

## I - B 205

## 地震動の最大水平速度 Vmax と SI 値の関係について

大阪ガス(株) 正会員 小川安雄 清水謙司  
(株)大林組技術研究所 正会員 〇江尻讓嗣

## 1. はじめに

地中埋設管路の地震被害や被害率は、地盤の最大水平速度 Vmax や SI 値といった地震動指標との相関性が高いことが指摘されている<sup>1)</sup>。そのため地中埋設管路が強震時に被害を受けたかどうかを判断する基準の1つとしてこれらの指標が用いられる場合がある<sup>2,3)</sup>。Vmax は地震動の見掛けの水平方向伝播速度 C を介して地盤ひずみ ε に直接結びつく物理量であることから被害との関係も理解し易いが、SI 値は一般に速度応答スペクトルの積分値として定義

Table 1 Strong motion records and Analytical results

|    | 観測波名               | 地震名         | Mj  | 最大速度<br>Vmax<br>(kine) | SI値<br>(kine) |
|----|--------------------|-------------|-----|------------------------|---------------|
| 1  | 土研D033新潟 EW        | 1964 新潟     | 7.5 | 53.5                   | 28.5          |
| 2  | 港研S123細島 EW        | 1968 日向灘    | 7.5 | 27.5                   | 36.4          |
| 3  | 港研S252八戸 NS        | 1968 十勝沖    | 7.9 | 35.7                   | 31.0          |
| 4  | 港研S235青森 NS        |             |     | 39.1                   | 39.7          |
| 5  | 土研D235新石狩橋 EW      |             |     | 25.4                   | 30.2          |
| 6  | 土研D292板島橋 WE       | 1968 愛媛県西方沖 | 6.6 | 37.9                   | 34.1          |
| 7  | 港研S733釧路 NS        | 1973 根室半島沖  | 7.4 | 26.7                   | 36.0          |
| 8  | 土研D745開北橋 TR       | 1978 宮城県沖   | 7.4 | 36.5                   | 30.5          |
| 9  | 港研S1202塩釜工場 EW     |             |     | 53.1                   | 59.1          |
| 10 | 土研D899津軽大橋 LG      |             |     | 36.6                   | 43.3          |
| 11 | 港研S1567秋田 EW       | 1983 日本海中部  | 7.7 | 31.7                   | 33.7          |
| 12 | 港研S1573青森 EW       |             |     | 23.9                   | 25.1          |
| 13 | JMA釧路 NS           |             |     | 67.2                   | 75.2          |
| 14 | 建研釧路 N153E         | 1993 釧路沖    | 7.8 | 41.5                   | 57.8          |
| 15 | 港研F507釧路 NS        |             |     | 62.7                   | 69.2          |
| 16 | 港研M1472函館 N08W     |             |     | 30.6                   | 29.3          |
| 17 | 港研F545函館 N03W      | 1993 北海道南西沖 | 7.8 | 32.5                   | 27.3          |
| 18 | 港研F681花咲 N110E     |             |     | 28.6                   | 31.7          |
| 19 | 港研S2597八戸 EW       |             |     | 44.9                   | 70.9          |
| 20 | JMA神戸 NS           | 1995 兵庫県南部  | 7.2 | 90.8                   | 114.4         |
| 21 | 関電新神戸 EW           |             |     | 77.3                   | 90.0          |
| 22 | 関電総研 EW            |             |     | 52.3                   | 71.7          |
| 23 | JR鷹取 NS            |             |     | 119.7                  | 136.2         |
| 24 | JR宝塚 EW            |             |     | 85.6                   | 91.4          |
| 25 | 阪高新猪名川 NS          |             |     | 40.0                   | 50.0          |
| 26 | 阪高尼崎高架橋 HA         |             |     | 51.9                   | 53.6          |
| 27 | 阪高東神戸 GL-10m N168E |             |     | 86.0                   | 76.5          |
| 28 | 六甲アイランド EW         |             |     | 64.9                   | 61.6          |
| 29 | 関震協神戸本山 EW         |             |     | 73.4                   | 81.0          |
| 30 | 関震協福島 NS           |             |     | 31.0                   | 36.8          |
| 31 | 大阪ガス葦合 N30W        |             |     | 122.8                  | 149.5         |
| 32 | 神戸市ポートアイランド NS     |             |     | 88.9                   | 72.0          |
| 33 | 港研S2615神戸事 N43W    |             |     | 103.2                  | 86.0          |
| 34 | 港研F765尼崎 G N06W    |             |     | 51.5                   | 61.0          |

## 2. SI 値の定義と強震観測記録

ここでの SI 値の定義は、(1)式に示すように観測加速度波形を入力とした 1 質点系の応答解析により減衰 20% 相対速度応答スペクトル Sv(T) を求めた後、周期 0.1 から 2.5 秒の範囲を積分しその値を 2.4 で除したものとした。

$$SI = \frac{1}{2.4} \int_{0.1}^{2.5} Sv(T) dT \quad (1)$$

解析に用いた強震観測記録<sup>8)</sup>を表 1 に示す。海洋型ならびに内陸型(兵庫県南部地震のみが相当)の地震で地表面近傍で観測された Vmax が 25kine 程度以上の 34 地震波について SI 値を算定した。同表中に、Vmax と SI 値の算定結果も合わせて示した。

keyword:最大水平速度 Vmax SI 値 強震観測記録

連絡先 〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 4-640 (株)大林組 技術研究所 tel 0424-95-0955

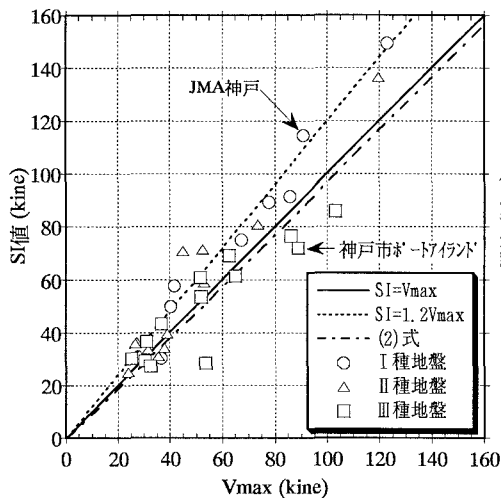


Fig. 1 Relationship between SI value and Vmax for each ground conditions

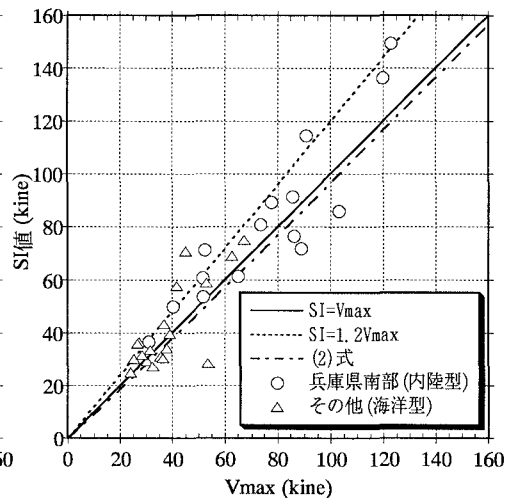


Fig. 2 Relationship between SI value and Vmax for each earthquake types

### 3. 結果と考察

図1には、地盤種別ごとのSI値とVmaxの関係を、図2には海洋型と内陸型の地震のタイプ分けを行った場合の関係を示す。図中のマーク・プロットは、表-1に示した強震観測記録から求めた観測SI値を示している。

比較のためにSI=Vmax, SI=1.2Vmaxおよび(2)式の関係も示した。(2)式は、童等<sup>14)</sup>により提案されている計測震度IとVmaxならびにSI値の関係式を計測震度Iを等置することにより求めたものである。

$$SI = 0.8584(V_{\max})^{1.0255} \quad (2)$$

(2)式の基となった地震波は、兵庫県南部、ノースリッジ、釧路沖地震等を含む比較的最近の地震によるもの205地点の記録であるが、最大速度の小さいものも含まれており、地盤種別も行われていない。図1からSI値が60kine以上では、SI=1.2Vmaxが観測SI値のほぼ上限値となっていることがわかる。(2)式の関係ではSI値がVmaxより小さくなり、SI値で40kine以下ではほぼ観測SI値の平均値をとるものの大きなSI値では過小評価となる。SI値が60kine以上では明らかに第III種の軟弱地盤では同一のVmaxでありながら他の地盤種別と比較してSI値が小さくなっている。埋め立て地等の軟弱地盤ではSI=1.2Vmax式ではSI値が過大評価となるため地盤種別ごとの関係式が必要と考えられる。海洋型の地震では大きな観測SI値がないという問題はあがるが、図2からは海洋型と内陸型の差は見られない。両地震タイプによる違いは地震動の継続時間、言い換えると波の繰返し回数の差であるが、SI値が20%という高減衰率<sup>15)</sup>から算定されるため繰返し回数の差が応答の成長にほとんど影響与えず、そのため両者のSI値-Vmax関係に差が生じないと思われる。

#### <参考文献>

- 1) Katayama T., Sato N., Ohbo N. and Kawasaki M. (1986), 第7回日本地震工学シンポジウム, P.373-378、2) 防災地震対策検討会報告書(1996), 資源エネルギー庁公益事業部, P.14-22、3) 大阪ガス(株)(1996): 阪神・淡路大震災被害・復旧記録, P.85-94、4) 末富, 吉田(1997), 土木学会第2回阪神淡路大震災に関する学術講演論文集, P.65-72、5) 小川, 清水, 土岐, 江尻, 前島(1997), 第2回都市直下地震災害総合シンポジウム論文集, b-22, P.243-246、6) 後藤, 亀田, 杉戸, 今西(1978), 土木学会論文報告集, No.277, P.57-69、7) Design Seismic Load Research Group(1982), School of Civil Engineering, Kyoto University, P.3-30、8) 建設省土木研究所(1985, 1995), 土木研究所彙報 Vol.43, 64、9) 運輸省港湾技術研究所(1983, 1994, 1995), 港湾技術資料, No.458, No.777, No.813、10) Toki K., Irikura K. and Kagawa T. (1995), Journal of Natural Disaster Science, Vol.16, No.2, P.23-30、11) 中村, 上半, 井上(1996), JR地震情報No.23d (JR警報地震計FD717R-008)、12) 積水ハウス(株)(1996): 六甲アイランドCITY1995年兵庫県南部地震の地震動観測記録と分析(地盤と地震動について), P.57-75、13) 関西電力(株)土木建築室(1995): 平成7年兵庫県南部地震地震観測記録、14) 童, 山崎, 清水, 佐々木(1997), 土木学会第51回年次学術講演会, I-B229, P.458-459

## I - B 206

## 北海道の強震観測記録による上下動の伝達特性について

|             |         |    |      |
|-------------|---------|----|------|
| 北海道開発局      | 開発土木研究所 | 正員 | 佐藤 京 |
| 北海道開発局      | 開発土木研究所 | 正員 | 小林 将 |
| 北海道開発局      | 開発土木研究所 | 正員 | 島田 武 |
| 専修大学北海道短期大学 |         | 正員 | 金子孝吉 |

## 1. はじめに

地震による構造物への影響は一般に水平動と比較して上下動の方が小さいとされている。

しかしながら、平成7年に発生した兵庫県南部地震により、震源域に近い地域では上下方向地震動が大きくなる可能性があると考えられる。

平成8年に改訂された道路橋示方書では、一般的な橋梁で上下動の影響を大きく受けると思われる支承部の設計において、鉛直震度の見直しを行っている。

そこで、地表面の上下動に対して構造物（橋脚、橋台）の上下動がどのような振動特性を持っているかを把握するため、近年、北海道内で大きな被害を発生させた3大地震の強震波形を用いて分析を試みたので報告する。

表-1 3大地震の上下動最大加速度

| 橋梁名     | 地盤種別 | 東方沖地震        |                    | 釧路沖地震        |                    | 南西沖地震        |                    |
|---------|------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|
|         |      | 震央距離<br>(km) | 上下動最大<br>加速度 (gal) | 震央距離<br>(km) | 上下動最大<br>加速度 (gal) | 震央距離<br>(km) | 上下動最大<br>加速度 (gal) |
| 札幌IC高架橋 | Ⅲ    | 509.76       | 24.94              | 243.71       | 40.00              | 184.04       | 25.79              |
| 七峰橋     | I    | 647.43       | 5.63               | —            | —                  | 155.63       | 96.78              |
| 石狩河口橋   | Ⅲ    | 513.45       | 8.84               | 250.88       | 10.87              | 182.56       | 11.96              |
| 千代田大橋   | Ⅲ    | 352.14       | 76.66              | 81.74        | 70.04              | —            | —                  |
| 広尾橋     | I    | —            | —                  | 109.31       | 177.96             | —            | —                  |
| 温根沼大橋   | Ⅲ    | 177.94       | 378.44             | 100.29       | 114.45             | —            | —                  |
| 大栗毛橋    | Ⅱ    | 280.73       | 101.94             | 20.67        | 17.85              | —            | —                  |
| 新石狩大橋   | Ⅲ    | 500.55       | 15.66              | —            | —                  | 193.79       | 27.53              |
| 島松沢橋    | Ⅱ    | —            | —                  | 232.59       | 26.38              | —            | —                  |
| 錦岡橋     | Ⅱ    | 510.58       | 28.66              | —            | —                  | —            | —                  |
| 新浜厚真橋   | Ⅲ    | —            | —                  | —            | —                  | 217.73       | 8.58               |
| 札幌大橋    | Ⅲ    | —            | —                  | 243.98       | 4.80               | —            | —                  |
| 斜里大橋    | Ⅲ    | —            | —                  | 119.38       | 54.52              | —            | —                  |
| 上島崎橋    | I    | —            | —                  | —            | —                  | 140.55       | 27.68              |

## 2. 解析に用いた強震波形

解析に用いたのは、釧路沖地震（M7.8：1993年発生）、北海道南西沖地震（M7.8：1993年発生）、北海道東方沖地震（M8.1：1994年発生）により得られた強震記録のうちの上下動加速度波形で、表-1は観測地点である北海道内の橋梁14カ所の震央距離と観測された上下動の最大加速度を示したものである。

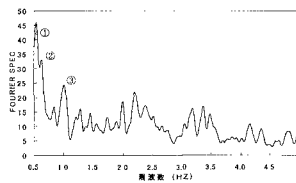
## 3. 解析手法

今回の解析では、まず、3大地震による地表面と構造物〔橋脚（橋台）沓座面〕の上下動の加速度波形データについて全てフーリエスペクトル解析を行った。

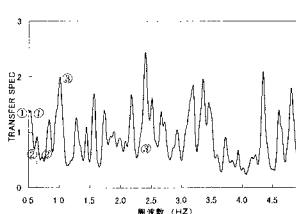
図-1は釧路沖地震による大栗毛橋のスペクトル解析結果で、橋脚沓座面の上下動のスペクトル図を（A）に、地表面の上下動のスペクトル図を（B）に示す。

また、地表面から橋脚への伝達関数〔スペクトル比〕を求めたのが（C）である。

(A) : 大栗毛橋 P UD



(C) : 大栗毛橋 GL→P UD



(B) : 大栗毛橋 GL UD

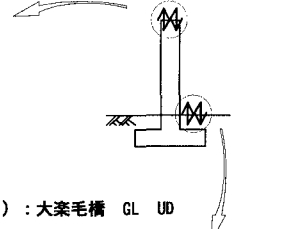


図-1 地表面から橋脚への上下動伝達関数（フーリエスペクトル比）

キーワード：上下方向地震動、フーリエスペクトル解析、伝達関数、卓越周波数

連絡先：〒062-0931 札幌市豊平区平岸1条3丁目、TEL(011)-841-1111、FAX(011)-820-2714