

地下水面レベルで発生する地盤ひずみの地震観測結果について

森地重暉¹・今村芳徳²・日向利行³・小田幸平⁴

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

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

³学生会員 東京理科大学大学院 理工学部土木工学科 (〒278 千葉県野田市山崎2641)

⁴正会員 基礎地盤コンサルタンツ (〒135 東京都江東区東陽町3-22-6)

地中構造物の耐震性の検討のために、地震時に生ずる地盤ひずみの性状の究明が必要である。この究明のために、地盤ひずみの地震時観測を継続してきた。その結果、(1)地表面でのひずみは純せん断場のものに近い。(2)主ひずみの生ずる方向は地震によらず卓越した方向がある。ということが示された。

実際の構造物は地表面下にあり、地中でのひずみの検討が必要と考えられる。そこで、地下水面レベルでの地震観測を試行した。その結果、地中のひずみは地表面で生じたものと類似した性質をもち、振幅はやや大き目であることが明らかになった。

Key Word : ground strain, earthquake observation

1. はじめに

地中構造物の耐震性の検討には、地震時に生ずる地盤ひずみの性状についての究明が必要であると考えられる。著者は、その究明を目的として、地盤ひずみの地震時観測を継続してきた。観測実施上の配慮から、地表面に生ずる地盤ひずみに着目した。観測結果を検討すると、次に示すことが明らかになった。

- (1) 地表面のひずみは純せん断場のものに近い。
- (2) 主ひずみの生ずる方向は地震によらずある方向に卓越している。

実際の地中構造物の設置場所は、地表面より下方にある。地表面より下ではどのようなひずみの状態にあるか、又、土質の条件だけでなく、地下水が地盤ひずみに与える影響についての調査も必要であると考えられる。本文では、そのような調査を目的として地中に生ずる地盤ひずみの地震時観測を試み、得られた結果と地表面に生ずるものとの比較検討を行った。

2. 観測方法

地中のひずみは6成分あり、全成分を観測するには、新たに測定方法を開発する必要がある。ここでは、厳密な意味での地中ひずみの測定にはなっていないが、地下水面レベル近辺の地盤に生ずるひずみの値を見積もることを主眼とした。

当該観測場所の標準貫入試験を1994年7月に行った。その折に測定した地下水面レベルは地下1.9mであった。丁度、ボーリングした位置に2.0m程の堅孔(以下、観測井と称す)を掘削した。直径1.88mの鋼製の円筒殻と鉄筋コンクリート製の正方形枠を用いて周辺土の崩落を防いだ。観測井の底の土質は凝灰質粘土である。地表面より2.0m下方に水平な直径1.88mの円形の地盤表面ができたわけで、そこに発生する地震時の地表面ひずみを観測することにした。

前報で示したような地表面における地盤ひずみの測定と同様な方法を用いた¹⁾。一辺1mの正三角形を想定して、その頂点に対応する位置に直径75mmのチューブ状の鉄杭を深さ600mm程、観測井の底に打ち込んだ。そして、杭間に変位計(DS-100M:東京測振(株))を装着した。地震時に生ずる杭間の相対

変位を測定し、3成分の伸縮ひずみを算定した。図-1に観測状況の概略を示す。地下水位は当然ながら雨量に応じて変動する。

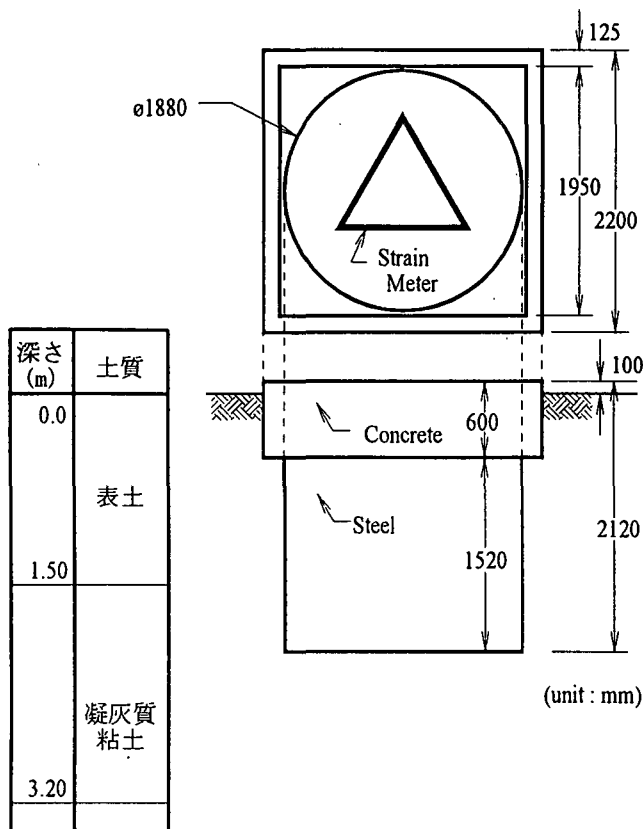


図-1 観測設備

雨の降らない時期には、一例として一日約20mm程度水位が下降してゆき、豪雨の時には数10cmも上昇する。その変動状況が図-2に示されている。それ故、変位計は冠水している時としていない時とがある。

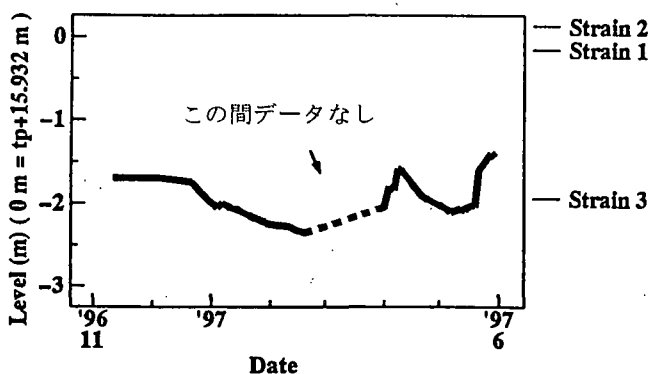


図-2 地下水位の変動状況

当該観測場所では、地表面において2箇所での方法により地盤ひずみの観測を継続してきた。図-3に観測設備の位置関係が示されている。観測設備 Strain1は、最初に設置されたもので3成分の地表面ひずみを観測している。Strain1, 2, 3の順で設置しており、今回設置したものはStrain3である。これらと同時に、Strain1近くで加速度観測を行ってきた。そして、今回速度計(VSE-355JE:東京測振(株))を新たに設置し、観測を始めた。

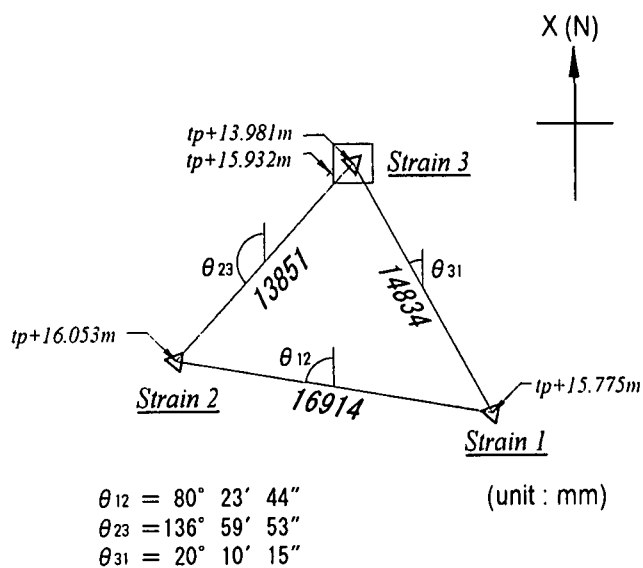
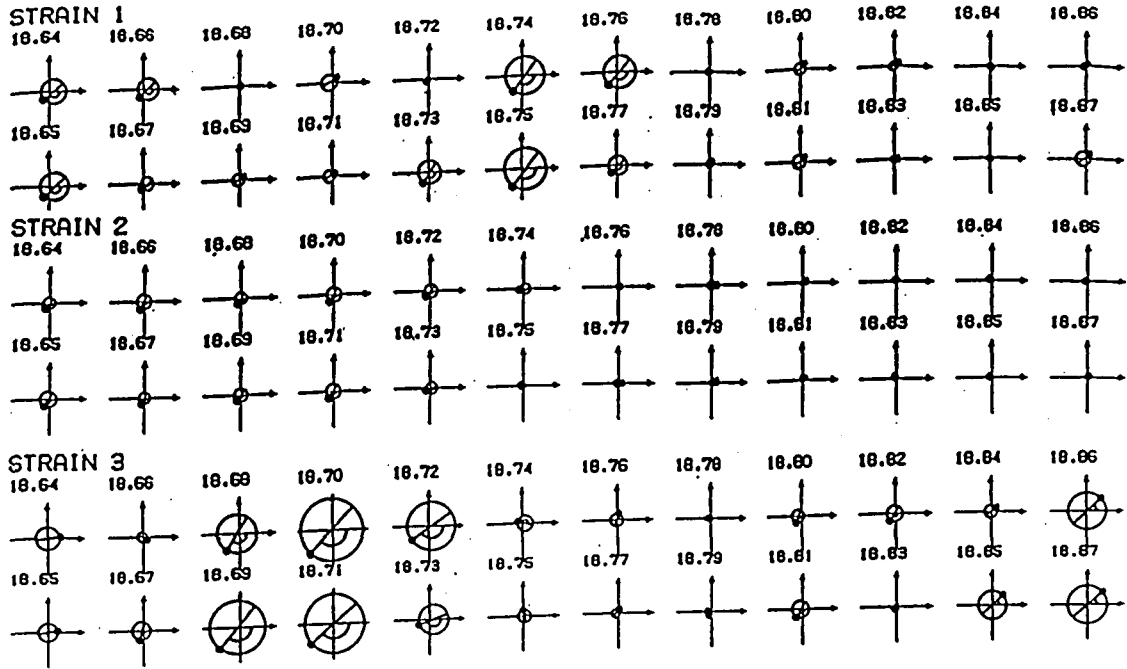


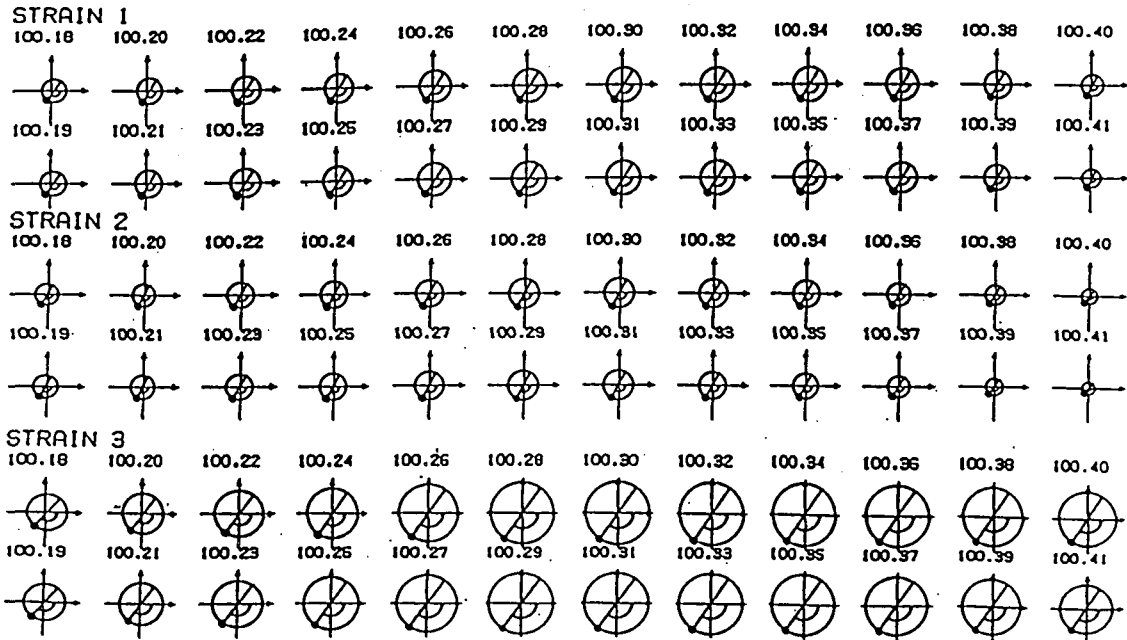
図-3 観測設備設置位置

3. 観測結果

1996年11月より観測を開始した。観測結果より伸縮ひずみとせん断ひずみを算出する。それらを用いて得たMohrのひずみ円を1/100秒毎に図-4に例示する。Strain1, 2, 3で得られた主要動部のものとコーダ部のもののが比較して示されている。各時刻では、3箇所ひずみが同様な状態になっているとは云えないが、3者ともMohr円の中心近くに原点があり、純せん断に近い状況であると考えられる。又、主ひずみ方向もほぼ同様であると云える。コーダ部においては、主要動部の場合よりも3者のひずみ状態は似かよっていると云ってよい。



DATA : 96.12.21-1
TIME : FROM 18.64 TO 18.87 (SEC)



DATA : 96.12.21-1
黒丸は、 $(\epsilon_x, \gamma/2)$ を示す。 TIME : FROM 100.18 TO 100.41 (SEC)

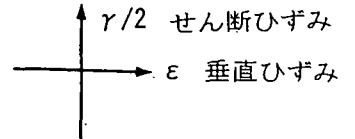


図-4 Mohr円の時間変化(116sec)

次に得られた記録についての全結果を表-1に示す。表中では各地震で得られた加速度や速度の合成成分の時刻歴最大値が併記されている。また、Strain1,2,3で得られた主ひずみの絶対値、最大せん断ひずみの時刻歴最大値 $\epsilon(\mu)$ 、 $\gamma(\mu)$ が示されている。概略であるが、 γ は ϵ のほぼ2倍程度であり、このこ

とはひずみの性状が純せん断状態に近いことを裏付けていると考える。又、Strain3の結果が他の観測設備のもの最大せん断ひずみより大きなひずみを呈している場合が17例もあり、これは全結果20例の8割以上に当たる。

表-1 観測記録の最大値

年月日	時刻	震 央		震源 深さ (km)	M	加速度(gal) Strain1 Strain2 Strain3			
		位置 北緯 東経	距離 (km)			速度(kine)	$\epsilon(\mu)$ $\gamma(\mu)$	$\epsilon(\mu)$ $\gamma(\mu)$	$\epsilon(\mu)$ $\gamma(\mu)$
1. 96.11.11	14:21:11	茨城県南部 36° 00' 140° 05'	18	66	3.7	2.08 0.045	0.167 0.288	0.232 0.420	0.106 0.168
2. 96.11.24	07:40:18	千葉県北西部 35° 45' 140° 06'	25	77	4.5	6.57 0.230	1.30 2.27	1.06 1.95	1.94 3.56
3. 96.11.28	16:41:24	房総半島南東沖 34° 38' 140° 20'	147	69	5.2	2.26 0.203	0.560 0.891	0.493 0.947	0.946 1.57
4. 96.12.04	00:50:06	福島県会津地方 37° 26' 139° 37'	170	146	5.6	2.94 0.184	0.535 0.875	0.418 0.743	0.740 1.29
5. 96.12.21	10:28:56	茨城県南部 36° 06' 139° 52'	21	53	5.4	33.3 1.36	8.04 11.8	3.76 6.66	6.70 11.6
6. 96.12.21	15:23:44	茨城県南部 36° 06' 139° 52'	21	60	3.8	4.14 0.166	0.385 0.642	0.425 0.763	0.634 1.03
7. 97.01.06	08:22:12	茨城県南部 36° 12' 140° 07'	36	53	3.9	5.12 0.158	0.413 0.699	0.455 0.856	0.463 0.833
8. 97.01.27	00:27:00	千葉県北西部 35° 45' 140° 05'	24	77	4.2	4.56 0.234	0.721 1.24	0.572 1.07	1.04 1.75
9. 97.02.09	23:10:15	茨城県南部 36° 01' 139° 54'	11	48	3.4	3.53 0.104	0.254 0.412	0.218 0.432	0.293 0.537
10. 97.02.17	05:22:56	千葉県北西部 35° 34' 140° 08'	44	77	4.4	4.19 0.262	0.843 1.41	0.591 1.12	1.29 2.12
11. 97.02.19	10:04:24	千葉県北西部 35° 34' 140° 09'	44	76	4.2	5.57 0.298	1.57 2.45	1.01 1.98	1.87 3.51
12. 97.02.20	05:22:39	福島県沖 37° 24' 141° 11'	200	86	5.3	5.55 0.317	1.29 1.94	1.02 1.88	1.53 3.05
13. 97.03.04	00:31:14	伊豆半島東方沖 34° 58' 139° 10'	126	0	4.9	1.45 0.106	0.275 0.439	0.297 0.556	0.683 1.13
14. 97.03.09	21:07:55	千葉県北西部 35° 37' 140° 10'	40	76	4.3	2.78 0.149	0.609 1.01	0.451 0.807	0.882 1.68
15. 97.03.23	14:59:08	茨城県南部 35° 58' 140° 06'	17	72	5.0	18.2 1.08	5.26 7.66	2.41 4.52	6.82 11.8
16. 97.03.26	18:30:59	東京都23区 35° 37' 139° 44'	37	39	3.8	2.70 0.088	0.353 0.592	0.311 0.540	0.683 1.18
17. 97.03.28.	09:55:02	茨城県南部 36° 14' 139° 47'	37	58	3.7	2.34 0.057	0.220 0.387	0.188 0.350	0.412 0.753
18. 97.03.28.	19:14:05	茨城県南部 36° 13' 139° 48'	35	59	3.9	4.42 0.108	0.659 1.04	0.443 0.830	0.888 1.54
19. 97.04.02.	02:09:49	茨城県南部 36° 04' 139° 53'	17	51	3.6	3.10 0.074	0.245 0.402	0.297 0.549	0.477 0.826
20. 97.04.11	08:30:38	茨城県北部 36° 22' 140° 32'	75	54	4.1	2.02 0.045	0.180 0.298	0.205 0.371	0.409 0.684

M : マグニチュード.

4. 結び

地下水面レベルの地中に生ずる地盤ひずみの地震時観測を試行した。観測結果を地表のものと比較して次のようなことが云える。ひずみの性状は地表面に生ずるものに類似している。又、ひずみの振幅は大きい場合が多い。

謝辞: 本研究は文部省科学研究費基盤研究C(No. 086 50561)による補助を受けたことを記して、感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 森地重暉, 今村芳徳, 佐伯宗大: 地震時に生ずる地盤ひずみの観測結果について, 第9回日本地震工学シンポジウム論文集, 1994年12月, pp205~210