

国鉄 鉄道技術研究所 正員 ○吉川 恵也
 東京第二工事局 小林 幸治
 鉄道技術研究所 川上 義輝

1. 目的

小型立体トンネル模型実験装置により、初期応力の方向性が鉛直方向に強い、砂質地山と粘性地山を想定した模擬地山について、切羽の進行に伴うトンネル周辺地山の応力変化に関する比較実験を行った。

実験装置は図1に示すような鋼製函(内法寸法40×40×40 cm)と掘削機および載荷装置からなっている。

実験は、鋼製函に供試体を充填し、土被りを想定した鉛直方向の荷重を加え、この加圧状態のもとで円孔(直径10 cm,長さ25 cm)を掘削し、あらかじめ埋込んだ土圧計により切羽の進行に伴う応力の変化を測定し、また、掘削終了後の試験体をトンネル縦断方向および横断方向に切断して円孔周辺の破壊状況を観察した。なお、供試体A1, A2, A3は砂質地山を想定した同じ配合のモルタル(A地山)で、供試体Bは粘性地山を想定した石こうと珪藻土の混合物(B地山)である。

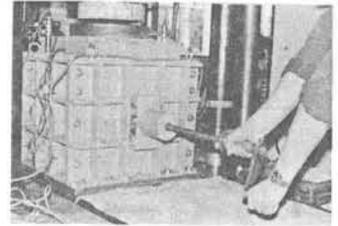


図1 実験装置

2. 試験結果と考察

図2は掘削による応力の変化の実験結果である。A地山における初期荷重を変えた3体の実験は、応力変化の傾向はほぼ同じであった。B地山における応力変化はA地山に比較して緩慢であり、かつ不安定な動きを示した。図3は切羽の進行による各部の応力の変化を比較したものである。図4は掘削終了後の試験体の地山破壊状況の写真である。

試験結果より次のような事が言える。

(1) 掘削に伴う周辺地山の応力再配分は、A地山は切羽前方(切羽が達する前)ほぼ1.0D(トンネル幅)付近で鉛直方向応力の増加となって現れ、B地山は切羽前方約2.0D付近で鉛直及び水平応力の増加が現われる。特に、B地山における切羽部の応力増加割合が大きく、鉛直方向で1.3倍、水平方向で2.1倍となっている。これは切羽前方においてすでに地山の破壊が発生し、切羽面側に変形を生ずるためと考えられる。

(2) 天端部の応力減少は、A, B地山共に切羽前方ほぼ0.5Dより始まり、切羽通過後A地山では約0.3D(接線方向応力), 0.5D(半径方向応力), B地山では1.0D(半径方向応力), 1.3D(接線方向応力)付近まで減少し安定する。応力減少割合は半径方向応力が顕著で、かつB地山は緩慢である。

(3) 切羽部の応力減少は、切羽前方約0.5Dより始まる。

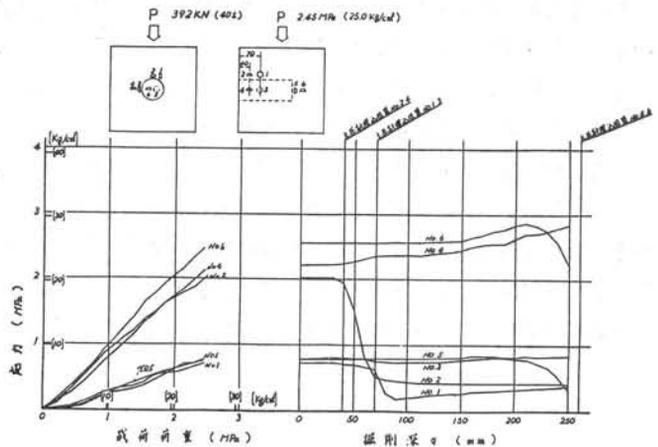


図2 掘削による応力変化 (A2)

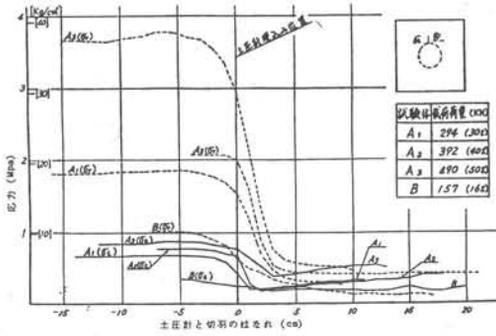


図 3-1 切羽の接近による応力変化 (天端部)

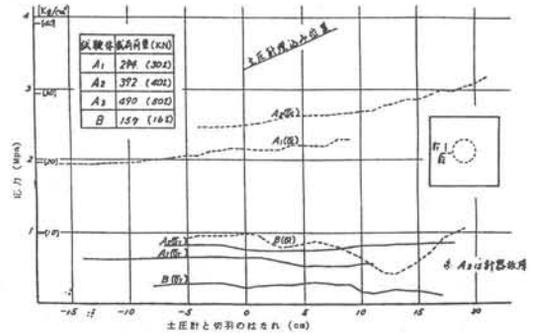


図 3-2 切羽の接近による応力変化 (側壁部)

(4) 切羽通過後の二次応力状態では、接線方向応力が増加し、側壁部の応力が最大となっている。

(5) B地山の側壁部の応力変化は不安定で、応力再配分が段階的に行われていることを示している。

(6) 掘削後の地山破壊状況は、A地山は側壁部において円弧状にクサビ形のせん断クラックが顕著であり、B地山は塑性流動的な地山の内空側への押し出しが顕著である。破壊領域はB地山が大きい。

(7) トンネル内空への変形は、切羽から後方約1.0 mの間は比較的少ない。これは切羽前方の地山がこの間の地山の鉛直方向応力を分担して支持しているためと想定される。

3. あとがき

今回の実験により、砂質地山と粘性地山とにおけるトンネル掘削による地山内の応力再配分に関する傾向が把握できた。今後、地山物性を更に変えた数種の試験体により掘削試験を行い、地山種別による周辺地山の挙動特性や破壊現象について究明し、設計・施工に役立てたい。

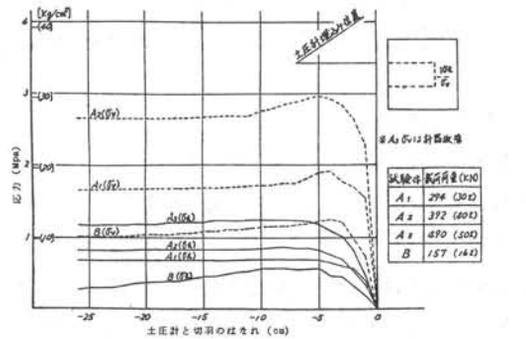


図 3-3 切羽の接近による応力変化 (切羽部)

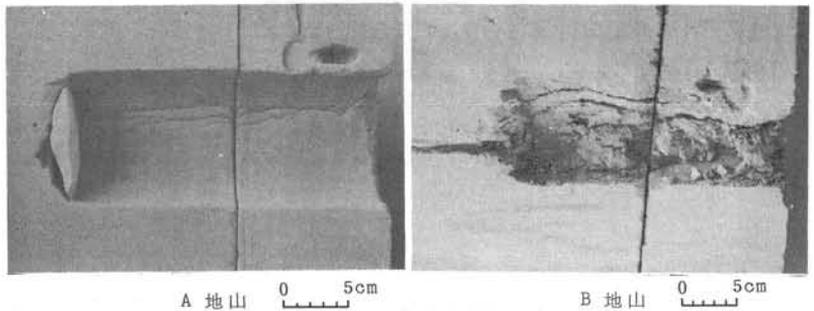


図 4 掘削後の地山破壊状況