

III-134

模型実験から考察した導坑掘削

西松建設機技術研究部 正会員 西平 福宏
西松建設機技術研究部 正会員 稲葉 力
西松建設機技術研究部 正会員 平田 篤夫
西松建設機技術研究部 正会員 石山 宏二

1. はじめに

軟岩および土砂地山にトンネルを掘削する場合、しばしば先進導坑が用いられる。一般の山岳トンネルの場合には、近年はサイロット（側壁導坑）が多いようである。導坑掘削の効果は、本坑掘削に先立ち土質を確認できるとか、地盤改良が可能であるとかの効果のほかに、“いなし”の効果あるいは“圧密”作用も期待できるといわれている。筆者らは軟岩を対象としたトンネル模型実験を実施しているが、その一貫として中央導坑を掘削した場合の実験を行い、土圧と変位の変化を測定し導坑掘削の効果について考察した。本報告では、剛な支保を持つ導坑掘削、支保工なしの導坑掘削、導坑なしの掘削2ケース、合計4ケースを比較した。

2. 応力-ひずみ曲線からの考察

図-1に応力ひずみ曲線の模式図を示す。曲線Aは三軸圧縮試験において立ち上がりが弾性的な場合、曲線Cは完全に非線形な場合、曲線BはAとCの間である。例えば、図に示す中央導坑を掘削した場合、本坑坑壁近傍の点において、主応力差と軸ひずみがA1, B1, C1に示す点にあるとする。その後、本坑を掘削するとA2, B2, C2に移動するものと考えられる。A、Bともあらかじめゆるませる効果はあるものの、Aのように地山に強度がある場合には導坑自体が必要ない、と考えられる。一方でCの場合には、導坑掘削すると導坑の段階では掘削できても本坑ではやはり崩壊してしまい、導坑掘削の意味が薄れると考えられる。

表-1 実験ケース

	支保工	ケース No.	地山強度比	土蔵荷重 kgf/cm ²	qu kgf/cm ²	1/50 kgf/cm ²
導坑掘削	剛	5	0.38	11.6	4.4	
導坑なし	なし	7	0.38	10.5	4.0	72.1
導坑掘削	なし	10	0.81	14.0	11.4	188.5
導坑なし	なし	9	0.86	14.0	12.1	247.5

3. 模型実験の方法

実験の方法はすでに報告しているので（例えば1,2）など）ここでは省略する。表-1.に実験の種類を示す。剛な支保工とは肉厚3mmの鋼管であり、完全に剛と考えられる。このパイプを5cmずつジャッキで押し込みながら導坑掘削した。本坑の掘削は、パイプを残したまま外側を5cmずつ掘削した。掘削は30分で5cmである。

4. 模型実験の結果

図-2～5に本坑掘削時の切羽位置と変位の関係を示す。図-2と図-3は地山強度比その他の条件が比較的近い場合であり、図-4と図-5も比較的近い条件の場合である。図-2は剛な支保工を用いているにも拘らず、最終的には導坑を掘削しない場合（図-3）と同じ変化形状を示している。この結果は、地山強度比が比較的小さい場合には、剛な支保工を用いても本坑掘削時に大きな変位が発生す

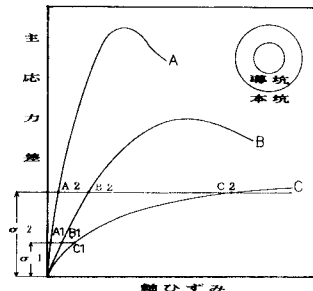


図-1 応力ひずみ曲線

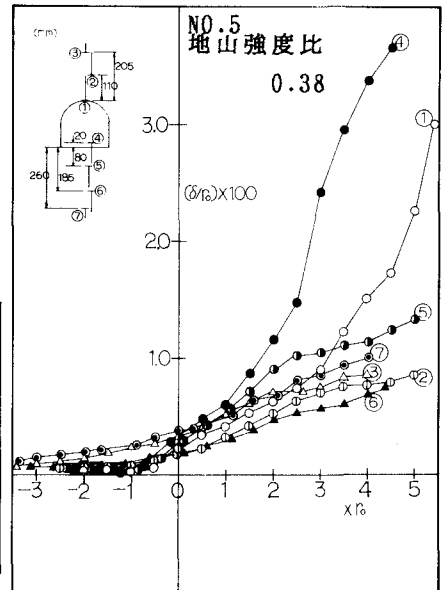


図-2 切羽の位置と土圧（NO.5）

る可能性を示唆している。それに対して、図-5は図-4に比べて本坑掘削時の変化が少ないようである(図-5は変位が図-4と逆であるが)。図-4では本坑掘削時に比較的大きく変化している。図-4を見るとこの地山強度比では導坑掘削しなくても掘削が可能なようであり、また、図-5を見ると変位の出方は逆であるが導坑掘削でほとんどの変位が発生しており、本坑掘削時には変位がほとんどでないことがわかる。

図-6、図-7にケース5とケース10の切羽位置と土圧の関係を示す。土圧は各測定値を導坑掘削前の各初期値で正規化してある。図-6の場合、導坑掘削で土圧が変化するが、本坑掘削時の方が変化がずっと大きかった。図示しないがケース7と同様の傾向である。図-7によると導坑掘削時も本坑掘削時も土圧の変化が大きく、特に円周方向の土圧の増加が大きいようである。図示しないが、ケース9の場合と傾向はかなり異なっている。

5. まとめ

今回の実験は、導坑の効果についての実験ではないが、次のことが示唆されたと考える。ただし、導坑掘削後の本坑掘削が無支保の場合についてである。

1) 地山強度比が0.3程度の場合、剛な支保工で導坑掘削してから本坑を掘削しても導坑の効果は明かでなかった。本坑を掘削するときにも大きな変位が発生した。

2) 地山強度比が1程度のときは、無支保での導坑掘削で変位の発生がほとんど生じ、導坑掘削の効果が認められた。

3) 軟岩地山の場合、導坑掘削の効果は地山強度比(あるいは地山の力学的性質)に大きく左右される。

参考文献)

1) 稲葉 力・平田篤夫・石山宏二:「軟岩地山を想定したトンネル掘削模擬実験」土木学会 第20回岩盤力学に関するシンポジウム講演概要集 1988年2月 259-263p

2) 稲葉 力・平田篤夫・石山宏二:「軟岩地山を想定したトンネル掘削模擬実験(その4)」土木学会 第21回岩盤力学に関するシンポジウム講演概要集 1989年2月 316-320p

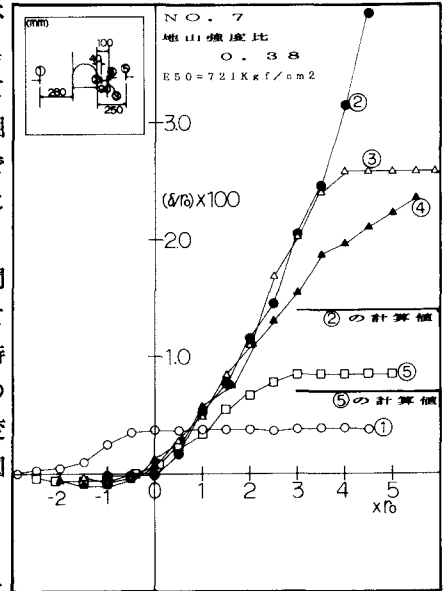


図-3 切羽の位置と変位(N0.7)

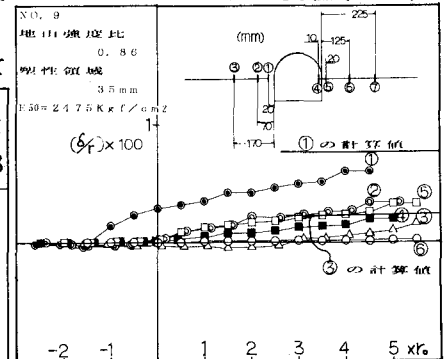


図-4 切羽の位置と変位(N0.9)

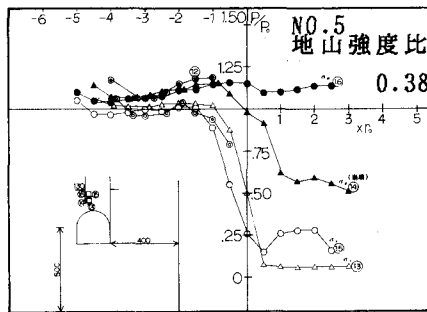


図-6 切羽の位置と土圧(N0.5)

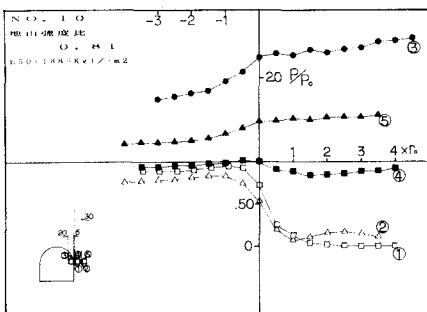


図-5 切羽の位置と土圧(N0.10)

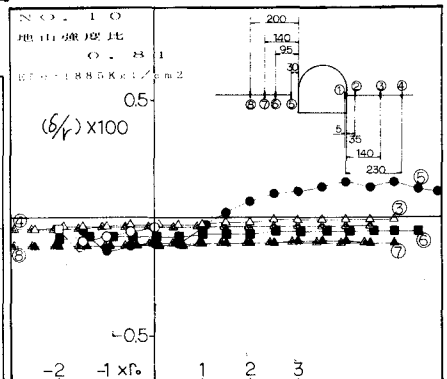


図-5 切羽の位置と変位(N0.10)