

免震構造橋梁に添架された管路の大変形挙動解析法に関する基礎的研究

摂南大学 正会員 片桐 信

1. 目的

河川横断部において、道路橋に添架されている管路は、移動支承部の常時の変位については吸収もしくは追従できる構造とされているが、免震支承による上部構造の過大な地震時変位を見込んでいない。しかし、近年では既存橋梁の免震化が進められており、添架される管路の対策が急務である。そこで本研究では、通信管路(鋼管)を対象として、FEM-DEM 結合解析法を用いた大変形挙動解析を行い、本解析法の適用性を検証するとともに、伸縮継手や屈曲継手を配置する対策について基礎的な検討を行った。

2. 解析モデルと解析条件

解析対象としたのは、橋台と管路の上部構造への第 1 固定部までの区間 (2212mm) である。鋼管の外径は 89mm, 肉厚 4.9mm であり, 2212mm スパン・単純支持状態での振動固有周期は 0.64sec である。入力波, すなわち橋梁上部構造の橋台に対する相対変位については, NTT¹⁾ による解析結果の波形をもとに, 一般的な免震支承の設計許容変位量である 250mm を橋軸方向・橋軸直角方向の最大変位と考え, 図-1 に示す波形を採用した。管路構造としては, 橋梁上部構造への第 1 固定部および橋台固定部に伸縮継手や屈曲継手を配置した場合の管路応答を比較するために, 表-1 に示す 7 ケースを対象とした。なお, 解析モデルは表-1 中に示すような, 矩形平面応力要素であるが, 円環断面を模擬するために要素の厚さを半径方向に変化させた変断面モデルとしている。モデルの妥当性は, 単純支持状態での自重解析により確認しており, たわみ量と曲げ振動の固有周期が円環の場合の理論値と良好に一致している。

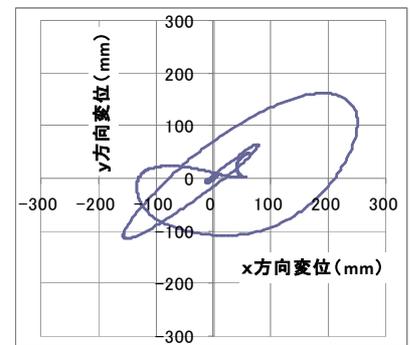


図-1 入力に用いた免震橋梁の応答軌跡¹⁾

3. 解析結果

はじめに無継手構造管路(ケース 1)の解析を行った。その結果, 過大な軸変位が入力されると座屈モードの変形が生じ, 実際には固定部が損傷して管路が落下することが予測された。そこで, 橋梁上部構造への第 1 固定部に伸縮継手を付与した構造を考え, その伸縮性能を変化させて応答値を比較することとした(ケース 2~ケース 5)。

図-2 は, 75mm の伸縮継手を加えた管路(ケース 2)の最大ひずみ発生点(右端)の応答である。継手の伸縮長が少ないために, 管軸方向ひずみが増加している時点で座屈モードの曲げひずみの増加が見られる。レベル 2 地震動に対する鋼管の安全性照査ひずみを, 管の軸方向座屈試験の結果から $46t/D(\%)$ とする基準²⁾ があり, この式を適用すると, 本解析の対象管路では 2.17% が安全性照査基準となる。したがって, 75mm の伸縮継手では十

表-1 解析ケース

構造	No.	構造図(全長 2212mm)
一体構造	ケース 1	
伸縮継手構造	ケース 2	
	ケース 3	
	ケース 4	
	ケース 5	
	伸縮屈曲継手構造	ケース 6
ケース 7		

キーワード 免震橋梁, 添架管路, 大変形解析, FEM, DEM

連絡先 〒572-8508 大阪府寝屋川市池田中町 17 番 8 号 摂南大学理工学部都市環境工学科 TEL 072-839-9118

分に安全ではない。

図-3 に示すように、150mm 伸縮継手(ケース 4)を用いると、同じ位置でのひずみの応答には軸方向圧縮の影響が無く、入力変位の周波数に応じた曲げ振動が生じている。軸ひずみ、曲げひずみの最大値はともに 1%未満で安全照査基準の 2.17%を下回っており、伸縮継手によるひずみ低減効果が発現している。このように、橋梁添架管路の当該部分については、第 1 固定部に十分な伸縮長を有する伸縮継手を配置することで座屈モードでの変形が抑止され、管体ひずみの低減効果が得られることが明らかとなった。

一方、免震構造ビルに接続される配管系では、可とう継手を配置して、曲げ変形性能の向上が図られている。そこで、伸縮継手に加えて曲げ可とう性のある継手を配置した場合の効果について検討した。図-4 に示すように、ケース 6 の全伸縮継手に右端ヒンジを加えた場合には、管中央部での曲げひずみが低減されており、可とう継手の効果が現れている。固定端側の軸ひずみは、全伸縮継手(ケース 5)の場合と差は無いが、固定側での曲げひずみが 0.6%であり、可とう継手を配置することにより、さらなるひずみ低減効果が得られた。図-5 は、全伸縮継手に両端ヒンジを加えた場合(ケース 7)であるが、全伸縮継手右端ヒンジ管路(ケース 6)と比較すると、管路中央の曲げひずみが逆に増大している。

したがって、両端をヒンジとした場合には、曲げ方向への変形拘束が少なくなる分、逆に管路中央部での変位が増大することが考えられる。このことは、変形の自由度を高めすぎると、固有の曲げ振動が生じやすくなり、管路の支持スパン中央部での変位が増大する可能性を示唆している。

4. 結論

本研究で用いた FEM-DEM 解析法は、免震構造橋梁に添架される管路系の大変形解析に有効な解析法であると考えられる。橋台から第 1 固定部に伸縮継手を配置することにより、管路の座屈モードの変形が抑止され、管体ひずみの低減効果が得られる。また、可とう継手については、第 1 固定部にのみ配置することで管路の曲げ変形が抑制されるが、橋台接続部と第 1 固定部の両方に配置すると、管路中央部の曲げ変形が逆に増大可能性があり、対策を検討する上で注意を要する。今後は、ねじ継手など破損・分離の生じる管路への本解析法の適用を目差し、また実規模実験との比較検証を進める所存である。

参考文献

- 1) 田中宏司, 鈴木崇伸, 岩田克司, 山崎泰司: 通信管路の免震橋梁への添加方法に関する研究, 土木学会地震工学論文集第30巻PP737~747, 2009
- 2) 日本水道協会: 水道施設耐震工法指針・解説 1997年版

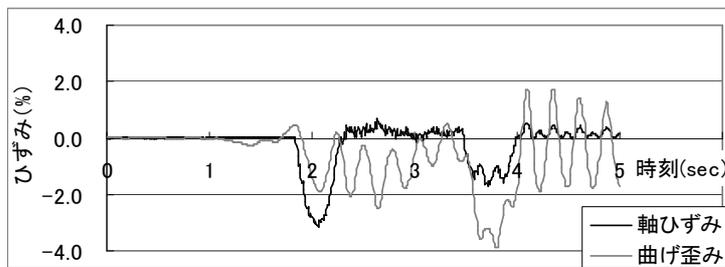


図-2 75mm伸縮継手管路の右端ひずみ

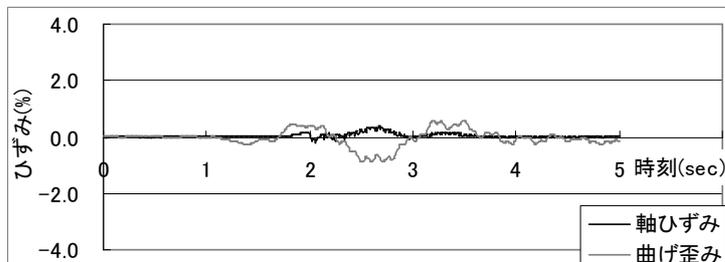


図-3 150mm伸縮継手管路の右端ひずみ

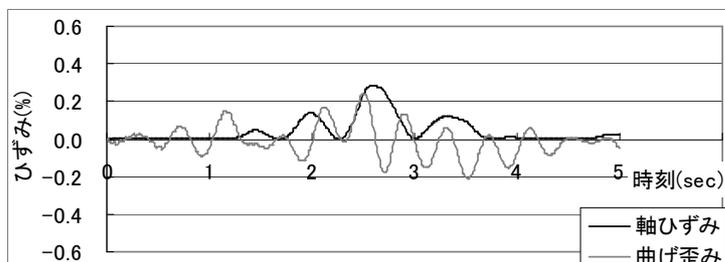


図-4 全伸縮継手右端ヒンジ管路の中央ひずみ

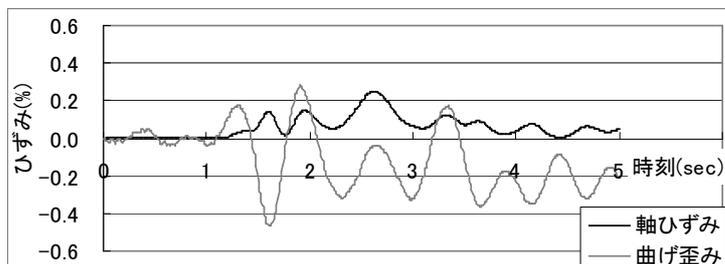


図-5 全伸縮継手両端ヒンジ管路の中央ひずみ