

橋脚損傷に与える上下動地震波の影響に関する解析的検討

大分工業高等専門学校 学生会員 ○河野 直也

大分工業高等専門学校 正会員 中野 友裕

1. はじめに

直下型地震における橋脚の損傷に影響を及ぼす種々の要因の中で、上下動地震波は主鉄筋の座屈後の挙動に大きな影響を与えていると考えられる。この観点から、平澤らは、実験により上下動地震波の影響を定量的に明らかにすることを試みている¹⁾。本研究では解析により上下動地震波の影響を明らかにするために、P-δ効果及び主鉄筋の座屈を考慮した解析を行い、それらの条件の相違について検討を行った。

2. 解析条件

入力地震波は兵庫県南部地震時にJR西日本鷹取駅で観測されたNS成分及びUD成分（図-1）を使用した。解析の条件としてP-δ効果及び主鉄筋の座屈の有無、及び上下動成分入力の有無を考慮した8ケースに対して解析を行った。なお、P-δ効果を考慮した場合には、幾何剛性マトリクスを考慮した剛性マトリクスを用い、update Lagrange法を採用した²⁾。

3. 解析対象と解析モデル

解析対象は、RC橋脚とし、8質点、7要素にモデル化（図-2）したものをを用いた。解析モデルは、道路橋示方書³⁾で定められた設計条件を満足するような正方形断面とし、上部工の質量を800ton、橋脚の高さを12.5mとした。断面の復元力特性は、Fiber-Modelを用いるが、その際のコンクリートの構成則は渡辺らの論文⁴⁾で用いられたもの（図-3）、鉄筋の構成則はBi-Linearモデル（図-4）を用いることとした。座屈を考慮した場合には、鉄筋の圧縮側に中村らの論文⁵⁾で提案されている以下の近似式を採用した（図-5）。

$$\sigma_s = \sigma_{sy} \exp \left\{ 0.17 (s/d)^2 (\varepsilon_s - \varepsilon_{sb}) \right\}$$

ただし、 σ_{sy} ：鉄筋の降伏応力

s：帯鉄筋間隔

d：鉄筋径、

ε_s ：鉄筋のひずみ、

ε_{sb} ：座屈開始ひずみ

なお、 ε_{sb} には、降伏ひずみ ε_y を仮定した。

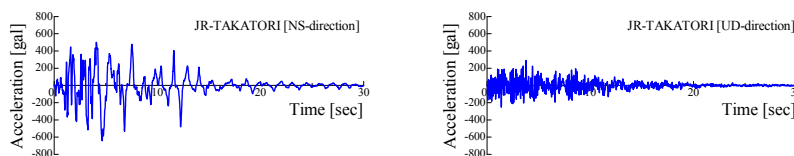


図-1 入力地震波（左：NS成分、右：UD成分）

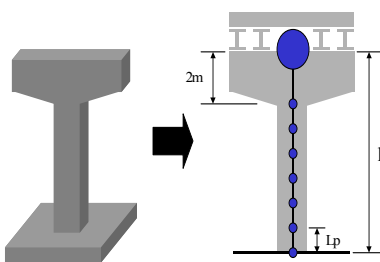


図-2 橋脚のモデル化

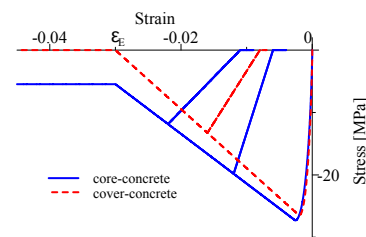


図-3 コンクリートの構成則

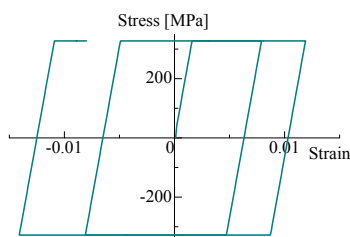


図-4 鉄筋の構成則

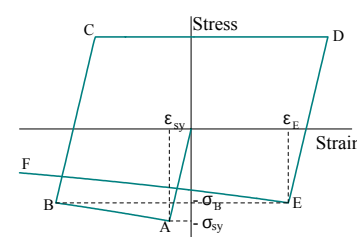


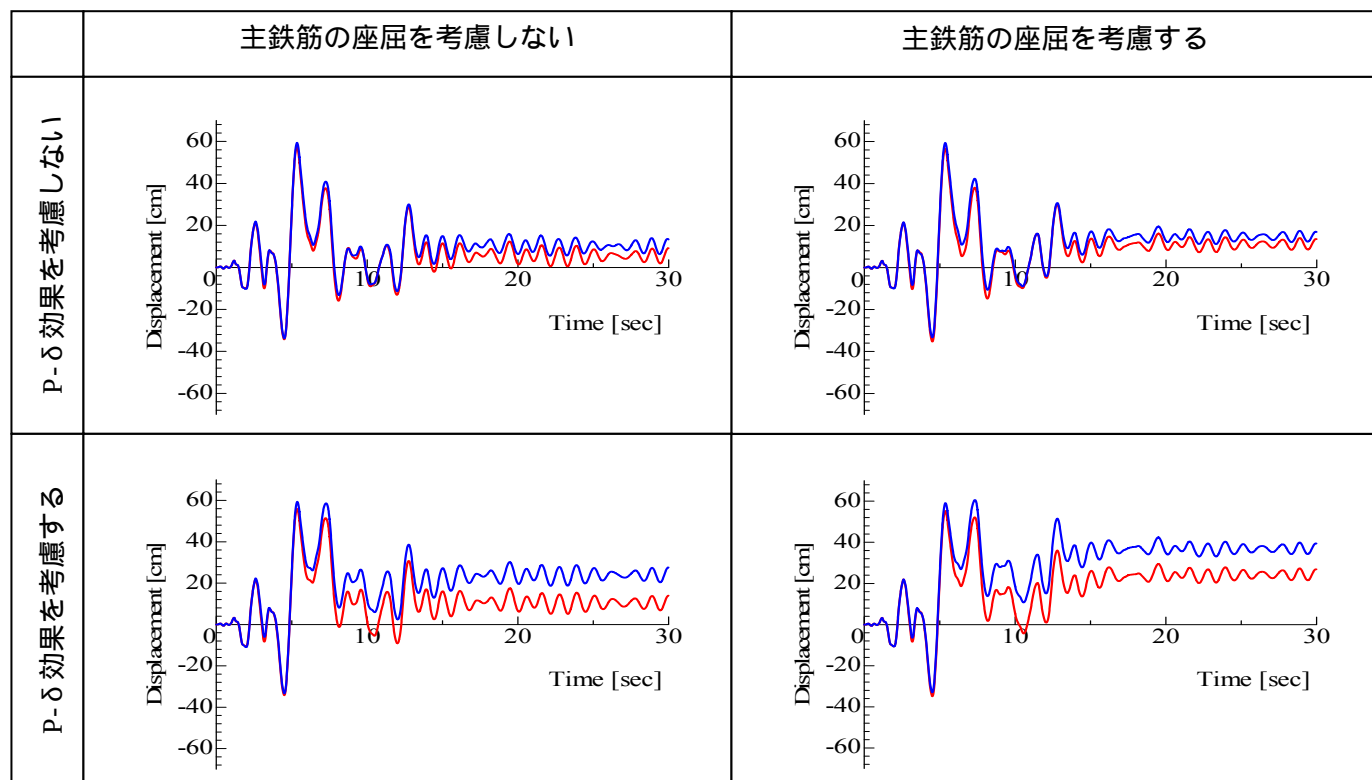
図-5 座屈を考慮した構成則

表-1 材料の特性値

コンクリート			鉄筋				
		コア コンクリート	かぶり コンクリート		主鉄筋	帯鉄筋	
圧縮強度	σ_{cc}	-27.3 MPa	-26.5 MPa	初期ヤング率	E_s	206 GPa	206 GPa
σ_{cc} に対するひずみ	ε_{cc}	-0.0026	-0.0020	降伏強度	σ_y	328 MPa	328 MPa
	ε_E	0.03	0.03	鉄筋間隔	s	—	10cm

キーワード 上下動、P-δ効果、座屈、地震応答解析

連絡先 〒870-0152 大分県大分市牧1666番地 大分工業高等専門学校 Tel. 097-552-7982



(— : NS 成分のみ, — : NS 成分及び UD 成分)

図-6 各解析条件による橋脚天端変位応答（上部工重量 800ton，高さ 12.5m）

4．地震応答解析による橋脚の応答に与える上下動地震波の影響

地震応答解析結果を図-6 に示す．まず，P- δ 効果を考慮しない場合を見ると，1)-a)の場合，上下動地震波による影響は，残留変位が上下動を考慮することで 4cm 大きくなっている．1)-b)の場合，座屈を考慮することで，1)-a)の場合よりも残留変位が大きく発生しているが，上下動の影響は顕著なものではない．次に，P- δ 効果を考慮した場合を見ると，2)-a)では，1)-a)の場合よりも残留変位が大きく生じ，上下動を考慮することで残留変位は 13cm 大きく生じている．2)-b)の場合，座屈及び P- δ 効果を考慮することになるため，解析条件としては 1)-b)，2)-a)を組み合わせた状態となっている．そのため，この条件の場合には，P- δ 効果を考慮することにより上下動地震波の影響が顕著となり，主鉄筋の座屈を考慮すると，更に残留変位が大きくなる．一方で，最大応答変位およびそれ以前の挙動については，上下動の影響は現れなかった．この傾向は，平澤らの実験結果と合致する．

5．まとめ

本解析結果により，動的応答解析において上下動地震波の影響を評価する際に，P- δ 効果及び主鉄筋の座屈を考慮する必要性が示された．このことは，水平方向の残留変位予測に大きな相違を生じさせる要因となる可能性があることから，今後，慎重に検討する必要がある．

参考文献

- 1) 平澤征夫ら：RC 橋脚モデルの水平一軸および水平・鉛直二軸同時加振による動的損傷実験に関する研究，土木学会第 58 回年次学術講演会講演概要集，-357，pp.713-714，2003.9.
- 2) 有限要素法ハンドブック，培風館，pp.128-141，1983.
- 3) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説 耐震設計編，日本道路協会，2002.
- 4) 渡辺浩，崎元達郎，新田晃久，大石健一郎：繰り返し水平力を受ける鉄筋コンクリート中の挙動と終局耐力に関する実験と解析，構造工学論文集，Vol.43A，pp.339-346，1997.
- 5) 中村光，二羽淳一郎，田辺忠顕：鉄筋の座屈が RC 構造のポストピーク挙動に与える影響，コンクリート工学年次論文報告集，Vol.14，No.2，pp.337-342，1992.6.