo}	(kN)	53.9	57.5	57.2	72.3	78.1	78.4	90.6	96.4	96.7	109.1	118.2	118.3
		終局	P _u	(kN)	55.8	65.5	65.1	74.3	86.6	86.2	92.6	107.1	106.5	111.1	129.0	128.0
	変位	初降伏	δ _{yo}	(mm)	21.55	22.45	23.11	21.51	20.83	20.77	21.48	22.82	22.61	21.48	20.34	20.54
		降伏	δ _y	(mm)	22.34	25.58	26.29	22.10	23.11	22.86	21.95	25.34	24.90	21.87	22.20	22.23
		終局	δ _u	(mm)	38.57	88.53	93.21	39.83	83.06	87.28	41.32	90.42	91.49	42.18	79.95	84.75
塑性率		μ		1.727	3.461	3.545	1.802	3.594	3.818	1.882	3.568	3.674	1.929	3.601	3.812	

れた補強前後の供試体の耐力と変位及び塑性率 (= δ_u/δ_y)
 また、補強後の連続繊維シート積総数、目付量、シートの体積比を示す。無補強の供試体では、塑性率 μ = 1.7~1.9 だが、補強後供試体では、塑性率 μ = 3.5~3.8 となる。

実験で得られた各供試体の終局変位が設計計算上の終局変位と同等以上となることが確認できれば、辺長比 1 : 1.5 以上の断面であっても耐震補強効果があるので、適用拡大できると考えられる。

今回の実験では、変位制御の荷重装置を使用し、各サイクルにおける荷重荷重が最大荷重から 80%を下回った時点で終了とし、終局変位の一つ前の変位を終局変位とした。

3. 実験結果

辺長比が 1 : 1.5 と 1 : 2.5 のケースの供試体実験結果を図 3、図 4 に示す。

表 3 より無補強時と連続繊維シートを用いた時の実験の終局変位において、連続繊維シートの材料に関わらず、補強後の終局変位は無補強の終局変位に比べて、辺長比 1 : 1.5 では 1.4 倍、1 : 2.5 では、1.5 倍となった。また、実験の終局変位と設計で求めた終局変位の比較において辺長比 1 : 1.5 では 1.4 倍、1 : 2.5 では 1.2 倍となった。

4. 結論

辺長比 1 : 1.5, 1 : 2.5 の供試体ともに、無補強時よりも連続繊維シートを用いた時の終局変位の方が大きいことから、1 : 1.5, 1 : 2.5 の供試体において連続繊維シート補強によるじん性補強の効果が確認された。また、いずれの供試体も実験の終局変位が設計で求めた終局変位を上回る結果であることから、辺長比 1 : 1.5 以上の断面であっても設計要領に準じた設計を行うことができると考えられる。引き続き、辺長比 1 : 2.0 と 1 : 3.0 の供試体の実験結果についても整理を行い、連続繊維シートを用いた適用拡大に向けて検討を行っていく所存である。

参考文献

- 1) 東日本高速道路(株), 中日本高速道路(株), 西日本高速道路(株): 設計要領第 2 集 橋梁保全編 (令和 2 年 7 月)
- 2) 長田 光司ら: 炭素繊維シートによる鉄筋コンクリート橋脚の耐震補強, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.18, No.2, 1996

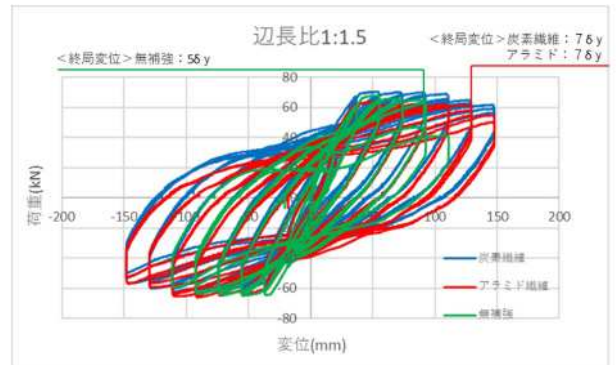


図 3 辺長比 1 : 1.5 の供試体実験結果

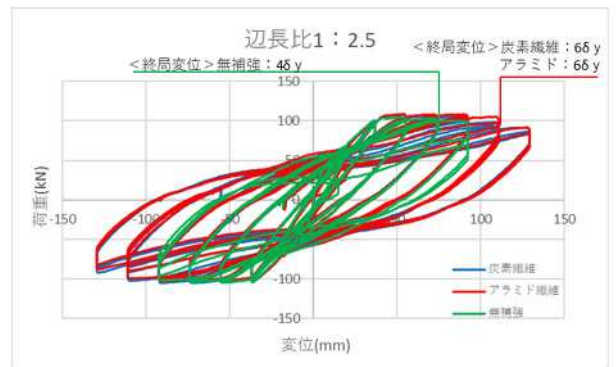


図 4 辺長比 1 : 2.5 の供試体実験結果

表 3 実験の終局変位と設計の終局変位の比較

辺長比	補強	設計値	実験値	実験値/設計値
1 : 1.5	無補強	38.57	92.5	2.40
	炭素繊維	88.53	129.5	1.46
	アラミド繊維	93.21	129.5	1.39
1 : 2.5	無補強	41.32	74.0	1.79
	炭素繊維	90.42	111.0	1.23
	アラミド繊維	91.49	111.0	1.21