

繰返し衝撃荷重を受ける実規模 RC 桁に関する数値解析手法の妥当性検討

室蘭工業大学大学院 フェロー ○岸 徳光 寒地土木研究所 正 会 員 今野 久志
寒地土木研究所 正 会 員 西 弘明 札幌市役所 正 会 員 玉木 美帆

1. はじめに

本研究では、繰返し衝撃荷重載荷時における実規模 RC 桁の耐衝撃挙動を適切に評価可能な数値解析手法を確立することを目的に、三次元弾塑性有限要素法に基づいて数値解析を実施し、実験結果と比較検討を行うことによって、その妥当性を検討した。本研究では、実規模 RC 桁を用いて、合計の入力エネルギーを一定とする場合の耐衝撃挙動を対象に検討を行った。なお、本数値解析には、陽解法に基づく非線形動的構造解析用汎用コード LS-DYNA (Ver. 971) を用いている。

2. 試験体概要

本研究で対象とした RC 桁の形状寸法は、桁幅と桁高が 1 m で、純スパン長が 8 m である。図-1 には、RC 桁の形状寸法と配筋状況およびたわみに関する測定番号を示している。補強筋は、主鉄筋には D25 を 7 本、圧縮側の軸方向鉄筋には主鉄筋量の 50 % を目安に D25 を 4 本配置している。なお、コンクリートのかぶりは実ロックシェッドと同様に 150 mm としている。

衝撃載荷実験は、2 ton の重錘を所定の高さから RC 桁のスパン中央部に自由落下させることにより行っている。重錘落下衝撃エネルギーの合計（以降、単に合入力エネルギー）を等しく 196 kJ と設定した。落下高さを 3.3 m、5 m、10 m と設定し、それぞれ 3 回、2 回、1 回の重錘落下衝撃実験を実施することとした。各試験体名は落下高さを示す H と落下高さ (m) を用い、かつ落下回数をハイフンで結び区別することとした。

3. 数値解析概要

3.1 数値解析モデル

図-2 には、本数値解析に用いた解析モデルの要素分割状況を示している。解析モデルは、RC 桁の対称性を考慮して桁幅方向およびスパン方向にそれぞれ 2 等分した 1/4 モデルとした。適用した要素タイプは、鉄筋には梁要素を用い、その他の要素には全て 8 節点の三次元固体要素を用いている。なお、支点治具底部には、実験時と同様に治具全体の x 軸回りの回転を許容するように境界条件を設定している。また、減衰定数は質量比例分のみを考慮するものとし、鉛直方向最低次固有振動数に対して

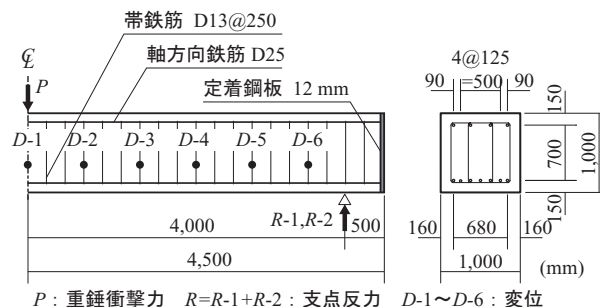


図-1 試験体の形状寸法

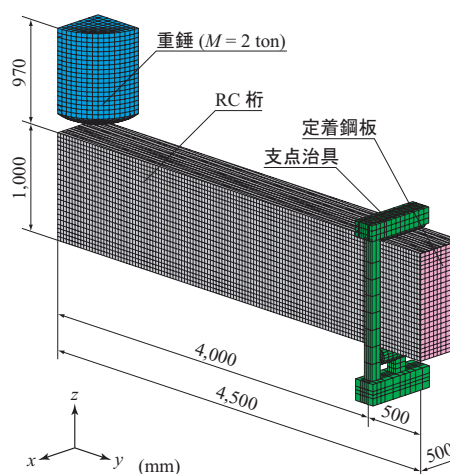


図-2 要素分割状況

して 1.5 % と設定している。

3.2 材料物性モデル

コンクリート要素の相当応力-ひずみ関係は、圧縮側に関しては、相当ひずみが $1,500 \mu$ に達した状態でコンクリートが降伏するものと仮定し、完全弾塑性体のバイリニア型にモデル化した。圧縮強度は材料試験結果の値を用いて 26.2 MPa とし、引張強度は圧縮強度の 1/10 と仮定している。なお、降伏の判定には Drucker-Prager の降伏条件式を採用している。鉄筋要素に用いた応力-ひずみ関係は、降伏後の塑性硬化係数 H' を考慮した等方弾塑性体モデルである。塑性硬化係数 H' は、弾性係数 E_s の 1 % と仮定している。なお、降伏の判定は、von Mises の降伏条件に従うこととした。

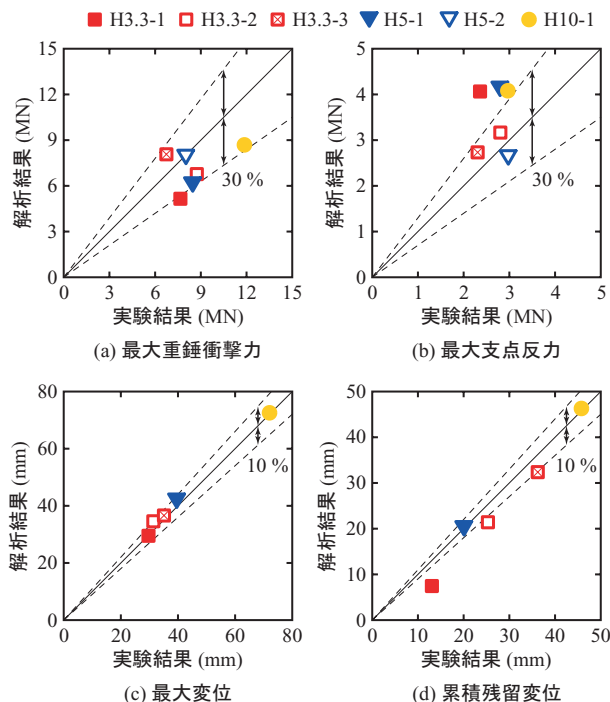
4. 実験結果と数値解析結果の比較

4.1 各応答値に関する実験結果と数値解析結果の比較

図-3 には、各応答値に関して、数値解析結果と実験結

キーワード：RC 桁、繰返し衝撃載荷、入力エネルギー、最大変位、累積残留変位

連絡先：〒050-8585 室蘭工業大学大学院 暮らし環境系領域 社会基盤ユニット TEL 0143-46-5226 FAX 0143-46-5227



図－3 各応答値に関する実験結果と解析結果の関係

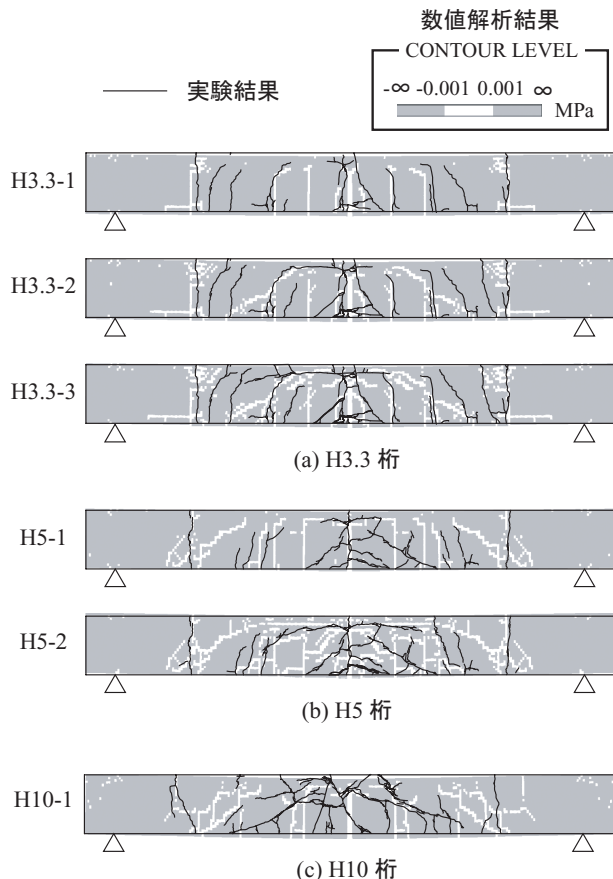
果をそれぞれ縦軸および横軸に取って整理している。図中の 45° の線は解析結果が実験結果と対応していることを示している。

(a), (b) 図の最大重錘衝撃力の関係および最大支点反力の関係を見ると誤差が 30 % の領域に分布しており、数値解析結果は実験結果を再現するには至っていないことが分かる。(c) 図には、最大変位の関係が示されている。H5 桁の場合の 2 次载荷時 (H5-2) における D-1 点の応答値は、かぶりコンクリート塊が変位計を直撃したことにより測定不可能になったため、ここでは示していない。同様に、累積残留変位についても H5-2 の応答値を除くこととする。数値解析結果の妥当性を検討すると、全てのケースで誤差は 10 % 以内であり、両者の値がよく対応していることが分かる。また、入力エネルギーの増加に伴い最大変位が増加していることが分かる。(d) 図の累積残留変位の関係を見ると、H3.3-1 を除く実験ケースで数値解析結果との誤差が 10 % 以内であり、実線周辺に分布していることから、実験結果と数値解析結果がよく対応していることが分かる。これより、各载荷時の残留変位に関しても、数値解析結果は実験結果をよく再現しているものと判断される。

4.2 ひび割れ分布性状

図－4 には、各载荷終了後の桁側面におけるひび割れ分布図および数値解析結果の最大変位時における零応力域を強調した第一主応力図を示している。

実験結果と数値解析結果を比較すると、H3.3 桁の場合



図－4 RC 版の裏面ひび割れ分布性状

には、曲げひび割れが卓越して示されているが、数値解析結果は実験結果によく対応していることが分かる。H5 桁の場合には、数値解析結果は 1 次载荷時には曲げひび割れが発生しているものの、载荷点近傍に斜めひび割れは発生していない。しかしながら、2 次载荷時には曲げひび割れと共に斜めひび割れも発生しており、実験結果と比較的よく対応していることが分かる。H10 桁の場合は、実験結果は曲げひび割れと共に大きな斜めひび割れが発生しており、上縁部は圧壊の傾向を示している。一方、数値解析結果も大略類似したひび割れ分布性状を示しており、損傷の程度は概ね再現されているものと判断される。

5. まとめ

合入力を一定とする繰り返し衝撃荷重载荷時における数値解析手法を確立することを目的に、実験結果と比較することによりその妥当性を検討した。提案の数値解析手法を用いることにより、最大変位および累積残留変位に関しては、実験結果を精度よく再現可能である。一方、最大重錘衝撃力および最大支点反力は実験結果を精度よく再現するには至っていない。また、ひび割れの分布は、斜めひび割れや水平ひび割れの発生および進展は数値解析で大略再現可能である。