

I - B271

RC橋脚の弾塑性応答解析における解析精度の検討

北見工業大学 学生会員 太田 雅仁 (株)開発工営社 正会員 青地 知也
 八千代エンジニアリング 正会員 石川 義樹 北見工業大学 フェロー 大島 俊之
 北見工業大学 正会員 三上 修一

1. はじめに

RC橋脚はコンクリートと鉄筋の複合構造からなり、そのうちコンクリートの動的物性は複雑である。そのため理論解析や振動実験などの研究が数多く行なわれている。兵庫県南部地震による橋脚への被害の大きさから動的解析の重要性が高まり、橋梁の詳細な地震時挙動を把握し耐震性の向上が求められている。本研究における解析では橋脚断面における図心位置のひずみと曲率とで曲げモーメント-曲率関係を算定し、時刻歴応答解析を行った。著者らはこれまでの研究から剛性軟化が発生した場合、逐次積分法では抵抗曲げモーメントに対して実現可能な曲率が複数存在することから解の一意性が無く収束しないことを確認している。その解決法として複数ある負の固有値の中で一次モードとなる固有ベクトルを見つけ、それを軟化終了後の増分形変位と仮定する。その増分形変位から応答を計算し、ひずみエネルギーの極小に向かって減少し最小となる安定なつり合い状態を求め、その後の応答を追跡する手法を提案した。また、池田ら¹⁾は準動的載荷とビデオによる映像記録を一体化したシステムを開発し、振動台実験を行わずにRC橋脚の地震時挙動を映像シミュレーション化することを報告している。本研究の目的は池田ら¹⁾が図1に示す供試体を対象に行なった準動的載荷実験を参考に弾塑性応答解析を行ない、本解析がRC橋脚の地震時挙動をどの程度再現できているかを把握するために、実験結果及び DYNA2E による解析結果と合わせて解析精度について比較検討を行うことである。

2. 解析モデル

解析モデルは図1の供試体を9分割の離散質点系はり要素（図2参照）にモデル化を行ない、軸力を質量に換算して質点10に付加した。また供試体の固定状態を質点1に配置したバネ定数で考慮した。解析対象である供試体(PD4)の諸元を表1に示す。この諸元をもとにした履歴復元力特性は、剛性軟化を考慮した解析ではH8道路橋示方書を参考に材料特性から直接M- ϕ 関係を算定して求めた。材料特性について、鉄筋は降伏後その弾性係数が $1/10^3$ となる弾塑性硬化型バイリニアモデルとし、コンクリートは図3のように除荷後u点（圧縮側降伏点）までは原点指向、それを超えるひずみを経験した場合には原点とu点を結ぶ勾配で除荷するものとした。等価線形化した解析では図4に示すようにM- ϕ 曲線を4本の直線で線形化した。図4中の各

点はe点を断面の弾性限界、y点を引張側鉄筋の降伏点、u点を圧縮側コンクリートの降

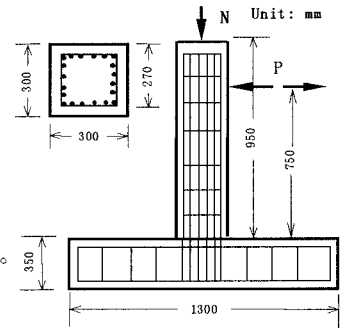
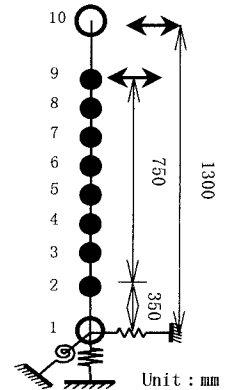
図1 供試体略図¹⁾

図2 解析モデル

表1 供試体の諸元¹⁾

供試体 No.	軸方向鉄筋		フープ筋		せん断支間 有効高さ比	軸圧縮応力度 (N/bh)
	鉄筋量	鉄筋比	間隔	フープ筋比		
PD2	25.34cm ²	2.82%	13.0cm	0.16%	4.63	0.98MPa
PD4	25.34cm ²	2.82%	4.5cm	0.47%	2.78	4.71MPa

キーワード：弾塑性応答解析、応答変位、M- ϕ 履歴

〒090-8507 北海道北見市公園町165番地、 TEL 0157-26-9476、 FAX 0157-23-9408

伏点、t点を圧縮側コンクリートが終局ひずみに達した点を表わしている。このM- ϕ モデルは4本のスケルトン線で設定され、除荷後y点までは原点指向にそれ以上の曲率を経験したときは原点とy点とを結ぶ勾配で

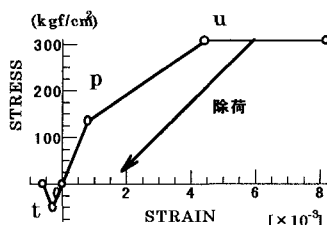
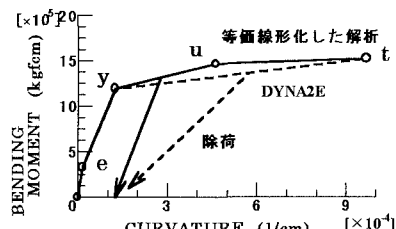


図3 コンクリートの材料特性

図4 M- ϕ モデル

除荷するものとした。また DYNA2E による解析ではe、y、t点を結ぶトライリニアで表現されるスケルトン線で設定され、武田モデルを採用した（図4参照）。

3. 動的応答解析

解析モデル（図2参照）の減衰項を含まない増分形の運動方程式を組み Wilson's θ 法 ($\theta = 1.4$) で逐次積分し、時間間隔 Δt は 2.0×10^{-5} sec、継続時間は 10 sec で解析を行なった。また実験状況に近づけるために質点9、10にのみエルセントロ (1940) 波 NS 成分を入力し、入力最大振幅は実験時の 198 gal とした。これ以降、応答結果について簡単な考察を行なう。

図5 (a) (b) ではそれぞれの解析による応答変位（太い実線）で示し、DYNA2E が破線、実験値が細い実線である。実験値と比較すると、0～3秒間ではDYNA2Eとはほぼ一致しているが、本解析とでは2、3秒のピーク値が特に小さく、全体的にも同様のことが言える。周期を見ると、実験値とは本解析とはほぼ一致しているが、DYNA2E では後半部分は一致せず長周期化し

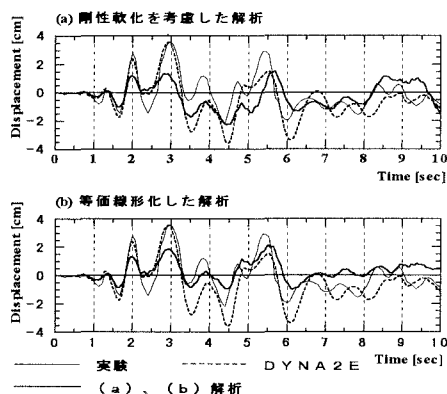
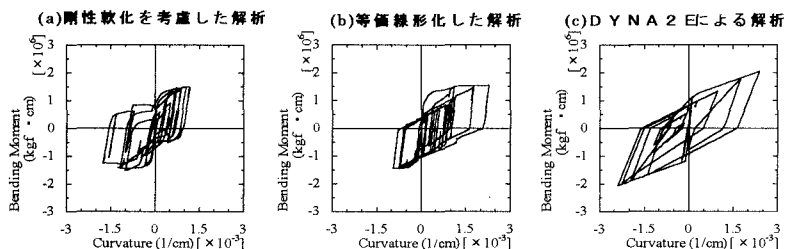


図5 応答変位

ている。図6はそれぞれの解析による供試体基部付近（要素2：図2）のM- ϕ 履歴である。どの解析を見てもかなり塑性化を起こしており残留曲率が発生している。特に DYNA2E による解析で

図6 M- ϕ 履歴

曲率が最も大きく断面損傷も大きいと考えられる。文献¹⁾から供試体(PD4)の破壊状況を見ると基部付近が載荷後2秒でコンクリートが圧壊し、その後広い範囲で剥離していることから DYNA2E の曲率と同程度までに達しないと応答変位のピーク値が実験値とは一致しない。従って図6のようなM- ϕ 履歴の違いは最大曲率到達後の履歴経路であり、軟化を考慮した解析が実際よりもコンクリートの除荷時における剛性を高く評価しているためと考えられる。

4. おわりに

本研究では実験結果と DYNA2E による解析結果とを合わせて比較検討を行なった。その結果本解析と実験値、DYNA2E による応答変位との違いは、コンクリート部材特性モデルの除荷時剛性の違いであることが分かった。今後、圧壊や剥離による圧縮側コンクリートの応力低下を考慮した解析を行なう必要がある。本研究は平成9年度文部省科学研究費基盤研究(c)の補助を受けて実施した研究の一部をまとめたものである。

参考文献 1) 池田、山口：地震による鉄筋コンクリート柱の動的応答に関する映像シュミレーション、土木学会論文集