

八戸市下長地区に於ける耐震ダクタイル管路の地震時の挙動観測

八戸市水道部

小輕米 松太郎

久保田鉄工(株)

北条貞宗

同上

若井伸彦

1. はじめに

昭和50年5月施工の八戸市白山浄水場系配水管路は耐震設計に基づいて敷設されている。この管路の安全性の確認と耐震研究の資料を得るために、同年より図1に示す幹線観測所・白山浄水場内観測所の2か所でS形耐震ダクタイル管路の挙動を観測し、昭和47年よりの沢里観測所に於けるK形ダクタイル管路の観測結果とともに、これまで報告を行なってきた。^{1, 2, 3)} そして昭和52年8月より新たに同市下長地区のØ1000S形ダクタイル管路に観測所を設けて観測を

図1 地震観測所の設置位置

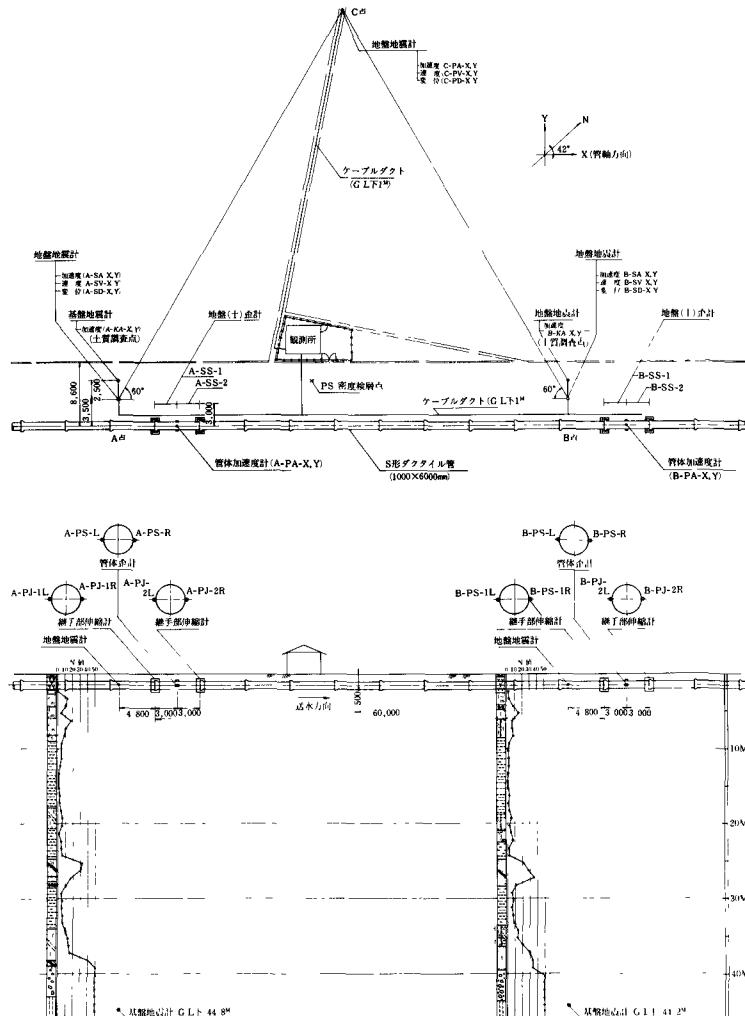
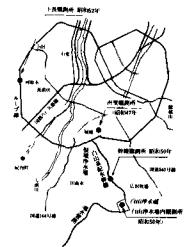


図2 下長観測所

開始した。この地点の地盤は層厚約40mの典型的な軟弱地盤である。本報告は下長観測所の観測体制を紹介し、宮城県沖地震を含む波形の分析の一部を報告する。

2 観測装置及び地質について

下長観測所は管路上60m離れた2点をA、B 2測点とし、更にABを一辺とする正三角形の頂点にC測点を設定した。このA・B・C 3測点で水平2方向の地盤の加速度・速度・変位を測定し、またA・B 2測点下の基盤内の水平2方向の加速度を測定して地盤の動きを立体的に調べられるようにしたのが特徴である。観測用ピックアップを図2に示す。地盤については、A・B・C 3測点に地震計（加速度・速度・変位；X・Y 2方向）、A・B 2測点に地盤歪計（各2点）とその地表面下約45mに地震計（加速度；X・Y 2方向）を設置し、また管路についてはA・B 2測点に管体加速度計（X・Y 2方向）、管体歪計（左・右）、継手部伸縮計（各4点）を設置しており、総数42チャンネルの多点同時測定で無停電装置を備えている。また地質は図中に示すように地表面より、表土・腐蝕土（～2.5m）・細砂（～9m）・シルト（～1.8m）・細砂（～2.0m）・シルト（～2.5m）・粗砂（～2.8m）・砂質シルト（～3.4m）・細砂（～4.0m）・砂レキ（～4.3m）・砂岩となっており、腐蝕土層及び軟質の砂層・シルト層からなる平均N値7の典型的な軟弱地盤とみることができる。尚、当地盤の支持層（基盤）は地表面下40mの位置にあるものと思われる。

| NO | 地盤切入高さ （公尺） | 地盤切入高さ X方向 | 震源場所 | 震源深度 （公尺） | 震源地 | 震源深度 （公尺） | 震源地 | 震源深度 （公尺） | 震源地 | |
|----|----------------|---------------|-------|--------------|-----|-------------------|-----|--------------|-----|-------|
| 1 | 2.8 | 2.7 | 青森県東方 | 1977.6.25 | 5 | 141.57 E 40°55' N | 4.3 | 50 | II | 59.8 |
| 2 | 4.2 | 4.0 | 福島沖 | 1977.1.17 | 17 | 142.15 E 41°55' N | 3.9 | 120 | 0 | 188.5 |
| 3 | 7.2 | 5.5 | 中磐井方面 | 1978.3.7 | 7 | 137.44 E 32°00' N | — | 440 | 0 | 992.0 |
| 4 | 5.4 | 3.3 | 福島沖 | 1978.2.28 | 13 | 142.00 E 38°45' N | 5 | 60 | I | 203.6 |
| 5 | 5.4 | 4.7 | 福島沖 | 1978.1.20 | 20 | 142.46 E 42°21' N | 5.5 | 80 | II | 229.7 |
| 6 | 4.8 | 4.9 | 木曽川河口 | 1978.3.23 | 23 | 149.25 E 44°48' N | 7 | 60 | I | 804.9 |
| 7 | 8.3 | 9.8 | エトワ島西 | 1978.3.25 | 25 | 149.48 E 44°20' N | 7.3 | 40 | I | 805.1 |
| 8 | 27.8 | 14.9 | 東北東方 | 1978.4.5 | 5 | 144.26 E 39°42' N | 5.5 | 60 | II | 299.1 |
| 9 | 6.9 | 6.1 | 福島沖 | 1978.4.26 | 10 | 142.34 E 42°32' N | 4.6 | 50 | I | 144.9 |
| 10 | 15.8 | 7.8 | 東北東方 | 1978.5.23 | 10 | 141.54 E 40°10' N | 4.4 | 100 | I | 55.1 |
| 11 | 4.4 | 4.2 | 三崎沖 | 1978.5.15 | 15 | 142.26 E 40°08' N | 5 | 30 | II | 98.8 |
| 12 | 52.8 | 54.7 | 青森県東方 | 1978.6.28 | 16 | 141.28 E 40°37' N | 5.8 | 10 | III | 45.1 |
| 13 | 48.6 | 36.4 | 青森県東方 | 1978.7.13 | 23 | 141.27 E 40°56' N | 5.8 | 10 | III | 44.1 |
| 14 | 7.0 | 4.5 | 青森県東方 | 1978.7.23 | 23 | 142.32 E 40°47' N | 5.0 | 30 | I | 94.5 |
| 15 | 4.7 | 6.3 | 福島沖 | 1978.8.5 | 24 | 144.52 E 40°30' N | 5.5 | 70 | I | 358.5 |
| 16 | 125.1 | 178.8 | 福島沖 | 1978.6.12 | 14 | 142.10 E 38°28' N | 7.4 | 40 | N | 272.0 |
| 17 | 14.8 | 20.5 | 福島沖 | 1978.6.14 | 14 | 142.29 E 40°21' N | 6.3 | 40 | II | 258.1 |
| 18 | 5.9 | 5.9 | 福島沖 | 1978.6.21 | 21 | 142.00 E 38°15' N | 5.8 | 50 | I | 257.7 |

表1. 観測地震一覧表

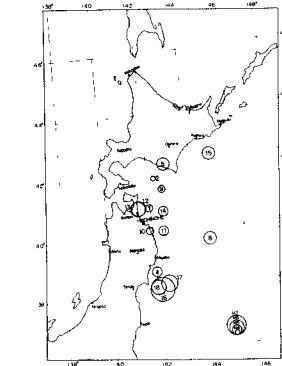


図3 観測地震の震源分布図

3 観測記録

昭和52年8月より昭和53年6月までに記録が得られた地震の一覧表及びその震源分布図を表1・図3に示す。最大の記録はM6.16の宮城県沖地震（1978年6月12日17時14分）であり地盤の最大加速度は179gaelであった。M6.16及びM6.17のA点・X方向の波形を図4に示す。各記号は図2に於けるピックアップと対応する。以下主としてM6.16の波形の分析結果について述べる。

4 卓越周期

図5に図4の地盤加速度のパワースペクトルを示す。スタータ作動後①0～20sec ②20～40sec ③37～57sec の各々について卓越周期が異っている。（但し、0～20secの波形は紙面の都合上割愛した。）また57sec以降も③と同じスペクトルの波形が継続していた。周期を比較すると、①では0.5、1.0sec付近、②では0.7sec付近、③では1.3sec付近が卓越している。またM6.12・M6.13の比較的大きい地震でも同様な周期の変化が観測されている。同位置、同方向の常時微動計測結果は図6のものであり、卓越周期は1.1secであつた。

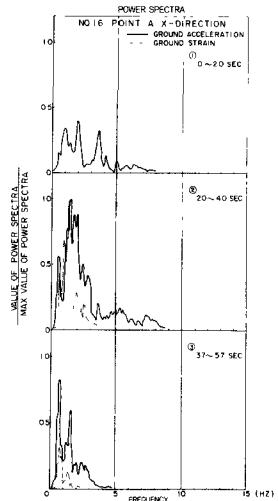


図5 地盤加速度と地盤歪のパワースペクトル（M6.16）

た。また重複反射理論 ($T_G = 4 H/V$; V は PS 検層値である。) で計算すると $T_G = 1.0 \text{ sec}$ となる。一方 No. 17 の震度 II の地盤加速度 (最大 20.5 gal) のパワースペクトルは図 7 の如く 1.1 sec の卓越周期をもち、常時微動・重複反射理論値ともに近似の値となる。また No. 16 の③の卓越周期もこれらと近い値を示すが、やや長い周期となっている。

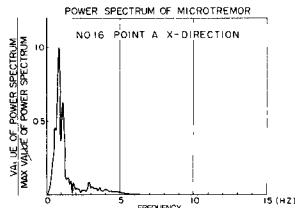


図 6 常時微動のパワースペクトル

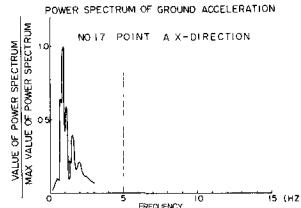


図 7 地盤加速度のパワースペクトル
(No. 17)

5. 地盤歪について

図 5 では地盤加速度と共に地盤歪のパワースペクトルも示しているが、両者の周期はよく一致している。(0 ~ 20 sec については、波形の読み取り誤差が大きい為省略する。) 地盤歪と地盤速度を同一時間で読み取りプロットすると図 8 の如くであった。これより地盤速度と地盤歪の比例関係が推測される。また A・B・C 点の波形より各点間の位相差が観測されているが報告は今後に譲りたい。

6. 地盤と管路の挙動について

図 4 の No. 16 の波形では継手の伸縮の挙動が非常に顕著である。また、地盤歪・管体歪・継手伸縮量の波形は位相がよく一致している。地盤歪・管体歪・継手伸縮量の波形のパワースペクトルをとると、図 9 のようになり同一の周期であることが判る。またこの三者の同一時間の平均値をプロットしたものを図 10 に示す。管体歪は地盤歪より遙かに小さな値であり、地盤歪が大きな値をとっても $20 \mu\text{Strain}$ を越えていない。一方継手伸縮量は地盤歪の値に比例して増加している。これらのことより、地盤の歪によって管路に与えられる力の殆んどは継手の伸縮によって逃がされ、管体歪はわずかしか発生しないことが確認された。これらのこととは幹線観測所の同地震際も同じ傾向がみられた。¹⁾ 但し地盤歪は当観測所の方がかなり大きかった。

7.まとめ

下長観測所の観測体制と 2・3 の分析について述べた。今回報告した分析結果をまとめると次の通りである。

(1) 大きな地震 (震度 III・IV) の卓越周期は時間帯によって明らかに変化がみられ、最大振幅以降の波形の卓越周期は常時微動値よりやや長い値となる。

(2) 小さな地震 (震度 II) の卓越周期は、常時微動値及び重複反射理論の計算値とよく一致する。

(3) 地盤歪の周期は管路の挙動と同一であり、歪量は地盤速度と比例する傾向がある。

(4) 地盤歪・管体歪・継手伸縮量の波形は位相と卓越周期がよく一致し、地盤歪により管路に与えられる力を殆んど継手部で逃がしている。

尚、今後当観測所の観測データを集積し、耐震研究を進めてゆきたい。

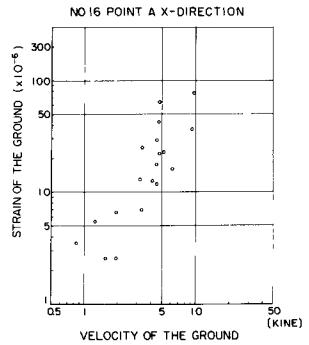


図 8 地盤速度の地盤歪の関係
(No. 16)

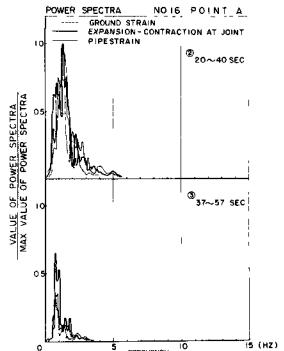


図 9 地盤歪・管体歪・継手伸縮量波形のパワースペクトル
(No. 16)

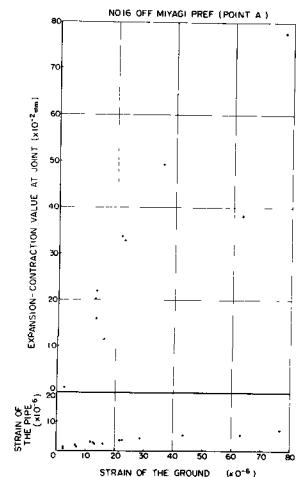


図 10 地盤歪と管体歪・継手伸縮量の関係
(No. 16)

参考文献

1) 小軽米、北条、岩本「八戸市白山浄水場系配水幹線の耐震ダクトイル管路の地震時挙動観測」

1978年11月 第5回地震工学シンポジウム

2) 小軽米、北条、桜井「八戸市白山浄水場内配管に於ける耐震ダクトイル管路の地震時の挙動」

1978年11月 第5回地震工学シンポジウム

3) 小軽米、大沢「埋設管路の地震時挙動測定」 1979年5月 第30回全国水道研究発表会

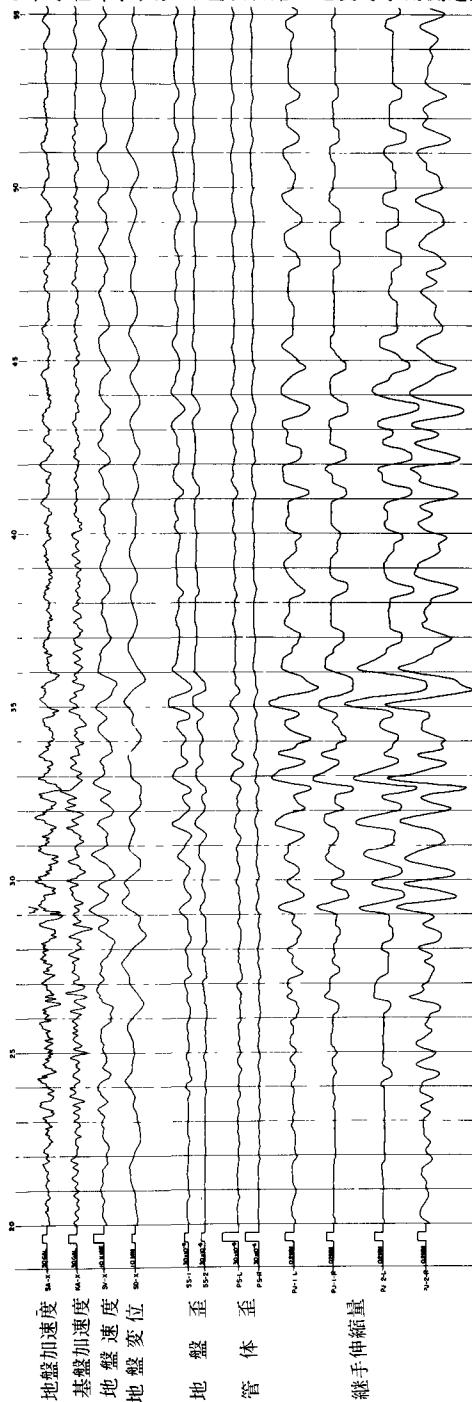


図 4-1 観測波形の一例

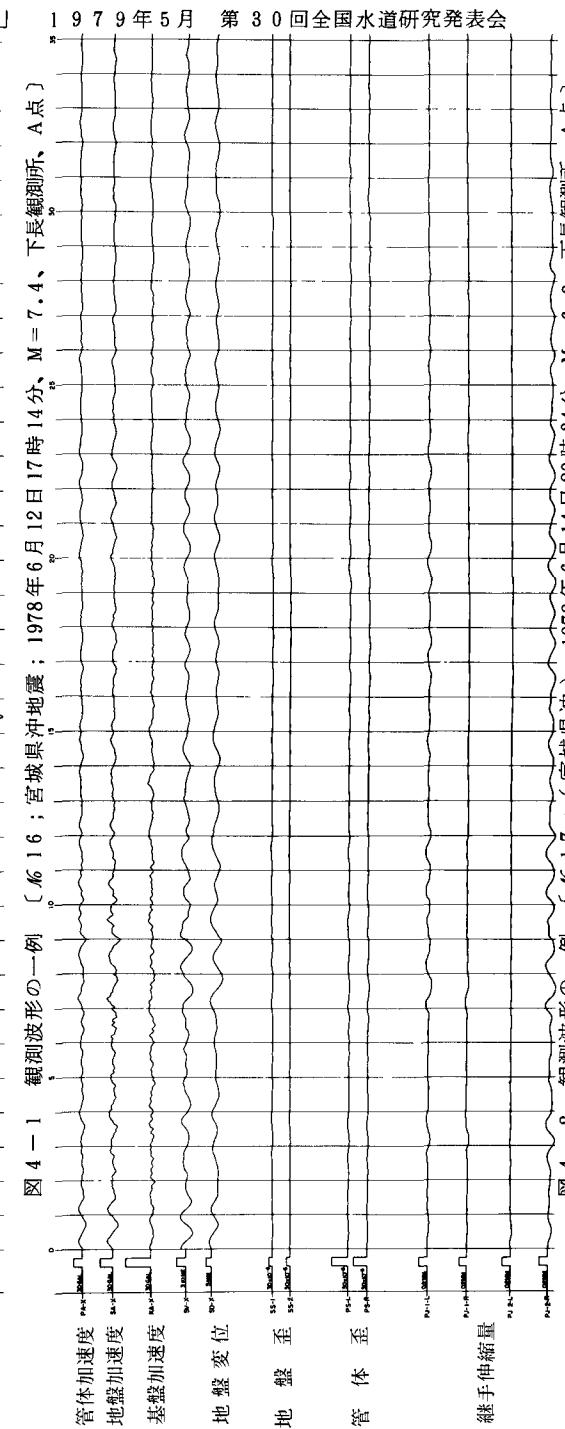


図 4-2 観測波形の一例