

平成 20 年岩手・宮城内陸地震による 基礎，トンネルの被災状況の特徴と課題

中村 晋¹・鈴木基行²・中村裕充³

¹日本大学工学部土木工学科教授
(〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1)

E-mail:s-nak@civil.ce.nihon-u.ac.jp

²東北大学大学院工学研究科教授 (〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06)

E-mail:suzuki@civil.tohoku-u.ac.jp

³復建技術コンサルタント (〒980-0012 仙台市青葉区錦町一丁目7番25号)

E-mail:hiromitsu@sendai.fgc.co.jp

本報告では、平成20年岩手・宮城内陸地震の際、震源域周辺で生じた構造物被害として、橋脚基礎およびトンネルの被害の特徴と課題について報告する。まず、基礎として、杭の被災位置は直接的な補修・補強が困難な深部にあり、損傷した基礎の性能と要求性能との関係を踏まえ、杭基礎の保有すべき性能についての再考が必要であると考えられる。山岳トンネルについても、我が国における地質環境を勘案すれば立地環境として類似の地点での立地を避けることが困難であり、山岳トンネルが保有すべき耐震性能について再考し、明確に基準類へ反映することが必要である。

Key Words : Iwate/Miyagi Inland Earthquake, Damages, Foundation, Tunnel, Issues

1. はじめに

2008年6月14日に気象庁マグニチュード M7.2，震源が岩手県と宮城県の県境の栗駒山北東部に位置する地震が発生した。この地震は、逆断層を震源機構とする地震である。活火山の栗駒山周辺の山地は多様な火山性堆積物を有

することが反映し、大規模地すべり、土石流を含む地盤変状とそれに起因する河道閉塞、道路閉塞などの被害、祭時大橋の崩壊などの構造物被害が生じた。

ここでは、震源域周辺で生じた構造物被害として、橋脚基礎およびトンネルの被害の特徴と課題について報告する。この報告は土木学会・地盤工学会・日本地すべり学会東北支部および東北建設協会による平成20年岩手・宮城内陸地震4学協会合同調査委員会(委員長:東北工業大学・神山教授)により実施された調査結果の報告¹⁾のうち、構造物部会(主査:東北大学・鈴木基行教授)の報告に基づくものである。

2. 基礎の被害の特徴

震源域周辺では、祭時大橋の崩壊を含め、多くの

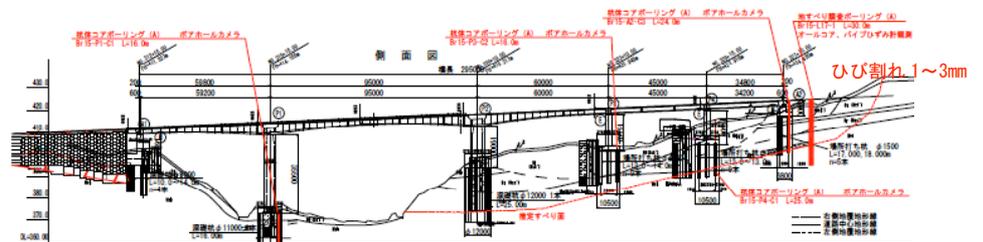


図-1 谷子沢大橋の側面構造および地質縦断

橋梁が被災した。被害は、崩壊した祭時大橋、旧昇仙橋をのぞき、橋脚や橋台の傾斜や移動および、それらに生じたひび割れ、支承や継ぎ手部の損傷、変状である。それら被害は、地震応答つまり構造物の震動の大きさに加え、祭時大橋の崩壊を含み橋脚基礎、橋台周辺地盤の変状に起因すると考えられ、この地震による被害の特徴ともいえる。

被災した橋梁の中で谷子沢大橋、赤倉大橋は、胆沢ダム建設工事の一貫とする国道 397 号線の付け替え工事で新設された橋梁であり、橋脚の基礎杭が橋台背後地盤を含む支持地盤の変状により損傷するという被害を受けた。両橋梁は兵庫県南部地震以降に改訂された道路橋標準示方書(赤倉大橋;平成 8 年, 谷子沢大橋;平成 14 年)に基づいて設計されている。谷子沢大橋は図-1 に示すように PC5 径間連続ラ-

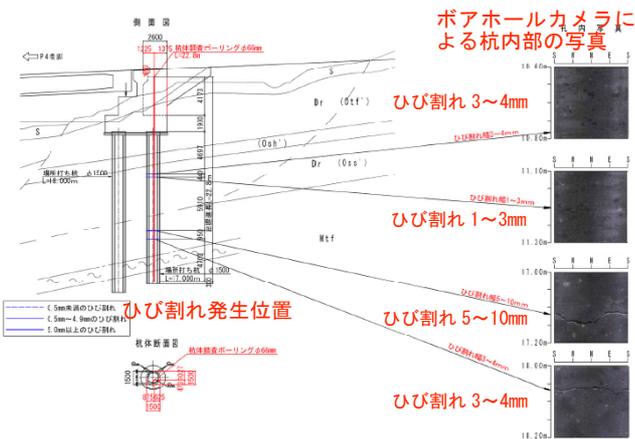


図-2 橋台(図-1 右側)の基礎杭のひび割れ発生位置



写真-1 橋台前面の地盤変状 写真-2 基礎杭に発生したひび割れ(10mm)

メン箱桁橋であり、杭基礎(場所打杭：φ1500)を有する橋脚基礎周辺地盤に開口亀裂(写真-1)などが認められた。杭体の損傷調査のために行われたボアホールカメラによる調査より、図-2 に示す橋台の基礎(他、P2, P3 基礎も)に、写真-2 に示すように最大10mm に至るひび割れが発生していた。その位置は、主に硬質岩盤上の N 値 20 程度の地盤内である。また、赤倉大橋は 3 径間連続鋼桁橋で、橋台、橋脚基礎周辺にて開口亀裂などの変状が認められ、橋台の深礎杭(場所打杭：φ3500)にて最大 7mm に及ぶひび割れが N 値 10~20 程度の地盤内で発生していた。

3. トンネルの被害の特徴

トンネルの被害は、図-3に示す胆沢ダムの北部、栗駒ダムの南方に位置する焼石/新玉山トンネルに生じた。

まず、焼石トンネルは、胆沢ダム建設に伴う一般国道397号付替道路供用区間(岩手県管理)に位置する焼石東トンネル(延長：200m、竣工：平2002年11月)、焼石スノーシェッド、焼石西トンネル(延長：280m、竣工：2001年9月)いさの総延長513mのトンネル群である。焼石スノーシェッドは、焼石東西トンネルに挟まれ、谷部に設けられ、区間長は33mであり直接は基礎である。両トンネルの地質は新第三系中新統尿前・層石英安山岩、および柱状節理をもつ溶結凝灰岩である。被害はひび割れ・隆起・沈下であり、主に焼石東トンネル、焼石スノーシェッドに生じた。



a) 焼石トンネル



b) 新玉山トンネル

図-3 焼石、新玉山トンネル位置

焼石東・西トンネルでは、0.1mmから最大10mmに至るひび割れが発生した。ひび割れは焼石東トンネルで多く発生し(図-4a)、インバート打設区間が大半の西トンネルは側壁からアーチに伸びるひび割れを主体とした軽微な損傷であることが特徴であった。図-4a)に示す側壁下端からアーチにかけて発生したひび割れは天端に達するものが少なく、縦断方向のひび割れは天端及び側壁の一部に少量発生しているものの、そのひび割れ幅は小さい。両トンネルの損傷の差は、地山の強度差に起因するとみられる。さらに、両トンネル共に基礎地盤の沈下に起因し、坑口の1~2スパン目の覆工横断面目が10~30mmの開口や10mmの段差を生じた。スノーシェッドでは谷側の歩道にコンクリート舗装の隆起や境界ブロック沈下・傾動、谷側のコンクリート擁壁上部の盛土斜面に小規模なキレツ、さらに両トンネルによる縦断方向の押出しの結果とみられる歩道の隆起が見られた。

次に、新玉山トンネル(竣工：1999年3月)は、宮城県栗原市内の一般県道築館栗駒公園線の栗駒ダムの南方に位置する延長1,220mのトンネルであり、NATM工法により構築された山岳丘陵地をほぼ東西方向に貫く道路トンネル(最大被り110m)である。その覆工及び道路・歩道面に大きな被災を受けた。トンネル周辺地山の地質は新第三系中新統小野松沢層及び七曲層の凝灰角礫岩・凝灰岩・砂岩などで構成され、東側から中央部までは比較的硬質な岩盤状態であるが、断層劣化帯を含み地山の劣化部が局在している。

被災状況は、東側坑口より250m~800m区間、特に250~275m区間(図-4参照)のアーチ全体に数条生じた2~3cmの輪切り状クラックを含み、覆工コンクリートに大規模な輪切状の開口亀裂を中心とした変状(写真-3b)が図-3b)に示すように発生した。亀裂周辺の覆工コンクリートは簡単な衝撃で落下するなど脆く緩んでいることから、内部の吹付コンクリートやロックボルトも少なからず損傷が及んでいる可能

性が高く、アーチ構造としての機能を損なっていると推定された。また、路面にも最大8cmの開口クラックをはじめ歩道などの道路施設にもズレ、浮き上がりなどが発生している。他区間でも側壁及びアーチに幅0.3～5mm程度のひび割れ、歩道・監査路の押し出し、隆起、境界ブロック傾動が生じた。

4. 基礎、トンネル被害の課題

被害を受けた基礎は、1995年兵庫県南部地震以後の改訂基準に基づいて設計されたものである。被害原因は、液状化とは異なるものの、地山斜面の変形、つまり地盤変状であると考えられる。我が国の中山間地域には、類似の地盤条件を有する構造物が多数存在すると考えられ、被害原因を設計法への反映することのみならず、既設構造物の耐震対策についても検討を行うことが必要である。また、被災位置は直接的な補修・補強が困難な深部にあり、損傷した基礎の性能と要求性能との関係を踏まえ、杭基礎の保有すべき性能についての再考が必要であると考えられる。また、内陸地震による震源域におけるトンネルの被害は、最近の地震による被害を含め、原因を究明することが必要であることはいうまでもないが、前述の基礎と同様に我が国における地質環境を勘案すれば立地環境として避けることが困難であることも事実である。山岳トンネルが保有すべき耐震性能について再考し、明確に基準類へ反映することが必要である。

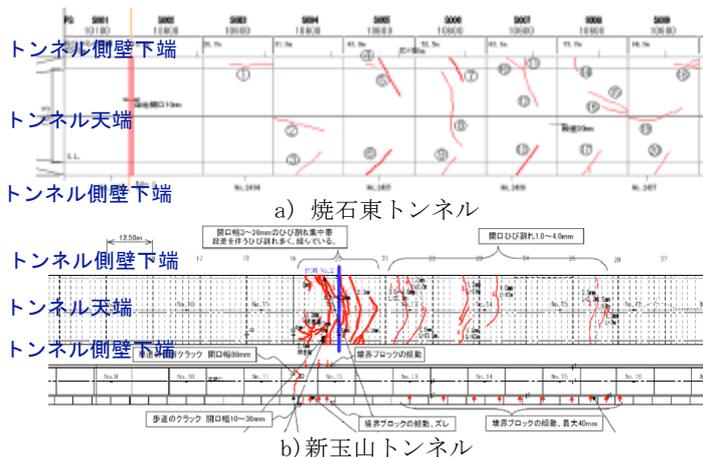


図-4 焼石トンネル、新玉山トンネルの覆工に生じたひび割れ発生状況(覆工展開図と赤線で示したひび割れ位置)



写真-3 焼石・新玉山トンネルの覆工に生じたひび割れ

参考文献

- 1) 平成20年岩手・宮城内陸地震4学協会合同調査委員会編、平成20年岩手・宮城内陸地震被害調査報告書、2009.6 20-33, 1994.

The CHARACTERISTICS AND ISSUES FOR THE DAMAGES OF THE FOUNDATIONS AND TUNNELS CAUSED BY INLAND IWATE/MIYAGI EARTHQUAKE,2008

Susumu NAKAMURA, Motoyuki SUZUKI and Hiromitsu NAKAMURA

In this report, the characteristics and issued for the damages of the bridge foundations and the tunnels among the damages suffered in the epicentral area during Iwate and the Miyagi inland earthquake of 2008 are described. First of all, the damages of the pile foundations are difficult to repair and reinforce directly because the positions are deep. Therefore, based on the relationship between the performance of the damaged piles and the required performance, the performance for the pile foundation seems to be reconsidered. As for the mountain tunnel, the construction at a similar location is difficult to avoid because the geological environment in our country to construct the tunnel is similar. Then it is necessary to reconsider the aseismic performance requirement, and to reflect it in standards clearly.