

常時微動観測よりみた広島市の地盤構造

角田 智彦
瀬尾 和 大

Ground Constitution of Hiroshima City Considered from Microtremor Observations

Tomohiko Tsunoda
Kazuoh Seo

Abstract

It is an interesting problem in earthquake engineering how investigations of the ground including microtremors are to be applied usefully to estimate characteristics of ground motions during an earthquake at some site.

For example, experimental studies were made on this problem at Hiroshima City through comparative investigations of microtremors, seismic prospecting and earthquake observations. As a result, it was confirmed that body waves in microtremors have a good correlation with ground constitution and with earthquake records in regard to frequency characteristics. However, besides body waves, another type of wave was found in microtremors, which may be seen as some kind of surface wave. Consequently, another problem was encountered—what the source of such waves might be and how they would be related to earthquakes.

概 要

本研究は、ある地域に予想される地震動の特性予測を行なうに当って、常時微動を含む地盤調査結果がどの程度有効に利用できるかについて、広島市を例に若干の検討を試みたものである。ここでは主に、弾性波試験および既往の地盤調査資料と常時微動の周期特性との比較検討、更に観測地震動と常時微動との周期特性比較を行なった。その結果、常時微動中の実体波成分については、地盤構造との相関がよく、観測地震動と周期特性がよく一致していることが判明したので、今後、地震動の特性予測に、この種の地盤調査が有用であるとの結論を得た。常時微動中にはこの他に表面波とみられる成分が含まれていたが、その成因あるいは地震動との係わりについては今後の大きな研究課題であろう。

1. まえがき

近年都市防災の立場から、ある地域の地震時被害の予測を面的な拡がりをもって把握しようとの考え方が盛んになりつつある。また各種建築物設計時の入力地震波の推定においても、ただ単に設計地盤の動的特性を調べるだけでなく、その地域の地盤動特性を総合的に把握した上で入力地震波を設定することが望ましいことは言うまでもない。本研究は、このようなある程度広い地域の地盤動特性の把握、延いてはこれらの地域に予想される地震動の特性予測を行なうに当って、常時微動を含めた各種地盤調査結果がどの程度有効に利用できるかについて、広島市を例にその調査結果の紹介と若干の検討を試みたものである。Fig-1 の No. 1~16 地点では常時微動観測を、また No. 2 および No. 7 地点では試錐と弾性波試験とを実施した。

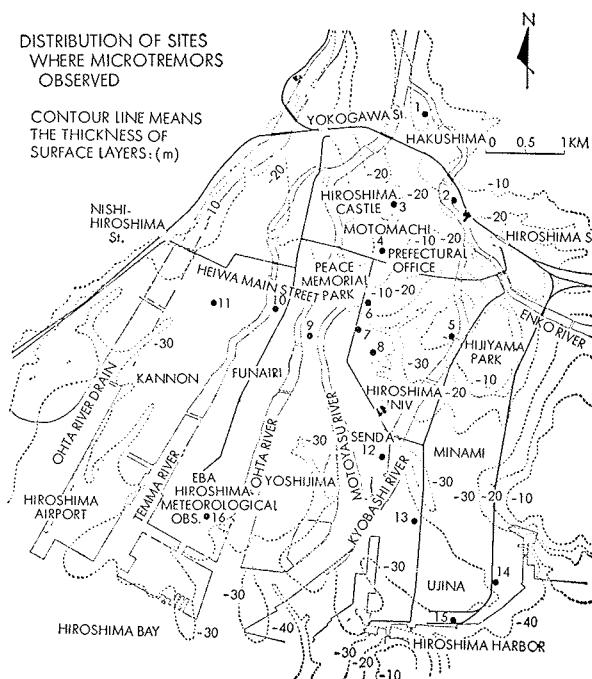


Fig.-1

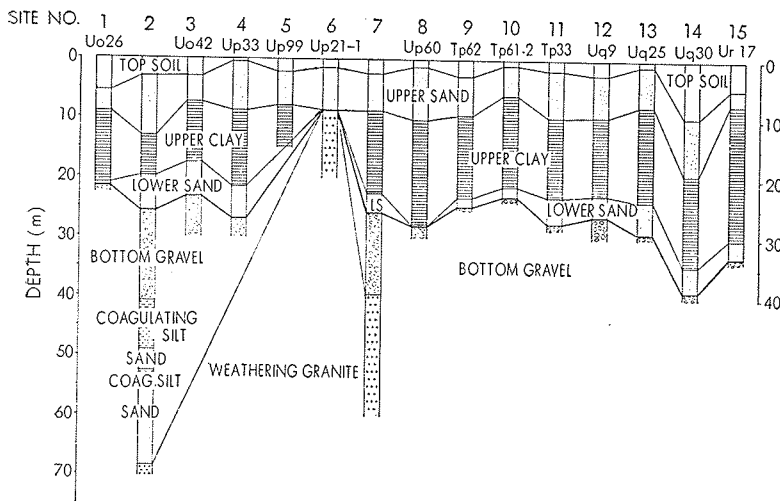


Fig.-2

2. 広島市内の地盤構造

Fig-2 は常時微動観測点付近の土質柱状図¹⁾を連ねたものであるが、同図からも明らかなように、広島市内の地盤構造は最上部層、上部砂層、上部粘土層、下

部砂層の4層から成る軟弱な表層地盤と、それ以深の基盤層とに大別される。ここで言う基盤層とは建物の支持層として耐え得ると言う程度の意味合であって地震工学上の所謂地震基盤とは考えがたい。基盤層は最上層部が砂礫層から成り、更に風化花崗岩、花崗岩盤が引き続いて存在するとみられている。各層の境界は明確でないが、2, 3の推定例¹⁾によれば平野部における花崗岩盤上面の深さは100~150m程度であると考えられている。また市内の随所で花崗岩が地表付近に突出しており、Fig-1中に示した表層地盤等厚線のごく薄い所はそのような個所に相当している。No. 6地点はその一例であり、またNo. 16地点は岩盤の露頭した丘陵上にある。No. 2, 7地点では風化花崗岩層を確認するための試錐と検層法による弾性波試験を行ない、Fig-3の資料を得た。その結果、大略のS波伝播速度の分布は表層地盤で100~160m/s、砂礫層では400~480m/s、それ以深の風化花崗岩等の層ではS波速度が一旦260~280m/sに低下し、その後深さとともに漸増することがわかった。尚、当初一般的に砂礫層に続いて風化花崗岩が存在するものと思われていたが、No.2地点の試錐の結果ではその途中で凝結シルト等の層が

部砂層の4層から成る軟弱な表層地盤と、それ以深の基盤層とに大別される。ここで言う基盤層とは建物の支持層として耐え得ると言う程度の意味合であって地震工学上の所謂地震基盤とは考えがたい。基盤層は最上層部が砂礫層から成り、更に風化花崗岩、花崗岩盤が引き続いて存在するとみられている。各層の境界は明確でないが、2, 3の推定例¹⁾によれば平野部における花崗岩盤上面の深さは100~150m程度であると考えられている。また市内の随所で花崗岩が地表付近に突出しており、Fig-1中に示した表層地盤等厚線のごく薄い所はそのような個所に相当している。No. 6地点はその一例であり、またNo. 16地点は岩盤の露頭した丘陵上にある。No. 2, 7地点では風化花崗岩層を確認するための試錐と検層法による弾性波試験を行ない、Fig-3の資料を得た。その結果、大略のS波伝播速度の分布は表層地盤で100~160m/s、砂礫層では400~480m/s、それ以深の風化花崗岩等の層ではS波速度が一旦260~280m/sに低下し、その後深さとともに漸増することがわかった。尚、当初一般的に砂礫層に続いて風化花崗岩が存在するものと思われていたが、No.2地点の試錐の結果ではその途中で凝結シルト等の層が

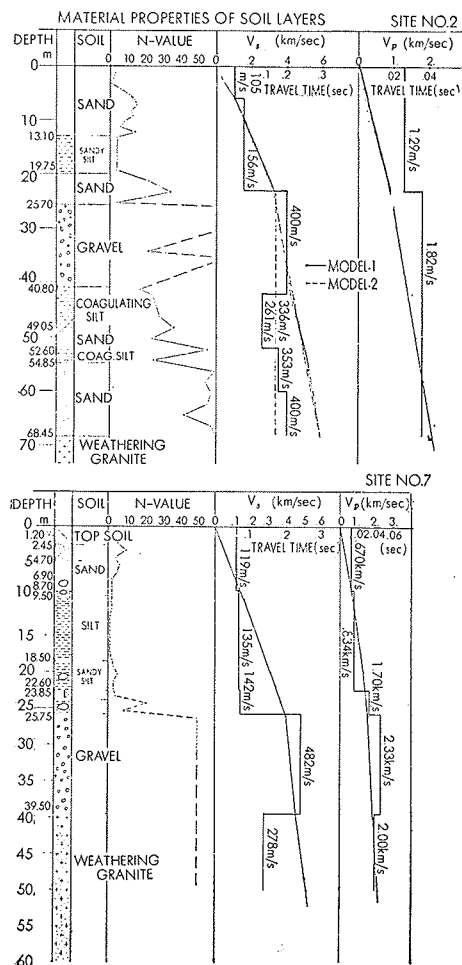


Fig.-3

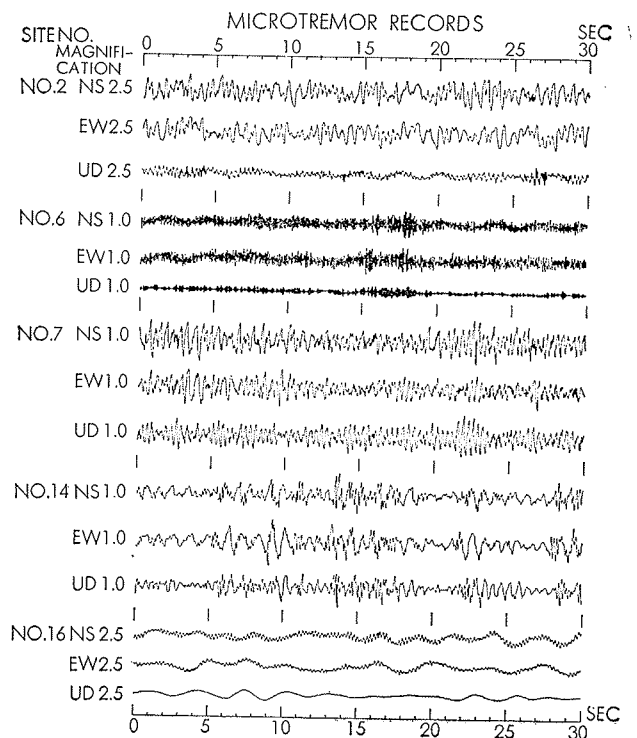


Fig.-4

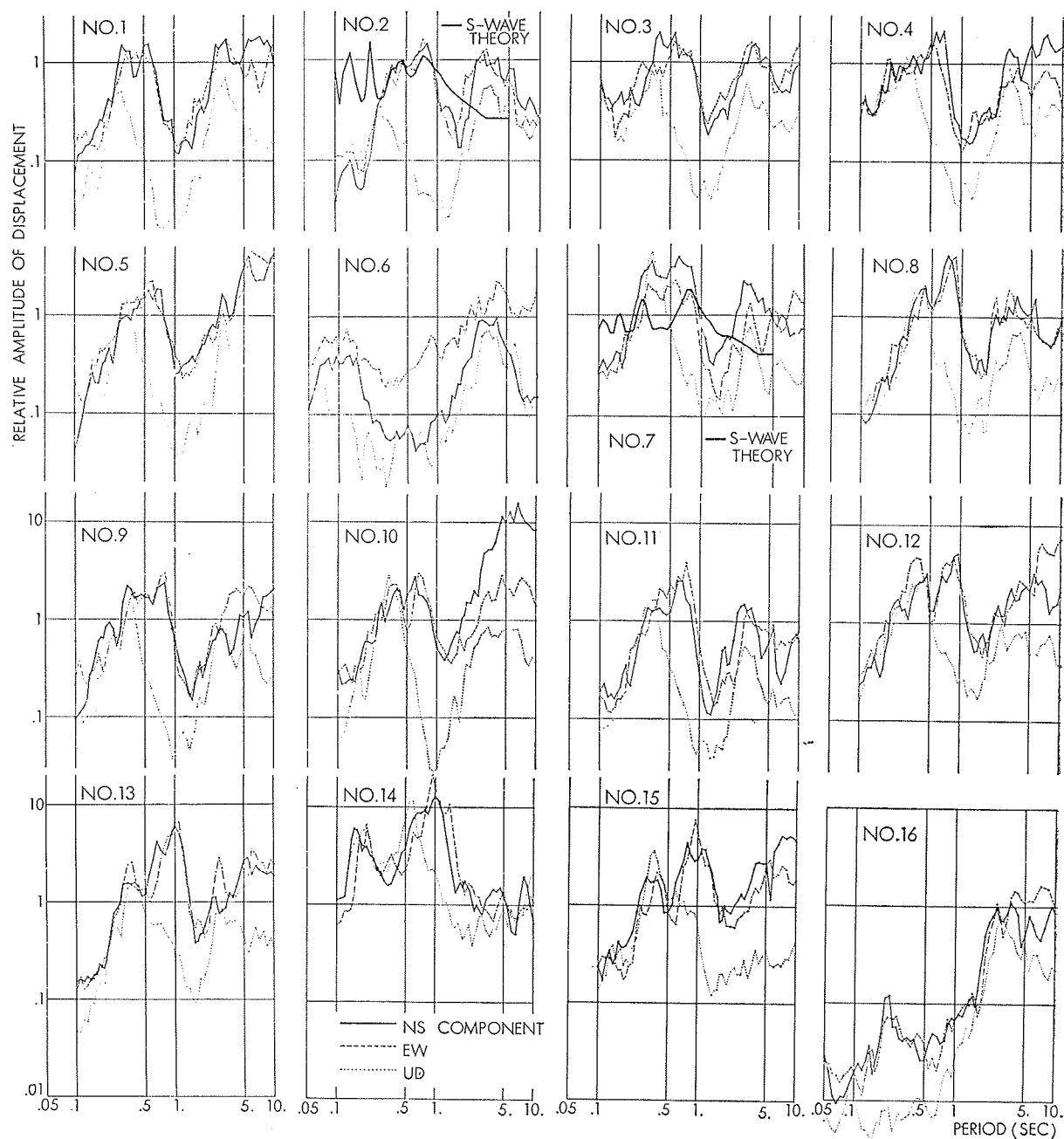


Fig.-5 Fourier Spectra of Microtremors

介在することが確認された。

3. 常時微動観測

広島市内の常時微動については既往の資料¹⁾があるが、本研究では更にその周期特性の細部を検討するため、前述の16測点において長周期微動計(5秒変位計)による3成分観測を行なった。Fig.-4に代表的な測点の記録波形を、また Fig.-5には各記録波形(60秒間)のフーリエ・スペクトルを示した。Fig.-5によって広島市内における常時微動の大略の性質が知られる。

まず周期特性に関しては次の様な特徴があげられよ

う。その1つは0.3秒付近の卓越周期であるが、3成分ともにピークが生じ、特に上下成分のピークが著しいことである。更に0.5~1.0秒の周期域においては、水平成分のみの顕著な卓越周期が存在する。また3秒付近の長周期域にも3成分にほぼ共通の卓越周期が認められる。

次に振巾レベルに関しては1秒近辺を境にしてそれよりも短周期側と長周期側とで性格を異にしている。即ち1秒よりも短周期側では測点間の振巾レベルの変動が大きく、一般に山側よりも海側でレベルが高い傾向がある。特に No. 6, 16 両地点においてこの周期

域の振巾レベルが低いのは岩盤が地表面直下に存在するという特殊な事情のためであろうと思われる。一方1秒よりも長周期側では全測点を通じて振巾レベルはほぼ一様であり、この程度の測点間の地理的分布、表層地盤の差異等にはよらない性質のものであることが知られる。

Fig.-6は上記の周期特性の3つの特徴となる卓越周期と表層地盤の厚さとの関係を示したものであるが、この図から3成分が共に卓越する0.3, 3秒付近の2つの周期は表層地盤の層厚とは無関係にほぼ一定値を示し、水平成分のみが卓越する0.5~1.0秒の周期は表層地盤の層厚とほぼ比例関係にあることが確認された。この水平成分の卓越周期を“成層地盤を伝播するS波の重複反射”の考え方に適合させると Fig.-5中のNo. 2, 7に例を示すとく両者は概ね一致する。以上の結果から常時微動中に含まれるこの成分の波は実体波

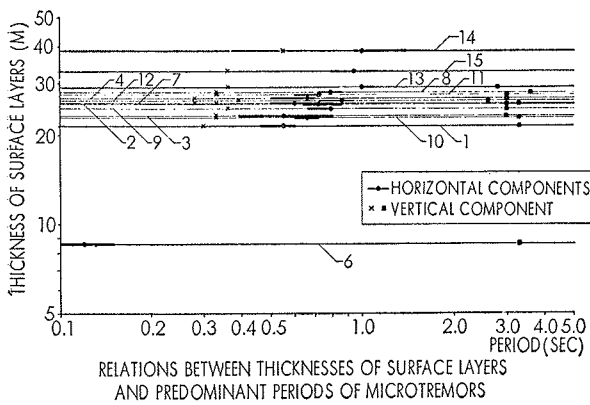


Fig.-6

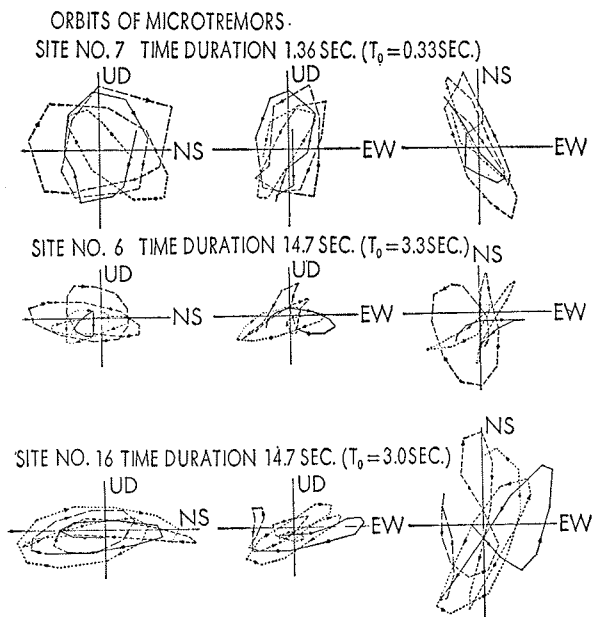


Fig.-7

として取り扱ってほぼ間違いないものと思われる。

一方3成分ともに卓越する0.3, 3秒の周期成分の波は上記の考え方では説明ができない性質のものであり、しかも上下成分が優勢であることから表面波とみる方が自然である。Fig.-7は微動記録の中から上下成分が優勢な部分を取り出して波形の軌跡を描いたものであるが、特にUD~NS断面から成る軌跡は表面波的傾向を示している。

4. 広島市内における地震記録

広島市は1905年の安芸灘地震において所謂直下の地震を経験している。その後、大地震はないものの、震度Ⅲ程度の地震には現在に至るまでしばしば見舞われている。一方、地震記録については1968年8月の愛媛県西岸地震の際、宇品地区の第三港湾建設局広島港工事事務所 (Site No. 14) で得られた SMAC 強震記録²⁾ が唯一の加速度記録であり、またこの時、同一地震の変位記録が江波地区の広島气象台 (Site No. 16 付近) の Wiechert 1倍強震計でも得られている。Fig.-8はこれらの強震記録のフーリエ・スペクトルを示した

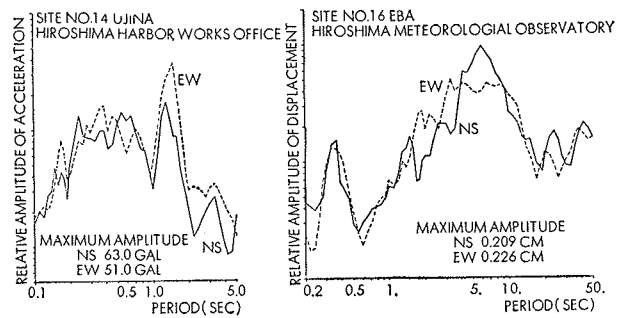


Fig.-8 Fourier Spectra of Seismic Records

Date; August 6, 1968, 01h17m

Epicentral Region; Wcoast of Ehime pref.

Magnitude; 6.6

Intensity (JMA): III in Hiroshima

ものである。これらのスペクトルを Fig.-5の常時微動のスペクトルと対比してみると両者の傾向には類似点が多く、特に No. 16地点では両者のスペクトルは殆ど一致する。No. 14地点では加速度記録と変位記録の対比となるため直接の比較は困難であるが、前述の実体波で説明ができる1秒近辺のピークはほぼ一致している。これらの数少ない例から直ちに地震動と常時微動との関連性について言及することはできないが、両者が夫々の周期特性の上で密接な関係を持っていることはほぼ間違いないところであろう。

5. まとめ

以上述べてきたごとく、地震動および常時微動中の実体波とみられる成分波については両者の対応もよく、またその成因についてもS波の重複反射によって都合よく説明づけることができることから、この種の地盤調査によって地震動の特性予測を行なうことは充分可能であると考えられる。しかしながら厳密に言えば前述のNo. 14地点におけるSMAC記録の1秒近辺のピークは常時微動のそれに比して若干長周期側に片寄っており、これが地盤構造上どの程度問題になるか、また地震基盤の取り方に関連して風化花崗岩以深の未確認の層をどのように取り扱うか等々問題は山積している。一方、ここで得られた常時微動中の表面波とみられる成分波については3成分観測によって漸く実体波との分離が可能となったところであり、その成因あるいは地震動に対してこれらの成分波がどのような係わりを持つかについては更に研究を重ねる必要がある。

謝辞

本研究の遂行に当っては気象庁地震課、広島气象台、運輸省港湾技術研究所、第三港湾建設局広島港工事事務所の関係各位に大変御世話になった。ここに厚く謝意を表明する。また現地における地盤調査に際して御助力を載いた当社広島支店建築部工務課の佐々木長治課長、三沢茂昭・中村正信の両氏並びに同支店広島交通工事事務所の助村義己所長に厚く謝意を表す次第である。

参考文献

- 1) 広島地区の地盤 都市地盤調査報告書第5巻
建設省計画局・広島県・広島市編 (1964)
- 2) 港湾地域強震観測年報 (1968)
港湾技研資料 No. 98 (1970, 3)

尚、本報は既に日本建築学会中国支部研究報告集(昭和48年9月)に発表のものを重ねて掲載したものである。