

(株) 荒谷建設コンサルタント ○山下祐一・住広 哲

1. はじめに

平成13年3月24日、広島県と愛媛県との間の安芸灘を震央とする芸予地震が発生した。この地震の震源に近い広島県呉市について、地震による住宅・斜面の被害の特徴についてまとめるとともに、斜面被害の特徴を地震波解析により検討したのでここに報告する。^{1) 2)}

2. 広島県呉市西部地域の斜面被害特性

今回、呉市の西側の傾斜地市街地である西三津田町、東愛宕町、西愛宕町、両城1丁目、2丁目にて現地調査を行った。調査の範囲と住宅を撤去した位置を図-1に示す。

調査した範囲について、住宅を撤去した箇所を示したのが図-1である。これを見ると、地形的には尾根部に斜面被害の大きいものが集中しているように見える。すなわち、西三津田町と東愛宕町の境の尾根部分、西愛宕町と両城2丁目の境付近の尾根部分、両城2丁目地内の尾根部分、両城2丁目と両城1丁目の境付近の尾根部分になる。

写真-1は西三津田町と東愛宕町の境の尾根部分ののり面復旧対策状況である。これによると、かなり広い範囲で住宅を撤去し、安定な勾配でのり面対策を行っている様子がわかる。

このように、地形的には尾根部分に斜面被害の顕著なものが集中しているが、その中でも花崗岩の風化程度によっても被害に差が表れている。すなわち、西三津田町と東愛宕町の境の尾根部分は、花崗岩の風化が最も進んで土砂状のまさ土である。一方、西愛宕町と両城2丁目の境では花崗岩の風化はそれほど進んでなく、硬岩状の比較的新鮮な岩盤であった。この西愛宕町と両城2丁目の境付近は尾根も薄く、斜面勾配もきついため、斜面被害が最も顕著と考えられた。しかし、被害の程度は土砂化したまさ土よりかなり小さいため、岩盤の強度差による被害の差が生じていると考えられた。また、両城1丁目と2丁目の境の花崗岩は、風化しているものの軟岩状のまさ土となっており、まさ土状と硬岩の中間の被害となっている。

したがって、地震による斜面被害の程度は、尾根の地形条件と地盤の特性および地震波の振動特性の影響により尾根部に集中したと考えられる。

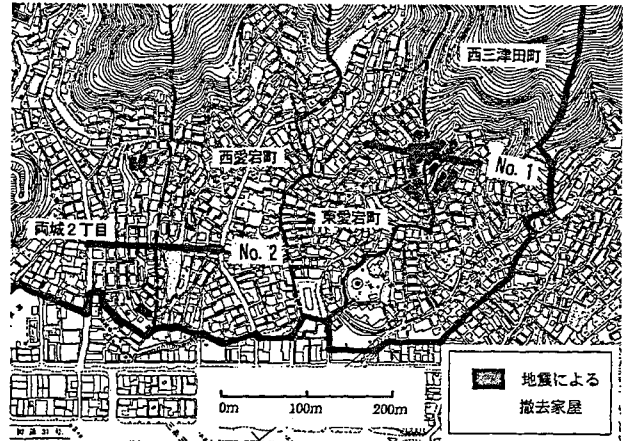


図-1 呉市西部地域の調査範囲および住宅撤去位置

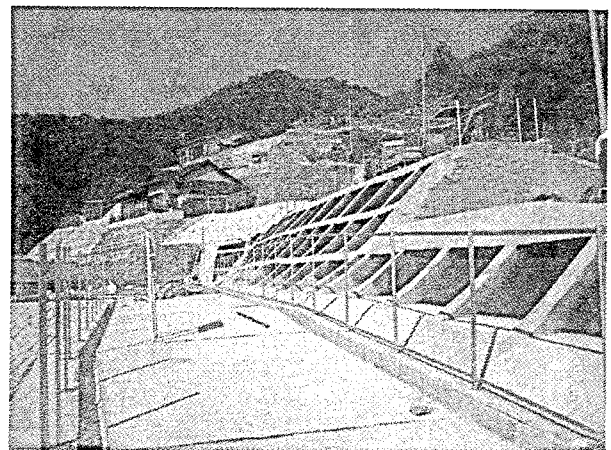


写真-1 のり面復旧対策状況

3 呉市斜面被害地区の地震波解析

3.1 解析対象地区と地盤状況

ここでは、地震により生じた斜面被害の特性を検証することを目的として、等価線形解析による地震波解析を行った。今回の解析対象地区は、比較的近接した尾根地形部において、被害の状況に大きな差異が見られた。No.1(西三津田地区)とNo.2(両城地区)である(図-1参照)。

No.1(西三津田地区)の比高28mくらいの尾根部は、家屋が甚大な被害をうけ、地震後10数戸が撤去され、被害率は極めて高い地区である。一方、No.1から300m離れたNo.2(両城地区)の尾根部は比高差は43mあるが、集中した被害は認められず、局部的に被害が見られる。

No.1地区は、露頭とボーリングデータより表層が土砂化した

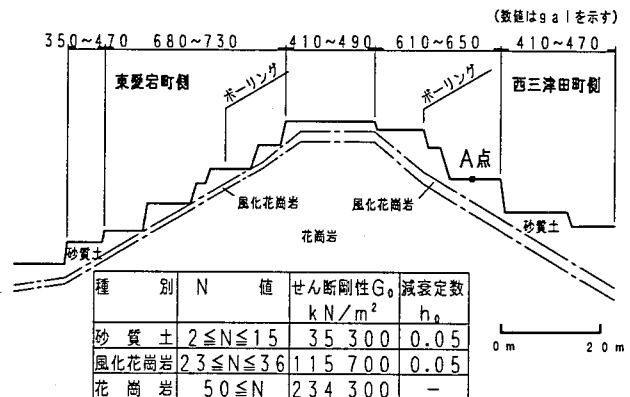


図-2 No.1地区断面図および地表最大加速度分布

まさ土となっており、尾根部及び東側斜面で表層部 2.8~3.6m は N-値 2~15 回の砂質土であり、その下部は風化花崗岩等で N-値 23~36 回が 1.2~2.4m 続き、その下部は N-値 50 回以上の軟岩である。ここでは表層部に緩いまさ土層、あるいは盛土があるのが特徴である。断面図を図-2 に示す。

No.2 地区は、尾根付近の露頭から軟岩~中硬岩である。なお尾根部には緩い砂質土層が分布していると想定した。断面図を図-3 に示す。

3.2 地震波解析結果

地震波解析は等価線形解析により 2 次元解析を行い、花崗岩部は弾性体とした。地震波は図-4 として示す北東 9.3km 離れた呉市郷原地区における EW 方向地震波（最大加速度 336gal）を採用した。これにより解析した結果は以下のとおりである。

① No.1 地区（西三津田地区）

崖錐が堆積している谷部では、両谷部とも最大加速度は 350~470gal である。中腹部では 610~730gal と大きな値となる。尾根部は 410~490gal となる。中腹部における時刻歴応答加速度図を、図-5 (A 点) に示す。また、地表の最大加速度分布を図-2 に示す。No.1 地区の地震波は、山腹部が表層部 2~4m が緩い層で覆われている場合に大きな加速度となり、本地震で、610~730gal まで増大したと計算された。尾根部は平坦で 410~490gal 程度となる。この尾根部は建物被害に対して最大加速度が小さいが、尾根部稜線自体も 19° 傾斜しており、斜面部において最大加速度が増大するという計算結果から、尾根部は実際は本計算値以上に大きな加速度となると推察される。

② No.2 地区（両城地区）

最大加速度は、谷部で 210~320gal を示しており、また中腹部は 210~320gal を示している。尾根部では 490~570gal と大きな値となる。中腹部における時刻歴応答加速度図を図-5 (B 点) に示す。また、地表の最大加速度分布を図-3 に示す。No.2 地区は中腹部の表層に緩い地層が存在せず、岩盤からなり、勾配が 39~50° と急峻である。最大加速度は 210~320gal 程度であり、この結果甚大な建物被害は少なかったと考えられる。

4. おわりに

平成 13 年 3 月 24 日に発生した芸予地震の震源に近い広島県呉市における地震による住宅・斜面被害の特徴、地震被害の特徴を地震波解析により検討した。

呉市両城地区では、全世帯の 6 割に何らかの被害が認められた。その斜面被害は、地形的に尾根部に近いところに顕著な被害が集中する傾向が認められた。これは、地形条件、地盤特性および地震波の振動特性の影響によるものと考えられ、地震波解析によりある程度説明することができた。この結果は地震斜面被害の予測などに活用したいと考えている。

参考文献

- 1) 住広哲・山下祐一・岡本晋：芸予地震による斜面被害地区の地震波解析，土木学会中国支部，平成 15 年度研究発表会，p199~p200，2003.5
- 2) 山下祐一・住広哲：芸予地震時・後の斜面崩壊と危険度予測，第 9 回西日本技術士研究・業績発表年次大会講演概要集，P 13~16，2003.11

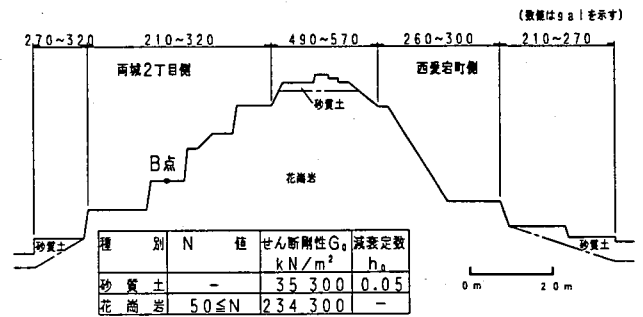


図-3 No.2 地区断面図および地表最大加速度分布

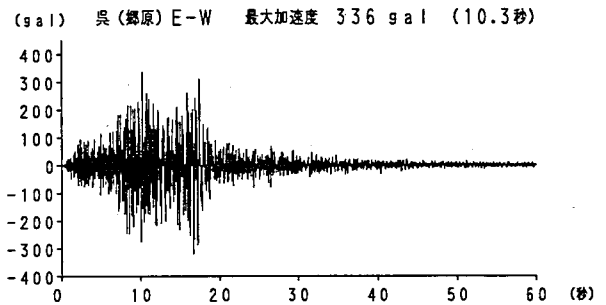


図-4 採用地震波（呉市郷原地区）

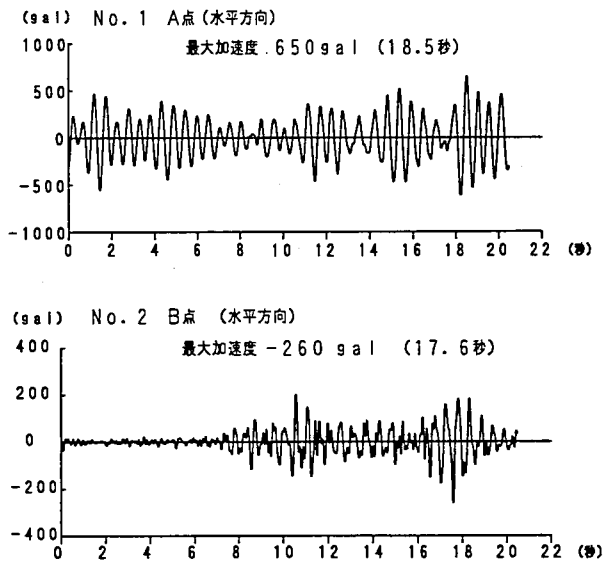


図-5 A点、B点における時刻歴応答加速度