

III-132

切羽に作用する土圧を測定した縦断トンネル土槽試験

フジタ工業(株)技術研究所

香川和夫・福島伸二

望月美登志

1. まえがき

都市部におけるトンネル掘削の特徴は土被りの浅い砂質土のような未固結な地山が多く、また地表面に構造物があることであろう。このような地山中にNATM工法によりトンネルを掘削するには適切な補助工法により切羽を安定させ地表面沈下を最小限に抑える必要がある。著者らはこれまでにこの種のトンネル掘削問題を想定して、縦断面内におけるトンネル掘削をモデル化した土槽試験実施し、ボルトを用いた補助工法の主に地表面沈下防止効果について調べてきた¹⁾²⁾。本報告では土槽試験装置の切羽面に作用する土圧を測定し、ボルトを用いた補助工法の効果を切羽面に作用する土圧により評価した結果をまとめたものである。

2. 縦断トンネル土槽試験装置

図-1に本報告で使用した縦断トンネル土槽を示してある。この土槽は既報¹⁾²⁾において使用したものと同一であるが、これに切羽面に作用する土圧を測定できるようにモデルトンネルにロードセルを設置してある。地山材料、模型地山の作製や試験方法は既報におけるものと同じである。またボルトを用いた補助工法として既報と同様に斜めボルト工法、鏡止めボルト工法、縫地ボルト工法の3種類をモデル化して模型地山内に打設し、それらの地山補強効果を切羽面に作用する土圧により調べた。

3. 試験結果

図-2にトンネル径(D)に対して土被り(H)を $H/D=0.5, 1.0, 2.0$ と変えて行なった試験から得られた切羽面に作用する土圧とトンネル引抜き量の関係を示してある。ここで P_1 はトンネル引抜き前の初期土圧で、 ΔP は初期土圧からの土圧減少量である。この図からトンネル引き抜きに伴う土圧はどの土被りにおいても引き抜き初期に急激に減少するが、最低値に達するとやや増加することがわかる。しかし初期土圧からの減少割合は土被りにより異なり土被りが深いほど土圧減少量は大きいこと、つまり土被りが深いほど切羽に向かう地山荷重のうち地山自身で支えられる割合が大きいことがわかる。

図-3に斜めボルト工法の場合の試験結果を示してある。これよりボルトの打設してある場合には無補強の場合に比較して切羽面に作用する土圧の減少量が大きく、切羽面に向かう地山荷重の一部はボルトにより支えられていることがわかる。特に既報で示したように地表面沈下防止に効果的な打設角度が $\theta=30^\circ$ の場合にはボルトが支える荷重が大きく、切羽面に作用する土圧はほとんどゼロ近くまで減少している。

図-4には鏡止めボルト工法の効果を調べるために実施した試験結果を示してある。この図からボルトが打設されている方が土圧減少量が大きいトンネル引抜き量が大きくなると必ずしもそうではないことがわかる。特に $\Delta w = \Delta h = 2.5\text{cm}$ の場合にはそうである。これは既報²⁾で示したように鏡止め

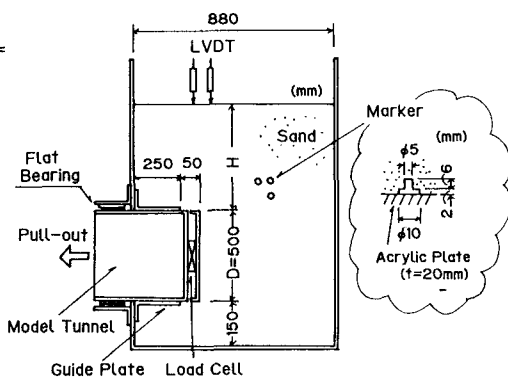


図-1 縦断トンネル土槽試験装置

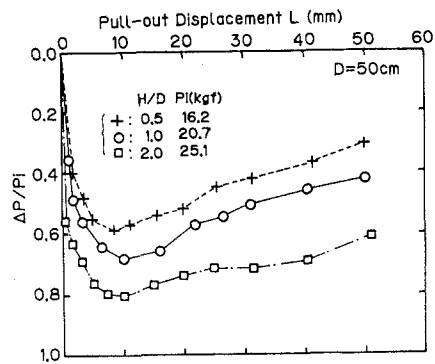


図-2 トンネル引抜きに伴う土圧の変化

ボルトは切羽部の変位を拘束するのに効果的であるため、切羽部とトンネル面との間に局部的な空洞ができてしまいこの部分を埋めるようにこの上部に或る地山部が陥没するため局部的な地表面沈下が生じる。この陥没現象が無ければ切羽面に作用する土圧は小さいものと考えられる。特に $\Delta w = \Delta h = 2.5\text{cm}$ の場合には非常に小さい引き抜き量で急激に土圧が減少しているが、その後土圧が増加しているのは陥没現象が発生したためであると考えられる。

図-5に縫地ボルト工法の場合の試験結果を示してある。この場合も斜めボルト工法の場合と同様に地表面沈下防止効果がある打設角度 $\delta = 60^\circ$ のボルトの方が土圧の減少量が大きく、ボルトがより大きな地山荷重を支えていることがわかる。

4. あとがき

縦断面内におけるトンネル掘削状況をモデル化した土槽試験により、ボルトを用いた補助工法の地山補強効果を切羽面に作用する土圧により調べた。その結果以下のことがわかった。トンネル引抜きに伴う切羽面に作用する土圧は引抜き初期に急激に減少し、最小値に達した後やや増加する。

ボルトを打設すると切羽面に作用する土圧の減少量は、ボルトが無い場合に比較して、大きく土圧の一部はボルトが支えることがわかった。特に地表面沈下防止に効果的なボルト打設の場合には、ボルトが支える土圧量は大きく切羽面に作用する土圧はほとんどゼロ近くまで減少する。

参考文献

- 1) 福島伸二・望月美登志・香川和夫：土被りの浅い砂質地山トンネルの縦断模型試験、第23回土質工学会研究発表会、1988。
- 2) 望月美登志・福島伸二・香川和夫：土被りの浅い砂質地山トンネルにおける補助工法の補強メカニズム第21回岩盤力学に関するシンポジウム、pp326-330、1989。

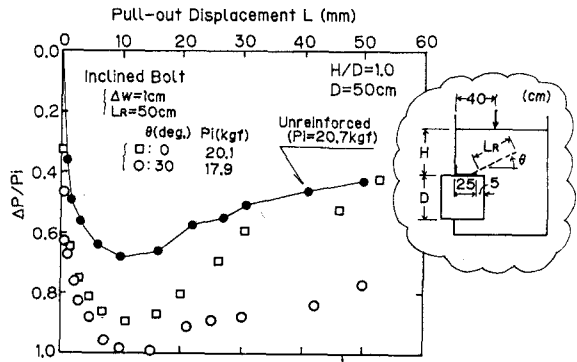


図-3 斜めボルト工法

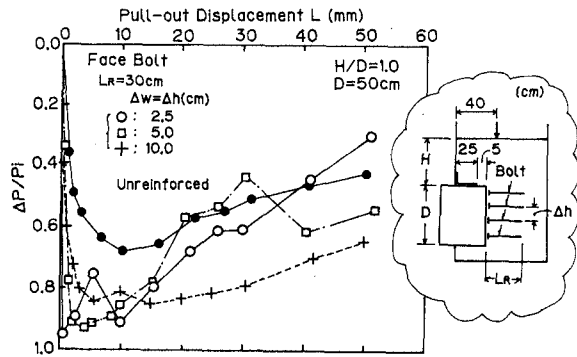


図-4 鏡止めボルト工法

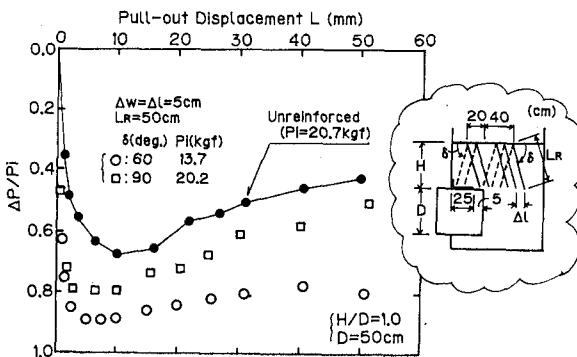


図-5 縫地ボルト工法