

(I-30) 剛体ばねモデル解析を用いた鋼製ラーメン橋脚の大地震時挙動の検討

宇都宮大学 学生員 荒川 太郎
宇都宮大学 正会員 中島 章典

1. はじめに

一般にラーメン構造物は高い耐荷力が期待され、道路橋示方書・耐震設計編ではラーメン構造を地震時保有水平耐力照査の適用対象から除外しており¹⁾、耐震性に優れた構造系との認識がある。しかし、1995年兵庫県南部地震では、ラーメン構造物においても柱部材での局部座屈、梁部材でのせん断座屈など、地震時の大きな繰り返し力下による損傷が数多く観察されていることから²⁾、ラーメン構造物の耐震安全性を改めて確認する必要があると思われる。

そこで本研究では、鋼製ラーメン橋脚を対象として、せん断変形やせん断による塑性化の影響をも考慮できる剛体ばねモデル解析を用いて弾塑性地震応答解析を行い、鋼製ラーメン橋脚の大地震時挙動を検討した。

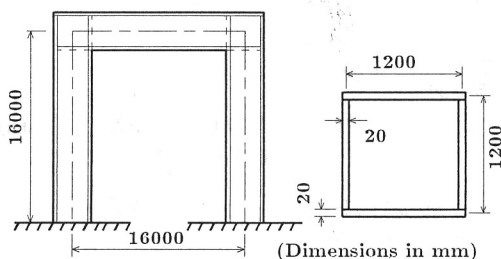


図-1 解析モデル

2. 解析モデルおよび解析方法

本研究では、図-1の左側に示すような一層の門型ラーメンを対象とし、はり部材長および柱部材長はともに16mとし、各部材は図-1の右側に示す正方形箱形断面を有するものとする。

柱部材の単位体積重量は、 76.93kN/m^3 とし、はり部材の単位体積重量は、上部構造分の重量400tfを考慮して、 2.65MN/m^3 としている。

ここで用いた解析法は曲げによる変形、塑性化の他にせん断変形やせん断による塑性化をも容易に考慮することのできる剛体ばねモデルを用いた³⁾、弾塑性地震応答解析法である。図-2に剛体要素間のばね要素形状を示す。

解析に際して、鋼材の降伏応力度を235MPaとし、これに対する降伏モーメントは8.58MN・mである。また、降伏せん断力は降伏せん断応力度に断面積を乗じたものに近い値である882.0kNとし、曲げによる塑性化は、すべてのばねにおいて起こるものとし、せん断による塑性化は、はり・柱接合部（以下、隅角部という）

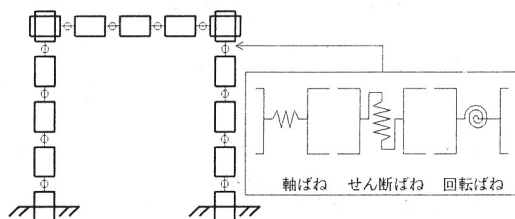


図-2 剛体間ばね要素形状

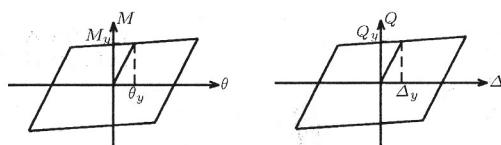


図-3-a 回転ばね特性

図-3-b せん断ばね特性

図-3 復元力特性

でのみ起こるものとしている。

次に各ばねの復元力特性について述べる。軸ばねには降伏を認めておらず、回転ばねおよびせん断ばねにおいて降伏を認めている。図-3-a、図-3-bに回転ばね特性およびせん断ばね特性をそれぞれ繰り返し曲げモーメント-回転角関係およびせん断力-せん断変位関係で示す。2次勾配は1次勾配である各ばね定数に0.03を乗じたものとした。

なお、弾塑性地震応答解析における入力地震波は、II種地盤用レベル1地震波およびII種地盤用レベル2地震波を用いた。

3. 解析結果および考察

(1) レベル1地震波を用いた場合

レベル1地震波を用いて弾塑性地震応答解析を行った結果、橋脚基部での最大曲げモーメントは8.27MN・mとなり、設定した降伏モーメントより若干小さい値となった。これより、ここで採用した解析モデルは、妥当な設計レベルであると考えられる。

(2) レベル2地震波を用いた場合

a) 曲げモーメント-回転角関係

レベル2地震波を用いて弾塑性地震応答解析を行い、曲げモーメント-回転角関係を求めた。図-4-a、図-4-bはそれぞれせん断による塑性化を考慮しない場合、考慮した場合の橋脚基部での曲げモーメント-回転角関係を示している。両図には、ほとんど差異は見られない。これより隅角部でのせん断による塑性化は、橋脚基部の曲げモーメント-回転角関係には、あまり影響しな

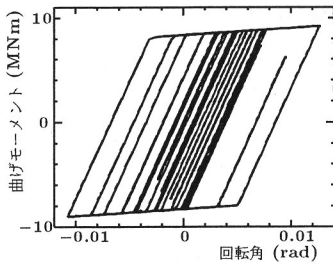


図-4-a せん断による塑性化なし

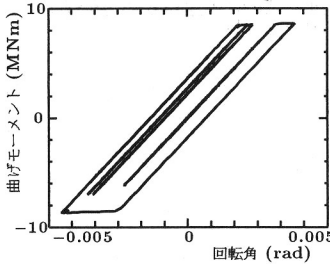


図-5-a せん断による塑性化なし

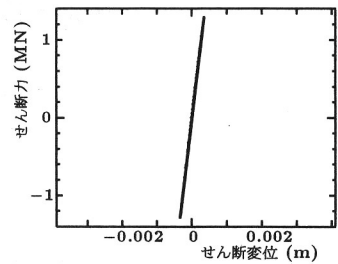


図-6-a せん断による塑性化なし

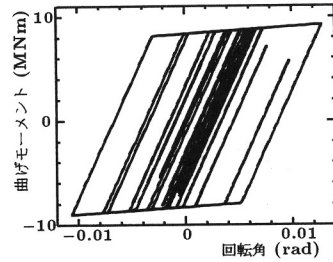


図-4-b せん断による塑性化考慮

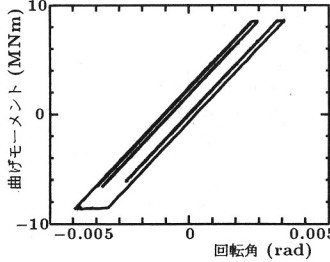


図-5-b せん断による塑性化考慮

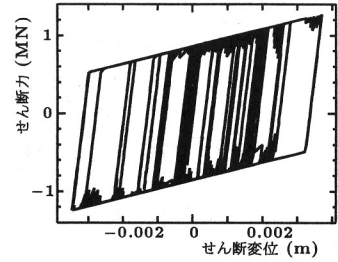


図-6-b せん断による塑性化考慮

図-4 基部の曲げモーメント-回転角関係 図-5 隅角部の曲げモーメント-回転角関係 図-6 隅角部のせん断力-せん断変位関係

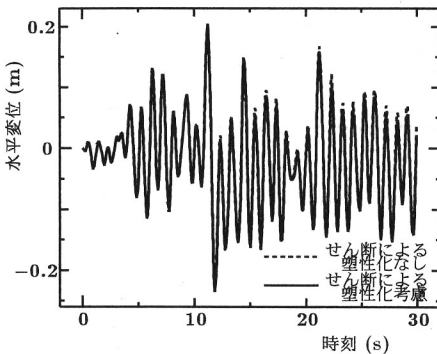


図-7 水平変位応答曲線

いことがわかる。

図-5-a, 図-5-bはそれぞれせん断による塑性化を考慮しない場合, 考慮した場合の柱側隅角部での曲げモーメント-回転角関係を示している。図-5-bは図-5-aと比べ, 小さく履歴ループを描いているのがわかる。これは, せん断による塑性化が起こることにより, 隅角部での地震による振動エネルギーの吸収が大きくなり, その分, せん断による塑性化が起きたときのほうが曲げモーメント-回転角関係の履歴ループが小さくなっていると考えられる。

b) せん断力-せん断変位関係

同様に, レベル2地震波を用いて弾塑性地震応答解析を行い, せん断力-せん断変位関係を求めた。図-6-a, 図-6-bはそれぞれせん断による塑性化を考慮しな

い場合, 考慮した場合の柱側隅角部でのせん断力-せん断変位関係を示す。これより隅角部では激しく塑性化しており, 大きく履歴ループを描いている。

c) 橋脚頂部における水平変位応答

図-7は同様に地震波を作用させた場合の橋脚頂部での水平変位応答曲線を示している。破線がせん断による塑性化を考慮しない場合であり, 実線がせん断による塑性化を考慮した場合である。これより, せん断による塑性化を考慮してもせん断による塑性化を考慮しない場合と比べてあまり差がないことがわかる。これより隅角部でのせん断による塑性化は, 橋脚頂部の水平変位応答には, あまり影響しないことがわかる。

4. おわりに

鋼製ラーメン橋脚において, 隅角部がせん断により大きく塑性化しても, 橋脚基部での曲げモーメント-回転角関係や, 橋脚頂部での水平変位応答への影響は少なく, せん断によるエネルギー吸収は全体的にはあまり大きくないことがわかった。

今後は, 変断面ラーメンにおいても非弾性応答性状を調べる予定である。

参考文献

- 1) 日本道路協会：道路橋示方書・同解説, V 耐震設計編, 1990.2.
- 2) 長田, 酒造, 事口：はり中央腹板の塑性せん断変形..., 土木学会第51回年次学術講演概要集第1部(A), I-A67, pp.134-135, 1996.9
- 3) 川井, 竹内：離散化極限解析プログラミング..., 培風館, 1990.6