

III-226 2枚落し戸によるロックボルトの実験

東京都立大学 正会員 山本 稔
佐藤工業(株) 正会員 大野一昭, 山田 稔

1. はじめに

自己つり合い作用による地山の一体化効果としてロックボルトの作用効果が、1枚落し戸の実験によって説明できることは既報¹⁾の通りである。ただし、この実験は個々のロックボルトが単独に挙動する場合を取り扱ったもので、ロックボルト群としての挙動は、複数の落し戸による実験によらなければならない。2枚落し戸の実験は、その最小単位を構成する。

2枚落し戸の実験についてはすでに一部を報告²⁾してあるが、その後に行った追加実験を含め、ここに改めてロックボルト群の挙動について考察し、既報²⁾の資料を補足することにする。

2. 実験概要

実験装置は既報²⁾のように内寸法 1400 × 1100 × 600 mm の鋼製砂箱の底面中央部に 320 × 600 mm の矩形的穴を明け、2枚の落し戸を挿入できるようにしたものである。地山材料は気乾状態の水道用河通砂で、粒径 1 ~ 2 mm、 $\gamma_s = 1.6 \sim 1.8 \text{ g/cm}^3$ 、 $\phi = 40 \sim 45^\circ$ である。ロックボルトは全ねじを切った径 6 mm の鋼製ボルトで、各落し戸に 10 mm ピッチで 6 本ずつ取り付けられる。実験に当ってはボルトの長さ、落し戸の傾角およびボルトの設置方向を変えて図-2 の 3 ケースに分け、表-1 の実験条件を設定した。この中ケース 1 と 2 の一部が既報に含まれている。

砂箱に落し戸を設置した後、土被りが 96 cm (落し戸幅の 3 倍) になるまで炉砂を自然落下によって詰める。このとき、砂の単位体積重量は $\gamma_s \approx 1.7 \text{ g/cm}^3$ を目標にする。実験は落し戸の降下速度を 1 mm/min で行い、落し戸の降下変位に対して落し戸の反力およびボルトの張力を計測する。実験の方法はすべての実験条件に共通である。

3. 実験結果と考察

実験は比較的土被りが浅い砂のような塑性地山に掘削される水平またはアーチ形の天盤をもつトンネルに係るものと考えることができよう。実験結果は図-3 ~ 8 に示すが、こゝらを通じて次のような力学的挙動が説明される。

- (1)、2枚落し戸に作用する土圧と降下変位の関係は、ボルトの存在に関係なく、落し戸のスペンヤ地山の条件などによって定まる。また、落し戸の傾角が大きくなると作用する土圧は小さくなる。
- (2)、ボルトによって2枚落し戸を自立させるには、ボルトが落し戸に作用する土圧につり合う張力を発生する必要がある。例えば鉛直向きにボルトを設置した場合、ボルトの全張力は落し戸に作用する鉛直土圧(落し戸の自重を含む)に等しくなっている。これはボルトの自己つり合い作用を示すが、各落し戸に作用する土圧は1枚落し戸の場合とは異なっている。なお、斜め方向にボルトを設置した2枚落し戸の実験の場合、ボルトの全張力が自立時において落し戸に作用する鉛直土圧に等しくならないが、これは、ベクトルの方向の不一致の外に土圧の

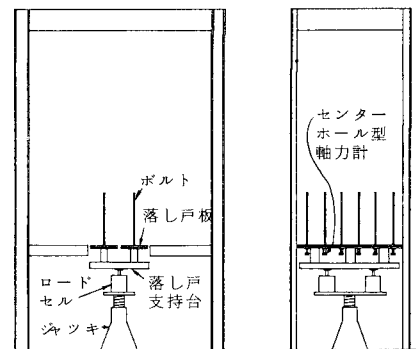


図-1 実験装置

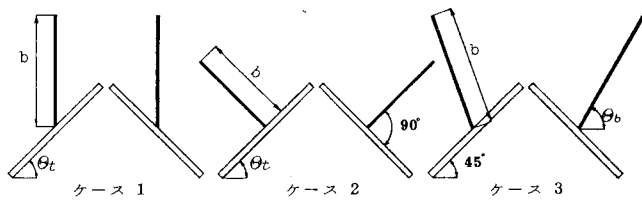


図-2 実験ケース

ケース 1 表-1 実験条件 ケース 2

θ_t	0	16	20	24	28	32	36	40	46
0	2C	2C	2C	2C	2C	2C	2S	2S	
15	2C	2C	2C	2C	2C	2S	2S	/	
30	2C	2C	2C	2S	2S	2S	/	/	
45	2C	2C	2C	2S	2S	/	/	/	
60	2C	2C	2C	2S	2S	/	/	/	

記号; 数字: 実験回数, C: 崩落

S: 自立 (サフィクスは繰り返し)

ケース 3

θ_t	0	16	24	28	32
0	1C	2S	2S	2S	
15	1C	2S	2S	3S	
30	1C	2S	3S	2S	
45	-	-	-	-	
60	1C	2S	3S	2S	
75	1C	2S	2S	2S	
90	-	-	-	-	

水平成分やボルトの曲げ抵抗の影響などを無視していることに関係があると思われる。

(3). 2枚落し戸の自立時において土圧につり合うボルトの張力とは、各落し戸に作用する土圧とボルトの張力のそれぞれ落し戸に直交する方向の成分が等しくなるような応力として説明できると考えられる。(図-8参照)。しかし、この見解は実験結果の明確な解釈に基づくものでなく、土圧の作用方向を推測し、計測誤差を考慮して実験結果全体から蓋然性があるとしたものである。地山に支持アーチが形成される機構はこの解釈によって説明できる。

(4). 2枚落し戸において各落し戸に直交してボルトを設置する場合にボルトによる落し戸の拘束は最も大きくなる。このことは、2枚落し戸に同じ長さのボルトを設置する場合、落し戸に直交して使用するのが(3)からボルトとして余裕があり、最も有効に作用することがわかるが、これと同じ意味である。図-7は実験例であり、また(3)のより所である。

4. おわりに

トンネルにおけるロックボルト群の挙動を2枚落し戸の実験を介して調査し、その作用機構を実証的に明らかにしよう試みた。実験に当っては現象を正しく理解できるように条件の設定に配慮した。

たが挙動の把握に当って推測せざるをえなかったところがある。これも計測上の困難からやむをえないが、実験を通じてロックボルトの作用機構の理解と経験

の裏付けになる説明に役立つ事例を示したと思う。

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, 土木学会, 1978年9月。

2). 山本稔, 大野一昭, 山田稔: ロックボルトの基礎実験—2枚落し戸の実験—, Ⅲ-265, 土木学会第35回年次学術講演会, 昭和55年9月。

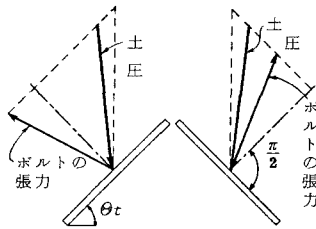


図-8 ボルトの応力

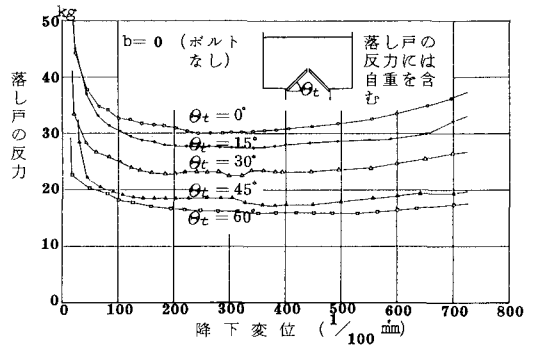


図-3

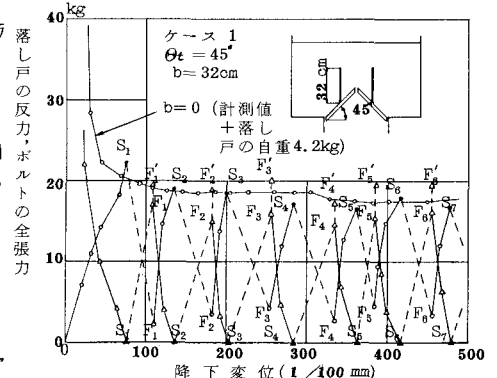


図-4 ケース1における落し戸の自立

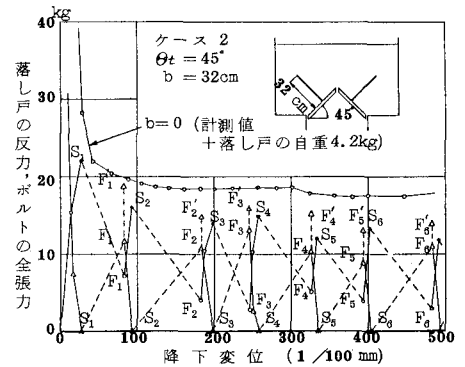


図-6 ケース2における落し戸の自立

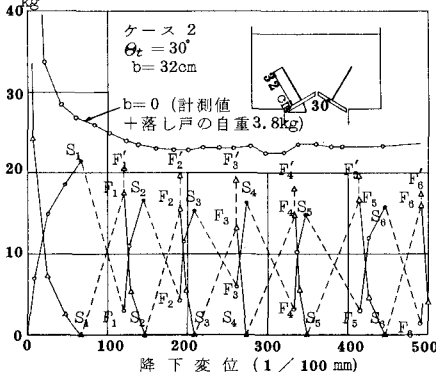


図-5 ケース2における落し戸の自立

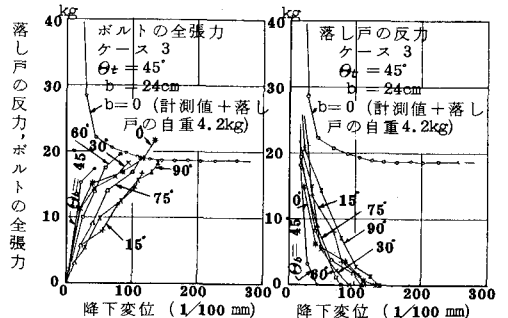


図-7 ケース3における落し戸の自立