

(38) 地震時における地盤ひずみの測定について

東京理大 正員 森地 重暉
東京理大 正員 今村 芳徳
東京理大 学生員○多賀 健一

1. はじめに

埋設管をはじめとして、沈埋トンネル等の地中構造物の耐震性についての検討は、それらの建設の増大とともに一層重要な課題となっている。加速度の影響を受ける地上構造物の場合とは異なり、地震時に生ずる地中構造物の変形は周辺地盤の変形に追従して発生する。そのために、地震時の地盤ひずみは地中構造物の耐震性を調査する上で重要な役割をもつ。”応答変位法”は地中構造物の耐震設計に対して以上の考え方を反映したものである。

一般に、地震時での地盤ひずみの直接測定は実施の面で必ずしも容易でないためか、地盤ひずみに関しては加速度記録を基にした究明が多い(1)(2)。又、沈埋トンネル等の地震時ひずみ測定は地中構造物の合理的な耐震設計のための資料の把握を目的として行なったものであるが(3)(4)、それらの実測結果を用いて地盤ひずみの推定を行なうこともできる。佐藤等は地震時に直接に測定した地盤ひずみの値と管体における値とを比較検討して、管体ひずみの値から地盤ひずみの値を推定する手法の妥当性について調査した(5)。本文では、著者の用いた地震時の地盤ひずみを直接に測定する方法と実測結果の一部について報告する。

2. 地震時ひずみ観測

ひずみ測定で問題になるのは地震波の波長とゲージ長との関係であろう。地盤の非均質性等を考えると余り短いゲージ長は問題が残る。種々のゲージ長がとれるという意味からすると幾つかの間隔のとれるアレイ観測で得られた加速度記録を利用することが有効と考えられる。本文では、変位計を利用して地盤自由表面でのひずみ測定を行なった。ゲージ長は1mを目標とした。ゲージ長は上述の波動の他に、地盤条件等、観測場所の種々の状況に合わせて決定すべきであるが、計器の装着や保全等の実施面をも考慮してこのゲージ長を用いた。観測場所は東京理科大学構内(千葉県野田市)である。観測地点近くの地盤のスエーデン式サウンディング結果の一例を図-1に示す。

地表面に発生するひずみを測定するために、地表に拡がった正三角形の頂点に、直径7cmの鉄杭を打ち込み各杭間の相対変位を測定した。正三角形の辺に対応するところに変位計(DS-100型;東京測振(株))を装着した(図-2)。観測した相対変位を原長で割りこれをひずみであるとし

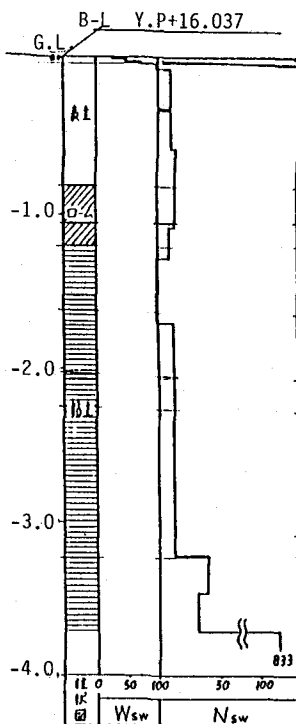


図-1 推定土層

た。又、近接した地点には、加速度計(PV-22型(リオン(株)))を設置している。

3. 観測結果の一例

実測結果の一例(1989年2月19日、21時27分18秒、震央:茨城県南西部、マグニチュード:5.6)が図-3に示されている。座標系 X, Y を図-2に示すようにとり、垂直ひずみ $\varepsilon_x, \varepsilon_y$ 、せん断ひずみ γ_{xy} を求めると図-4に示すようになる。最大値を比較すると、せん断ひずみは垂直ひずみよりも数倍大きいため、地盤では、せん断変形が支配的であるといえる。

このような歪の変化がどのような性状をもつかは単純には理解できない。ひずみの性状を解釈する一つの試みとして、Mohrのひずみ円がどのような経時変化を示すか検討した。図-5には、Mohrのひずみ円が描かれているが、図-6には、 x, y 方向の垂直ひずみの和($\varepsilon_x + \varepsilon_y$)と最大せん断ひずみ γ_{max} との比率がどのような変動を示すか示されている。 $(\varepsilon_x + \varepsilon_y) / \gamma_{max}$ が0であるときには純せん断の状態を示し、又、1であるときには一軸ひずみの状態を、無限大のときはMohrひずみ円が点になっている状態を示している。 γ_{max} が0になるときには $(\varepsilon_x + \varepsilon_y) / \gamma_{max}$ が無限大になる形をとるが、計算の実行の関係上、記録の1/100秒前の値を採用してオーバーフローを避けている。

図-7には、主ひずみ方向の変動状況が示されている。この変動状況から、 ε_x と ε_y の大小関係と γ_{xy} の変動の間にある関係のあることが予測される。又、変動状況は周期的であるというよりはむしろ正から負へ急激な変動を呈している。

4. 結び

著者の実施している地震時の地盤ひずみの直接測定について述べ、一つの実測記録の解析例を呈示した。

<文献>

1. 山田、野田：表面波による相対地盤震動を推定するための理論的な試み；土木学会論文報告集、No.335、1983年7月、pp41-50.
2. 田村ほか3名：地震時地盤ひずみの解析を目的とした個別記録方式によるデジタル強震計の記録精度；土木学会論文集、No.392/I-9、1988年4月pp.367-376.
3. Tamura et al.; "Behavior of Subaqueous Tunnel during Earthquakes", Report of the Industrial Science, University of Tokyo, Vol.24, No.5, March, 1975.
4. 田村ほか2名；トンネルの地震時の変形(ひずみ)について；第8回日本地震工学シンポジウム論文集、1990年、pp625-pp630.
5. 佐藤ほか2名；地震時地盤ひずみの挙動と埋設管ひずみに関する一考察；第19回地震工学研究発表会講演概要、1987年、pp21-24.

図-2 ひずみ計の設置

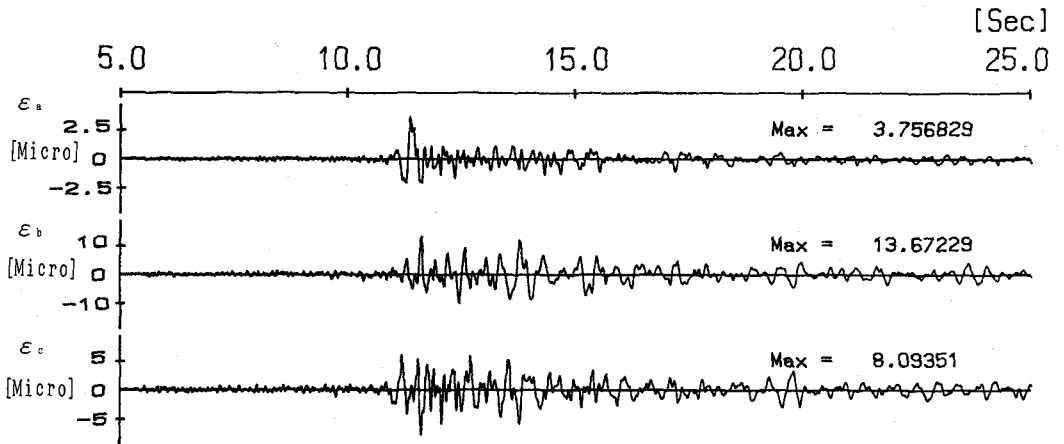
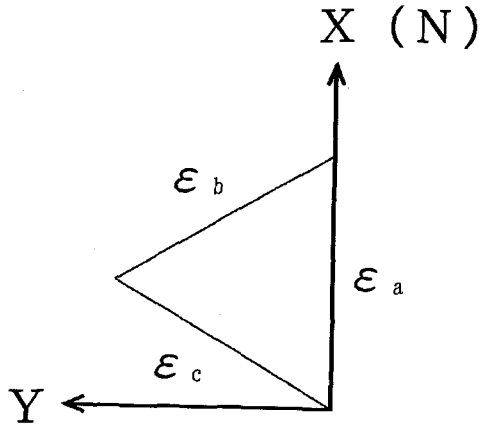


図-3 実測結果 (1989年2月19日)

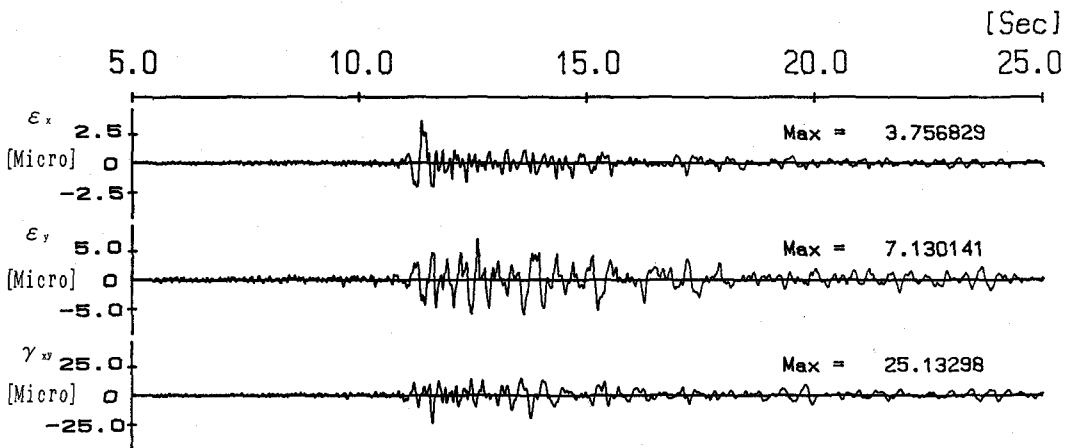
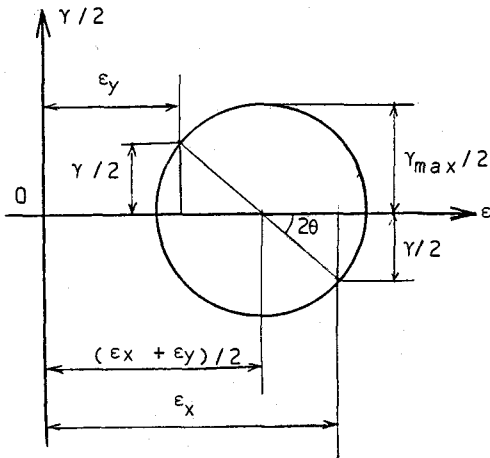


図-4 ひずみの状況



$$\gamma_{\max} = \sqrt{(\epsilon_x - \epsilon_y)^2 + \gamma^2}$$

$$2\theta = \tan^{-1} \frac{\gamma}{\epsilon_x - \epsilon_y}$$

図-5 Mohrのひずみ円

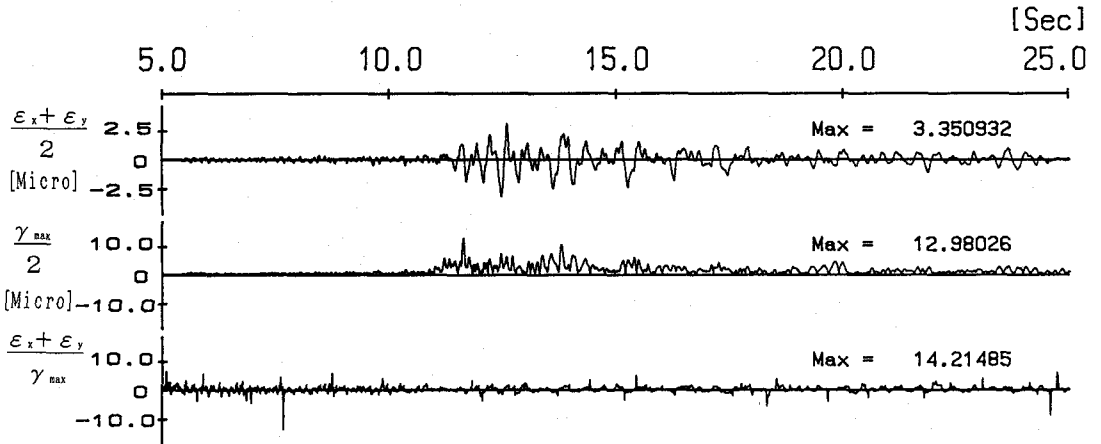


図-6 垂直ひずみ・せん断ひずみ

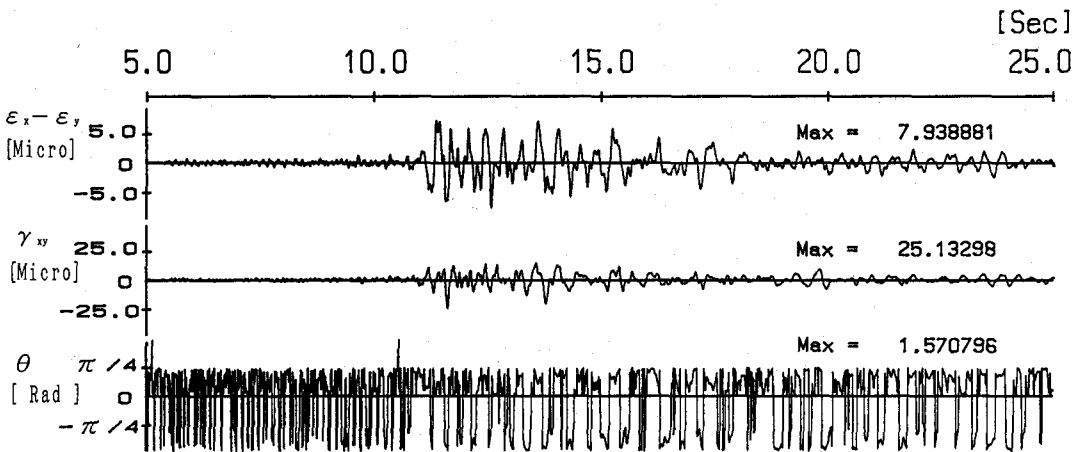


図-7 主ひずみ方向