

東京都立大学工学部 正会員 山本 稔
 和歌山工業高等専門学校 〃 〇 尼田 正男
 東京都立大学工学部 〃 山崎 良一
 鹿島建設技術研究所 〃 保国 光敏

1. まえがき ロックボルトの作用効果がアロック化効果として説明できることは、砂箱の底に取り付けた浮戸の研究を通じて明らかにされている。筆者はこれと同様な考え方が砂箱の側面に取り付けた浮戸に対しても適用できるかどうかについて検討した。また、浮戸の緩み土圧の理論式をも示した。

2. 実験概要 風化が進んでいたり、亀裂が発達していたり、破砕の極度に達した地山を表現する意と理論的考察の便を考へ、地山材料として乾燥した水道用汙過砂を用いた。砂の物理及びび力学試験は $n=1.5$, $w=1.1\%$, $G_s=2.59$, $l_k=1.38$, $e=0.72$, $\phi=33^\circ$ である。また、

ロックボルトとしては $\phi 6$ の全長にわたってねじを切ったボルトを用いた。これは全面接着式ロックボルトに似せる手段であるが、また定着力を大きくするにも役立つ。実験装置の概略を図-1に示す。

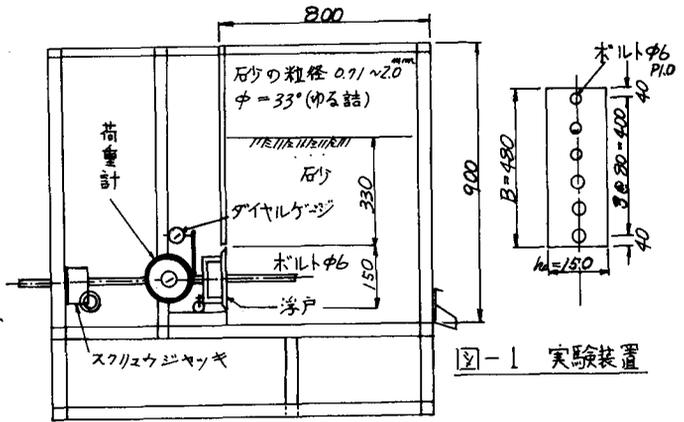


図-1 実験装置

実験は実験槽の側壁に設けた奥行一杯の開口に $\phi 6 \times 6$ 本のボルトを付けた浮戸をはめ、砂を所定の方法で一定深さに詰め、浮戸を水平に引いて行く。ボルトの埋め込み長さは6, 12, 18, 24 cmの4種類である。したがって、実験はボルトを用いない場合を含めて5ケースである。実験に当っては、浮戸の引き出し変位速度は変位が2 mmに達するまでは0.1 mm程度とし、2 mm以上については0.5 mmとした。そして、一定の変位増分ごとに浮戸を支持する反力を計測した。水平浮戸の反力が0となって浮戸が自立した後は浮戸が崩壊するまで引張り、その荷重を計測した。実験結果を図-2~3に示す。

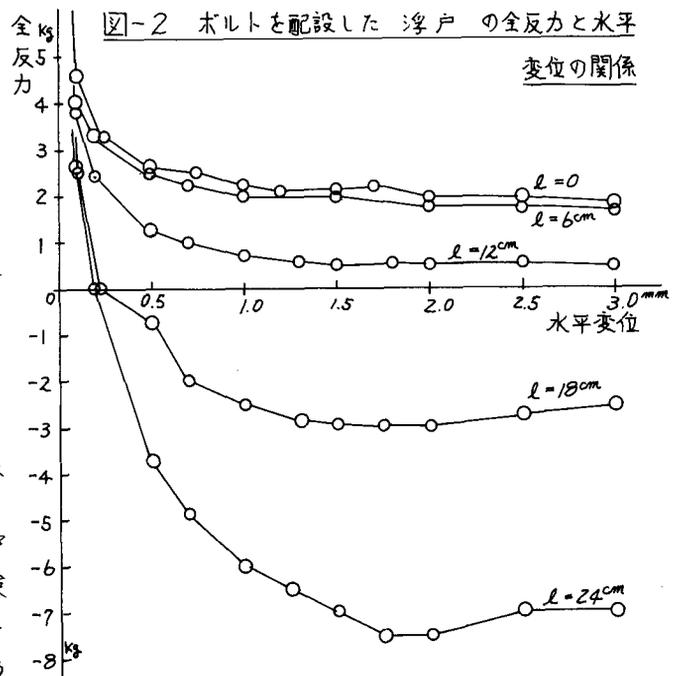


図-2 ボルトを配設した浮戸の全反力と水平変位の関係

3. 浮戸の実験に対する理論的考察

3-1 ボルトの引抜き実験

浮戸の実験においてボルトの定着力が緩み領域以外に含まれるボルト部分の引抜き抵抗によって与えられると仮定し、この部の抵抗をうるため、図-4の引抜き試験を行い、同図の結果をえた。いま、ボルトの引抜き抵抗力は、ボルト回りに作ったあ

る径の仮想せん断破壊面に沿うせん断によって与えられるとすれば、ボルトの引抜き抵抗とこの間に、つり合いから次式がえられる。

$$P = n \pi d_f n_h h \tan \phi \cdot l \quad \text{--- (1)}$$

P: ボルトの引抜き抵抗, n: ボルトの本数(6本), d_f : 仮想せん断破壊面を作る円柱の直径, ϕ : 砂のせん断抵抗角

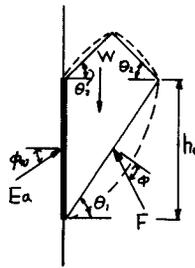


図-5 浮戸に作用するゆるみ土圧

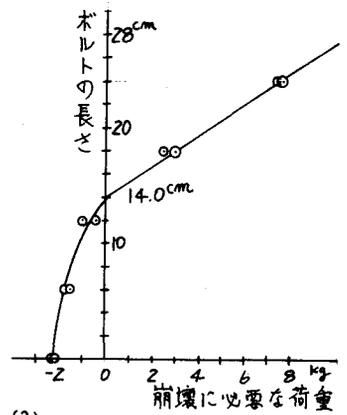


図-3 浮戸のボルト長さ
と崩壊に必要な荷重

3-2 浮戸に作用する緩み土圧

図-5を参照して、浮戸に作用する緩み土圧 E_a は次式で与えられる。

$$E_a = \frac{1}{2} \gamma h_0^2 \cot \theta_1 (1 + \frac{1}{2} \cot \theta_1 \tan \theta_2) \tan(\theta_1 - \phi) / (\cos \phi_w + \sin \phi_w \tan(\theta_1 - \phi)) \quad \text{--- (2)}$$

$$\tan \theta_1 = \tan \phi + \frac{1}{\cos \phi} \frac{\cos \phi_w \sin \phi}{\sin(\phi + \phi_w)}$$

$$E_{ah} = E_a \cdot \cos \phi_w \cdot B \quad \text{--- (3)}$$

E_a : 浮戸の緩み土圧, E_{ah} : E_a の水平成分, B: 浮戸の幅, ϕ_w : 土と壁面との摩擦角, 式(2), (3)に $\gamma = 1.5 \text{ g/cm}^3$, $\theta_1 = 56^\circ$, $\theta_2 = 60^\circ$, $\phi = 33^\circ$, $\phi_w = 33^\circ$, $h_0 = 15 \text{ cm}$ を代入して E_{ah} を計算した結果を表-1に示す。

3-3 崩壊時における浮戸のつり合い条件とボルトの埋め込み長さ

浮戸の実験を理論的に説明するにあたり、簡単のために浮戸が崩壊時にボルトの自己つり合い作用によってつり合いを保つに必要な条件のみを論ずることとする。これによって変形条件の使用が排除でき、取り扱いが容易になる。

推定法	推定値 (kg)
(1) 実験による場合	2.1
(2) 筆者の理論による場合	2.88
(3) クーロンの土圧公式による場合	10.83

表-1 浮戸に作用する緩み土圧

図-6はボルトの自己つり合い作用によって浮戸のつり合い状態を模式的に示したものである。主なる記号は図-6を参照して、 l_d : 緩み部分に含まれるボルト部分の長さ, P: ボルトの自己つり合い作用によって自立した浮戸を崩壊させるに必要な荷重(図-3参照)とすれば、浮戸が崩壊する場合のつり合い式は次式で与えられる。

$$P + E_{ah} = n \pi d_f n_h h \tan \phi \cdot (l - l_d) \quad \text{--- (4)}$$

Pとして図-3の実験値を、 E_{ah} として表-1の(1), (2)の値を用いて式(4)を計算した結果は表-2に示されている。

4. あとがき
ロックボルトの作用効果に対する認識は、底板に設けた落し戸の場合と同様に側壁の浮戸に対しても説明できることが明らかになった。これは、トンネルの側壁部において、ロックボルトが自己つり合い作用によって「ロック化」効果を発現する条件として利用できると考えている。なお、斜面に対する適用については、斜面全体の安定から定まるロックボルトの使用条件の方が常に厳しいようである。

参考文献 1) 山本: “ロックボルトの作用効果について”, 土木学会論文報告集, 中277号, 1978

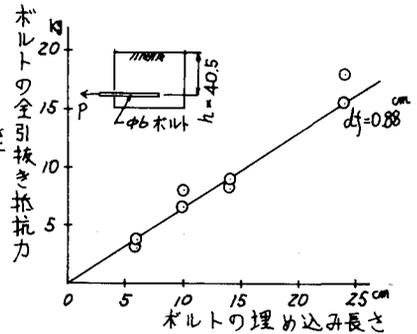


図-4 ボルトの全引抜き抵抗と埋め込み長さとの関係

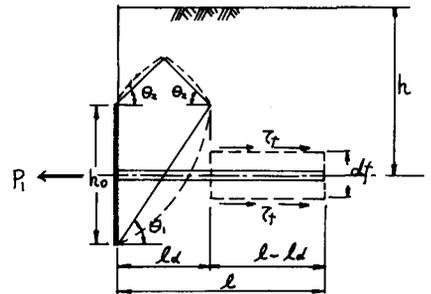


図-6 浮戸の自己つり合い作用

実験値 (cm)	計算値 (cm)	
	$E_{ah} = 2.88 \text{ kg}$	$E_{ah} = 2.1 \text{ kg}$
14	14.5	13.3
18	19.0	17.8
24	25.9	24.7

表-2 崩壊する浮戸とつり合うに必要なボルト長さ