

多段降下床実験による応力再配分と地山の変形に関する研究

東京都立大学 学生員 吉川浩央
東京都立大学 フェロー 今田徹
東京都立大学 正会員 西村和夫
東京都立大学 正会員 土門剛

1. 目的

シールドや NATM トンネルの超近接施工や大断面トンネルの加背割りによる部分逐次掘削では、複数のトンネルや加背割りによる応力再配分のメカニズムに関して不明な部分が多い。そこで本研究では、後行トンネルもしくは後行掘削が先行トンネルなどに及ぼす影響を、模型実験による地山内変位の観測によって、掘削順序による変化や全断面掘削時との比較により把握することを目的とする。

2. 実験概要

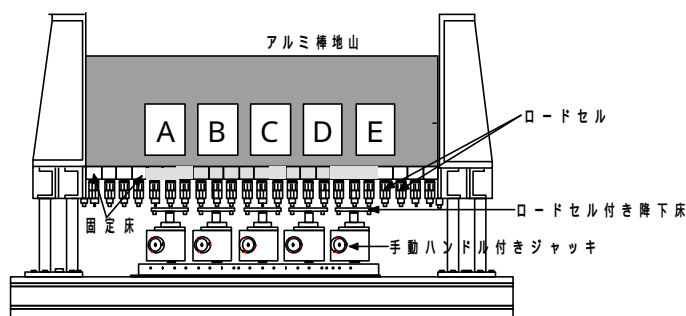
本研究では5連降下床(図—1)を用いた。土槽は、幅 1200mm, 高さ 900mm, 奥行き 300mm で、土槽の床にロードセルを配置したアルミ合金製の降下床を固定床にセットした。降下床は手動ハンドル付きジャッキによって昇降可能である。トンネル掘削に伴う土圧変化を降下床降下による土圧変化に模擬し、いろいろな順序で降下床を降下させることによって生じる土圧の変化を測定した。土被りは 500mm、降下量は 2mm とした。その際に地山に埋め込まれた 98 個の標点の変位を、高光学レンズを用いたカメラと画像解析ソフトにより計測する。地山及び標点の諸物性値は表 - 1 に示すとおりである。実験では5つの降下床の降下順序と土被りをパラメータに行った。

表 - 1 物性表

地山材料	
材質	アルミ合金
長さ	100mm
径	1.6mm, 3.0mm
混合比(重量比)	3:2
地山密度	2.15gf/cm ³
粘着力	0gf/cm ²
内部摩擦角	30°
標点材料	
材質	ステンレス釘
長さ	100mm
径	3.5mm

3. 実験結果および考察

降下床の降下順序が ABCDE、土被り 50cm の結果のみを以下に示す。スペースの関係で時は示していないが、最初に A を降下させたとき、A 降下床周辺の地山変位は左右対称形を示しているが、その後 BCDE と順次降下させると、すでに降下している側(たとえば、B 降下床の A 側)の鉛直変位成分が、まだ降下していない側(B 降下床の C 側)の鉛直成分より増加することがわかった。この場合、降下床に作用する増分応力は A 側が大きく、左右非対称になることをすでに報告しているが、変位も異なっていることが明らかとなった。



図—1 実験装置及び地山材料

キーワード：逐次掘削、土圧再配分、降下床、ひずみ図

連絡先:192-0397 東京都八王子市南大沢 1 - 1 TEL0426-77-1111 FAX0426-772772

次に、地山内最大せん断ひずみに着目する。図 - 2 の(a) ~ (e) は、画像処理をした累積最大せん断ひずみ図で、各標点の初期座標からの A、B、C、D、E と下げていったときの座標変位による各ひずみを A ~ E まで累積したものである。

A 降下床を降下させると A 降下床の両側にほぼ対象な最大せん断ひずみ分布が生じるが、続いて A 降下床以外の降下床 B、C、D、E を順次降下させると、先に降下させていた降下床側のひずみが消えてゆくことがわかる (図 - 2(a) ~ (d))。そのため最終的には図 - 2 (e)に示すように、降下させた領域全体両端のみ、一個の降下床を降下させたときの最大せん断ひずみ分布の片側ずつが残るのみとなり、降下領域の上部の地山には大きな最大せん断ひずみの分布領域は存在しない。

図示はしないが、各降下床降下時のひずみ増分は図 - 2 (a) とほぼ同様の形で降下した降下床直上に生じている。結果として、緩み領域はそれぞれの降下床の範囲に制限され、その重ね合わせの結果、降下領域の上部の地山には大きな最大せん断ひずみの分布領域は存在しないと考えられる。

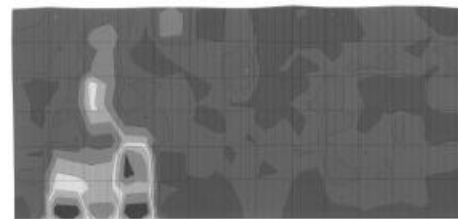
一方、全断面掘削を模擬して、A 降下床から E 降下床まで 5 つの降下床を同時に降下させたときの最大せん断ひずみ図を図 - 3 に示す。最大せん断ひずみ分布は大きな一つの降下床を降下させたときと同様になり、5 つの降下床の上部を包含するように地山内に発生する。

以上のことから、降下床を降下させると地山が緩むことにより、次の降下床を降下させると降下させておいた側の垂直変位が増加するが、ひずみに注目すると降下床降下に伴い降下床間のひずみがうち消される。しかし各降下床それぞれが降下するときには降下床両端にひずみが生じている。このことから、降下床降下による地山の緩みは垂直変位を増加させるが、隣の降下床が降下することでせん断変形は元に戻るため、結果としてその間の最大せん断ひずみ分布は解消されることが考えられる。

4 . 結論および今後の課題

降下床を 1 つずつ降下させていくケースは、1 度に全ての降下床を降下させるケースに比べて最終的な最大せん断ひずみは小さくなる。これをトンネル掘削に置き換えると、逐次掘削による掘削の方が全断面掘削に比べて地山全体に与える影響は小さく、地山ひずみの発生を抑制する。

今後の課題としては、他の降下順序や土被りと比較することによってひずみ分布との関連性やその抑制効果について定量的に検討する必要がある。



2 (a) 降下床 A の降下後

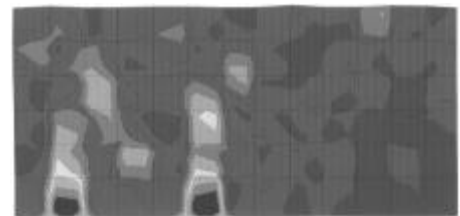


図 - 2 (b) 降下床 A の降下後

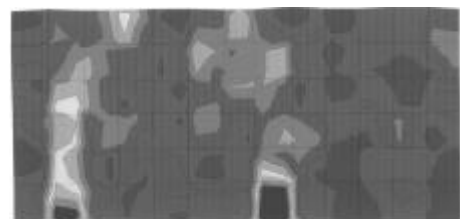


図 - 2 (c) 降下床 A の降下後

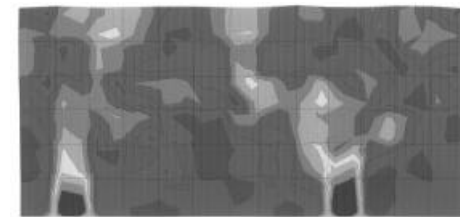


図 - 2 (d) 降下床 A の降下後

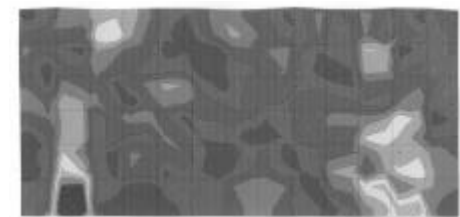


図 - 2 (e) 降下床 A の降下後

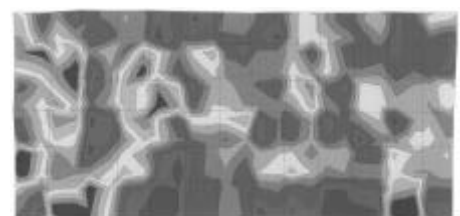


図 - 3 全降下床同時降下。

