

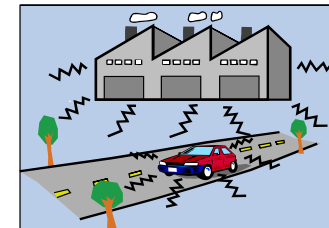
常時微動概論 —その理論と手法

神戸大学 都市安全研究センター
長尾 毅

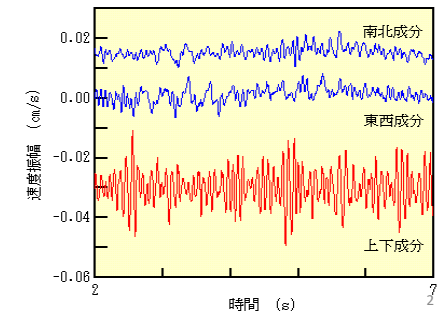
1

常時微動とは

- 地震でもないのに生じている地面の非常に微かな揺れのことを常時微動と呼ぶ
- microtremor, かつてはambient noiseと呼ばれノイズ扱いされたが、我が国の研究者の研究成果をもとに、盛んに活用されるようになった



周期により発生源は様々だが、あまり気にせず利用される(上の絵は高周波微動の発生源)

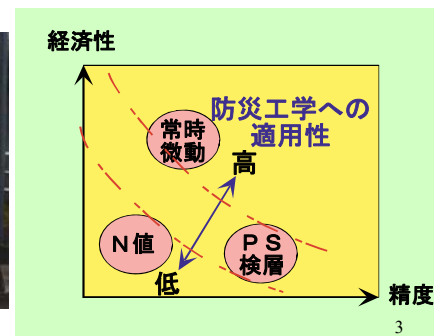


常時微動観測のメリット

- ①いつでもOK(地震を待つ必要なし)
- ②短時間でOK
- ③地表面に機械を設置するだけでOK(ボーリング必要なし)

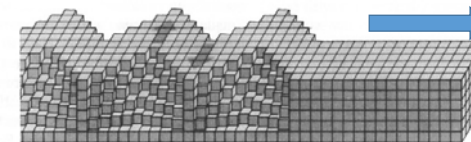


常時微動観測状況

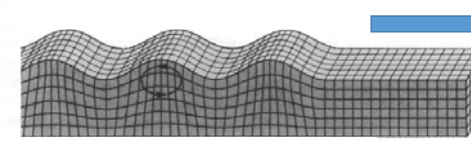


3

常時微動には表面波が卓越 (していると考えられている)



・ラウ波: 水平成分のみ



・レイリー波: 水平 & 鉛直成分

実務者のための耐震設計入門: 土木学会, 1998

4

常時微動解析の基本的考え方

- 観測された波形にはソースの影響と地盤の影響が両方含まれている(ノイズも含まれている)。
- 常時微動には表面波が卓越していると考え、観測された波形から地盤構造に関する情報を抽出する
- 観測された波形そのものから地盤構造に関する情報を引き出すことはできない。何らかの処理が必要

5

常時微動観測・解析手法の基本

- 単点観測(水平2成分, 鉛直1成分の観測)
⇒H/Vスペクトル(水平成分／鉛直成分)
- 多点の同時観測(アレイ観測)(主に鉛直成分, 時刻同期が必要)
⇒位相速度

得られる結果は、何れも地盤構造に関する情報を含んでいる

単点観測のほうが観測、データ整理ともに簡単
ただし得られる情報は少ない

6

単点観測結果の活用方法

- 常時微動の3成分観測→H/Vスペクトル→
ピーク周波数→地盤の卓越周波数
- 常時微動はレイリー波卓越→
常時微動H/V≒レイリー波H/V→
レイリー波H/Vのピーク周波数≒地盤の卓越周波数
- 卓越周波数が低周波数(長周期側)にあれば、堆積層が厚いか軟弱層が堆積する地盤構造と考えられる。
- 地盤の卓越周波数は、地震時の卓越周波数と強い相関がある

7

レイリー波H/Vスペクトルとは

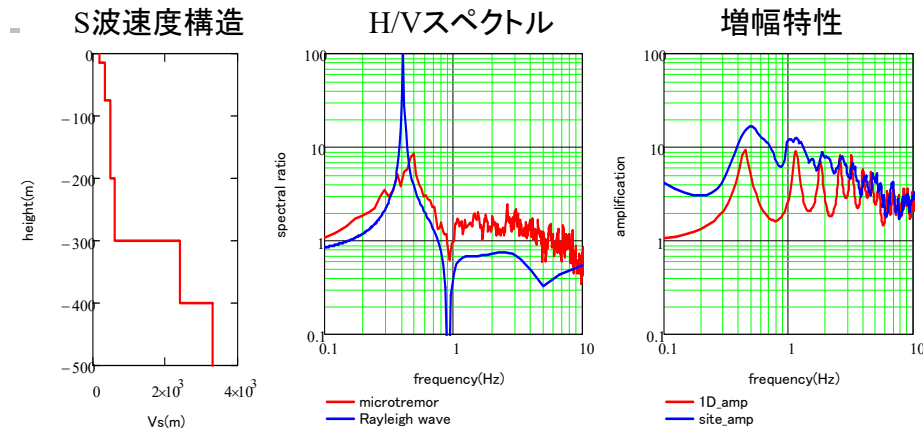
- 特性方程式から算出されるが、3層以上の地盤構造では解析的に解けない(パラメータ数が多すぎるので)。式も省略します
- 多くの地盤モデルを対象にした検討で、レイリー波H/Vスペクトルのピーク周波数と周波数伝達関数のそれぞれの1次ピーク周波数(最も低い周波数)が一致することが示されている



$h1, Vs1, Vp1, \rho1$
$h2, Vs2, Vp2, \rho2$
$hi, Vsi, Vpi, \rhoi$
$hn, Vsn, Vpn, \rho n$

8

適用例 (AICH04: KiK-net安城)



常時微動H/Vスペクトル, レイリー波H/Vスペクトル, 1次元周波数伝達関数, サイト増幅特性の全てにおいて一次ピークが一致. 2次以上のピークは一致していないことに注意

9

H/Vスペクトルの解釈についての注意

- 便利である(すぐに求められるので)が, 何を表しているのか理解して使うことが重要
- よくある? 誤解: 周波数伝達関数と同じように使ってしまふ, 2次のピークを無条件に使う, etc, etc, etc.....
- H/Vスペクトルから読み取れる情報は少なく, **1次のピーク周波数に関する情報以外は, よく精査しないと使うことはできない**
- ディップ(谷)の情報は, 後述するS波速度構造推定時には有益
- **どの深さまでの地盤構造に対応する卓越周波数なのかを慎重に見極める必要がある(無自覚的に工学的基盤～表層の卓越周波数が得られていると思い込む場合が多い)**

10

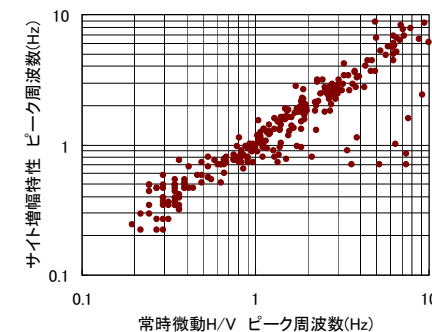
常時微動H/Vスペクトルの活用方法 (何れも, 補助的に用いられる)

- 地震動増幅特性の推定
- 堆積層厚の推定
- 地盤構造の推定(かなり補助的)
- 地盤構造の変化度の評価

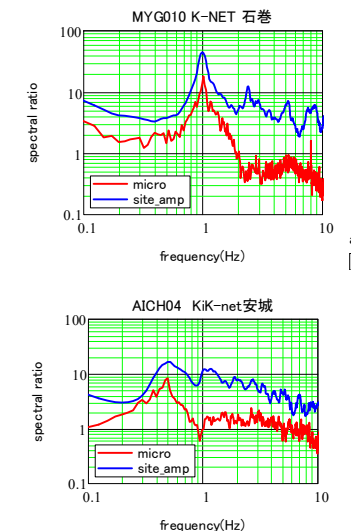
など

11

サイト増幅特性と常時微動H/Vスペクトルの1次ピーク周波数の相関



全国各地の観測データから, ピークが明瞭な場合は相関は非常に高い. つまり, 常時微動H/Vスペクトルから増幅特性の卓越周波数を評価できる



12

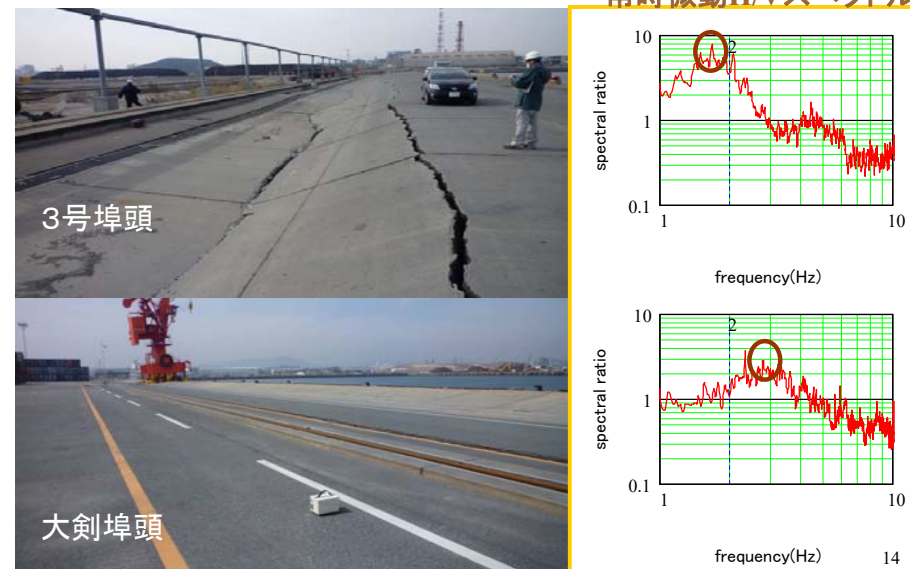
地震被災時の分析などでも、非常に頻繁に用いられている

- 被害大地点と被害小地点での常時微動観測結果をもとに、地震動の増幅特性などの違いから被害の大小を説明するために用いられている

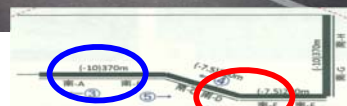
13

小名浜港における被害の差の原因

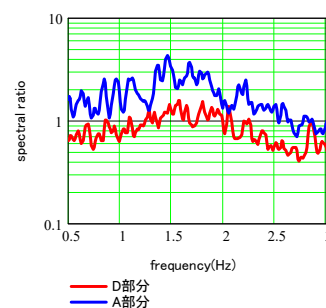
常時微動H/Vスペクトル



鹿島港における被害の差の原因



常時微動H/Vスペクトル



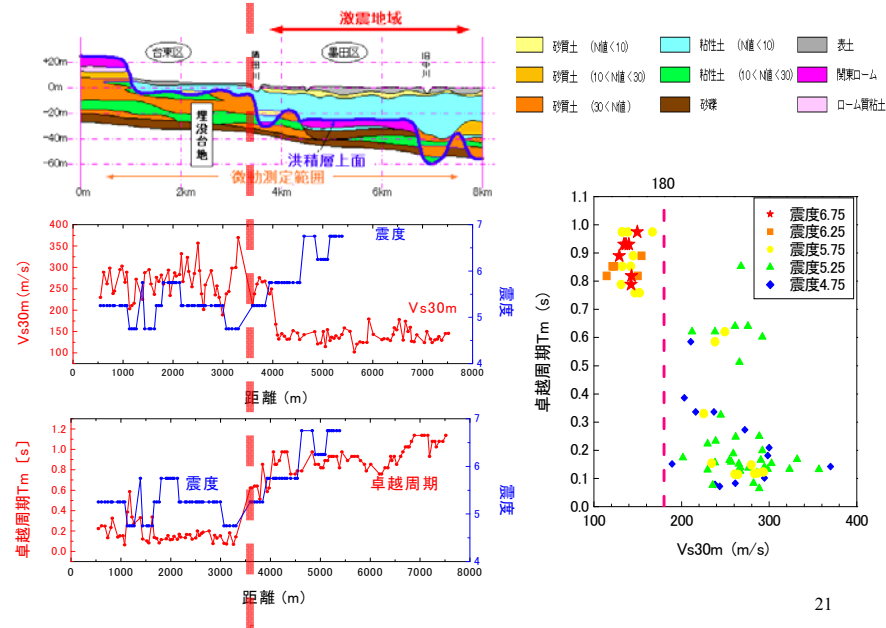
15

2016年熊本地震：益城町では大被害を受けた住宅も多いが健全な住宅も多い



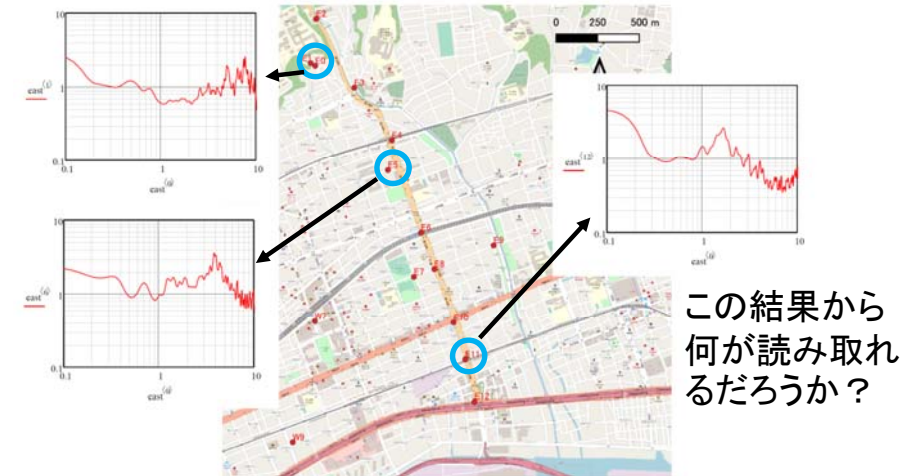
16

Vs30、卓越周期と震度の関係



21

2020年度の学生観測結果(データはEast_new.csv)



この結果から
何が読み取れ
るだろうか？

横軸は周波数, 縦軸はH/Vスペクトル

22

ゼミの進め方

- 第1回 常時微動概説
- 第2回 文献調査結果のプレゼン(1人5分)
- 第3回 文献調査結果を踏まえて, 常時微動の活用方策について, 検討の方向性のプレゼン(1人5分)(耐震設計, 地震・地盤防災以外に, 都市開発とか土地利用規制とか, いろいろあります)
- 第4回 常時微動の活用方策についてのプレゼン(1人5分)

23