

大変形領域における RC 柱振動台実験の動的解析について

（財）鉄道総合技術研究所 ○正会員 黒川 浩嗣 正会員 谷村 幸裕 正会員 室野 剛隆 正会員 田所 敏弥
株式会社 大林組 正会員 田中 浩一

1. はじめに

鉄道構造物設計標準・同解説（耐震標準）¹⁾（以下、耐震標準）では、基本的な考え方のひとつとして、構造物の耐震評価は、動的解析を主体とすることとされている．そこで、本報告では、RC ラーメン高架橋柱を想定した単柱供試体を用いた振動台実験を行うとともに、その実験を対象とした動的解析を実施した．そして、それらの比較を行い、RC 部材の動的解析に用いる骨格モデルについて検討した．

2. 実験の概要

2. 1 実験供試体

図－1に供試体の形状と配筋，表－1に供試体の諸元を示す．供試体は、実大構造物の 2/3 モデルとした．配筋は、軸方向鉄筋比を一定とし、帯鉄筋の少ない D1, D2 供試体，帯鉄筋を増加させた D3 供試体の 2 種類とした．なお、帯鉄筋は、載荷方向直角面でフレア溶接を行った閉合筋とした．表－2に供試体の材料特性を示す．コンクリートの目標設計圧縮強度は 24N/mm²とし、粗骨材の最大寸法は、2/3 縮小モデルであるため 13mm とした．

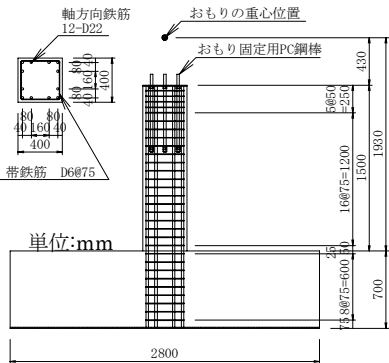
2. 2 載荷方法

載荷方法は、振動台による動的載荷とした．図－2に載荷試験装置を示す．D1 供試体には周期 1 秒で定常 4 波を確保した正弦波を、D2, D3 供試体には図－3に示す中央防災会議が発表している想定東海地震の基盤波に基づいて作成した G3 地盤の地表面波を基本となる加振波として実験を行った．ただし、実際の載荷においては、これらの加振波の振幅を調整し、D1 は最大加速度を 400gal、D2, D3 は 530gal に設定した．

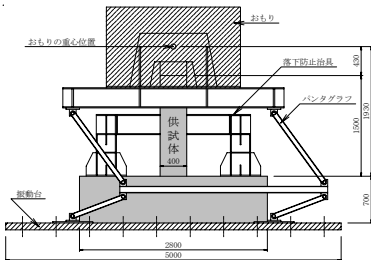
3. 動的解析

3. 1 解析方法

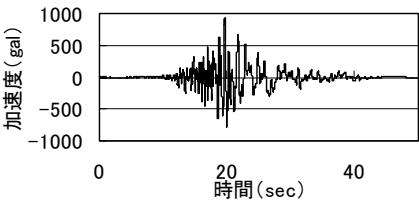
振動台実験を行った RC 柱に対して、解析モデルはおもりと柱重量の 1/2 を質点とした 1 自由度系モデルとし、動的解析を行うことにより評価を行った．解析には、汎用性の 3 次元動的非線形プログラムを用いた．本検討では、RC 部材の曲げモーメントに対する非線形特性は、耐震標準にしたがって M－θ モデルで考慮したテトラリニア型の骨格モデルを用い、復元力特性はテトラリニアに対応した JR 総研剛性低減 RC モデルを、減衰はレーリー減衰 2%と想定し、Newmark β 法（β=0.25）で直接積分法により計算を行った．



図－1 供試体形状（D1・D2）



図－2 載荷試験装置



図－3 D2・D3 加振波

表－2 材料特性

コンクリートの圧縮強度 N/mm ²		鉄筋の降伏強度 N/mm ²	
D1	25.9	D6	288
D2	29.6	D13	362
D3	28.2	D22	332

表－1 供試体の諸元

供試体名	断面形状 B×D(mm)	せん断 スパン a(mm)	せん断 スパン比 a/d	軸方向鉄筋		帯鉄筋		軸圧縮力 (kN)
				本数-径	pt(%)	ピッチ-径	pw(%)	
D1・D2	400×400	1930	5.36	12-D22	2.90	D6@75	0.21	338
D3	400×400	1930	5.36	12-D22	2.90	D13@75	0.85	338

3. 2 解析結果

図－4 から図－6 に D1 から D3 供試体の振動台実験と動的解析の比較を示す．D1, D3 供試体においては，実験値と解析値が大変形領域においても比較的よい整合を示した．しかし，D2 供試体の骨格モデルにおいては，最大荷重以降の負勾配が大きいとため，動的解析の応答変位は実験を大幅に上回った．これは，実験の応答変位が M 点（最大荷重点点），N 点（降伏荷重を維持できる最大変位点）を大きく超える大変形領域にあること，また，骨格モデルの基になった静的な正負交番載荷実験と D2 供試体の載荷履歴が大きく異なるためと考えられる．

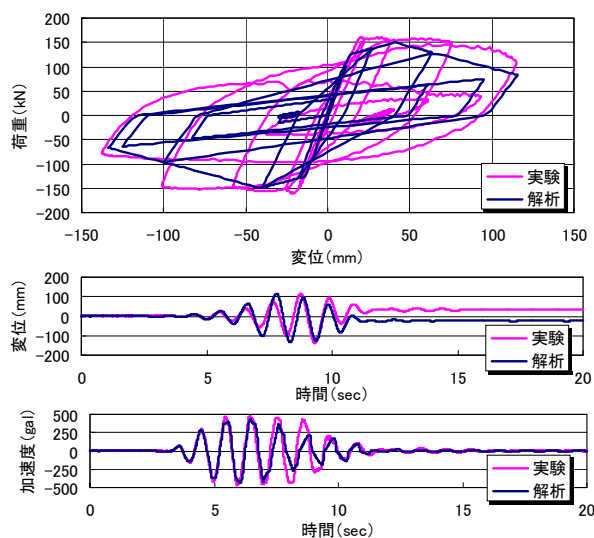
そこで，骨格モデルが解析結果におよぼす影響について検討するため，振動台実験により得られた荷重－変位関係に基づいて骨格モデルを設定した．具体的には，原点と耐震標準に従って算定した Y 点（降伏点）を結んだ直線を，実験における最大荷重まで延ばし，第 1 折れ点とした．そして，第 1 折れ点から最大荷重時の変位まで水平に延ばし，第 2 折れ点とし，実験結果より得られた緩やかな負勾配を与えた．図－7 に，この骨格モデルを用いた動的解析の結果を示す．図－5 と比較して予測精度は向上したが，最大応答変位に関しては更なる検討が必要と考えられる．

4. まとめ

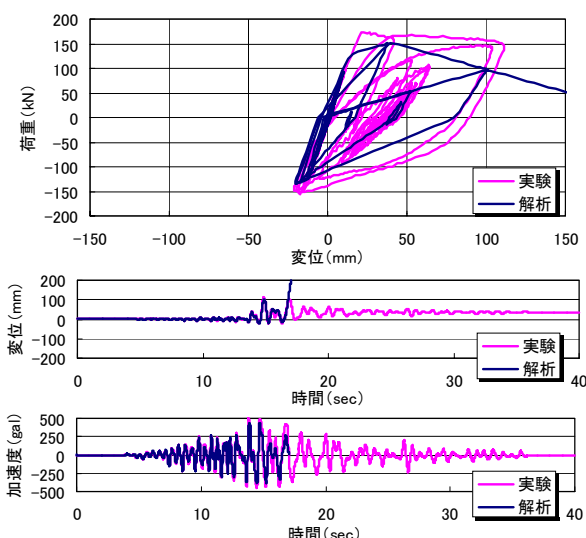
耐震標準に準拠した解析モデルを用いた動的解析より本実験がほぼ再現できた．また，骨格モデルを適切にモデル化することにより，RC 部材の地震時挙動を精度良く予測することが可能であることが検証できた．

参考文献

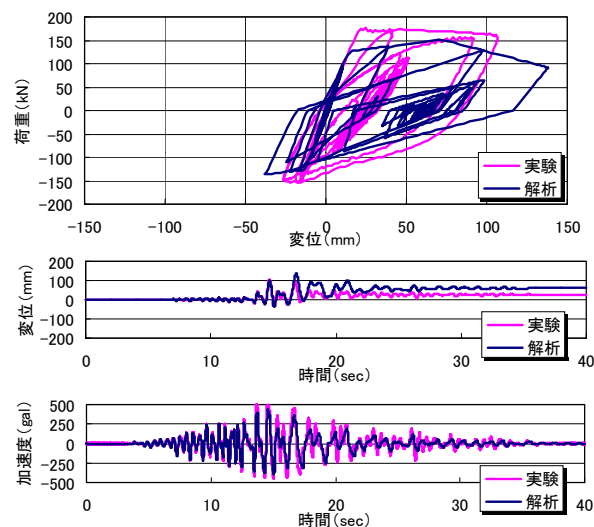
- 1) 鉄道総合技術研究所：鉄道構造物等設計標準・同解説（耐震設計），丸善，1999 年 10 月



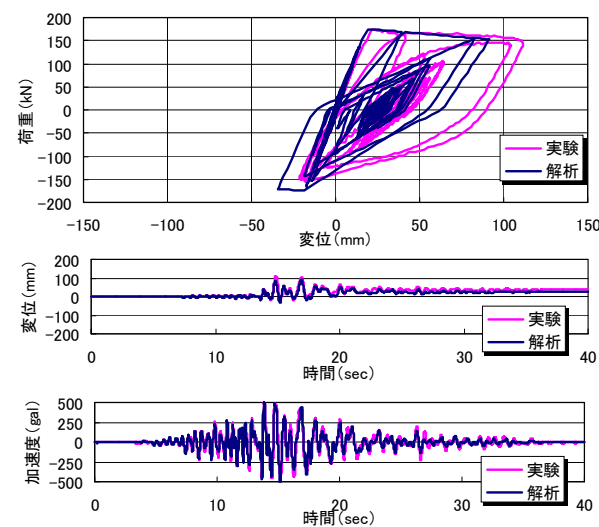
図－4 D1 の比較



図－5 D2 の比較



図－6 D3 の比較



図－7 骨格モデル変更 D2 の比較