

III-65 砂質盛土の浸透と崩壊に関する実験的研究

九州大学 正員 内田 一郎 正員○松本 鎌三
東亜道路工業(株) 正員 福田 高明
日本舗道(株) 稲田 徹郎
清水建設(株) 大津 秀一

1. まえがき 盛土した道路の路面や堤防の天端に荷重を受けると、土中のせん断応力が増加する。このせん断応力が土のせん断強度以上の大きさになると、せん断破壊を生じ、盛土斜面の崩壊とか、基礎地盤のスベリ破壊などが現われる。砂質盛土が、ノリ肩に近く帯状荷重を受けるときのスベリについて、マサ土を用いた実験を行なってきたが、今回は帯状載荷板の幅の変化による影響、帯状荷重による盛土底部の土圧分布、また、降雨などのため、水が盛土内に浸透したときの盛土の支持力の低下や、スベリ発生状況などを見ようとして実験を行なった。

2. 試料および実験装置 試料としたマサ土は、福岡市城^{しろ}の原産で、その物理的性質などは、前回¹⁾に述べたように、統一分類法でSMに属し、 $G_s = 2.643$, $w_L = 39.1\%$, $w_p = 31.4\%$, $I_p = 7.7$, JISA1210の1・1 a による $w_{opt} \div 16\%$, $\gamma_{dmax} = 1.73 \text{ t/m}^3$, $e = 0.53$ である。

実験装置は、図-1のような内側で $220 \times 92 \times 100 \text{ cm}$ のセメントコンクリート槽の前面に、厚さ 10 mm の強化ガラスをはめこみ、ガラス越しにスベリや水の浸透状況などを観察できる。また、コンクリート槽内の盛土の背後から、所定の水位で浸透水を流すための水槽を設けた。水槽と盛土の間の隔壁は、厚さ 3 cm の木製板で、 3 cm 間隔の格子点に直径 4 mm の穴をあけた。図-2は、容量 2 kg/cm^2 、受圧板の直径 27 mm の小型土圧計7個、盛土内の水位を測定するマンメーター11本、容量 2 kg/cm^2 の管内圧力計による間ゲキ圧計3個などの配置を示

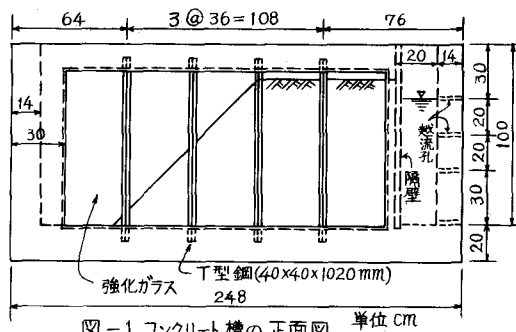


図-1 コンクリート槽の正面図 単位 cm

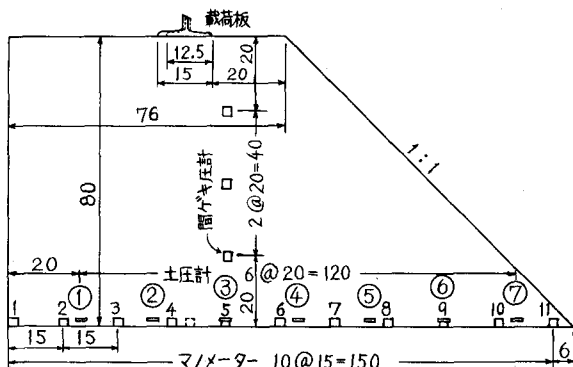


図-2 土圧計、間ゲキ圧計、マンメーターの配置図

す。小型土圧計は、所定の位置に水平に据えたあと、湿らせた標準砂を少量かぶせた。これは、マサ土の最大粒径に比べて、土圧計の直径が小さいので、垂直応力なるべく均等に作用させるためである。スベリ面を知るため、強化ガラス面に5cm方眼の線を引き、盛土の層を5cm突固めるごとに、ペイントで着色したマサ土をガラス面に接して線状に置いた。斜面は、盛土のときコンクリート両側壁に取付けたアングルの間に型枠を張り、突固めて斜面を仕上げた。帯状載荷板としては、底辺125mm、150mmの2種の工ビームを用いた。荷重は、コンクリート槽の上に張り渡した工ビームと載荷板との間に入れたオイルジャッキによって加えた。載荷板の位置は図-2のとおりである。マンメーターと間ゲキ圧計の先端には、外径24mm、高さ25mmの樹脂硬管にセルロイドの底板と0.5mm目の金網のふたを接着した。マンメーター用には外径6mm、間ゲキ圧計用には外径2.5mmのポリセンチューブを前記の樹脂硬管につないで、コンクリート槽外に引出した。載荷実験、浸透実験の際、天端とノリ面との移動を知るため、天端に2~4個、ノリ面に6段12個のダイヤルゲージを設置した。

3. 載荷実験と考察 載荷実験を行なった盛土は、含水比5, 10, 15, 17.5%, 間ゲキ比0.9を目標として突固めた。載荷速度は、載荷板の沈下量1mm/minを標準とした。載荷実験の結果から、荷重と沈下量の関係を示したのが図-3である。図-3のA, B, C, Dの各点をそれぞれ初期強度、降伏強度、極限強度、終了時強度と呼ぶことにする。B, C点は測定値を結んだ直線の交点として求められる。図-3で求めた極限強度と、含水比、間ゲキ比eの関係を示したのが図-4である。

図-4には、前回の載荷板幅75mmを用いた結果も載せている。図-4によると、最適含水比16%の近くで極限強度は最大である。また、eが同じ場合は、載荷板幅の大きくなるほど、載荷板幅が同じ場合はeが小さくなるほど極限強度は大きくなるようである。今回初めて外径30mmの土圧計を用いたが、これが土圧の変化に応じて働くかどうか疑問であった。図-5に、載荷荷重強度と土圧計の示す圧力との関係を示す。盛土完成後、数時間経過して載荷直前に示す土圧計の圧力は、盛土完成ごとにまちまちの値を示すので、図-5には盛土荷重による土圧を差引いた値を示している。図-5によると、ノリ面の上段き裂発生までは、荷重と垂直土圧とは、ほぼ直線関係にある。盛土天端からの土圧計の埋設深さは、いずれも77.5cmであるが、図-5の場合は載荷板両端直下(土圧計②, ③)で

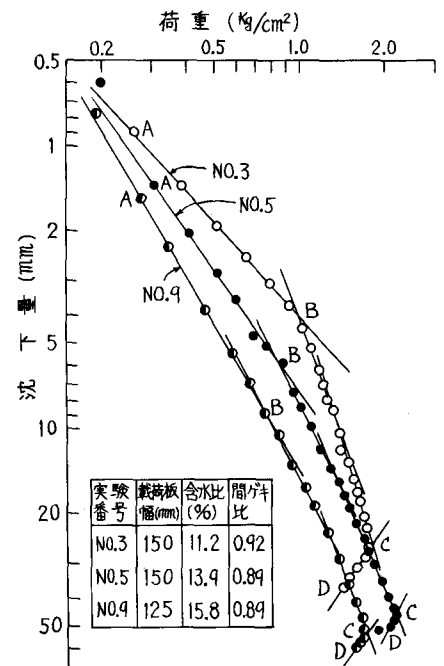


図-3 荷重と沈下量の関係

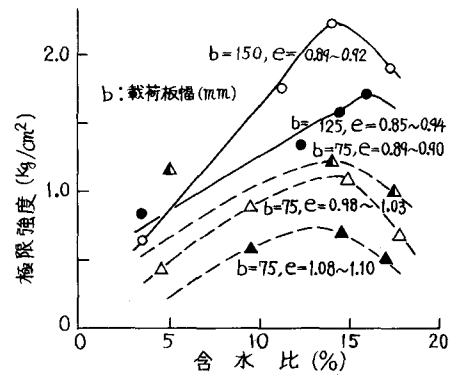


図-4 含水比と極限強度の関係

土圧は荷重強度の約16%，載荷板の両端から約20 cm離れた直下（土圧計①，④）では，それは約10%となる。すなわち，荷重による土圧は，ノリ先に行くほど小さい。ノリ面上段と下段にき裂が発生すると，土圧計は土圧の増加割合が減り，極限強度を示してから減少する。図-6は，図-3のA，B，C，Dの各点における盛土底部の垂直土圧の1例である。ノリ面に垂直方向の変位も測定したが，これは前回に報告したものと同じ傾向を示した。スベリ面については，前回油にまけた

スを用いたので，明らかでなかったが，今回は着色マサ土の移動によって，円弧スベリであることが認められた。載荷板の幅の変化による影響は，幅の変化が小さいこと，盛土を均一に突固められないこと，載荷板が載荷中に傾くことなどのため，その影響を図-4のほかは明らかにできなかった。

4. 浸透実験と考察 水槽の隔壁の穴には，穴からの射水による盛土の乱れを防ぐため，あらかじめろ紙をはりつけた。水が盛土に浸透していくと，土のセン断抵抗が減少し，図-7に示すような斜面において，EFGで囲まれた領域が，まず崩壊を起こす。これは初期崩壊と呼ばれ，これが原因となって第2次崩壊が誘発される。土圧と間ゲキ圧は，浸潤線の進行とともに変化した。土圧は浸潤線の進行につれて，わおむね増加する傾向が認められた。しかし，ある土圧計では減少するものもあり，その原因は明らかでない。上中下の3個の間ゲキ圧計についても，さまざまな動きを示して，一定の傾向を示さなかった。たとえば，図-8に示すように，浸透開始から2時間までは，初期値に比べて減少し，4時間で増加に転じ，11時間

で再び減少し，なかには負圧を示すものもある。上部の間ゲキ圧計は下部のものに比べて大きな負圧を受けるようである。負圧の生ずる原因については，盛土の膨潤などが考えられるが明らかでない。斜面のスベリによる着色マサ土のずれ点●印を結んだ曲線は，この場合のスベリ面である。このように，マサ土の比較的ゆるづめ盛土の浸透水によるスベリは，高さ80 cmの1割ノリの盛土では，ノリ肩から30 cm前後の天端を起点とし，ほぼ円弧スベリのようなものである。崩壊は水槽の水位70 cmのとき，12～

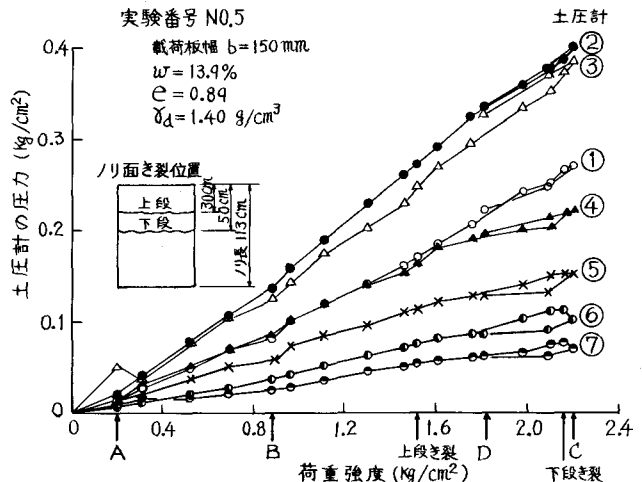


図-5 荷重強度と土圧計の圧力との関係

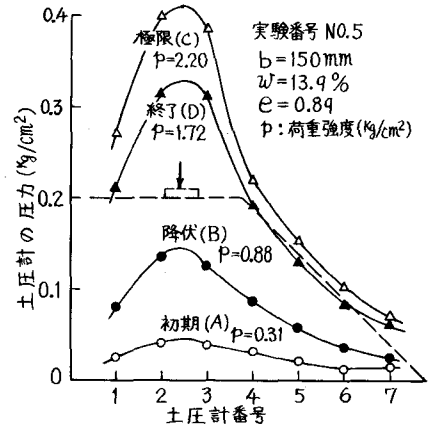


図-6 土圧計の位置と圧力の関係

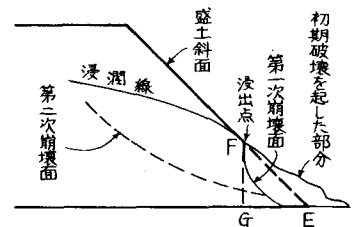


図-7 斜面の一次と二次崩壊

24時間で自重により生じた。図-9は、浸透実験後の含水比と飽和度およびコンペネトロメーターによる実験前後の貫入抵抗を示したものである。図-9によると、水の浸透を約12時間続けたわりには、飽和度は少し低いようであるが、マサ土を用いて、JIS A1210の直径10cmモールドによる60時間の定水位透水試験の結果($k = 2.0 \sim 0.75 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$)でも、 $S_r = 85 \sim 90\%$ であって、土粒子の間ゲキの空気がなかなか抜けないで、飽和しにくいことを示した。また、浸透実験前後の貫入抵抗の比較から、浸透水による盛土の強度低下は著しい。図-8のスベリ面について、浸透水による間ゲキ圧の影響を考えないで、 $\gamma_t = 1.600 \text{ g/cm}^3$ としてセソ断抵抗角 ϕ_d 、粘着力 C_d をいろいろ変えた場合の浸透実験前後の盛土の安全率を調べたのが表-1である。表-1によると、 $\gamma_t = 1.600 \text{ g/cm}^3$ 、 $\phi_d = 33^\circ$ 、 $C_d = 0.15 \text{ kg/cm}^2$ のとき、 $F = 9.2$ である。この盛土が浸透水によって崩壊し、 $F < 1$ となるためには、 ϕ_d 、 C_d が著しく小さくなることを示し、これは図-9の貫入抵抗の著しい減少として現われている。

5. あとがき 今回の載荷実験では、マサ土のゆるづめ盛度が、ノリ肩の近くに帯状荷重を受けるとき、斜面のスベリは、斜面内の円弧スベリであること、受圧面の直径27mmの小型土圧計は、かなり実用性のあることなどがわかった。しかし、載荷板や土圧計を水平に設置し、水平のまま作動させるにはどうすればよいかなどの問題がある。

浸透実験では、マサ土のゆるづめ盛土に背後から水を浸透させるとき、斜面のスベリは、ほぼ円弧スベリであることがわかった。しかし、間ゲキ圧と浸潤線の測定方法、浸透水による盛土の膨潤が間ゲキ圧に影響するかなどの問題が残った。これらについては、今後検討していく積りである。

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, PP. 285~288, 昭和45年6月

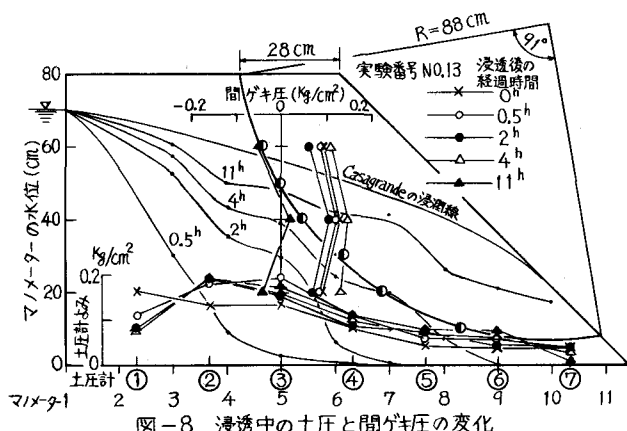


図-8 浸透中の土圧と間ゲキ圧の変化

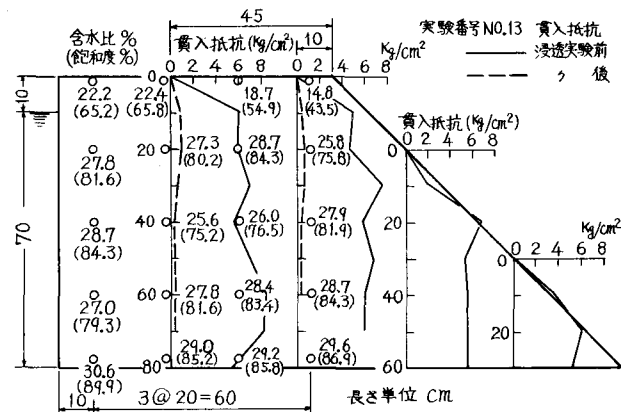


図-9 含水比, 飽和度と貫入抵抗値

表-1 盛土の安全率													
浸透実験前	安全率 F					浸透実験後	安全率 F						
	C_d % cm^2	0	0.05	0.10	0.15		C_d % cm^2	0	0.01	0.02	0.05		
	ϕ_d	30°	0.9	3.7	6.4		9.1	ϕ_d	0°	0	0.6	1.2	3.1
	31°	1.0	3.7	6.4	9.1		5°	0.1	0.8	1.4	3.2		
	32°	1.1	3.8	6.5	9.2		10°	0.3	0.9	1.5	3.3		
	33°	1.1	3.8	6.5	9.2		15°	0.4	1.1	1.7	3.5		
	34°	1.1	3.8	6.6	9.3		20°	0.6	1.2	1.8	3.7		
	35°	1.2	3.9	6.6	9.3		25°	0.8	1.4	2.0	3.8		
							30°	0.9	1.6	2.2	4.0		