

腐食損傷のあるトラス橋下弦材のFRPによる圧縮強度補修に関する実験研究

ものづくり大学 正会員 ○大垣 賀津雄

長野工業高等専門学校 正会員 奥山 雄介

長岡技術科学大学 正会員 宮下 剛

日鉄ケミカル&マテリアル 正会員 秀熊 佑哉, 西野 晶広

高速道路総合技術研究所 正会員 長谷 俊彦, 原田 拓也

1. はじめに

鋼トラス橋では、下弦材のウェブと下フランジの溶接線に沿った腐食が発生することが多い。このような損傷に対しては、アングルや当て板材などの鋼材をワンサイドボルトで添接する工法が用いられているが、図1に示すように腐食範囲が広い場合、すべての個所に適用するのは非合理的であり、より施工性に優れた工法の適用が望ましい。そこで、炭素繊維シート(以下、CFRP と呼ぶ)とアラミド繊維シート(以下、AFRP と呼ぶ)の接着による補修工法について検討する。

本研究では、トラス橋下弦材を模した箱型断面柱供試体に腐食を想定した断面欠損と溶接線欠損を与え、CFRP や AFRP による補修効果を確認する。昨年度に短柱の局部座屈実験で CFRP や AFRP による補修効果を確認済みであり¹⁾、本文は全体座屈との連成座屈実験を行い、本補修工法が適用できるか確認するものである。

2. 実験方法

本実験供試体は鋼種 SS400 で、両端にはエンドプレートを設けている。供試体形状を図2に、断面を図3に示す。供試体の下フランジ溶接部の腐食を模擬して溶接を行わずさらにウェブに欠損高さ 15mm、板厚 3mm 減の断面欠損を与えている。供試体長さ L と損傷の有無は表1に示す通りである。供試体の長さ L は 1900mm, 2700mm, 3500mm の 3 種類とした。損傷のない健全な供試体 N をそれぞれ 1 体ずつと、損傷を与えた供試体 S をそれぞれ 3 体ずつ製作し、そのうち 2 体を補修して計 12 体の試験を実施した。補修方法としてはまず、供試体 S-CA は断面欠損部分に不陸修正を行い、CFRP を軸方向に Lmm の範囲に 1 層貼り、下フランジとウェブに不陸修正材で下フランジ端部に摺り付け、AFRP を周方向に 1 層巻いている。供試体 S-A は CFRP の工程を無くし、不陸修正による摺り付けのみで AFRP を周方向に巻いている。また、すべての供試体の端部 100mm の範囲は溶接欠損を設けずに CFRP にて補強を行い、載荷点近傍での局部破壊が生じないように工夫した。



図1 下弦材の腐食事例

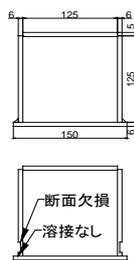


図3 供試体断面

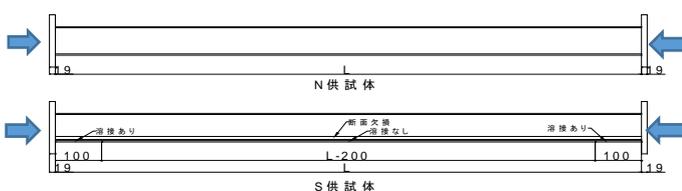


図2 実験供試体

表1 実験供試体一覧

供試体	試体長さ L	細長比パラメータ λ	損傷の有無	FRP 補修
N-1900	1900mm	0.51	なし	-
S-1900			あり	無
S-CA-1900			あり	CFRP+AFRP
S-A-1900			あり	AFRP
N-2700	2700mm	0.71	なし	-
S-2700			あり	無
S-CA-2700			あり	CFRP+AFRP
S-A-2700			あり	AFRP
N-3500	3500mm	0.91	なし	-
S-3500			あり	無
S-CA-3500			あり	CFRP+AFRP
S-A-3500			あり	AFRP

キーワード CFRP シート, 補修・補強, 全体座屈, 局部座屈, 連成座屈

連絡先 〒361-0038 埼玉県行田市前谷 333 番地 TEL 048-564-3851

3. 実験結果

実験により得られた最大荷重を表2に示す。これより、断面欠損および溶接線欠損の損傷を与えた供試体Sは、健全供試体Nよりも強度が半減以下の約40%程度に低下している。これらをCFRPで補強し、AFRPで周巻きしたS-CA供試体は概ね健全時の強度まで回復していることがわかる。また、AFRPで周巻きしたS-A供試体でも健全とほぼ同等となっており、AFRPシートを周方向に巻くことにより、箱形の断面として機能させたことで補修効果が得られることがわかった。図4から供試体Sは道路橋示方書²⁾の耐荷力曲線より大きく下回っているが、補修を行った供試体は同等か上回ることがわかった。図5の荷重と鉛直変位の関係を見ても、補修の有無で大きな差があることがわかる。損傷ありで補修を行っていないS供試体は最大荷重後、急激に荷重が低下することがわかる。

また、柱の長い2700mm, 3500mmの供試体は、表2から損傷あり無補修であると局部座屈が支配的となる。一方、補修を行うと局部座屈が起こりにくくなり全体座屈が発生する傾向にある。

4. まとめ

本研究では、腐食損傷を生じた鋼トラス下弦材の補強方法について、CFRP貼付けおよびAFRP巻きで補修する工法を実施した。その結果、溶接線等が損傷を受けている場合には、圧縮荷重作用下で耐荷力の低下が見られた。健全モデルでは、破壊に至るまでの変形の進行が緩やかであったのに対し、損傷ありモデルでは、一気に変形が進行し急激に耐荷力が低下することが確認された。溶接線欠損に対しては、AFRPシートを周方向に巻き付けることで、変形を抑制し、座屈耐荷力が改善できることを確認した。

表2 実験結果 (最大荷重)

供試体	全体座屈	局部座屈	連成座屈	最大荷重 P _u (kN)	P _u /P _y	P _u /P _{uN}
N-1900	○	○	○	940	0.90	1.00
S-1900	-	○	-	376	0.36	0.40
S-CA-1900	○	○	○	936	0.90	1.00
S-A-1900	○	○	○	902	0.87	0.96
N-2700	○	○	○	853	0.82	1.00
S-2700	-	○	-	364	0.35	0.43
S-CA-2700	○	-	-	842	0.81	0.99
S-A-2700	○	-	-	896	0.86	1.05
N-3500	○	-	-	883	0.85	1.00
S-3500	○	○	○	334	0.32	0.39
S-CA-3500	○	-	-	825	0.79	0.93
S-A-3500	○	-	-	810	0.78	0.92

注) P_{uN} : 供試体 N シリーズの最大荷重

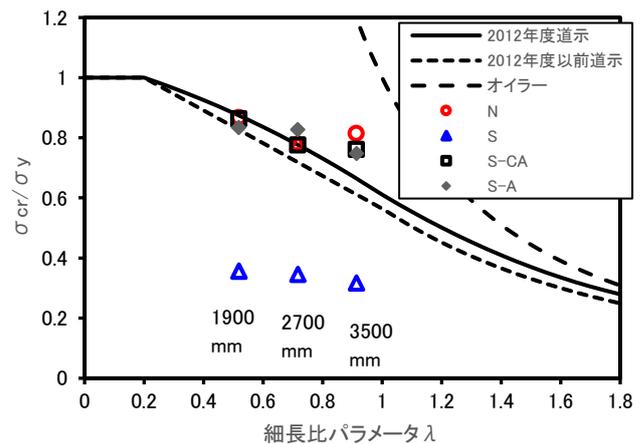


図4 柱の耐荷力曲線

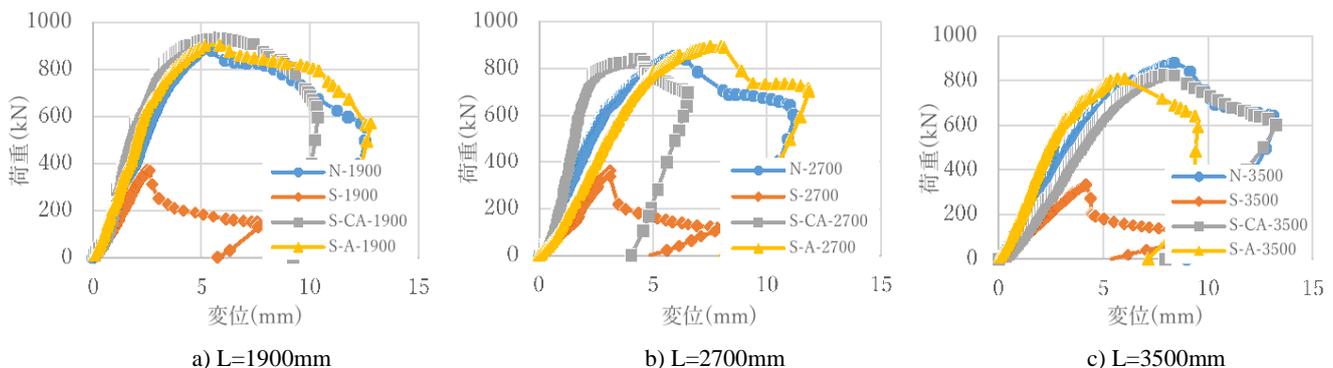


図5 荷重—変位曲線

【謝辞】 本研究を行うにあたり、ものづくり大学・菊地新平君、田中琢巳君他、ならびに長野高等専門学校の関係者に多大な協力を賜りましたことを感謝します。

【参考文献】 1)高森, 奥山, 広瀬, 原田, 宮下, 秀熊, 小林, 大垣: 鋼トラス橋下弦材の腐食損傷に対する FRP 接着補修工法に関する検討, 土木学会第 73 回年次学術講演会 2018. 8

2) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説Ⅱ鋼橋編, 平成 24 年 3 月