

- 4) 石松健二： 中性子水分計とその応用，応用物理 Vol. 30 No. 8 (1961).
 5) Highway research board: Soil and slope stabilization and moisture and density determination developments. 40 th Annual meeting (1962).

14. 盛土用土のトラフィカビリティ試験について

土木試験所 岸 隆
 渡 部 等

1. ま え が き

近年各種の土工機械の普及に伴い，大土工が盛んに行なわれるようになってきた。したがって，現場の用土が施工機械を乗り入れるのに十分な強度特性を持っているか否かが，施工の難易や適否を決める重要な要素となっている。

本報告は，道路の盛土作業において，土の運搬，まき出し作業の適否を判定する一資料を得るため，道内の代表的な土工現場を対象に，盛土用土に対するブルドーザーのトラフィカビリティを検討したものである。

2. トラフィカビリティ試験の方法

平坦で，かつ比較的良好に締まった盛土上に，幅約4m，延長約20mの試験区間を設け，まず，その上に盛土用土を40~50cm程度まき出し，それをショベルでならずと同時に，軽くたたいて締固め，試験前の現場含水比，密度，コーン支持力を測定する。次に，ブルドーザーを排土作業を行なうと同じ走行速度で，この盛土上を通過させ，同一ワダチを通過する回数(1, 2, 3, 4, 5, 10, 20回)ごとにワダチの深さとコーン指数を 図14-1, 2 のような測点で測定することとした。

なお，ブルドーザーの通行可能な沈下量の限界は，一応20cmと仮定した。

3. 盛土用土の性質

トラフィカビリティ試験実施箇所およびそれぞれの盛土用土は，表14-1のとおりである。

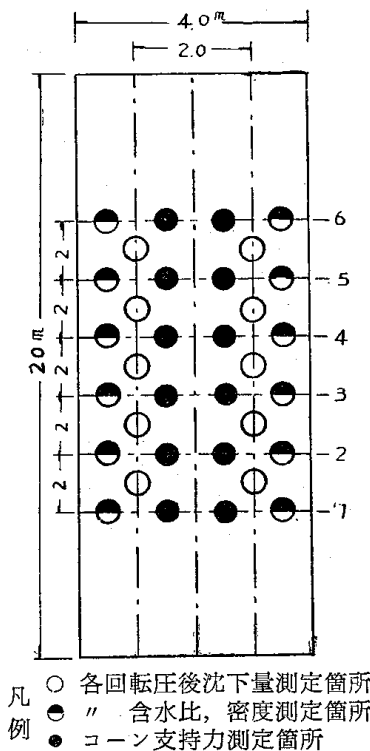


図14-1 測定箇所配置図

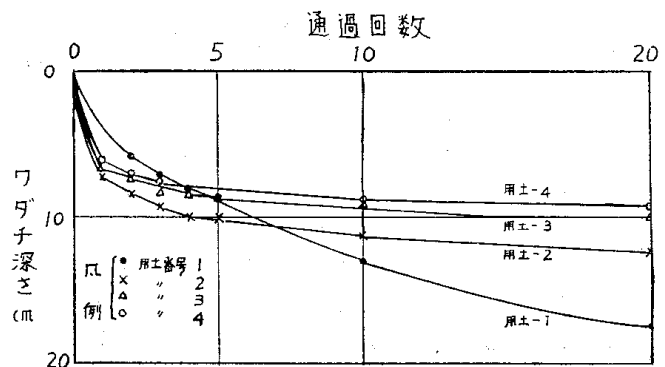


図14-2 ワダチ深さと通過回数の関係

これらの粒度分析、コンシステンシー試験、突固め試験の結果は表14-2、3のとおりである。また、用土の強度特性を調べるため、乱されない地山土と、こね返し試料とについて、コーン支持力試験と、一軸圧縮試験を行なった。乱されない地山土に対しては、試験用土が露出するまで掘削し、その上から携帯用コーンペネトrometer(直径2.03cm, 断面積3.23cm², 尖端角30°)を人力で、1~5cm/secの速度で貫入させ、5cmごとに読みとり、約30cm前後の深さまで測定し、その平均値を地山のコーン支持力とした。また、その付近から、コ

表14-1 調査試験箇所

箇所番号	1	2	3	4
建設部名	札幌開発建設部	室蘭開発建設部	札幌開発建設部	旭川開発建設部
事業所名	芦別道路改良事業所	室蘭道路改良事業所	簾舞道路改良事業所	名寄道路改良事業所
路線名	1級国道38号線	1級国道37号線	2級国道札幌虻田線	1級国道40号線
道路改良工事箇所	芦別市上芦別~野花南間第2工区の1	室蘭市南黄金陣屋町地内第4工区	札幌市1の沢~定山溪第4工区	名寄市地内内淵
切土量	普通土 34,000m ³ 軟盤 1,100m ³	125,945m ³	21,500m ³	28,000m ³
盛土量	30,700m ³	113,351m ³	12,700m ³	33,000m ³
工費	33,530千円	57,304千円	38,000千円	3,650千円
工期	昭和37年6月1日から11月15日まで	昭和37年6月3日から12月25日まで	昭和37年6月1日から11月15日まで	昭和37年5月 日から11月7日まで
運搬距離	150m	500m	230m	50m
運搬方法	ブルドーザー切盛土	ダンプトラック, ブルドーザー	ダンプトラック	ブルドーザー切盛土
調査月日	昭和37年9月1日	昭和37年9月10日	昭和37年9月2日	昭和37年7月10日
試験用土の種類	粘土	風化火山灰	火山灰	砂利質土

表14-2 コンシステンシー試験結果

箇所番号	用土番号	LL (%)	PL (%)	PI	I _f	比重	備考
1	1-1	38.5	17.7	20.8	5.9	2.60	褐色粘土
	1-2	38.9	17.6	21.3	5.8	2.59	青灰色粘土
2	2	103.2	64.1	39.1	26.6	2.35	風化過湿火山灰
3	3	—	N.P	—	—	2.63	火山灰
4	4	46.0	18.7	27.3	15.3	2.66	砂利質土

表14-3 用土の粒度, 突固め試験結果

用土番号	粒 度 分 析						突 固 め 試 験	
	レキ分 (%)	砂分 (%)	シルト分 (%)	粘土分 (%)	均等係数	分類	最適含水比 (%)	最大乾燥密度 (g/cm ³)
1-1	—	8	49	43	—	粘土	21.3	1.58
1-2	—	6	66	28	—	シルト質粘土ローム		
2	—	76	21	3	8	砂質ローム	39.4	1.24
3	23		77		—		15.1	1.83
4	40	53		7	21		20.5	1.65

アバレルでサンプリングをし、直径約4.5 cm、高さ約9.0 cmの供試体を作製して、一軸圧縮試験を行なった。

盛土用土のこね返し試料に対するコーン支持力および一軸圧縮強度は、自然含水比、予想される施工含水比および高めの含水比について測定した。その方法は、次のとおりである。

供試体は、CBR モールドにスペーサーデスクを入れ、その上にコシ紙を敷き、その中に試料を3層に分けて入れ、各層の突固め回数を20回の場合、40回の場合、80回の場合の3通りに突固めて作製した。なお、このときのランマーは、JISA 1,210(土の突固め試験)のものをを用い落下高さは30 cmとした。

貫入抵抗は、コーンの先端から5 cm、7.5 cm、10 cmの深さについて測定し、その平均値を求めた。

また、コーン支持力を測定した試料について、直径約4.5 cm、高さ約9.0 cmの供試体を1個作製して、一軸圧縮試験を行なった。それらの結果は表14-4のとおりである。

表14-4 用土の強度試験結果

用土 1							用土 2						
試料の種類		貫入指数 (kg/cm ²)	一軸圧縮強さ (kg/cm ²)	乾燥密度 (g/cm ³)	含水比 (%)		試料の種類		貫入指数 (kg/cm ²)	一軸圧縮強さ (kg/cm ²)	乾燥密度 (g/cm ³)	含水比 (%)	
乱地	さな	10	測定不能	1.55	25.5		乱地	さな	15	0.12	1.20	79.3	
	山	11	※0.88	1.48	29.6			山					
地山土のこね返し試料	自含水然比	20回	4	0.53	1.05	30.2	地山土のこね返し試料	自含水然比	20回	9	0.27	0.78	75.2
		40"	1	0.33	1.47	31.1			40"	14	0.56	0.83	74.4
		80"	2	0.43	1.46	30.3			80"	11	0.62	0.85	72.3
	施含水工比	20回	8	0.32	1.22	22.9	施含水工比	20"	10	0.35	0.98	70.2	
		40"	10	0.48	1.29	22.8		40"	11	0.60	1.03	69.3	
		80"	10	0.91	1.45	22.3		80"	10	0.45	1.03	70.5	
	高含水め比	20"	1	0.13	1.41	31.4	高含水め比	20"	3	0.15	0.80	82.3	
		40"	1	0.17	1.45	30.6		40"	2	0.19	0.79	82.3	
		80"	2	0.15	1.48	29.2		80"	2	0.17	0.80	81.7	
	ワダチの中央部から採取した試料	20"	2	0.46	1.54	24.2	ワダチの中央部から採取した試料	20"	6	0.43	1.01	55.7	
		40"	2	0.44	1.55	24.7		40"	5	0.38	1.01	55.6	
		80"	2	0.46	1.55	24.6		80"	6	0.41	1.01	56.8	

※ 用土の鋭敏比は1.6である

注 乱さない地山土の一軸圧縮強さは一面セン断強さの2倍の値を示した。

用土 3							用土 4						
試料の種類		貫入指数 (kg/cm ²)	一軸圧縮強さ (kg/cm ²)	乾燥密度 (g/cm ³)	含水比 (%)		試料の種類		貫入指数 (kg/cm ²)	一軸圧縮強さ (kg/cm ²)	乾燥密度 (g/cm ³)	含水比 (%)	
乱地	さな	11	0.004	1.48	14.9		乱地	さな	14	—	1.90	6.4	
	山							山					
地山土のこね返し試料	自含水然比	20回	1) 20	0.028	1.59	12.3	地山土のこね返し試料	自含水然比	20回	測定不能	—	—	—
		40"	2) 24	0.035	1.69	12.2			40"	—	—	—	—
		80"	3) 28	0.063	1.79	12.3			80"	—	—	—	—
	施含水工比	20"	4) 13	—	—	—	施含水工比	20"	—	—	—	—	—
		40"	測定不能	—	—	—		40"	—	—	—	—	
		80"	—	—	—	—		80"	—	—	—	—	
	高含水め比	20"	11	0.064	1.73	16.8	高含水め比	20"	—	—	—	—	—
		40"	12	0.230	1.77	17.1		40"	—	—	—	—	
		80"	11	0.295	1.75	17.5		80"	—	—	—	—	
	ワダチの中央部から採取した試料	20"	測定不能	—	—	—	ワダチの中央部から採取した試料	20"	—	—	—	—	—
		40"	—	—	—	—		40"	—	—	—	—	
		80"	—	—	—	—		80"	—	—	—	—	

注 1), 2) は7.5 cm以上貫入不能で、貫入指数は2個の平均。3), 4) の貫入量は5 cmまで、貫入指数は5 cmのものである。

4. トラフィカビリティ試験結果

1) ブルドーザーの通過回数とワダチ深さの関係

盛土用土の含水量は、かなり高いものもあったが、図14-2からもわかるように、D-50ブルドーザーの通過回数20回では、沈下量は20cm以内であった。

通過回数1~5回までは、各用土ともほとんど同じ程度の沈下量であるが、通過回数20回と初回との差を求めてみると、粘土では、他の用土の3~4倍の沈下量となっている。これは他の用土に比べ粘土は土中の空気がぬけがたいことを示している。

また、沈下量を算術目盛に、通過回数を対数目盛にとって図示すると図14-3のようになる。

これは、D-50ブルドーザーを20回通過させた範囲での傾向であるが、粘土が上向きの曲線となっているのに対し、他の用土が直線を示しているのは興味あることである。このことは、さらに通過不能になるまで、ブルドーザーを通した結果について検討を加えなければ推論をくだすことはできないが、盛土用土に対するトラフィカビリティを検討する上の一つの目安になるのではないかと期待している。

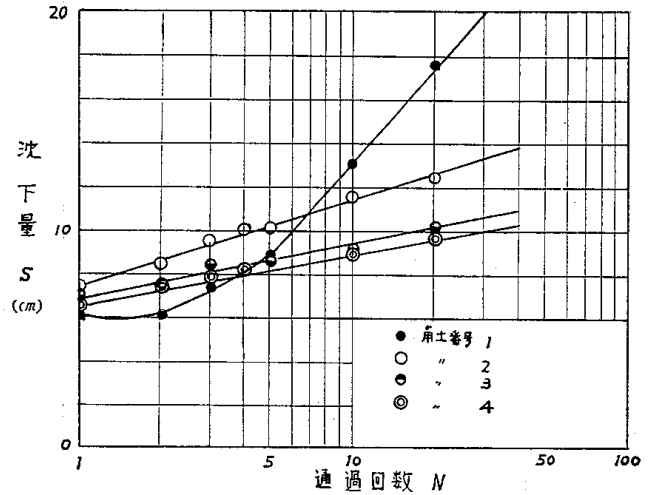


図14-3 沈下量(S)と通過回数(log N)との関係

このことは、さらに通過不能になるまで、ブルドーザーを通した結果について検討を加えなければ推論をくだすことはできないが、盛土用土に対するトラフィカビリティを検討する上の一つの目安になるのではないかと期待している。

2) 通過回数と運搬路の強さとの関係

ブルドーザーの通過回数によるワダチ面のコーン支持力の変化は、図14-4に示す。このうち、粘土については、最初と最後(20回通過後)の2点より測定していないため、ブルドーザーの通過回数に対する途中の推移は、わからないが、20回通過後でも、十分な強度を示し、こね返しによる強度低下は起こっていないと推定される。これは、含水比がほぼ最適含水比付近であったことにも注目する必要がある。

風化火山灰にあっては、通過回数10回までは、コーン支持力は増加しているが、これ以上になると、ブルドーザーの転圧による強さの増加は認められず、むしろ低下する傾向がある。

また、火山灰、砂利質土は通過回数とともにコーン支持力は漸次増加している。

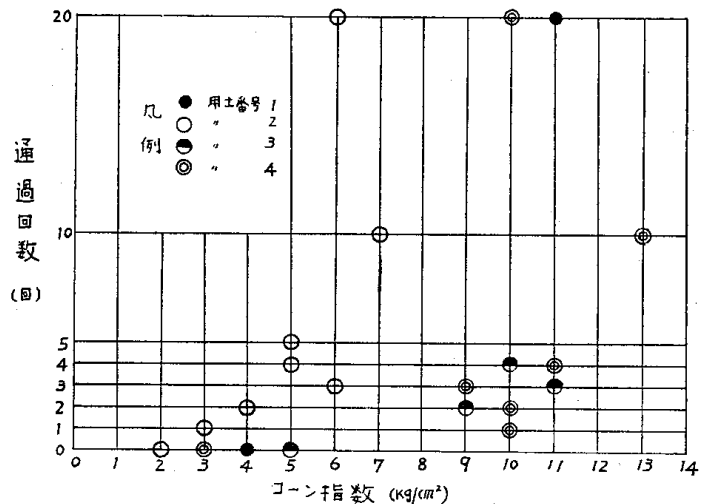


図14-4 通過回数とコーン指数の関係

5. 試験結果に対する考察

この実験で使用した火山灰、砂利質土は、盛土上のコーン支持力測定結果によれば、ブルドーザーが通過するごとに強度は増加することを示し、またブルドーザー通過による沈下量もわずかである。すなわち、この用土はきわめてトラフィカビリティの大きなことを意味している。

粘土はブルドーザー20回通過でコーン支持力は11 kg/cm²を示し、比較的良好な値となっているが、これは試験時の含水比がJIS A 1,210土の突固め試験から求めた最適含水比付近であったことが、大きな理由として

表 14-5 盛土の現場試験結果

箇所番号	転圧回数 (回)	沈下量 (cm)	現場含水比 (%)	乾燥密度 (g/cm ³)	貫入指数 (kg/cm ²)	機 種
1	0	0	25.3	1.62	4	D-50-ブルドーザー
	1	6.1	13.2	1.73	—	"
	2	6.1	11.4	—	—	"
	3	7.2	11.9	1.76	—	"
	4	7.9	11.6	1.77	—	"
	5	8.7	15.3	1.69	—	"
	10	12.9	23.6	1.63	—	"
	20	17.4	—	—	11	"
2	0	0	60.3	0.82	2	"
	1	7.3	—	—	3	"
	2	8.4	—	—	4	"
	3	9.4	—	—	6	"
	4	9.9	—	—	5	"
	5	10.0	—	—	5	"
	10	11.4	—	—	7	"
	20	12.3	61.6	0.91	6	"
3	0	0	14.0	1.66	5	"
	1	6.8	—	—	—	"
	2	7.4	—	—	9	"
	3	8.3	—	—	11	"
	4	8.2	—	—	10	"
	5	8.6	—	—	測定不能	"
	10	8.9	—	—	"	"
	20	10.1	13.3	1.91	"	"
4	0	0	21.3	1.17	3	"
	1	6.5	20.7	1.75	10	"
	2	7.3	18.0	1.22	10	"
	3	7.7	21.1	1.58	9	"
	4	8.1	18.5	1.36	11	"
	5	—	—	—	—	"
	10	8.8	17.0	1.51	13	"
	20	9.5	19.9	1.50	10	"

あげられよう。しかし、ブルドーザー通過によるワダチの深さの増加のしかたから見ても、この粘土は、含水量が増したり、また、ブルドーザーの方向転換などの激しい作業が加われば、たちまち強度が低下し、施工機械の通過が不能になることは容易に想像できる。

また、この試験に供した風化火山灰は、ブルドーザーの通過回数が10回を越えると、明らかに盛土のコーン支持力が低下し、しかも最大値は7 kg/cm²にすぎない。

実験ではブルドーザーは、同一ワダチを単純に前後運動したのであるが、実際の作業のように方向転換をしばしば行なわなければならない場合は、一般のブルドーザー作業は、ほとんど不可能に近いと考えられる。

この実験では、これらの用土の特性を室内実験で判定する基礎資料を得るのが目的の一つであったが、地山土の乱されない試料、こね返し試料などに対する室内コーン支持力試験と現場試験との間に定量的な関係を見出すことはできなかった。

これは、試験方法、特に供試体の作製方法に問題があると考えられる。

6. あとがき

トラフィカビリティの問題は、最近わが国でも採りあげられるようになってきたが、これに関する研究はまだ日も浅く、用土の適否を判定する決めかたはない。

土質研究室では、各部局の主要土工現場の協力の下にこの問題を採りあげたが、今回の実験は予備試験の域を脱しなかった。今後ますます大きな機械土工が盛んになる傾向にあるので、盛土用土の捨土の限界も含めた機械土工の基本となるこの種の問題について研究を続けていきたいと考えている。