

九州大学工学部 正 員 内田 一郎

" " 学生員 平田登基男

" " 帆足又十郎

前田建設KK

坂田 憲治

1. まえがき アースダムや河川堤防の堤体、道路の盛土および切取り部分などの斜面において、地震、浸透水その他の原因で土中のせん断応力がそのせん断強度以上になると不安定となり、崩壊したり、すべり破壊を生じたりする。この原因を正確にとらえ、破壊を正しく予測し、災害を最小限にいくとめ、あるいは未然に防ぐために、さまざまな角度から斜面についての研究がなされてきている。

当研究室においても盛土斜面についての実験的研究を、数年前からマサ土を用いて行なってきた。すでに盛土路面端部に帯状荷重が作用した場合や浸透水の影響については報告したが、今回は盛土路面端部に、交通荷重が繰返し作用した場合に、盛土斜面にどのような影響を与えるのかということとを模型実験により調うべうとしたものである。

2. 試料、実験装置および供試体形状、試料としてもちいた土は、福岡市域の産産で、その物理的性質などは、前回にも述べたが統一分類法による分類はSMに属し、 $G_s=2.64$, $w_p=31.4\%$, $I_p=7.7$, JISA 1210 の1.1aによる $w_{opt}=16\%$, $\gamma_{max}=1.73 \text{ t/m}^3$, $e=0.53$, である。試料は5mmフルイを通過したものを用いた。実験装置は前回に用いたものと同じもので、内側で $220 \times 92 \times 100 \text{ cm}^3$ のセメントコンクリート槽の前面に厚さ10mmの強化ガラスをはめこんですべり線の観察が出来るようにしたものである。繰返し荷重は特別に注文して作製したパルセーターにて発生させた近似台形荷重を、供試体に作用させた。パルセーターは最大10tonの荷重まで載荷出来るもので、載荷および除荷時間を0~30秒までの間で任意にとることができるものである。

なお、圧力は油圧ポンプにて発生される。供試体の形状寸法は上底86cm、下底146cm、高さ60cm(法勾配1:1)、奥行きが92cmである。

3. 実験方法、試料の含水比は施工しやすいから10%を目標として調整した。供試体作製は、突固め試験結果を参考にして、1回の締固め量を一定重量220kgとし、ランマー(重量約18kg、底面積 $23 \times 23 \text{ cm}^2$)を30cmの高さより自由落下して1箇所当り5回ずつ突き固めた。つまり、単位体積重量当りのエネルギーを一定として締固めようとしたものである。斜面および上面の整形は余分の土をシャベルおよびエゾなどですり落して所要の寸法の供試体を得た。供試体表面からの水分の蒸発を防ぐために、ビニールのカバーをつけた。載荷による土圧の変化を測定するために、容量2kg/gal、

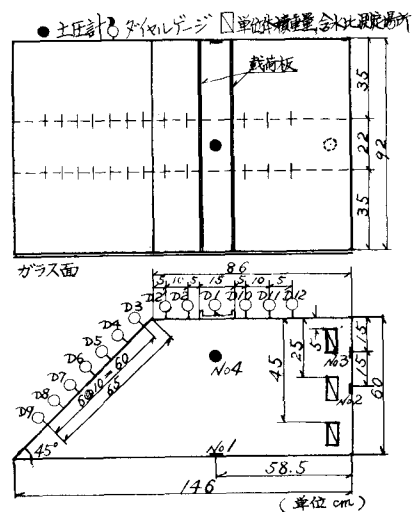


図-1 土圧計、ダイヤルゲージの配置および単位体積重量と含水比の測定面所図

受圧板の直径27^{mm}の小型土圧計を埋設した。斜面および上面の変化を測定するために100^{mm}の精度のダイヤルゲージを用いた。ダイヤルゲージ、土圧計の配置は図-1に示す。供試体作製後、試料をなじませるためとシキントロピーの影響を少なくするため、2~3時間程静置しておき土圧計の変化がなくなるのを確かめたのち実験を行なった。各実験終了ごとに、含水比と単位体積重量を測定して、目標の含水比および単位体積重量が得られているかどうかをチェックした。測定箇所は図-1に示す。

載荷試験は静的な場合と繰返しの場合の2つに分けて行なった。静的載荷試験は荷重制御の方法をとり、平板載荷試験に準じて1分間の沈下量がその荷重によるその段階における沈下量の1%以下になれば沈下の進行がとまったとした。動的載荷試験の載荷板の位置はS-3、S-4と同じく法肩から載荷片までの距離を20^{cm}とした。動的載荷試験は、ある繰返し回数載荷したのちに除荷の状態での沈下量を測定したので残留沈下量を測定したことになる。供試体の番号と試験結果は表-1,2に示した。ここで破壊荷重は荷重がそれ以上あがりきらない時の値である。S-3とS-4の破壊荷重の平均値を P_0 とし、動的載荷試験の基本荷重とした。また実験終了後すべり線のスケッチを行なった。

4. 実験結果および考察。破壊形状について、図-2に示すように、すべり線と円弧として近似することは概略的には可能だがS-4のような特異なものもあった。載荷板の法肩に近い方の端に発生したキレツが成長してすべり線となっている。他方の端に生じたキレツは土中に垂直にはいり、途中で消滅してしまっており、完全にすべり線と別れている。D-2は繰返し載荷試験中に破壊したただ1の場合である。法肩に近い方の変位は他方のそれとは逆で沈下をしめし、しかも絶対値が大きい。D-1~6のいずれも法肩に近い路面には引張りキレツが生じた。斜面部分の垂直変位は法尻に近づくほど、盛上がり量が小さくなる。すべり面が斜面と支えるところを境界として、変位量に非常な差があらわれている。これは静的な場合も同様である。変位量増加の繰返し回数に対する割合は初期の段階ほど大きく、しだいに小さくなる。また最終的なすべり線は円弧と考えてよいであろう。

供試体番号	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6
湿潤密度 $\gamma_w(g/cm^3)$	1.637	1.626	1.686	1.649	1.662	1.655
乾燥密度 $\gamma_d(g/cm^3)$	1.499	1.485	1.548	1.513	1.519	1.517
含水比 $w(\%)$	9.23	9.51	8.90	9.00	9.40	9.11
飽和度 $S(\%)$	31.97	32.22	33.27	31.84	33.57	32.45
間隙率 e	0.763	0.780	0.707	0.747	0.740	0.742
週期(秒) 載荷-除荷	15-5	13-1	13-1	3-1	3-1	3-1
繰返し荷重 $P(ton)$	1.0	4.0	3.0	3.5	1.5	2.5
$P \pm P_0$	0.23	0.91	0.69	0.80	0.34	0.57
破壊荷重 $P_u(ton)$				5 ^{ton} 止まり	4.9	4.75
$P_u \pm P_0$				1.14 ^{以上}	1.12	1.09

表-2 動的試験結果

供試体番号	S-1	S-2	S-3	S-4
湿潤密度 $\gamma_w(g/cm^3)$	1.600	1.603	1.618	1.613
乾燥密度 $\gamma_d(g/cm^3)$	1.458	1.452	1.484	1.469
含水比 $w(\%)$	9.74	10.41	9.03	9.81
飽和度 $S(\%)$	31.70	33.55	30.84	32.45
間隙率 e	0.812	0.820	0.774	0.799
破壊荷重 $P_u(ton)$	3.51	2.80	4.25	4.50
法肩から載荷板までの距離(cm)	10	0	20	20

注) 上面および下面の長さが図-1のものよりもS-1は10^{cm}、S-2は20^{cm}だけ短かい。

表-1 静的試験結果

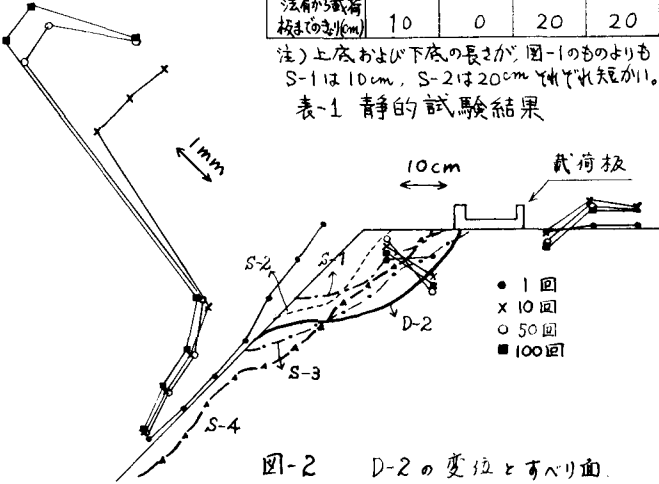


図-2 D-2の変位とすべり面、及び静的試験のすべり面。

○破壊荷重について、表-1、表-2において、S-3とS-4とを比較すると、0.25^{tn}ほどS-4の破壊荷重の方が大きい。これはS-4はS-3よりもかなりすべり面が大きく、底部破壊をおこしているためと思われる。用いたマサ土は飽和度の低い砂質土なので週期の影響はない⁽³⁾とすると、繰返し荷重Pが基本荷重 P_0 に対して $P/P_0=0.80$ では28万回でもこわれず、 $P/P_0=0.91$ では160回で破壊しているのこ、(D-2とD-4)ホスに繰返し荷重をかけてもこわれな⁽¹⁾荷重を安全荷重 P_s とすると、我々が用いたマサ土では $0.91 > P_s/P_0 > 0.80$ にあうと考えられるが、実験を重ねてさらに明らかにしていきたいと考えている。また、D-4、S-6について繰返し荷重を作用させたのち、静的破壊試験を行なうと、みるとすべて基本荷重 $P_0=4.375^{tn}$ より大きくなっており、くり返し荷重を作用させた事は盛土斜面の安定化に有用のようである。○沈下量—繰返し回数曲線について、図-3に沈下量—繰返し回数曲線を片対数グラフでとったものを示す。

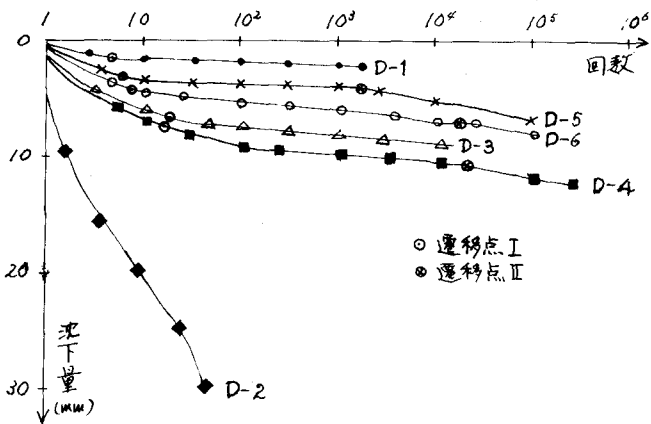
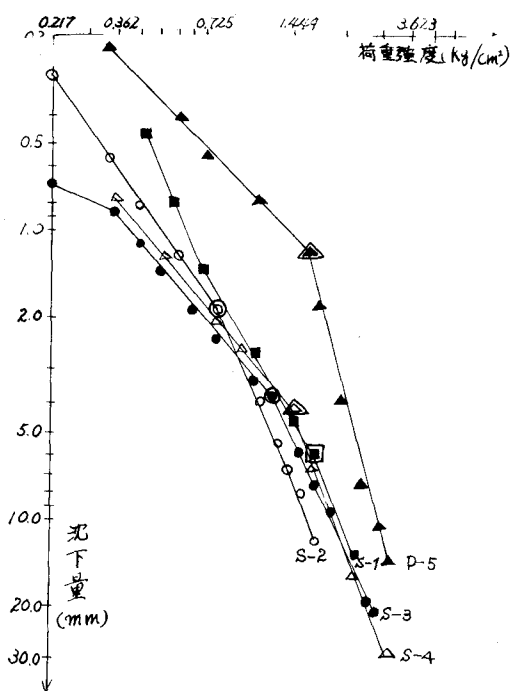


図-3 沈下量—繰返し回数曲線

小さい荷重ほど、同じ繰返し回数に対する沈下量は小さいという妥当な結果が示されている。遷移点⁽⁴⁾Iは繰返し荷重が大きくなれば大きな回数もとれ、予想と反対の結果を示しているようである。繰返し試験中にこわれたD-2の沈下量が他にくらべて非常に大きく、破壊付近で30^{mm}にも達した。○荷重—沈下曲線について、図-4に、S-1~4、およびD-5の荷重—沈下量曲線を両対数でとったものを示した。二重印は降伏荷重値を示す。この降伏値のとり方は建築鋼の基礎設計施工規準⁽⁵⁾によった。D-5は繰返し荷重を10万回作用させたのち、静的載荷されたものだが、同一荷重に対しては、沈下量がS-1~4のいずれよりも小さい。これは盛土した場合に、鋪装を行なう前に道路を開放して交通荷重により締固め、その後鋪装を行なえば、交通荷重による路床の沈下量が少ないので、鋪装部分のキレツ発生防止に役立つ。特に剛性鋪装の耐久性を増加出来ることがいえよう。しかし降伏荷重を越えると一定荷重の増加に対する沈下量の増分が大きく供試体が脆性破壊に近いこわれたとするかもしれないという危険性もある。



注) D-5は繰返し荷重1.5^{tn}を10万回作用させたのちに行なったものである。

図-4 荷重強度—沈下量曲線

う。ここに示されたD-5は動的なもののなかでは典型的な場合である。土圧計の動きについて、図-5に載荷板直下に埋設した土圧計No-1(図-1参照)の土圧と荷重の関係を示した。Jakyの提案した式による計算値と実測値とを比較すると、S-1~4で計算値の方が、実測値の半分の値しか示さず、過少な値を示し危険である。D-4,5は繰返し荷重を作用させたのち、破壊試験を行なったのであろうが、繰返し荷重による影響で、残留応力が残ったためか、最初の部分では土圧が小さいが、しだいに大きくなり、S-1~4の値に近づいてきている。

5. むすび 今回の実験では、実験数が少ないので、一般性のある結論は出て来ないが、この実験のかぎりでは、つぎのことが言えると思う。破壊形状は静的、動的にかかわらず、法角に近い載荷板の端から発生したすべり線は大体円弧で近似出来る。また破壊強度は繰返し荷重を作用させた後に静的荷重して破壊させた場合は、そうでない場合よりも破壊強度の増加がみられた。これは繰返し荷重の大小にも関係するのですべてそうであるとはいえないだろう。荷重—沈下量曲線について繰返し荷重が作用しない場合にくらべて、作用した場合(D-5)の方が同一荷重に対しては沈下量が少ない。この2つのことを合わせて考える時、ある大きさの交通荷重による盛土の締固めは、鋪装および、斜面の安定に対して非常に有効な繰返し回数が存在していることが推測されよう。今後さらに実験を重ねて、盛土斜面に作用する繰返し荷重に対する最適くり返し回数、あるいは、ある繰返し回数に対する最適繰返し荷重、さらに動的荷重を考慮した斜面の安定計算法などについて検討してみたいと思う。

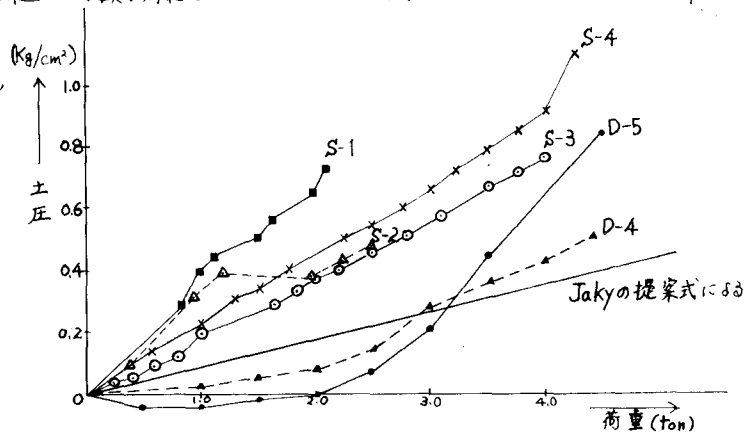


図-5 土圧計 No.1 の土圧-荷重曲線

参考文献

- (1) 内田、福田、藤下、池松、帯状荷重を受ける砂質盛土の安定について。土質工学会、第5回土質工学研究発表会講演集 PP285~288, S45. 6
- (2) 内田、松本、福田、稲田、大津、砂質盛土の浸透と崩壊に関する実験的研究、土木学会、第26回年次学術講演会講演集3 PP201~204, S46. 10
- (3) Seed, H.B. and Chen, C.K., Effect of Duration of Stress Application on Soil Deformation under Repeated Loading Proc. Int. Society of Soil Mech. and Found. Eng., Vol.1, 1961, PP34~345
- (4) 羅、繰返し荷重を受ける土の性状およびその応用に関する研究 p23, 学位論文。
- (5) 建築鋼骨い基礎設計施工規準同解説, 日本建築学会, pp22~23.
- (6) 赤井、土の支持力と沈下 山海堂, p27.