

III-187 地山物性の差によるトンネル周辺地山の挙動に関する模型実験

国鉄 鉄道技術研究所 正員 ○朝倉 俊弘
 正員 北川 修三
 川上 義輝

1 はじめに

トンネル掘さく時の周辺地山の挙動は種々の要素に支配される。その要素とは(1)掘さく進行、(2)掘さく断面形状、(3)土被り深さ、(4)地山物性値、(5)支保材、(ロックボルト、吹付コンクリート、等)等である。鉄道技術研究所では、これらの要素が掘さく時のトンネル周辺地山の挙動にどのような影響を与えるか、を知るために小型立体模型実験装置を用いて基礎的な実験を行なっている。本報告は、地山物性値の差、特に内部摩擦角の差によるトンネル周辺地山の挙動の差についての実験結果をまとめたものである。

2 実験概要

実験装置は、鋼製圧力函（内法寸法40cm×40cm×40cm）と載荷装置からなっている。（図-1参照）

実験は、鋼製圧力函にトンネル用型枠をセットして、地山材料を充填し、約1週間後にその一軸圧縮強度が、 10 kg/cm^2 （1MPa）程度に達したときに上方から載荷し、地山材料中に水平に開けられている円孔（ $\phi 10 \text{ cm}$ 、長さ25cm）の水平、及び垂直の変位量を測定した。また、除荷した後、円孔周辺の破壊状況を観察した。なお、トンネルは実際には圧力下の地山に掘さくされるので、この点が実際とは異なっている。

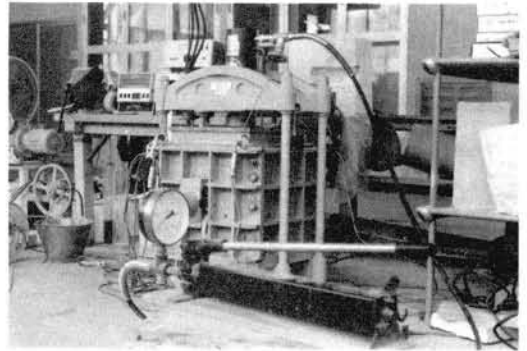


図-1 小型立体トンネル模型実験装置

地山材料は、それぞれ内部摩擦角が異なるように配合を変えて試験練りを行なった結果、表-1に示す配合とした。

3 実験結果

図-2にそれぞれの試験体の破壊状況のスケッチを示した。また図-3、図-4に水平、垂直方向の円孔内空変位を示した。

3-1 試験体I（ $\phi = 3^\circ$ ）

載荷荷重 9 kg/cm^2 （0.9MPa）より試験体の圧縮量が急増し、この付近で左右両側壁にクラックが発生した。最終載荷荷重 12 kg/cm^2 （1.2MPa）で試験体の圧縮量は4.2mmであった。

水平方向の内空変位は 11 kg/cm^2 （1.1MPa）まで拡大し、それ以降、急激に縮小する。

破壊状況は、横断面では応力集中により変色した荷模様が発達し、斜め上方に発達している。縦

	配合 (kg/m)	圧縮強度	弾性係数	粘着力	内部摩擦角
		σ_c (kg/cm^2)	E_c (kg/cm^2)	C (kg/cm^2)	ϕ (度)
I	水	686	9.8	4.7	3.0
	フライシ	286			
	珪砂土	143			
	石膏	329			
II	水	650	9.1	3.8	12.3
	セメント	228			
	砂	632			
	バントライト	72			
III	水	406	11.7	3.9	39.6
	セメント	49			
	砂	978			
	フライシ	880			

表-1 地山材料の配合と物性値

断面ではSL付近に軸方向のクラックが長く生じているが、はく落はほとんどない。切羽面では、切羽中央部が内空側に押し出され、応力集中による結核様が斜め上方向に発達する。

3-2 試験体Ⅱ ($\phi = 12^\circ$)

載荷荷重 6 kg/cm^2 (0.6 MPa) より試験体の圧縮量が増加し、この付近で切羽や側壁にクラックが発生する。最終載荷荷重 10 kg/cm^2 (1 MPa) で試験体の圧縮量は 12.1 mm であつた。

破壊状況はⅠと比較してクラックが多く、はく落が目立つ。

3-3 試験体Ⅲ ($\phi = 40^\circ$)

載荷荷重 9 kg/cm^2 (0.9 MPa) より試験体の圧縮量が増加する。側壁部のクラックは 6 kg/cm^2 (0.6 MPa) で発生する。最終載荷荷重 23 kg/cm^2 (2.2 MPa) で試験体の圧縮量は 10.3 mm であつた。

破壊状況は、側壁部SL付近の層状のクラックが著しく、地山深部にくさび形に発達している。切羽面では、天端から円弧状に平行なクラックが発生し、内空側のクラックははく離状態である。Ⅰ、Ⅱと比較して破壊が著しい。

4 まとめ

実験により、地山物性(内部摩擦角 ϕ)の差によるトンネル周辺地山の破壊状況が、定性的にではあるが把握された。 ϕ が小さい場合、せん断クラックは明らかにあらわれ、内空側に押し出され、 ϕ が大きいと、せん断クラックがはつきりとあらわれ、くさび形に地山深部に向つて発達する。クラック発生後の変位量は ϕ が小さいほど大きい。

5 参考文献 白井他:ライニングおよびロックボルトの効果に関する模型実験, 鉄道技術研資料 昭和54年3月

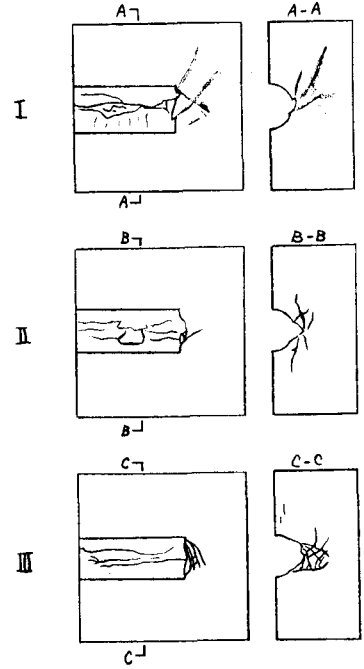


図-2 円孔周辺の破壊状況

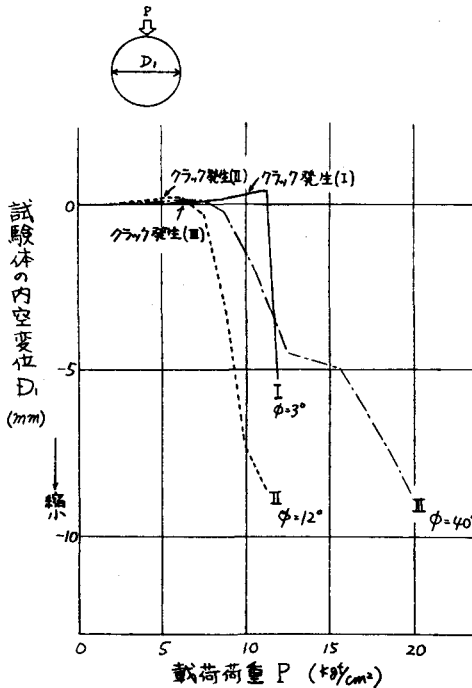


図3 水平方向内空変位

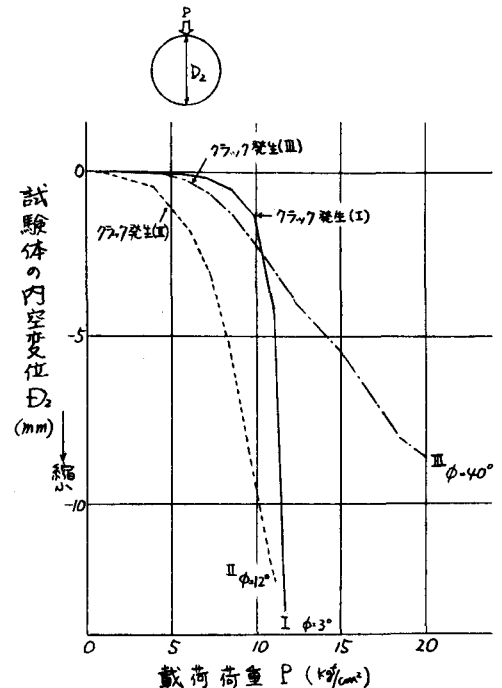


図4 垂直方向内空変位