

(7) 地盤ひずみの微動記録例についての考察

東京理科大学 正会員 森地 重暉
東京理科大学 正会員 今村 芳徳

日本技術開発(株) 正会員 佐伯 宗大
東京理科大学 学生員 高野 工

1 はじめに

常時微動記録を用いた地盤の調査などは、地盤表面近くの層構造を知るのに適していると云われる。また、計器の設置や移動が容易であるために、広範囲での地盤の調査に適用されたり、大地震後に被災地に赴いての地盤調査、さらには余震の観測なども可能である。その他、土木構造物の耐震性の診断にも用いることができる。以上より、常時微動観測の適用性は、より広範囲なものになっていくと考えられる。

著者らは、地中構造物の耐震性の研究や耐震設計に基礎的資料を与えると思われる地盤ひずみの地震時観測を継続してきた。中小の地震によってではあるが、当該観測場所におけるひずみの性状を部分的に把握することができた。同一地点で常時微動により生ずる地盤ひずみと速度の観測を行い、両者の観測結果を併せ検討すると微動の性質がより明らかになると考えたので、検討結果の一例を呈示する。

2 実測方法と観測場所

地盤に生ずる微動の観測には、速度計形式の常時微動計（SPC-35E：東京測振（株））を用いた。水平動2成分、上下動1成分のもので、固有周期は1秒である。本測定器の有効な振動数範囲は0.5～10Hzである。サンプリング間隔は1/100秒で、1回の測定時間は連続5分間としている。その測定を1時間ごとに1日分、即ち24回行った。

地盤ひずみの微動観測は次のように行った。これは、地盤の3方向の垂直ひずみの観測を目的としたものである。地表に広がった正三角形の頂点の位置に鉄杭（外直径：75mm）を打ち込み、微動により生ずる鉄杭間の相対変位を差動トランス型変位計（DS-100型：東京測振（株））を用い測定した。サンプリング間隔は1/100秒である。この地震観測設備では、常時微動観測設備とは異なり、常時微動に対する起動が自動的ではないので、手動的に起動した。1回の観測継続時間は30～40秒とした。人間活動の少ない夜間と朝方の時間帯を観測時間を選び、適当な時間間隔で16個の時刻歴データを得た。

観測場所は千葉県野田市にある東京理科大学構内にある。野田市を通る国道16号線からは離れた位置にあり、交通振動などの大きな雑振動はないと考える。観測場所の土質の状況は図-1に示す通りであり、関東地方の中心部における標準的な地盤であると考えて良い。

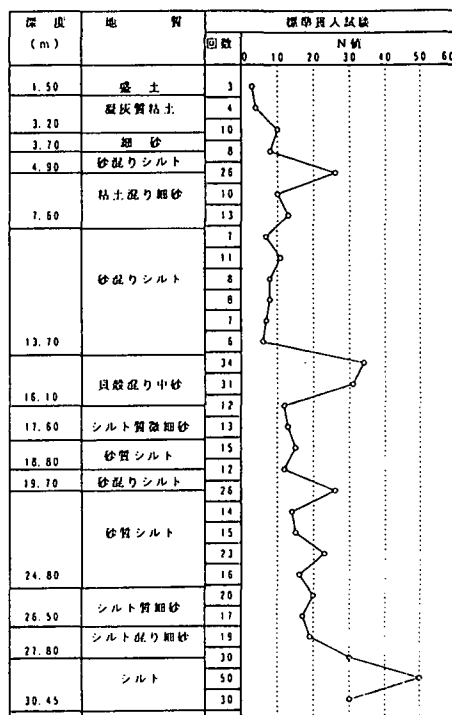


図-1 観測地点の地盤概況

3 実測結果とその検討

3.1 常時微動の観測結果について

データの処理は次のように行った。1回の観測データ(デジタルデータ:30000個)の中、上下・水平合わせて3成分が定常的と思われる20.48秒間を選び出す。この作業を1回の観測データに対して3度行い、合計で72(=24×3)個のデータを選ぶ。そして3成分に対して高速フーリエ変換を施す。その一例が図-2(a)に示されている。図より、各成分ともほぼ3Hz付近にピーク値を持つことがわかる。各成分のスペクトルを全て重ね書きすると図-2(b)に示すとおりになる。この図より、得られた常時微動は3Hz付近で卓越する振動数を持つことがわかる。

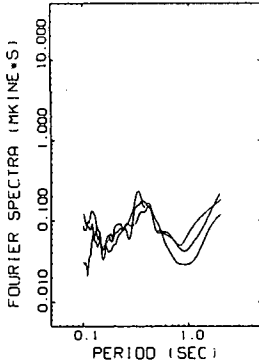
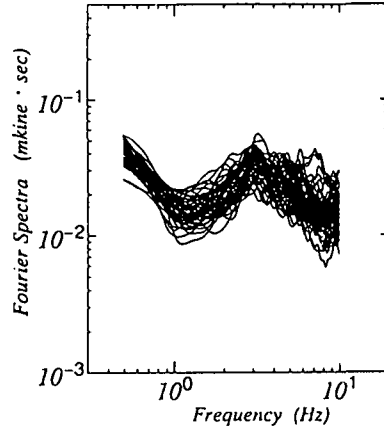


図-2 (a) 原スペクトル



(b) 原スペクトルの重ね書き

3.2 地盤ひずみの常時微動記録について

ひずみ記録の解析では、各時刻歴の中から比較的定常的であると思われる10.24秒間のデータを2つだけ取り出し、合計で32(=16×2)個のデータを選び出す。ところで、測定システム自体のノイズは微動記録測定に対して影響を及ぼす。そこで、ノイズの程度を調べるために、観測に用いた棒状の変位計を天井より2ヶ所ひもで吊るして水平にし、入力のない状態でノイズを測定した。得られたノイズのデータから微動記録の各時刻歴データと同じサンプル数のデータを取りだしFFTを施す。次いで、微動記録の時刻歴データにFFTを施し、実数部分の振幅と虚数部分の振幅の双方の絶対値が小さくなるようにノイズのものを加えるか、あるいは差し引くかしてノイズに対する補正とした。このようにして得られたスペクトルを逆変換して、補正後の時刻歴データとした。

以上のような処理を施した後に、不変量である主ひずみと($\epsilon_1 + \epsilon_2$)と最大せん断ひずみ(γ_{max})を算定し、それらのフーリエスペクトルを求めた。しかし、最大せん断ひずみは常に正であるため、微動との比較には不適当と考えたので、せん断ひずみ(γ_{xy})を用いることにした。合計32個の主ひずみととせん断ひずみのスペクトルの重ね書きを図-3に示す。この図より、主ひずみとよりせん断ひずみの支配的な振動数域では、3Hz付近に卓越した振動数があり、これは図-2に示す常時微動の結果と類似している。このように、常時微動の速度記録と地盤ひずみ記録とは卓越する振動数が

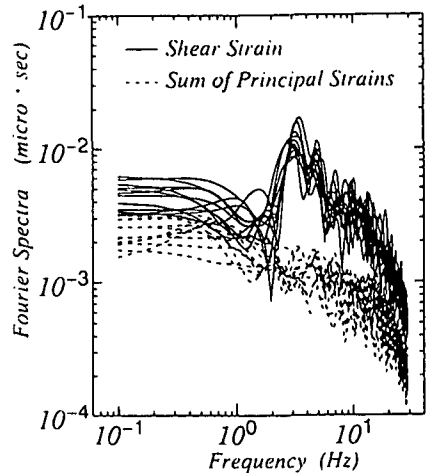


図-3 せん断ひずみと主ひずみとの重ね書きスペクトル

類似していることが明らかになった。

常時微動による地盤ひずみの性質について調べてみた。震観測の場合と同様に、1つのデータについて主ひずみ $(\varepsilon_1 + \varepsilon_2)$ と最大せん断ひずみ γ_{max} との比 $((\varepsilon_1 + \varepsilon_2)/\gamma_{max})$ の値と、最大主ひずみ方向と真北とのなす角 θ との確率密度分布を求めた。1つの記録についての結果を図-4と図-5に示す。これらの図より、ひずみの状態は純せん断状態に近いものであることが推定できるが、主ひずみ方向については明瞭でないと言える。そこで、観測記録の各振動数成分についての差異を調べてみた。0.3Hz毎の振動数成分を、0.4Hzのパーゼンのラグウィンドウで平滑化した時刻歴波形から取り出し、それぞれの $((\varepsilon_1 + \varepsilon_2)/\gamma_{max})$ の値と θ の確率密度分布を求めた。結果を図-6、7に示す。この図から、振動数成分によって分布にばらつきのあることが分かる。試みに、卓越振動数を含む2.5~4.5Hzの範囲だけ観測データのスペクトルを取り出して逆変換し、得られた時刻歴について $((\varepsilon_1 + \varepsilon_2)/\gamma_{max})$ の値と θ との確率密度分布を求めると、図-8、9に示す通りになる。図を見ると、ひずみの状態は純せん断に近い状態を示し、また、主ひずみ方向は一定方向が卓越しており、地震観測の場合と極めて類似していると言える⁽¹⁾。

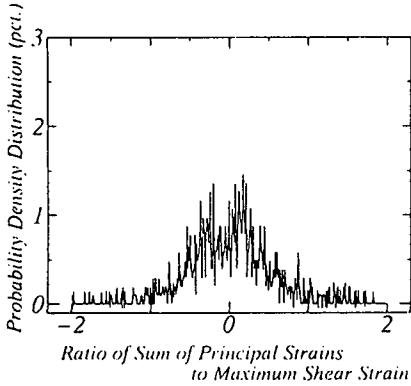


図-4 原データから算定した
 $((\varepsilon_1 + \varepsilon_2)/\gamma_{max})$ の確率密度分布

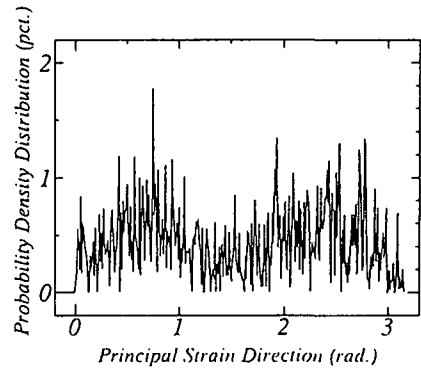


図-5 原データから算定した
 θ の確率密度分布

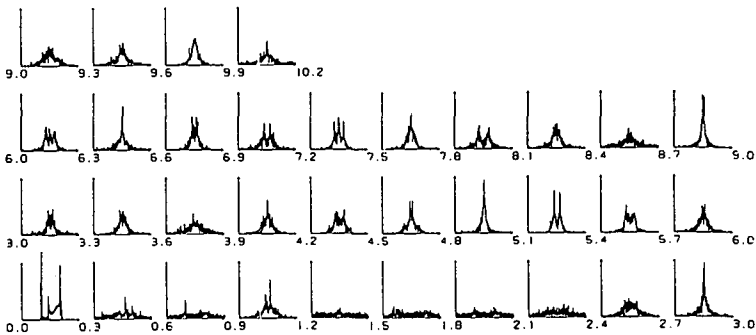


図-6 振動数ごとの $((\varepsilon_1 + \varepsilon_2)/\gamma_{max})$ の確率密度分布

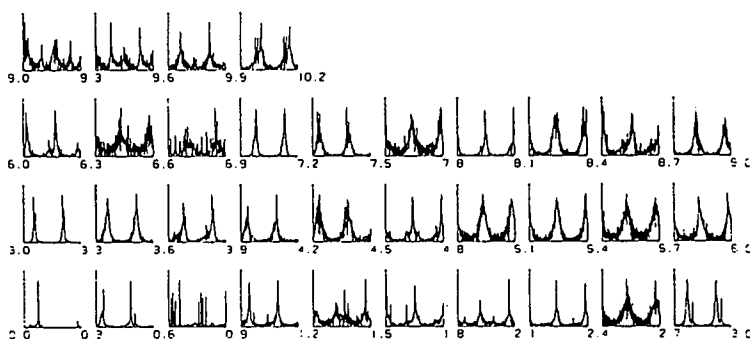


図-7 振動数ごとの θ の確率密度分布

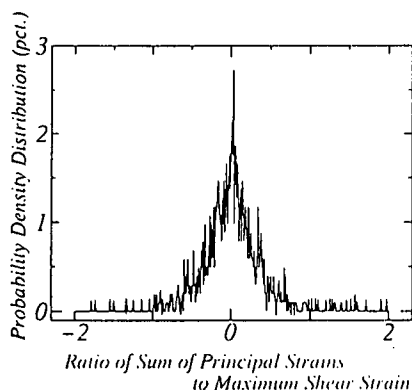


図-8 補正データから算定した
 $((\epsilon_1 + \epsilon_2) / \gamma_{max})$ の確率密度分布

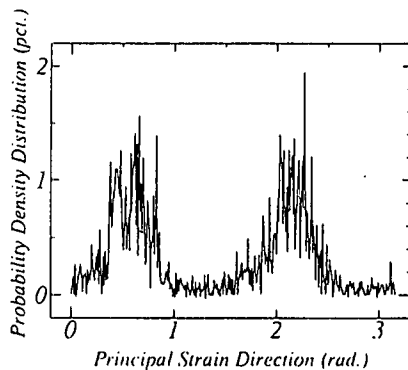


図-9 補正データから算定した
 θ の確率密度分布

4 結び

常時微動により生ずる地盤ひずみを観測し、同一地点での速度の常時微動の観測結果と併せ検討した。双方の最も卓越する振動数は類似しており、その振動数近辺では、地震観測結果と同様にひずみは純せん断の状態に近く、また主ひずみ方向は一定方向が卓越している。

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，pp205～210，1994年12月。