

強震時における RC ラーメン橋脚の塑性ヒンジ発生メカニズム

構造材料工学研究室 田中 大介
指導教員 吉川 弘道

1.目的

RC ラーメン橋脚における塑性ヒンジの発生順位というものは、橋脚の補強の優先順位を考える上で、非常に重要である。ラーメン橋脚における塑性ヒンジの発生位置は橋軸方向では橋脚上下端であるが、橋軸直角方向では曲げモーメントの分布も異なり、塑性ヒンジの発生位置も異なる。本論では、RC ラーメン橋脚の設計を行い、橋軸直角方向をモデル化し解析を行うことによって塑性ヒンジの発生の順位を調べるとともに、履歴曲線や橋脚の高さをパラメータ解析することによって起きる塑性ヒンジ発生への影響も検討した。

2.塑性ヒンジ

鉄筋コンクリート部材において正負交番の繰り返し変形を受けた場合に塑性変形性能を発揮する限定された部位。終局水平変位を算出するために設定する塑性ヒンジ部材軸方向の長さを塑性ヒンジ長、塑性ヒンジ長区間の断面領域を塑性ヒンジ領域という。

3.Push-Over Analysis

地震時に橋梁が振動することによって発生する慣性力は、時々刻々とその大きさ、作用する方向が変化し、さらに繰り返し作用している。これに対し、動的な慣性力の最大値を静的に置き換えて水平震度を作用させ、柱の変位を見る方法を Push-Over Analysis とする。図 1 にラーメン橋脚に水平震度を作用させた場合を示す。

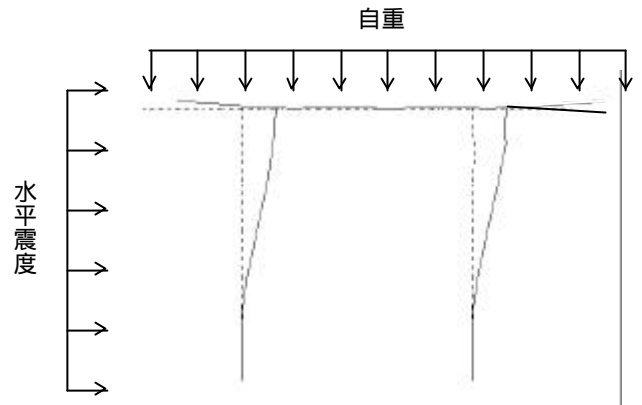


図 1 Push-Over 概念図

4.対象構造物のモデル化

対象としたモデルを図 2 に示す。梁部・柱部・フーチング部の重量及び接点を図 2 のように配置し、上部工の重量を 8 等分して配置した。一般的に上部工重量は梁部の左右の質点に振り分けモデル化するのだが、本論では上部工の支点の位置と同様とし、より実際の構造と同じとなるようにした。また、上部工は剛結とし、太線部分も同様に剛結とした。

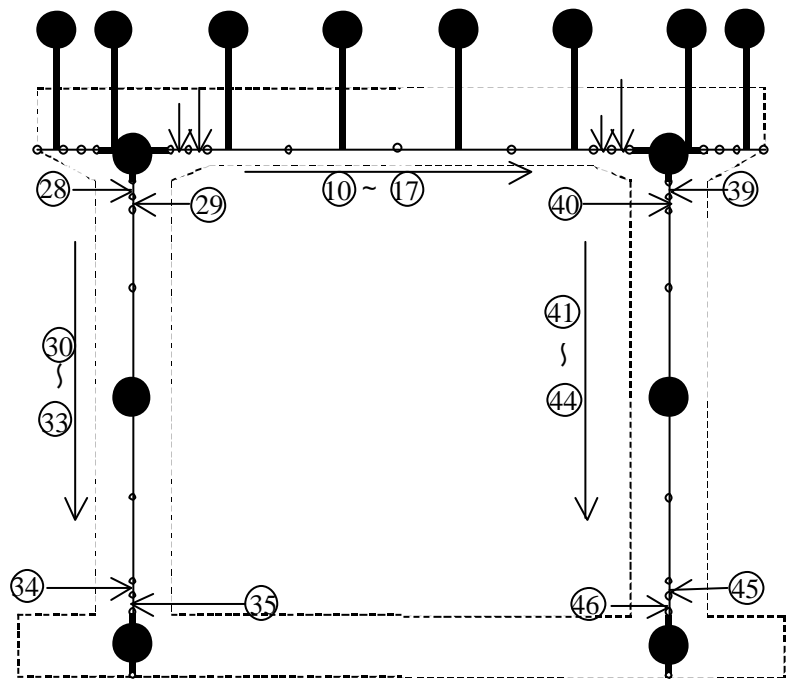


図 2 解析モデル図

各要素に番号を図 2 のように付け、道路橋示方書に準じて求められる塑性ヒンジ発生位置部分周辺は要素を細かく設定した。

5.解析概要

本論における解析は、構造物が塑性域に入

表 1 解析パターン

	My・Mu変更パターン	標準	3/4	2/4	1/4	
		履歴曲線	梁部	My(kN)	4269	3202
Mu(kN)	4721			3541	2361	1180
梁部中央	My(kN)		5317	3988	2659	1329
	Mu(kN)		5861	4396	2931	1465
柱部	My(kN)		10498	7874	5249	2625
	Mu(kN)		11503	8627	5752	2876

ると曲げモーメントが変化することに着目し、解析に使用する履歴曲線の設定を降伏判定が行いやすいようにバイリニア型に設定した。

M_y, M_u を変化させることによって塑性ヒンジの発生する順番および位置変化を検討する。解析パターンを表 1 に示す。表 1 では標準とするラーメン橋脚の設計段階で得られた M を図 3 に示すように変化させている。

静的非線形解析は、対象モデル左天端部に作用震度 0.1 をかけ、累積で 30 ステップ載荷を繰り返す。解析結果から得られる曲げモーメントより、各要素で降伏判定を行い、設定した要素のどの位置に塑性ヒンジが発生し、またその発生順位を調べる。

6.解析結果および考察

解析結果として得られた曲げモーメントから、梁部および柱部の各要素が降伏した作用震度をグラフ化したものを図 4 および図 5 に示し、全体の曲げモーメント図は図 7 に示す。また降伏震度の一例も示す。グラフにおける 3.0 に位置する要素は 3.0 で降伏したのではなく、降伏に達しなかったということを示している。図 4 の梁部の結果を見ると、どの場合でもまず要素 8 が降伏し、次に要素 19 が降伏している。要素 14 は 3 を作用させても降伏しなかった。曲げモーメント図を見ると、要素 14 あたりにはほとんどモーメントが働いていないので降伏しないと考えられる。曲げモーメントに関しては橋脚の剛比によって変わるので本論の結果としては図 7 のようになった。

図 6 に要素 8 及び 19 の変位の平均を示す。また M_y を四分の三にした場合の各要素の降伏震度もプロットした。この結果より梁部に塑性ヒンジが発生しても全体的に変位が増えていないことがわかる。これは橋軸直角方向における解析だったためと考えられる。柱部が降伏した場合はどちらも傾きが増している。塑性ヒンジが発生し、塑性変形域に入ったからだと考えられる。

7.まとめ

本論で行った解析では橋脚に発生する塑性ヒンジは梁部両端・柱部上端及び下端という6箇所が発生することが確認できた。塑性ヒンジは静的非線形解析においては M_y を変更しても発生順位は変わらないことも確認できた。また剛比によって曲げモーメント図は変化するので、設計の際はそれぞれの橋脚に静的解析を行うことが望ましい。

【参考文献】

- ・社団法人日本道路協会：道路橋示方書（耐震設計編）・同解説 2002.3
- ・青戸 拓起：鉄筋コンクリート構造物の地震時挙動と耐震性評価 1999.

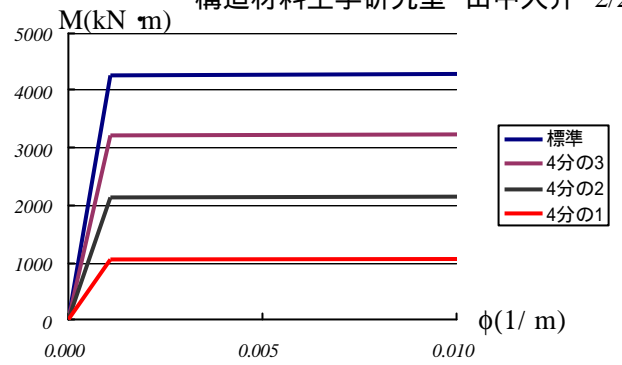


図 3 解析に使用した M-φ

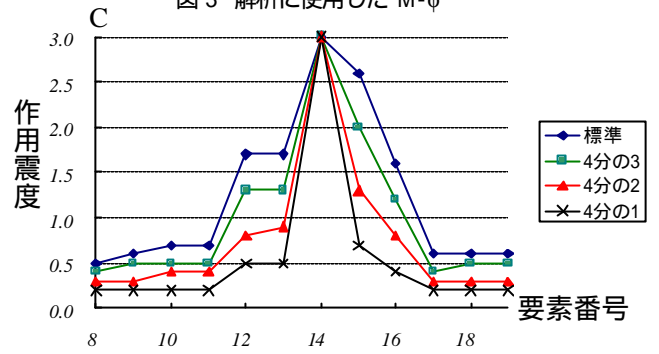


図 4 梁部要素の降伏震度

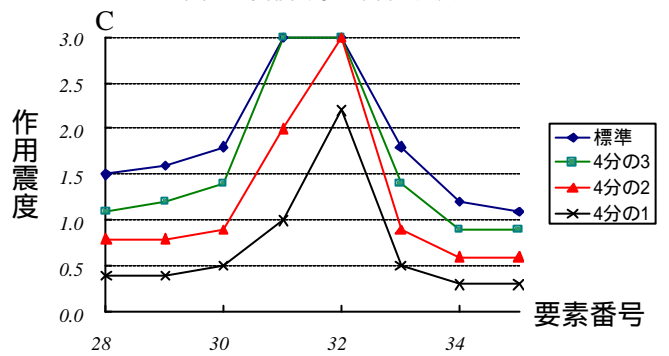


図 5 柱部要素の降伏震度

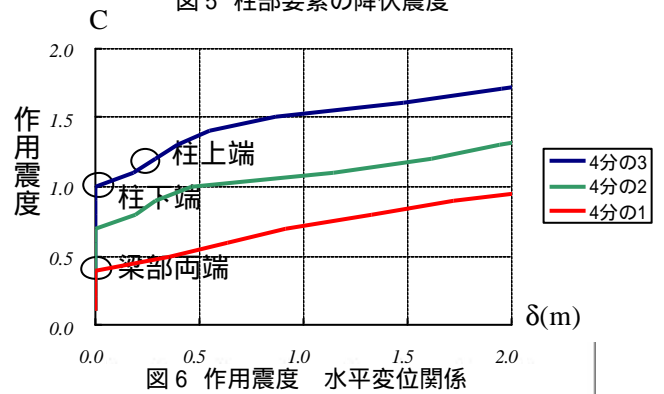


図 6 作用震度 水平変位関係

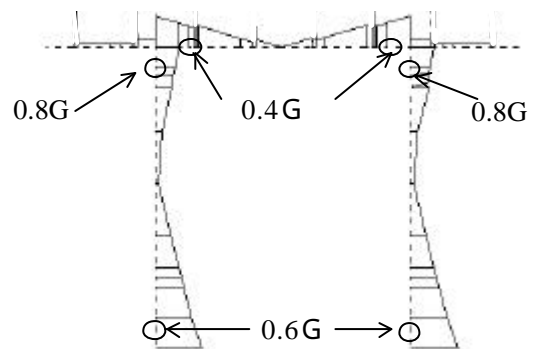


図 7 最大曲げモーメント図