

VI-330

山岳トンネルの坑門の巻出し部分の構造について

井上達明建築事務所 正会員 井上 達明

1996年2月10日早朝、北海道の^{しりべし}後志支庁の余市町と古平町を結ぶ国道229号線の古平側の坑門付近で、1万トンの岩塊が落下して、巻出しの厚さ50cmの鉄筋コンクリートのアーチを突き破って、バス一台及び乗用車一台もろとも、20名の乗客が圧死した。又、7年前1989年、福井県の越前海岸の国道305号の落岩防護シェルターを突き破った落岩で、これも10余名の青果市場の経営者が圧死した。この時のシェルターは陸屋根であった。この時、私の考えたのは、急勾配の『傾斜屋根』（勿論、建築で常用するようなスラブ、梁、柱の寸法とは桁違いの大きさの寸法でなければならない）のシェルターであれば、^{あたら}可憐この人達は、命を失わなくてすんだのではないかと考えた。そこへ豊浜トンネルの事故である。テレビ新聞等によれば、厚さ僅か50cm程度の鉄筋コンクリートのアーチである。これに数mの上から1万トンの岩塊が落下すれば（図1）、構造計算を俟たなくとも崩壊するのは目に見えている。砂利程度の落下ならこのアーチの程度の巻出しシェルターで防げようが、現場付近一帯の山容を観察すると、垂直或いはオーバーハングの巨大岩塊が重なり、^{がんせつ}岩屑の落下ですむとは到底考えられない。アーチ型の構造物は、均等に土圧のかかる山岳内の土中でこそ有効であるが、巻出し部分は、「位置のエネルギー」を保有する岩塊の落ちてくる場所である。

私はアーチ型でなく三角屋根を考えた。豊浜トンネルの完成が、越前岬のシェルターの惨事とほぼ同時期と聞く。越前と古平の事故を知り、豊浜トンネルの構造について、一つの考え方をここに提案する。既に出来上がっていたアーチ型シェルターを型枠として、その上に高さ約20mの三角屋根（傾斜懸垂線）の防護シェルターを設ける（図2、AB、AC）。そしてアーチ型枠と三角シェルターの間は、丈約13mの充腹の巨大な鉄筋コンクリート梁とする。三角シェルターの脚元は、アーチ型枠の外側へ厚さ4～5mの壁脚を設け、道路下の繋ぎ梁によりこれを大地と固定の構造とする。そして、1万トンの岩塊の衝撃力が一点に集中することも考慮し、三角屋根の表面は厚さ5cmの厚鋼板、又アーチの内側は同じく厚さ5cmの厚鋼板で支え、全体として充腹の鉄骨鉄筋コンクリートの構造とする。図3に巻出し部分の縦断面を示す。巻出し長さは約30mとし、その坑門の頂点Fの高さは約25mの最高の高さとし、巻出しの取り付け部分Gの高さは約20mとし、坑門の頂点Fよりも低くする。このようにして岩塊が坑門に落下するのを防ぐ。

この「三角断面の巻出し」によって、巻出しの斜面にかかる1万トンの岩塊の鉛直方向の重力の、斜面に直角方向の分力は、図2に示す如く約4千トンとなり、陸屋根やアーチ型で落岩を受けるより、シェルターの直接受ける「入力」は大幅に低減する。筆者は、この4千トンを静加重として、構造計算を行ったところ、この巻出しは十分に耐えることが出来ることが証明された。但しここで注意喚起したい事は、落下する巨岩の衝撃力Pは、下記の鋼材倶楽部実験式¹⁾ $P = W \alpha / g$ [$P = m \times \alpha = (W/g) \times (v/t)$]

ここに、P：落体の衝撃力(ton)，W：落体の重量(ton)， α ：衝撃加速度(m/sec²) (=v/t)，

g：重力の加速度(m/sec²) (=9.8m/sec²)，v：落体が衝突したときの速度(m/sec) (=√2gH)，

H：落体の落下高(m)，t：落体が静止するまでに要した時間(sec)，m：W/g

によって、10mの高さから落下した重さWトンの石の衝撃力は約43Wトン（t=1/30秒として）の力となり、落石の衝撃は巨大な事である。従って、山岳トンネルの坑門付近では、山岳の斜面の岩石の状況をよく調査して、巨岩の落下が絶対にないように、事前に処置しておくことが先決問題である。私は、図2に示した程度の巻出しでは、（10mの高さから落下するとして）せいぜい、重さ200t（≒5m×6m×6m）程度の落石にしか耐えられないと考えている。——実務に携わる技術者は、大学で教わったことや学会の基準が、完全で全てを網羅していると思っはならない。それらは学者の思い付く凡その項目を並べたに過ぎない。人を守る為、改めて大所高所から判断し行動しなければならない。

1) 参考文献 三上善蔵「落石防止防護法」 P135

図2 巻出し横断面図

fig2 section of the spreading

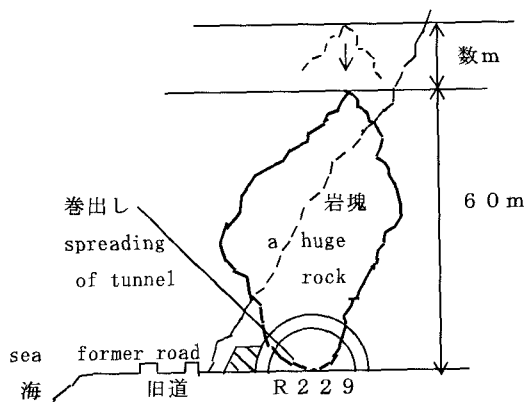
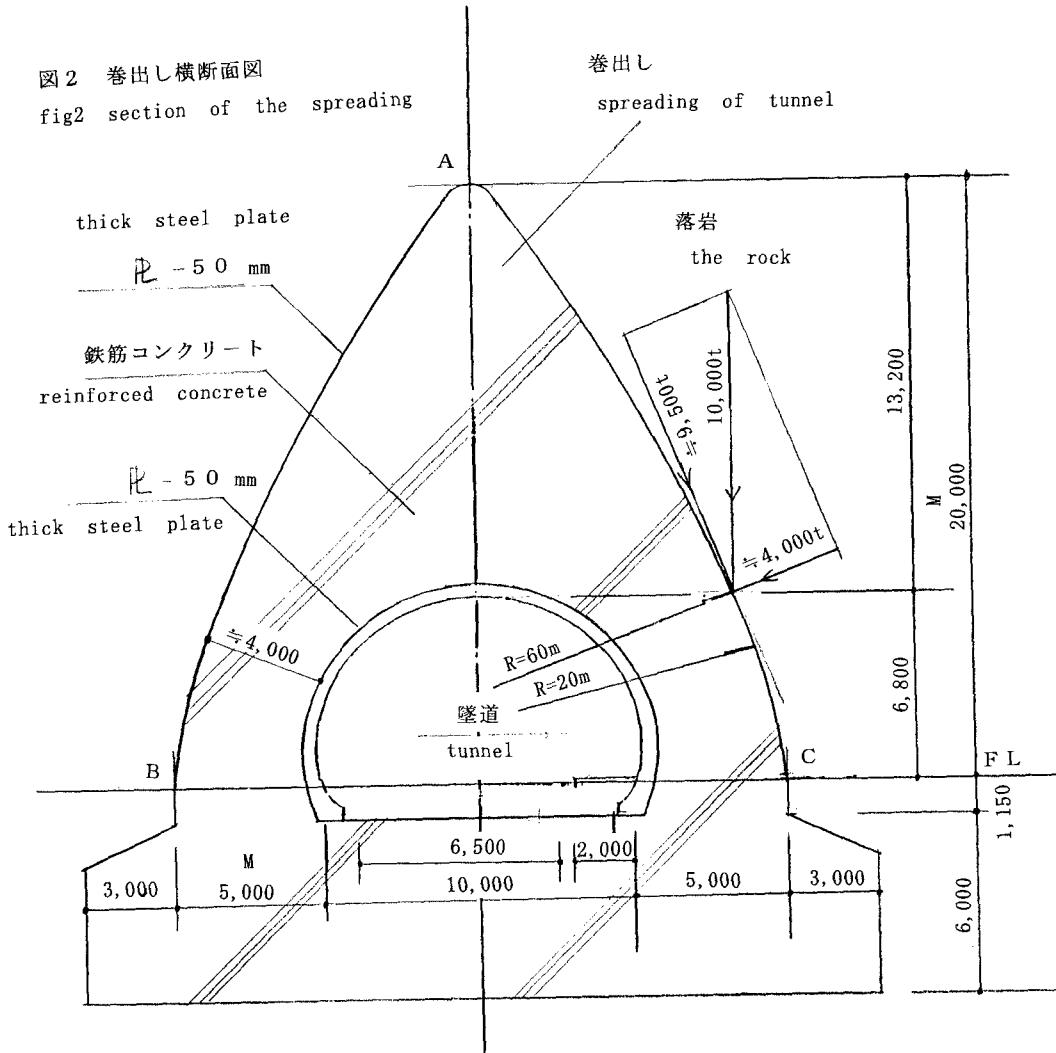


図1 豊浜トンネルの巻出しに落下した岩塊
(毎日新聞による)
fig1 a huge rock cruher down the
spreading of Toyohama tunnel

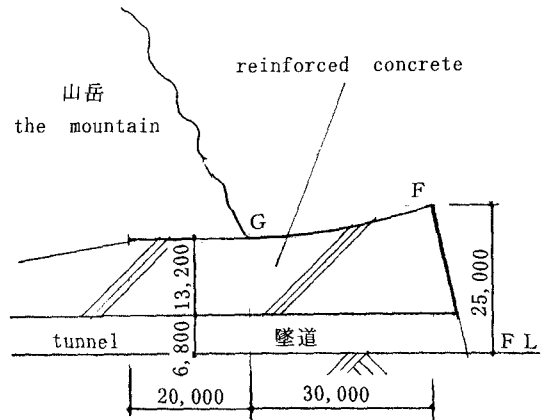


図3 巻出しの縦断面図

fig3 through section of the spreading