

I - B 281 重錘落下による RC 柱模型の弾塑性衝撃応答解析

室蘭工業大学 学生員 中山 伸一
 室蘭工業大学 フェロー 松岡 健一
 三井建設（株） フェロー 三上 浩
 室蘭工業大学 正員 安藤 智啓

1. はじめに

本研究では、簡易な材料構成則を用いた RC 柱模型の弾塑性衝撃応答解析手法を確立するために、軸力量や軸方向筋量が異なる RC 柱模型に対して有限要素法による弾塑性衝撃解析を試み、実験結果と比較する形で本解析手法の適用性について検討を行った。また、実験結果との比較は重錘落下により RC 柱模型に作用する重錘衝撃力、残留変形量およびひびわれ分布性状に着目して行った。なお、本数値解析には非線形衝撃応答解析用汎用プログラム LS-DYNA(ver.940) を用いている。

表－1 解析ケース一覧

試験体の名称	軸力 (MPa)	軸方向筋径 (本数)	せん断補強筋径 (本数)	載荷速度 (m/sec)
T4-10-1	-4	D10 (8本)	φ4 (9本)	1
T4-10-4				4
N-10-1	0	D10 (8本)	φ4 (9本)	1
N-10-4				4
T4-6-1	-4	D6 (8本)	φ4 (9本)	1
T4-6-4				4

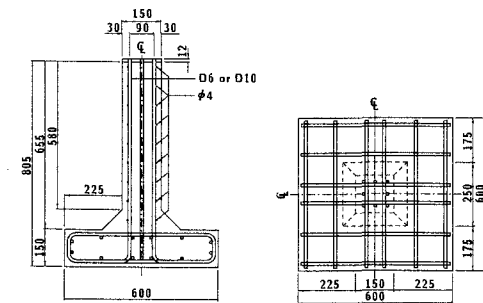
2. 数値解析仮定

2.1. 解析ケース

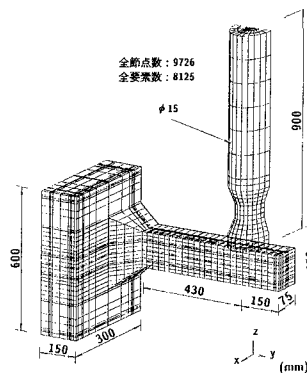
表－1 には本研究での解析ケースを一覧にして示している。表中の試験体名の第 1 項には軸力量を、第 2 項には軸方向筋径を、第 3 項には重錘の載荷速度を示している。また、重錘落下は初速度および増分速度が 1 m / sec である漸増繰り返し載荷実験において、RC 柱が破壊に至った衝突速度と同一速度で単一に載荷することとした。また、破壊は載荷点部の累積残留変形量が柱長の 1 / 25 程度 (17.2 mm) に達した状態と定義している。さらに、RC 柱模型の弾性範囲程度の応答を把握するために載荷速度 1 m/sec の場合に関して解析を行っている。図－1 には解析の対象とした試験体の形状寸法および補強筋の配置位置を示している。

2.2. RC 橋脚模型のモデル化

図－2 には要素分割の一例として、本数値解析に用いた試験体 T4/N-10 における要素分割図を示している。ここでは、RC 柱模型の対称性を考慮して 1/2 モデルに関して要素分割を行った。全要素数、全節点数は 8125、9726 である。要素タイプは、6 節点あるいは 8 節点の三次元固体要素および梁要素である。このうち、コンクリート、異形鉄筋、および重錘には 3 次元固体要素を用いた。一方、スターループ (φ4) には、計算時間の短縮のため梁要素を適用した。また、重錘とコンクリートとの要素間には面と面の接触・剝離を伴う滑りを考慮した接触面を定義している。なお、解析時間は 80 msec までの計算とし、解析所要時間は 1 ケース当たり HP 9000 / C180 を使用して約 7 時間である。



図－1 試験体の形状寸法および補強筋の配置状況



図－2 要素分割図 (T4/N-10)

キーワード：RC 柱、衝撃応答解析、重錘衝突

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

2.3. 物性モデル

本数値解析ではコンクリートおよび異形鉄筋に対する弾塑性体モデルとして LS-DYNA にあらかじめ組み込まれている物性モデルを用いることとした。コンクリート要素には引張による破壊を考慮したモデルを用いている。このモデルは引張圧力がカットオフ値に達すると引張力が伝達しないように定義されている。本研究では降伏応力として圧縮強度 f_c (38MPa) を用い、降伏歪を 0.15% と仮定した。また、引張側の破壊圧力は降伏応力の 1/10 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ている。一方、異形鉄筋要素には降伏後の硬化係数 $H' (= E_s/100)$ を考慮した等方弾塑性体モデルを用い、降伏後は等方硬化を仮定し、バウシinger効果は考慮しないものとした。

3. 数値解析結果と実験結果との比較

3.1. 重錘衝撃力波形分布

図-3には対象としたケースのうち、T4-10/6-4の重錘衝撃力波形について実験結果と解析結果を比較して示している。図より、T4-10-4では衝撃初期の最大重錘衝撃力の解析値は実験値より大きく示されているものの、波動の立ち上がり勾配や主波動部の応答値および継続時間に関する数値解析結果は実験結果を良く再現していることがわかる。一方、T4-6-4でも、波形の立ち上がりから減衰にいたるまで、数値解析結果と実験結果は良く対応していることがわかる。

3.2. 残留変形量に関する実験結果との比較

図-4には全ケースの残留変形量について実験結果と数値解析結果を比較して示している。図中の 45° の勾配を持つ線は数値解析結果と実験結果が一致していることを意味している。従って、この線より下の領域は実験値が大きいことを、上の領域は解析値が大きいことを示している。図より、終局変位を大きく越える場合でも、各試験体の解析値と実験値は両者で比較的良好に一致していることがわかる。

3.2.1. ひびわれ分布と最大主応力分布の関係

図-5には T4-10/6-4 について実験終了時の試験体に発生したひびわれ分布と解析における最大応答時の主応力分布を比較して示している。本数値解析では引張圧力がカットオフ値に達すると要素が破壊され、主応力が零となる。ここでは、このような状態において要素にひびわれが発生しているもの(図中、緑色の等色線)と評価し、実験結果のひびわれ分布と比較することとした。図より、 載荷点部の曲げひびわれおよび載荷点部から橋脚底部に向かう斜めひびわれ分布が、両者で良く一致して示されていることがわかる。これより、本数値解析によって RC 橋脚模型の変形状態やひびわれ性状を推定することは十分可能であることが明らかとなった。

4. まとめ

本研究では、簡易な材料構成則を用いた RC 柱模型の弾塑性衝撃応答解析手法を確立することを目的として、重錘落下による RC 柱模型の弾塑性衝撃応答解析を試み、実験結果と比較をすることにより本解析手法の適用性について検討を行った。検討結果、本解析手法によって重錘衝撃力、載荷点部の残留変形量およびコンクリートのひびわれ分布性状が適切に評価できることがわかった。

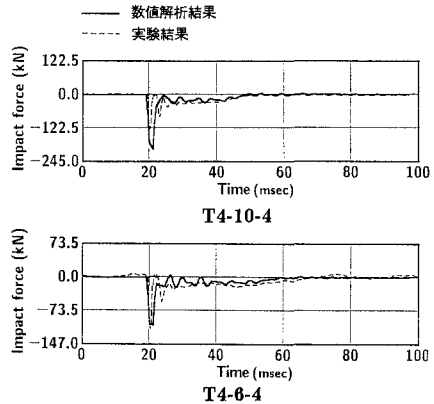


図-3 重錘衝撃力波形の比較

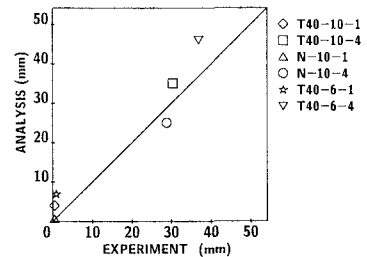


図-4 残留変形量の比較

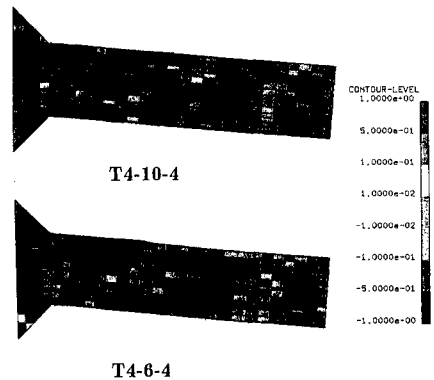


図-5 実験終了時のひびわれ分布と第一主応力分布との比較