

神戸大学工学部 フェロー会員 高田 至郎  
 神戸大学工学部 正 員 森川 英典  
 神戸大学大学院 学 生 員○松本 隆史

## 1. はじめに

今日、大都市部においては高層ビルが数多く建設されている。その構造の動的解析は数多く行われ、設計においても取り入れられている。しかし、建物の機能はその建物内に配置された各種配管、機器類の働きによって支えられている。したがって、配管類などがある箇所では損傷した場合、その影響は建物全体の機能低下を招くことになる。また、パイプシステムは設置するビルの構造によって、支持間隔などが大きく変わることが予想されるので設計の照査として動的解析の必要性は高いと言える。そこで本研究では、ある22階建ての高層ビルにパイプシステムを設置することを想定して、実際の地震波を基に動的応答解析を行い、その結果を設計値との比較により評価し、さらには耐震設計指針の妥当性を評価する。

## 2. 解析手法

(1)解析対象 解析対象建物は地下2階、地上22階、塔屋1階で1階脚柱以上がS造純ラーメン架構、1階床以下がSRC造およびRC造耐震壁付きラーメン架構である。この建物の中にパイプシステムを立て管として配置することを考える。また、パイプの固定点であるB1、6F、16F、22Fの内、層間変位の大きな領域である6F～16Fの部分を解析対象とする。ここで固定点とは、配管の軸直角方向または管軸方向の地震力を支持するものである。

(2)解析モデル 図-1に解析モデルを示す。モデルは3次元弾性はり要素とジョイント要素による全体構造モデルで、複数のパイプと架台を含んでいる。架台とパイプの接合部にはバネ要素を用い、バネ剛性を $k=100000 \text{ kgf/mm}$ としてxおよびy方向に拘束している。材料特性は $E=2.1 \times 10^4 \text{ kgf/mm}^2$ 、質量密度は $8.256 \times 10^{-10} \text{ kgf} \cdot \text{s}^2/\text{mm}^4$ として入力している。一方、入力地震動はエルセントロ地震波のN-S方向とし、1自由度系モデルにより各階入力波形を求めている。

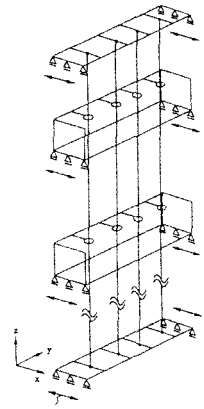


図-1 解析モデル

(3)解析ケース 表-1に解析ケースを示す。解析ケースは管径の違いによる3種類と、管径が150mmのものについては継手の有無を考慮して、合わせて4種類とする。材質はすべてSGPとし、架台は100×50の溝型鋼とする。配管は満水管とし、各接点に集中質量として与えた。

表-1 解析ケース

	管径 (mm)	継手	材質	鋼材種
①	50A	なし	SGP	100×50溝形
②	150A	なし(含溶接継手)	SGP	100×50溝形
③	150A	フランジ継手	SGP	100×50溝形
④	250A	なし(含溶接継手)	SGP	100×50溝形

## 3. 解析結果

(1)継手を考慮した場合の影響 表-1の解析ケースの②、③について継手の影響をみた。まず最大曲げモーメントの比較を図-2に示す。最大曲げモーメントについては8、9階部分と16階固定点において大きな値となっている。継手の有無による違いについては11階と12階部分で差が出ている他はほとんど差を生じなかった。

最大変位について図-3に示す。最大変位については外側よりも内側の最大変位の方が大きい。最大変位も最大曲げモーメントと同様にそれほど顕著な差は認められなかったが、継手部付近で差を生じ、継手がある場合の方が若干最大変位が少なくなる傾向が見られる。

Shiro TAKADA, Hidenori MORIKAWA, Takashi MATSUMOTO

(2)管径の違いによる影響 外側のパイプの最大曲げ引張応力の比較を図-4に示す。管径が大きいものほど最大応力も大きくなる。管径が150Aと250Aの差よりも50Aと150Aの差の方が大きくなっている。

内側のパイプの最大変位の比較を図-5に示す。低層と高層部分では管径が小さいものほど大きな最大変位を生じ、逆に、中層部では管径の大きなものほど大きな最大変位を示す。配管の最大変位とフロア位置の最大変位を比べると、管径の小さいものはフロア位置の最大変位に近い値を示すが、管径が大きくなるほどフロア位置の最大変位との差が大きくなる。

#### 4. 性能評価

(1)曲げ性能について SGPの短期荷重に対する許容応力度は $1,800 \text{ kgf/cm}^2$ 、管径=150Aの管に生ずる曲げモーメントは、約 $1.76 \times 10^6$ であり、図-2より継手の有無にかかわらず8階、9階および16階付近において許容応力度を越えている。また、図-4より、管径が150Aと250Aのものについては8階、9階および16階において許容応力度を越え、管径が50Aのパイプではすべての断面で許容応力度以下であった。これは、管径による水の重さが変化に起因すると思われる。さらに、8階、9階部分については入力地震動の影響が考えられ、16階部分については固定点である影響が考えられる。これは、架台の変形に関係していると思われる。

(2)継手の効果について 本解析では、継手の影響は顕著に現れなかった。この理由

として、このモデルではパイプの支持間隔が比較的短いので、配管が建物に追従した動きになり、継手の影響が出てこなかったものと思われる。しかし、耐震設計指針に示されている基準では、より支持間隔を長くとることもできる基準であるので、この基準で設計した場合には継手の影響が大きくなる可能性がある。

#### 5. まとめ

①本解析手法では、各階でのパイプに対する入力加速度を各階等価1自由度系モデルにより求めた。その際、固有振動数は建物の最大応答変位を考慮して、エルセントロ地震波の加速度応答スペクトルから算出した。この入力を用い、建物内パイプシステムを3次元でモデル化し、立体的に解析できる手法を確立した。

②架台の変形により、発生する曲げモーメントが低減される。そこで、支分部に近い外側には小口径(50A)のパイプを配置し、内側に比較的大きな口径(150A, 250A)のパイプを配置するのがよいと思われる。

【参考文献】 社団法人 空気調和・衛生工学会：建築設備耐震設計指針・同解説

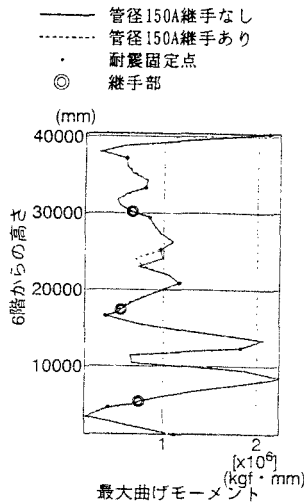


図-2 最大曲げモーメント (SGP 150A 外側)

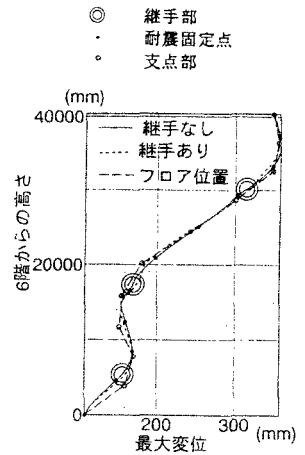


図-3 最大変位 (SGP 150A 内側)

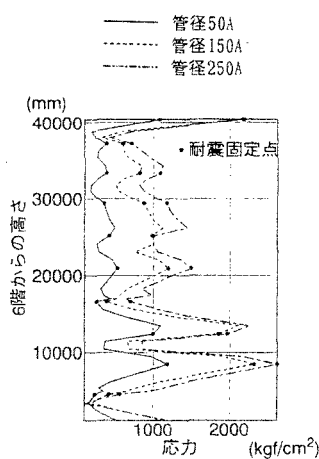


図-4 最大曲げ引張応力 (SGP 外側)

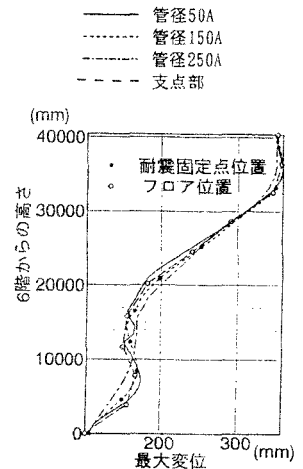


図-5 最大変位の比較 (SGP 内側)