

V-285

RC 橋脚の損傷に載荷履歴が及ぼす影響に関する解析的検討

石川島播磨重工(株) 正会員 杉本 高志
 京都大学工学研究科 正会員 高橋 良和
 京都大学工学研究科 フェロー 家村 浩和

1. はじめに

RC 橋脚の性能を照査する実験手法として、静的正負交番載荷実験がよく用いられる。道路橋示方書では兵庫県南部地震後の改訂により、考慮すべき地震動を2種類に分け、これらの地震動の違いとして繰り返し回数を挙げ、想定する地震により橋脚の終局変位を設定している。しかしながら神戸海洋気象台波などを用いたハイブリッド実験¹⁾では、構造物が地震開始後すぐに最大変形を経験することがあり、その損傷過程は従来の実験方法では適切に表現できない恐れがある。本研究では、この現象を解析的に再現できないかと考え、RC 柱のモデル供試体に関し、変位振幅漸増および漸減波形を用いて正負交番載荷解析を行った。

2. 解析概要

本解析では Ristić らが強震時の非線型構造物応答を予測するため開発したファイバーモデル解析手法による部材変形解析²⁾によって RC 橋脚の静的正負交番載荷による変形性能を照査するものである。モデル供試体の各要素を図1に示すように分割した。載荷方法は一定軸力下（面圧 2.87MPa）で、変位振幅漸増波形では初降伏変位 5mm を δ_y とし、その整数倍の振幅でそれぞれ 10 回繰り返しと 3 回繰り返しの波形を用いた。漸減型では最大振幅 $10\delta_y$ として $1\delta_y$ ずつ小さくした。繰り返し回数は 3 回である（図2）。

表1に材料モデルの諸定数を示す。

コンクリートの $\sigma - \epsilon$ 関係のスケルトンについては平成8年度道路橋示方書に従った。ただしコンクリートの終局ひずみは応力が低下域に入り、0 になるときのひずみとし、引張り強度は無視した。また鉄筋の $\sigma - \epsilon$ 曲線の形を規定し、バウジンガー効果を表すパラメータを 19.8 とした。

3. 解析結果及び考察

解析より得られた載荷ケース I3 と D3 の $P - \delta$ 履歴曲線及び最外縁コアコンクリートの $\sigma - \epsilon$ 履歴曲線を図3に示す。従来より正負交番載荷実験では終局点としていくつかの定義が用いられているが、本研究では道路橋示方書に示されているように、最外縁コアコンクリート応力の最大点（Type I 型地震動に対する終局点、a 点とす

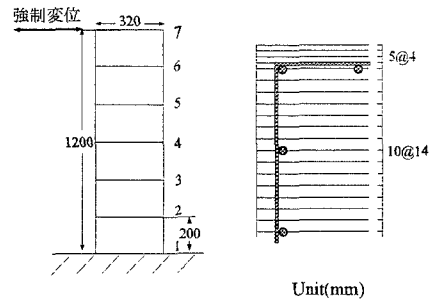


図1 解析モデル

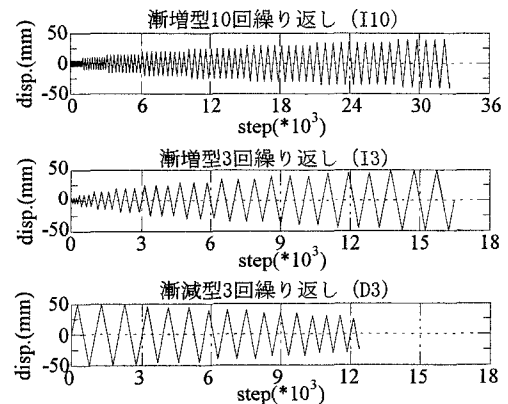


図2 載荷履歴

表1 材料モデル・定数

コンクリート (Ristić モデル)		鉄筋 (Menegotto-Pinto モデル)	
最大応力: δ_c	27.0MPa	初期弾性係数: E_{s1}	210GPa
最大応力時ひずみ: ϵ_c	3870 μ	2次剛性: E_{s2}	E_{s1} の 2%
終局ひずみ: ϵ_{cu}	17900 μ	降伏ひずみ: ϵ_{sy}	0.0016
		バウジンガー効果定数: R	19.8

る）、その80%まで低下した点（Type II型地震動に対する終局点、b点）降伏後耐力が低下し始める点（c点）、最大耐力の80%まで低下する点（d点）をプロットし、載荷履歴による影響を検討した。また最大耐力点も示した。

＜終局点に関する検討＞

a, b点の変位は、それぞれ14、20mmであり、載荷履歴による違いはなかった。また2点とも耐力がほぼ一定に保持されている区間に位置し、耐力低下が始まる変位のほぼ半分に納まっている。c点を比較した場合も変位は30～34mmであり明確な差は表われなかった。またこの点は最外縁コアコンクリートの応力が0になる点とほぼ一致しており、最外縁コアコンクリートが圧壊し始めると、コンクリート内部への破壊進行が急速すると思われる。d点では、変位はそれぞれ35mm、45mmであり、降伏変位が5mmであることから靱性率は7、9と大きな差が現われた。D3の靱性率が大きいのは、1サイクル目正側への載荷は、一方向載荷と同じ状態であるため、両側面から繰り返し損傷を受ける漸増型より耐力が保たれたと思われる。

＜耐力に関する検討＞

P- δ 履歴曲線の包絡線を重ねた図を図4に示す。漸増型と漸減型を比べると、最大耐力では大差なかった。しかし負側では変位が約 $-2\delta_y$ までは漸増型の方が耐力が大きい、約 $-6\delta_y$ から耐力低下が際立ち、また繰り返し回数が多いI10がさらに顕著であった。これに対し漸減型では耐力低下が緩やかであることがわかった。これは負側で変位の小さいうちは繰り返し損傷の少ない漸増型の方が耐力が大きく、正側での損傷の影響を少なからず受けた漸減型の方が耐力が低下しやすいと思われる。また変位が大きくなると繰り返し損傷を受けた漸増型の方で、さらに繰り返し回数の多いI10の耐力が大きく低下することになった。

4. 結論

ファイバーモデル解析手法により載荷履歴の影響を検討した結果、最大耐力は載荷履歴によらずほぼ一定であったが、負側で変位の小さい時は損傷の少ない漸増型の耐力が大きくなることがわかった。しかし変位が大きくなるとその過程で損傷の軽い漸減型の方が耐力低下が緩やかになる。これらは過去の実験を定性的に再現できており、せん断や抜け出し等の問題点はあるが、本研究の解析手法の妥当性を示す事ができたと思われる。

【参考文献】

- 1) 家村浩和：「中空断面 RC 高橋脚の耐震性能に関する載荷実験」、第10回日本地震工学シンポジウム論文集、第1分冊、pp2150-2110、1998年
- 2) Danilo Ristić：「Stress-Strain Based Modeling of Hysteretic Structures under Earthquake Induced Bending and Varying Axial Loads」、KUCE No.86-ST-01
- 3) 武村浩志：「載荷履歴特性が鉄筋コンクリート橋脚の変形性能に及ぼす影響」、構造工学論文集、Vol.43A、pp849-858、1997年

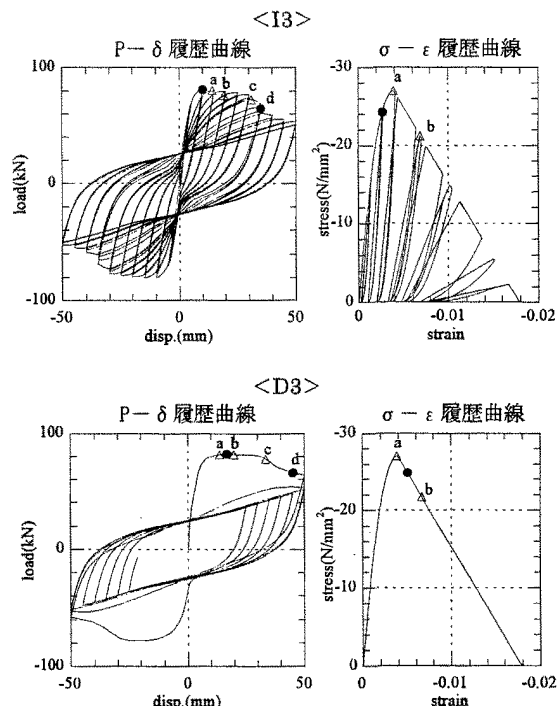


図3 P- δ 履歴曲線及び σ - ϵ 履歴曲線

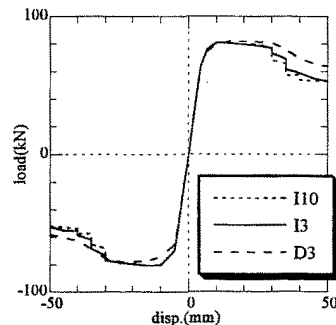


図4 P- δ 履歴曲線の包絡線