

鹿島建設技術研究所 正員 保国 光敏
 〃 〃 滝沢 仁
 東京都立大学工学部 〃 山本 稔

1. まえがき

岩盤トンネルの分野で最近脚光をあびているNATM工法におけるアンカーの役目は、岩盤の緩みや崩落をそのアンカー効果によって防止し、一種の岩盤アーチを形成させることにあるといわれている。土砂隧道が岩盤の亀裂が発達し、究極の状態まで破砕されたものと考えれば、土砂隧道においても同様に考えることができる。そこで、このアンカー工法も土砂隧道にまで適用範囲を広げ実用化をはかる基礎資料を得る目的で今回の実験を行った。

2. 実験方法

図-1に示すような $2.5\text{m} \times 1.3\text{m} \times 0.8\text{m}$ の砂槽の底部にアンカーを取り付けた降下床を設け、その下に4個のロードセルを設置する。降下床は奥行 80cm 、幅(B)は $60, 40, 20\text{cm}$ の三種とし、中央に図-2で示すようなP本のアクリル樹脂製のアンカーを 8cm 間隔で設置した。この降下床を除々に沈下させ、降下床反力を測定する。同時に、アンカーにはストレーンゲージを貼り、アンカーに作用する引張力およびその分布を測定した。

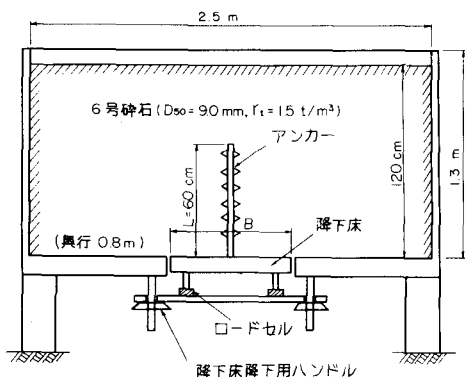


図-1 実験砂槽の概略

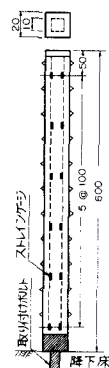


図-2 模型アンカー

3. 実験結果および考察

図-3にはアンカーのない場合の降下床反力の変化を、図-4にはアンカーを取り付けた場合の降下床に作用する合荷重(アンカー作用荷重(W_A) + 降下床反力(W_F))の変化を示す。また図-5には、アンカーおよび降下床反力の荷重分担の変化を示す。ただし、Dは降下床の降下変位を表わしている。アンカーを取り付けた場合、 $B = 20\text{cm}$ 、 40cm のときは完全に自立し、 60cm の場合は自立するに至らなかった。

図-3および図-4の降下床に作用している合荷重を比較してみると、アンカーなしに比し、アンカーありの場合がいずれの場合も大きく、また降下床の幅が小さいほど、その差は大きくなっている。これは、アンカーなしの場合、降下床にかかる荷重は、上部の緩み土圧であるが、アンカーを取り付けた場合、アンカーは緩み土圧のみを支持するのではなく、降下床幅、アンカー長、アンカー本数などにより変化するものであることを示唆している。すなわち、 $B = 20\text{cm}$ のアンカーありの結果にみられるように、アンカーを強くすればするほど降下床にかかる合荷重は増加し、極端な場合、初期土圧全部を受けることになるものと予想され、降下床荷重が最小で地山を安定し得る場合が最適なアンカー長さであると言える。そこで、今回の実験ではアンカー長が一定であるから、降下床幅に対する降下床荷重

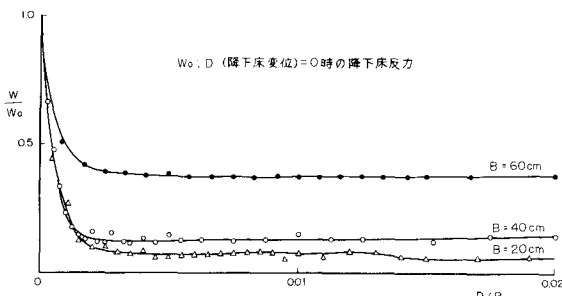


図-3 降下床反力の変化(アンカーなし)

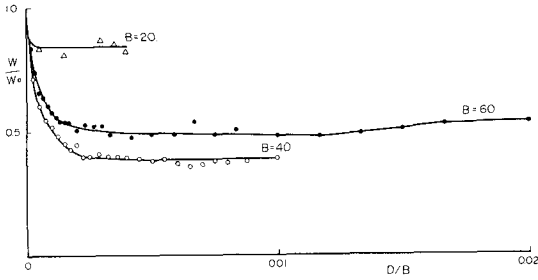


図-4 降下床作用荷重の変化(アンカーあり)

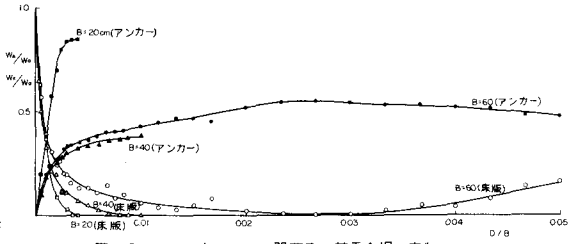


図-5 アンカーおよび降下床の荷重分担の変化

の関係を探るため、図-6に示すようになり、 $B = 40\text{ cm}$ 付近に最適な降下床幅があることがうかがえる。

つぎに、 $B = 40\text{ cm}$ の場合のアンカーに作用している引張力分布およびこれより換算した周面摩擦係数分布($D = 4.0\text{ mm}$ 時)を図-7に示す。周面摩擦係数は、降下床上で0、上部になるほど急増する傾向にあることが理解できる。また、アンカー中央付近で分布曲線が急変している。このように周面摩擦係数は、 $K_0 \sigma_v \tan \phi$ なる分布とは大きく異なり、アンカーと土砂の相対変位を考慮する必要があると思われる。そこで摩擦係数に関する微分方程式を適用して計算してみた。降下床より上向きに x をとると、

$$\frac{dP}{dx} = \tau_x \cdot U, \quad \frac{d^2 u_x}{dx^2} = \frac{P}{AE} \quad \text{ただし、} u_x = \delta_x + \delta_s - D \quad (1)$$

ここに、 δ_s は降下床沈下による影響によるアンカー周辺土砂の沈下量、 δ_x は周辺土砂とアンカーの相対変位、 u_x はアンカーの伸びを示している。また、 A 、 U 、 E はそれぞれアンカーの断面積、周長、弾性係数である。この微分方程式は $x = 0$ で $\delta_x = 0$ 、 $P = 0$ および $x = L$ で $P = 0$ なる境界条件を与えることにより計算できる。 $B = 40\text{ cm}$ の場合の計算例を図-7に破線で示す。ただし、計算にあたっては $\frac{d\delta_s}{dx} = \text{const.}$ 、 $\tau_x = C_s \delta_x$ と仮定し、 C_s の値として、 $x \geq 20\text{ cm}$ で 30 kg/cm^2 、 $x < 20\text{ cm}$ では降下床の影響による土砂の緩みを考慮して、 15 kg/cm^2 を用いた。この計算結果は、 C_s の値を仮定したもので、定量的な面では問題があるが、周面摩擦係数分布形状が近似しているという定性的な面では、この式の妥当性がうかがえる。このように、アンカーに作用する周面摩擦係数がアンカーと周辺土砂との相対変位量によって与えられるものとするれば、アンカーは必ずしも移動のない、しっかりと地盤に定着することは必要なく、アンカーと周辺土砂の間に相互相対変位が発生する条件があれば、どのような地盤に定着してもアンカー効果は発揮し得るものと予想される。

4. あとがき

本研究は、まだ緒についたばかりで、実験数も少ないが、一般土砂トンネルにもアンカー工法が適用し得る見通しを得たので、今後、さらに L/B を変えた実験などを行ない、アンカー工法の解明を行なっていきたいと考えている。