

建設省土木研究所 ○千葉 淳 仲野 公章  
 ライト工業株式会社 鈴木 和夫

1. はじめに

山岳道路の斜面崩壊防止構造物としての擁壁にアンカーを打設して崩壊を抑止する事例が増加している。その場合の設計法の1つとして、くさび形崩壊が予想される場合は、力の多角形を用い力の釣合いより検討を行っているのが現状である。

今回、前報<sup>1)</sup>に引続いて、図-1に示すように擁壁背面に、くさび形崩壊が予想される斜面において、必要な抑止力を擁壁やアンカーに期待する場合を想定し、擁壁やアンカー挙動、土圧変化などを把握し、力の多角形によるアンカー設計手法に関する基礎的資料を得ることを目的とし検討を行った。

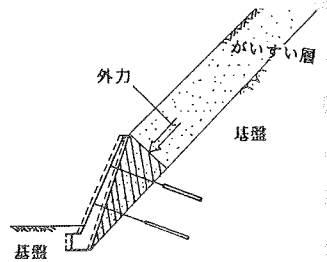


図-1 アンカーにより補強切土斜面の概念図

2. 実験装置及び実験方法

2.1 実験装置

実験装置は、図-2に示すように、①試験擁壁、②背後地盤、③アンカー ④載荷装置 ⑤計測装置に分けられる。

試験擁壁は、全高1.0<sup>m</sup>、幅1.5<sup>m</sup>の鉄筋コンクリート製であり、背面勾配1:0.3 前面勾配1:0.4である。擁壁の挙動は、沈下が許さず水平挙動と若干の転倒が許される構造となっている。背後地盤は、水平に対し45°の傾斜を持った鋼製の背面パネルを仮想すべり面とした。アンカー材は、φ50<sup>mm</sup>の鋼棒を両端にネジが切っており、実験中は、ナットで固定した。載荷・抵抗装置は、最大載荷能力500<sup>kgf</sup>のエアーシリンダーを2台同時に用いた。計測装置は、ロードセル、変位計、土圧計を用いた。

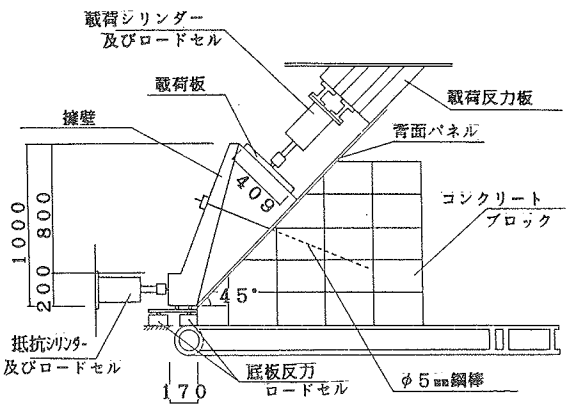


図-2 実験装置

2.2 実験方法

実験条件及び実験ケースを表-1に示す。実験に用いた試料砂は、均斉係数( $U_c$ )=2.80、平均粒径0.7<sup>mm</sup>、平均乾燥単位体積重量は、1.75<sup>t/m<sup>3</sup></sup>、内部摩擦角( $\phi_{cu}$ )=41.0°であった。

実験は、一層の層厚を20<sup>cm</sup>程度としランマーで締固めながら土壌を作成する。アンカーを用いるB~Cミリズにおいては、試料砂を投入する前にアンカーと擁壁底面の摩擦抵抗相当の抵抗力をヒットし試料砂を投入する。

載荷荷重は、不安定土壌が降雨により単位体積が増加する割合程度の荷重を想定し、最大荷重を

700<sup>kgf</sup>として、14段階に分けて、25%<sup>kgf</sup>を載荷、50%<sup>kgf</sup>を除荷する荷重制御を行った。

### 3. 実験結果

3.1 上部変位と下部変位の比率による擁壁挙動  
 上載荷重の増加に伴う擁壁上部変位(a)と擁壁下部変位(b)の比率 $R = \frac{a}{b}$ を考え、擁壁挙動とし $R = 1.0$ に近く荷重による動きの少ないものが、望しいとして、 $R = 1.0$ を中心とする等安定度線を仮定した。これは、擁壁基礎地盤に十分な支持力がある場合に、上部下部変位が同じであれば、擁壁底部の接地圧分布が基本的に変化しないこと、擁壁重心位置が変化しないことによる。

予想される傾向としては

- ① 上載荷重が増加しても一定値を保ち続ける。 $R = 1.0$
- ②  $R < 1.0$  下部変位が常に上部変位より大きく擁壁下部のすべり出しにより徐々に擁壁がねどくる挙動。
- ③  $R > 1.0$  上部変位が常に下部変位より大きく擁壁が転倒傾向の挙動以上が考えられる。

図-3に、各荷重段階ごとのRの変化を示した。

この図によれば、C-1、C-3 B-3などが変動も少なく比較的安定していると思われる。また、B-2のように、当初わずかな転倒傾向にあったものが、徐々に安定化に向い最終的には、底部滑動傾向領域に至るものもある。

A-1、A-2などのように、アンカーの補強のない擁壁では、この変動が大きく不安定な状況を示している。特に、A-2は、当初転倒傾向があり、一応、安定方向に向っていたのが最終段階で急に変位量が増大し不安定になったことを示している。これなどは、Rの値が1.0に近くほぼ平行に滑動しているものの総変位量が大きい為安定度が低いと判断される。

C-1などは、上部・下部に2段のアンカーを配置したものを比較的均等に拘束されている為、安定度が高いものと考えられる。B-2は、前面抵抗荷重 $P = 400$ <sup>kgf</sup>と上部にアンカーを設置し、初期緊張力 $(T) = 140$ <sup>kgf</sup>を与えた実験であるが、荷重のバランスが良い為にC-1に近い安定度が得られたものと考えられる。

同じアンカーの配置でも抵抗荷重 $(P)$ を25%<sup>kgf</sup>まで下げると、B-1のようにバランスは大きく崩れる

表-1 アンカー実験ケース

シリーズ	実験番号	アンカー角度	補強本数	アンカー位置	初期緊張力
A	A-1	—	—	—	—
	A-2	—	—	—	—
B	B-1	21.8	1	20	140
	B-2	21.8	1	20	140
	B-3	21.8	1	20	70
	B-4	21.8	1	40	140
	B-5	21.8	1	40	140
	B-6	21.8	1	40	70
	B-7	21.8	1	60	140
	B-8	21.8	1	60	140
	B-9	21.8	1	60	70
C	C-1	21.8	2	20:60	2@70
	C-2	21.8	2	20:40	2@70
	C-3	21.8	2	40:60	2@70

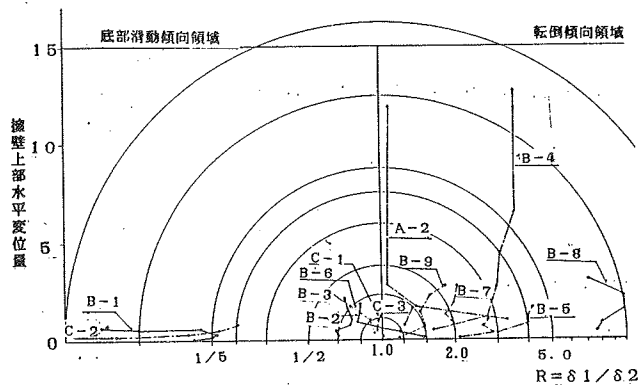


図-3 載荷に伴う擁壁の安定度の変化

が、B-3のように抵抗荷重(P)を250kgfのまま、アンカー初期緊張力(R)を70kgfまで下げれば全体の変位量は大きくなるが、安定度は高くなることかわかる。

以上のことから、アンカーの配置と初期緊張力のバランスを抵抗荷重にあわせてうまくとれば、少ない本数のアンカーでも比較的高い安定度が得られることかわかる。

### 3.2 壁面摩擦角について

上載荷重の増加に伴う、壁面に作用する土圧力及び壁面の摩擦角の変化について検討を行った。

上載荷重の増加に伴い、新たに擁壁に作用する力は、増加アンカー力(ΔR)、増加支持力(ΔR)背面土圧力(ΔE)である。こゝらを初期条件(前面の抵抗力(P)、底盤反力(R) 土圧力(E)、アンカー緊張力(R))にプラスシカの多角形が釣合うという条件により検討した。初期条件の初期支持反力(R)は、実験中、砂入り作業等<sup>6</sup>に計測が出来ない。そこで、本試験とは別に、試験擁壁セット時の初期支持反力(R)を知る為に、予備試験を行った。その結果、初期の擁壁支持反力(R)は、抵抗荷重の大小に関係なく295kgfと一定であることかわかった。

図-4に、上載荷重の変化に対する壁面摩擦角の変化を示した。また、図-5に上載荷重の変化に対する土圧力の変化を示す。これらの図からわかるように、土圧力は、アンカー緊張力の増加に伴いほぼ一定の割合で増加する。この時、壁面の摩擦角は減少していることから、この増加土圧が受動的なものであることかわかる。

更に、上載荷重をかけ始めると土圧力は、載荷初期わずかに減少傾向を示すものの荷重レベルが高くなると増加傾向を示しその増加率も大きくなる。この時の摩擦角は、載荷に伴って増加していく。したがって、上載荷重の増加は擁壁の前方変位と相まって主動的な土圧を示していると考えられ、荷重レベルが高くなるとアンカーによる拘束力も高くなり、徐々に、受動的な土圧へ移行していると考えられる。

次に、最大荷重時(P=700kgf)について壁面摩擦角は、ほぼ20°~30°の間にあり、平均は、25°(3/4φ)であった。作用土圧力は、拘束度(アンカー緊張力)が小さい実験(B-3, B-6, B-9)で、小さい傾向にあり、拘束度の高い実験(B-2, B-5, B-8)では、大きい傾向にあった。

### 3.3 アンカー緊張力と土圧の関係

アンカー緊張力(R)と発生土圧(E)について、以下の仮定を行い相関性について検討を行った。

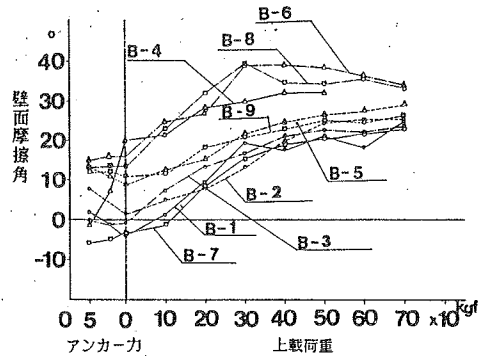


図-4 上載荷重の変化に対する壁面摩擦角の変化

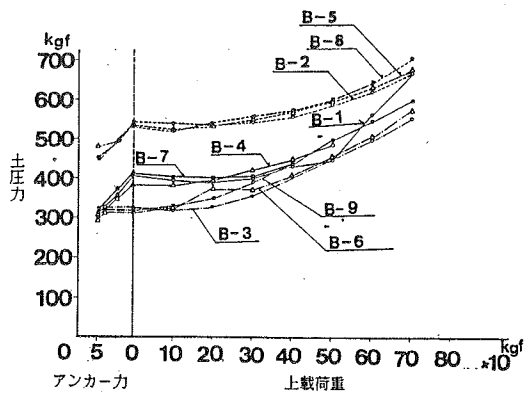


図-5 上載荷重の変化に対する土圧力の変化

$$P_s = P_a / A \quad A: \text{擁壁背面断面積}(15600.0 \text{ cm}^2)$$

図-6に、初期緊張時の実測土圧分布を示す。計画緊張力導入完了時の発生土圧は、アンカーの緊張力に起因する受働的な土圧であると考えられる。また、アンカーの配置位置が、上部・下部であると計算値に近似しないが、中部及び2段に配置したものは、計算値に近い結果となった。

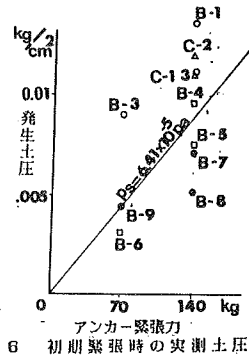
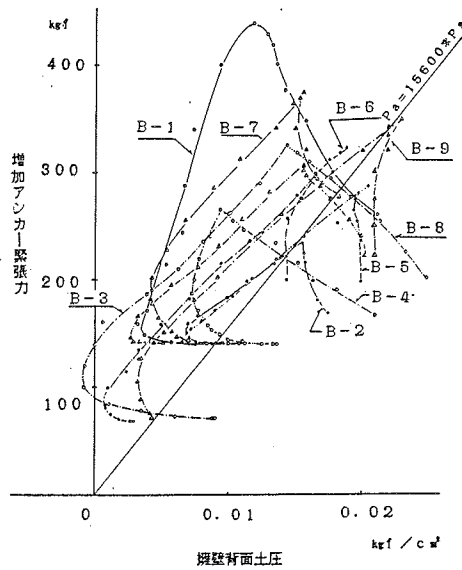


図-7に、アンカー緊張力と背面土圧の関係を示す。前報でも報告した通り、土圧は一時的に減少する。この時アンカー緊張力は、ほとんど一定値を保つ。この土圧の一時的な減少は、土粒子の再配列に伴う土圧

の再分配が生じており、試料砂面を上載荷重による外部エネルギーを吸収する為であると考えられる。更に、上載荷重を増加させていくと土圧は、増加に転じ同時にアンカー緊張力の増加率も急激に増えるようになる。この間の土圧増加とアンカー緊張力の増加は、ほぼ1次比例している。この間には、土粒子の再配列も終り、載荷による外部エネルギーを擁壁を変位させることにより解放しようとするものは比較的弾性的な挙動領域である。また、上載荷重の除荷に伴いアンカー緊張力も減少するがこの時、アンカーの設置位置により残留する土圧の大きさに違いがある。



土圧がアンカー緊張時に増加し、載荷に伴って減少しさらに、ある一定荷重を超えると再び増加する現象については、図-5でもその傾向を示している。つまり、アンカー緊張時は受働的な土圧であり、載荷に伴い主働的な土圧となり、その後、アンカーにより変位が拘束される為

図-7 アンカー緊張力と擁壁背面土圧

に受働的な土圧となるためであると考えられる。

#### 4. まとめ

(1) 現行設計法の力の多角形による考え方には、問題はないと考えられるが、(2)、(3)のことを考慮して設計することが望しい。

(2) アンカーの配置と初期緊張力のバランスを受働荷重に合せようまくとれば、少ない本数のアンカーでも比較的高い安定度を得ることが出来る。しかし、現実の擁壁においては、受働荷重を推定することは難しい。したがって、アンカーを上部・下部に2段設置することが、擁壁の安定という点から望しい。

(3) 壁面摩擦角は、アンカー緊張時に受働側に変化し、載荷に伴って主働側に変化する。また、壁面摩擦角は、土圧がコンクリート壁面に直接作用する場合、 $\frac{2}{3}$ 中程度を良いと考えられる。

〈参考文献〉 1. 藤野 伸彦; アンカー擁壁挙動実験; 昭和59年度土木学会研究発表会 2. アスアンカー工法; 土壌工学会 昭和51年