

縦桁が増設された RC 床版への連続繊維シートによる再補強に関する研究

首都高速道路公団 正会員 深山 大介
新構造技術（株） 正会員 ○林 聖一郎
大阪大学大学院 フェロー 松井 繁之
大阪大学大学院 学生員 蔡 華堅

1. はじめに

縦桁増設工法は、主桁の間に縦桁を増設することにより、床版を弾性支持して床版に発生する曲げモーメントを低減する工法である。首都高速道路公団では昭和 46 年の通達以前の基準で設計された床版に対してこの工法で補強した。しかし縦桁増設後も一部の床版でひび割れの増加などが確認されたことから、経年変化や重交通下での将来の追加補強方法の一つとして連続繊維シート接着工法の性能を確認した。

2. 供試体および実験概要

本研究では、床版支間に縦桁を増設して主桁 2 本と縦桁 1 本により支持された供試体（1 体）とこれと同じ支持条件の供試体で表-1 に示す連続繊維シート（アラミド繊維シートと炭素繊維シート）を接着した供試体（各々 1 体、計 2 体）、主桁のみで支持された供試体（2 体）の合計 5 体製作した。これらの供試体を用いて輪荷重走行試験により、押し抜きせん断破壊に至るまでの走行回数を計測し、補強効果を評価した。

製作した供試体は、図-1 に示すように昭和 39 年鋼道路橋示方書で設計・施工された鋼単純合成鉄桁の床版（ $t=160\text{mm}$ ）をモデルとし、供試体寸法は幅 2750×長さ 3000mm×厚さ 160mm で、コンクリートの設計基準強度は 28N/mm^2 とし、床版の主鉄筋は D16@100（上側）D16@200（下側）、配力筋鉄筋は D13@250（上下）とした。モデルとした床版の主桁との接合状況を再現するために、主桁と床版はスタットジベルにより接合した。供試体に設置する縦桁の断面については、以下に示す(1)および(2)を考慮して設計し、H 形鋼（H-500×200×10×16）を採用した。(1)縦桁の両端部を供試体端部の横桁でバネ支持する構造とし、半無限長の連続版に近い挙動を示すように横桁および縦桁の断面を選定した。(2)供試体の増設縦桁は、床版のひび割れに対し影響が大きいと考えられるたわみに着目し、縦桁補強前後の「実橋と供試体との載荷位置での床版のたわみ比」が合致するように、縦桁断面を決定した。輪荷重の走行位置は、図-1 に示すように実橋の走行位置を再現するため、主桁と増設縦桁の中央とした。補強を行う No. 2, 4, 5 供試体は、床版にひび割れ損傷を発生させるために 98kN の輪荷重を走行回数 4 万回予備載荷した後に、縦桁の増設、連続繊維シートを接着し、破壊までの本載荷を行った。補強しない No. 1, 3 供試体および補強した No. 2, 4, 5 供試体の本載荷はそれぞれの床版の損傷状況に応じて荷重を漸増させ、輪荷重の載荷位置は予備載荷と同じ位置とした。

なお、No. 4, 5 供試体は予備載荷終了後、縦桁を増設したのち、それぞれ 25cm 幅のアラミド繊維シートおよび炭素繊維シートを 10cm の間隔をあけて格子状に主筋方向、配力筋方向に各 1 層ずつ実橋と同様の手順で床版下面から接着した。

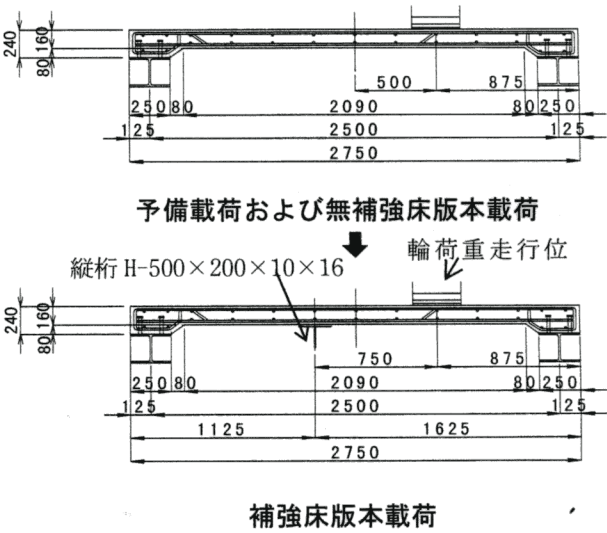


図-1 モデル床版および輪荷重載荷位置

表-1 連続繊維シートの特性

	弾性係数 GPa	目付量 g/mm ²	設計厚 mm	補強剛性 kN/mm
アラミド繊維シート	122	861	0.572	48
炭素繊維シート	459	413	0.217	68

キーワード RC 床版 疲労耐久性 輪荷重走行試験 縦桁補強 連続繊維シート補強
連絡先 〒100-8930 東京都千代田区霞ヶ関 1-4-1 首都高速道路公団 TEL03-3539-948

表-2 供試体一覧および載荷プログラム

供試体	コンクリート強度(N/mm ²)	補強仕様	予備載荷		本載荷											
					step1		step2		step3		step4		step5		step6	
			P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N	P	N
No.1	33.2	—	—	—	98	40	128	100	142	300	157	160	172	50	186	86*
No.2	34.3	縦桁	98	40	98	40	147	40	177	356*						
No.3	32.3	—	—	—	147	40	177	62*								
No.4	31.6	縦桁+AFRP	98	40	98	40	147	40	177	400	206	412	226	82*		
No.5	32.1	縦桁+CFRP	98	40	98	40	147	40	177	400	206	262*				

P:荷重(kN), N:載荷回数(×1000回)※:破壊時の走行回数 AFRP:アラミド繊維シート, CFRP:炭素繊維シート

3. 実験結果

各供試体の載荷プログラムおよび破壊回数を表-2に示す。荷重を147kN一定載荷として換算した等価繰返し数と活荷重たわみの関係を示す(図-2)。縦桁の増設により、たわみが50%程度低減されている。連続繊維シートを接着した供試体の補強後の載荷中のたわみは、縦桁を補強した供試体と同程度であった。いずれの供試体も最終的には、押抜きせん断により破壊した。アラミド繊維シート、炭素繊維シートともに終局まで破断は発生せず、また格子部や重ね継手部での破壊は発生しなかった。補強効果を比較するために、荷重を147kN一定として(1)式のRC

床版のS-N関係式¹⁾から算定した各供試体の破壊回数と実験結果とマイナー則から得られた換算破壊回数の比から、無補強床版および縦桁補強済み床版に対する寿命増加率を算定した。縦桁を増設すると補強を行わない床版(No.1とNo.3の平均)に比べて寿命が2.5倍増加した。さらに連続繊維シート補強を行うと縦桁補強済み床版(No.2)に対してアラミド繊維シート補強床版(No4)で10.28倍、炭素繊維シート補強床版(No.5)で8.29倍といずれも床版の寿命が10倍程度増加した。補強していない床版(No1,3)の寿命よりもシート補強床版(No4,5)の寿命は約20倍以上の増加が認められた。

$$\text{Log}(P/P_{sx}) = -0.07835 \cdot \text{Log} N + \text{Log} C \text{ ----- (1)}$$

ここに、 P_{sx} : はり状化した床版の押し抜きせん断耐力、 N 載荷回数、 C : 定数=1.52 (乾燥時)

4. まとめ

- 縦桁増設と縦桁増設後に連続繊維シートを接着した供試体への輪荷重走行試験により以下の知見を得た。
- (1) 縦桁の増設により、無補強床版に対して2.5倍程度の延命が認められた。
 - (2) 縦桁が増設された床版に連続繊維シートを接着することで10倍程度の延命が、縦桁も増設されていない床版に対しては20倍以上の延命が確認された。
- このことから縦桁が増設された床版への補強工法として連続繊維シート接着工法は効果的であるといえる。今後は、連続繊維シートの補強効果の定量的な評価を行い補強量の最適化の検討を行う予定である。
- なお、本実験の実施にあたりアラミド補強研究会、炭素繊維補修・補強工法技術研究会、ショーボンド建設(株)にご協力いただいた、ここに記して謝意を表する。

参考文献

1)石井,谷倉, 庄中,國原, 松井: 土木学会論文集 No. 537/ I -35, 1996. 4, pp155-166

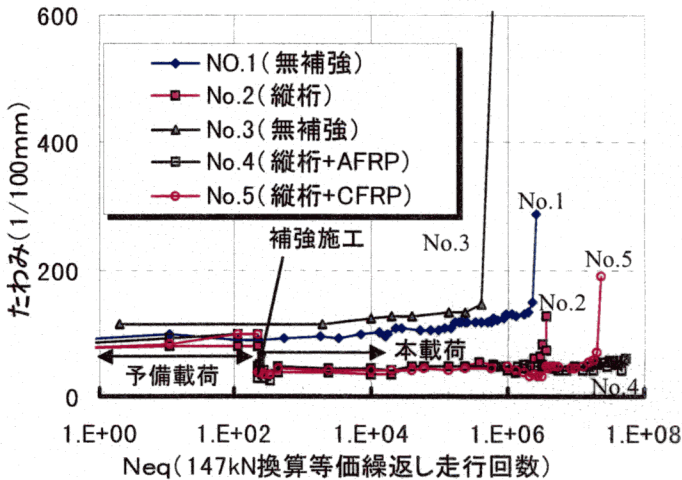


図-2 活荷重たわみと等価走行回数の関係