

大阪大学工学部 正 員 ○藤井清司

大阪大学大学院 学生員 前田宣信

1. まえがき

トンネルの坑頂がたわんだり沈下したりした場合に、坑頂にかかる土圧が大きく減少する現象は、アーチ効果と呼ばれており、その発生機構に関して、従来、種々説がある。本報告は、乾燥砂を詰めた箱の底板中央部に、トンネルの坑頂に相当する降下床と名付ける上下方向に自由に変位させ得る装置を用い、地山内に小型の高感度土圧計を鉛直、水平両方向に数多く配置する事により、地山内部の土圧の直接測定をおこなう結果である。

2. 実験

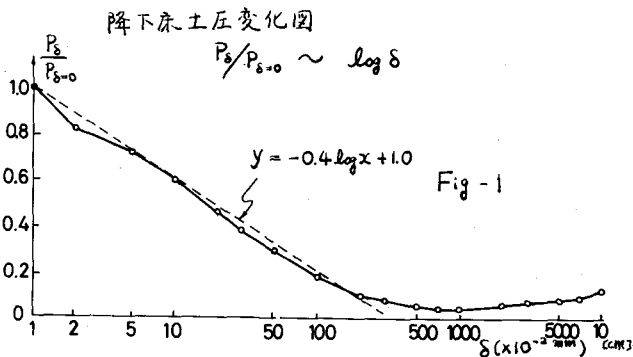
実験に用いた砂は、徳島県那賀川で採取された川砂で、これを充分乾燥させたものである。試料の主たる物理的性質は、含水比 0.55%，60% 粒径 0.5 mm，間隙比 0.77，単位体積重量 1.53 g/cm^3 ，一面剪断試験による内部摩擦角 31.0° である。

装置は鋼鉄製で箱の大きさは、底板が $150 \text{ cm} \times 80 \text{ cm}$ で、高さ 150 cm まで砂を積みあげる。降下床は、底板中央部にあり巾 20 cm である。降下床は、その下に取りつけられたハンドルを操作する事により、ハンドルの回転力が、降下床に伝達される事なく、鉛直方向に滑らかに変位させる事ができる。実験に際しては、乾燥砂をバルト・コンバアーにて装置の中に定常状態に入れるため、途中に干渉板を設けて、いったん落差による衝撃を無くすると共に一定高さから砂を落とすものとし、砂の詰まり方も各実験において一様にさせる。降下床の沈下量は、不動点に固定したダイヤルゲージの先端を、降下床底面にセットする事により測定する。土圧計は、直径 3.0 cm ，厚さ 0.6 cm ，Capacity 2 kg/cm^2 ，Sensitivity $796 \times 10^{-6} / (2 \text{ kg/cm}^2 \text{ at G.F. 2.00})$ で、受圧面の中心が測点に来るように配置する。

3. 結果

降下床土圧は、降下床下に取り付けられたロード・セルにより測定されたもので、Fig-1 に示されている。縦軸は、降下床土圧と、降下床沈下前の砂の積み上げ時の土圧で割ったものである。降下床の沈下量を、

以後 δ で示すものとする。降下床土圧は、 $\delta = 2 \text{ mm}$ まで片対数で直線的に減少し、 $\delta = 7 \text{ mm} \sim 10 \text{ mm}$ で最小値を取り、その後、漸増する。その増加の割合は、最小降下床土圧呈示後の降下床の沈下量の増分に、降下床中をかけた容積の砂の重量に良く近似する。すなわち、最小降下床土圧呈示後は、そ



れ以後の降下床の沈下量の増分に相当する砂を、地山から補給しながら地山内に、沈下量にかかわらず釣合状態が存在するものと思われる。したがって、アーチ効果のメカニズムを究明する事は、この地山内に生じている釣合状態が、何によるのかを究明する事にあると思われる。

つぎに、地山内の応力状態を、土圧計による直接測定の結果から見てみる。鉛直土圧 σ_y の増減の傾向は、降下床上では減少傾向を示し、中心軸から離れたに従い、減少領域から増加領域に移行する。減少領域は、地山上方へ行くに従いその領域を拡大する。

Fig-2は、地山内部の水平土圧 σ_x の $\delta = 0.5\text{mm}$ における土圧の増減図で、降下床を沈下させる前の砂の積み上げ時の土圧を規準に整理したものである。これによると水平土圧の減少領域は、中心軸を挟んで両側に上方に向ってつの出た形をとる。 $\delta = 0.1\text{mm}$ の微小沈下で中心軸上地山高さ 10cm の地点までが減少し、それを越すと増加領域に移行する。 $\delta = 1\text{mm}$ までは、その増加領域の形状は、地山高さの低い所では中心軸上（ $\delta = 1\text{mm}$ では、地山高さ約 20cm ～ 30cm の間）だけ、それを越すと下に凸な放物線形に拡大される。沈下量が 1mm をこえると増加領域は、下に凸な放物線形で、その増加が始まる高さが、沈下量が大きくなるにつれて地山上方へ移行する。（ $\delta = 1\text{cm}$ のときは、地山高さ 50cm 以上、 $\delta = 2\text{cm}$ で地山高さ 70cm 以上となる。）なお、鉛直土圧、水平土圧ともに、 $\delta = 0.02\text{mm}$ なる降下床の微小変位により、地山高さ、 100cm の地点の土圧に影響を及ぼしている。すなわち、降下床の微小変位に即応して、地山内の応力が変化する事を、物語っている。Fig-3は、鉛直、水平両方向の土圧増減領域の境界面を、各沈下量に対して示したものである。鉛直土圧の増減境界面は、降下床の微小沈下（ $\delta = 0.02\text{mm}$ ）で、すでに形成されその後沈下を進めてもほぼ一定で動かない。但し、 δ が 5mm を越えると地山高さ約 10cm 以下の鉛直土圧の減少領域が拡大される傾向にある。一方水平土圧の増減境界面は降下床の沈下と共に漸次移動し減少領域は、拡大する。

おわりに、本論文の作成にあたり、終始、その労をいとわず、ともに実験・研究した井内匠、小原秀夫両君に、心から感謝する次第であります。

参考文献 藤井、前田：砂層中降下床実験における滑り面の発生状況について、昭和46年度関西支部年次講演会。

Fig-2 水平土圧(σ_x)増減図

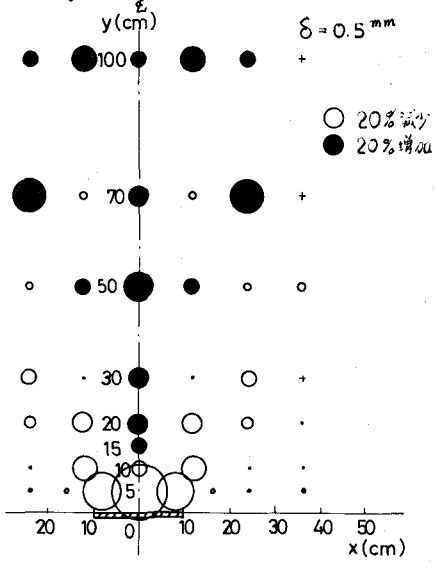


Fig-3 土圧増減境界面

