

応急橋梁用 CFRP 軽量床版の耐摩耗層及び耐衝撃層が残存圧縮強度に及ぼす影響

防衛装備庁陸上装備研究所 正会員 ○中田 光洋
防衛装備庁陸上装備研究所 鈴木 洋史
防衛装備庁陸上装備研究所 山田 順一

1. はじめに

防衛装備庁陸上装備研究所では、有事、大規模災害時等に自衛隊が使用する応急橋梁の高性能化のため、軽量、高強度な炭素繊維強化プラスチック（Carbon Fiber Reinforced Plastics. 以下「CFRP」という.）の適用に向けた研究を実施している。自衛隊用応急橋梁では、軽量化の必要性から床版上にコンクリートやアスファルトなどの密度の大きな材料による舗装を施工することは困難である。筆者らは既往研究¹⁾で CFRP スキン板とアラミドハニカムサンドイッチコアによる軽量かつ高剛性な床版構造を提案している。本研究では、軽量床版の耐摩耗層及び耐衝撃層が残存圧縮強度に及ぼす影響について検討したものである。

2. 研究の概要

本研究では、応急橋梁用の軽量な CFRP 床版構造について、第 1 層としてタイヤとの耐摩耗層を、第 2 層として輪荷重への衝撃吸収層を設けることとした。構造部材は、既往研究で選定した東レ T800 相当のプリプレグから成型した CFRP 板である。また、耐摩耗層は汎用的な防滑用セラミックス樹脂をエポキシ樹脂で固めたものを、衝撃吸収層は AFRP（Aramid Fiber Reinforced Plastics）を選定した。図-1 に想定した床版保護構造を、表-1 に本研究で用いた材料をそれぞれ示す。車両の通過を模擬した摩耗及び衝撃を構造部材に負荷するため、舗装性能評価法²⁾に規定されるラベリング試験を実施した。ラベリング試験は、ローターに取り付けられた鉄鋼製チェーンを往復運動する供試材に打ち付け、打撃を与えるものである。摩耗及び衝撃付与後の構造部材への強度評価については、既往研究において CFRP 材の評定強度を衝撃後圧縮試験（Compression After Impact. 以下「CAI」という.）により規定したことから、本研究でも CAI に準じて評価を実施することとした。具体的には、衝撃付与に代わりラベリング試験を 2 分間実施後、耐摩耗層のはがれ面積率を舗装の評価基準³⁾に基づいて定量的に評価した後、CFRP 板から耐摩耗層及び衝撃吸収層を剥離する。その後、CFRP 板に対して超音波探傷検査（Ultrasonic Testing. 以下「UT」という.）を実施後、圧縮試験片を切り出し、圧縮試験に供した。試験ケースは衝撃吸収層の AFRP 厚さを 0mm から 5mm まで 1mm 刻みに設定した 6 ケースとし、各試験ケースについて 2 回ずつ試験を実施した。

3. 試験結果

ラベリング試験の実施状況を図-2 に、試験片の寸法を図-3 に、圧縮試験により得られた応力-ひずみ線図を図-4 に、試験結果のまとめを表-2 にそれぞれ示す。表-2 に示すはがれ面積率と圧縮強度は、試験ケースご

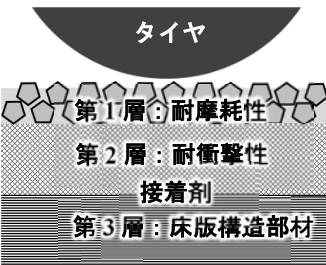


図-1 想定した床版保護構造



図-2 ラベリング試験の実施状況

表-1 本研究で用いた材料

想定部位	適用材料
第 1 層（耐摩耗層）	セラミックス粒子+エポキシ樹脂 （厚さ約 1.1mm）
第 2 層（衝撃吸収層）	AFRP（厚さ 0～5mm）
接着剤	シリコン系接着剤（0mm はなし）
第 3 層（構造部材）	高弾性率炭素繊維プリプレグ 繊維：帝人（株）IMS65 UD 材 樹脂：ベンゾオキサジン樹脂 積層：[+45/0/-45/90] _{3S} （厚さ約 4.7mm）

キーワード 応急橋梁， CFRP 床版， 耐摩耗性， 耐衝撃性， ラベリング試験
連絡先 〒252-0206 神奈川県相模原市中央区淵野辺 2-9-54 防衛装備庁陸上装備研究所 TEL:042-752-2941

との試験結果の平均値である。はがれ面積率の結果には、衝撃吸収層の厚さと明瞭な関係は見られず、耐摩耗層と衝撃吸収層を除去した後のCFRP板のUTの結果からは、衝撃吸収層の厚さによらず明瞭な損傷は検出されなかった。他方、圧縮試験の結果は、衝撃吸収層の厚さに依存する傾向が示された。表-2には比較のため既往研究で実施した同一材料のCAI及び有孔圧縮試験(Open Hole Compression. 以下「OHC」という。)の結果を併せて示す。これらの値は、既往研究で示した統計的ばらつきを考慮した値(MIL-B値又は算術平均の85%のどちらか小さい値)ではなく、5回の試験結果の平均値である。衝撃吸収層厚さ1mmから5mmのいずれの試験ケースにおいても、本研究で評価強度としたCAI値85%(220MPa)を下回ることがなかった。また、厚さ4mm以上のケースで、圧縮強度に変化が無いことからCFRP板にはマクロな強度特性に影響する内部損傷は発生していないと判断できる。なお、圧縮強度が明瞭に低下し、内部損傷が発生していると推定できる試験ケースにおいてもUTにより明瞭な損傷が検出されなかったのは、CFRP板に生じている内部損傷がUTの検出限界よりも微小であったためと考えられる。

4. まとめ

- ・車両通過時の衝撃に見立てたラベリング試験により得られたはがれ面積率の結果から、本研究の範囲では、耐摩耗性及び衝撃吸収層厚さとの明瞭な関係は見られなかった。
- ・圧縮強度の結果から、AFRP耐衝撃層により衝撃を吸収可能であり、構造部材であるCFRP板の残存圧縮強度が衝撃吸収層の厚さに依存することが確認できた。

謝辞

ラベリング試験による衝撃の付与については、国立研究開発法人土木研究所先端材料資源研究センターの西崎到グループ長に御教示を頂いた。ここに感謝の意を表する。

参考文献

1) 鈴木洋史ら：応急橋梁へのCFRPの適用に関する実験的検討，第9回FRP複合構造・橋梁に関するシンポジウム，2022.

2) (公社)日本道路協会：舗装性能評価法・別冊－必要に応じ定める性能指標の評価法編，2008.

3) 東京都建設局道路管理部：遮熱性舗装（車道）設計・施工要領（案），2010

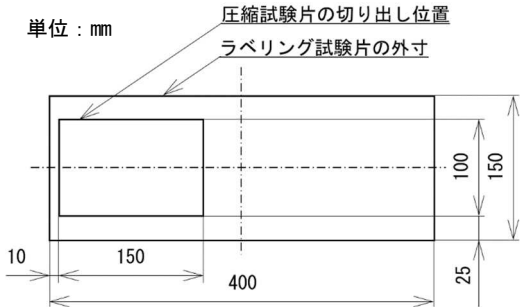


図-3 試験片の寸法

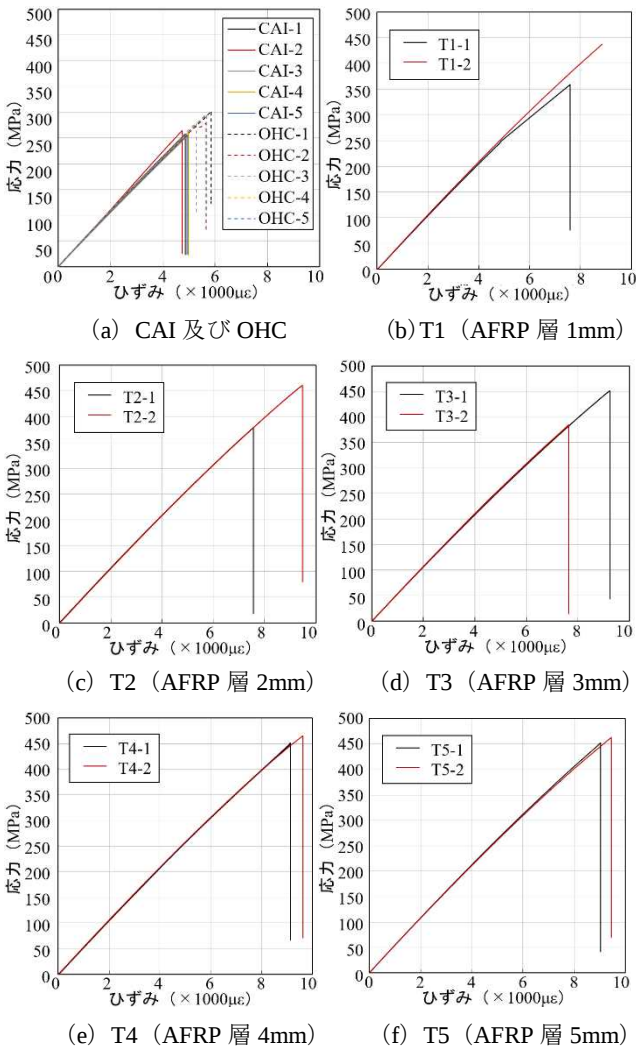


図-4 圧縮試験時の応力-ひずみ線図

表-2 試験結果のまとめ

試験ケース	AFRP層厚(mm)	はがれ面積率(%)	UT結果	平均圧縮強度※1(MPa)
T0	0	0.94	実施せず	
T1	1	0.37	損傷なし	398
T2	2	0.44	損傷なし	420
T3	3	0.72	損傷なし	418
T4	4	0.65	損傷なし	458
T5	5	0.69	損傷なし	458
CAI	—	—	損傷あり	259※2
OHC	—	—	—	291

※1 試験条件は、OHCのみ高温湿潤、ほかは常温常湿。
※2 本研究におけるCFRP板の破壊評価強度は、CAI値の85%値である220MPaと設定した。