

# 地震時に生ずる地盤ひずみのアレイ強震観測について

森地重暉<sup>1</sup> 今村芳徳<sup>2</sup> 橘将和<sup>3</sup>

<sup>1</sup>正会員 工博 東京理科大学教授 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)

<sup>2</sup>正会員 工博 東京理科大学講師 理工学部土木工学科 (〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)

<sup>3</sup>学生員 東京理科大学大学院 理工学研究科土木工学専攻(〒278-8510 千葉県野田市山崎 2641)

地中構造物の耐震性に関する究明には、地震時に生ずる地盤挙動の把握が基本である。通常行われている加速度・速度の観測の他に、ひずみの観測は地盤挙動の究明に有効な資料を提供すると考える。本文では、ひずみのアレイ強震観測を行い、次の結果を得た。100mの範囲では、最大せん断ひずみは主ひずみ数の数倍あり、主ひずみ方向は同じ方向に卓越している。16m程度の離隔距離では、各測点の最大せん断ひずみの位相は近いが、100m程度離れた測点同士では位相は合っていない。

**Key Words :** Ground strain, Earthquake observation, Array observation

## 1. はじめに

地下構造物の耐震性に対する究明には地震時に生ずる地盤挙動についての把握が基本であると考えられる。通常行われている加速度・速度の観測の他に、地盤ひずみの観測の情報は有効な解明の手掛かりを与えると考えて、資料を得るために観測を行ってきた。観測の実施上の制約から1m四方程度の地表面に生ずる3成分の軸ひずみの観測を行った。1点でのひずみの状態は把握できるが、広い範囲での地震時ひずみの性状を把握するには離れた幾つかの点で観測を行う必要がある。観測の初期段階では一つの場所で、次いでおよそ17m程離れた2箇所で観測を行ってきた。2箇所の中で、1箇所は地下水面レベルでの観測を行っている。これら3箇所から100m離れた位置で軸ひずみ3成分の観測を開始した。

## 2. 観測方法

一つの観測場所でのひずみの観測方法は次のようである。地表に打ち込んだ一辺1mの正三角形を想定し、その頂点の位置に直径75mmの中空の杭を約70cm打ち込んだ。杭間に変位計(DS-100:東京測振(株))を装着し、地震時に生ずる杭間の相対変位を観測した。このようにして、地表面に生ずる3成分の軸ひずみを得ることができる。観測場所は千葉県野田市の東京理科大学構内にある。現在、4箇所でひずみの同時観測、即ち一種のアレイ観測を行っているが観測の概況は図1に示される通りである。

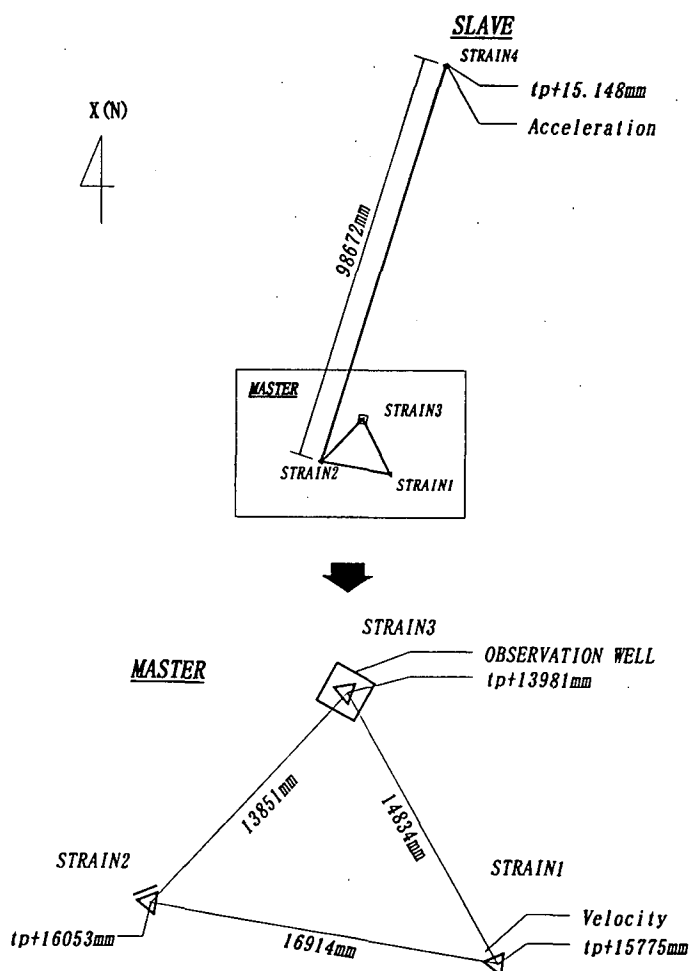


図1 観測位置概況

### 3. 観測結果と考察

過去に発表した論文<sup>2)</sup>には、純せん断状態に近いひずみ状態と報告した。ひずみの状態は純せん断と純膨張圧縮に分けられるが、前者が後者に比べて数倍あるためにこのような表現となった。図2には、アレイ観測を開始してから観測された地震の中でも強い地震(1998年8月29日、東京湾、M=5.4)での主要動近くでの最大せん断ひずみ $\gamma_{max}$ と主ひずみ $\epsilon_1 + \epsilon_2$ 、即ち純膨張圧縮が併記されている。すべてとは言いがたいが、ピーク値は位相が合っていて、前者が数倍あるといえる。

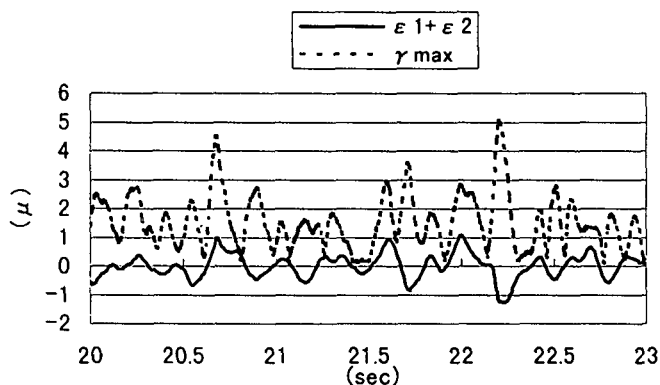


図2 地震波形

同じ地震に対して4箇所での記録を主要動における20秒から23秒の最大せん断ひずみと主ひずみとを図3に示す。ひずみ振幅の値はStrain3即ち地下水面下での観測結果のものが他に比べて2倍ほど大きくなっている。他の観測施設は地表面にあり、水の影響か、振幅が大きくなっている。また、最大せん断ひずみのピーク値の位相は直線で見られる通り、Strain1からStrain3では近いものと思われるが、Strain4では近いとは言えない。図4には、Strain1からStrain3までの最大せん断ひずみを重ね書きしたものと主ひずみ和のものを示す。最大せん断ひずみのものが主ひずみ和のものに比べて、位相の合う度合いが高いと思われる。

これらのことを追認するために、各観測場所同士における記録継続時間での相互相関を取ってみた。図5に最大せん断ひずみと主ひずみ和のものを示す。Strain1からStrain3のもの相関は高いが、Strain4と他のものとの相関は低いと言える。一方、主ひずみ和についてはStrain1からStrain3でも相関性はほとんどないと考えられる。

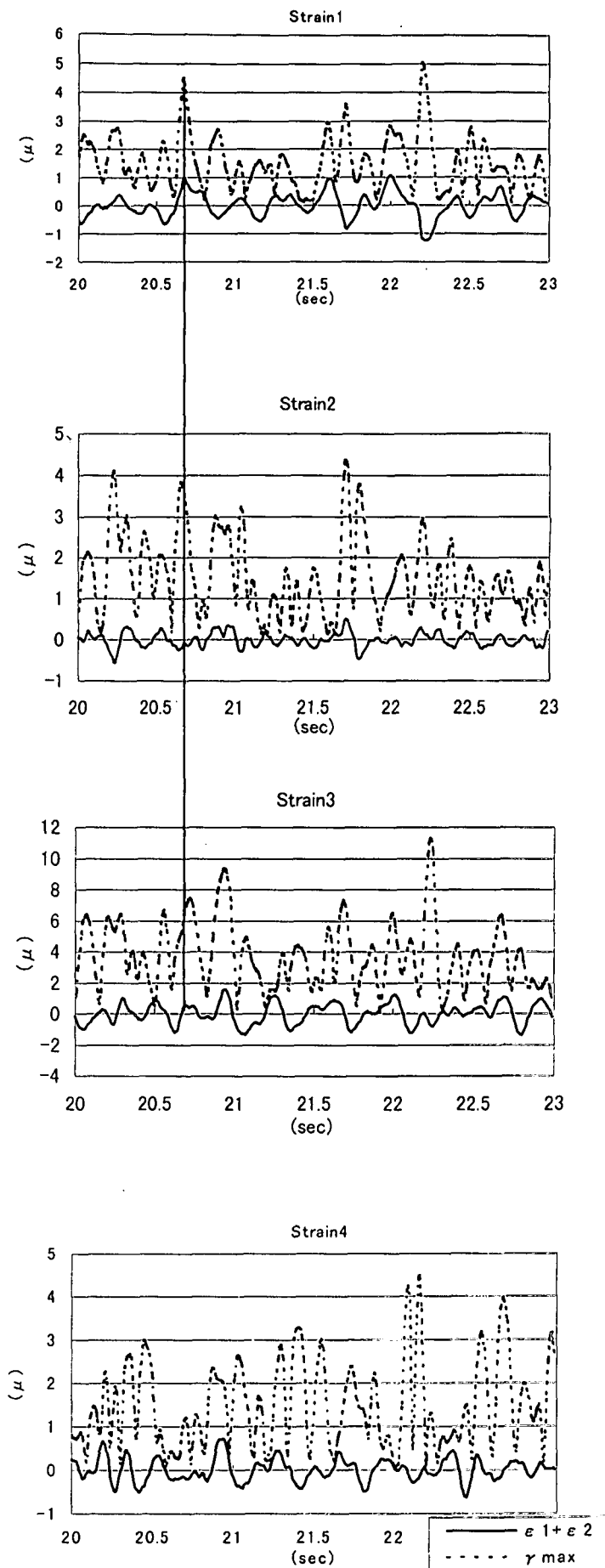


図3 主ひずみと最大せん断ひずみ波形

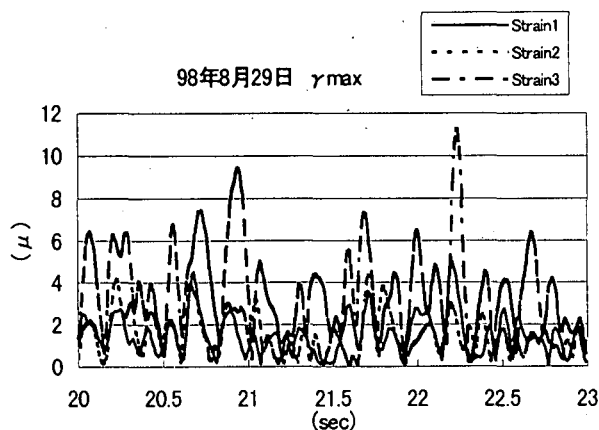


図 4(a) 最大せん断ひずみの波形

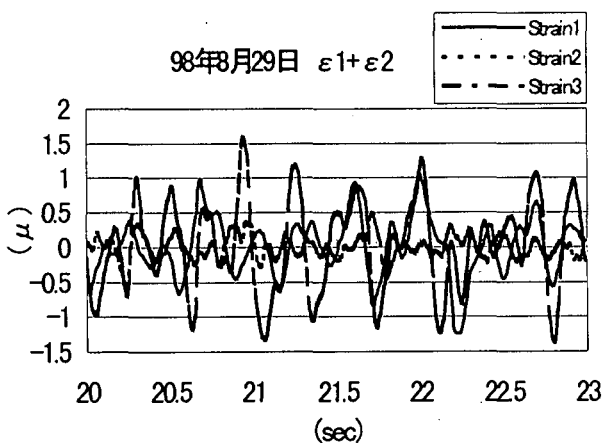


図 4(b) 主ひずみ和の波形

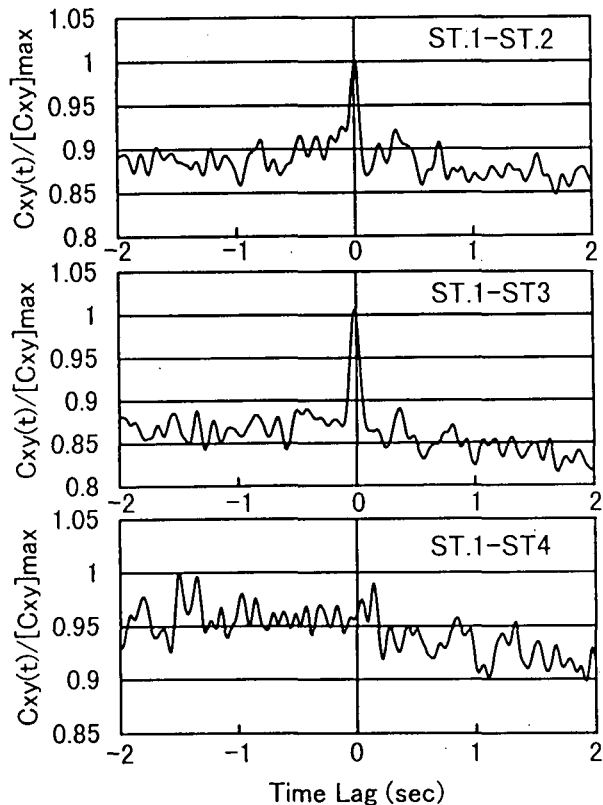


図 5(a) 最大せん断ひずみの相互相関関数  $C_{xy}(t)$

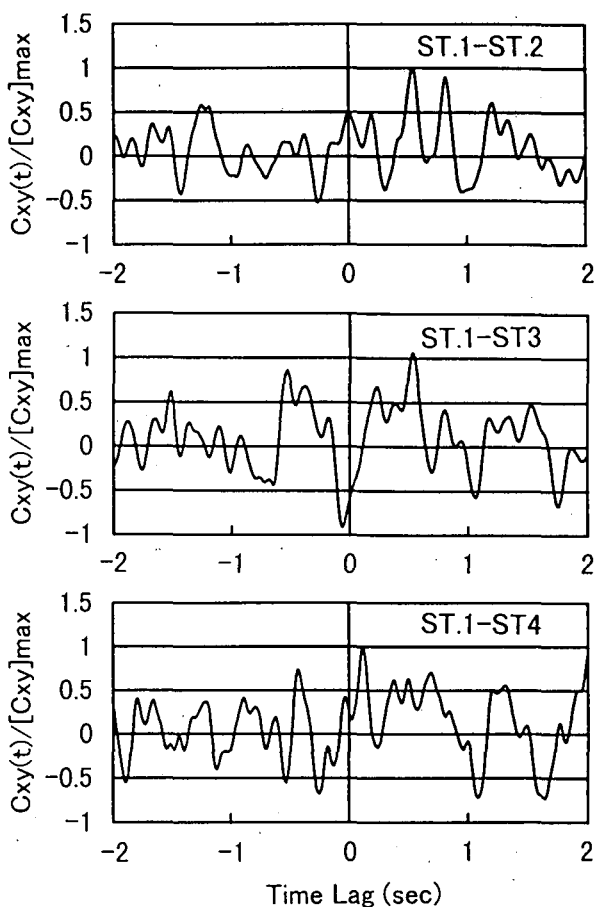
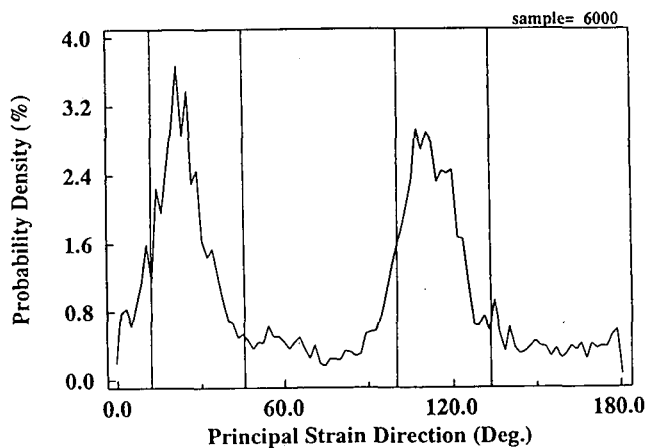


図 5(b) 主ひずみ和の相互相関関数

次に主ひずみの方向について検討する。図 6 にはひずみ計の観測結果から算出された 1/100 秒毎の主ひずみ方向の確率密度分布を示す。他の観測施設のものも同様な結果が得られた。この図より得られた主ひずみ方向には同様に卓越したものがあることがわかる。図中に示す直線は過去の地震で得られた方向の範囲を示しており、主ひずみ方向は地震によらないことが示されている。



DATA : 98,8,29-1 STRAIN 1 TIME from .01 to 60.00 (sec)

図 6 主ひずみ方向の確率密度分布

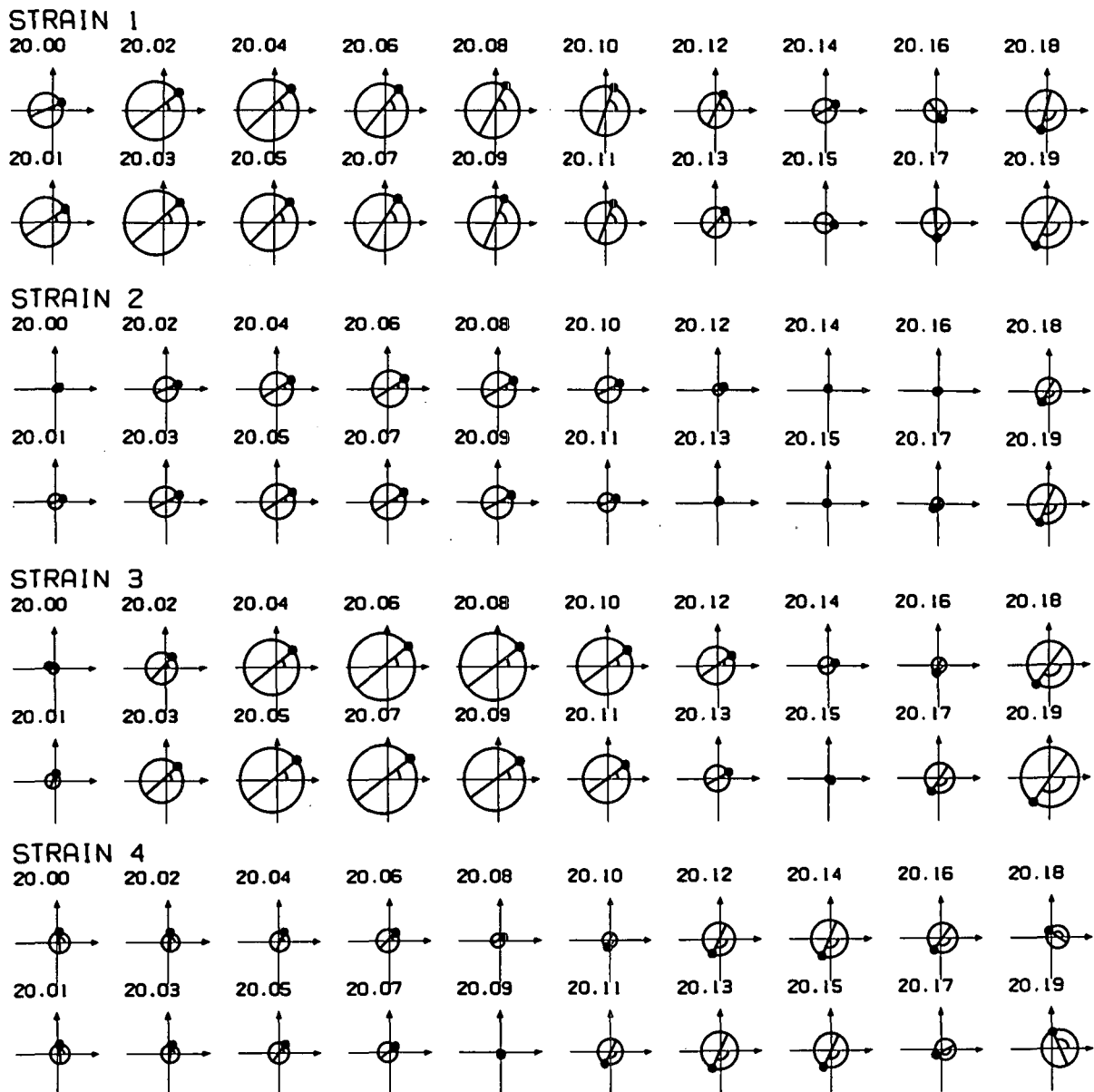


図7 モールのひずみ円 (20.00～20.19sec)

図7には、主要動部の 20.00 秒から 20.19 秒までの各観測場所での 1/100 秒毎のひずみ状態をモールひずみ円で表している。真北を X 軸とし、左回りに Y 軸をとる。εを軸ひずみ、γをせん断ひずみとすると、図中の黒点は座標(εx, γ/2)を示している。図をみると主ひずみ方向がそろっており、また、Strain1 から Strain3 までは同じような変動であるが Strain4 のものは他のものと異なっており、前出の考察結果を裏付けている。

#### 4. 結び

地震時の地盤のひずみを観測することで、地盤の挙動についての解明が深まると考え、観測を継続してきた。17m から 100m の範囲でひずみのアレイ観測を行い次の結果を得た。

- ①ひずみは最大せん断ひずみが主ひずみ数の数倍あり、純せん断状態に近いと言える。
- ②主ひずみ方向は全ての観測施設で同様であると言ってよい。
- ③17m の範囲では、最大せん断ひずみの位相は近くなっているが、100m 離れると位相が合っているとは言えない。
- ④地表に比べて地下水面でのひずみの振幅は大きくなっている。

#### 参考文献

- 1) 地震時に生ずる地盤ひずみの観測とその結果についての考察。  
土木学会論文集(I)No.570, I-40, 1997 年 7 月, pp.259～275。