

管橋-埋設管路系の三次元自由振動解析

神戸大学工学部 高田至郎
三井造船 荒谷明伸
五洋建設 ○島内 理

1.はじめに：宮城県沖地震による水管橋の被害を踏査した結果，地震力を受ける管橋は，橋軸および直交方向の連成振動を受ける事，管橋ジョイントは有効に地震力を吸収する事，アバット・ピアの高い水管橋ほどジョイント伸縮部の変形量が大きくなる事，ジョイント伸縮の最大値は空中架設管端部に生じ，被害は空中管と地中管の接合部およびアバット部に多く発生している事，などが知られた．上記被害状況は，管橋の動的解析では，空中部と埋設管部を一体として3次元的に取り扱う必要を示唆している．本文下は，管橋の3次元自由振動解析の定式化と数値計算結果について述べる．

2. 自由振動解析：Fig. 1に示す現実の管橋をもとに，Fig. 2のようなモデル化を行なった．本モデルは105のはり要素と各はり要素の質量を代表させた78の質点，地盤ばね，リングサポート，ゴム支持台より構成されている．また，構造様式および管路方向によって15のブロックに分割している．各ブロックにおけるモデル化の仮定・手法は次の通りである．i) 端部①，⑤，⑥，⑦，⑧はいずれも固定端である．ii) ブロックNo. 1とNo. 12は埋設管を弾性床土の上のはりに見なしにものである．iii) ブロックNo. 2, 3, 4, 9, 10, 11は，コンクリートカルバートによって管が保護されている部分で，その支点部において管軸まわりの回転と管軸方向の変位のみを許す連続ばりに見なす．iv) 橋脚部と空中管部の接合点②，③，④は伸縮ばねも回転ばねでモデル化する．v) 橋脚部は2本の鋼管杭であるが，1本の等価断面ばりに置換し，Changの式を適用して脚長を決定した．橋頭部は橋軸方向に自由，直交方向には固定としている．

Fig. 3に管体集中質量のモデル化と断面力を示している．また，Figs. 4, 5, 6には地中管路部，コンクリートカルバート部，リングサポート部におけるそれぞれのモデル化を示している．

解析は伝達マトリックス法を用いて行

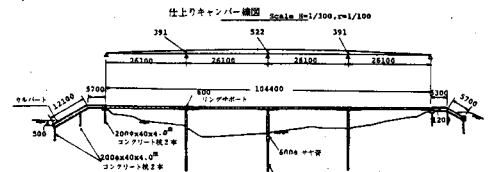


Fig. 3.1 (a) 竹田橋ガス管橋の正面図

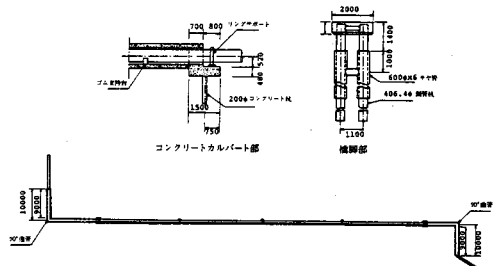


Fig. 1 竹田橋ガス管橋の平面図

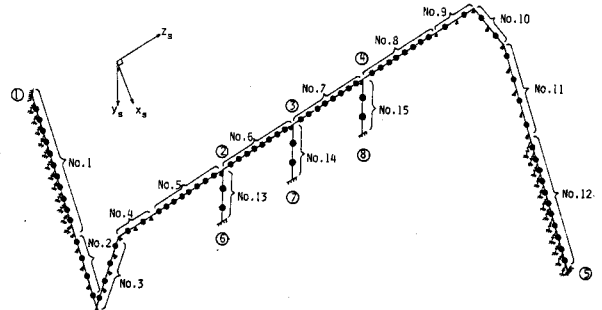


Fig. 2 竹田橋ガス管橋のモデル化

Shirō TAKADA, Akinobu ARATANI, Satoru SHIMAUCHI

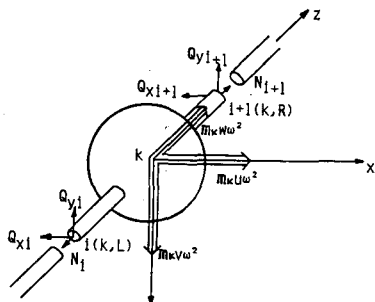


Fig. 3: 管体集中質量と断面力

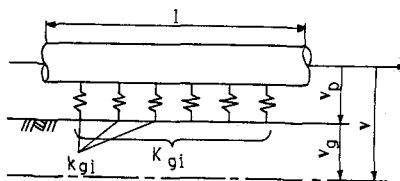


Fig. 4: 地中管路のモデル化

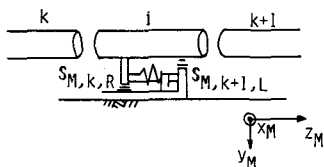


Fig. 5: コンクリートカルバートでの管体支持モデル

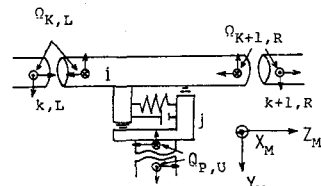


Fig. 6: リングサポートのモデル化

なっている。その際、数値計算の精度を確保するために、

倍精度計算、無次元化、逐次代入法による伝達量の置き換えを行った。

3. 数値計算結果: Fig. 2 で示したモデルで、ブロック No. 5, 6, 7, 8 および 13, 14, 15 で構成される空中管橋部のみで自由振動解析を行った結果を Fig. 7 に示した。1 次固有振動数 (1.82 Hz) に対する変位・せん断力・曲げモーメントのモードを示したものである。橋脚との接合部および固定部でせん断力は大きな値となり、曲げモーメントはスパン中央および固定部で大きくなる。Fig. 2 の全体系についての結果は Figs. 8, 9 に示している。

Fig. 8 は、振動数と固有値を求めるべき行列式の値との関係を示したものである。同図 (a) に見るように、1 rad/sec 刻みで振動数を増加しても行列式の値がゼロを横切る位置は発見できない。しかし、(b) 図のように極端に振動数ステップを小さくすると固有振動数が見つかる。固有振動数の低い空中部 (1.82 Hz) と極端に高い埋設管部 (49.0 Hz) を組み合わせて全体系の固有振動数を求める場合は十分な注意を要する。全体系では 1.86 Hz となり管橋部のみとほとんど同じである。Fig. 9 に見るように、全体系の解析では管橋部のみのモードと異なり、せん断力・曲げモーメントは、管橋中央部ではなく、埋設管部と管橋の接合部で最大となっている。

(1) 浦田建設工学研究所報告, No. 4/1982

Fig. 8: 管橋-埋設管路系の固有円振動数

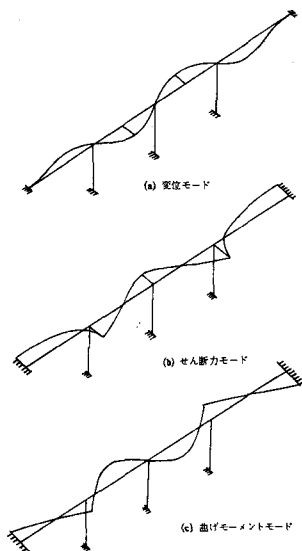


Fig. 7: 管橋部の 1 次振動モード

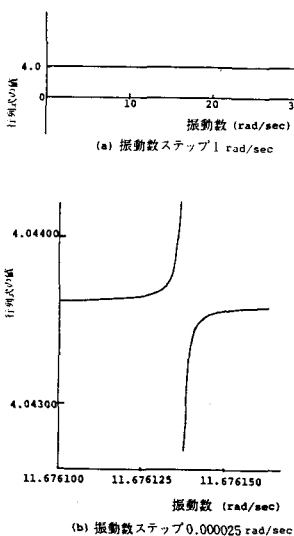


Fig. 8: 管橋-埋設管路系の固有円振動数

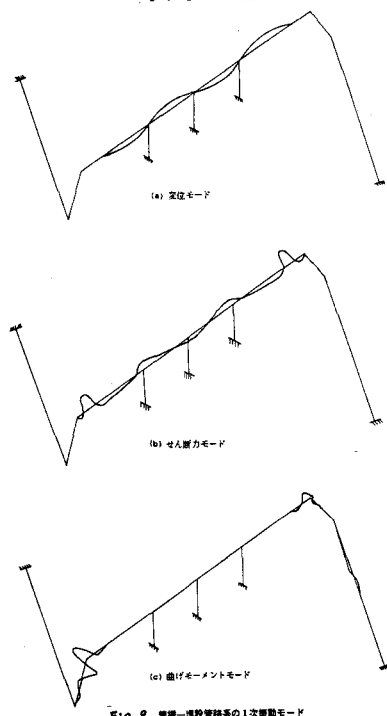


Fig. 9: 管橋-埋設管路系の 1 次振動モード