

1. まえがき

砂を用いた落し戸の実験の、水平落し戸（鉛直移動）および鉛直落し戸（水平移動）についてはすでに報告した。⁽¹⁾⁽²⁾ 本文では、任意の傾角をもつ斜め落し戸の実験の第一段階として、図-1に示す鉛直45°方向の傾角をもつ落し戸について実験し、直接領域と緩み土圧およびボルト張力の発現について若干の考察を加える。

2. 実験概要

図-1は実験装置図である。落し戸には鋼製補剛材のついたアクリル板（75cm×10cm）を、ロックボルトには全ねじを切った外径約6mmのボルトを用いた。全ねじを切ったボルトを用いた理由は砂との摩擦を大きくし、全面接着式ロックボルトとしての効果をボルトに持たせるためである。ボルトは落し戸長手方向中心線上に5本均等に配置し、1本当りの分担面積は15cm×10cmである。地山材料には乾燥した水道用ろ過砂を用いた。その土質定数は、 $\gamma_d = 1.75 \text{ g/cm}^3$ 、 $G_s = 2.69$ 、 $D_{50} = 1.2\text{mm}$ 、 $U_c = 1.4$ 、 $e = 0.54$ （密詰状態）、 $\phi = 44^\circ$ である。砂詰は落下高40cmとしてバネコンベアを用いて行なった。実験では落し戸を、0.15mm/分の速度で鉛直45°方向ヘスクリュージャッキを用いて降下させ、鉛直45°方向変位が1mmまでは0.1mm毎に、1mm以上は0.2mm毎に落し戸反力とボルト張力を、また同様の測定法により緩み土圧を別実験にてそれぞれ測定した。ボルト長は、10cm、12.5cm、15cm、17.5cm、20cmの4種類であり、落し戸中心位置から土被り45cmで各々数回実験を行なった。下記の実験結果はそれらの平均である。

3. 実験結果と考察

3.1 直接領域と緩み土圧

写真-1は鉛直45°方向変位が5~10mmにおいて1mm毎に撮影した写真である。写真から直接領域、間接領域、静止領域の存在は明らかである。直接領域を図-2のように近似し、 $\delta = 0^\circ$ 、 $\phi = 44^\circ$ 、 $\gamma = 45^\circ$ として緩み土圧Rが最大になるように θ を求めると、 $R = 4.7\text{kg}$ で $\theta = 89^\circ$ となり、 θ は実測値 86° に近い値が得られるが、緩み土圧は実測では $R = 1.3\text{kg}$ であり一致しない。

水平落し戸においては、直接領域は剛体的に降下し、その上端では力の伝達はほとんど存在しない⁽³⁾ことから、直接領域の自重が緩み土圧に近い。⁽⁴⁾ 斜め落し戸においては、写真-1より鉛直方向には直接領域全体が均等に降下しているが、落し戸に近い部分では水平方向にも移動している。すなわち、この部分では、落し戸の降下変位が大きくなるにつれ、この移動のため

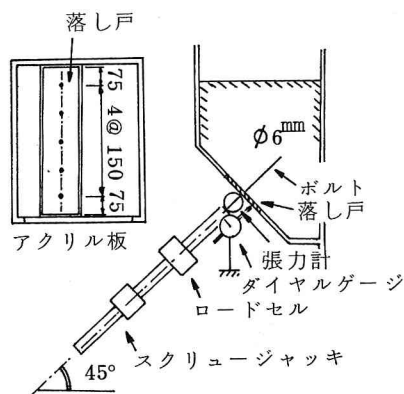


図-1 実験装置図

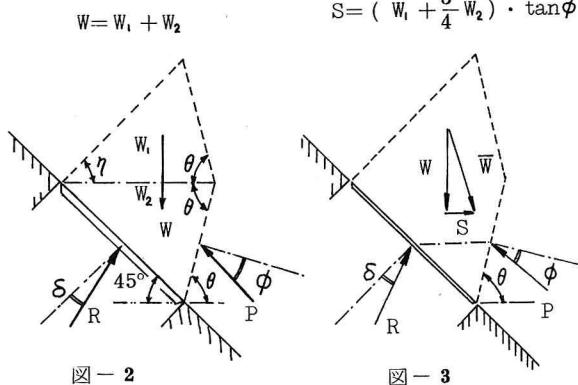
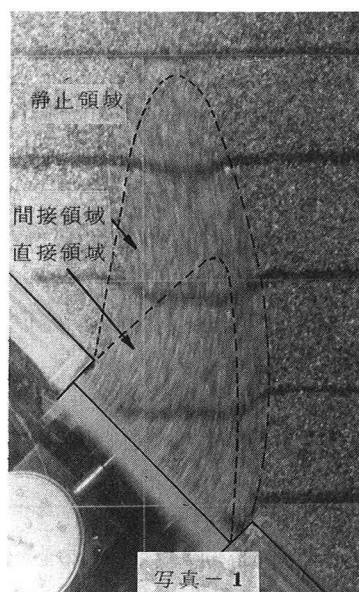


図-2

図-3

水平方向の相対変位が生じ、せん断が起っていると考えられる。それゆえ、直接領域内では内部摩擦角は変化しない⁽⁴⁾から、図-3に示すようにせん断力 S を加えて土圧 R を求めると、 $\theta = 89^\circ$ において $R = 1.0 \text{ kg}$ となり実験値 $R = 1.3 \text{ kg}$ に近い値になる。したがって、斜め落し戸では、降下変位が大きくなるにつれて、緩み土圧は、生ずるせん断力のため直接領域の砂の自重のつり合いから求められる土圧より小さくなると考えられる。しかし、斜め落し戸を鉛直に降下させる場合は、直接領域内に水平方向せん断は生ぜず、直接領域の砂の自重のつり合いから求められる土圧(図-4のA点の土圧)が落し戸に作用すると考えられる。

3. 2 落し戸の自立とボルトの引抜抵抗

ボルトを設置した斜め落し戸においても、ボルト軸方向と降下変位方向が等しい場合は、落し戸の降下変位に関係なく(1)式が成立する。

$$\text{ボルト張力} = \text{緩み土圧} - \text{落し戸反力} \dots\dots (1)$$

したがって、落し戸の自立(落し戸反力=0)において、ボルト張力と緩み土圧はほぼ等しくなる。(図-5)自立後、落し戸に引抜き力を加えても、ボルトの破断もしくはボルト周辺の砂がせん断破壊して落し戸が崩落するまで(1)式は満足される。落し戸の自立後引抜き力を加え、ボルトの引抜抵抗を変位毎に片対数で示す。(図-6)この図より、ボルト長に対して引抜抵抗は相乗的に増加していることがわかる。これは以下の理由によると考えられる。緩みのため間げきが増加している間接領域内にあるボルト周辺では、ボルトの引抜きにより砂中にせん断が生じ、ダイレイタンスによる体積減少のため、ボルトに対する直応力が減少しボルトと砂のせん断(引抜)抵抗が少なくなる。しかし、ボルトが長くなり、間げきの小さい静止領域内になればなるほど、ダイレイタンスによる体積増加は周辺の砂に拘束され、ボルトに対する直応力の増加となってボルトの引抜抵抗が増大すると考えられる。

4. あとがき

斜め 45° の落し戸について若干の考察を加えた。今後、任意の傾斜角をもつ落し戸の実験を行ない、アーチ型複合落し戸の解明を課題としたい。最後に、実験を行なった当時本学学生小田切俊一(現前田建設工業株式会社勤務)氏に深く謝意を表する。

参考文献

(1) 山本 稔：ロックボルトの作用効果について、土木学会論文報告集 第277号 1978.9
 (2) 山本・尼田他：ロックボルトの作用効果について、JSCE 第34回年次講演会概要集第3部門 1979
 (3) 村山・松岡：砂質土中のトンネル土圧に関する基礎的研究、土木学会論文報告集 第187号 1971.3
 (4) 小野・真井：乾燥砂層における垂直土圧、土木学会論文報告集 第24巻5号 昭和13年5月

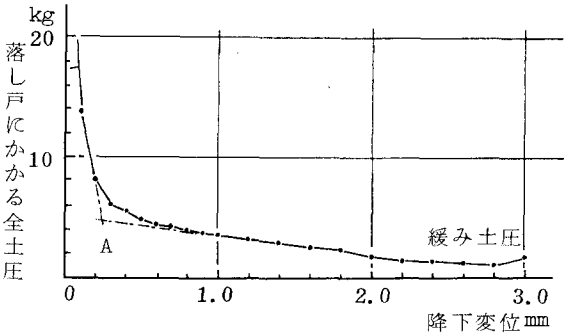


図-4

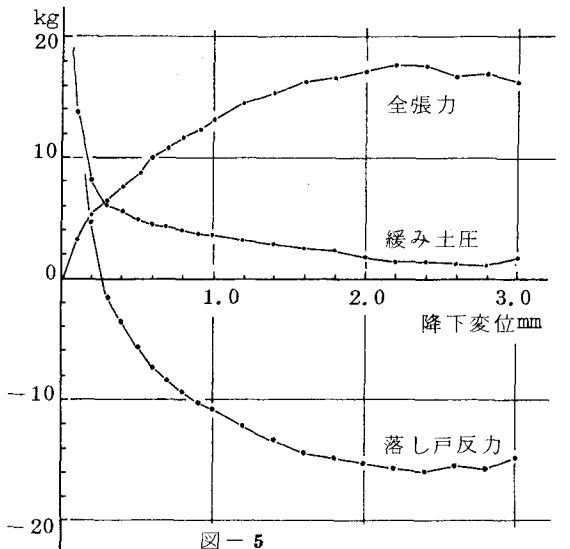


図-5

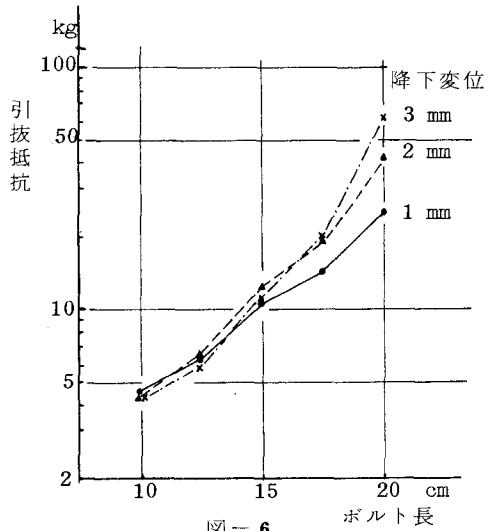


図-6