

Ⅲ－23 新潟県中越地震における山岳トンネルの被害とそのメカニズム

愛媛大学工学部 学生会員○土谷 基大
愛媛大学工学部 フェロー 森 伸一郎

1. はじめに

2004年10月23日に新潟県中越地震（マグニチュード6.8）が発生した。その際、震央付近に位置する多くのトンネルが被害を被った。著者らは直後の10月30日および11月10日に現地入りし、被害を被ったトンネルの詳細な被害調査を行なった。本論文では、それらの被害状況を明らかにするとともに被害原因を議論する。

2. トンネル被害状況

今回、震度5強以上を観測した市町村を中心に全19本のトンネル被害調査を行った。その調査の結果を図-1に示す。全19トンネルの内被害なしのトンネルは9、被害軽微のトンネルは4、被害小のトンネルは1、被害大のトンネルは4である。被害の大きかったトンネルは、木沢・羽黒・羽黒歩道・荒谷トンネルの4トンネルで、それらの被害は補強・補修を要する重大なものである。

3. 木沢トンネルの被害

木沢トンネルは、南北に延びる道路トンネルであり、延長305 mで、内空幅9.05 m、高さ5.90 mの断面を有しており、覆工厚は30～50 cmである。上半先進ベンチカット工法で掘削されたトンネルで、1991年11月に竣工している¹⁾。図-2に木沢トンネルの位置とその周辺の地形図を示す²⁾。木沢トンネルの南北両坑口周辺がそれぞれ南西方向と東方向に移動する地すべり地塊を貫通している。今回、本トンネルに関する詳細な被害状況を把握する方法としてクラック展開図を描いた。図-3に木沢トンネル延長305 mのクラック展開図を示す。図-3より、このトンネルの被害形態は3パターンに分類することが出来ることがわかる。北側坑口から35～75 mにおけるトンネル軸方向に低角度に生じた巨大な亀裂、75～230 mにおける斜め方向の円周亀裂、両坑口から約80 mにおける円周亀裂である。

北側坑口から75～230 mにおける斜め方向の円周亀裂

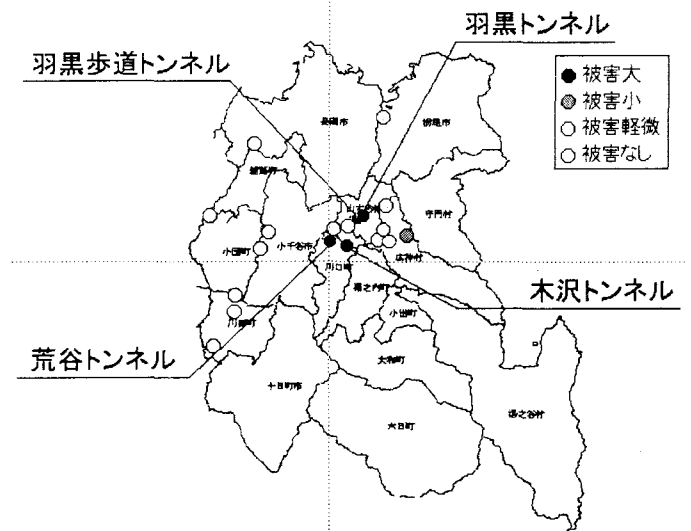


図-1 調査トンネルの位置と被害状況

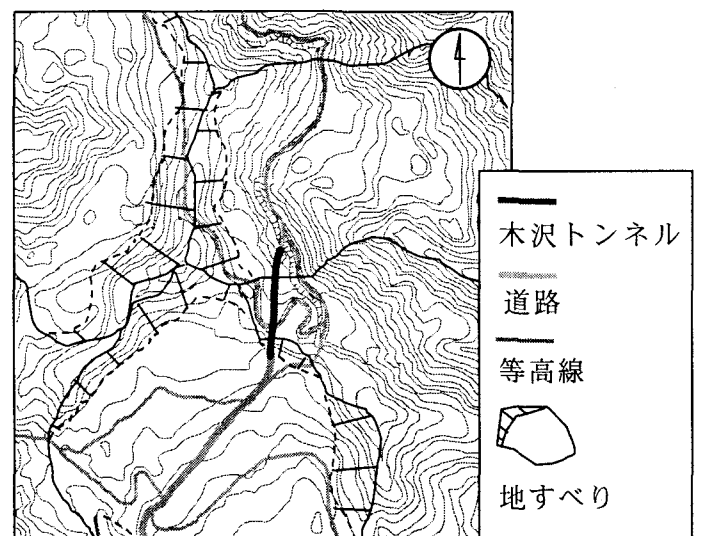


図-2 木沢トンネルの位置

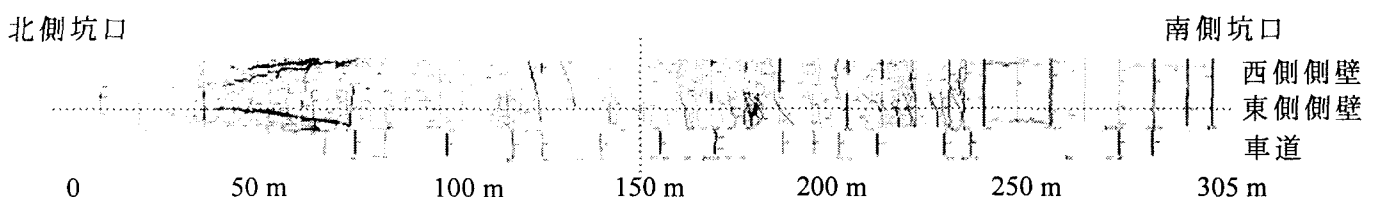


図-3 トンネル内部面クラック展開図 (延長305 m)

裂はトンネル断面で逆対称であることから、一方のせん断もしくは、ねじりが作用したと考えられる。

また、両坑口から約80 mにおける円周亀裂は軸方向の繰返し荷重が作用したこと、及び残留引張り力が作用したことが推察される。すなわち、地震動による影響と地すべり性の地山の挙動が被害原因として考えられる。これら円周・斜め円周方向の亀裂の開口幅を総和すると、トンネル延長で約 1.2 m に達する。

最後に、これらの被害形態の内北側坑口から35～75 m区間は極めて特殊なものである。写真-1に80 m奥より北側坑口へ向けて撮影した様子を示す。この区間ではトンネル横断面に著しい変形が見られる。図-4に北側坑口から63 m地点における横断面の変形状態を示す。西側のアーチコンクリートはトンネル内部方向への押し出しが認められるが、これは西側からの土圧が増加したことが原因であると考えられる。また、東側側壁に生じている軸方向の巨大な亀裂は圧挫によるものである。図-4に示した変形状態は、西側アーチコンクリートに東方向の力が働き、それと連動して西側側壁部がトンネル内部面に押し出されたためと推測できる。アーチコンクリートに東方向の力作用したことが、東側の側壁で圧挫が生じる原因となったと推測される。また、図-4には側壁に生じた亀裂の位置も併記してあるが、これによりトンネル北側坑口35～75 mに生じた亀裂は、東西で高さが異なることがわかる。東側に生じた亀裂の位置は西側に生じた亀裂の位置よりも高い位置に生じている。この両側壁での亀裂の高さの違いと、亀裂が坑口に向かって低角度に上がっていることから、アーチコンクリート周辺の地山はトンネル西側から東に向かって斜め上方向に移動したと考えられる。

4. 結 論

木沢トンネルの被害を現地調査し、クラック展開図を作成し、地形・地質の状況を併せて考察し、被害状況とメカニズムを考察した。得られた結論は以下の通りである。(1) 両坑口より約80 mまでは円周亀裂が卓越していた。この原因として地震動と地すべりの影響の両方が考えられる。(2) 北側坑口75～230 mの区間においては、円周方向よりわずかに斜めに傾いた亀裂が卓越していた。軸方向の荷重以外にせん断やねじりが作用したと考えられる。これら2種類の亀裂幅の総和は約 1.2 m に達することから、地震動よりは地すべりの影響が強いと考えられる。(3) 北側坑口から35～75 mの区間においては、トンネル軸に低角度で交わる平面との交線上に巨大幅の亀裂が生じていた。この原因として地震動による地塊の移動である可能性が高い。

参考文献

- 1) 新潟県土木部 トンネル台帳、県道
- 2) 国土地理院 1/25,000 都市圏活断層図 小千谷

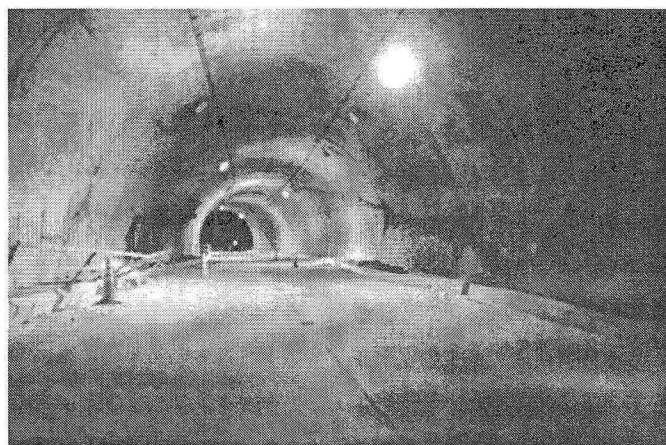


写真-1 木沢トンネルの被害状況

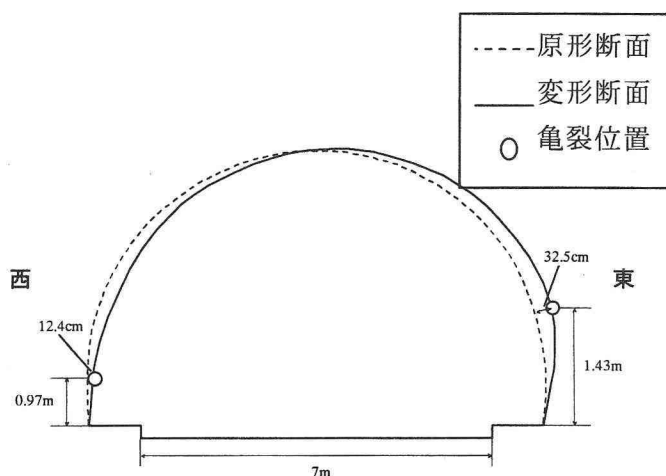


図-4 トンネル横断面図 (北側坑口から63 m地点)