

# 1) 科学研究費助成事業

## 1) - 1 微動観測に基づく既存宅地の地震時地盤変状発生予測システムの開発【安全・安心】

### A Practical Method to Estimate Seismic Deformation of Residential Land Based on Microtremor Measurement

(研究開発期間 平成 29～令和元年度)

構造研究グループ  
Dept. of Structural Engineering

新井 洋  
Hiroshi Arai

A practical method evaluating seismic deformation of residential land is proposed by using both the simplified formulas to compute lateral ground displacement during earthquakes and the microtremor measurement techniques. The accuracy and reliability of the proposed method are investigated through the strong motion simulations with the geological information and S-wave velocity profiles estimated from microtremor surveys at the damaged sites for the past huge earthquakes.

#### 【研究開発の目的及び経過】

大地震に対する宅地防災において、地盤変状による被害の発生を簡便に予測できる手法の開発が切望されており、解決すべき喫緊の課題と考えられる。

本研究開発では、任意の地震動レベルに対する既存宅地の地表水平変位の簡易算定法を導出し、宅地の造成記録と建設時の簡素な地盤調査データに微動1点観測を追加することで、地盤変状被害の発生を簡便に予測するシステムを構築し、その妥当性と有効性および適用限界を近年の国内の大地震における被害・無被害宅地に対する被害発生予測結果から検証することを目的とする。

#### 【研究開発の内容】

上記の目的を達成するため、以下の検討を行う。

- (1) 任意の地震動レベルに対する既存宅地の地表水平変位の簡易算定法の導出
- (2) 微動1点観測から既存宅地のS波速度構造を推定する手法の適用限界の明確化
- (3) (1)(2)の結果を反映した既存宅地の地震時の地盤変状被害発生予測システムの構築および妥当性・有効性と適用限界の検討
- (4) (3)で構築した地盤変状被害発生予測システムの地震リスク評価への応用の可能性の検討

#### 【研究開発の結果】

- (1) 任意の地震動レベルに対する既存宅地の地表水平変位の簡易算定法の導出

地盤は表層と工学的基盤から成る水平多層構造とし、表層の層数  $N$ 、地表から第  $i$  番目の層の厚さ  $H_i$  (m)、単位体積重量  $\gamma_i$  (kN/m<sup>3</sup>)、初期 S 波速度  $V_{S0i}$  (m/s)、

地震時の等価 S 波速度  $V_{SEi}$  (m/s)、表層の厚さ  $\sum H_i$  (m)、工学的基盤の単位体積重量  $\gamma_B$  (kN/m<sup>3</sup>)、S 波速度  $V_{SB}$  (m/s) とする。地表水平変位  $D_{\max}$  (m) は、式 1 または式 2 により算定する<sup>1)</sup>。

①地震荷重を工学的基盤で設定する場合

$$D_{\max} = C_1 (\alpha^2 - 1) f_A \sum H_i \quad (1)$$

②地震荷重を地表で設定する場合

$$D_{\max} = C_1 (\alpha^2 - 1) f_A \sum H_i \left\{ C_2 \left( 1 - \frac{1}{\alpha^2} \right) + \frac{2R_{z0}}{\alpha} \right\} \quad (2)$$

ここに、 $C_1$ ：表層の土質の  $G$ - $\gamma$  関係から決まる定数（粘性土 0.0028、砂質土 0.0015）、 $C_2$ ：表層の土質の減衰特性から決まる定数（粘性土 0.53、砂質土 0.66）、 $\alpha$ ：地盤の地震時の固有周期の伸び、 $f_A$ ：地震荷重の加速度一定領域の影響を考慮する補正係数、 $R_{z0}$ ：地盤の表層と工学的基盤の初期インピーダンス比である。 $\alpha$ 、 $f_A$ 、 $R_{z0}$ は、それぞれ式 3、式 4、式 5 で与えられる。

$$\alpha = 1 + \frac{LZC_\alpha T_0}{\sum H_i} \quad \text{ただし } \alpha \leq 4 \quad (3)$$

$$f_A = \min(1.6\alpha T_0, 1) \quad (4)$$

$$R_{z0} = \frac{\sum \gamma_i V_{S0i} H_i}{\gamma_B V_{SB} \sum H_i} \quad (5)$$

ここに、 $L$ ：地震荷重レベルにより決まる定数（レベル 1 で 0.2、レベル 2 で 1.0）、 $Z$ ：地域係数、 $C_\alpha$ ：表層の土質の動的変形特性から決まる定数（粘性土 25、砂質土 40）、 $T_0$  (s)：地盤の初期固有周期である。なお、地盤液状化の可能性がある場合、建築基礎構造設計指針による液状化判定<sup>2)</sup>を行い、得られた液状化層の動的水平変位  $D_{cy}$  を  $D_{\max}$  に加算する。

(2) 微動 1 点観測から既存宅地の S 波速度構造を推定する手法の適用限界の明確化

埋没谷状の不整形地盤を有する丘陵地の造成宅地において、微動 H/V スペクトルを利用した地盤探査の可能性を検討した。その結果、微動の移動 1 点観測は、宅地内のどこで地盤調査を行うべきかを定める先験的情報を得るための方法として有効である可能性が示唆された(図 1)<sup>3)</sup>。ただし、H/V スペクトルは必ずしも直下の地盤特性のみで決まらない場合があり、注意を要する。

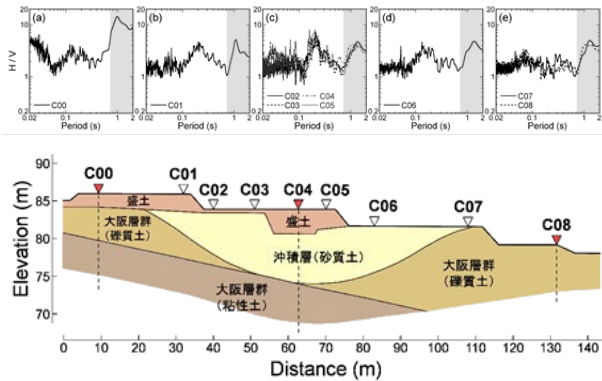


図 1 ある造成宅地における測線に沿う微動 H/V スペクトルと推定地盤断面との比較

(3) 既存宅地の地震時の地盤変状被害発生予測システムの構築および妥当性・有効性と適用限界の検討

(1) (2) で開発した既存宅地の地表水平変位の算定プログラムと微動 1 点観測から S 波速度構造を推定するプログラムを既存の微動観測システムに搭載し、2016 年熊本地震などの被害・無被害宅地で適用することにより、提案するシステムの妥当性・有効性と適用限界に関するデータを蓄積した(図 2)<sup>4)</sup>。

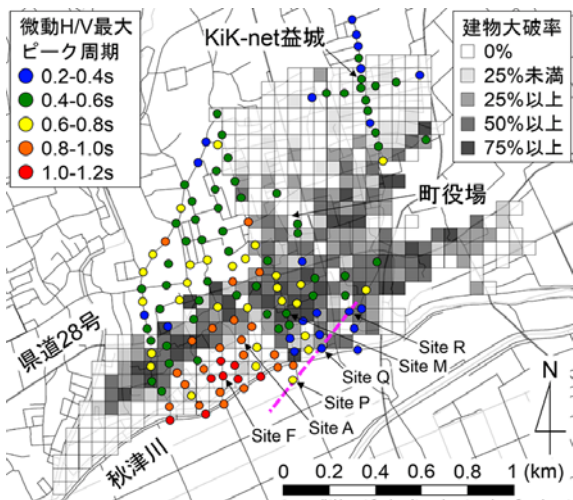


図 2 益城町中心部における建物大破率の分布と微動 H/V スペクトルの最大ピーク周期の分布の比較

(4) 地盤変状被害発生予測システムの地震リスク評価への応用の可能性の検討

2018 年北海道胆振東部地震では、札幌市清田区里塚地区において、地盤沈下による住宅被害が多数発生した。この被害様相を把握するため、国土技術政策総合研究所、ベターリビング、北海道立総合研究機構と共同で、9 月 18 日と 10 月 5 日に悉皆調査を行った(図 3、4)<sup>5)</sup>。

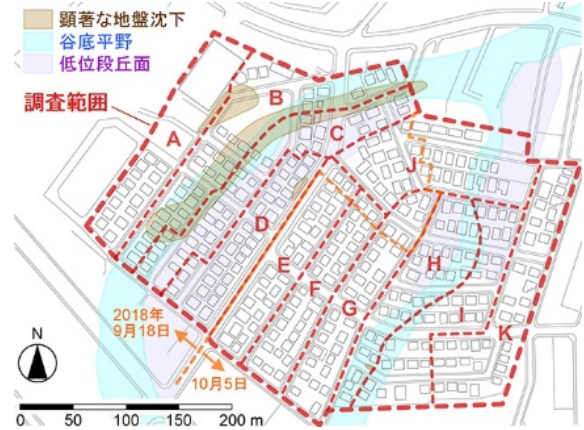


図 3 里塚地区の悉皆調査の範囲、顕著な地盤沈下の生じた地域、地形分類

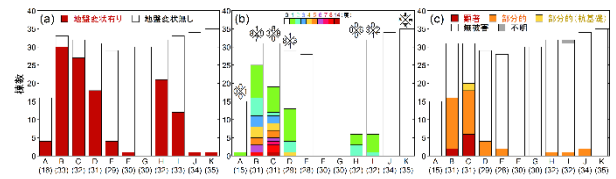


図 4 (a) 宅地の地盤変状の分布、(b) 住宅基礎の傾斜の角度と方向の分布、(c) 住宅基礎の損傷被害の分布

宅地の造成記録や SWS 試験データを収集し、開発した地震時地表水平変位の簡易算定法および 1 点微動探査法ならびに近傍の本震記録から推定した地震動を用いて、図 3 の各地区の地表水平変位を推定した。その結果と実際の地盤変状被害の発生の有無との対比から、被害の発生する地表水平変位のクライテリアを検討した。

以上を総括し、宅地の簡易な地盤変状被害発生予測法の開発と地震リスク評価の方法として取りまとめた。

【参考文献】

- 1) 建築学会：建築基礎構造設計指針、106-111、2019
- 2) 建築学会：建築基礎構造設計指針、49-62、2019
- 3) 新井：千葉県 建築物の液状化対策講習会、2017
- 4) 新井ら：建築学会大会、構造 II、585-586、2018
- 5) 新井ら：建築学会大会、構造 I、583-584、2019