

いわて防災学教室

災害から学び、災害に備える



トンネルと地震② 山岳トンネルの被害メカニズム

岩手大学工学部社会環境工学科助教

鴨志田 直人

前回(11月4日)は、山岳トンネルの地震被害例について紹介した。一般に硬い岩盤を掘って造られることが多いトンネルは、地震動による揺れが小さいことから地震に対して強い構造物である。しかし、過去の被災事例を分析した結果、トンネル地山に伝わる地震動が大きく、地山の地質に問題がある場合には、山岳トンネルでも地震被害が発生することが明らかにされた。

今回は、地震に強い山岳トンネルがなぜ被災するのか、そのメカニズムについて解説する。

山岳トンネルの地震被害で一番多いのは、斜面崩壊・岩盤崩落によるトンネル出入口(坑門、坑口部)の埋没である。地震による斜面崩壊のメカニズムについては、本筋ではないのでここでは省略するが、この様なトンネル被害を斜面崩壊による「もらい災害」と分類している。

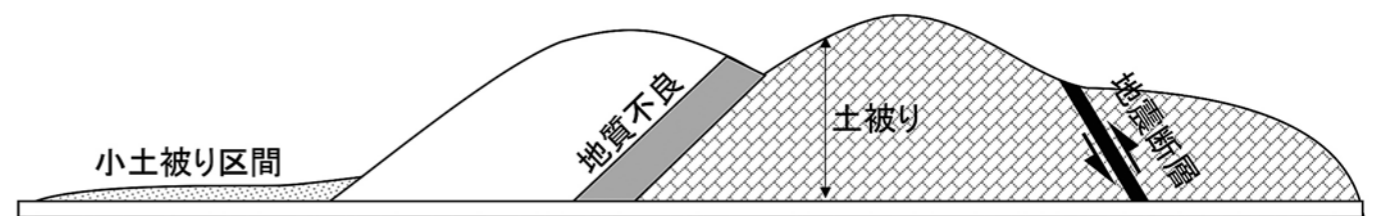
土被り(トンネルの天端から地上までの垂直距離)の小さな出入口付近では、坑門面壁の破損・傾斜・ひび割れの他に、トンネル覆工のアーチ肩部にトンネル軸方向へと延びるひび割れなどの地震被害が発生する危険性がある。トンネル出入口付近は、比較的軟弱な土砂地山中に位置することが多い。そこに地震動が伝播すると土砂地山の揺れが増幅され、トンネル覆工に作用する荷重は増加する。覆工へ常時作用している左右対称の荷重状態に、地震時の土砂地山の变形に応じた土圧と慣性力が片方向の水平力として加わることで、覆工のアーチ肩部に曲げが作用し、ひび割れを引き起こすことになる。

トンネルが断層破砕帯などの不良地山区間を貫いている場合、トンネル覆工の天端部の圧ぎ(大きな

曲げモーメントにより生じた圧縮破壊)・せん断ひび割れとひび割れ先端部の剥落、アーチ部と側壁間の打継目部での圧ぎ・剥離などの地震被害が発生する危険性がある。トンネルが不良地山区間を貫いている場合、その周辺地山は緩んでいる(地山が部分的に落下している)ことが多く、周辺地山の緩み土圧(落下した地山の自重)は、トンネル覆工で支えることになる。そこへ強い地震動が伝播すると地山の緩み領域はさらに拡大し、緩み土圧も増加する。その結果、増加した緩み土圧をトンネル覆工が支えきれなくなり、トンネル被害が発生することになる。

トンネルが地震断層を貫いている場合、地震による断層のずれによりトンネル本体は切断され、トンネル全周(アーチ・側壁・インバート)に多数のひび割れなどの地震被害が発生する危険性がある。地山に断層が存在すると、岩体はそこで構造的に2分される。これらに強い地震動が伝播すると、岩体は多少なりとも異なった方向へ動くことから、トンネルには断層を境目として相対的な変位を生じさせる荷重が作用することになる。この相対変位が、トンネル覆工にせん断・引張・圧縮・ねじり方向の荷重を生じさせ、結果としてせん断ひび割れ、輪切り状のひび割れ、打継目部に沿った圧ぎ・剥離、残留変形などを引き起こすことになる。

以上、山岳トンネルの被害メカニズムについて述べた。トンネル覆工に欠陥がなく、地山が堅固な岩盤であるならば、山岳トンネルは地震に強いと言える。(参考文献:朝倉俊弘ほか:土木学会論文誌No.659/III-52、27-38、2000)



トンネルの縦断図 出典:野城一栄ら(2009)を基に著者作成