衝撃荷重を受ける RC はりの性能照査に適用しうる 有限要素モデリングに関する研究

福岡大学 学生会員 篠崎 誠 福岡大学 正会員 玉井宏樹

9@15=1350

1. 緒言

ロックシェッド等の防護構造物の性能照査型耐衝撃設計法を確立するために,近年,様々な研究活動が遂行され, 構造物や構造部材ごとに設計法のあり方について模索している状況にあると言える。そのため、これまでに「衝撃 実験・解析の基礎と応用」¹⁾や「性能設計の概念に基づく構造物の耐衝撃設計法」²⁾が取り纏められ、基礎資料の提 示が行われてきた.しかしながら、具体的な照査手順や照査方法の明確化には至っていない.

そこで、著者らは、比較的小さいレベルの衝突を受ける RC はりの全体応答に限定して、照査方法に適用しうる 簡易な有限要素モデリングについて検討を実施してきた.具体的には,衝撃荷重が作用する RC はりの最大変位, 残留変位の全体応答に影響を及ぼす解析要因を把握し、その検討結果を踏まえ、衝撃荷重が作用する RC はりの全 体応答の定量的評価が可能である簡易な有限要素モデリングの提案を行い、そのモデリングにより衝突レベルやは り形状の異なる様々な実験をシミュレートすることで、適用限界に関して検討を実施した.

仮定するコンクリートの構成則が衝撃応答へ及ぼす影響 2.

著者らは既往の研究成果を踏まえて、本研究ではコンクリ ート材料のモデル化(構成則の選定)がRCはりの弾塑性衝撃 応答に与える影響を把握することを目的とし、仮定する材料 モデルをパラメータとした複数の解析を実施した.なお,解析 結果の一般性を確保する目的で図-1に示すような2種類のRCは りに対する重錘衝撃実験を対象とすることにした.

図-1(a)に示すはりを「RCはりA」とし、スパン中央に質量400kg, 衝突部の直径150mmの重錘が初速度7m/sで衝突するものである. 材料定数はコンクリートの弾性係数28.3GPa, ポアソン比0.19, 質量密度2.4g/cm³, 圧縮強度39.2MPa, 引張強度3.92MPaとした. また,図-1(b)に示すはりを「RCはりB」とし、スパン中央に、 質量200kg, 衝突部の直径150mmの重錘が初速度6m/sで衝突する ものである. 材料定数はコンクリートの弾性係数19.3GPa, ポアソン 比0.19, 質量密度2.4g/cm³, 圧縮強度27.9MPa, 引張強度2.79MPaとし た. なお,鉄筋はどちらも弾性係数206GPa,ポアソン比0.3,質量密 度7.8g/cm³,降伏強度345MPaとしてある. どちらの実験も曲げ破壊型 RCはりであり、室蘭工業大学により以前実施されたものである^{1),3)}.

2.1 引張域および圧縮域に仮定した材料モデル

本研究では、まず引張域のモデル化が衝撃応答へ与える影響の把握 を行うために, 引張軟化勾配やクラック発生後のせん断保持率に着目



した. 引張軟化モデルとしては図-2(a)に示す3つを仮定しており、せん断保持率に関してはクラック発生後のせん 断保持率が12.5%の場合と50%の場合の2つを仮定した.また、圧縮域のモデル化が衝撃応答へ与える影響の把握 を行うために、圧縮硬化勾配のモデルとして図-2(b)に示す3つを仮定し、解析を実施した.なお、各種解析パラメ ータごとの影響を評価するために、上記のパラメータだけを変動させ、その他は一定値とした解析を行っている.

2.2 解析結果

図-3 に引張軟化勾配をパラメータとして実施した解析結果として, RC はり A, B の鉛直方向変位応答の比較図 を示す.図より、軟化勾配が急になるほど、最大変位や最大変位発生以降の振動周期も大きくなる傾向にあり、残 留変位も大きくなることが確認できた.また、実験値との比較では、どちらの RC はりも終局ひずみから軟化勾配 を決定した線形軟化モデルが比較的精度良く実験値の応答を再現できていることが確認できた.次に,図-4にクラ

キーワード	衝擊荷重,F	RC はり部材,	性能照查,	有限要素法,	影響評価
連絡先	₹814-0180	福岡県福岡ī	市城南区七路	畏 8-19-1	

ック発生後のせん断保持率をパラメータとして実施した解析結果として、RC はり A, B の鉛直方向変位応答の比較図を示す. 図より, せん断保持率の小さ い方が最大変位と残留変位が大きくなることが確認でき、どちらの RC はりも 実験値との比較ではせん断保持率を12.5%と仮定したモデルが精度よく実験値 を再現できているといえる. なお、せん断保持率を 0%として解析を実施した 場合,引張破壊に達する要素が生じた際に解析が不安定になることも確認して いる. 圧縮硬化勾配をパラメータとした場合は, RC はり A, B どちらもさほ ど影響がないことが確認できた.

3. 性能照査に適用しうる FEM を用いた簡易な有限要素モデリング

以上の結果を踏まえて、比較的小さいレベルの衝撃が作用する曲げ破壊型 RCはりの性能照査に適用しうる FEM を用いた簡易な有限要素モデリングとし ては、表-2に示すものを提案する.この簡易な有限要素モデリングを用いて RC はりA およびBの衝突解析を実施した結果、どちらも十分な精度が確保で きた. そこで, この簡易な有限要素モデリングの適用範囲を把握するために, 様々な入力エネルギー(重錘の運動エネルギー)とせん断余裕度の合計9つの曲 げ破壊型 RC はりの実験結果をシミュレートした.その結果,最大変位に関し ては図-5に示すようにほとんどの RC はりが実験値と近い値を示した.また. 残留変位に関してもほぼ同様な結果が得られた.このことから、比較的小さい レベルの衝撃が作用する曲げ破壊型 RC はりの全体応答に関しては本研究で提 案した簡易な有限要素モデリングで十分であると考えられる.

表-2 本研究で提案する簡易な有限要素モデリング

	直接	陰解法:時間刻み0.00001~0.001			
解析対象の モデル化	要素タイプ	コンクリート		8節点ソリッド要素	
		鉄筋		2節点トラス要素	
	メッシュサイズ			ー辺が20mm程度の要素	
豑	も筋とコンクリー	完全付着モデル			
	ひずみ速度効果			低速度衝突の場合は考慮しない	
材料のモデ ル化(コンク リート、鉄 筋)		降伏条件	von Misesの降伏条件		
	単軸換算 の応力-ひ ずみ関係 のモデル化	コンクリート引張 域のモデル化	せん断保持率	初期せん断剛性の12.5%を保持	
			引張軟化勾配	メッシュサイズを元に終局ひずみを 算定することで勾配を決定	
		圧縮域のモデル化(硬化勾配)		ー般によく用いられる、初期剛性の 1/100の勾配が望ましい	

4. 結論

本研究の成果を要約すると以下のようになる.

- (1) 引張軟化勾配が最大変位,残留変位や波形特性に与える影響は大きい ことが確認でき、クラック発生後のせん断保持率の全体応答への影響 は小さいが、せん断保持を少なからず持たせることが安定した解析を 提供すると考えられる.
- (2) 本研究の範囲内で,比較的小さいレベルの衝突作用を受ける RC はりの 性能照査に適用しうる FEM を用いた簡易な解析手法の提案を行い、そ の提案手法の適用限界を検討した.
- (3) 本研究で得られた成果は「比較的小さいレベルの衝突」や「曲げ破壊 図-5 実験値との比較(最大変位) 型 RC はり」など限定的なものであるため、今後、提案した性能照査に 適用しうる FEM を用いた簡易な有限要素モデリングの適用限界をより明確にし、 「比較的大きいレベルの衝 突」や「せん断破壊型 RC はり」を対象とした同様な研究を実施していくことも重要であると認識している.

モー

参考文献

- 土木学会:衝撃実験・解析の基礎と応用,構造工学シリーズ15,2004.
- 2) 土木学会構造工学委員会:性能設計の概念に基づく構造物の耐衝撃設計法,構造工学技術シリーズ№52, 2007.
- 3) 安藤智啓:曲げ破壊型RC梁の耐衝撃設計手法の開発に関する研究,室蘭工業大学博士(工学)論文,2001.

