

大型 RC 梁の耐衝撃挙動に及ぼす重錘質量の影響に関する実験および数値解析的検討

寒地土木研究所 正会員 ○今野 久志

室蘭工業大学

フェロー 岸 徳光

寒地土木研究所 正会員 石川 博之

国土交通省北海道開発局

正会員 岡田 慎哉

1. はじめに

本研究では、ロックシェッド等の道路防災構造物の性能照査型耐衝撃設計法を確立するための基礎資料を得ることを目的に、大型 RC 梁を対象として、入力エネルギーが同一で重錘質量が異なる場合の耐衝撃挙動に及ぼす重錘質量の影響について、重錘落下衝撃実験および数値解析的検討を行ったのでその結果について報告するものである。

2. 大型 RC 梁の重錘落下衝撃実験および数値解析

図-1 には、重錘落下衝撃実験に使用した大型 RC 梁の形状寸法および配筋状況を示している。

試験体は梁幅、梁高ともに 1 m の矩形断面であり、梁長は 9 m、純スパン長は 8 m である。コンクリート標準示方書に基づいて算定した大型 RC 梁の静的曲げ耐力は $P_{usc}=613$ kN、静的せん断耐力は $V_{usc}=2,002$ kN である。表-1 には、実験ケースの一覧を示している。本実験では、

同一入力エネルギー下における重錘質量の RC 梁の耐衝撃挙動への影響を検討する目的から、重錘質量を $W_m=2, 5, 10$ t の 3 種類（質量比はそれぞれ $W_m/B_m=0.1, 0.25, 0.5$ ）としている。また、入力エネルギー E は、過去の研究における解析結果¹⁾を参考に $E=196$ kJ とした。なお、上記 3 ケース以外に $E=98$ kJ とした重錘落下衝撃実験を 2 ケース実施しているが、本論文の考察からは除外している。

数値解析に用いた構造解析プログラムは、解析手法に有限要素法を用いた非線形衝撃応答解析用汎用コード LS-DYNA (ver.971) である。図-2 には、要素分割状況および配筋状況を示している。解析対象は、構造体および荷重の対称性より 1/4 モデルとし、鉄筋には梁要素、その他は 8 節点の 3 次元固体要素としている。材料構成則モデルについては、コンクリートは完全弾塑性体のバイリニア型モデル、鉄筋は塑性硬化係数を考慮した等方弾塑性体モデルとしている。

3. 実験結果と数値解析結果の比較検討

3. 1 各種応答波形

図-3 には、実験結果および解析結果の重錘衝撃力、支点反力、荷重点変位に関する各応答波形を重ねて示している。

重錘衝撃力波形についてみると、いずれの実験結果も重錘衝突直後に急激に立ち上がりピーク値を迎える正弦半波状の波形性状を示しており、重錘質量が大きく落下高さが低い場合には、最大応答値が増加の傾向を示し、かつ最大応答値までの経過時間および波動継続時間は長くなる傾向を示している。一方、解析結果は、いずれも単純な正弦半波状の波形性状を示しており、重錘質量の増加とともに実験結果と同様に波動継続時間が長くなる傾向を示していることが分かる。しかしながら、最大応答値は重錘質量の増加とともに減少しており、実験結果と異なる傾向が示されている。この原因については重錘質量の大き

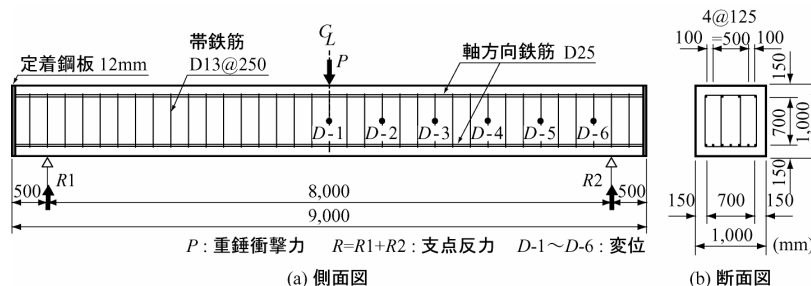


図-1 大型 RC 梁試験体の形状寸法および配筋状況

表-1 実験ケース一覧

実験 ケース	重錘質量 W_m (t)	梁質量 B_m (t)	質量比 W_m/B_m	落下高 H (m)	入力 エネルギー E (kJ)
W2H10	2	20	0.1	10	196
W5H4	5		0.25	4	
W10H2	10		0.5	2	

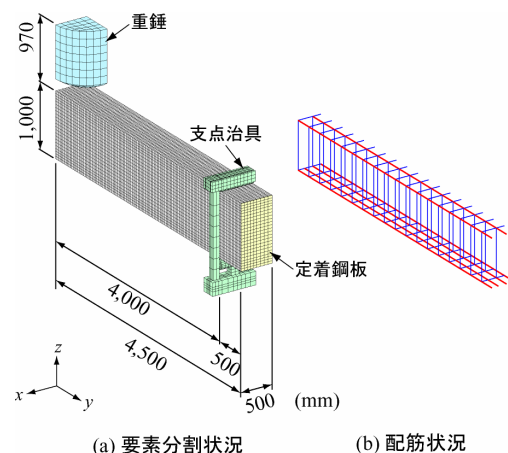


図-2 数値解析モデル

キーワード 性能照査型耐衝撃設計, RC 梁, 重錘落下衝撃実験, 残留変位, 質量比

連絡先: 〒062-8602 札幌市豊平区平岸 1 条 3 丁目 1 番 34 号 (独)寒地土木研究所 TEL.011-841-1698

い場合における実験時の高周波成分の発生原因の究明や数値解析における重錘衝突部コンクリートのひずみ速度効果の影響等、今後検討を要するものと考えている。

支点反力波形についてみると、実験結果は重錘衝撃力波形より若干遅れて励起しており、重錘衝突初期の振幅の大きい高周波成分とその後続く周期が長く振幅の小さい正弦半波が合成されたような波形性状を示している。また、波動の継続時間は重錘質量の増加に対応して長くなる傾向が示されている。最大応答値は、重錘質量の

大小によらずほぼ同程度の値を示していることが分かる。解析結果は、波動の立ち上がりから重錘衝突初期の高周波成分の発生およびその後続く周期が長く振幅の小さい正弦半波の波形性状等、波形の最大応答値や波動継続時間を含めて実験結果の波形性状をよく再現していることが分かる。

載荷点変位波形についてみると、実験結果はいずれの場合も衝撃荷重載荷初期に正弦半波状の第1波が励起された後、残留変位を伴いながら減衰自由振動状態に移行していることが分かる。解析結果は、重錘衝突後に最大変位を示す第1波目の正弦半波から除荷後の減衰自由振動波形に至るまで、最大応答値から残留変位量、周期ともに実験結果をよく再現している。

3. 2 残留変位と質量比の関係

図-3より、数値解析による大型RC梁の残留変位は実験結果と非常によく整合していることが明らかとなった。これらの結果を基本にして、図-4には、入力エネルギーが $E=196 \text{ kJ}$ で質量比が $W_m/B_m=1.25$ の場合における数値解析結果の残留変位を基準にして質量比—相対残留変位図を過去の研究で提案した質量比に関する残留変位の補正係数 β ¹⁾と共に示している。図より、相対残留変位は過去の研究結果と同様に、質量比の増加とともに対数関数的に増加していることが分かる。しかしながら、相対残留変位値は β の値よりも小さい傾向にあることが分かる。 β は重錘自重を考慮しない場合の解析結果に基づいて定式化されたものであることより、上述の差異は重錘自重の考慮の有無が影響しているものと推察される。

4. まとめ

本研究により得られた結果を要約すると、以下のとおりである。

- 1) 直接衝撃荷重を受ける大型RC梁の場合には、重錘重量を考慮した衝撃応答解析を行うことにより、その最大変位および残留変位を精度よく評価可能である。
- 2) 入力エネルギーが同一の場合、相対残留変位は過去の研究成果と同様に質量比の増加とともに対数関数的に増加することが実験結果からも明らかとなった。

参考文献

- 1) 岸 徳光, 今野久志, 三上 浩, 岡田慎哉: 大型RC梁の性能照査型耐衝撃設計法に関する一提案, 構造工学論文集, Vol.54A, 2008.3

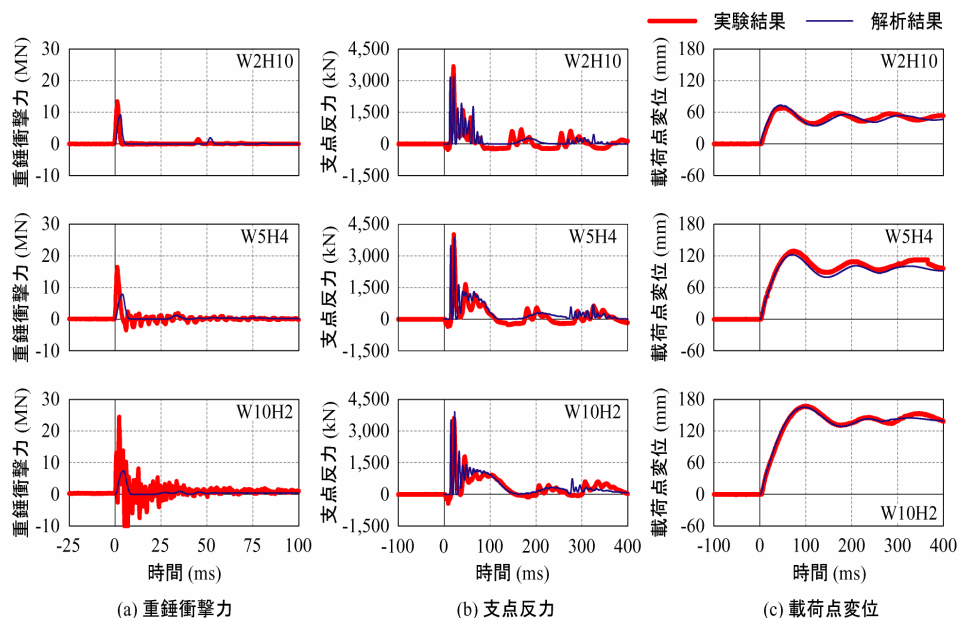


図-3 各応答波形に関する実験および数値解析結果

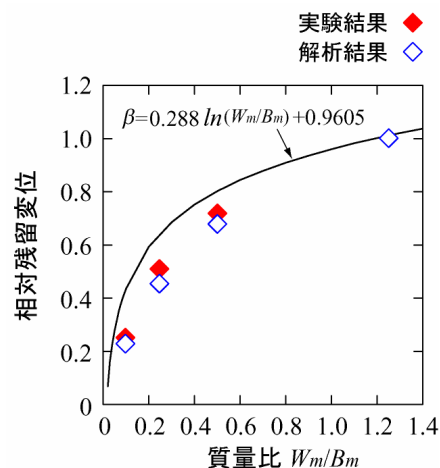


図-4 相対残留変位と質量比の関係