

京大大学院 学生会員 磯田厚志 京大工学部 正会員 後藤尚男  
京大工学部 正会員 杉戸真太

1. まえがき 上水道、ガス等の供給施設の特徴的な構造形式である地中埋設管路網の耐震性と評価するには、施設が都市的規模の広がりをも有するネットワークを成していること、及びそれに作用する地震力が表層地盤の種々の増幅特性の影響で多種多様な外力として作用することなどから、地震荷重の地域的な分布を把握することが重要な課題となるが、この手法としていわゆる地盤のマイクロゾーニングがある。本報告では埋設管の種々の震害パターンの中から特に地盤震動による震害に着目し、これを支配すると考えられる地震外力である地盤ひずみに関するマイクロゾーニングの手法について検討する。

2. 地盤ひずみの推定 地震時の埋設管の応答挙動を支配する地盤ひずみは、主として表面波伝播に伴う表層地盤の相對運動によって生ずるものと考えられる。後藤・島田・席田・杉戸<sup>1)</sup>は想定されたM、Δおよび地盤条件より非定常地震動を算出し、また地盤条件より表面波の分散曲線を求めて、ある相関距離をへだてた2地点間の相對運動を推定する手法を提案している。この手法によれば、想定地震による着目地点での地盤ひずみの推定と行えるが、その過程は比較的複雑であり、マイクロゾーニングのように地盤特性の地域的な分布を明らかにするために、多地点においてこの手法をそのまま適用することは非常に多くの計算時間を要し現実的ではない。そこで本報告では、地盤ひずみに関するマイクロゾーニング手法の一例として、後藤らの手法を応用して次のような簡易法を提案する。

(1) 対象とする地域をゾーニングし、ボーリング資料に基づいて、地動最大速度の地盤条件による補正係数 $C_v$ (詳細は文献2))の分布を算出する。

(2) 対象とする地域内で、地質構成等の特徴から地盤分類を行ない、各地盤分類に属すると考えられる地点を地盤分類ごとに数地点づつ選び、上記の手法によりそれぞれ地盤ひずみおよび地震動強度を得る。この結果をもとに、地盤ひずみの簡易推定式

$$\varepsilon = V/c \quad (1)$$

( $\varepsilon$  ; 地盤ひずみ,  $V$  ; 地動の速度振幅,  $c$  ; 見かけの伝播速度 )

を用いて、各地盤分類ごとの見かけの伝播速度 $c$ を決定する。

(3) 地質図等により、対象地域内の各地点が(2)で分類したどの地盤に属するかを決定し、対象地域の見かけの伝播速度 $c$ の分布図を作製する。

(4) 想定地震の規模および震央距離から Attenuation式<sup>2)</sup>により各地点での地盤条件を考慮しない地動最大速度の期待値の分布を算出する。

(5) 最後に(1), (3), (4)の結果をもとに次式によって、各地点における地盤ひずみの期待値の分布を算出する。すなわち、

$$\bar{\varepsilon}_{\max} = \frac{C_v \times \bar{V}(M, \Delta)}{100 \times C_i} = \frac{C_v \cdot \bar{V}(M, \Delta)}{C_p \cdot 100 \times C_m} = I_s \cdot \frac{\bar{V}(M, \Delta)}{100 \times C_m} \quad (2)$$

ここに  $\bar{V}(M, \Delta)$  ; M, Δから Attenuation式<sup>2)</sup>により得られる最大速度の期待値 (cm/sec)

$C_v$  ; 表層の地盤条件による地動最大速度の補正係数

$C_i$  ; 着目地点の地震波の見かけの伝播速度 (m/sec)

$C_m$  ; 対象とする地域における地震波の見かけの伝播速度の代表値 (m/sec)

$C_p$  ; 着目する地点の地震波の見かけの伝播速度をその地域の代表値に対して補正するための係数で  $C_i = C_p \cdot C_m$  で表わされる。

$I_s$  ; 本手法で地盤ひずみを推定する際に、取り扱いを簡単にするために定義

した補正係数で  $I_0 = C_v / C_p$  である。

3.本手法を用いた計算例 2.で述べた地盤ひずみの地域分布の簡易推定法を適用して、京都市域地盤を対象とした地盤ひずみのマイクロゾーニングを行なった。以下2.で示した手順に従って結果を示す。(1)京都市域を500m×500mのゾーン1560個に分割し、各ゾーン内で得られているボーリング資料のうち最も深部まで得られているものをそのメッシュの代表値として採用した。これをもとに地動最大速度の補正係数 $C_v$ を算出した。(図-1) (2)京都市域地盤の地質学的な特徴は、表層と基盤層の間に大阪層群と呼ばれる中間層( $V_s \approx 600$  m/sec)が分布していることである。中間層の有無によって、地震波の伝播が大きく異なることが予想されるので、地盤を2種に分類することとし、

| 地盤分類                   | 平野部  | 山地部  |
|------------------------|------|------|
| 見かけの伝播速度 $C_i$ (m/sec) | 1000 | 1700 |

(相関距離 100 m)

各地盤分類から数十地点づつ選定して、後藤<sup>1)</sup>の手法により地盤ひずみを算出した。相関距離は100mとし、継手の抜け出し等に影響する平均地盤ひずみを対象としている。 $\bar{\epsilon}_{max} \sim V_{max}$ の関係を図-2に示す。この図から、見かけの伝播速度に関して地盤を2分類した事はほぼ妥当であることがわかる。なお中間層のある地盤を平野部、ない地盤を山地部と呼んで区別することにする。(3)京都市域の地質図、及びボーリング資料を用いて、京都市域を山地部、平野部に分類し、(2)の結果をもとに見かけの伝播速度の分布を決定した。

(4)文献3)を参考として、想定地震を3つ決定し、これに対する地動最大速度の期待値をAttenuation式から算出した。ここで用いたAttenuation式は“震災域”を考慮したAttenuation特性を有するものである。(詳細は文献4) )。3つの想定地震の位置と規模を図-3に示し、それぞれ地震(A),(B),(C)と呼ぶ。(5)式(2)を用いて地震(B),(C)に対する地盤ひずみの分布を算出した。これを図-4(a),(b)に示す。この図から地盤ひずみを地域分布として把握することが可能となったと言えよう。また、地震(B),(C)では各地点で同程度の最大加速度が推定されるにもかかわらず、

地盤ひずみはそのレベルに顕著な差がうかがえる。

参考文献 1) 後藤・亀田・高田・杉戸；京都大学防災研究所年報，第23号B-2，1980。

4) 亀田・杉戸・石川；第36回土木学会年次学術講演会（第I部），1981。

3) 小沢；京都府に被害をもたらす地震の想定について，京都市防災会議，昭.53.6。

2) 後藤・亀田・杉戸；第1回防災学術シンポジウム講演集，1980。

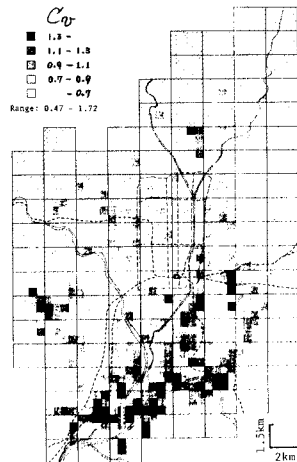


図-1 最大速度の補正係数  $C_v$  の分布

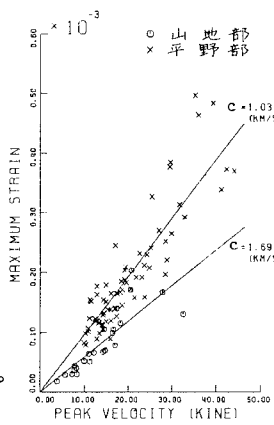


図-2 平均地盤ひずみ  $\bar{\epsilon}_{max}$  と最大速度  $V_{max}$  の関係

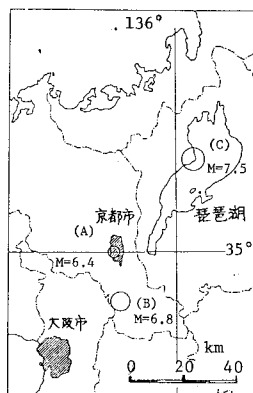
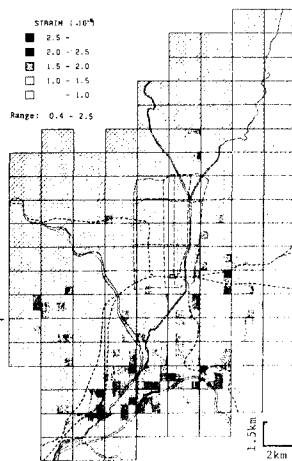
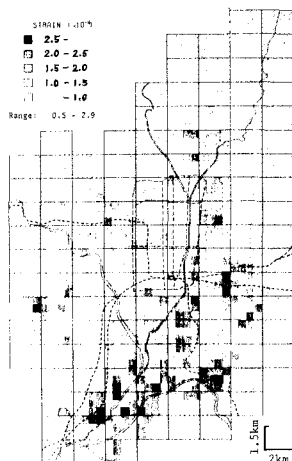


図-3 想定地震の位置と規模



(a) 地震(B)



(b) 地震(C)

図-4 想定地震に対する平均地盤ひずみの期待値の分布 (相関距離 100 m)