

第3章：設計施工

3 - 1 . 冬期土工の特色

冬期間に施工する土工は次の事項に留意して、所定の品質を確保しなければならない。

- (1) 土が凍結すると作業が困難になるので、人力施工による工種はできるだけ避ける。
- (2) 盛土材が寒冷期の施工に適した土質、含水比の現場であることが望ましい。
- (3) 盛土材の積込みに当っては雪や凍結土の混入をできるだけ防止する。
- (4) 搬入した盛土材は速やかに敷均し締固めが終えるよう務める。
- (5) 工事箇所の選定にあたって、気象が急変しやすい場所は避ける。

(1)について

土工は機械施工が主体になるが、のり面整正、路床仕上、排水工など人力施工が伴う工種を含めて施工しなければならない。しかし、寒冷期の施工では、土が凍結すると作業が困難になる人力に頼らなければならない工種はできるだけ避け、機械施工が可能な暫定断面で迅速に施工するように計画することが大切である。

(2)について

盛土材の土質の種類や含水比などは、夏期の施工であっても作業効率に大きく影響する。施工環境が悪化する冬期の盛土材は、締固め効率が良く、しかも雪や凍結土の混入による悪影響が少なく、最適含水比と自然含水比との差が少ない砂質土、礫質土、未風化火山灰などが望ましい。

(3)について

冬期間の盛土では常に雪や凍結土の混入が最小になるように施工しなければならない。そのため、土取場での除雪は丁寧に行われなければならない。しかし、寒冷期に除雪の面積を拡げ過ぎると、地盤の凍結範囲を拡大することになるので現地の作業工程を考慮した除雪を行わなければならない。また、凍結土塊が敷均し締固め作業中に破碎される程度の固結土であっても、締固め度に悪影響をおよぼす場合があるので、凍結土塊の積込みは避けなければ

ならない。

(4)について

盛土箇所に搬入した盛土材をそのまま放置することなく速やかに敷均し締固め作業を終え、降雪や凍結に備えなければならない。所定の密度に締固めた土が凍結しても、春に気温が上昇すると融解し盛土本体には悪影響をおよぼさないので、作業過程で凍結した土の上に新たに土をまきだし、作業を継続することができる。

冬期土工を効率良く施工するためには掘削積込み、運搬、敷均し、締固め機械が調和のとれた組合せであることが望ましい。

(5)について

山間部、強風地帯など冬期間に気候が急変しやすい場所での土工は避けることが望ましい。特に山間部は冬期施工に適さない現場条件といえる。

3 - 1 - 1 . 盛土材の凍結

冬期土工では外気温の低下によって、盛土の締固め度におよぼす影響ができるだけ少なくなるように現場管理を行うものとする。

冬期間の地盤は積雪の断熱効果によって、外気温が0 以下であっても、道内の広い地域では、積雪前の低温によって生じた地表面のごく浅い部分しか凍結していないが、道東やオホーツク海側では、数十cmの地盤の凍結が見られることもある。

盛土材に凍結土が混入しても少量の場合は締固め度におよぼす影響は少ないが、量が多くなると、盛土の品質を低下させるので夏期の土工にはない低温対策を考慮した現場管理が必要となる。

冬期間に外気に晒した土が凍結する深さと経過時間の関係を図 - 6 に示した。この調査で得た土質別の凍結の進行の早さを見ると、粘性土、砂質土、火山灰の順である。1 時間に凍結する平均深さは気温 - 5 で約 5 mm、 - 15 では 8 ~ 13 mmであった。

それぞれの現場での凍結深は風速、日照時間、締固め度、含水比などによって異なるので正確な予測は困難であるが、概略の凍結深さを知る参考値として示した。

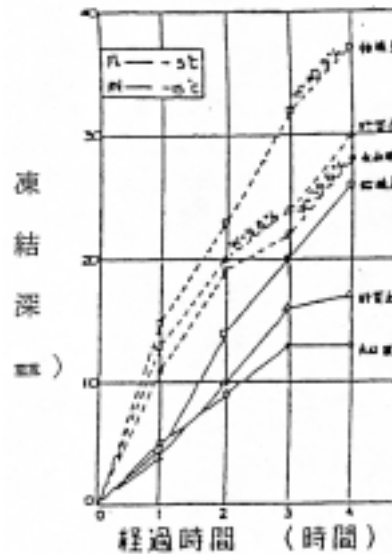


図 - 6 . 低温下に放置した土材料の凍結深

3 - 1 - 2 . 凍結土・雪の混入限界

盛土作業に当っては凍結土や雪ができるだけ混入しないように現場管理を行う必要がある。そのため次の事項に留意して施工しなければならない。

1 . 凍結土の混入防止

- (1) 土取場の除雪面積は1日の作業量に見合った広さとして地盤の凍結を防止する。また、凍結土塊は積込まないように注意する。
- (2) 盛土箇所に搬入した盛土材を、長時間放置することなく速やかに敷均し、締固めが終了できるよう施工計画を立てること。
- (3) 盛土材が凍結し敷均し、締固め作業で破碎しない凍結土塊は取り除かなければならない。

2 . 雪の混入防止

- (1) 盛土地盤の除雪作業に当っては、凹部に雪が残らないようにしなければならない。
- (2) 1日の作業を終えた盛土面は、盛土を再開する前に機械除雪が可能なように平坦に仕上げられていなければならない。
- (3) 降雪量が多くなり所定の品質の確保が難しくなった場合は、速やかに作業を中止する。

盛土材が凍結したり、凍結土や雪が混入すると、締固め作業の条件が同じであって最大乾燥密度が小さくなる。図 - 7、8 は凍結土および雪の混入率と乾燥密度の関係を室内で調査した結果の代表例を示している。図中の混入率は凍結土の場合には破碎した土塊の重量比であり、雪の場合は、容積比で密度 0.4 g/cm^3 のものを用いた。両図は共に混入率が増加するに従い最大乾燥密度が小さくなる傾向を示している。このことは他の土質で行った試験でも類似した傾向が見られた。

凍結土の混入試験では、風化火山灰、未風化火山灰、粘性土、砂質土、礫質土のそれぞれの土質とも混入率 30% までの試験で、最大乾燥密度は混入率 0% の場合より小さくなるが締固め度は各試料とも基準値を満足する値を得た。

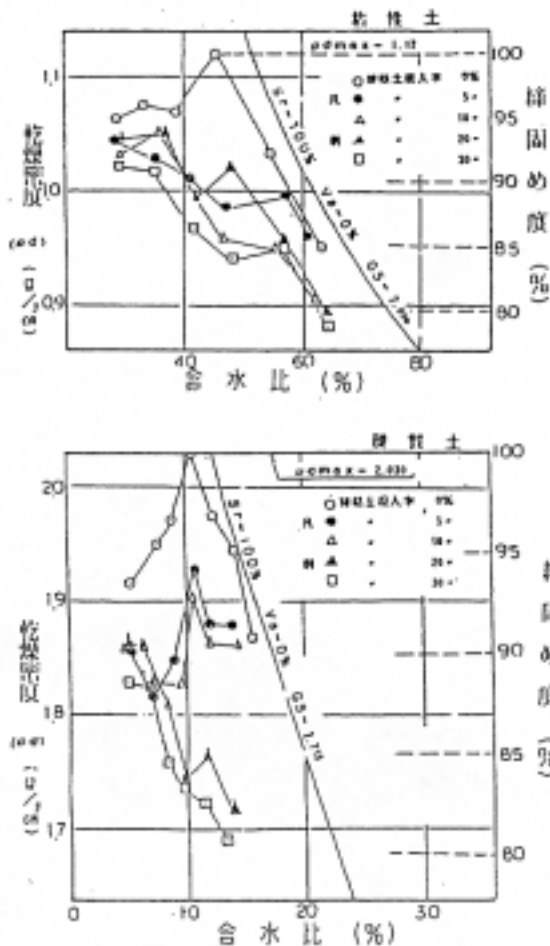


図 - 7 . 凍結土の混入による乾燥密度の変化

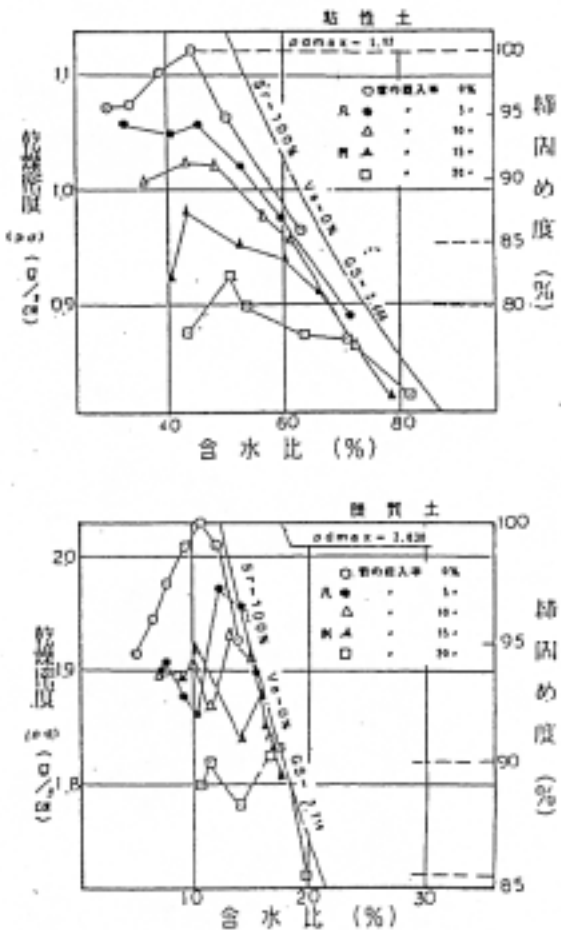


図 - 8 . 雪の混入による乾燥密度の変化

一方、同じ試料に雪を混入した試験では締固め度が基準値に達しない試料が混入率 10%で粘性土の一部にあり、混入率 15%では粘性土と砂質土の一部に、さらに混入率が 20%になると各土質に基準値を割る試料があり、雪の混入が締固め度におよぼす影響が大きいことが現れている。

外気温や盛土材がプラス側の温度の場合に雪が混入すると締固め作業の前に融雪することがある。このような条件での盛土作業は、雪のままで締固め作業が行われる場合と異なり、混入した雪は水に変化するので盛土材の含水比が増加する。

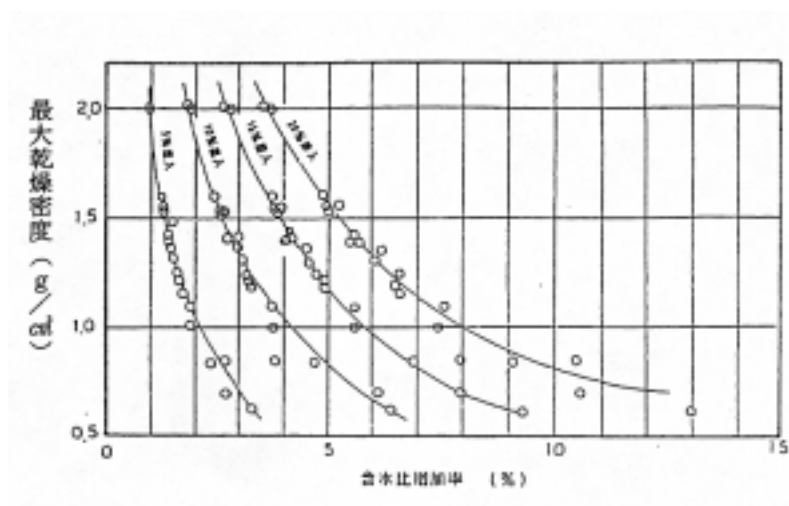


図 - 9 . 雪の混入による含水比の増加率

図 - 9 は雪の混入率と融雪による含水比の増加率を示している。雪は容積比で密度 0.4 g/cm^3 のものを混入した場合の値で室内試験の計測値から求めたものである融雪による含水比の増加は、夏盛土での降雨や地下水の影響などによる過含水土を扱う場合と同様に締固め度やトラフィカビリティに影響し、土質の種類や混入量によっては作業の継続が困難になることもある。盛土材を J I S A 1210 に定める締固め試験で最大乾燥密度を求め、土粒子の容積率最大乾燥密度 ÷ 土粒子の比重) が、凍結土や雪の混入によって変化するようすを図 - 10 に示した。

凍結土の混入率は 30%、雪の混入率は 20% の場合の試験値を用いて直線回帰式によって求めたものである。この図からも凍結土や雪の混入が締固め度を低下させていることを示している。

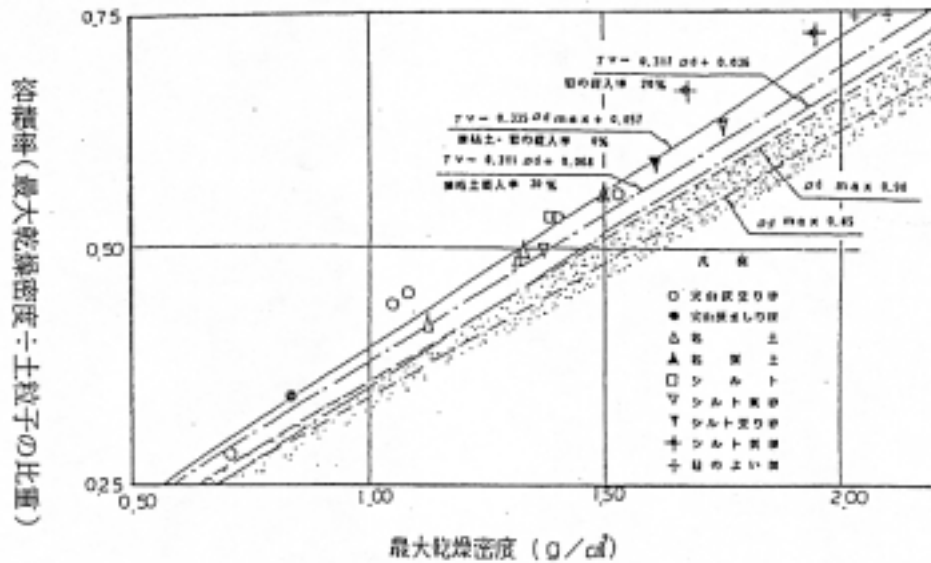


図 - 10 . 凍結土・雪の混入による容積率の変化

3 - 1 - 3 . 地中温度の経時変化

冬期間に施工した盛土の地中温度は施工時の外気温に冷却され凍結したまま春を迎え、外気温の上昇とともに盛土の外周部から融解が始まり、内部まで完全に融解するのは、融雪2～3ヵ月後になることが多い。しかし、規定どおりに締固められ盛土が凍結融解作用を受けても締固め度への影響はない。

夏期と冬期の盛土時期の違いが冬期間の地中温度に影響している状況を測定し、その代表例を図 - 11 に示した。

同図によれば、夏期盛土でも積雪で地表面が覆われる前に外気温が低下して、表面は凍結するが地中温度は0 以下には低下していないことが観測されている。このことは積雪深が小さく、しかも寒冷な気象条件である道東およびオホーツク海側以外の広い地域から類似したデータが得られ確かめられている。

一方、冬期に施工した盛土は、作業中や夜間の低温に晒され凍結する。しかし、盛土が完成すると積雪に覆われ外気温の影響を受けないまま融雪期まで地中温度の変化は無く、盛土内の温度はほぼ均一な - 1 未満程度で維持されている。このことを示す代表例が図 - 12 である。道東及びオホーツク海側では、夏冬の施工時期に関係無く、冬期間の外気温に影響され盛土深部まで - 5 以下の地中温度が観測されている。

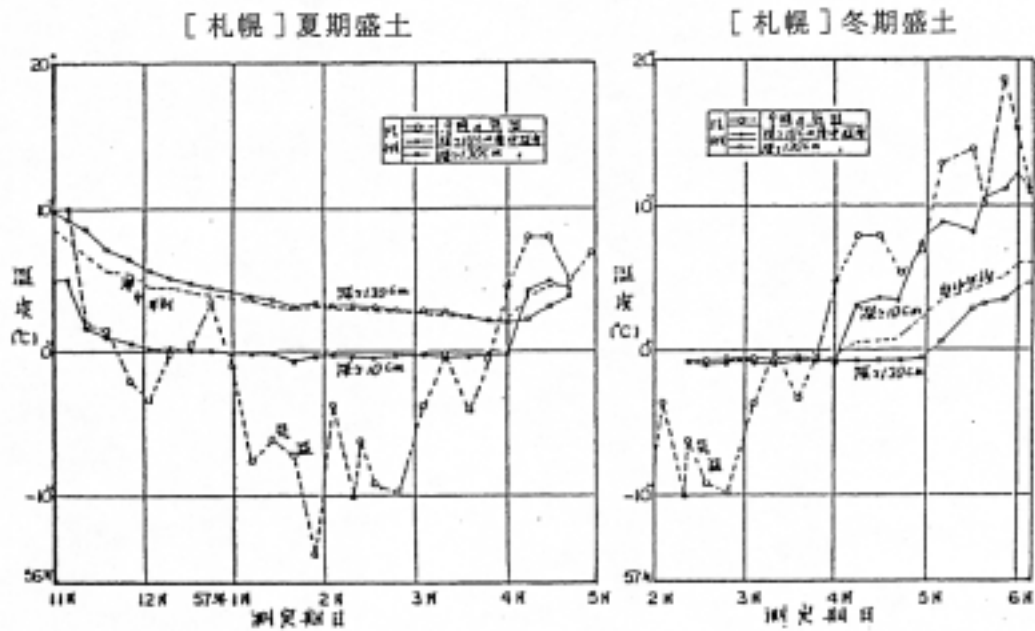
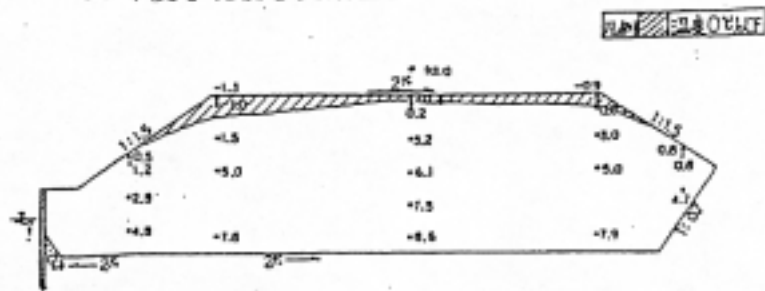


図 - 11 . 気温と地中温度の変化 (盛土中央部)

56年度 [札幌] 夏期盛土 (2月10日調査)



56年度 [札幌] 冬期盛土 (2月11日調査)

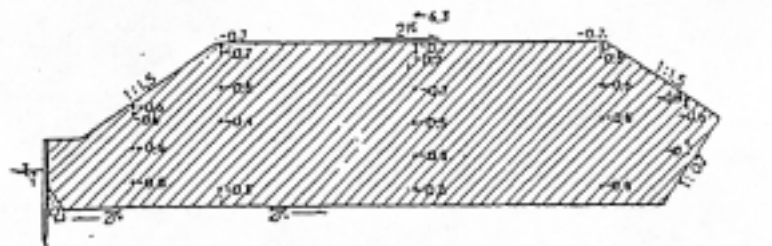


図 - 12 . 冬期の盛土内温度分布

これまでの調査から、冬期盛土の殆んど、道東およびオホーツク海側の地域の夏期盛土は冬期間に盛土内部まで凍結することが判ったので、その影響を調べるため、各地の試験盛土の現場で夏に開削調査を行って、含水比と現場密度を測定して、施工時のデータと比較した。その結果、顕著な違いは見られなかったことから、盛土築造時に基準通りに締固めた土はその後凍結融解作用を受けても締固め度への影響がないことが確められた。

3 - 2 . 土質特性と施工限界

冬期盛土に使用する土質特性は次の条件を満足していることが望ましい。

(1) 0.074 mmフルイを通過する重量が 30%以下であること。

$$(2) \frac{\text{自然含水比}(W_o)}{\text{最適含水比}(W_{opt})} < 1.6$$

(3) 最大乾燥密度の 85% (第 1 法の場合は 90%) に相当する密度 (締固め基準密度) とゼロ空けき曲線との交点を示す含水比 (W_z) が 70%以下であること。

(1)について

盛土材に含まれている細粒分 (0.074 mmフルイを通過する量) が 30%を超える土質は施工性および品質管理面から「要注意または困難」と判定することができる。図 - 13 は、表 - 2 に示す試料の粒径加積曲線を示している。細粒分 30%以上の範囲に入る曲線は点線で現わし、「要注意または困難」と判定された土質であることを示している。

(2)について

自然含水比の高い盛土材は夏期の施工でもトラフィカビリティや品質の確保が困難な場合が多い。冬期盛土では凍結や雪の混入を防止するため、搬入した盛土材は速やかに敷均し、締固めを終えることが望ましいので、作業効率の良くない自然含水比 (W_o) と最適含水比 (W_{opt}) との比が 1.6 を超える高含水比の盛土材は好ましくない。

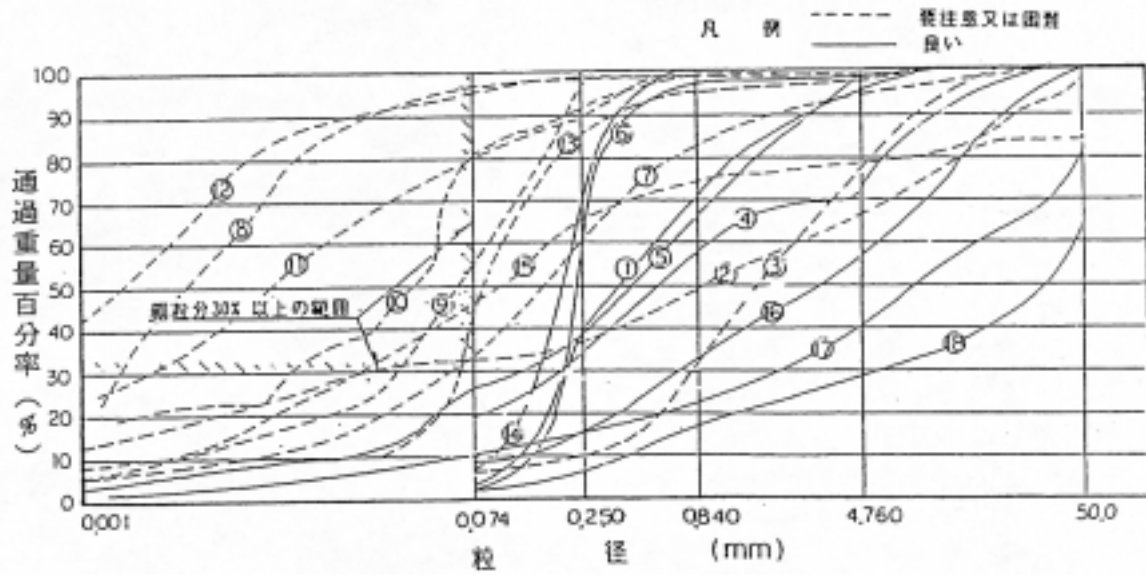


図 - 13 . 粒径加積曲線

(3)について

細粒分が30%以下であっても、図 - 14 に示す (Wz) が70%を超える土質が図 - 13 の資料のように火山灰に見られることがある。このような盛土材は締固め試験で最大乾燥密度を示す凸型曲線ができ難い土質で、品質の確保が難しく、冬期盛土は避けることが望ましい。

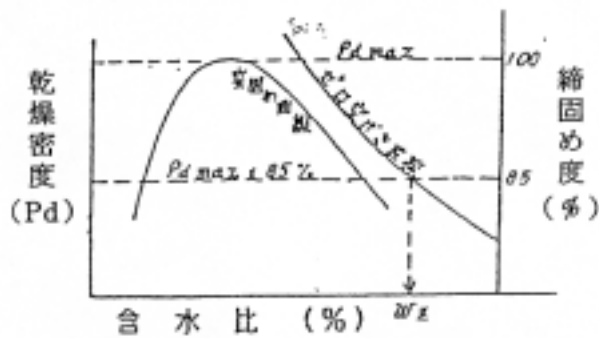


図 - 14 突固め試験の模式図

表 - 2 . 室内試験による冬期盛土の可能性の判定

資料 番号	土質 種別	日本 統一 分類 記号	突固め試験		施 工 性				品 質 (最適含水比付近のデータ)									判 定 (良 ・ 否)				
			最 大 乾燥密度 (g/cm³)	最 適 含水比 (%)	施工含 水比 Wo (%)	Wo Wopt	Wz (%)	Wo Wz	細粒分 (%)	凍 結 土 混 入			雪 混 入			施工性	品 質		複合			
										締固め 低下率 (%)	q c (kN/mm²)	せん断強度 C (N/mm²)	計 (°)	締固め 低下率 (%)	q c (kN/mm²)		せん断強度 C (N/mm²)	計 (°)	A	B	A	B
			最大	最適	施工含	Wo	Wz	細粒分	凍 結 土 混 入							雪 混 入						
	風 化 火山灰	S V	1.400	22.0	35.2	1.60	46.1	0.76	15	8	> 1.5	64	41	18	0.9	15	27					
	"	S V	0.840	70.0	81.1	1.16	99.3	0.82	42	14	0.8	103	19	14	1.2	40	20					
	"	S - V	0.710	71.0	80.0	1.13	116.9	0.68	4	12	> 1.5	147	10	13	1.0	108	20					
	未風化 火山灰	S V	1.078	38.5	36.7	0.95	61.2	0.70	20	7	> 1.5	20	34	-	0.9	49	19					
	"	S V	1.078	38.5	38.9	1.01	61.2	0.64	20	7	> 1.5	20	34	-	0.9	49	19					
	"	S V	1.530	20.6	12.6	0.61	36.2	0.35	4	7	> 1.5	25	35	12	1.5	49	19					
	"	S V	1.050	29.0	32.2	1.11	70.1	0.46	30	7	> 1.5	108	37	15	1.5	98	23					
	粘性土	C H	1.120	45.0	76.8	1.71	61.7	1.24	100	14	1.2	20	17	22	0.8	10	8					
	"	C L	1.497	22.5	37.8	1.68	36.9	1.02	55	15	1.2	5	24	19	1.0	0	25					
	"	M H	1.385	24.2	21.4	0.88	42.2	0.51	85	12	> 1.5	10	23	13	1.5	0	26					
	"	C H	1.308	32.6	46.6	1.43	47.8	0.97	76	14	> 1.5	47	16	21	1.4	30	17					
	"	C H	1.322	32.5	50.6	1.56	46.6	1.09	77	20	1.4	8	15	22	0.9	40	14					
	砂質土	S M	1.747	16.4	13.3	0.81	27.5	0.48	44	3	0.9	20	32	-	0.2	20	31					
	"	S - M	1.610	17.0	14.8	0.87	32.4	0.46	9	9	1.4	10	30	18	0.6	5	28					
	"	S M	1.370	30.0	68.6	2.29	49.5	1.39	46	14	1.3	30	18	13	1.4	15	23					
	陳腐土	G - M	1.948	13.3	14.9	1.12	19.6	0.76	9	6	-	-	-	-	-	-	-					
	"	G W	2.030	11.6	17.8	1.53	21.2	0.84	1	17	-	103	53	11	-	89	45					
	"	G W	2.100	9.0	6.2	0.69	20.4	0.30	1	7	-	59	53	10	-	79	50					

3 - 3 . 試験施工による施工性の判定結果

室内試験による冬期施工の可能性の判定例を示すと表 - 2 の通りである。

道内各地で厳寒期に試験盛土を行って、冬期盛土の品質特性および施工性を調査するとともに室内試験を行い、土質特性と冬期施工の可能性を判定する試料を得ることができた。表 - 2 は試験盛土に用いた試料で室内試験を行い冬期盛土の可能性を判定したものである。の判定で冬期施工が「要注意または困難」の土質は「3 - 2 . 土質特性と施工限界」の (1) ~ (3) のいずれかの条件に該当している土質である。

3 - 4 . 冬期土工が可能な工種

冬期間の屋外作業は、除雪を終えた地盤が凍結し、作業が困難な固さに固結するまでに終えることができる工種を選択し、仕上げ作業を伴う工種は避けるものとする。

凍結した地盤での土工は困難なことが多い。除雪した地盤は日中の寒気はもとより、夜間の低温による凍結を避けることができない。冬期土工で施工に適した工種を選択し品質や出来形を確保しなければならない。冬期土工が可能な工種を検討すると次のことが考えられる。

(1) 伐 開

立木の切倒し、除根、すき取り作業は可能であるが地盤の凍結深によっては、除根、すき取り作業が困難となる。また、伐開に続いて盛土作業を行う場合は、地盤に雪が混入することが多い。除根を必要とする箇所は避けなければならない。

(2) 段 切

除雪後、地盤の凍結深が浅い内に作業が終了する程度の規模であれば施工が可能である。

(3) 切 土

のり面整正を伴う切土作業は切捨土以外では作業が困難なので、利用土の現場は冬期施工には適していないといえる。

(4) 盛 土

利用土による盛土は適さないが、土取場からの運搬土で、盛土の断面がのり面整正の伴わない暫定盛土では、土質や含水比などの土質特性が冬期施工に適していれば十分可能である。

(5) 盛土のり面整正

冬期盛土は暫定盛土断面で施工することが多いので盛土のり面整正作業を冬期に施工しなければならない場合は少ないと考えられるが、のり面整正の時期が盛土から数日後になると土が凍結し仕上げ作業は困難となる。

(6) のり面植生

冬期土工ではのり面整正が行われることが少ないので、のり面植生を必要とすることは殆んどない。凍結した生芝を張芝や筋芝に使用しても枯死することなく、春に気温が上昇するとともに、夏の施工と同様に発根が始まり成育するが、生芝は降雪期前に採取して、使用するまで現場に堆積して置かなければならないので、この間にむれによって品質が低下する上に、凍結している生芝は施工性が悪いので冬期施工は避けなければならない。のり面植生に人工芝を用いた場合には、発芽が始まるのは春の融雪後であるが、施工時期による品質の低下は見られない。しかし、施工性は生芝の場合と同様に悪いので冬期施工は望ましくない。

3 - 5 . 冬期土工計画上の留意事項

冬期施工の計画にはそれぞれの地域の気象、土質、施工時期、現場などの条件によって、品質の確保や施工性に違いがあるので、当該現場の条件をよく把握して計画の立案に当たるものとする。

土木工事の施工時期が冬期に入ると、夏期の施工より増嵩となる場合が多い。その原因としては、仮囲い費、加熱養生費、除雪費、天候の急変による作業休止によるロス、日中時間が少ないことによる1日の作業時間の短縮、現場管理費の増などがある。冬期土工では作工物工事と比較すると、施工管理の信頼性は劣るが、仮囲い、加熱養生を必要としないので増嵩率が低い有利性がある。従って、気象や現場条件によっては、北海道においても冬期盛土の可能性は十分にあると考えられるので、積極的に土工の通年施工化を図ることが望ましい。

参 孝 文 献

文 献 名 称	発行(発表)年	著者または発行
1. 土工の冬期施工に関する研究 (第1報～5報) / 第24～28 回北海道開発局技研	1980～1985年	川西 他7名
2. 積雪寒冷地における2、3の熱 的問題 / 土質工学会熱的シン ポジウム	1986年	能登・川西
3. 日本気候表	1991年	(財)日本気象協会
4. 北海道の気候	1992年	(財)日本気象協会北海道本部