

道路沿道斜面を対象とした地質地盤情報の整理・統合と3次元地震応答解析

鹿島建設(株) 正会員 ○山田岳峰 非会員 笠松健太郎
中央開発(株) 正会員 王 林 正会員 王寺秀介

1. まえがき

急峻な海蝕崖を沿道に有する道路における斜面の安全監視を目的に、公開データ等から周辺の地質地盤情報を収集し GIS で整理・統合を進めている。当地では、1923 年関東大震災で斜面崩壊が多数発生したことが知られていることから、豪雨災害だけでなく地震災害にも注目されている。そこで、本稿では、現地の地形・地質情報を GIS で可視化するとともに、地形に刻まれた崩壊痕と関東大震災の被災記録を比較することで、被災範囲について検討を行う。また、主要幹線道路を含む周辺地域の 3 次元地震応答解析を行い、急崖地において地震応答が大きくなる箇所の特徴を分析する。

2. 地形・地質の特徴と過去の斜面崩壊の概要

熱海地質図幅¹⁾によれば、検討対象の道路位置には、宇佐美・多賀火山群(約 120 万年前～45 万年前)の熱海火山噴出物を、箱根火山群(約 45 万年以降)の湯河原火山噴出物が覆う形で、安山岩、玄武岩、凝灰岩等が堆積している。泉越トンネルの施工記録²⁾によると、安山岩を主体に、凝灰岩、角礫岩の他に、変質・粘土化した箇所や、熱水変質を受けた箇所、さらに一部では断層破碎帯が確認される。ボーリング調査結果によると、表層付近の安山岩溶岩は、場所によって N 値が 10～30 程度を呈し風化が進んでいる箇所もある。さらに、現地踏査の結果、緩傾斜部には全体的に火山灰質粘性土の表土が堆積するが、部分的に亀裂が進行した安山岩の露頭や、表土が浸食され基岩の表面が露出する流水跡、落石や小規模な表層すべりと推定される箇所を確認している。現地では時々落石が発生することから、多くの区間で落石防護網工が施工されている。

図-1 に示すように、GIS を用いて収集した地質地盤情報の整理・統合を進めた。また、点群データから微地形判読解析を行い、地形に刻まれた崩壊痕と、関東大震災の被災記録を図-2 に比較した。崩壊痕と被災記録の斜面の崩壊部は、概ね整合していることが分かる。したがって、崩壊痕の一部は、関東大震災で被災した箇所であると類推できる。前述した地質地盤情報から、表層では風化が進んでいる箇所や落石の発生も確認されている。そこで、以降、地形の影響で地震応答が大きくなる箇所を把握するため、海蝕崖を含む周辺地域を対象に、3 次元地震応答解析を行う。

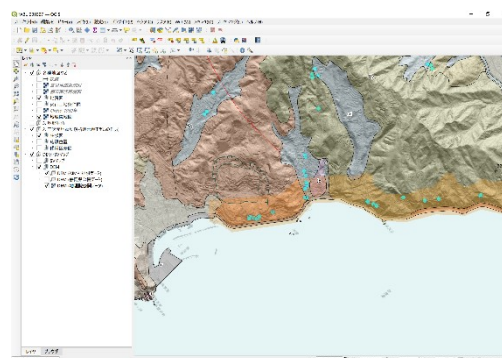


図-1 地質地盤情報の整理・統合

3. 3次元地震応答解析の試行

地形の起伏によって地震時の各地の地震動レベルに違いが生じることが考えられることから、平面波入射による 3 次元地盤応答解析を行い、岩盤での揺れ易さの空間分布を評価する。標高データは、陸域では 5 m メッシュの DEM を参照し、海域では日本水路協会によるコンターラインを

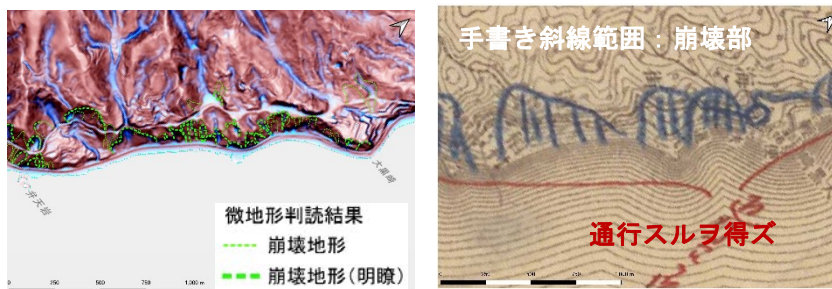


図-2 微地形判読結果(左)と
1923 年関東大震災斜面崩壊部の記録(一部加筆)³⁾(右)の比較

キーワード 地震, 斜面崩壊, 微地形判読, 地震応答解析

連絡先 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-485-1111

読み取って作成する。本検討では、対象道路を含む広域評価を行うこととし、水平方向約 8 km 四方を計算領域とする。解析は、格子間隔を水平 20 m、上下 10 m とした差分法で行う。+E 加振としたリッカー波を、平面波として鉛直下方から入射する。リッカー波の中心周波数は、地震観測点 S-2 に対する S-1 (図-4 参照) の振幅比 ($2E/2E$) に卓越が見られた 4 Hz とする。地盤物性は、KiK-net 函南を参考に、S 波速度 1820 m/s、P 波速度 3530 m/s の半無限一様媒質として与える。減衰は、 $Q=2*f$ を仮定する。

地盤応答解析の結果として、S-2 を基準とした EW 成分の最大速度比の分布を図-3 に示す。図中のコンターラインは標高を表す。4 Hz の地震動振幅は、地形の影響を受けて大きく変動し、尾根部で大きく、谷で小さくなる様子が明瞭に見られる。例えば地震観測点の北側のように、局所的に揺れが大きくなるエリアが点在し、重点的に詳細検討が望まれるエリアであることがわかる。

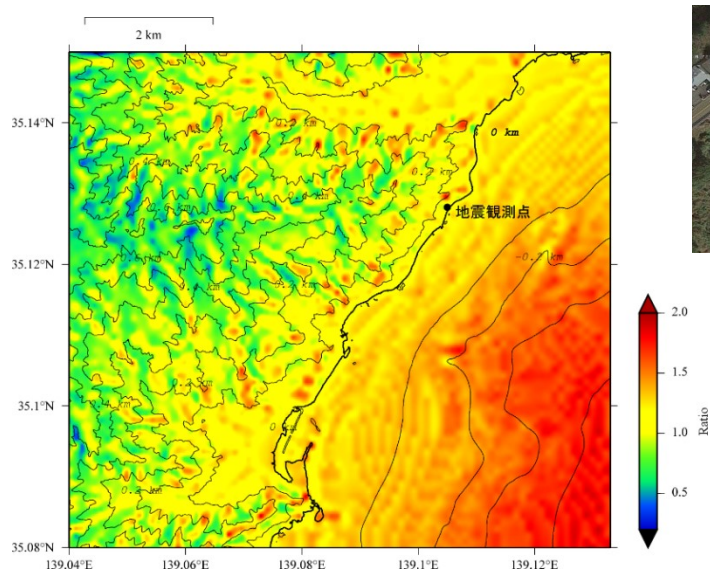


図-3 地震観測点 S-2 を基準とした
最大速度比 (リッカー波中心周波数 4 Hz)



凡例：
K-1, K-2: 傾斜センサー
S-1, S-2: 加速度センサー

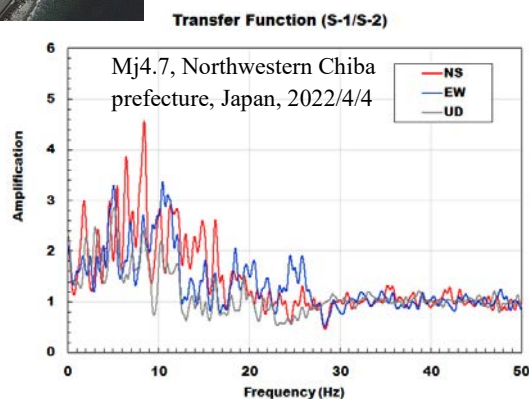


図-4 加速度応答の伝達関数・増幅率

4. あとがき

沿道斜面で地震応答が大きくなる箇所に傾斜・加速度センサを設置し、2022 年 3 月からモニタリングを実施しており 4)、図-4 に示すような観測記録が得られている。数値解析に関しては、今後、格子間隔を狭めた同様の応答解析を実施し、より高周波数側に着目した評価を行う予定である。また、表層地盤のモデル化が今後の課題であることから、周辺のボーリング柱状図等から表層風化部の分析を進め、観測記録を説明できる当地の 3 次元地質地盤モデルを検討する。当該モデルを用いて、地形形状、地質構造、さらに入力地震動により、海蝕崖の応答がどのように変化するのか検討を行う予定にしている。

参考文献

- 1) 及川輝樹, 石塚治: 熱海地域の地質, 5 万分の 1 地質図幅, 東京 (8) 第 92 号 NI-54-26-14, 地域地質研究報告, 産業技術総合研究所地質調査総合センター, 2011.
- 2) 吉川恵也: 国鉄新幹線泉越ずい道の地質と膨張性泥岩について, 応用地質, 5 巻, 4 号, pp.191-196, 1964.
- 3) 歴史地震研究会編集: 1/5 万震災地応急測図「熱海」図幅, 日本地図センター, 2008.
- 4) 山田岳峰, 笠松健太良, 王林: 小型 MEMS センサを用いた道路斜面の地震・降雨時安全監視と安全性評価の試み, 土木施工, 2022 年 6 月号, pp. 104-107, 2022.