

平成 26 年 12 月 12 日

平成 26 年 11 月 22 日に発生した長野県北部を震源とする地震により被災した  
白馬村神城地区の建築物の周辺地盤と基礎の状況調査報告

国土交通省 国土技術政策総合研究所  
独立行政法人 建築研究所

### 1. 調査目的

平成 26 年 11 月 22 日 22 時 08 分頃長野県北部で発生した地震により被災した白馬村神城地区では、11 月 24 日に、木造住宅を中心とした建築物の被害状況調査が行われている<sup>1)</sup>。そこで、この地区の地震動特性および地盤特性を把握するための基礎資料の収集を目的として、地盤の微動観測を行った。また、これと並行して、墓石の転倒調査および建築物の周辺地盤と基礎の被害状況調査を行った。

### 2. 調査者

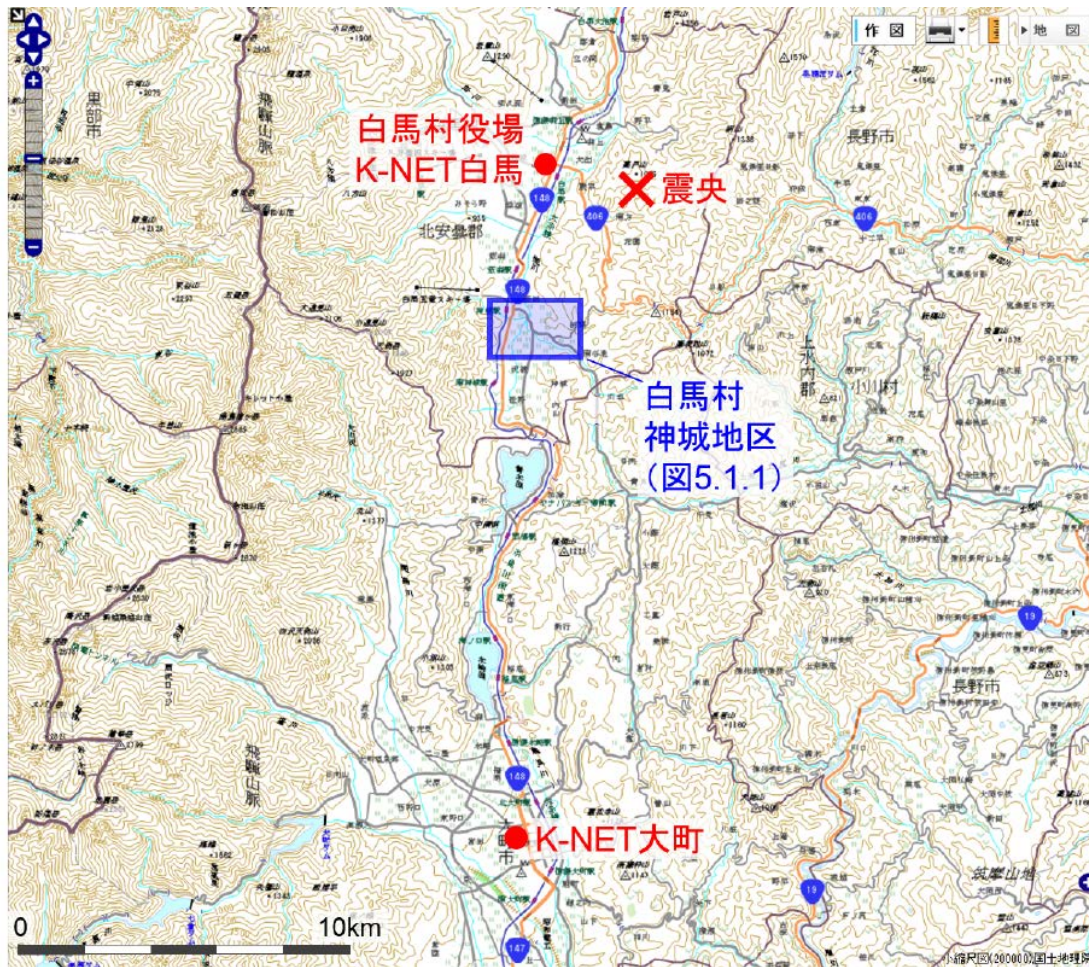
国土交通省 国土技術政策総合研究所  
建築研究部 構造基準研究室 主任研究官 新井 洋  
独立行政法人 建築研究所 構造研究グループ 研究員 柏 尚稔

### 3. 調査日時および調査地域

平成 26 年 11 月 26 日（水）

10:30～11:30 長野県北安曇郡白馬村役場訪問，微動観測実施

12:00～16:30 長野県北安曇郡白馬村神城地区堀之内（西部，東部）および同地区三日市場 微動観測，墓石調査，被害状況調査実施



地図出典：地理院地図（電子国土 Web） 小縮尺図（200000），国土地理院

図 3.1 調査地域（白马村神城地区）および周辺の本震観測点（防災科学技術研究所 K-NET 白馬，K-NET 大町）

#### 4. 震源情報および調査地域周辺の本震記録

##### 4.1 震源情報<sup>2)</sup>

緯度 北緯 36 度 41.5 分，経度 東経 137 度 53.4 分，深さ 5km，マグニチュード 6.7

##### 4.2 調査地域周辺の本震記録

調査地域の周辺では，2 地震観測点（防災科学技術研究所 K-NET 白馬および K-NET 大町）において本震記録が得られている<sup>3)</sup>。図 4.2.1, 4.2.2 に，両地点の本震記録の水平面内軌跡を示す。この際，時刻歴の速度は加速度の 1 自由度系（固有周期 20 秒，減衰定数 0.707）の相対速度応答から求め，変位は速度の時間積分（Newmark-β法）から求めた。図から，K-NET 白馬では NS 方向の地動が卓越している。一方，K-NET 大町では，EW 方向の地動がやや優勢に見える。K-NET 白馬の地動の最大加速度，最大速度，最大変位は  $570\text{cm/s}^2$ ， $58\text{cm/s}$ ， $16\text{cm}$  で，K-NET 大町のそれら（ $99\text{cm/s}^2$ ， $5.9\text{cm/s}$ ， $2.5\text{cm}$ ）の 6-10 倍程度大きい。

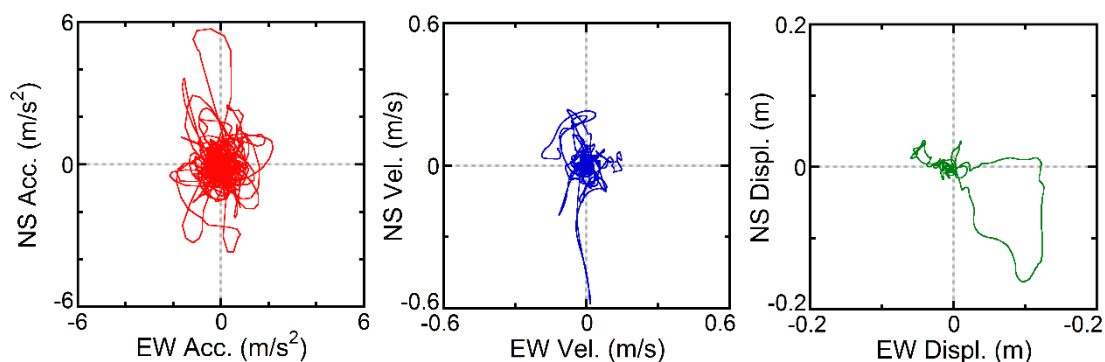


図 4.2.1 K-NET 白馬観測点の本震記録の水平面内軌跡（加速度，速度，変位）

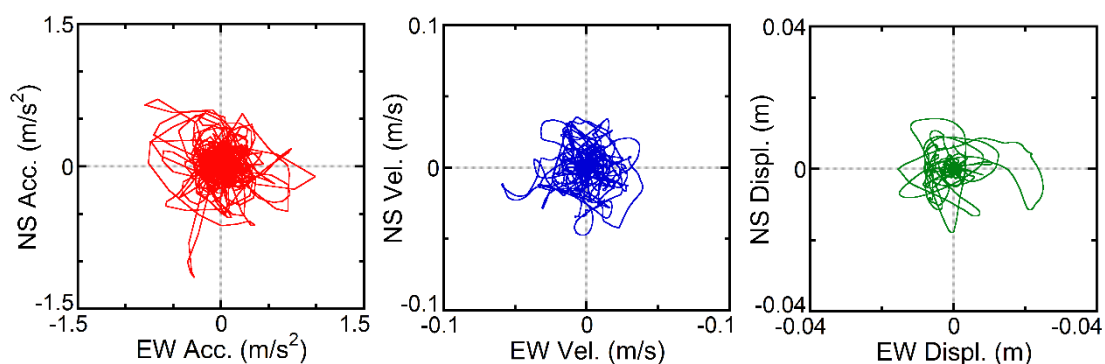


図 4.2.2 K-NET 大町観測点の本震記録の水平面内軌跡（加速度，速度，変位）

図 4.2.3, 4.2.4 は、K-NET 白馬および K-NET 大町の本震波形と最大値で規準化した加速度フーリエ振幅のランニングスペクトルを示している。図から、K-NET 白馬では、主要動として 2 つの波群が見られる。一方、K-NET 大町では、主要動の波群は 1 つに見えるが、その後続けて速度・変位の明瞭な 40 秒間程度の波群が見られる。両地点とも、主要動の卓越周期は 0.2-0.8 秒程度であるが、後続波のそれは 2-4 秒程度となっている。

図 4.2.5, 4.2.6 は、K-NET 白馬および K-NET 大町の本震記録の加速度応答スペクトルと標準的な木造住宅の性能等価加速度応答スペクトル<sup>4)</sup>とを比較して示している。木造住宅の性能等価加速度応答スペクトルは、住宅を基礎固定の等価 1 質点系モデルに置換し、その復元力特性を降伏変形角 1/100 のバイリニア型と仮定して、与えられた変形角  $R$  を住宅の変形限界としたときの地震荷重の換算値に相当している<sup>4)</sup>。したがって、木造住宅の等価高さ  $H_e$  を仮定すれば、性能等価加速度応答スペクトルは、降伏せん断力係数  $C_y$  ごとに、変形角  $R$  に対応する固有周期-加速度応答平面上の曲線で表される。ここでは、標準的な木造住宅として  $H_e = 4.5\text{m}$ ,  $C_y = 0.2, 0.4, 0.6$  を仮定し、図の曲線は、 $1/R$  が 7-100 までの範囲を示している。この曲線と地震動の加速度応答スペクトルとの交点から、木造住宅の最大応答変形角  $R_{\max}$  および最大応答に最も寄与する地震動の周期成分が推定される<sup>4)</sup>。

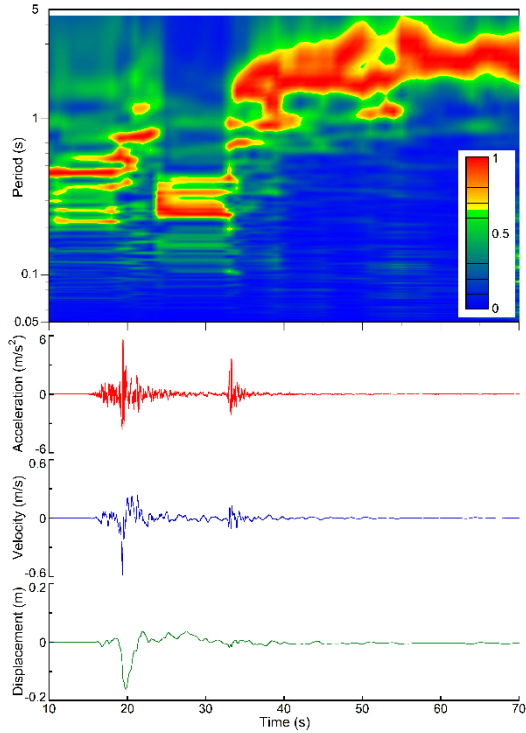


図 4.2.3 K-NET 白馬観測点の本震波形 (NS 方向) と最大値で規準化した加速度フーリエ振幅のランニングスペクトル

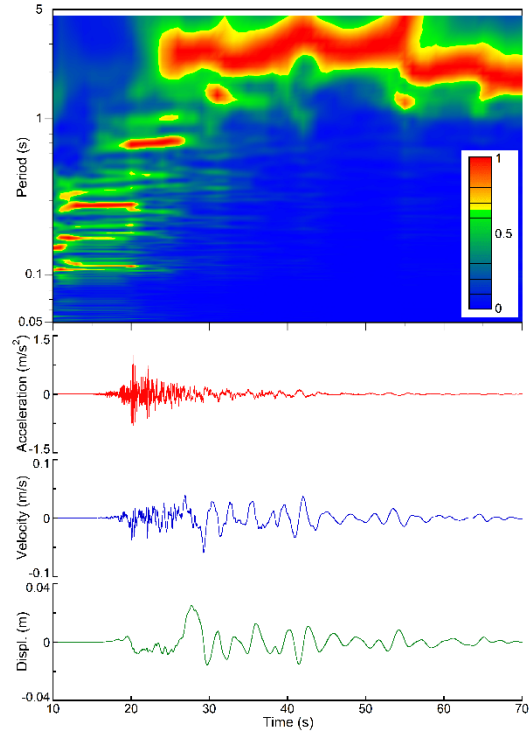


図 4.2.4 K-NET 大町観測点の本震波形 (EW 方向) と最大値で規準化した加速度フーリエ振幅のランニングスペクトル

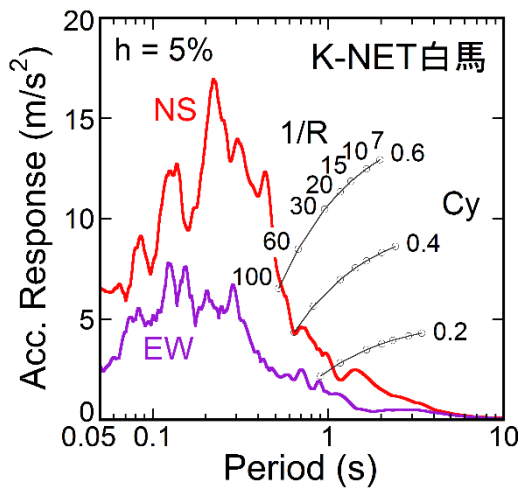


図 4.2.5 K-NET 白馬観測点の本震記録の加速度応答スペクトル (減衰定数 5%) と標準的な木造住宅の性能等価加速度応答スペクトルとの比較

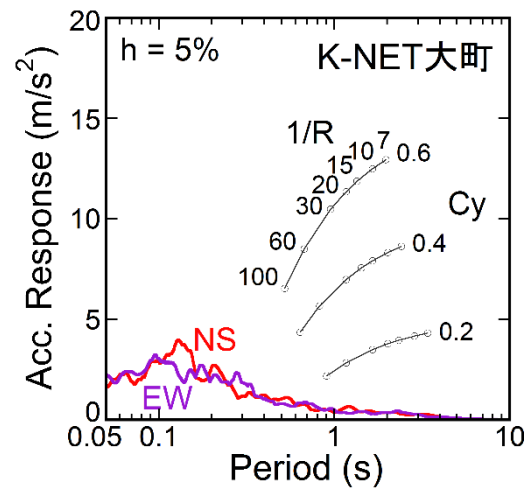


図 4.2.6 K-NET 大町観測点の本震記録の加速度応答スペクトル (減衰定数 5%) と標準的な木造住宅の性能等価加速度応答スペクトルとの比較

図 4.2.5, 4.2.6 から, K-NET 白馬と K-NET 大町いずれの地点の本震地動に対しても, 木造住宅の推定最大応答変形角  $R_{\max}$  は 1/100 以下で, 木造住宅に大きな被害は生じないと予想される. 一方で, 被災地域(白馬村神城地区)の木造住宅で大きな被害を受けたものは, いずれも比較的古い建築物であり<sup>1)</sup>, その耐震性能は標準的な木造住宅と異なっている可能性も考えられる. 両者の耐震性能の差異は, 現時点では不明確な部分も多いが, 仮に, これが図中の性能等価加速度応答スペクトルに大きな影響を与えないとすれば, 図から, 被災地域の本震地動が K-NET 白馬のそれより大きかった可能性を指摘できる.

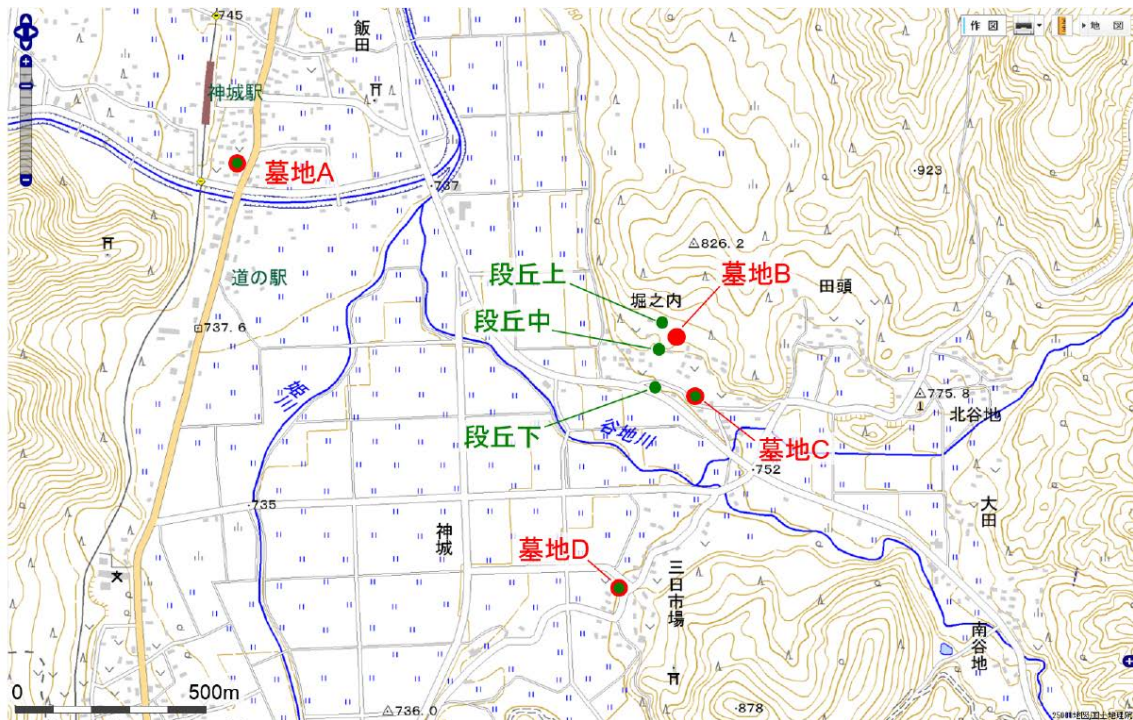
なお, 防災科学技術研究所の公表する地盤情報<sup>3)</sup>によれば, K-NET 白馬と K-NET 大町いずれの観測点も, 地盤の S 波速度は, 地表付近で 250m/s 程度, 深さ 7-8m で 440-500m/s の礫層が出現することから, 得られた地震記録は概ね工学的基盤露頭波に近いと考えてよいと思われる.

## 5. 調査概要

4.2 節より，被災地域の本震地動の強さや周期特性について，現時点では不明確な部分が多いと考えられる．そこで，これらを把握するための検討に資する情報の取得を目的として，墓石の転倒調査および地盤の微動観測（1点3成分移動観測）を実施した．また，これらと並行して，建築物の周辺地盤と基礎の被害状況を外観目視により踏査した．この際，電柱の傾斜・移動が多く見られたことから，その状況を記録した（付録参照）．

### 5.1 墓石の転倒調査

墓石の転倒調査は，図 5.1.1 に赤丸印で示す 4 地点の墓地 A-D で実施した．なお，図中の緑丸印（墓地 A, C, D および段丘上，段丘中，段丘下）の 6 地点では，微動観測を行っている（5.2 節参照）．



地図出典：地理院地図（電子国土 Web）標準地図（25000），国土地理院

図 5.1.1 白馬村神城地区における墓石の転倒調査地点（墓地 A-D：赤丸印）および微動観測地点（墓地 A, C, D および段丘上，段丘中，段丘下：緑丸印）

表 5.1.1 墓地 A-D の墓石転倒状況

墓地	場所	地盤変状	墓石転倒率	母数
A	神城駅付近	無	13%	16
B	堀之内西部	有	(100%)	確認不能
C	堀之内公民館前	有	(100%)	確認不能
D	三日市場	無	(100%)	4



写真 5.1.1 墓地 A (神城駅付近) の墓石転倒状況



写真 5.1.2 墓地 B (堀之内西部) の墓石転倒状況



写真 5.1.3 墓地 C (堀之内公民館前) の墓石転倒状況



写真 5.1.4 墓地 D (三日市場) の墓石転倒状況：4 基とも北側に転倒

表 5.1.1 および写真 5.1.1-5.1.4 に、墓地 A-D の墓石転倒状況を示す。墓石の転倒率は、墓地 A で 13% (2/16)、墓地 B-D で 100%であった。しかし、墓地 B, C では、盛土の破壊による地盤変状が顕著であったため、墓石の転倒が地震動 (慣性力) のみによって生じた結果とは考えにくい。また、転倒した墓石も顕著に散乱していたため、母数の計測が困難であった。

一方、墓地 D では、地盤変状は見られなかったが、墓石の母数は 4 であり、転倒率を算定するには少なすぎる。よって、地震動強さを反映する墓石転倒率として、今回の初動調査の範囲では、墓地 A のデータが有効と考えられる。なお、墓地 D の墓石転倒方向は 4 基とも北方向で、これは K-NET 白馬の本震地動の卓越方向（南北方向）と整合している。

墓地 A の墓石転倒率から地震動強さを推定するため、任意に抽出した計 8 基の竿石の寸法（幅と高さ）をメジャーで計測した。この際、竿石の幅が 20cm 程度以下の小さな墓石は除外した。竿石寸法（幅 B, 高さ H）から次式で算定される周期  $T_b$  と地震動の卓越周期  $T_e$  との大小関係によって、墓石の転倒率が最大地動加速度 PGA と最大地動速度 PGV いずれの地震動強さと関係付けられるかが決まる<sup>5),6)</sup>。

$$T_b = H^{0.5} (1 + B/H)^{1.5} / 15.6 \quad (5.1.1)$$

$T_e < T_b$  の場合、墓石転倒率は PGV と関係している可能性が高い<sup>5),6)</sup>。

ここで、計測された竿石寸法の平均値は、幅 B = 31cm, 高さ H = 81cm (B/H = 0.38), その変動係数は、ともに 0.05 程度であった。この場合、(5.1.1)式から、 $T_b$  は 0.9 秒程度となる。一方、墓地 A における地震動の卓越周期  $T_e$  は、現時点では不明であるが、K-NET 白馬および K-NET 大町など周辺の本震記録の主要動の卓越周期が 1 秒以下であること（4.2 節の検討や既報<sup>1)</sup>など）、この地点の微動 H/V スペクトルのピーク周期が 1 秒程度であること（5.2 節：後述）から、概ね  $T_b$  (0.9 秒程度) 以下となっている可能性が高いと推察される。この場合、墓石転倒率 P は PGV と関係付けられ、両者の関係は、標準正規分布関数  $\phi$  を用いて次式<sup>5),6)</sup>で表される。

$$P = \phi((\ln(PGV) - \ln(V_0)) / 0.4) \quad (5.1.2)$$

ここに、 $V_0 = 10(B/H^{0.5})(1+B/H)^{2.5}$  である。

(5.1.2)式を用いて算定した PGV と墓石転倒率 P との関係を図 5.1.2 に示す。図から、墓地 A の墓石転倒率 P = 13% より、PGV = 50cm/s 程度と推定される。このことと、墓地 A の近傍では建築物の被害がほとんど見られなかったことから、被災地域（堀之内と三日市場）の PGV は、少なくとも 50cm/s 程度より大きかったと推察される。

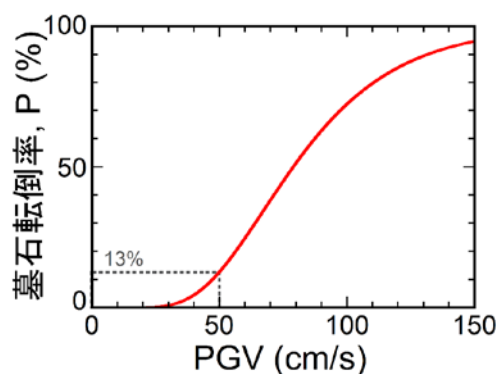


図 5.1.2 墓地 A における PGV と墓石転倒率 P との関係 ((5.1.2)式)



## 5.2 地盤の微動観測

微動観測は、図 5.1.1 に緑丸印で示す 6 地点（墓地 A, C, D および堀之内西部の段丘上、段丘中、段丘下）と K-NET 白馬において実施した。観測では、固有周期 2 秒の 3 成分速度計（写真 5.2.1）を用いた。K-NET 白馬の微動観測風景を写真 5.2.2 に示す。



写真 5.2.1 使用した微動観測システム



写真 5.2.2 K-NET 白馬の微動観測風景

観測波形は増幅器とローパスフィルタ（カットオフ周波数 12.5Hz, -12dB/Oct.）を通した後、サンプリング周波数 100Hz で A/D 変換（24bit）し、ノートパソコンに記録した。記録波形が定常性を保っている区間を選び、各成分 40.96 秒のデータセットを 8-16 個程度作成して、文献 7 の方法により、次式で定義する H/V スペクトルを求めた。

$$H/V = \sqrt{\frac{P_{NS} + P_{EW}}{P_{UD}}} \quad (5.2.1)$$

ここに、 $P_{NS}$ ,  $P_{EW}$ ,  $P_{UD}$  は、水平直交 2 成分および鉛直成分の微動のパワースペクトルである。図 5.2.1-7 に、各地点で得られた微動の H/V スペクトルを黒線で示す。図には参考のため、NS, EW 方向ごとの H/V スペクトル  $(P_{NS}/P_{UD})^{1/2}$ ,  $(P_{EW}/P_{UD})^{1/2}$  も赤線、青線で示している。また、図 5.2.7 には、防災科学技術研究所の公表する地盤情報<sup>3)</sup>に基づいて、K-NET 白馬の地表から 20m までの弾性波速度構造から計算したレイリー波基本モードの H/V スペクトルを灰色破線で示している。さらに、白馬村神城地区の地質情報として、図 5.2.8 に、この地区を含む神城平（旧神城湖）の地質略図<sup>8)</sup>を、微動観測点の概略位置とともに示す。

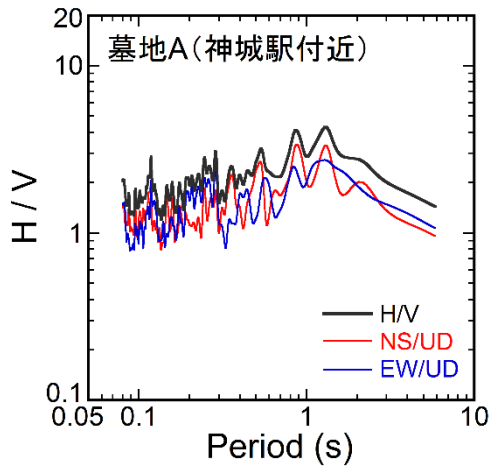


図 5.2.1 墓地 A (神城駅付近) の微動 H/V スペクトル

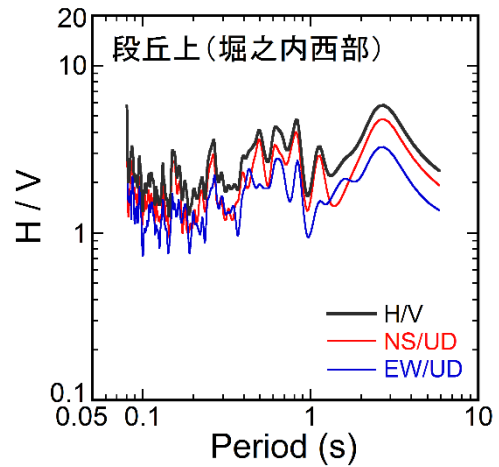


図 5.2.4 段丘上 (堀之内西部) の微動 H/V スペクトル

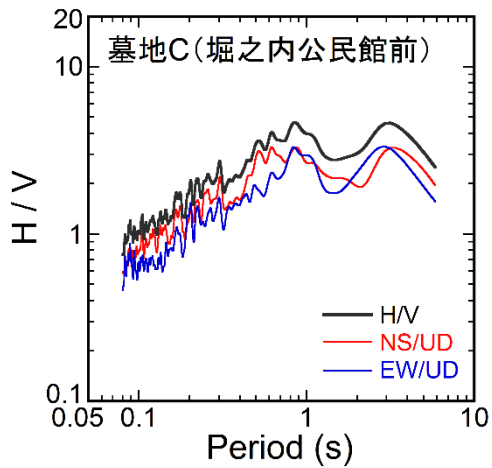


図 5.2.2 墓地 C (堀之内公民館前) の微動 H/V スペクトル

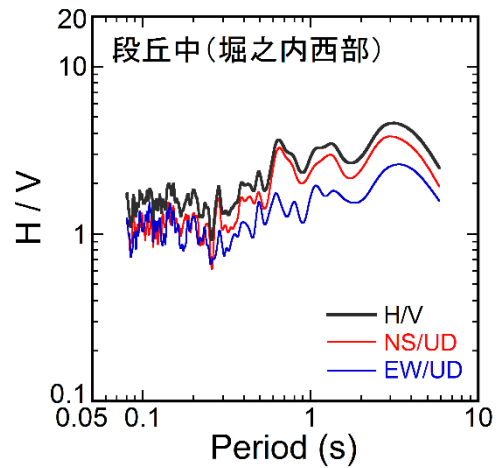


図 5.2.5 段丘中 (堀之内西部) の微動 H/V スペクトル

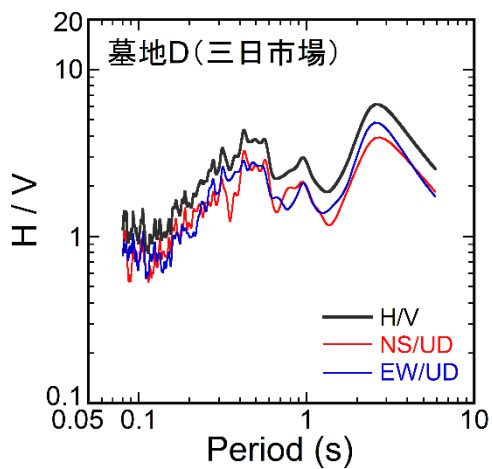


図 5.2.3 墓地 D (三日市場) の微動 H/V スペクトル

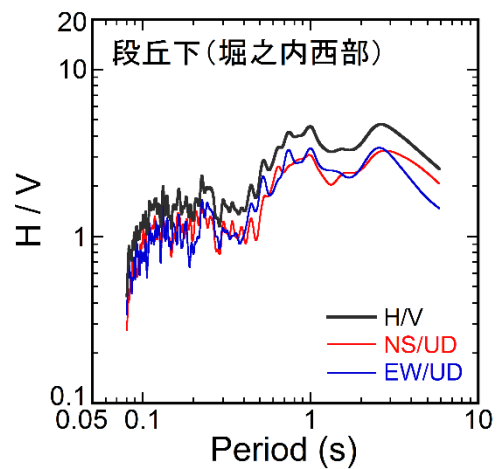


図 5.2.6 段丘下 (堀之内西部) の微動 H/V スペクトル

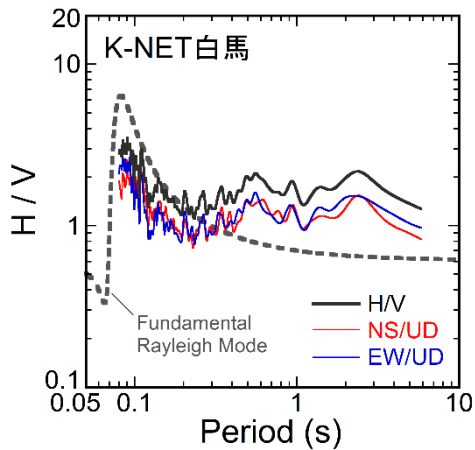


図 5.2.7 K-NET 白馬の微動およびレイリー波基本モードの H/V スペクトル

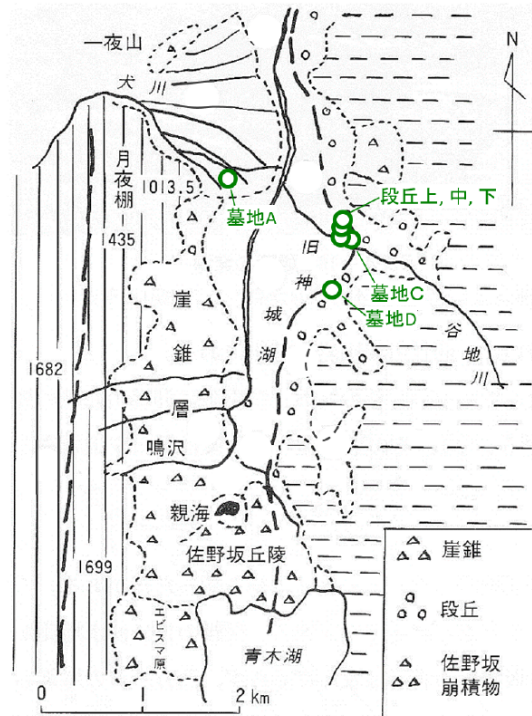


図 5.2.8 神城平 (旧神城湖) の地質略図および微動観測点の概略位置 (文献 8 に加筆)

これらの図から、次の 5 点を指摘できる。

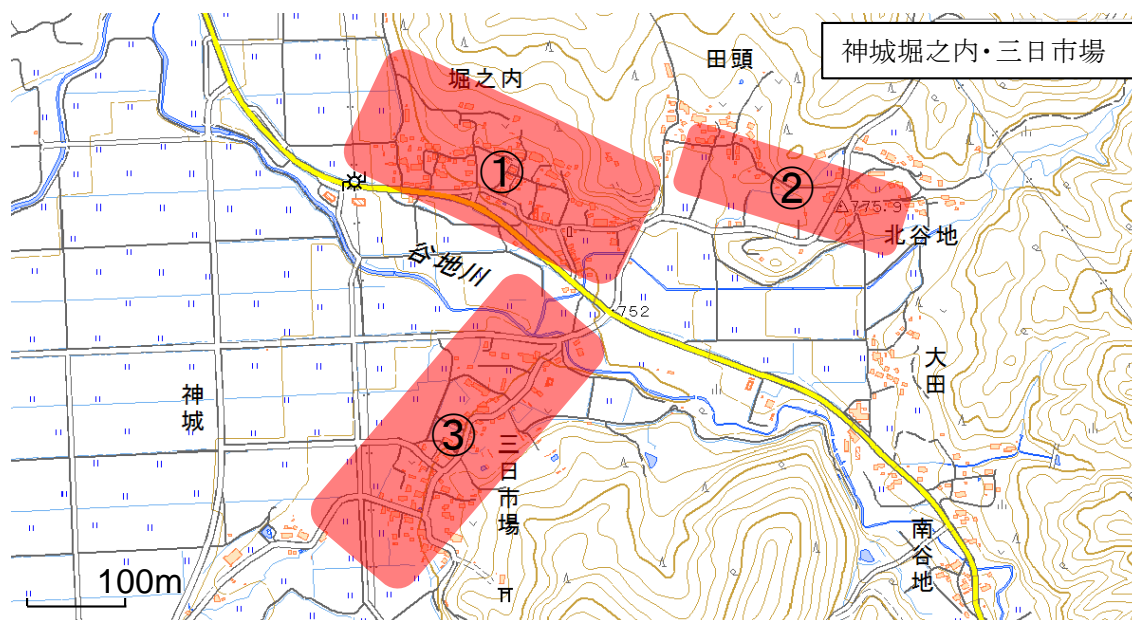
- ① 建築物に被害のほとんど無かった墓地 A (神城駅付近) では、微動の H/V スペクトルに、明瞭ではないが、周期 1 秒程度のピークがあるように見える。一方、被災地域 (堀之内西部および三日市場) では、微動の H/V スペクトルに、周期 2-3 秒の比較的明瞭なピークが認められる。ここで、文献 8 (図 5.2.8) によれば、図 5.1.1 との対比から、墓地 A (神城駅付近) は神城平 (旧神城湖) の西岸付近に位置し、その表層地質は崖錐あるいは湖成層となっている。一方、被災地域 (堀之内西部および三日市場) は旧神城湖の東岸付近に位置し、その表層地質は段丘となっている。このことから、建築物の被害の有無と表層地盤の堆積の仕方および微動 H/V スペクトルとの間には、何らかの相関のある可能性が示唆される。
- ② 被災地域 (堀之内西部および三日市場) の微動 H/V スペクトルには、周期 2-3 秒の比較的明瞭なピークのほかに、堀之内西部では周期 1 秒弱に、三日市場では周期 0.4-0.6 秒にピークがあるように見える。ただし、このピークは、堀之内西部の段丘下から段丘上に向かって、さらに不明瞭となる傾向が認められる。

- ③ 堀之内西部の段丘中の微動 H/V スペクトルは、0.3 秒程度以上の周期範囲において、地表面の傾斜方向 (NS/UD) とその直交方向 (EW/UD) で絶対値が 2 倍程度異なる。段丘上の微動 H/V スペクトルにも、同様の傾向が見られる。
- ④ ②, ③の堀之内西部の微動 H/V スペクトルの段丘の上下位置による差異は、既往の多くの微動研究成果を参照すると、この地域の地盤の S 波速度構造が、水平方向に一様でなく、場所によって変化している可能性を示唆している。
- ⑤ K-NET 白馬の微動の H/V スペクトルには、周期 0.1 秒以下に比較的明瞭なピークが認められる。レイリー波基本モードの H/V スペクトルおよび防災科学技術研究所の公表する地盤情報<sup>3)</sup>との対比から、このピークは、当該地点の深さ 7m 以浅の表層地盤特性によるものと考えられる。

ただし、現時点では、これらの地域の地盤構造（とくに S 波速度構造と土質構成および動の変形特性）について情報がほとんどないため、地盤特性が地震動特性や建築物の被害に与えた影響を検討することは難しい。この点については、④の地盤の S 波速度構造の場所による変化が地震動特性に与える影響を含め、今後、より高度な調査・検討の成果を待たねばならない。

### 5.3 建築物の周辺地盤と基礎の被害状況の外観目視踏査

建築物の被害が多く見られた白馬村神城地区の堀之内（西部：①，東部：②）および三日市場（③）（図 5.3.1）<sup>1)</sup>において，周辺地盤と基礎の被害状況を外観目視により踏査した。



地図出典：地理院地図（電子国土 Web） 標準地図（25000），国土地理院

図 5.3.1 外観目視踏査の対象地区<sup>1)</sup>

#### (a) 堀之内西部（図 5.3.1 の①）

堀之内西部は，南向きの緩やかな傾斜地（段丘）に広がる集落である。

この地域では，多くの木造建築物に甚大な被害が生じた（写真 5.3.1）。被災した木造建築物の柱脚と基礎に着目すると，柱脚に固定金物を使用されておらず，柱が礎石に置かれていただけと思われるもの（写真 5.3.2），もしくは，打ち釘程度に土台と固定されていたもの（写真 5.3.3）が多く見られた。また，木造建築物の損傷した基礎には，無筋と思われるものが多く見られた（写真 5.3.4）。

この地域の所々では，電柱が傾斜している状況が見られた（写真 5.3.5）。電柱の傾斜方向はほぼ南向きで，段丘の中腹部では傾斜角の大きくなる傾向が見られた。また，電柱の傾斜方向と反対側には，周辺地盤との隙間が認められた（写真 5.3.6）。その隙間量は 50-300mm 程度であった。電柱の傾斜・移動の状況については，付録を参照されたい。

この地域は段丘に広がっているため，石垣や擁壁（宅地擁壁を含む）が数多く見られるが，その多くは南向きに変位するように被災していた（写真 5.3.7-10）。これは，この地域の緩斜面が南向きであるため，石垣や擁壁に南向きの地震時土圧が作用し，その土圧合力が石垣や擁壁の耐力を上回ったためと推察される。写真 5.3.11 は，写真 5.3.10 の宅地擁壁が南向きに

変位した木造住宅で、その上部構造と基礎との間の位置に、外壁の顕著な亀裂が確認された（建築物全体としては小破程度の被災度と思われる）。

一方、この地域では、建築物の敷地や道路の舗装の損傷も多く認められた（写真 5.3.12, 13）。これら舗装の損傷は、地震前にも経年劣化により生じていた可能性を否定できないが、地震によって拡大したとも考えられる。舗装の損傷状況から、その下の地盤は南向きに変位している場合が多いように見えた。また、この地域の建築物の被災方向は、南北方向の場合が多いように見えた（写真 5.3.9）。これは、この地域では、大きな地震力が南北方向に作用したためと推察される。なお、写真 5.3.14 では、大きな石が地表面に擦過痕等なく北向きに移動しており、地震動によって跳躍した可能性が示唆される。地震時に大きな石など物体の跳躍現象が見られることは、昔から知られており、詳細は文献 9, 10 などが参考になる。



写真 5.3.1 1階が崩壊した木造建築物



写真 5.3.2 写真 5.3.1 の柱脚部：柱は礎石に固定されず置かれていただけと思われる



写真 5.3.3 倒壊した木造建築物の柱脚部：ほぞと打ち釘のみを確認できる



写真 5.3.4 基礎の立ち上がり部の損傷：無筋と思われる



写真 5.3.5 南向き（写真の左向き）に傾斜した電柱



写真 5.3.6 写真 5.3.5 の電柱脚部：周辺地盤との隙間は北向き（写真の右向き）



写真 5.3.7 南向き（写真の左向き）に崩壊した石垣



写真 5.3.8 南向き（写真の右向き）に転倒した擁壁と崩壊した地盤



写真 5.3.9 南向き（写真の右向き）の地盤変位：木造建築物の倒壊は北向き（写真の左向き）



写真 5.3.10 南向き（写真の左向き）に変位した宅地擁壁



写真 5.3.11 写真 5.3.10 の木造住宅の被害  
(小破程度)



写真 5.3.12 大破した木造建築物とその敷  
地の舗装の損傷:南向き(写真  
の右向き)に亀裂が広がって  
いる



写真 5.3.13 道路の舗装の損傷:南北方向  
(写真の左右方向)に力が作用  
したように見える



写真 5.3.14 大きな石が移動した状況 (写  
真の手前側が北方向)



(b) 堀之内東部（図 5.3.1 の②）

堀之内東部は、堀之内西部から 300m 程度東側に離れた場所に位置しており、堀之内西部と同様に緩やかな傾斜地に集落が広がっている。

堀之内東部・西部いずれの地域でも、写真 5.3.15 のようなコンクリートブロックの壁を有する倉庫の大破が見られた。写真 5.3.15 の倉庫の被災状況としては、屋根が南向きに落下しており、東西方向の壁が面外方向（南向き）に変形していた。一方、コンクリートブロックの壁を有する倉庫でも、被害が見られないものもあった（写真 5.3.16）。

堀之内西部と同様に、石垣や擁壁の多くは南向きに被災しており（写真 5.3.17-20）、建築物は南北方向に変形して被災しているものも多く見られた（写真 5.3.21）。木造建築物の基礎は、礎石に直接置かれただけ、もしくは、柱脚に固定金物を使用されていないなど、堀之内西部と共通の傾向が見られ、柱脚が土台から外れているものも確認された。

水田近傍の盛土擁壁には、西向きに変位しているものも認められた（写真 5.3.22）。



写真 5.3.15 コンクリートブロックの壁を有する倉庫（大破）



写真 5.3.16 コンクリートブロックの壁を有する倉庫（無被害）



写真 5.3.17 南向き(写真の右向き)に崩壊した石垣



写真 5.3.18 南向き(写真の左向き)に転倒した擁壁



写真 5.3.19 南向き(写真の左向き)に被災した擁壁



写真 5.3.20 南向き(写真の手前側)に崩壊した盛土擁壁



写真 5.3.21 北向き(写真の右向き)に変形した建築物



写真 5.3.22 西向き(写真の右向き)に変位した盛土擁壁

(c) 三日市場 (図 5.3.1 の③)

三日市場は、堀之内西部から南に 300m 程度離れた場所に位置しており、その集落の多くは北向きの緩やかな傾斜地の裾野に広がっている。

三日市場の北部にある傾斜地では、滑落した鉄骨造構造物 1 棟が見られた (写真 5.3.23)。滑落を免れた同じ形式の構造物も 1 棟あったが、その基礎の周辺には地盤変状が確認された (写真 5.3.24, 25)。滑落した構造物は、地盤の上に直接スラブを載せて柱で支える構造となっており、地盤の崩壊・流動によって滑落したと考えられる (写真 5.3.26)。地盤変状は北向きの変位が卓越していた。

堀之内に近い三日市場の北部では、倉庫の倒壊 (写真 5.3.27) や木造住宅の床束のずれ (写真 5.3.28) が見られた。



写真 5.3.23 地盤の崩壊・流動により斜面を滑落した鉄骨造構造物



写真 5.3.24 写真 5.3.23 の傾斜地頂部の地盤変状



写真 5.3.25 写真 5.3.23 の鉄骨造構造物の基礎周りの地盤変状



写真 5.3.26 地盤の崩壊・流動により鉄骨造構造物の支柱とスラブの支持力が喪失したと見られる



写真 5.3.27 南向き (写真の奥側) に倒壊した倉庫 (三日市場の北部)



写真 5.3.28 木造住宅の床束のずれ (三日市場の北部)

## 6. まとめ

平成 26 年 11 月 22 日 22 時 08 分頃長野県北部で発生した地震により被災した白馬村神城地区において、地震動特性および地盤特性を把握するための基礎資料の収集を目的として、地盤の微動観測を行った。また、墓石の転倒調査および建築物の周辺地盤と基礎の被害状況調査を行った。本調査から得られた知見は以下のとおり。

- i) 被災地域（堀之内と三日市場）では、建築物の被災方向や墓石の転倒方向は、南北方向の場合が多いように見えた。また、跳躍した可能性のある大きな石は、北向きに移動していた。これは、この地域では、大きな地震力が南北方向に作用したためと推察される。
- ii) 堀之内の石垣や擁壁（宅地擁壁を含む）の被災方向は、南向きの場合が多かった。これは、この地域の緩斜面が南向きであるため、この方向に作用した地震時土圧合力が石垣や擁壁の耐力を上回ったためと考えられる。
- iii) 建築物の損傷した基礎には、無筋と思われるものが多く見られた。

なお、白馬村神城地区の地盤特性が地震動特性や建築物の被害に与えた影響については、今後、より高度な調査・検討の成果を待たねばならないが、次の可能性が指摘される。

- iv) 建築物の被災地域（堀之内と三日市場）の最大地動速度は、少なくとも 50cm/s 程度より大きかったと推察される。
- v) 白馬村神城地区における建築物の被害の有無と表層地盤の堆積の仕方および微動 H/V スペクトルとの間には、何らかの相関のある可能性が示唆される。
- vi) 堀之内西部の微動 H/V スペクトルの段丘の上下位置による差異から、この地域の地盤の S 波速度構造が、水平方向に一様でなく、場所によって変化している可能性が示唆される。

## 謝辞

本調査は、国土交通省住宅局建築指導課の要請を踏まえて、長野県建設部都市・まちづくり課のご協力を得て実施した。また、現地の調査では、白馬村役場の方々に情報提供などご協力を賜った。最後に、被災された方々に心よりお見舞い申し上げるとともに、関係各位に謝意を示します。

## 参考文献

- 1) 国土交通省国土技術政策総合研究所，独立行政法人建築研究所：平成 26 年 11 月 22 日に発生した長野県北部を震源とする地震による建築物の被害調査報告（速報），[http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h26/141124nagano\\_juutaku.pdf](http://www.nilim.go.jp/lab/bbg/saigai/h26/141124nagano_juutaku.pdf)，<http://www.kenken.go.jp/japanese/information/information/press/2014/261122.pdf>

- 2) 気象庁：平成 26 年 11 月 22 日 22 時 08 分頃の長野県北部の地震について（第 2 報）  
<http://www.jma.go.jp/jma/press/1411/23b/201411230800.html>
- 3) 防災科学技術研究所強震観測網 K-NET, KiK-net：<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>
- 4) 林康裕：性能等価応答スペクトルに基づく建築物の地震荷重評価，第 11 回日本地震工学シンポジウム，pp. 651-656, 2002.
- 5) 金子美香，林康裕：剛体の転倒率曲線の提案，日本建築学会構造系論文集，No. 536, pp. 55-62, 2000.
- 6) 林康裕，北原昭男，平山貴之，鈴木祥之：2000 年鳥取県西部地震の地震動強さの評価，日本建築学会構造系論文集，No. 548, pp. 35-41, 2001.
- 7) Arai, H. and Tokimatsu, K.：S-Wave Velocity Profiling by Inversion of Microtremor H/V Spectrum, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol. 94, No. 1, pp. 53-63, 2004.
- 8) 白馬村：白馬の歩み（白馬村誌）第 1 巻 自然環境編，pp. 90-99, 1996.
- 9) 翠川三郎，竹田尚史，年縄巧，大町達夫：1984 年長野県西部地震での石の跳躍現象から推定した震源域の地震動強さ，地震 第 2 輯，第 41 巻，pp. 381-388, 1988.
- 10) 翠川三郎：地震時に物体の跳躍現象が生じた事例の調査，地震 第 2 輯，第 47 巻，pp. 333-340, 1994.

### 【付録】 電柱の傾斜・移動状況の調査

5.3 節の写真 5.3.5, 6 に示したように、堀之内では電柱の傾斜および、その周辺地盤との隙間が数多く見られた（写真 A1-3）。また、写真 A4 のように、脚部が損傷した電柱も確認された。そこで、堀之内西部の段丘の上から下にかけての地域（図 5.1.1 の墓地 B, C および段丘上～下の微動観測点の周辺）において、電柱 12 本について傾斜・移動状況の調査を実施した。調査項目は、①電柱の直径、②電柱の傾斜角、③電柱の傾斜方向、④電柱一周辺地盤間の隙間量である。①電柱の直径と④電柱一周辺地盤間の隙間量はメジャーにより、②電柱の傾斜角はデジタル傾斜計により、③電柱の傾斜方向は方位磁針により、それぞれ測定した（写真 A5, 6）。

図 A1 に調査結果をマッピングして示す。凡例として、黒丸は計測の対象とした電柱の位置、矢印の長さは電柱の傾斜角（凡例は  $10^\circ$  ）、矢印の方向は電柱の傾斜方向、矢印の太さおよび記入している数値は電柱一周辺地盤間の隙間量（単位：mm）を示している。図から、この地域の段丘の中腹部において、電柱の傾斜角が大きくなっており、電柱一周辺地盤間の隙間量も大きくなっている。

なお、今回の調査対象とした電柱の具体的な設計法に関する調査は実施していない。ただし、電柱の傾斜角や電柱一周辺地盤間の隙間量は、この地域の地震動特性を評価するに当たっての参考値となる可能性がある。今後、検討を進めるに当たっては、今回の調査結果と文献 A1 に示されている電柱の技術基準との関連を分析することが有効と考えられる。



写真 A1 南向き（写真の左向き）に変位した盛土擁壁（堀之内東部）



写真 A2 写真 A1 の電柱脚部:周辺地盤との隙間が生じている（堀之内東部）



写真 A3 南向き (写真の右向き) に傾斜した電柱 (堀之内西部)



写真 A4 脚部が損傷した電柱：電柱の直径は脚部で約 24cm (堀之内東部)

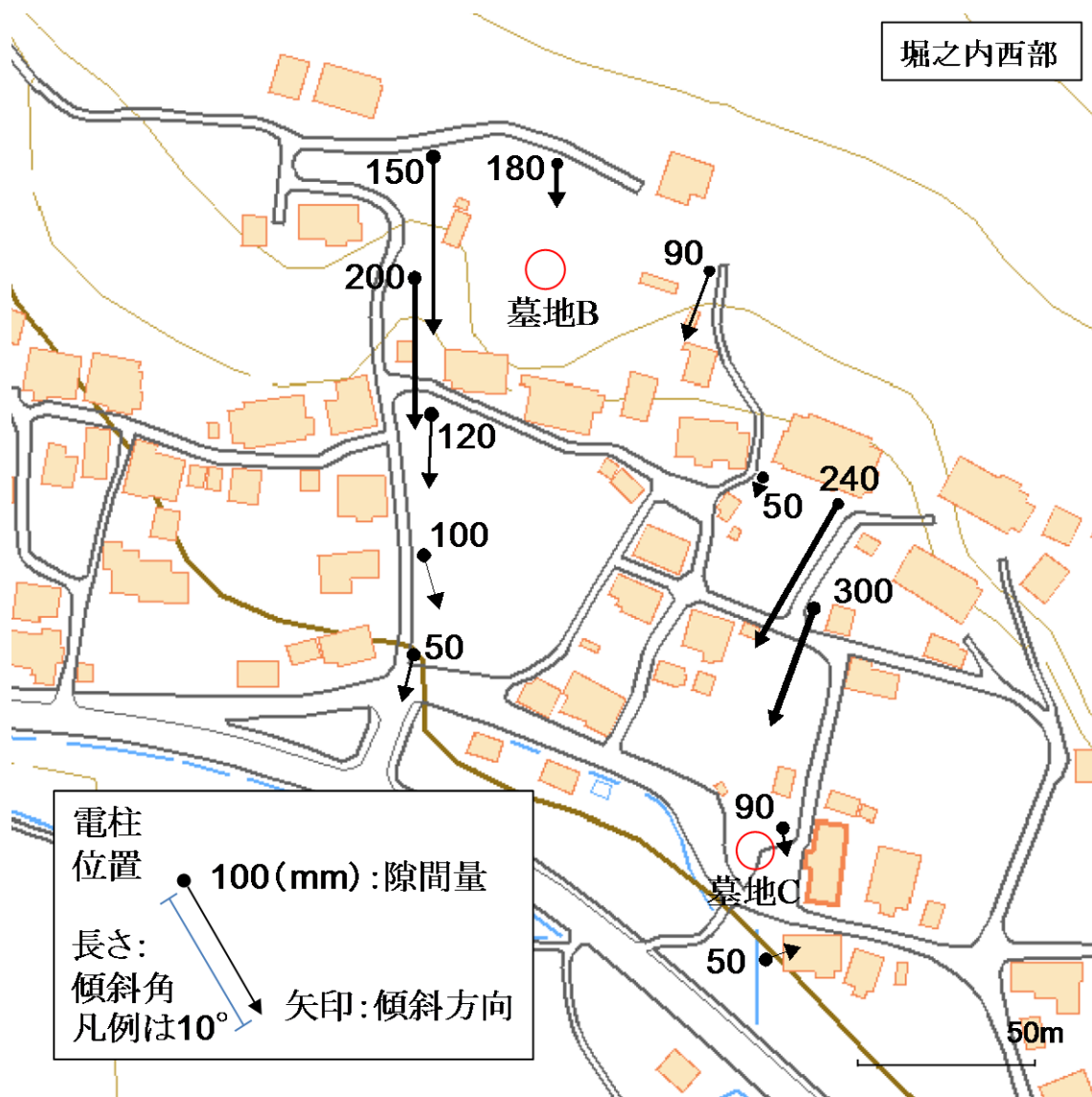


写真 A5 電柱の傾斜角の測定



写真 A6 電柱の傾斜方向および電柱一周辺地盤間の隙間量の測定





地図出典：地理院地図（電子国土 Web） 標準地図（2500），国土地理院

図 A1 電柱の傾斜・移動状況の調査結果

#### 参考文献

- A1) 経済産業省 商務流通保安グループ 電力安全課：電気設備の技術基準の解釈，  
[http://www.meti.go.jp/policy/safety\\_security/industrial\\_safety/law/files/dengikaishaku.pdf](http://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/law/files/dengikaishaku.pdf)