

RC ラーメン橋脚の高さに伴う力学特性

学生氏名 濱中 隆介
指導教員 吉川 弘道

1. はじめに

耐震性に優れるといわれるラーメン構造物だが、過去に発生した大地震では多くのラーメン橋脚にせん断破壊が生じているのが現状で、ラーメン構造の地震時応答をより深くを理解する必要がある。そこで本研究は地震時におけるラーメン構造の応答性状を把握するため非線形動的応答解析を行い、高さをパラメータとしたラーメン構造の変形に対する有効性、破壊過程の照査を行った。

2. 解析概要

解析対象橋脚は道路橋の耐震設計に関する資料¹⁾に記載されていた基礎は場所打ち杭の鉄筋コンクリートラーメン橋脚10径間連続鋼桁橋、支間割40m×10径間を設計条件とするラーメン橋脚を対象橋脚とした。橋脚諸元を表1に示す。橋脚は橋軸直角方向2次元多質点多要素系にモデル化した。上部構造物のモデル化として角を桁と動スパンに配置した。(図1)角上端部に上部工の重量を均等に配置した。角下端部と梁との接合点は梁に過剰な曲げモーメントが発生するのを防ぐためピン結合とした。ラーメン橋脚の重量は各節点にほぼ均等に配置した。剛域は隅角部とフーチング部と上部工に設定し、道路橋示方書 編6.4.2²⁾の規定に従い設定した。入力地震動はJMA KOBE-NSを採用した(図2)。図3に柱の骨格曲線を示す。

パラメトリック解析の説明として、ラーメン橋脚の梁を固定し、柱を基準高さ(10.0m)とし、両柱を0.5m間隔で高くしていき基準値より+10mの高さ(20.0m)までの非線形解析を行った。

3. 解析結果

固有周期と層間変形角³⁾(=水平変位/柱高さ)との関係を図4に示す。構造物に生じる層間変形角は固有周期の上昇にしたがって全体としては増加傾向にあるが、固有周期の増加にしたがって始めは緩やかに上昇していたが、その後急激に上昇し固有周期約0.3sec以降若干減少し、また緩やかに上昇を始めた。柱の高さに対して単調な増加を示すわけではなく時に減少する事が分かった。層間変形角が大きな固有周期ほど共振に近い現象が起こっていると考えられる。

固有周期と応答塑性率の関係を図5に示す。固有周期に対する応答性状はほぼ層間変形角と同じ形状になった。固有周期の増加に伴い変形が大きくなる、それに伴う曲率の増加が原因と考えられる。

表1 橋脚諸元

	剛域	橋脚	上部工
要素番号	1・2 21・22 23 43・44 45 64 65 66 75 84~91	3~21 46~63	20~43 67~83 92
断面積(m ²)	5400	5,400	5,400
断面2次モーメント(m ⁴)	3864.02	3,864	3,864
ヤング率(kN/mm ²)	2.475×10 ⁶	25.97×10 ⁴	25.97×10 ⁴
圧縮強度(kN/mm ²)	23.52	23.52	23.52

剛域は柱の値の1000倍とする

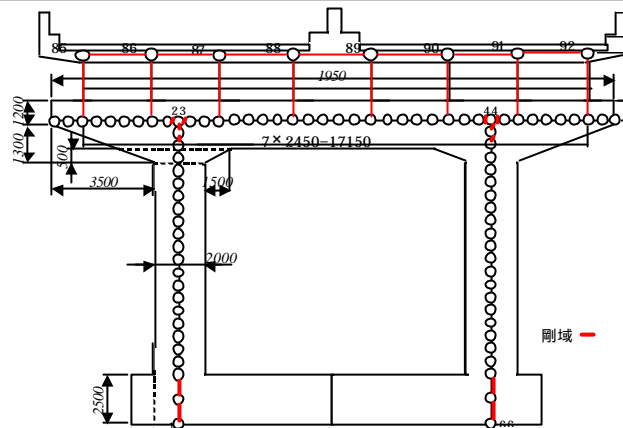


図1 対象橋脚とモデル図

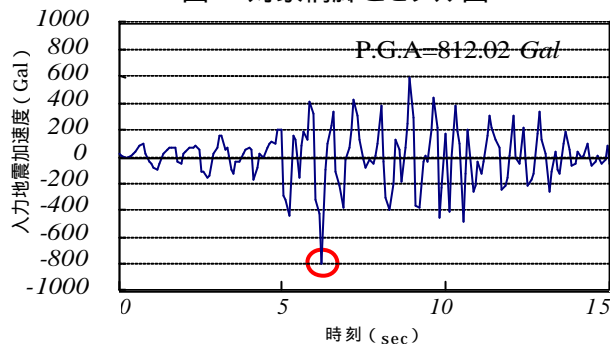


図2 JMA KOBE-NS

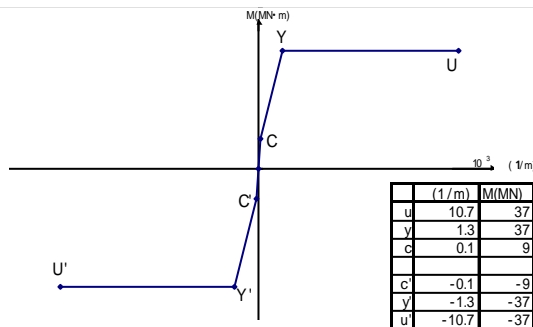


図3 柱の骨格曲線

固有周期 0.3sec 付近で最大となった。左右の柱の基部，上端部ともに同じ形状を示しているが基部と上端部を比較すると基部の方がより大きな応答となった。固有周期 0.3sec を超えてからしばらく減少する。非線形的挙動により基部，上端部以外に断面力が分散され応答曲げモーメントが減少する事が原因のひとつとして考えられる。

図 6 に固有周期とせん断耐力比(応答せん断力/せん断耐力)の関係を示す。図 5 同様左右の柱基部と上端部ともに同じ値を示し上端部に比べ基部は大きな値を示した。応答せん断力は応答塑性率と異なり，固有周期の上昇に伴い直線的に減少していく。すべての固有周期においてせん断破壊を起こしたがせん断耐力比と比較すると固有周期をさらにあげれば別の破壊形式となる可能性があったと考えられる。

表 2 に各固有周期における破壊形式と曲げ降伏の発生時刻とせん断破壊の発生時刻を示す。全ケースにおいてせん断破壊に比べ曲げ降伏は遅くすべてせん断破壊先行型となった。また固有周期の上昇に伴って発生時刻が遅れているが，ほとんど時間的に変化は見られず，固有周期と破壊発生時刻との関係性は小さいと考えられる。せん断破壊をしてしまった原因としてせん断補強筋の不足も考えられる。

4.まとめ

ラーメン橋脚を対象に解析条件のもと常時荷重を考慮した非線形動的応答解析を行い，構造物の形状変化による強地震に対する応答断面力と応答変位，応答加速度の応答性状を検証したところ以下のような知見が得られた。

- ・固有周期によって最大層間変形角が大きな固有周期ほど共振に近い現象が起こっていると考えられる。
- ・固有周期の増加に伴い最大応答塑性率は増加する傾向にあるが，せん断耐力比は減少した。
- ・固有周期によっては地震動との共振によって大きく応答するものも確認できた。
- ・固有周期の増加に伴いせん断耐力比は減少することが分かった。
- ・各固有周期での破壊形式はすべてせん断破壊となったが，主な原因としてせん断補強筋の不足によるものとする事が出来る。

【参考文献】

- 1) 社団法人日本道路協会：道路橋の耐震設計に関する資料社団法人日本道路協会，1997，4
- 2) 社団法人日本道路協会：道路示方書・同解説 V 耐震設計編，丸善株式会社，2001，4
- 3) 土木学会 原子力土木委員会：原子力発電所重要土木構造物の耐震性能照査指針・同マニュアル照査例，社団法人 土木学会，2001，4

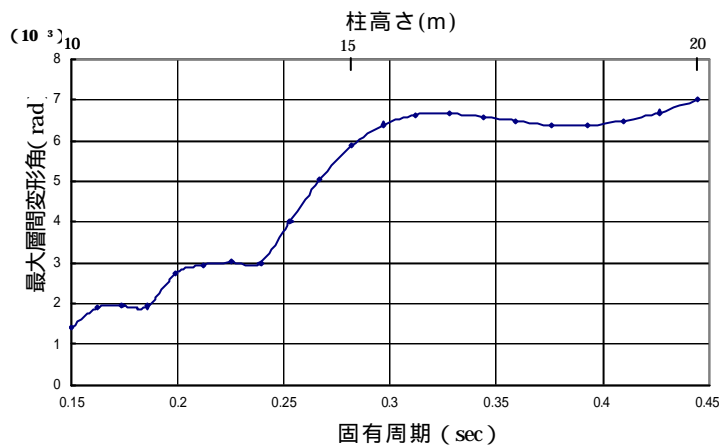


図 4 固有周期と層間変形角の関係

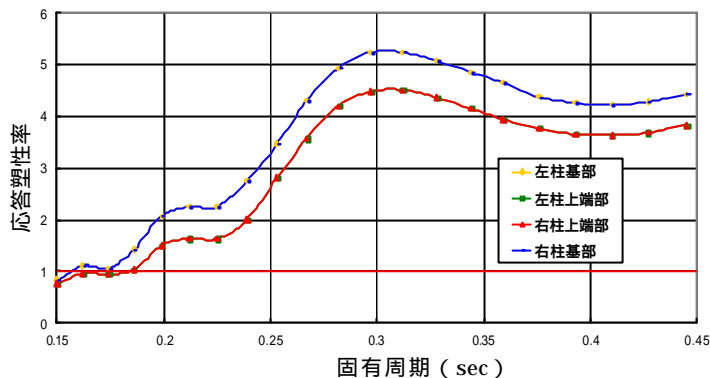


図 5 柱高さと応答塑性率の関係

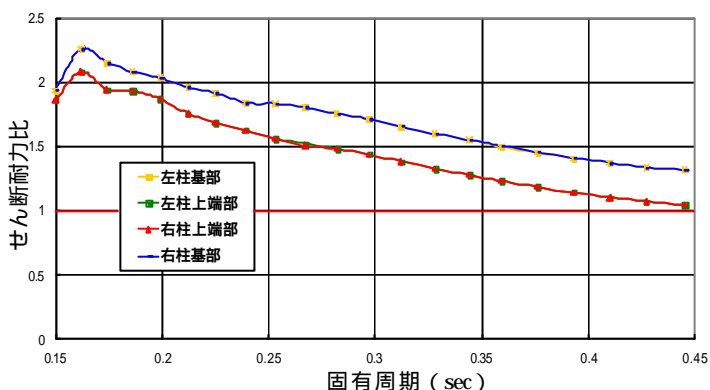


図 6 柱高さとせん断耐力比の関係

表 2 各高さにおける破壊形式

柱高さ	固有周期	曲げ降伏発生時刻	せん断破壊発生時刻	破壊形式
10	0.15	降伏しない	4.52	せん断破壊先行型
10.5	0.162	9.166	4.52	
11	0.174	8.786	4.532	
11.5	0.186	8.784	4.532	
12	0.199	5.482	4.532	
12.5	0.212	5.506	4.536	
13	0.225	5.528	4.544	
13.5	0.239	5.476	4.556	
14	0.253	5.47	4.568	
14.5	0.267	5.478	4.578	
15	0.282	5.488	4.582	
15.5	0.297	5.502	4.582	
16	0.312	5.514	4.598	
16.5	0.328	4.682	4.608	
17	0.344	4.686	4.618	
17.5	0.359	5.536	4.628	
18	0.376	5.546	4.642	
18.5	0.393	5.548	4.658	
19	0.41	5.55	4.674	
19.5	0.427	5.55	4.684	
20	0.445	5.55	4.674	

