PVA 短繊維を混入した曲げ破壊型 RC 梁の耐衝撃挙動に関する数値解析的検討

室蘭工業大学	学生会員	○可知	典久	室蘭工業大学	フェロー	岸征	恵光
室蘭工業大学	正会員	小室	雅人	室蘭工業大学	正会員	栗橋	祐介

1. はじめに

本研究では、PVA 短繊維を混入した RC 梁の耐衝撃挙 動を適切に評価可能な解析手法の確立を目的に、静載荷 時に曲げ破壊で終局に至る PVA 短繊維混入 RC 梁の三次 元弾塑性衝撃応答解析を行い、実験結果との比較により その妥当性を検討した.なお、本数値解析には、衝撃応 答解析用汎用コード LS-DYNA (ver.970)を用いている.

2. 数值解析概要

2.1 RC 梁の概要

解析対象とした RC 梁は、断面寸法 (幅×高さ)が 150 × 350 mm,純スパン長が 2.5 m,軸方向鉄筋として D13 を上下端に 2 本ずつ配筋した複鉄筋矩形 RC 梁である. また、スターラップには D6 を用い 150 mm 間隔で配筋 している。衝撃荷重は質量 300 kg の重錘を所定の高さか らスパン中央部に自由落下することにより作用させた. **表**-1 には、解析ケースの一覧を示している。解析ケー ス名は英文字 F と短繊維の体積混入率 V_f (%)の組み合 わせで示している。重錘の衝突速度はいずれの試験体も 5 m/s としている。なお、本研究に用いた PVA 短繊維の 物性値は、密度 $\rho_p = 1.3$ g/cm³、弾性係数 $E_p = 29.4$ GPa、 引張強度 $f_p = 0.88$ GPa、破断ひずみ $\varepsilon_p = 7.0$ %である。

2.2 解析モデルおよび解析条件

図-1には、本数値解析で用いた試験体の要素分割状況を示している。数値解析モデルはRC梁の対称性を考慮して梁幅方向およびスパン方向にそれぞれ2等分した 1/4 モデルである。コンクリートおよび鉄筋には8節点 固体要素を用いた。なお、本解析ではPVA短繊維を混入 したコンクリートの引張靭性能を簡易かつ合理的に評価 するために、梁幅方向の要素境界面にPVA短繊維の架橋 効果をモデル化したシェル要素を配置している。なお、 シェル要素の板厚は、短繊維混入体積と等価になるよう に決定している。減衰項は、質量比例成分のみを考慮し、 梁の最低次固有振動数に対して0.5%と設定している。

2.3 材料物性モデル

図-2(a) には、コンクリートの応力-ひずみ関係を示 している. 圧縮側に関しては、圧縮ひずみが 1,500 µ に 達した時点で降伏するバイリニア型とし、引張側には応

				コート		
正会員	小室	雅人	室蘭工業大学	正会員	栗橋	祐介

	短繊維	重錘	圧縮	引張	残存	
試験体名	混入率	衝突速度	強度	強度	引張強度	
	$V_f(\%)$	(m/s)	(MPa)	(MPa)	(MPa)	
F0	0		59.7	3.51	-	
F1	1	5	60.3	3.54	0.66	
F2	2		52.3	3.22	1.32	





図-2 各材料の応力-ひずみ関係

力が引張強度に達した時点で零レベルにカットオフしている. 圧縮強度,引張強度には**表-1**の材料試験結果を用いることとした.

鉄筋の応力-ひずみ関係には、図-2(b) に示すように、 塑性硬化係数 H' を弾性係数 E_sの1% とするバイリニア 型の等方硬化則を適用している.また、鉄筋の降伏応力 には材料試験結果より D6 および D13 で、それぞれ 335、 361 MPa とした.

PVA 短繊維の架橋効果は, 図-2(c) に示すように, 降 伏後は残存引張強度を保持する完全弾塑性体にモデル化

キーワード: PVA 短繊維混入 RC 梁, 弾塑性衝撃応答解析, PVA 短繊維の架橋効果 連絡先:〒050-8585 室蘭市水元町 27-1 室蘭工業大学 建設システム工学科 TEL 0143-46-5230 FAX 0143-46-5227



図-4 ひび割れ分布図および第一主応力分布図

した.また, 圧縮側についても引張側と同様の特性を示 すものと仮定した.弾性係数 E_p には PVA 短繊維の公称 値を用い,降伏強度 σ_{yp} は,円柱供試体の一軸引張試験 において,残存引張強度成分が短繊維の架橋効果によっ てのみ寄与するものとして算定した.なお,各材料の降 伏の判定には von Mises の降伏条件を採用している.

3. 実験および数値解析結果

3.1 各種応答波形の比較

図-3には、各試験体の各種応答波形を示している.重 錘衝撃力波形に着目すると、解析結果は短繊維混入率に よらず、衝突直後の周期が短く振幅の大きい第一波と、 周期が長く振幅の小さい第二波で構成される波形性状を よく再現していることが分かる.

支点反力波形は,実験および解析結果ともに継続時間 が30~40 ms 程度の正弦半波および後続する減衰自由振 動成分から構成されている.特に,衝撃初期には高周波 成分も励起している.

変位波形は,正弦半波状の第1波が励起した後,正側 にシフトした状態で減衰自由振動を示しており,両結果 は大略良く対応している.また,短繊維混入率の増加に 対応して,応答変位の最大値が減少傾向を示すとともに, 第1波の継続時間が短くなる傾向を示している.これは, 短繊維混入により RC 梁の曲げ剛性が増加することによ るものと推察される.解析結果は、このような性状も精 度良く再現している.

3.2 ひび割れ分布性状

図-4には、最大変位時における第一主応力分布図を 実験終了後のひび割れ分布図と比較して示している.な お、解析結果は、ひび割れ位置を特定できるように、第 一主応力が零近傍となる要素を緑色として示している. 図より、解析結果は曲げひび割れの発生間隔や載荷点近 傍の斜めひび割れの分布性状を良く再現していることが 分かる.また、解析結果において支点側に見られるアー チ状のひび割れは、実験結果では見受けられない.これ は、解析結果が最大変位時であるのに対し、実験結果は 実験終了時であるため、ひび割れの開口状況が若干異な ることによるものと推察される.

4. まとめ

本研究より,短繊維混入 RC 梁の耐衝撃挙動は PVA 短 繊維をシェル要素でモデル化して梁内に配置することに より,短繊維の架橋効果が適切に再現され,曲げ変形が 卓越する RC 梁の耐衝撃挙動を高い精度でシミュレート 可能であることが明らかとなった.