

高砂熱学工業株式会社 正会員 富岡龍一
 茨城大学工学部 正会員 呉 智深
 茨城大学工学部 正会員 横山功一
 茨城大学大学院 学生会員 許 斌

1. はじめに

維持管理時代が到来している中、1995年の阪神・淡路大震災により今まで以上に劣化・耐震補強への関心も高まった。その中で、従来の補強工法が抱えている問題を解決すべく、繊維強化材(以下FRP)と呼ばれる新素材とりわけFRPシートを利用した補強工法が注目され、既設コンクリート構造物への補強・補修の適用事例が急速に増加しており、研究開発も盛んに行うようになっている。しかしながら、FRPシートの接着補強による構造物の動的挙動に与える影響に関する研究例が少なく、とりわけ使用状態における構造物の動的挙動に関する補強効果の検討はまだなされていない。

そこで本研究では、FRPシート補強・補修構造部材の動的挙動に着目し、特に、FRPシート緊張接着補強を施した構造部材の振動特性とそれによる振動低減効果の解明を目的とし、実験・解析的な研究を行ったのでここに報告する。

2. 実験概要

本研究では、ひび割れ発生前・後の2つの载荷レベルに対して強制振動実験を行い、各種補強供試体の剛性・減衰特性・応答変位振幅特性に対して定量的な評価を下した。RC梁供試体の種類は、無補強、炭素繊維シート(CFRP)緊張接着補強、炭素繊維シート接着補強、アラミド繊維シート(AFRP)接着補強、ハイブリッド繊維シート(HFRP)接着補強、炭素繊維シートの中央に接着浮きを考慮したもの、の6種類である。なお、供試体長さは60(cm)、断面は6×5(cm)、鉄筋はD10-1、底面に接着したシート長さは50(cm)である。

载荷スパン55cmの両端単純支持梁で、ひび割れ発生前とひび割れ発生後(主鉄筋降伏前)の状態での強制振動実験を行った。梁に加振荷重としてひび割れ発生前50±40(kgf)、ひび割れ発生後450±100(kgf)を载荷し、加振周波数0.01, 0.25, 2.5(Hz)について時間、強制加振荷重、応答変位振幅のデータを計測した。剛性は実験によって得られたデータより回帰分析によって算出した。また、減衰特性は減衰比、応答変位振幅は片振幅で評価した。

a) 剛性

荷重-変位曲線に於ける傾きがその供試体の剛性になっているので図-1に示すようにに梁供試体の各状態の剛性をそれぞれひび割れ発生前の平均傾き K_1 、ひび割れ発生後から鉄筋降伏前の平均傾き K_2 とした。

b) 減衰特性

強制振動に於ける荷重-変位曲線はヒステリシスループを描き、このループの面積が振動の1サイクル間に失われるエネルギーに相当している。故に、このループの面積が大きいほどエネルギーの消費が大きく、減衰比も大きい。概念図および算定式を図-2に示す通りである。

c) 応答変位振幅

振幅は供試体の剛性・減衰これら2つのパラメーターに依存し、総合的な効果として現れる(図-3参照)。本研究では応答変位の片振幅で振動の大きさを評価する。

3. 実験結果

a) 剛性

まず補強を施す前に各供試体の弾性剛性を測定したが、その差がほとんど見られなかった。従って、各供試体の

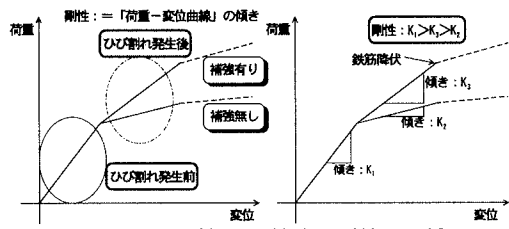
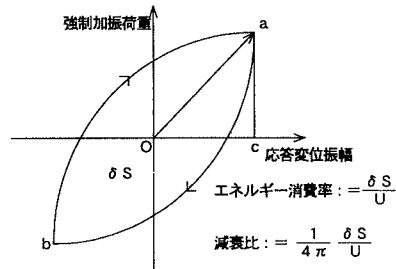


図-1 ひび割れ・補強と剛性の関係



ループの面積: δS = 減衰力が1サイクル中に消費するエネルギー

Δoac の面積: U = 最大ひずみエネルギー

図-2 ヒステリシスループと減衰の関係

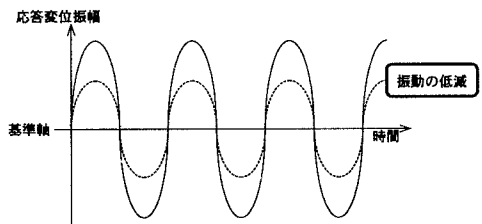


図-3 振動の低減効果

キーワード: FRPシート, 緊張接着, 振動, 剛性, 減衰, 変位振幅

連絡先: 〒316-8511 茨城県日立市中成沢町 4-12-1 TEL 0294-38-5179 FAX 0294-38-5268

ばらつきはあまりないと考えられる。ひび割れ前はCFRPシートの緊張と無緊張(No. 1, 2)接着により補強された供試体の剛性差はほとんど見られず、HFRP接着補強が最も高い剛性を示した。ひび割れ後、緊張した供試体は無緊張に比べて、剛性が25%程度増加した。その他補強(No. 3, 4)はCFRP接着補強と同程度の剛性で、補強材料による差は見られなかった。CFRP緊張による供試体の剛性増加は既存の大型供試体による研究に於いても確認されている¹⁾。ただし、梁中央領域のCFRPシートが未接着浮きを有する場合にはひび割れ発生前後とも他の補強梁より低い剛性となっている。

b) 減衰特性

図-5に強制振動実験によって求められている各種供試体の減衰比を示す。ひび割れの存在により、同荷重レベルを受ける各供試体の減衰比は20%~160%程度の範囲で増加していることがわかった。その中で、緊張補強した供試体は、緊張力の存在によりひび割れ幅が非常に小さくなっている状態であるため、その他の補強供試体に比べて減衰比の増加の割合が一番小さくなっている。

c) 応答変位振幅

強制振動による応答変位振幅に於いて、0.01Hz, 0.25Hzの実験で、緊張補強供試体はその他の補強に比べて10%程度の低減効果が、ひび割れがあるときに現れていることが解る。しかし、ひび割れがない場合や、2.5Hzの比較的高周波数では補強方法やひび割れの有無による応答変位振幅の差はあまり見られなかった。

4. 有限要素解析による実験評価

本研究では、実験から得られた結果を用いて、実験同定および実験結果の評価を行った。振動解析モデルはビーム要素を用いて構築し、剛性や減衰比の変化を計算パラメータとしてシミュレーション評価を行った。解析においてバリーニア型復元力特性を表現する曲げ降伏型のRC部材の復元力モデルを用いて非線形性評価を行った。また、減衰比5%~20%、剛性変化率0%~45%の範囲で供試体の振動に関するパラメータ解析を行った解析結果は図-7および図-8に示すとおりである。実験結果と解析結果はほぼ一致しており、実験で得られた供試体の振動特性は本解析手法によってよく再現された。つまり、剛性が高ければ振幅が次第に小さくなっている。また、本研究のような動的荷重特性に関しては、振幅が減衰比よりも剛性に大きく依存していることがわかる。今後、様々な周波数を有する動的荷重に関する

検討を行い、構造物のFRP緊張による振動特性の変化を把握する必要がある。

5. おわりに

FRPシートの緊張接着は、ひび割れを有する状態の補強梁の剛性をかなり向上させた。本実験のような振動荷重に対して、FRPシートの緊張補強には応答振幅の低減効果が見られた。非線形有限要素解析手法による実験結果の解析評価により、各種補強供試体についての実測データの妥当性が示された。

参考文献

呉 智深 他：FRPシート緊張接着によるコンクリート構造部材の補強法の提案，土木学会構造工学論文集，Vol. 44A，pp. 1299-1308，1998.3.

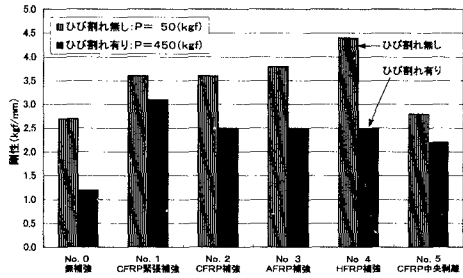


図-4 回帰分析による供試体の剛性変化

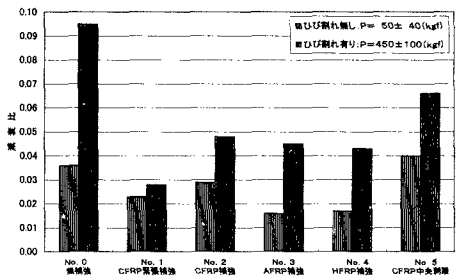


図-5 強制振動による供試体の減衰比

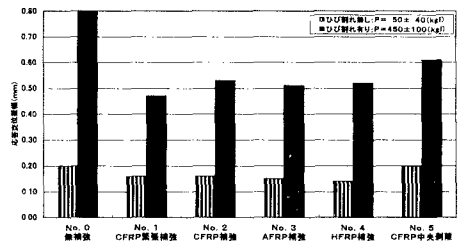


図-6 強制振動による供試体の全振幅 $f=0.25\text{Hz}$

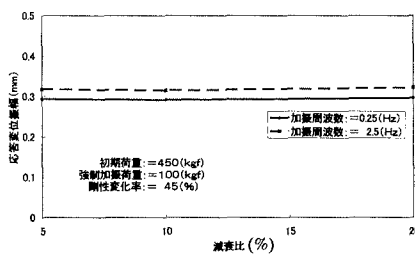


図-7 剛性変化による半振幅の変化

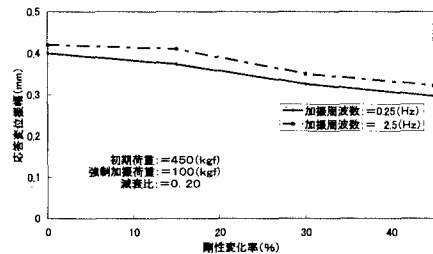


図-8 減衰比変化による半振幅変化