

III-248

砂質地盤のトンネル土圧の発生機構に関する基礎的研究

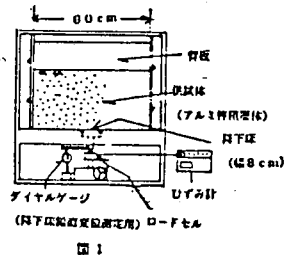
早稲田大学理工学部 正員 赤木 寛一
同 大学院 学生員 ○ 小林 秀孝

1. はじめに

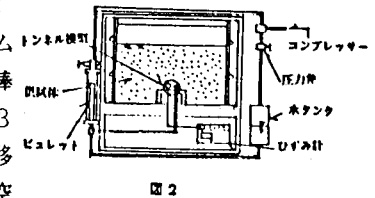
近年の都市部における地下利用のニーズの高まりに伴って地下空洞が大規模・大深度化するなかで、トンネルなどの地中掘削部に作用する土圧については未だ不明の点が多く、実際のトンネル設計にはゆるみ土圧などの経験公式を適用しているのが現状である。本研究は、アルミ棒積層体による模型地盤において積層体地山底部の床を降下させる降下床実験と積層体中に設けた円形空洞を徐々に収縮させる円形空洞実験を行いトンネル周辺地盤の動きを詳細に調査し、その結果をもとに砂質地盤のトンネル土圧の発生機構について基礎的な考察を加えたものである。

2. 模型実験の概要

模型実験では直径3mm、長さ50mmのアルミ棒を水平に積み上げた積層体を砂質地盤の模型地山とし、この模型地山について降下床実験と円形空洞実験を行った。降下床実験では、アルミ棒を図1の実験装置に積み上げ、アルミ棒積層体の高さは10cm、20cm、30cmの3通りとする。次に降下床の降下に伴う降下床近傍のアルミ棒の移動状況を観測するため模型地山の前面にカメラをセットする。以上の準備の後、降下床を降下させながら、降下床荷重を示すロードセルの読みを記録し、写真は降下床変位1mmごとに重ね撮りする。実験結果の整理にあたっては、重ね撮り写真より降下床変位1mmに対応するアルミ棒の変位を実測した。



円形空洞実験では、図2に示す実験装置にアルミ棒を円形空洞に相当するゴムスリーブの中心の高さまで積み上げ、水タンクよりゴムスリーブ内に脱気水を充填した後、再びアルミ棒を積み上げアルミ棒積層体の高さは円形空洞のクラウン部より10cm、20cm、30cmの3通りとする。次に円形空洞の収縮に伴う円形空洞近傍のアルミ棒の移動状況を観測するためカメラをセットする。以上の準備の後、円形空洞に当るゴムスリーブ内から水を一定量流出させるごとに円形空洞の内圧を示す水圧計の読みを記録し、写真はゴムスリーブの収縮の前と後の2回ずつ重ね撮りする。実験結果の整理にあたってはゴムスリーブの収縮に伴うアルミ棒の動きを重ね撮りした写真上で実測した。



3. 実験結果 及び 考察

(降下床実験)

降下床実験に於て、床の降下量と降下床荷重の関係を図3、4に示す。図3、4より土被りの大小に関係なく、降下量が1~2mmで降下床荷重は最小値を取り、その後降下量の増加と共に降下床荷重は増加している。これから降下量が1~2mmで降下床と一体となって降下する領域(一次領域)が形成され则认为られる。

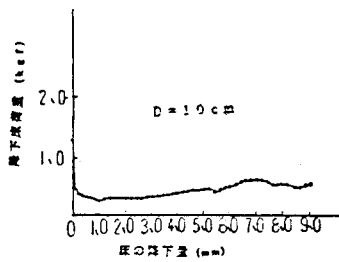


図3 床の降下量と降下床荷重の関係

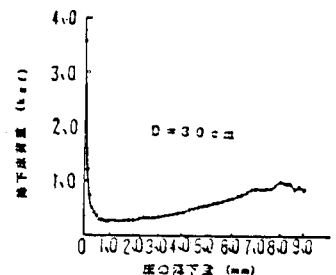
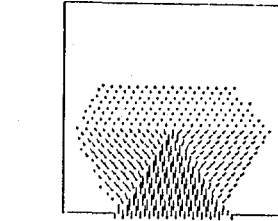


図4 床の降下量と降下床荷重の関係

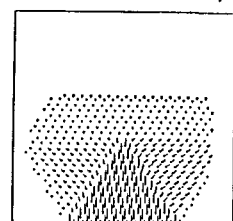
図5、6は、土被りが10cm、30cmの場合に降下床を8～9mm降下させた時のアルミ棒の動きをベクトル表示したものである。図5、6より降下床と同一の動きをする降下床幅を一边とする正三角形の領域（一次領域）が形成され、次に一次領域の外部に正三角形の領域（二次領域）が形成され、その結果移動する領域は台形となり台形の上辺より上のアルミ棒も移動すると考えられる。また、一次領域、二次領域の範囲は土被りの大小に関係なく一定であるといえる。

DEPTH=10cm FALL. STAGE=0~9mm DEPTH=30cm FALL. STAGE=0~8mm
DISPLACEMENT VECTOR : ←10mm DISPLACEMENT VECTOR : ←10mm



降下床実験における模型地盤の動きのベクトル表示

図5



降下床実験における模型地盤の動きのベクトル表示

図6

次に一次領域の外部に正三角形の領域（二次領域）が形成され、その結果移動する領域は台形となり台形の上辺より上のアルミ棒も移動すると考えられる。また、一次領域、二次領域の範囲は土被りの大小に関係なく一定であるといえる。

（円形空洞実験）

円形空洞実験において、土被りが10cm、30cmの場合のトンネル壁面（クラウン部）の変位量と内圧の関係をそれぞれ図7、8に示す。図7より、土被りが10cmの場合は壁面変位量が増加しても内圧は減少し続ける。これに対して図8の土被りが30cmの場合は変位量が1mmぐらいまでは内圧は急激に減少し変位量が1mmを越えると内圧は急激に増加している。すなわち土被りが30cmの場合はNATMの理論による地山の応力と変位の関係曲線のように壁面変位量が増加するに従い内圧が減少しついに最小値を示しその後内圧は増加するのに対して、土被りが小さい10cmの場合にはトンネル壁面の変位量と内圧の関係曲線必ずしも極小値を持たない結果となった。

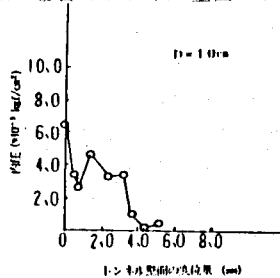


図7 トンネル壁面の変位量と内圧の関係

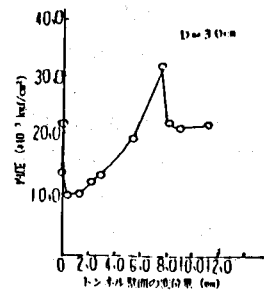


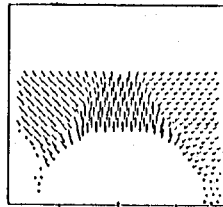
図8 トンネル壁面の変位量と内圧の関係

も極小値を持たない結果となった。

DEPTH=10cm 断面の変位量: 0~7.6mm

土被りが10cm、20cmの場合における円形空洞収縮によるアルミ棒の動きをベクトル表示したものを図9、10に示す。図9、10よりアルミ棒積層体地山の移動領域は降下床実験と同様に円形空洞上部を底辺とする三角形（一次領域）が形成され次にその外部に二次領域が形成される。ところが、図9の土被りが小さい10cmの場合には一次領域が十分に形成されていないため、図7のようなトンネル壁面変位と内圧の関係曲線が得られたものと考えられる。

DISPLACEMENT VECTOR : ←10mm

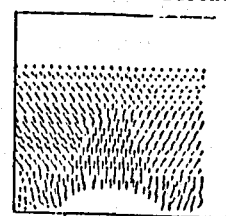


円形空洞収縮時の模型地盤の変位ベクトル

図9

DEPTH=20cm 断面の変位量: 0~8.4mm

DISPLACEMENT VECTOR : ←10mm



円形空洞収縮時の模型地盤の変位ベクトル

図10

4. まとめ

本研究は砂質地盤のトンネル土圧の発生機構の解明を目的として、アルミ棒積層体を利用した模型地盤に関する基礎的な実験を行ったものである。その結果、砂質地盤のトンネル土圧の発生機構を解明するためにはトンネル周辺地盤の動きを詳細に把握することが重要であり、特に土被りが浅いトンネルの場合にはゆるみ域が十分に発達しないためにトンネル内空変位量と内圧の関係曲線としては、土被りの大きい場合とは異なるという結果が得られた。