

博士論文審査報告書

論文題目

高速道路の自然災害事例分析に基づいた
土構造物の危険度評価手法の提案

A Study on Risk Evaluation of Highway
Earth Structures Based on Case Study of
Natural Disaster Data

申請者

大窪	克己
Katsumi	OKUBO

--

我が国の高速道路は、現在では総延長約 8,700km に達し、災害時における緊急支援活動、その後の復旧活動に不可欠な社会基盤施設である。その機能の中断ない維持は高速道路事業者にとって最優先の社会的使命である。しかし一方で、高速道路における降雨災害は異常気象の影響もあり近年続発しており、また、発生が逼迫しているとされている首都直下型地震や東海、東南海・南海地震では高速道路自身の被災の可能性も大きい。このような背景から、高速道路事業者には災害時の事業継続計画を適切に策定し、被災時においても高速道路機能の早期復旧を果し、災害時の社会機能の低下を最小限に留めることが求められている。

本論文では、橋梁、トンネル、土構造物など多様な構造物で構成される高速道路のうち盛土の「被災し易い箇所」を抽出する手法が示されている。また、「被災し易い箇所」が被災することを前提として事業継続計画を策定しておくことで、高速道路の早期復旧を果たすことができると考え、このための方法論が示されている。このようなアプローチは、内閣府が東日本大震災などを踏まえ 2013 年 8 月 30 日に公表した「事業継続ガイドラインーあらゆる危機的事象を乗り越えるための戦略と対応ー」の理念に沿ったものである。

第 1 章では、盛土の降雨および地震に対する安定性の検討手法と課題が述べられている。「被災し易い箇所」を抽出する手法として既に統計学的手法や力学的解析を用いる手法が提案されている。しかしながら、統計学的手法ではその前提となる斜面の地質や施工状況など工学的情報が十分には考慮されていない、また、日常の点検作業により得られた経験的知見が反映されていないなどの問題がある。一方、数値解析的手法を用いた検討では、モデル作成に用いる地形や地質、および物性値（変形性、強度など）の設定が繁雑であり、解析結果はその設定次第で大きく左右されるという課題がある。また、既往の研究では、切土のり面や自然斜面の危険度評価に関する研究は多く見られるものの、高速道路に多数構築されている土構造物としての「盛土」に関しては研究が少ない。これらの観点から、本論文では盛土部に注目するとともに、これまで活用されてこなかった日々の点検情報や点検技術者の経験的な知見も参考に盛土の「被災し易い箇所」を抽出する手法を提案している。特に、「被災し易い箇所」の抽出に際して、「盛土の被災が隣接地へ及ぼす社会的影響」や「復旧の難易度」など、早期復旧に支障となる要素を考慮している点に独自性が見られる。

第 2 章では、「被災し易い箇所」の抽出手法構築の基礎資料を得るため、全国の高速道路の土構造物における過去の自然災害事例を分析し、被災に繋がる要因を検討している。事例分析に用いたデータは、日本道路公団が取りまとめた「降雨災害履歴調書」に記録されている、12 年間での 2,373 件の災害事例と、日本道路公団の供用路線における、M6 以上の巨大地震による 7 件の被災事例である。これらの分析により、盛土災害に降雨が大きな影響を及ぼしていることおよび、地形や盛土部の形状により被災状況が異なることな

どを示した。

第3章では、自然災害事例の分析と災害現場調査により得られた知見に基づき、高速道路の盛土の「被災し易い箇所」を洗い出すための、危険度の「評価項目」が選定されている。危険度評価の対象は「降雨によるもの」と「地震によるもの」に分類し、これらをさらに「災害発生確率に関わるもの」と「被災規模に関わるもの」に分けて評価している。

災害発生確率に関わる評価項目としては、「供用年数」、「盛土形状」などが選定されているが、被災規模に関わる評価項目には、災害現場調査の経験を踏まえ、社会的影響が大きいと想定される「盛土高さ」、「原地形の勾配」、隣接地の「第三者被害の有無」、「復旧の難易度」が選定されている。

これらの評価項目に対して、評価対象盛土の特性を考慮して点数付けのための配点が行われる。本論文では、首都直下地震等において緊急輸送路としてその機能の重要性が指摘されている中央道を対象とし、特にその中でも山岳地形の盛土区間が多い上野原 IC～勝沼 IC 間約 40km を検討対象区間としている。各評価項目の配点は、自然災害事例分析により得られた知見および申請者自身の経験や管理実務者の知見も考慮されており、実務的に信頼性の高いものと判断される。さらに、高速道路の沿線状況などの特性を点数付けに反映するために、重み付け係数を考慮することにより地域の特性を反映している。最終的に得られた点数を「管理注目度」とし、被災し易い場所を相対的に評価するための指標として用いられる。本論文では、当該区間における 181 か所の盛土部について管理注目度が求めることにより、対象路線全体にわたった分布が得られ、「被災し易い箇所」の抽出を可能としている。この結果は、研究成果として価値があるだけでなく、実務に反映させることで高速道路の安全性向上へも貢献する。

第4章では、管理注目度により評価された「被災し易い箇所」の盛土が、力学的安定性の視点からも同様の判断になるかを検証している。管理注目度の点数が高い盛土 29 断面について、円弧すべりによるすべり安全率と地震応答解析で得られる最大水平加速度を求め、管理注目度の点数との相関性を検討している。検討の結果、本研究で提案する管理注目度は力学的な検討結果とも整合性を有しており、盛土の危険度を評価する手法として有効であることが示されている。

本研究の目標は、「被災し易い箇所」判定された盛土区間が被災するとした事業継続計画を策定することにより、高速道路の早期復旧に貢献することである。災害によって通行機能に支障が生じた場合、復旧に要する時間を推定し合理的かつ早急な復旧方針を策定するための手法を示すことである。本論文では、中央自動車道 大月 IC～勝沼 IC 間を検討対象区間とし、管理注目度に基づき被災盛土を仮定して復旧時間シミュレーションを行っており、管理注目度を高速道路の早期復旧に活用する具体的な方法論が示されている。

本研究により、盛土の降雨に対する被災し易さに、集水地形が大きく影響

していることが明らかとなった。このため、第5章では異常降雨時に雨水が集中する場所を特定する方法として、地形に沿って流下する雨滴の流線を描き雨滴の流路を可視化する流線解析手法が提案されている。考案された流線追跡解析は、雨水の集中する箇所を定量的に可視化できることから、管理注目度による危険度評価の合理性をより高めていくために用いられるだけではなく、降雨に対する維持管理の実務にも活用できる技術として評価できる。

以上要するに、本論文は、降雨および地震による高速道路盛土の被害事例の分析、盛土の地震時安定解析および降雨時の浸透解析をもとに、盛土形状、盛土材料、地山地形等が盛土被害の有無と規模に与える影響を分析し、さらに盛土被害が近隣地域に与える社会的影響を考慮して、高速道路盛土を維持・管理するための「管理注目度」の評価方法を提案したものである。この方法を中央高速道路の大月―勝沼間に適用し、その有効性を確認している。本論文は高速道路の災害後の早期復旧に貢献するとともに、地盤工学の発展にも寄与するものである。よって、博士（工学）を授与するにふさわしいと判断される。

2014 年 2 月

審査員	主査	早稲田大学教授	工学博士（東京大学）	濱田政則
	副査	早稲田大学教授	工学博士（早稲田大学）	赤木寛一
		公益財団法人深田地質研究所常務理事		
			工学博士（早稲田大学）	亀村勝美