

III-133 模型実験から求めた坑壁の変位と土圧の関係

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

トンネル坑壁の変位と土圧の関係は、変位の増加とともに土圧が減少し、土圧が最小値に達した後土圧が増加に転じるとされている（Fenner-Pacher曲線）。土圧の最小値で支保工を設置するのが地山の強度を有効に利用するという意味で効率的である。

一方で、現場において坑壁の変位と土圧の関係を求めた例はほとんどない。これは、坑壁の半径方向の土圧を求めることが困難だからである。数値解析においては木山らがDEMで計算し、変位と支保反力を求めた例がある。

筆者らはトンネルの三次元模型実験で切羽の進行に伴う土圧と変位の変化を計測している。本報告では、坑壁近傍の土圧と変位に着目し、その関係を求めた。実施した実験の関係上、地山強度比が1以下の場合を対象とした。

2. 実験方法

実験方法の詳細はこれまでに報告しているので¹⁾²⁾土圧と変位の計測について補足する。土圧計は地盤中に地盤と共に移動が可能のように埋め込んだ²⁾。変位は鋼線（径1mm）の先に付けた丸プレートの移動を土槽の外で東京測器のCDP-25で測定した。

3. 一般的な変位～土圧の関係からの考察

図-2に記す曲線3が一般的な坑壁の変位と土圧の関係と考えられる。変位が生じるに従って土圧は単調に減少し極値Bに達してからC点の方へ向う。最も一般的に報告されている切羽の進行と坑壁変位の関係は図-1の上図のようである。地山が比較的硬い場合には、曲線1のようであり、比較的柔らかい場合には曲線2のように1に比べて大きくなる。坑壁が崩壊する場合には、Dの方へ向うであろう。

表-1 実験ケース

ケース NO.	地山強度比	土載荷重 (kgf/cm ²)	qu (kgf/cm ²)	E50 (kgf/cm ²)
6	0.52	14.0	7.3	8.83
7	0.38	10.5	4.0	7.21
9	0.86	14.0	12.1	24.75

切羽の進行と土圧の関係は現場での測定例はまれである。筆者らの模型実験¹⁾²⁾によると図-1の下図実線のようであった。また、筆者らの実験において地山強度比が1に近いとき、谷本ら³⁾が示しているように土圧はC点の方へ増加している。図-1の結果を合成すると、地山が良好な場合には、図-2中に示す曲線1のようであり、不良な場合には曲線2のようであるが、坑壁変位が落ち着き限り曲線はB点に収束する。図-1のD点のように坑壁が崩壊すれば、土圧は増加せず図-2のD点に移動する。図-2のC点のように土圧が増加するのは、図-1においてC点へ向う場合である。

図-2の曲線1のような地山の場合には、変位自体が大きくないので支保のタイミングは特に制限を受けないと考えられる。図-2でD点へ向か

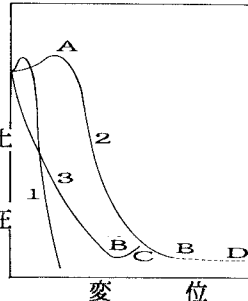
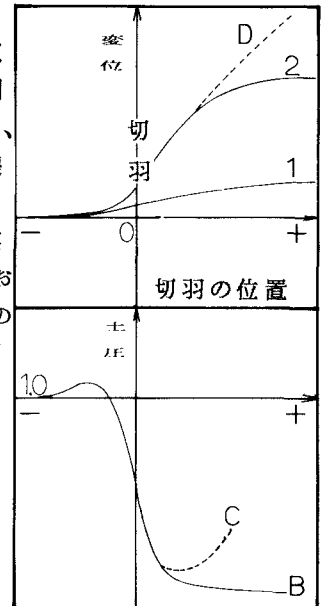


図-1 切羽・位置と変位
土圧の関係

図-2 変位・土圧の関係

う場合には、一般に変位は大きいので極値を取る前に支保を設置する必要がある。極値を狙って支保を施すのがベストなのは、土圧が極値を取った後増加する場合と考えられる。

4. 模型実験結果からの考察

表-1に対象とした模型実験のケースNo.と条件を記した。変位と土圧の関係を図-3(地山強度比0.38)、図-4(地山強度比0.5)、図-5(地山強度比0.86)に示した。測定点数の関係から坑壁近傍の測定値に限定しなかった。土圧計の位置と変位計の位置はできるだけ近いものを選んだ。図中に示したのは、変位が比較的良好に測定できたものだけで測定値の傾向が大きく異なったものは除外した。図において横軸は地中変位を示し、縦軸は対象土圧計の測定値を実験開始時の土圧で基準化したものを示している。

図-3によると土圧は一度増加した後減少し、坑壁から遠く変位の少ない点は変位も土圧も一定となって安定し、坑壁が崩壊したものは土圧が一定で変位が増加する。図-4では図-3とほとんど同じであるが、変位が全体に減少している。土圧が最後に増加する現象は認められない。図-5ではさらに変位が減少している。ここで初めて、土圧の増加がわずかながら認められた。変位は地山強度比に応じて減少し、土圧の最終値もまた地山強度比に関係していることがうかがえる。

5. まとめ

地山強度比が1以下の場合について模型実験を行った結果、土圧と変位の関係について次のことがわかった。

①土圧は変位の増加につれて一度増加し、その後単調に減少する場合が多かった。

②地山強度比が0.86のものだけ、土圧が極値をとった後増加し、一般的なFenner-Pacher曲線の形状となった。

③安定するものは、変位・土圧が一点に収束するが、不安定なものは土圧一定で変位が増加した。

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

3) 谷本親伯・畠昭治郎:「切羽周辺での地山挙動を考慮したトンネル支保の基本的概念」

土木学会論文報告集 第325号

1982年9月 93-106p

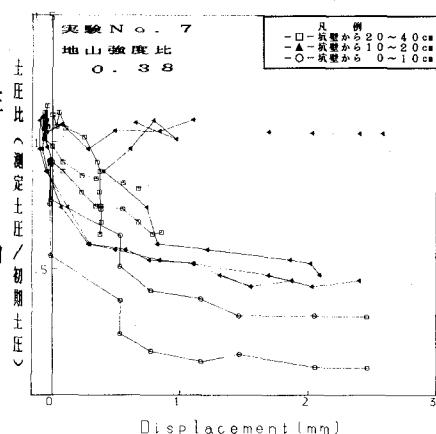


図-3 変位・土圧の関係 (ケース7)

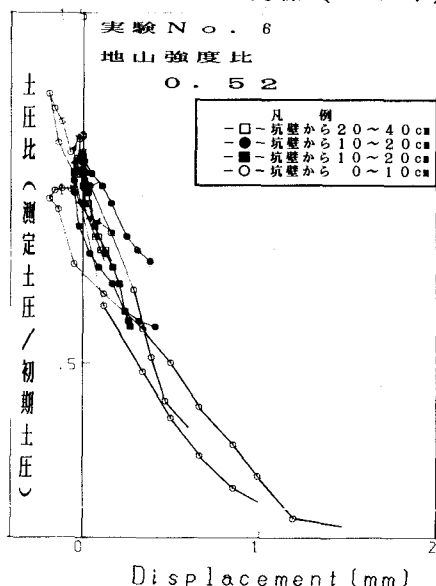


図-4 変位・土圧の関係 (ケース6)

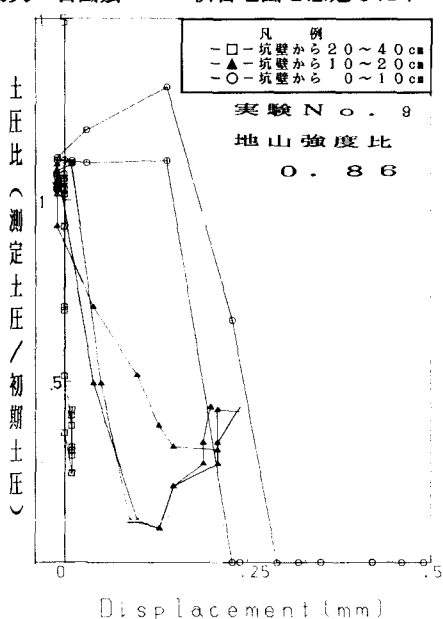


図-5 変位・土圧の関係 (ケース9)