

京都大学 学生会員 ○衛藤晶子 正会員 服部篤史 フェロー会員 宮川豊章

1. はじめに

補修工法として適用可能な連続繊維シート貼付け工法では、使用状態で発生するひび割れに対する抑制効果とひび割れ付近で弱点となる付着劣化が生

じないことが期待されるが、これらの抑制効果、付着劣化の程度ならびに評価法については十分な研究がなされていない。本研究では凍結融解作用に伴うコンクリートの劣化により生じるひび割れと、曲げ荷重により生じるひび割れに対し、破壊・非破壊試験を実施し評価方法について検討した。

2. 実験概要

連続繊維シートを打設側面の一面軸方向に1層貼り付けた、無筋コンクリートの角柱供試体(10×10×40cm)を用いた。試験要因を表1に示す。試験の種類は以下のとおりである。①超音波パルス伝播速度試験：供試体の端面間は発振・受振子間隔400mmの対称法で、FRP層面上は中心間距離100、200、350mmの3箇所測定した。②共鳴振動法による動弾性係数試験：たて、たわみ振動の1次共鳴振動数を測定し相対動弾性係数を求めた。③引張型付着試験：建研式引張付着試験により付着強度を求めた。④曲げ試験：スパン300mmの中央1点による曲げ試験を行い、載荷中、載荷後にFRP層面上は表面法により(中心間距離100、200mm)、端面間是对称法(400mm)により超音波パルス伝播速度を測定して、発生するひび割れに対する連続繊維シートの抑制効果や付着状況を検討した。

3. 結果および考察

1) 超音波パルス伝播速度

図1に示すように、FRP層は伝播速度を低下させる傾向にあり中心間距離350mmでは対称法を下回るが、1層のFRP層が超音波パルスの伝播を完全に阻害することはないと思われ、FRP層上での表面法の適用は有意であると考えられる。しかし、FRP層の材料の影響は明確でなく、また凍結融解90サイクルまではいずれの測定方法でも顕著な変化は認められなかった。伝播速度の変化に表れる程度の劣化は進行していないものと考えられる。

2) 共鳴振動法による動弾性係数試験

図2に示すように、無補強に対する相対動弾性係数はガラス繊維より炭素繊維シートの方が、柔軟樹脂より普通樹脂の方が大きい傾向があり、特にたわみ振動においてより明確であった。たわみ振動では振動をFRP層により抑制される方向で与えたため、FRP層の材料の違いが現れやすかったものと考えられる。なお、凍結融解90サイクルまでは顕著な経時変化は認められなかった。

表1 試験要因(記号)

種類	試験要因
連続繊維シート	高強度炭素繊維シート(C)、ガラス繊維シート(G)
樹脂	普通タイプ(N)、柔軟タイプ(F)
環境	恒温環境、凍結融解繰返し環境

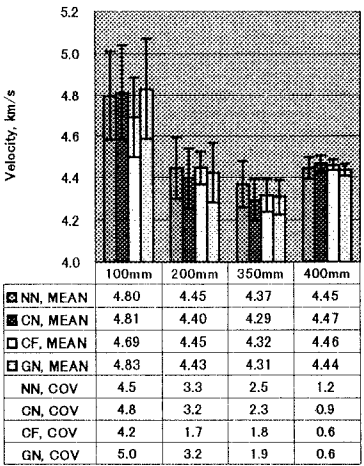


図1 超音波パルス伝播速度

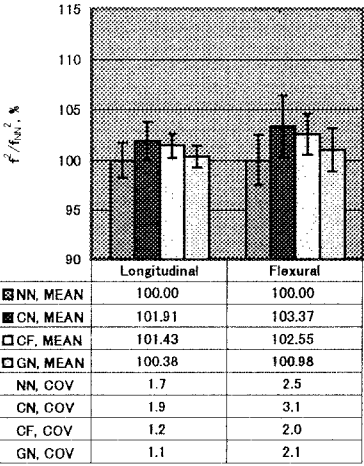


図2 相対動弾性係数

3) 引張型付着試験

破壊面のごく一部で FRP 層が点在して見られることはあったが、いずれの供試体も破壊は基盤コンクリートのモルタル部分の引張破壊によるもので、FRP 層とコンクリートの界面や、FRP 層内部で破壊したものはなかった。FRP 層の材料としては十分な付着強度を発揮したといえる。図3に付着強度を示す。ばらつきが大きい上記のとおりコンクリートの破壊により付着強度が決まっているため、健全供試体では FRP 層の材料の影響はほとんど現れていない。

90 サイクル後の供試体ではおよそ 20% の付着強度の低下が見られ、凍結融解によるコンクリートの劣化が原因と考えられる。特に柔軟樹脂で付着強度の低下が著しく、樹脂のヤング係数が小さい場合に凍結融解繰返しによる微小ひび割れを十分抑制できず、劣化が進行しやすかったと思われる。

4) 曲げ試験

曲げひび割れ発生荷重は連続繊維シートの引張剛性の増加に伴って増加した。しかし、柔軟樹脂では普通樹脂を用いたものより小さい傾向があり、引張剛性が大きい炭素繊維シートを用いた場合でも、ガラス繊維シートと普通樹脂を用いたものと同程度であり、連続繊維シートだけでなく樹脂の影響も考慮する必要があることがわかる。90 サイクル後供試体ではいずれも曲げひび割れ発生荷重が低下し、特に柔軟樹脂でこの傾向が強く引張型付着試験の結果と類似していた。スパン中央の FRP 層のひずみから、曲げひび割れ発生後ガラス繊維シートではひずみが局部的に大きくなりやすく、剥離の進展が顕著であり、また柔軟樹脂や凍結融解作用を与えた場合は早期に平面保持が成り立たなくなるといった傾向が見られた。曲げひび割れの進展抑制、および除荷後のひび割れ回復については引張剛性の大きな炭素繊維シートが優れているといえる。

図4に載荷中の超音波パルス伝播速度試験の結果を示す。曲げひび割れ発生荷重までは対称法・表面法のいずれの中心間距離においても大きな変化は認められない。一方、曲げひび割れ発生後は対称法(中心間距離 400mm)ではひび割れの影響はほとんど認められないが、表面法(100mm、200mm)では伝播速度の低下によってひび割れの存在が検知できる。また、除荷後にひび割れのある程度の復元があっても、伝播速度の復元は微小であった。最も顕著にひび割れの影響が現れるのは中心間距離 100mm だが、ひび割れを判別可能な伝播速度の低下を約 20% の低下と考えると、中心間距離が 200mm なら十分判別可能である。

4. 結論

- ①凍結融解作用によるコンクリートの劣化により付着強度が低下し、その程度に樹脂の影響が見られた。
- ②FRP 層下の曲げひび割れは表面法による超音波パルス伝播速度で検知できる。
- ③超音波パルス伝播速度と相対動弾性係数に特に低下が見られない場合でも、引張付着強度や曲げひび割れ発生荷重などに有意な低下が確認された。これらの非破壊試験結果に変化が見られない場合でも、コンクリートや FRP 層の劣化が進行している可能性がある。

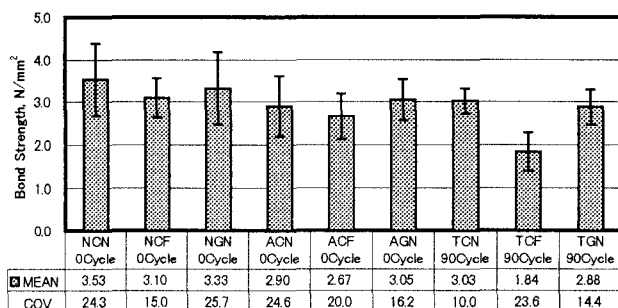


図3 付着強度

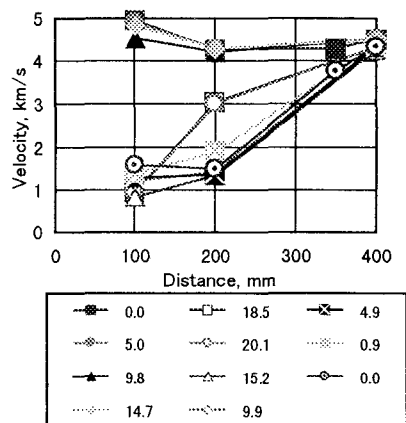


図4 超音波パルス伝播速度
(炭素・普通樹脂健全供試体、単位: kN)