

I - B432 大地震による下水道被害調査から見た釧路市の地震動特性

若園建設 正員 若園 英隆  
 専修大学道短大 正員 金子 孝吉  
 釧路市 正員 梶 光貴

1. はじめに

釧路沖地震（1993年1月15日）および北海道東方沖地震（1994年10月4日）により釧路市ではライフラインの被害が大きく、中でも都市機能において重要な下水道の被害は甚大なものであった。釧路市ではその下水道施設の上下、水平の方向への移動変位量を綿密に調べている。この貴重な資料をもとに、2つの大地震により釧路市が受けた地震動を分析して見ることにする。地震動の条件に関しては、最大加速度、最大速度、最大変位、さらに継続時間、周期特性などいろいろな要因が考えられるが、ここでは地震動特性として、最大速度による強度の分析を行った。その結果、地震動強度 S I 値が両地震の別や地域別においても予測されたとおり異なった値を示すものであった。

2. 下水道管渠の変位量から推定される最大加速度と S I 値

釧路市内の釧路沖地震および北海道東方沖地震による震度は両地震とも釧路市内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その境界付近で震度が高くなっている。震度の高い地域の被害が大きいわけであるが、まず地質、地形の違いにより図-1に示すような7地域に分けて進めることにする。A・B・C・D地域は旧釧路川の東部の高地で洪積世の釧路層群、E・F・G地域は海岸沖積世地である。



図-1 釧路市の表層地質構造を考慮した地域図

下水道管渠の物理的被害は地震動強度の条件、地盤の条件および設備の条件が大きな要因となっている。地震動強度に関しては、実測された最大変位、強震計による加速度記録の最大値、周波数特性などがその判定材料になるが、高栖、鈴木らは埋設管被害を説明する地震動強度として最大速度の方が良いことを認め、S I 値と最大加速度とを比較しながら検討している<sup>1)</sup>。著者らは下水道管渠の変位量から推定される地震動強度として S I 値を基準にとり、釧路市の地域別地震動特性を検討した。水平変位および垂直変位の和をそれぞれ  $H_0$ 、 $V_0$  とし、移動方向を + と - に分けて添字とすれば、表-1 T および  $\beta$  の値  $H_0 = H_+ + H_-$ 、 $V_0 = V_+ + V_-$  になる。仮に水平と垂直ともに考慮した平方面積  $\alpha$  累乗で変位  $X_0$  を表すと

$$X_0 = (\sqrt[3]{H_0 \times V_0})^\alpha \dots \dots \dots (1)$$

になる。本来地震動は3次元の現象であり  $(\sqrt[3]{H_0^2 \times V_0})^\alpha$  を用いるべきであるが、地盤条件や設備の不確実さにより水平変位量の信頼性が低いためあえて式

Area	T sec	$\beta$
A	0.2-0.3	0.13
B	0.3-0.4	0.15
C	0.2-0.4	0.12
D	0.1-0.3	0.1
E	0.4-0.9	0.25
F	0.7-0.9	0.27
G	0.7-0.9	0.28

地震動強度、S I 値、 千085 釧路市千歳町1-27 TEL 0154-43-0111 FAX 0154-42-0011  
 釧路沖地震、 千079-01 美唄市美唄1610-1 TEL 01266-3-0251 FAX 01266-2-3666  
 北海道東方沖地震 千085 釧路市黒金町7-5 TEL 0154-23-5151

(1)を用いることにする。なおここでは $\alpha = 1$ とする。一般に正弦波動の変位 $X = X_D$ 、速度 $X = X_V$ 、加速度 $X = X_A$ の関係は次式になる。

$$X_D = X_0 \sin(\beta \omega t) \dots (2)$$

$$X_V = X_0 \beta \omega \cos(\beta \omega t) \dots (3)$$

$$X_A = -X_0 \beta^2 \omega^2 \sin(\beta \omega t) \dots (4)$$

ここに、 $\beta$ は設備の条件、地盤条件などを考慮した係数である。また、地震動の卓越周期 $T$ は $\omega = 2\pi/T$ なる関係にある。このときSI値として

$$X_{SI} = \beta \omega X_0 \dots (5)$$

を用いることにする。釧路沖地震の場合、高栖、鈴木は最大加速度記録 $X_A$ が得られた場合のSI値において $X_{SI} = 0.1223 X_A^{0.9612}$ を得ている。

### 3. 東方沖地震で見た最大加速度とSI値

釧路沖地震の教訓から釧路市において高密度共同強震動観測が開始され、北海道東方沖地震では多くの強震記録が取れて、(財)震災予防協会とESG研究委員会共同で公表された。この最大加速度記録から対応する地域ごとに最大変位量を誘導し、実測された下水道管渠の変位量と比較しながら等価な値になるように $\beta$ が決められた。また、地震動周期 $T$ は松岡、翠川<sup>2)</sup>による釧路市内の表層地盤における卓越周期を使用することにした。表-1は地域別の $T$ と $\beta$ の値である。この $T$ は常時微動観測から得た値で液状化現象などの非線形挙動を有する場合には適合しないことがあり、卓越周期に関しては同地域でも異なることがあるため、幅を持たせている。また $\beta$ は下水道管渠設備の不確かさ、液状化にともなう変位量の拡大などを考慮して地域ごとに変えてある。

さて、著者らは釧路沖、北海道東方沖の両地震について、各下水道管渠の変位量から式(5)を使用して、地域別に整理してSI値を求めてみた。図-2は釧路沖地震におけるSI値の例である。A、B、Cの丘陵地域であるが、測定場所によってSI値に大きな差がある。釧路沖地震47ヶ所、北海道東方沖地震79ヶ所の被害箇所全てについて最大加速度とSI値を求め、各地域別ごとに平均値を出して表-2に示すことにする。前述の高栖、鈴木らはSI値が20を越える位から埋設管に被害が表れることを示している。だとすれば、相対的にE、F地域はSI値が小さな値になっているものの、被害が出て当然の値になっている。全体的にみれば、釧路沖地震でのSI値の方が北海道東方沖地震にくらべ大きな値になっていることが判る。これは両地震の震度分布図からも明らかである。

### 4. おわりに

下水管渠の変位量に大きな差が生じることに気づき、下水管渠の被害状況から釧路市内における地盤がどのような地震動加速度を受け、地震動強度SI値を示すものか分析してみた。その結果、ライフラインの防災に必要な地震動強度の特性を示す十分な手がかりを得たと考えている。

参考文献 1) 高栖、鈴木他：「埋設管被害と地震動強度の関係について」、第9回日本地震工学シンポジウム、1994.12。2) 松岡、翠川：「1993年釧路沖地震における釧路市内の地震動強さ」、その2常時微動特性について、日本建築学会大会学術講演梗概集、1993.9。3) 天国、望月他：「GISを用いた1993年釧路沖地震の震度分布と被害評価手法に関する研究」、第9回日本地震工学シンポジウム、1994.12。

Station	SI	Area
武佐 1, 23	43.7	A
武佐 1, 41	57.6	A
武佐 3	54.7	A
武佐 3, 17	63.7	A
武佐 4	57.2	A
武佐 4, 11	49	A
武佐 4, 33	25.3	A
貝塚 2	84.8	B
緑ヶ岡 5	43	B
緑ヶ岡 5, 40	98.6	B
緑ヶ岡 6 その2	153.4	B
緑ヶ岡 6 その3	69.3	B
香探 7, 13	40.1	B
香探 7, 27	22.1	B
貝塚 1, 4	180.2	C
貝塚 2, 6	69.6	C
緑ヶ岡 2, 31	52	C
緑ヶ岡 2, 41	29.9	C
米町 4	93.1	C
柏木町	40	C
千歳町	11.1	C

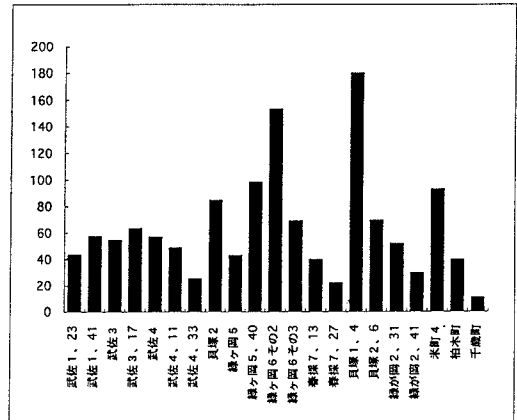


図-2 釧路沖地震における各被害箇所のSI値(A、B、C)

表-2 最大加速度およびSI値の地域別平均値ら

釧路沖 地震			北海道東方沖 地震		
Area	$X_A$	SI	Area	$X_A$	SI
A	217.3	53.2	A	263	64.4
B	229.3	73	B	127.5	40.6
C	256.4	68	C	139	55.3
D	588.1	93.6	D	481.3	153.2
E	293.7	93.5	E	153.3	48.8
F	94	38.8	F	60.4	28.5
G	129.4	51.5	G	63.8	25.4