

大阪大学工学部 正員 伊藤 富雄

大阪大学工学部 正員 藤井 清司

大阪大学大学院 学生員 小副川 徹

1. はじめに トンネル坑頂上方に生じる砂層中アーチにより、坑頂部の土圧分布がどのように変化し、坑頂圧がどのようになるかを実験によって求め、伊藤、その他によって示された理論計算値と比較した。

2. 理論計算式 伊藤の計算式は後記の参考文献に示めたように、坑頂の上面における圧力分布： $\sigma_y=0$ と、坑頂の奥行単位長当りの圧力： p はそれぞれ次のようになる。

$$\sigma_y=0 = Hx^2 - b(E + \gamma) - Jb^2 \quad (1)$$

$$p = 2 \left\{ Ha^2/3 - ab(E + \gamma + bJ) \right\} \quad (2)$$

ここで、 a 、 b は図-1のごとく、坑頂幅の1/2、および、崩壊面高さ、 γ は砂の単位重量、 H 、 E 、 J は崩壊面上における崩壊条件式より決定される定数である。

3. 予備実験 この理論計算式を用いるには、あらかじめ崩壊面高さ： b の値を知らなければならない。そこで、前面ガラス張りの横幅60cm、奥行10cmの中央に坑頂幅10cmの落し戸を設けて、崩壊面を測定すると、 $b = 12.0$ cmとなり、その形状は $y = (b/a)\sqrt{a^2 - x^2}$ で表わせる楕円となる。

4. 実験 図-2に示す底面、横幅60cm、奥行50cmの中央に坑頂部分に相当する幅10cm、長さ50cmのI型鋼を入れ、それをジャッキによって受け、ジャッキとの間に坑頂にかゝる土圧合力を知るためロードセル①、②を入れてある。また、底面上には、図-3の位置に土圧計③～⑨を配置し、その上面を水平にするため石コウがながしこんでいる。ロードセル、土圧計の番号、形状、出力定量は表-1のとおりである。

この底面上に高さ80cmの型枠を組み上げ、乾燥砂（紀の川砂の粒径0.5mm～2.5mmで、水洗い炉乾燥した砂）を積上げ砂の重量を計り、単位

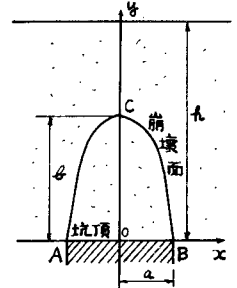


図-1

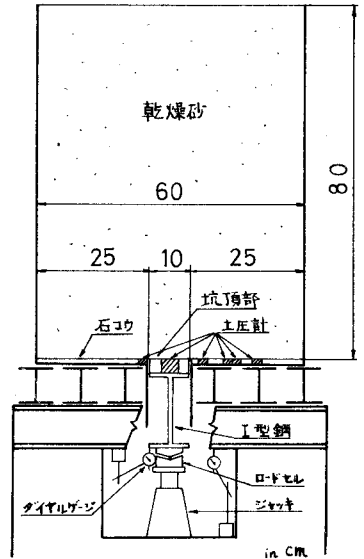


図-2 実験装置

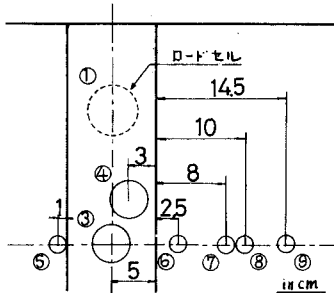


図-3 ロードセル土圧計配置図

土圧計	形状・寸法	出力定量
①	φ60×60mm	315 x 10 ⁻³ kg
②	"	350 "
③	φ40×30mm	745 x 10 ⁻³ 100g/cm ²
④	"	940 "
⑤	φ40×7mm	58.0 "
⑥	"	54.0 "
⑦	"	52.0 "
⑧	"	56.3 "
⑨	"	56.5 "

表-1

重量が一定になるように、10cmごとに積上げる。その砂高に対するロードセル、土圧計の測定値をとる。砂高が80cmを最高として、次に、ジャッキにより坑頂部分のI型钢をダイヤルゲージで沈下量を読みながら0.01mmから順次沈下させ、土圧変化を測定し、変化が一定になるまで測定を続ける。結果は図-4に示す。砂の積上げ途上の測定値は煩雑になるので土圧計④のみを記す。

5. 理論計算値 上記の式(1)の定数を決定するために、砂の内部摩擦角： $\varphi = 35^{\circ}8'$ 、 $a = 5.0\text{cm}$ 、 $b = 12.0\text{cm}$ 、 $\gamma = 1.51\text{g/cm}^3$ 静止土圧係数： $k = 0.40$ などの諸値を用いると、式(1)は、次のようになる。

$$\sigma_{y=0} = -0.028x^2 - 11.27 \quad (\text{g/cm}^2)$$

これより p 、坑頂部分I型钢に作用する全土圧： P は表-2のようになる。なお、表中に他の理論解も示した。

6. 土圧分布の変化 一例として、坑頂部沈下量0.2mmの時の土圧分布を図-5に示す。これによると、中央より片側で、坑頂部の土圧減少分 約356g/cm、坑頂部以外の部分の土圧増加分 約302g/cmとなる。ただし、沈下量0.4mm以上の部分の土圧分布の測定値はよい結果が得られていないようである。(ただし、土圧計⑤~⑨)

7. 実験結果との比較 砂高80cmの時の坑頂全土圧は、(土圧計③、④の平均値)×(坑頂面積)と、ロードセル①、②の合計値とに各々等しいはずであるが、前者は47.91kg、後

者は42.76kgとなり差を生じる。この原因としては、坑頂部分のI型钢が砂の積上げにともなう沈下を生じ、また、前後壁面との摩擦による縁端影響のためと思われる。次に、理論値と実験値、表-2最下欄は、上述の2つの原因のために P の値は、実験値(ロードセル①+②)が小さく出て来たと考えられる。しかし、土圧計③、④による値と、それを台形分布とした p の値はほぼ理論値に近い値を得た。Engesserの値を除いて、理論的に最も小さい値を与える伊藤の式が妥当と思われる。

8. 結び 上述の実験値を小さくする要因を除けば、もう少し理論解析値に近い測定値を得られると思われる。しかし、図-4、5により、トンネル坑頂部の沈下による坑頂付近の土圧分布の変化は定性的にとらえられたと思う。

*参考文献 伊藤蜀雄「砂層中に掘った導坑の坑頂圧に関する理論的研究」昭34.6月14回年次講演会集

	$\sigma_{y=0}$ g/cm ²	p g/cm	P kg
Engesser 式		45.943	2.297
小野・真井式	12082		6.040
Terzaghi 式	12870		6.436
伊藤 式	$\alpha=0$ $\alpha=2$		
	11.27 11.38	11.45	5.517
実験値	8.00 10.58	11.500	3.50

表-2 理論値、実験値

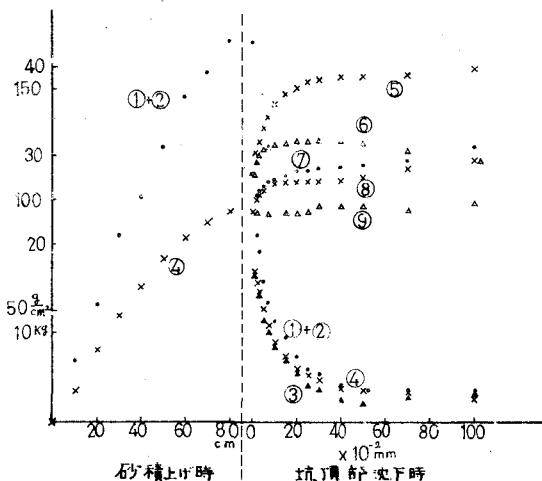


図-4 土圧変化曲線

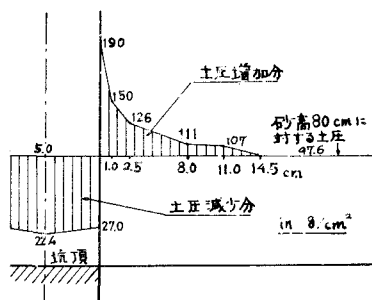


図-5 土圧分布図