

武蔵工業大学 正会員 星谷 晴

正会員 島田 俊介

武蔵工業大学 大学院 ○ 学生員 灰坂 政美

1. 目的 補強土は土中に埋設される補強材(ストリップ)と、表面を覆う表皮(スキン)により成り立つ。この構造物の設計において、外的及び内的安定理論が導かれている。しかし、補強土は補強材と土の摩擦により支持され、その内的安定理論には、まだ研究の余地がある。そこで、この一体化した構造物における、補強材の摩擦力を調べる目的で、補強材の引き抜き試験を試みたものである。(図1)は補強土の構造を示す。

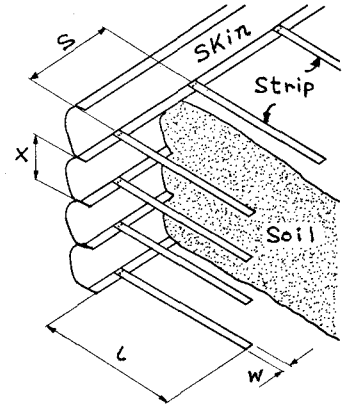


図1

2. 原理 互いに独立した土の粒子(砂)群内に補強材を埋設すると、補強材と補強材に直接接している粒子との間に摩擦力が働く。この摩擦力は、補強材の平面の法線に対して α の角度で働く(図2)。この角 α が、粒子と補強材との間の摩擦角 ϕ よりも小さければ、滑りは生じない。ここで補強材と土が接触する全ての点で滑りが起こらず摩擦が働く条件は次の通りである。(図3)を参照して、 d だけ離れた補強材上の2点の引張力を F_1 , F_2 とすると、 d 間に働く引張力は $dF = F_1 - F_2$ である。この補強材の幅を W として、この微小な補強材間 d に作用する垂直応力を N とすると、 d 間の上下面に働く全垂直力は $2NWd$ となる。補強土構造が滑り破壊に対して維持する条件は次式で表わされる。

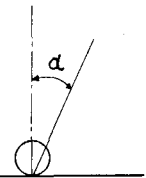


図2

$$dF / 2NWd < \tan \phi' \quad \dots \dots \dots (1)$$

内的安定条件は、[i] 補強材は崩壊せずに、補強材と土との間で滑りを生じて壁体が崩壊する型。[ii] 補強材が破壊して壁体が崩壊する型がある。[i]の条件は、深さ d の補強材の全摩擦抵抗、 $2LWrd \tan \phi' \dots \dots (2)$ (ϕ' は土と補強材との間の摩擦角抵抗角)で与えられ、ランキン土圧論により、深さ d の1本の補強材によって支持される水平土圧は、 $F_e = S \times r d K_a \dots \dots (3)$ ($K_a = \tan^2(45^\circ - \phi/2)$)である。従って、式(2), (3)により定義された力は、対応する深さにより比較され、安全率 F_s は、この深さの引き抜きにより、次式のように与えられる。

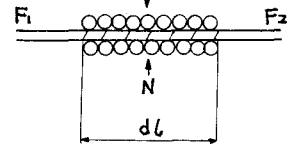


図3

$$F_s = 2LW \tan \phi' / S \times K_a \quad \dots \dots \dots (4)$$

3. 実験方法 表面に引き抜きの為の穴のありたスキンを用い、引き抜き用の補強材を入れて全体を造り、その後、補強材を引き抜いて、引き抜き力を測定した。また1段積むごとに構造物底面の4ヶ所で土圧を測定し、土圧の増加状態を見た。擁壁正面に5列9段の補強材が取り着けられるように構成し、引き抜き実験は4状態にて試みた。[実験1] 3列、4、7、9段で引き抜いた。[実験2] 4、7、9段で、それぞれ5列に補強材を設置し、3列、4、7、9段を引き抜いた。[実験3] 3列の9段に補強材を設置し、4、7、9段を引き抜いた。[実験4] 3列に9段と4段に5列、計13本補強材を設置し、3列4段を引き抜いた。同様に、7、9段においても引き抜いた。実験材料は、豊洲標準砂(単位重量 $\gamma = 1.432 \text{ (g/cm}^3)$)、内部摩擦角 $\phi = 44^\circ 46'$ 、土と補強材との間の滑り摩擦抵抗角 $\phi' = 29^\circ 33'$ 。補強材(表面平滑な亜鉛ナッキ鋼板)は

幅10 (mm), 長さ250 (mm), 厚さ0.25 (mm)を使用した。スキンは木製の10×625×50 (mm)で引き抜き用の穴のあったものを使用した。また、補強土を施工する際、1段ごとに転圧を行った。

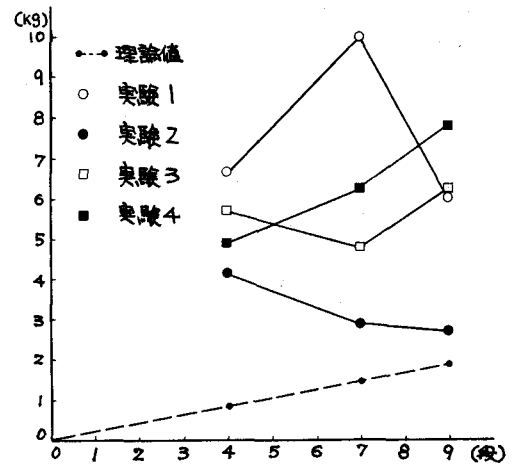
4. 実験結果及び考察

(表1) 4, 7, 9段における補強材1本の引き抜き力の理論値と初期値との比。

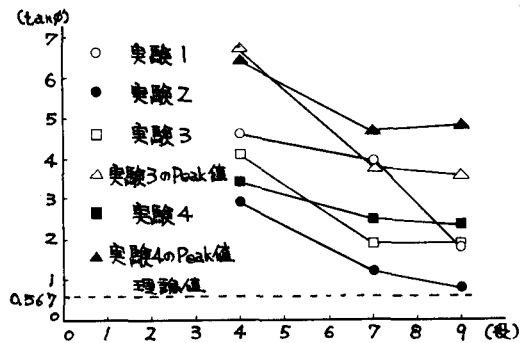
段	4	7	9	AVE
理論値	0.81	1.42	1.83	
実験1	8.17	7.04	3.28	6.16
実験2	5.11	2.03	1.48	2.87
実験3	7.09	3.39	3.38	4.62
実験4	6.10	4.37	4.21	4.89

(表2) 4, 7, 9段における補強材1本の引き抜き力の理論値とPeak値との比, 初期値とPeak値との比及び引き抜き距離。

段	4	7	9	AVE	
実験3	Peak値 理論値	11.80	6.70	6.27	8.26
	Peak値 初期値	1.7	2.0	2.5	2.1
	引き抜き距離	9.5 _{C₇₀}	14.9	19.0	
実験4	Peak値 理論値	11.63	8.10	8.31	9.35
	Peak値 初期値	1.9	1.9	2.0	1.9
	引き抜き距離	7.0 _{C₇₀}	6.5	10.0	



(グラフ1) 引き抜き力。



(グラフ2) 摩擦係数。

引き抜き力の測定は、補強材の本数、設置位置を変えて試み、本数と設置位置の違いにより、引き抜き力の検討をした。この結果、測定値のバラツキが激しく、理論値よりかなり強い引き抜き力が得られた。この原因として転圧による影響が大きく作用したと考えられる。引き抜き力の理論値は式(2)より求められる。初期値は、引き抜きを始めてから補強材が動き始める値である。補強材が動き始めてから、引き抜き力は増大し、やがて、最大値に達する。この最大値をPeak値とし、初期値からPeak値までの長さを引き抜き距離とする。Peak値と初期値との比は約2倍を示し、引き抜き距離は深さが増すほど距離を増した。Peak値がかなり大きな値を示す原因は砂(粒)のインターロッキング(ガミ合い)とダイレイタション(膨張)による影響であると考えられる。実験より求められた引き抜き力と、式(2)により摩擦係数を求めグラフ(2)に示す。この実験より、補強土擁壁の崩れに対する安全性は十分に確保できるという。

5. 参考文献

Lee, K. L., Adams, B. D. and Vagnerson, J. J.,
"Reinforced Earth Retaining Walls", Journal of the
Soil Mechanics and Foundations Division, ASCE, Vol.
99, No. SM10, October 1973, pp. 745-764.