

専修大学道短大 正員 金子 孝吉  
 若園建設 正員 若園 英隆

1. はじめに

1993年1月15日釧路市は震度6という烈震に見舞われた。道東の中核都市釧路市では電話、ガス、水道、電気、下水道などのライフラインの被害は甚大なもので、その調査結果はすでに関係者により貴重な報告として発表なされている<sup>1), 2)</sup>。中でも都市機能において重要な下水道の被害は多大なものとなった。地震により下水道が各所で移動し、破壊したわけであるが、その下水道施設の上下、水平の方向への移動変位量が綿密に調べられた。今回その変位量のデータを分析してみると予測されたとおりの地震動の方向性が明確に現れたのでここに報告する。

2. 釧路沖地震による下水道施設災害

釧路沖地震は午後8時6分、北緯42.89° 東経144.37°、震源の深さは107kmで、マグニチュード7.8という大地震であった<sup>1)</sup>。この地震の最大震度は釧路で6の烈震を記録し、帯広、広尾、浦河で震度5を記録し、その他広範囲に強い震度を示した。図-1は釧路市内の震度分布を示したもので現地聞き取り調査によるものである。図の中央部釧路川から東へ旧釧路川方面への低地沖積層および高地との境界付近で震度が高いことを示している。

この地震により北海道東部は大きな被害を被り、道東の釧路市の被害は甚大であった。現在の都市機能は複雑かつ有機的につながっている。

特に、都市機能において重要な下水道の被害は図中の示したA~Fの地域で大きく、12億を越えるものであった。

釧路市では平成4年度末における下水道施設は処理場3、ポンプ場9、管渠総延長は947.5kmであった。

地震による処理場、ポンプ場における被害としては建物等の伸縮部の破損と構内の地盤沈下が主であったが、処理および送水機能に影響はなかった。これに対し、管渠施設では延べ延長7,744mに及ぶ被害が発生している。被害の形態としては蛇行、屈折、継手破損が主なものであった。釧路市役所下水道部は地震の影響による下水道の変位を克明に調査している。ここでは、釧路沖地震が釧路市内の下水道に及ぼした影響を調べるため、特に変位量と変位方向を求めてみた。

データは代表的な47ヶ所の被害箇所であるが、表-1はそれぞれの方位変位一覧表であり、管径、管種、管の布設方位、変位を示したものである。変位量はmmの単位である。各下水道管の布設方位とその方向を向いて左右に移動した変位量が示されている。したがって、NNW-SSEで右20、左90ということはENE方向(右)に20mm、WSW方向(左)に90mm移動したことを示している。通覧すると、垂直変位が卓越してお



図-1 釧路市内の震度分布

(現地調査および聞き取り調査による)

り、しかも上方への浮き上がりがほとんどである。これに対して水平変位はそれぞれ小さな値となっている。まず、ここではこれを地域的な見方で次の6ブロックに分けてみた。

Aブロック：釧路東部の西側斜面に位置する  
釧路段丘 番号 1,13,28,29,30,31,32,33

Bブロック：釧路東部の東側斜面に位置する  
釧路段丘 番号 2,3,11,14,23,24,25,26

Cブロック：釧路南部の南側斜面に位置する  
釧路段丘 番号 4,5,25,34

Dブロック：旧釧路川流域、釧路平原  
番号 19,20,21,22

Eブロック：釧路市北部、釧路平原  
番号 6,12,15,16,37,39,40,42,  
43,44,45,46,47

Fブロック：釧路市西部、釧路平原  
番号 8,9,10,35,36

その他：釧路市南部、港湾地域から西方への  
海岸沖積世地等 番号 7,17,18,38,41

ここに、A、B、Cは洪積世の釧路層群 (clay, gravel, sand) でD、E、Fは海岸沖積世地、氷河期による海水面の低下とその後の海進等の入海による堆積物でできたオボレ谷 (drowned valley) である。

### 3. 下水道管の変位量の分析

まず、布設方位と水平・垂直の変位量の図を描かせてみた。図-2はその一例で調査番号1、2、3の場合の図である。変位量の大小によりそのまま比較することはできないが、下水管の移動状況を見ることができる。

その中からそれぞれ布設方位と直角な方位について整理し、平均の変位量を各ブロックごとに示したものが表-2である。A、Bとその他の一部は震度6で、CからFまでは震度5の地域である。それぞれ変位した方向がEW方位より北側(1、2象限)にあるものと南側(3、4象限)にあるものに分けて示してある。下水管が全ての方位に布設されているわけではないので、データが入っていない箇所がある。ただ、NS方向の場合は右

表-1 下水道管渠の布設方位および変位量

| 番号 | 管材    | 管径      | 管種          | 方位  | 水平変位 |     |     | 垂直変位 |     |
|----|-------|---------|-------------|-----|------|-----|-----|------|-----|
|    |       |         |             |     | 右    | 左   | 上   | 下    |     |
| 1  | 汚水    | 250     | B-1         | NNW | SSE  | 20  | 90  | 55   | 123 |
| 2  | 汚水    | 250     | A-1         | W   | E    | 200 | 150 | 980  | 230 |
| 3  | 汚水・雨水 | 250*900 | A-1.2*B-1.2 | WNW | ESE  | 45  | 44  | 755  | 216 |
| 4  | 雨水    | 500     | B-1         | N   | S    |     |     |      |     |
| 5  | 汚水    | 250     | A-1         | NNE | SSW  | 15  | 50  | 910  | 32  |
| 6  | 汚水    | 250     | 塩ビ          | NNE | SSW  | 30  | 17  | 868  | 19  |
| 7  | 汚水    | 350*450 | A-1         | NW  | SE   |     |     |      |     |
| 8  | 汚水    | 200     | 塩ビ          | NNE | SSW  | 0   | 10  | 261  | 28  |
| 9  | 汚水    | 200     | 塩ビ          | NW  | SE   | 62  | 82  | 463  | 29  |
| 10 | 汚水    | 200     | 塩ビ          | NW  | SE   | 108 | 154 | 607  | 15  |
| 11 | 汚水    | 250     | A-1         | NNE | SSW  | 30  | 22  | 347  | 14  |
| 12 | 汚水    | 250     | 塩ビ          | WNW | ESE  |     |     |      |     |
| 13 | 汚水    | 250     | B-2         | NNW | SSE  | 50  | 55  | 687  | 47  |
| 14 | 雨水・汚水 | 300*300 | 塩ビ(A-1)     | NNE | SSW  |     |     |      |     |
| 15 | 汚水    | 250     | B-1         | NE  | SW   | 78  | 70  | 243  | 85  |
| 16 | 汚水    | 250     | 小口径埋設管      | WNW | ESE  |     |     |      |     |
| 17 | 汚水    | 250     | A-1         | NW  | SE   | 140 | 130 | 1020 | 0   |
| 18 | 汚水    | 250     | A-1         | NE  | SW   | 10  | 130 | 460  | 50  |
| 19 | 汚水    | 250     | A-1         | W   | E    | 120 | 50  | 1346 | 0   |
| 20 | 汚水    | 250     | B-1         | NNE | SSW  | 38  | 76  | 662  | 9   |
| 21 | 汚水    | 450     | B-1.2       | NNE | SSW  | 25  | 50  | 396  | 178 |
| 22 | 汚水    | 250     | A-1         | WNW | ESE  | 20  | 8   | 507  | 2   |
| 23 | 汚水    | 200*250 | 塩ビ(B-1)     | WNW | ESE  | 40  | 20  | 521  | 18  |
| 24 | 汚水    | 250     | A-1         | WNW | ESE  | 80  | 55  | 665  | 64  |
| 25 | 汚水    | 250     | A-1         | WNW | ESE  | 47  | 2   | 550  | 39  |
| 26 | 汚水    | 250     | A-1         | NNE | SSW  | 25  | 0   | 340  | 10  |
| 27 | 汚水    | 250     | 塩ビ          | NE  | SW   | 0   | 46  | 36   | 511 |
| 28 | 汚水    | 250     | A-1         | N   | S    | 4   | 0   | 874  | 87  |
| 29 | 汚水    | 250     | A-1.2       | NNE | SSW  | 12  | 10  | 650  | 0   |
| 30 | 汚水    | 250     | A-1         | NNE | SSW  |     |     |      |     |
| 31 | 汚水    | 250     | A-1         | N   | S    | 8   | 60  | 350  | 9   |
| 32 | 汚水    | 450*900 | B-1*G-1     | WNW | ESE  | 12  | 20  | 347  | 14  |
| 33 | 汚水    | 250     | A-1         | W   | E    | 45  | 35  | 210  | 40  |
| 34 | 汚水    | 250     | A-1         | WNW | ESE  | 0   | 4   | 470  | 10  |
| 35 | 汚水    | 200     | 塩ビ          | NE  | SW   | 72  | 0   | 214  | 0   |
| 36 | 汚水    | 250     | 塩ビ          | NW  | SE   | 80  | 88  | 89   | 96  |
| 37 | 汚水    | 250     | B-1         | NE  | SW   | 10  | 13  | 339  | 19  |
| 38 | 汚水    | 250     | A-1         | WNW | ESE  | 35  | 70  | 368  | 46  |
| 39 | 汚水    | 250     | A-2         | NE  | SW   | 10  | 120 | 1161 | 0   |
| 40 | 汚水    | 200     | 塩ビ          | NW  | SE   | 135 | 20  | 300  | 0   |
| 41 | 汚水    | 200     | A-1         | NW  | SE   | 36  | 10  | 445  | 36  |
| 42 | 汚水    | 800*900 | B-1         | NW  | SE   | 54  | 40  | 415  | 48  |
| 43 | 汚水    | 250     | B-1         | NW  | SE   | 50  | 100 | 20   | 230 |
| 44 | 汚水    | 250     | B-1.2       | NE  | SW   | 50  | 68  | 257  | 122 |
| 45 | 汚水    | 250     | B-1         | NW  | SE   | 50  | 10  | 0    | 120 |
| 46 | 汚水    | 250     | B-1         | NE  | SW   | 10  | 40  | 0    | 192 |
| 47 | 汚水    | 250     | 塩ビ          | NW  | SE   | 28  | 22  | 823  | 67  |

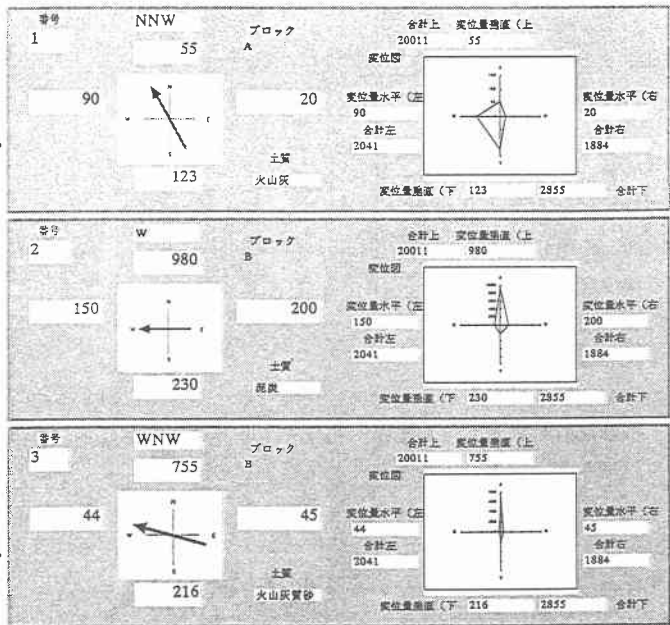


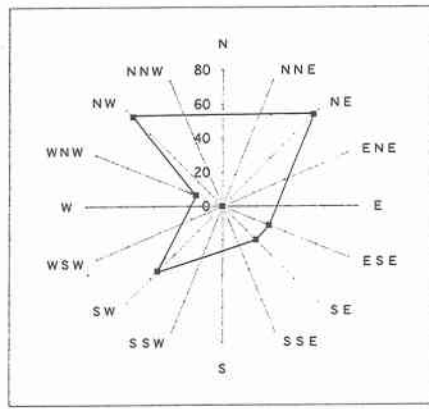
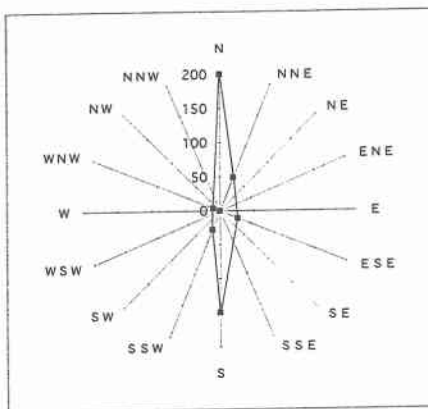
図-2 下水道管の布設方位と水平垂直変位図

表-2 各方位ごとに分類した平均の水平変位量

| 方位  | A     |    | B     |     | C    |    | D    |    | E    |    | F    |     | その他  |    | 各ブロックの平均 |    |
|-----|-------|----|-------|-----|------|----|------|----|------|----|------|-----|------|----|----------|----|
|     | 震度 VI |    | 震度 VI |     | 震度 V |    | 震度 V |    | 震度 V |    | 震度 V |     | 震度 V |    |          |    |
|     | 北側    | 南側 | 北側    | 南側  | 北側   | 南側 | 北側   | 南側 | 北側   | 南側 | 北側   | 南側  | 北側   | 南側 | 北側       | 南側 |
| W   | 6     | 30 | —     | —   | —    | —  | —    | —  | —    | —  | —    | —   | —    | —  | 6        | 30 |
| WNW | 10    | 12 | 11    | 28  | 50   | 15 | 63   | 32 | 17   | 30 | 10   | 0   | —    | —  | 27       | 20 |
| NW  | —     | —  | —     | —   | 46   | 0  | —    | —  | 74   | 28 | 0    | 72  | —    | —  | 40       | 33 |
| NNW | —     | —  | —     | —   | —    | —  | —    | —  | —    | —  | —    | —   | —    | —  | —        | —  |
| N   | 45    | 36 | 200   | 150 | —    | —  | 120  | 50 | —    | —  | —    | —   | —    | —  | 122      | 78 |
| NNE | 12    | 20 | 53    | 30  | 0    | 4  | 20   | 8  | —    | —  | —    | —   | 35   | 70 | 24       | 26 |
| NE  | —     | —  | —     | —   | —    | —  | —    | —  | 76   | 54 | 83   | 108 | 36   | 10 | 65       | 57 |
| ENE | 35    | 73 | —     | —   | —    | —  | —    | —  | —    | —  | —    | —   | —    | —  | 35       | 73 |

(E方向)を北側、左(W方向)を南側とした。この表-2より、下水道管の変位量を16方位図にプロットしてみた。図-3は代表的な例としてB(a)とE(b)ブロックにおけるものである。

各ブロックともデータ数は少ないもののそれぞれ方向のはっきりしている場合(Bブロック)とそうでない場合(Eブロック)がみられる。さらに、図-4は地域全体をまとめた全ブロックの平均におけるそれぞれ16方位に対する水平変位量を表したものである。総じて言えることはA、B、およびDブロックのような釧路段丘地域と釧路平原地域との境界領域において方向性がはっきりと示されるような結果になっている。それはNS成分が極めて卓越していることで判る。これに対して他の釧路平原地域などではNSが優勢ではあるもの



(a) (b)  
図-3 各ブロックごとの16方位に対する平均水平変位図

の際だってはいない。 図-4 全地域の16方位に対する平均変位図

|     |     |
|-----|-----|
| N   | 122 |
| NNE | 24  |
| NE  | 65  |
| ENE | 35  |
| E   | 30  |
| ESE | 20  |
| SE  | 33  |
| SSE | 0   |
| S   | 78  |
| SSW | 26  |
| SW  | 57  |
| WSW | 73  |
| W   | 6   |
| WNW | 27  |
| NW  | 40  |
| NNW | 0   |

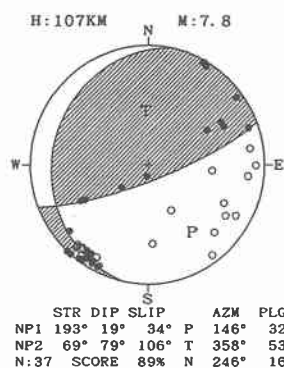
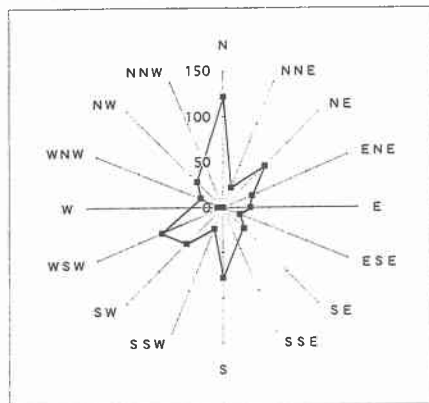


図-5 初動から決定されたメカニズム解(下半球投影)

それは管の布設方位がまんべんなく16方位に平均化していないため、優勢な変位を生じる方位があっても記録されていない場合があると推察できる。従ってなるべく多くのデータを平均した全ブロックの平均がやはり信用できることになる。したがって、釧路市各地の下水道管はNS方位に激しく振動したものと見なすことができる。したがって、釧路市における地盤の震動はNS成分が最も卓越したしていたことになる。

#### 4. 既に報告されている釧路沖地震の地震動の方向性

さて、この地震の破壊過程は太平洋プレート内で生じたほぼ水平な断層によることが示されている(橋田、1993.5)<sup>3)</sup>。発生メカニズム解は図-5のとおりで余震分布に対応するほぼ水平な節面を持つとともに、下

面に特徴的に見られる太平洋プレートの沈み込む方向に主張力軸（T軸）型である。さらに橋田は沈み込む方向にプレートを引き裂くように力が働き、水平の断層面に沿って上盤側が下盤側に対して相対的に南南東（SSE）側に変位する破壊であったと説明している。このことから北北西-南南東の方位に強く揺れる地震であってことになる。

また、釧路港に設置されているERS-G型強震計は地表で最大加速度469.3ガル（NS成分）を記録した<sup>1)</sup>。図-6は地表面の強震加速度波形である。上からEW、UD、NS成分波であるが、一見してNS成分が卓越していることが判る。これを速度、

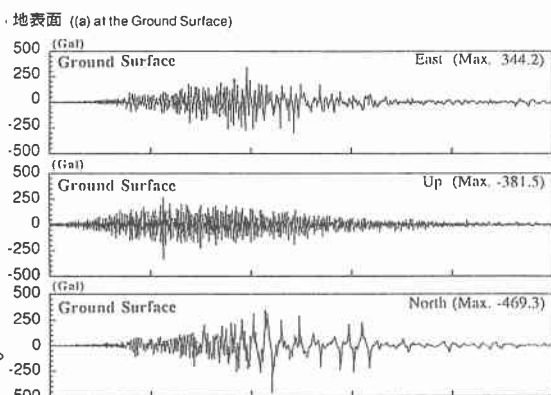


図-6 釧路港での強震加速度記録波形

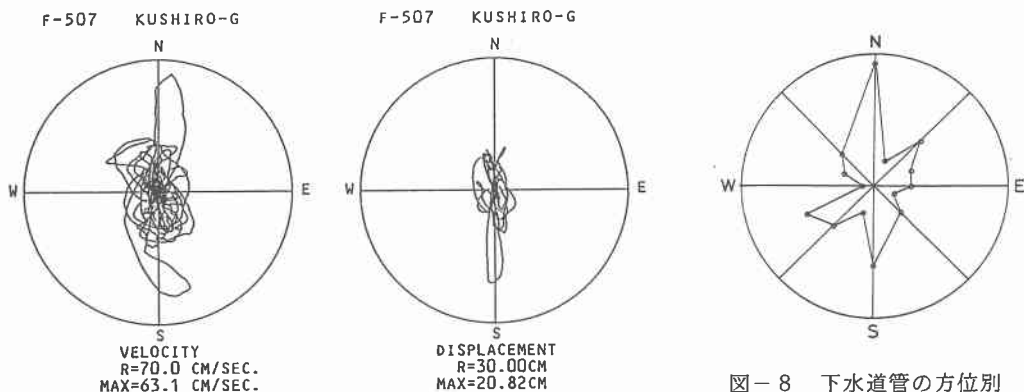


図-7 地震動の水平面内の軌跡

図-8 下水道管の方位別水平変位量

変位の記録に変換してもNS成分が卓越した地震であった。その速度および変位の地震動の軌跡図を描くと図-7のようになることが文献<sup>1)</sup>ですでに報告されている。これらのことは著者らが下水道管の変位量測定を方向性に焦点を置いて整理した結果（図-6）とよく一致するものであった。

### 5. おわりに

わずか2年の間に釧路市は2度も震度6という烈震を経験することになり、いずれもライフライン施設に大きな被害を受けている。とりわけ下水道施設の被害は最も大きいものであった。本研究は下水道管の布設の方位の違いにより変位量の大きな差が生じることに気づき、下水道管の被害の方向を分析した。その結果、地震動の方向性との関係が明確に表れることを指摘した。しかし、釧路市における地震動の特性を解明するには至っていない。1994年10月の東方沖地震における下水道施設の被害も甚大であり、そのデータを今後さらに分析し、ライフラインの防災に必要な資料を得たいと考えている。

なお、本研究のデータは釧路市役所下水道部下水道建設課専門員開沼静雄氏より提供されたもので多大なご協力を戴いたことに感謝致します。また、データ分析の作業に協力して戴いた専修大学北海道短期大学専攻科生櫻井一人君に感謝致します。

### 参考文献

- 1) 1993年地震災害調査委員会：「釧路沖地震・能登半島沖地震震害調査報告書」、社団法人土木学会、1994.6。
- 2) 壇 一男：「釧路気象台の地震記録に見られる地盤と建物の相互作用効果およびシミュレーション」、日本建築学会構造系論文集、第470号、p75-84、1995.4。
- 3) 橋田 俊彦：「地震および地震動の特徴と地盤変状、1.1地震の特徴」、地震工学振興会ニュース、No.130、p2-4、1993.5。