

V-596 炭素繊維シートにより補強されたRCげたの曲げ疲労試験

建設省土木研究所 正員 西川和廣* オリエンタルコンサルタンツ フェロー 渡辺英夫**
 " 正員 内田賢一* 三菱化学 谷本謙介***
 " 正員 松尾伸二*

1. はじめに

現在、わが国では約13万橋（橋長15m以上）の道路橋が供用されており、これらの道路橋を適切に維持管理していくことが重要な課題となっている。この内、RC Tげた橋は交通量の増大や車両の大型化にともない、損傷が発生しているものや耐力不足のものがあるため、効果的な補強工法の確立が急務となっている。

ここでは、コンクリート構造物の補強工法の一つとして、軽量で耐食性に優れ、高引張強度・高弾性の炭素繊維シートを接着する工法に注目して、RC Tげた橋に対する炭素繊維シート接着工法の疲労耐久性を明確にすることを目的とし、模型試験体を用いた曲げ疲労試験を行った。

2. 試験概要

試験体は、TL-20荷重で設計されたRC単純Tげた橋（支間14.5m、有効幅員7.5m）の主げたの配筋と設計応力度を参考にし、けた高・ウェブ厚をRC Tげた橋のほぼ1/2、鉄筋比を同一とした（図-1参照）。試験体の載荷荷重は、NO.1無補強試験体の主鉄筋応力度がRC Tげた橋の死荷重時・L-20荷重時・B活荷重時の設計応力度と同程度となるようにした（表-1参照）。

試験体は、表-1に示す無補強の基準試験体と、貼付けした炭素繊維シートの弾性係数を標準タイプとしたものと高弾性タイプの各1体、合計3体とした。試験体下面に接着する炭素繊維シートの補強量は、無補強試験体NO.1の支間中央部に、実橋におけるB活荷重時相当の試験荷重（22.8tf）を載荷した場合に、その主鉄筋応力度が道路橋示方書Ⅲに規定される許容応力度（1800kgf/cm²）程度となるような量とした。なお、炭素繊維シートの接着は試験体の下面のみとした。

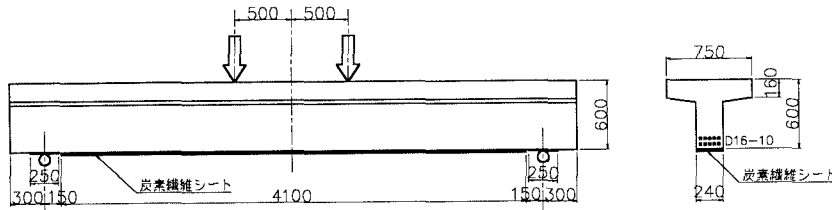


図-1 試験体の形状寸法

表-1 試験ケース

試験体	炭素繊維シート			主鉄筋応力度 kgf/cm ²				コンクリートの圧縮強度 kgf/cm ²
	補強量	弾性係数 kgf/cm ²	引張強度 kgf/cm ²	死荷重時 10.3tf	L-20荷重時 20.5tf	B活荷重時 22.8tf	疲労振幅 B活-死	
NO. 1	無補強：基準試験体	—	—	905	1810	2010	1105	262
2	標準：8層×0.167mm	2.35×10 ⁶	35000	"	1640	1805	900	397
3	高弾性：3層×0.143mm	6.50×10 ⁶	20000	"	1659	1624	919	351

載荷は、図-1に示すように2点曲げ載荷とした。各試験体の載荷方法は以下のとおりである。

試験体NO.1：始めに表-1に示したB活荷重時（22.8tf）まで静的載荷試験を行い、次に死荷重時（10.3tf）を下限荷重、B活荷重時を上限荷重として、疲労試験（N=200万回、載荷速度=2.5Hz）を行った。最後に静的載荷試験により破壊に至らしめた。

試験体NO. 2, 3：B活荷重時まで静的載荷試験により曲げひびわれを導入した後、炭素繊維シートの接着

キーワード：RCげた、炭素繊維シート接着工法、補強、疲労試験

* 〒305 つくば市大字旭1番地 TEL.0298-64-4919 FAX.0298-64-0565

** 〒213 川崎市高津区久本3-5-7 TEL.044-812-8815 FAX.044-812-8825

*** 〒100 千代田区丸の内2-5-2 TEL.03-3283-6864 FAX.03-3283-6769

作業を実橋の施工条件に極力合わせることを考慮し、死荷重時載荷の状態で試験体下面の支間方向に炭素繊維シートを試験体に接着した。その後、エポキシ樹脂が完全に硬化するまでの間、死荷重時とT-20荷重時（17.5tf / 1 Hz）との間で、1週間繰返し荷重を加えた。最後に、試験体NO.1と同様に200万回疲労試験と静的破壊試験を行った。

3. 試験結果

炭素繊維接着後にエポキシ樹脂が完全に硬化するまで荷重の繰返しを行ったRC Tげたの疲労試験の結果、以下のことが確認された。

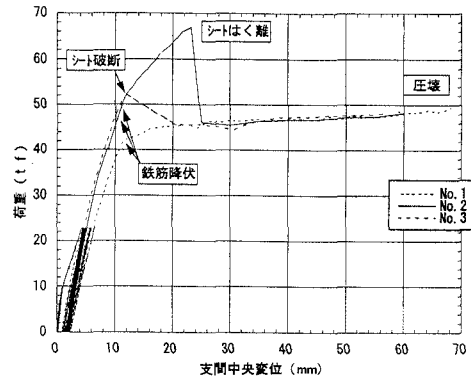


図-2 静的破壊試験時の荷重・変位関係

表-2 試験結果（下限荷重および上限荷重下での応答）

載荷試験	下限荷重（死荷重時：10.3tf）						上限荷重（B活荷重時：22.8tf）					
	変位：mm			主鉄筋応力：kgf/cm ²			変位：mm			主鉄筋応力：kgf/cm ²		
	No. 1	No. 2	No. 3	No. 1	No. 2	No. 3	No. 1	No. 2	No. 3	No. 1	No. 2	No. 3
初期静的載荷試験時	1.08	1.11	1.16	685	596	793	4.29	4.28	4.43	1906	1967	1942
炭素繊維養生後	—	2.60	2.57	—	1124	1089	—	4.36	4.38	—	1900	1892
疲労試験 1×10 ⁵ 回時	2.52	2.86	2.69	1095	1147	1118	4.67	4.60	4.54	2056	1929	1925
1×10 ⁶ 回時	2.71	2.89	2.80	1112	1176	1149	5.06	4.70	4.65	2064	1964	1944
2×10 ⁶ 回時	3.36	3.07	3.06	1172	1213	1167	5.71	4.94	4.93	2107	2010	1969
2×10 ⁷ 回時	3.68	3.22	3.08	1194	1225	1188	5.99	5.11	4.98	2132	2029	1991

a) 炭素繊維シートによる補強効果

炭素繊維シートによる補強効果を確認するために、設計における主鉄筋応力度の低減量と試験における低減量を比較する（表-2 参照）。試験におけるNO.2およびNO.3試験体の初期静的載荷時と炭素繊維シート養生後のB活荷重載荷時の主鉄筋応力度の差は、NO.2試験体では67kgf/cm²、NO.3試験体では50kgf/cm²となり、計算によって求められた同様な主鉄筋応力度の低減量の約200kgf/cm²と比較して小さいものとなった。これは、養生中に行った比較的大きなT-20荷重による繰返し載荷の影響を補強設計では、考慮していないためと考えられる。

b) 疲労試験の影響

疲労試験の影響を確認するために、『NO.1試験体の初期静的載荷時』と『200万回載荷時』の主鉄筋応力度の差、と『NO.2およびNO.3試験体の炭素繊維養生後』と『200万回載荷時』の主鉄筋応力度の差を比較する（表-2 参照）。主鉄筋応力度の差は、NO.1試験体で226kgf/cm²増加し、NO.2およびNO.3試験体で、それぞれ129kgf/cm²と99kgf/cm²増加した。これらより疲労試験中に与えたB活荷重相当の22.8tfと大きな荷重を与えたNO.2およびNO.3試験体の主鉄筋応力度は、NO.1試験体のそれと比較してその増加割合が小さく炭素繊維シートによる補強効果が確認された。

c) 疲労試験後の静的破壊試験

図-2より、炭素繊維シートを接着したNO.2およびNO.3試験体は、無補強試験体NO.1と比較して、主鉄筋降伏荷重および最大荷重が増加し、補強効果が認められた。

また、B活荷重載荷時に主鉄筋応力度が同程度となるように炭素繊維シートで補強したNO.2およびNO.3試験体は、B活荷重および主鉄筋降伏までは同様な荷重変位の挙動を示すが、NO.2試験体では66.9tf時に炭素繊維シートの剥離が生じ、NO.3試験体では52.1tf時に炭素繊維シートの破断が生じ最大荷重となった。その後、急激に荷重が低下し、無補強試験体NO.1と同様な挙動を示した。炭素繊維シートで補強した試験体の最大荷重と破壊形態の相違は、貼付した炭素繊維シートの引張強度とコンクリートと炭素繊維シートの付着強度によるものと考えられる。

4. おわりに：本試験は、建設省土木研究所橋梁研究室と炭素繊維補修・補強技術研究会との共同研究として実施しているものである。研究にあたり、大林組の古賀氏、ニューテックの神内氏を始め関係各位に感謝の意を表します。