

斜橋および曲線橋の非線形解析におけるRC橋脚のモデル化方法の検討

株式会社白石 正会員 久保田 翼 ○ 正会員 劉 春山 山根 大王 剣宏

1 はじめに

斜橋と曲線橋に地震動による慣性力が作用する場合、橋脚に2軸曲げが生じる。地震応答解析において、このような2軸曲げを受けたRC橋脚の非線形性のモデル化方法としては、橋脚下端（またはラーメン構造上端）に塑性ヒンジ（ $M \sim \theta$ ）の設置や非線形梁要素（ $M \sim \phi$ ）による方法およびファイバー要素による評価方法などがある。断面の主軸方向が地震慣性力の方向と一致しない2軸曲げを受けたRC橋脚に対し、ファイバー要素によるモデル化が解析精度のよいモデル化方法として知られている。

しかし、実務の設計では、設計費用や工程、解析ソフトの機能に左右され、ファイバー要素より相対的にモデル化しやすい塑性ヒンジや非線形梁要素によるモデルを採用することが多い。このため、事前にモデル化方法の違いによる解析結果への影響程度を知っておくことが重要である。

筆者らは、汎用の解析ソフトTDAPを用い、図-1に示す正方形断面の橋脚に対し、異なるモデル化方法により求めた降伏震度や降伏変位の差異について調査した。

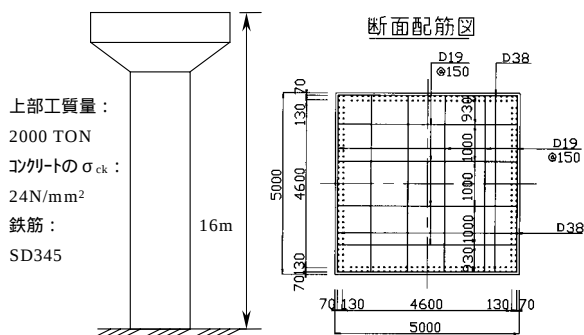


図 - 1 橋脚の解析条件

2 解析モデル

鉄筋およびコンクリートの応力ひずみ関係は資料(1)に基づき設定する。コンクリートの応力ひずみ曲線を図-2に示す。断面の主軸に平行する中立軸と、断面の対角線に平行する中立軸に対するそれぞれの $M \sim \phi$ 関係を図-3に示す。 ϕ に橋脚の塑性ヒンジ長をかけて得られた塑性ヒンジの $M \sim \theta$ の関係を図-4に示す。表-1に示した4ケースに対し、検討を行う。

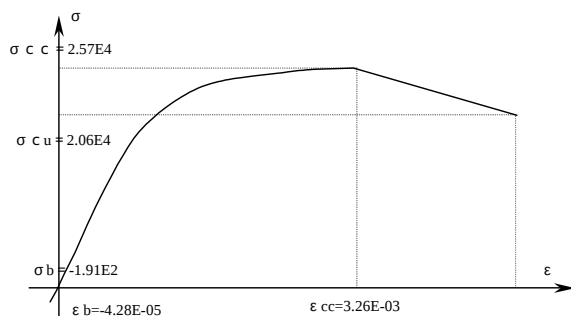
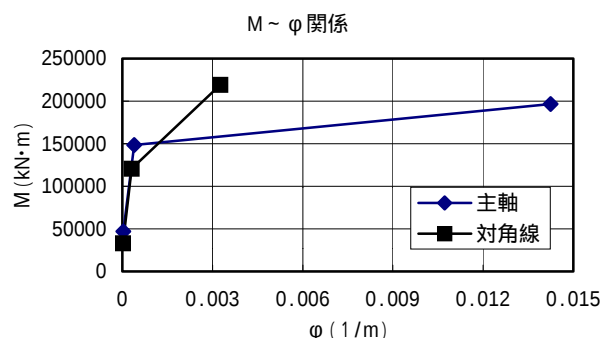
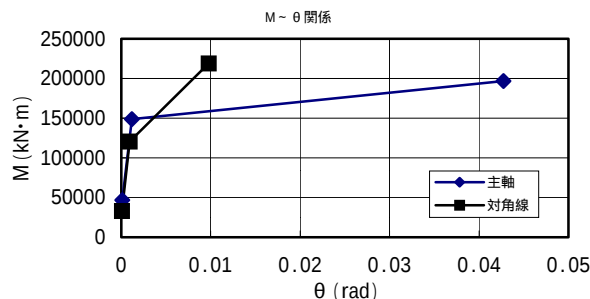
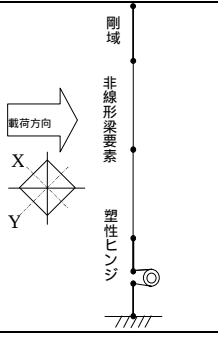
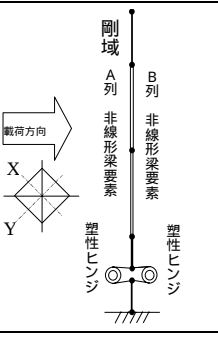

 図 - 2 コンクリートの応力 σ -ひずみ ϵ 曲線

 図 - 3 非線形梁要素の $M \sim \phi$ 関係

 図 - 4 塑性ヒンジの $M \sim \theta$ 関係

表 - 1 検討ケース一覧表

CASE1	CASE2

キーワード 斜橋 曲線橋 2軸曲げ ファイバー モデル化 非線形

〒101-0032 東京都千代田区神田岩本町 1-1 4 TEL:03-5687-8325 FAX:03-5687-6493

ファイバ要素によるモデル化 コンクリートファイバ数 196, 鉄筋のファイバ数 124	塑性ヒンジと非線形梁によるモデル化 M ~ φ算出時の中立軸は対角線と平行
CASE3	CASE4
	
塑性ヒンジ - と非線形梁によるモデル化 M ~ φ算出時に中立軸は主軸 X - X と平行	AB 2 列の非線形梁要素によりそれぞれ 2 つの主軸非線形を評価し、塑性ヒンジも主軸方向の非線形を評価するように設置する。 図—3、図—4 に示した M ~ φ, M ~ θ 関係を使用する。

3 解析結果

CASE1 と CASE2, CASE1 と CASE3, CASE1 と CASE4 の震度 ~ 橋脚天端の水平変位の曲線および降伏震度を比較するグラフをそれぞれ図 - 5, 図 - 6, 図 - 7 にプロットした。また、降伏震度および降伏変位の比較一覧表を表 - 2 に示す。

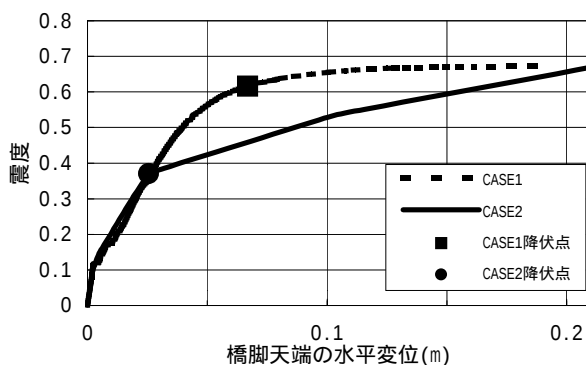


図 - 5 CASE1 と CASE2 の震度 ~ 水平変位曲線

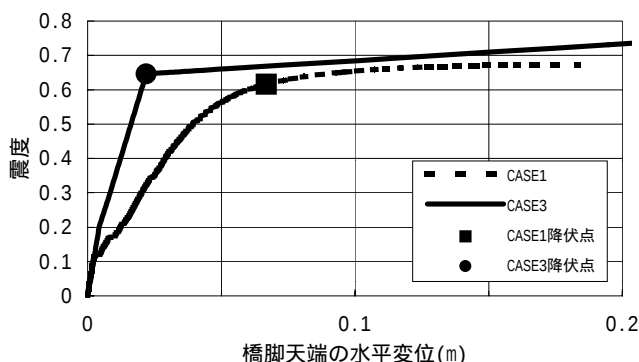


図 - 6 CASE1 と CASE3 の震度 ~ 水平変位曲線

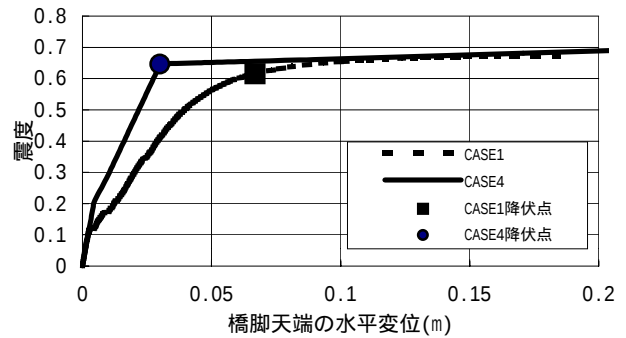


図 - 7 CASE1 と CASE4 の震度 ~ 水平変位曲線

表 - 2 降伏震度と降伏変位の比較一覧表

ケース番号	降伏震度	降伏震度の比較 ($k_{hi} - k_{h1}$) / k_{h1}	降伏変位 (m)	降伏震度の比較 ($\delta_{hi} - \delta_{h1}$) / δ_{h1}
CASE1	$k_{h1}=0.616$	—	δ $y_1=0.067$	—
CASE2	$k_{h2}=0.371$	-0.398	δ $y_2=0.026$	-0.618
CASE3	$k_{h3}=0.646$	-0.049	δ $y_3=0.022$	-0.672
CASE4	$k_{h4}=0.646$	-0.049	δ $y_4=0.031$	-0.537

4 まとめ

降伏震度と降伏変位に着目し、CASE1 と比較すると、CASE2 が安全側の評価であり、CASE3 と CASE4 が危険側の評価となる。

CASE2 の解析に用いる降伏曲げ耐力 M_y は断面の対角線と平行する中立軸 M_y であり、市販のソフトでは算出できないため、実務設計においてこのモデル化方法を適用するのは困難である。

CASE3 の場合は、1 つの主軸方向 (X-X 軸) の非線形性のみを評価したことになり、もう 1 つの主軸方向が弾性評価となるため、降伏震度は CASE1 より大きくなった。また、2 つの主軸に対する評価がそれぞれ非線形と線形であるため、荷重直交方向において橋脚天端の変位が生じる結果となった。

CASE4 の場合は、2 列の梁を使用したため、ある範囲の断面剛性が 2 重評価になるため、降伏震度は CASE1 より大きくなった。

参考文献：

- (1) 日本道路協会、「道路橋示方書・同解説 耐震設計編」, 平成 14 年 3 月
- (2) 土木学会、「第 1 回 地震時保有水平耐力法に基づく橋梁の耐震設計に関するシンポジウム」, 1998 年, P69, 平面曲線を有する連続ラーメン橋の耐震検討, 水口和之等