

# 博士論文概要

## 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

2013年12月



我が国の高速道路は、1963年に名神高速道路が開通して以来延伸を続け、現在では総延長約8,700kmに達している。それは日常の交通と物流の多くを担うばかりではなく、2011年の東日本大震災の折にも明らかになったように、未曾有の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構造物である。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、今やその発生が懸念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可能性もある。このようなことから、高速道路事業者には、通常の維持管理に加えて災害時の事業継続計画を適切に策定し、万が一の被災時においても高速道路機能の早期復旧を果し、災害時の社会機能に及ぼす影響を最小限に留めることが望まれている。

申請者は、1973年から39年間にわたり日本道路公団に勤務し、高速道路の建設や維持管理業務および研究開発に従事した。2008年からは、中日本高速道路株式会社八王子支社大月保全・サービスセンターにおいて、高速道路機能の早期復旧を目指した中央自動車道の事業継続計画を策定する業務を担当した。その中で、橋梁、トンネル、土構造物など多種多様な構造物で構成される高速道路のどこが「被災し易い箇所」なのかを的確に抽出することが重要であることを強く認識した。すなわち高速道路機能の早期復旧を可能とするには、被災の可能性のある箇所を事前に把握し、これらの箇所が被災したと仮定した上で交通機能の復旧シミュレーションを行い、その結果に基づき早期復旧に障害となる要因を取り除く、あるいはその影響を軽減しなければならない。

「被災し易い箇所」を抽出する手法としては、既往の研究において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考慮されていない、あるいは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等の問題がある。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、あるいは物性値（変形性、強度など）の設定が繁雑で解析結果はその設定次第で大きく左右されるといった課題がある。

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である「盛土」に関しては研究が少ない。とりわけ、「被災し易い箇所」を抽出するといった観点からの検討は行われていない。しかし、現実には盛土部でも多くの災害が発生しており、事業継続計画を策定する上では、盛土の安定性を何らかの方法により評価する必要がある。さらに、高速道路機能の早期復旧といった視点からは、「被災し易い箇所」を評価するだけでなく、「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」なども併せて評価する必要がある。

以上より本研究では、高速道路の土構造物、特に盛土に注目し、これまであまり活用されてこなかった日々の点検情報や点検を担当する技術の経験的な知見に基づき「被災を受け

易い箇所」を抽出するための新しい手法を提案する。

第2章では、全国的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、被災に繋がる要因となる項目を調べた。事例分析では、日本道路公団が12年間に取りまとめた「降雨災害履歴調書」に記録された2,373件の災害事例と、日本道路公団が管理している供用路線でのM6以上の巨大地震による7件の被災事例を対象とした。この作業により、降雨や地震時に発生する盛土災害の特徴に関して以下のような知見を得た。

- 1) 降雨による災害は、調査した期間内の各年・各月で発生している。また、盛土部は人工的に構築され、品質管理された構造物であるにも関わらず、切土と同等な災害発生件数となっている。
- 2) 連続降雨量が100mmを超えると災害発生件数が急増する。また、連続降雨量が大きい場合に災害規模が大きくなる。
- 3) 開通後10年以内の災害発生件数は、切土部、盛土部ともに多いものの、それ以降は耐降雨性能が向上することにより減少する。
- 4) 土構造物が、降雨や地下水の浸透により飽和することが、災害発生の最も大きな原因である。
- 5) 集水地形地の盛土は、被災を受け易い。
- 6) 傾斜地盤上の盛土部が被災した場合、超大規模災害となる可能性が高い。
- 7) 盛土部が粘性土質の材料で施工されている箇所では、災害が多くなる傾向がある。

第3章では、自然災害事例の分析により得られた知見をもとに、高速道路の盛土における「被災し易い箇所」を洗い出すための、危険度の「評価項目」を選定した。選定にあたっては、危険度評価の対象を「降雨によるもの」と「地震によるもの」とし、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」に分けた。すなわち、盛土単体の被災の受け易さと被災した際のその社会的影響を個別に評価し、両者を合わせて「危険度」を評価することとした。降雨時の災害発生確率に関わる評価項目としては、自然災害事例の分析で得られた結果を反映させて、「供用年数」、「盛土形状」、「盛土材料」、「集水地形」、「変状の有無」を選定した。被災規模に関わる評価項目は、被災事例分析結果に加えて災害現場調査の経験より、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」を選定した。地震による被災については、これまでの地震被害や新潟県中越地震の分析を踏まえ、地震時の災害発生確率に関わる評価項目として、「盛土材料」、「原地形の勾配」、「変状の有無」、「擁壁工の有無」を、また、地震時における被災規模に関わる評価項目には、「第三者被害の有無」、「復旧の難易度」をそれぞれ選定した。設定した評価項目を用いて山岳地形の盛土区間が多い中央自動車道上野原IC～勝沼IC間約40kmを検討対象区間とし、盛土毎に危険度に応じた点数付けを行った。結果として得られる点数を、当該区間の「管理注目度」と呼ぶことにした。点数付

けのための配点を定めるにあたっては、自然災害事例分析により得られた知見を念頭に置き、管理実務者の点検情報なども参考にした。また、点数付けをよりの確に実施するために、航空レーザ計測で得られる DEM (数値標高モデル Digital Elevation Model) を活用し、地形や土地利用状況の判読を行った。この一連の作業によって当該区間を構成する盛土の管理注目度の分布が得られ、管理注目度の路線全体にわたった分布が得られ、「被災し易い箇所」の抽出が可能となった。

第4章では、管理注目度により抽出された「被災し易い箇所」である盛土が、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た。具体的には、代表的な盛土について力学的安定解析を行い、その結果と管理注目度の点数との相関性を調べた。その結果、円弧すべり法により得られる静的安全率と管理注目度の間には正の相関が示された。また動的安定性に関しては地震応答解析を行い、得られた盛土天端付近の最大水平加速度と管理注目度の関係を検討した。その結果、当初評価項目に設定した「原地形の勾配」を「盛土厚さ」に変更し、点数付けの際の重み付け係数も見直すことによって管理注目度と最大水平加速度との間に正の相関を得ることができた。以上のことから、本研究で提案する管理注目度は力学的安定性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た。

高速道路の事業継続計画の立案にあたっては、災害によってその通行機能に支障が生じた場合、復旧にどれ位の時間を必要とするかを知る必要がある。その上で、事業継続への障害を可能な限り低減し、合理的かつ早急な復旧方針を検討することが肝要である。そこで、災害時の復旧時間推定の基本的な検討方法を提示すると共に、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、復旧時間シミュレーションを行った。その結果、ここで示した手法により、様々な事前対策を講じることで具体的に復旧時間をどれくらい改善できるかが把握できることが示された。

第5章では、降雨災害をよりの確に評価するため、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を考案した。流線追跡解析により管理注目度の高い区間では盛土へ向かう雨水の集中が明確に示された。また、管理注目度の低い区間ではこのような傾向は見られず、雨水は地形に沿って分散する傾向であった。これらのことから管理注目度は、盛土が受ける降雨の影響を適切に評価していることが示された。開発した流線追跡解析は、雨水の集中する箇所を効率的に抽出することができることから、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ことに貢献するものと考えられる。

本研究で提案する、高速道路の自然災害事例の分析で得られた知見と維持管理データを活用することによって、盛土部の「被災し易い箇所」を「管理注目度」で的確に抽出できる手法を示すとともに、「管理注目度」を用いた高速道路の復旧シミュレーション手法を提案した。これらの研究成果は、災害時の高速道路機能の早期復旧を果たすための事業継続計画の立案に貢献できるものと考えられる。



## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

氏名 大窪 克己 印

(2014年2月 現在)

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
○論文	雨水の流線追跡解析による豪雨時の高速道路への集水状況の可視化に関する研究 土木学会論文集 F5（土木技術者実践） Vol, 69, No. 1, p27-35, 2013 大窪克己、里 優、濱田政則
○論文	高速道路の自然災害事例分析に基づいた事業継続計画の策定に関する研究 土木学会論文集 F5（土木技術者実践） Vol, 69, No. 1, p1-13, 2013 大窪克己、亀村勝美、濱田政則
○その他	わかって使うレーザー計測 6. 事例その1：中央自動車道上野原～勝沼 IC の管理 地盤工学会誌 講座 Vol, 60, No. 2, p71-74, 2012. 2 大窪克己
○講演	高速道路における事業継続計画策定について 土木学会年次学術講演会 Vol, 65, p877-878, 2010 永田政司、大窪克己、渋谷正則
○講演	高速道路における事業継続計画のための土構造物の性能評価（降雨被害） 土木学会年次学術講演会 Vol, 65, p879-880, 2010 伊東 淳、大窪克己、永田政司
○講演	高速道路における事業継続計画のための土構造物の性能評価（地震被害） 土木学会年次学術講演会 Vol, 65, p881-882, 2010 中村洋丈、大窪克己、伊東 淳
特許	軟弱地盤における盛土工法及び盛土工法に使用する施工装置 特許第 4296556 号 2009 年 4 月登録 大窪克己、千国博司、神田一夫、中熊和義
講演	ジオシンセティックスを用いた道路盛土の段差抑制対策工法に関する実大実験 土木学会年次学術講演会 Vol, 63, p533-534, 2008 殿垣内正人、奥隅豊栄、大窪克己、石垣 勉、関口陽高、荒井克彦、太田秀樹
講演	新潟県中越沖地震による高速道路盛土の解析事例 土木学会年次学術講演会 Vol, 63, p69-70, 2008 藤岡一頼、大窪克己
講演	新潟県中越沖地震で沈下した道路盛土の土の強度特性 土木学会年次学術講演会 Vol, 63, p131-132, 2008 白鳥翔太郎、安田 進、藤岡一頼、大窪克己、毛利龍司
講演	地震時の盛土の沈下量に与える地震動などの影響に関する試算 土木学会年次学術講演会 Vol, 63 巻, p73-74, 2008 毛利龍司、安田 進、大窪克己、藤岡一頼、白鳥翔太郎
○講演	高速道路における土構造物の維持管理 土と基礎（小特集：各種構造物の維持管理） Vol, 56, No. 2, p2-3, 2008. 2 大窪克己、藤岡一頼、竹本 将

## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
その他	高速道路斜面の維持管理について ―特にグランドアンカーについて― 地質と調査 p13-18, 2008. 3 <u>大窪克己</u> 、竹本 将
講演	東名高速軟弱地盤盛土への腹付盛土の影響軽減対策 土木学会年次学術講演会 Vol. 62, p441-442, 2007 <u>大窪克己</u> 、川上光雄、佐々木恒也、佐藤 淳、佐野淳一
講演	粘土地盤における長期沈下の要因に関する考察 土木学会年次学術講演会 Vol. 62, p221-222, 2007 <u>大窪克己</u> 、板清 弘
講演	崩壊土石流の到達距離の推定 地盤工学研究発表講演集 第 42 回, p1997-1998, 2007. 7 三浦 裕、 <u>大窪克己</u> 、日下寛彦、太田秀樹
○その他	道路法面における生態系保全手法と評価 土と基礎（小特集：環境の保全と創生） Vol. 55, No. 7, p4-7, 2007. 7 <u>大窪克己</u> 、小澤徹三、柴田知己
その他	さがみ縦貫道路海老名北ジャンクションにおける軟弱地盤の観測施工 基礎工（特集：観測施工とその情報活用） Vol. 35, p48-51, 2007 <u>大窪克己</u> 、日比野進弘、佐藤 淳
○その他	高速道路における切土構造物の変化・変遷 土と基礎（小特集：土構造物の変化・変遷） Vol. 54, No. 9, p12-15, 2006. 9 天野浄行、浜崎智洋、 <u>大窪克己</u>
○講演	高速道路盛土の大規模地震時の耐震性能検討（その 1）―盛土材のせん断強度の検討― 地盤工学研究発表講演集 第 39 回, p1759-1760, 2004. 7 <u>大窪克己</u> 、浜崎智洋、北村佳則、稲垣太浩、佐伯宗大、濱野雅裕、龍岡文夫
○講演	高速道路盛土の大規模地震時の耐震性能検討（その 2）―変位量による耐震性能評価法の検討― 地盤工学研究発表講演集 第 39 回, p1761-1762, 2004. 7 <u>大窪克己</u> 、浜崎智洋、北村佳則、稲垣太浩、濱野雅裕、佐伯宗大、龍岡文夫
講演	大断面トンネルの交差部の設計・施工 トンネル工学研究論文 Vol. 13 巻, p169-174, 2003 <u>大窪克己</u> 、片寄 学、小川直司、矢部幸男、高杉英則
講演	発破掘削におけるトンネル周辺岩盤の変位挙動を電位及び AE から見て （第二東名高速道路 静岡第三トンネル工事） トンネル工学研究論文 Vol. 13 巻, p259-262, 2003 <u>大窪克己</u> 、アイダン・オメル、片寄 学
講演	スラリー急結剤を用いた吹付けコンクリートの実施工報告 トンネル工学研究論文 Vol. 13 巻, p321-326, 2003 <u>大窪克己</u> 、片寄 学、根木隆敏、杉山建次、藤本克郎



## 早稲田大学 博士（工学） 学位申請 研究業績書

種 類 別	題名、 発表・発行掲載誌名、 発表・発行年月、 連名者（申請者含む）
講演	3成分HSP切羽前方探査による作業坑・本坑交差部の地質予測 土木学会年次学術講演会 Vol. 57, p455-456, 2002 片寄 学、 <u>大窪克己</u> 、小川直司、山本和義、竹内伸光
講演	アルカリフリー液体急結剤の試験施工について 土木学会年次学術講演会 Vol. 57, p973-974, 2002 小川直司、 <u>大窪克己</u> 、片寄 学、野村洋人
講演	反射法弾性波探査の適正評価に関する考察 トンネル工学研究論文 Vol. 12 巻, p33-38, 2002 <u>大窪克己</u> 、宮脇 工、芦田 譲、山本和義
講演	吹付けコンクリートの粉じん対策 トンネル工学研究論文 Vol. 12 巻, p275-278, 2002 <u>大窪克己</u> 、片寄 学
講演	新第三紀春日山層地すべり地帯におけるトンネル坑口部対策工 土木学会年次学術講演会 Vol. 54 巻, p122-123, 1999 後藤裕一、 <u>大窪克己</u> 、明道俊治、橋爪昭弘、坂口和雅
講演	湯田第二トンネルTBMにおけるデータ収集分析システム 土木学会年次学術講演会 Vol. 49, p1156-1157, 1994 <u>大窪克己</u> 、磯野龍昭、居合好信、笠原良男
講演	トンネル計測工Aのデータ分析 土木学会年次学術講演会 Vol. 45 巻, p594-595, 1994 <u>大窪克己</u> 、磯野龍昭
講演	石灰の鈹さいの動的変形特性 土木学会年次学術講演会 Vol. 38 巻, p341-342, 1994 長尾 哲、 <u>大窪克己</u> 、安田 進
その他	長野自動車道本城地区法面对策 基礎工（特集：地すべりと対策）Vol. 21, p56-67, 1993 大川征治、 <u>大窪克己</u>
その他	軽量盛土工による地すべり対策工 エアーミルク 土木技術 Vol. 47, p69-76, 1992 大川征治、伊藤 修、 <u>大窪克己</u>
講演	第三紀泥岩（地すべり）に対する土質定数の評価について 日本道路会議 第15回, p91-92, 1983, 10 <u>大窪克己</u>
講演	北陸自動車道 名立～糸魚川間における地すべり対策 基礎工（特集：地すべり・切土のり面）Vol. 11, p81-91, 1983 <u>大窪克己</u>

