

一定繰り返し衝撃荷重を受ける AFRP シート補強 RC 梁の弾塑性衝撃応答解析に関する一検討

室蘭工業大学大学院 学生会員 ○瓦井 智貴 室蘭工業大学大学院 正会員 小室 雅人
 室蘭工業大学大学院 フェロー 岸 徳光 三井住友建設(株) フェロー 三上 浩

1. はじめに

本研究は、AFRP シート下面接着曲げ補強 RC 梁を対象に、一定繰り返し衝撃荷重載荷時における梁の耐衝撃性を適切に評価可能な解析手法の確立を目的として、三次元弾塑性衝撃応答解析を実施した。ここでは、特に国内外で広く適用されている2種類のコンクリート構成則および著者らの提案モデルを用いて、構成則の RC 梁の耐衝撃性状への影響について検討を行った。

2. 実験概要

図1には、試験体の形状寸法、配筋およびシート接着による補強状況を示している。試験体の形状寸法(梁幅×梁高×スパン長)は、 $200 \times 250 \times 3,000$ mm である。軸方向鉄筋は上下端に D19 を各2本配置し、せん断補強鉄筋には D10 を用い、100 mm 間隔で配筋している。また、梁下面には AFRP シートを支点の 50 mm 手前まで接着した。なお、試験体は浮き上がりを拘束するピン支持に近い構造で固定されている。

衝撃荷重載荷実験は、スパン中央部に質量 300 kg の鋼製重錘を、落下高さ($H = 0.5, 1$ m)を一定として繰り返し自由落下させることにより実施した。なお、実験はシート剥離・破断あるいは梁上縁が著しく圧壊に至った段階で終了することとした。

3. 数値解析概要

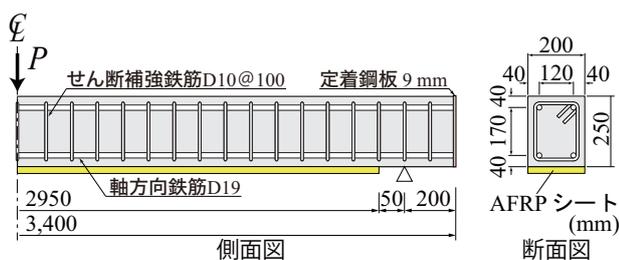


図1 試験体の形状寸法と配筋およびシート接着状況

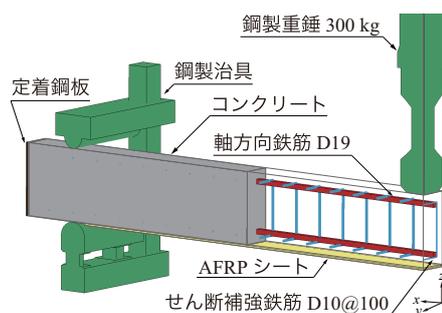


図2 有限要素モデル

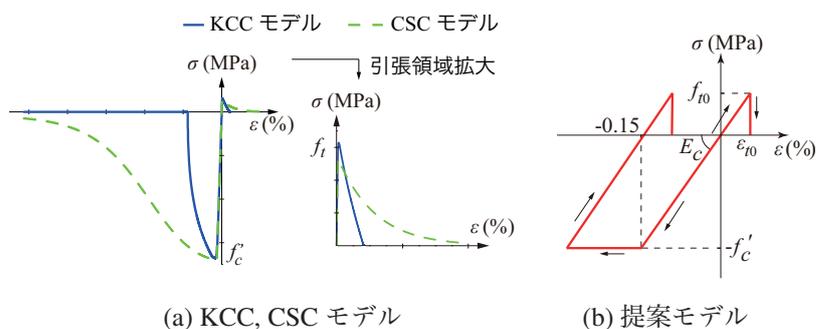


図3 材料構成則

図2には、本研究で用いた有限要素モデルを示している。対称性を考慮した1/4モデルを採用し、せん断補強鉄筋は2節点梁要素、それ以外はすべて8節点固体要素を用いた。重錘-梁間および梁-支点治具間には、面と面との接触・剥離を伴う滑りを考慮した接触面を定義し、境界条件は、対称切断面において法線方向変位成分を、支点部では治具回転中心軸に沿って鉛直方向変位成分を拘束しピン支持とした。

図3には、本研究で適用した3種類のコンクリート構成則を示している。(a)図には、衝撃応答解析において国内外で広く適用されている KCC および CSC モデルの応力-ひずみ関係を示している。いずれのモデルも圧縮軟化および引張軟化領域を有しているものの、その勾配が異なっている。(b)図には、著者らの提案モデルの応力-ひずみ関係を示している。圧縮側は相当ひずみが 0.15 % に達した段階で完全降伏するバイリニア型とし、降伏の判定には Drucker-Prager の降伏条件式を採用している。一方、引張側に対しては引張強度に到達後、引張応力を伝達しないモデルである。また、引張強度には、要素長に対応して引張破壊エネルギー等価の概念に基づいた仮定の換算引張強度を設定している。

表1には、本研究で検討を行った数値解析一覧を示している。ここでは、AFRP シートの目付量、コンクリート構成則、および落下高さを変化させた計 99 ケースの解析を

表1 数値解析一覧

シート目付量 (g/m ²)	コンクリート構成則	荷重方法
280	KCC モデル CSC モデル 提案モデル	一定繰り返し荷重 $H = 0.5, 1$ m
415		
830		
1660		

キーワード：RC 梁、AFRP シート下面接着、有限要素法、衝撃応答解析、構成則

連絡先：〒050-8585 室蘭工業大学大学院 もの創造系領域 社会基盤ユニット TEL/FAX 0143-46-5228

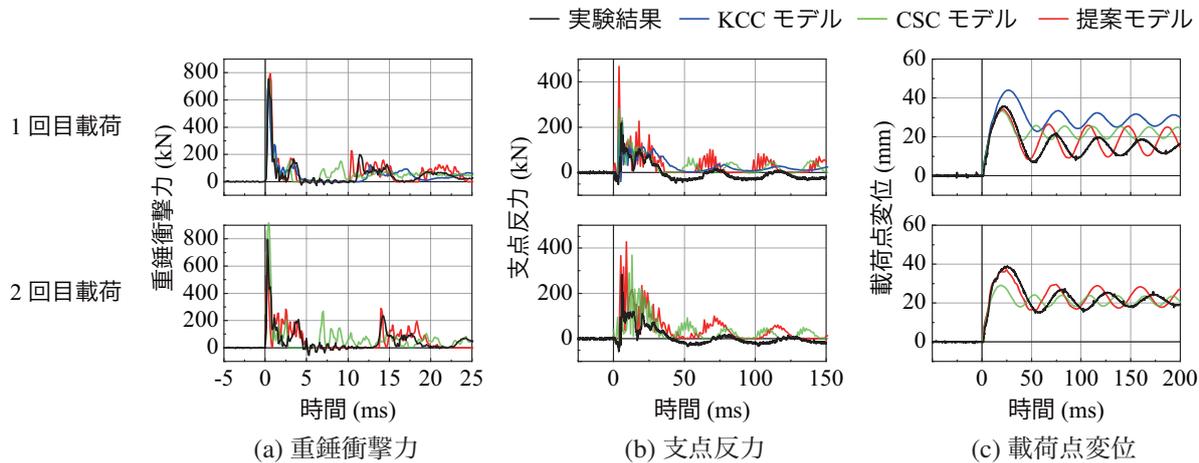


図4 目付 280 g/m²，落下高さ H = 1 m における実験および数値解析結果比較

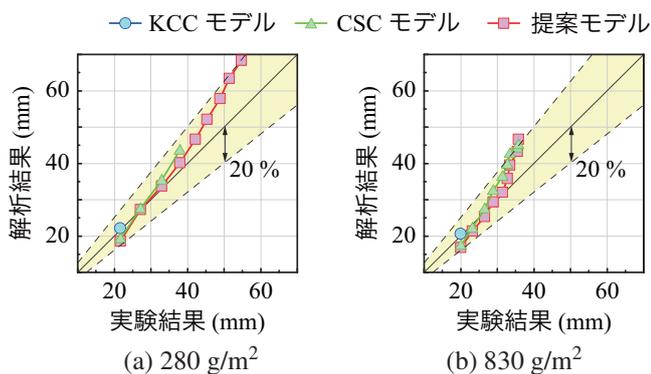


図5 絶対最大変位の実験・数値解析値比較 (H = 0.5 m)

実施した。

4. 数値解析結果及び考察

図4には、実験結果と解析結果の一例として目付量 280 g/m²，落下高さ H = 1 m の繰り返し荷重時における各種応答波形を比較して示している。なお、実験は2回目荷重時にシート破断によって終局に至っている。

1回目荷重時に着目すると、衝撃力や支点反力において、各モデルによる顕著な差異は確認されない。荷点変位においては、KCCモデルの場合には最大変位および残留変位が実験結果よりも大きく示されている。これは、梁下縁の損傷が大きく、シート剥離時と類似した性状を示していることに起因しているものと推察され、1回目荷重時のシート剥離による終局と判断した。2回目荷重時に着目すると、衝撃力や荷点変位に関して、提案モデルが実験結果と最も精度よく対応していることが分かる。また、CSCおよび提案モデルの場合には、実験結果と同様に梁はシート破断により終局に至っている。

図5には、落下高さ H = 0.5 m，目付量 280, 830 g/m² における絶対最大変位に着目して、横軸に実験結果を、縦軸に解析結果を取って整理している。なお、数値解析は実験結果よりも早期にシート剥離や破断が生じた場合には、その時点で解析を終了した。また、黄色の領域は実験結果と解析結果の誤差が 20% の範囲を表している。

表2 繰り返し荷重回数とシートの耐荷性状

目付量 (g/m ²)	280		415		830		1660	
落下高さ (m)	0.5	1	0.5	1	0.5	1	0.5	1
実験結果	9-	2×	9-	4-	9-	4-	9-	4-
提案モデル	9-	2×	9-	4-	9-	4-	9-	4-
KCCモデル	1△	1△	1△	1△	1△	1△	1△	1△
CSCモデル	4×	2×	6×	3×	9-	4-	9-	4-

—: 健全 △: シート剥離 ×: シート破断

図より、いずれのモデルも 20% の誤差範囲内で実験結果を再現しているものの、工学的に最も重要なシート剥離・破断を含めた梁の耐荷性状までを考慮すると、提案モデルが最も再現性が高いものと判断される。

表2には、全ケースの終局に至る荷重回数とシートの耐荷性状を一覧にして示している。実験結果は、目付量 280 g/m²，落下高さ H = 1 m の場合を除き、シートの剥離・破断には至っていない。解析結果は、KCCモデルの場合にはいずれも1回目荷重時に剥離に類似した性状を示し、実験結果と対応していない。また、CSCモデルは、シート目付量が 830 g/m² 以上で実験結果と対応しているが、少目付量の場合には図5に示す通り実験結果と異なる傾向にある。一方、提案モデルでは、いずれの場合においてもシートの耐荷性状を適切に再現可能であることが分かる。

5. まとめ

コンクリート構成則に破壊エネルギー等価の概念を適用した提案モデルを用いることにより、一定繰り返し衝撃荷重を受ける AFRP シート下面接着曲げ補強 RC 梁の劣化進展状況やシートの耐荷性状を含めた耐衝撃挙動を適切に再現可能であることが明らかとなった。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 JP17K06527 の援助により行われたものである。また、研究で使用した AFRP シートはファイベックス(株)、接着剤等は住友ゴム工業(株)からご提供頂いた。ここに記して感謝の意を表します。