

新治山工法の現地適応試験

1. 試験担当者

防災部治山第二研究室：岩川幹夫 岸岡孝

原敏男 堀江保夫

防災部治山第一研究室：難波宣士 秋谷孝一

2. 試験目的

最近あらたに開発されつつある各種新緑化工は、施工が比較的容易なところあるいは集約的に行なわれるところで施工されているが、環境の複雑できびしい治山施工地においては、どの立地条件まで活用できるものであるかは、十分な検討が行なわれていない。また、治山工作物に関しても、省力的な簡易工作物が開発されつつあるが、実用化あるいは普及にあたって、現地条件と施工方法についてはまだ検討が不十分であり、その充実によってさらに活用範囲が広められる。

このため、各種新治山工法について現地施工を行ないその適応性を検討する。

3. 試験の経過とえられた成果

試験地は東京営林局鎌無治山事業所管内および丹沢治山事業所管内に、次のような年次計画によって設定した。

昭和39年度：鎌無地区試験地の選定、概況調査、試験工仕様の決定、緑化工関係については法切工その他必要な基礎工実施。

昭和40年度：鎌無地区試験工施工、施工年の結果調査。

昭和41年度：丹沢地区試験地の選定、概況調査、試験工仕様の決定、緑化工関係については法切工その他必要な基礎工実施。鎌無地区試験工継続調査。

昭和42年度：丹沢地区試験工施工、施工年の結果調査。鎌無地区試験工継続調査。

試験工の設定にあたり、林野庁業務課治山班関係各位、東京営林局治山課関係各位からは計画に関して種々御配慮をいただいた。また工事の設計・施工および管理については、鎌無治山事業所・丹沢治山事業所の各位には並々ならぬ御努力と、調査の際は多大の便宜をいただいた。ここにあらためて感謝の意を表する。

なお、各試験事項ごとの担当は次のようである。

新緑化工関係の設定指導および調査については岩川・原・堀江があたり、とりまとめは岩川・原が行なった。PNC板工関係の設定指導および調査については岸岡・原があたり、とりまとめ

試験が行なった。セメントミルク注入による簡易済床固定方法関係の設定指導および調査については秋谷・難波があたり、とりまとめは秋谷が行なった。また、全体的なとりまとめについて岩川・難波が行なった。

3-1. 新緑化工の関係

1) 試験目的

荒廃地の緑化には植生盤類の開発に続いて、最近各種の新工法が案出されつつあるが、これらの工法についてはまだ使用実績が少なく、したがって各種自然環境のもとにおける山地荒廃地についてその適応範囲はまだ不明確である。

各種緑化工について適地適工法を明らかにするためには、荒廃地における自然環境別(気候・地質・その他地況)に各工種ごとの施工内容(用土の量・種子(植物)の種類と量・その他材料の質と量・施工密度・施工時期など)をかえて検討しなければならないが、本試験ではまず、各工種ごとの標準的な施工内容によって施工し、一応の適応範囲を把握することをねらいとする。

2) 試験方法

(1) 試験工種と施工方法

新緑化工には、治山施工地で開発された植生盤類および植生袋類のほか、布・紙・樹脂・ワラ・各種乳剤などによるすじ状(線状)あるいは面状形態の施工材料とともに緑化をはかる方法が多数あるが、本試験における工種は次の6工種とした。これらのうち、ヒドゲン植生盤、緑化袋、ペヂタイなどは帶状で肥土をともなう形式であり、ロンタイはすじ状(線状)で用土(肥料は施す)はともなわず、被覆剤吹付工、被覆網工は種子・肥土を面状にまき、そのうえに被覆材料をともなう形式の工法である。(ヒドゲン植生盤は本試験工種のなかでは比較的開発が早くかなり広く活用の方向にあるので、試験地の立地条件ならびに試験期間中の自然的環境条件に対する対照的工法としての意味も含めた)。

試験工程と施工内容および施工方法は第1表および第1図のようである。

(2) 試験地

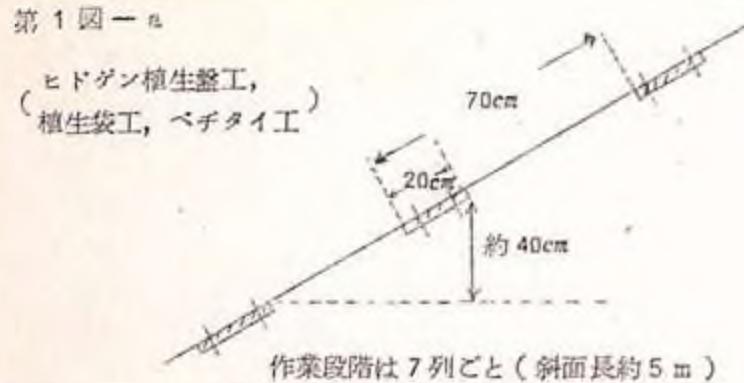
試験地は東京営林局の鎌無治山事業所管内および丹沢治山事業所管内に設定した。各地とも前述の施工方法によって事業計画による予定工事地に組入れられて実行された。工事の設計・施工および管理はすべて各治山事業所によって行なわれた。

試験地を設定した斜面は、基岩もみられる石礫土の斜面とローム質土壤の斜面とに大別され、前者の上部斜面は施工の際は法切地からしが行なわれて、基岩が露出し、土壤はう

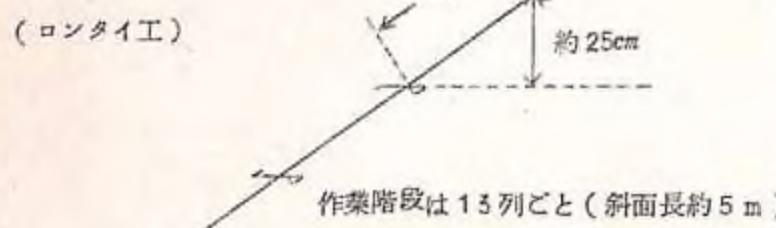
第1表 各工種の施工量

工種	施工量		
(1) ヒドゲン植生盤工	種子: ケンタッキー・31・フェスク	0.5	g/枚
	オーチャード・グラス(O・G)	0.25	"
	ウィーピング・ラブ・グラス(W・L・G)	0.05	"
	スキ	0.05	"
	ヨモギ	0.05	"
	肥料: 林スーパー化成1号	6.5	"
(2) 植生袋工	壤土:	0.004	m ³ /袋
	種子: ケンタッキー・31・フェスク	2.0	g/袋
	オーチャード・グラス	1.0	"
	ウィーピング・ラブ・グラス	0.2	"
	スキ	0.2	"
	ヨモギ	0.2	"
(3) ペヂタイ工	肥料: 林スーパー化成1号	3.5	"
	壤土:	0.0015	m ³ /袋
	種子: ケンタッキー・31・フェスク	0.8	g/袋
	オーチャード・グラス	0.4	"
	ウィーピング・ラブ・グラス	0.08	"
	スキ	0.08	"
(4) ロンタイ工	ヨモギ	0.08	"
	肥料: 添付化成肥料(14:7:12)	15.0	g/m
	種子: ケンタッキー・31・フェスク	9.0	g/m ²
	オーチャード・グラス	4.5	"
	ウィーピング・ラブ・グラス	1.0	"
	スキ	1.0	"
(5) 被覆剤吹付工	ヨモギ	1.0	"
	肥料: 林スーパー化成1号	100.0	"
	壤土:	0.01	m ³ /m ²
	被覆剤: アスファルト乳剤	0.5	ℓ/m ²
	種子: ケンタッキー・31・フェスク	9.0	g/m ²
	オーチャード・グラス	4.5	"
(6) 被覆網工	ウィーピング・ラブ・グラス	1.0	"
	スキ	1.0	"
	ヨモギ	1.0	"
	肥料: 林スーパー化成1号	100.0	"
	壤土:	0.01	m ³ /m ²
	被覆材: 緑化網		

第1図-a



第1図-b

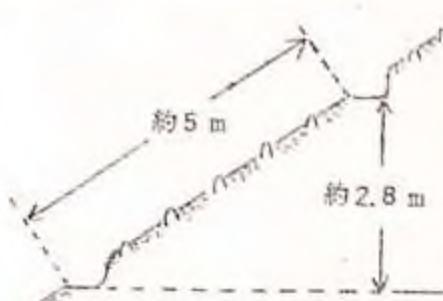


第1図-c



第1図-d

(被覆網工)



すぐ乾燥し貧養なところである。堆積斜面では、埴土の堆積面などとは異なり、角礫がきわめて多く含まれかなり劣悪な条件である。後者のローム層斜面でも法切地ならしした堅地盤斜面および堆積斜面を選定した。崩壊地にはローム層あるいはこれに近い土壤の斜面がかなりひろくあらわれるが、その急斜地盤は一般に緑化が比較的困難な条件の一つである。ことに試験地を設定した両地区は、冬期間は積雪が少なく凍上が著しい地帯であるので、気候および地況などかなりきびしい環境にあるものと考えられる。

なお、各地区ごとの概況は次のようにある。

(a) 釜無地区試験地

本地区は昭和39年度に試験地の選定を行ない、40年度に試験工を施工した。試験地は釜無川上流で、地質は破碎された硬砂岩を基岩とし、表層には褐色ローム層が堆積しているが、崩落斜面では角礫質の地盤が露出するところが多い。方位は北東面(赤蘿)および西面(二つ蘿)，傾斜は $34^{\circ} \sim 40^{\circ}$ ，海拔 $1,000 \sim 1,200$ mにあり、積雪は少なく凍上のはげしいところである。

地況により5つのブロックにわけ、各ブロック内の1工種の大きさは $0.01 \sim 0.02$ haに設定された。

第2表 気象観

年月	気温			降水量					
	平均	高極	低極	計	最大	日雨量(回数)			
						100mm 以上	50mm 以上	30mm 以上	
40.7	25.6	33.0	15.0	200.7	523	回	回	1回	5回
8	24.6	32.0	9.5	50.7	29.8				1
9	17.6	27.0	4.5	458.0	175.0	1	2	1	2
10	12.1	23.5	1.0	63.9	25.8				2
11	9.0	21.0	-5.5	157.6	46.5			2	
12	2.9	13.5	-10.0	98.6	30.6			1	2
41.1	-1.3	9.5	-15.5	33.0	33.0			1	
2	3.3	15.0	-12.5	119.0	45.5			2	
3	4.0	17.0	-9.0	241.3	45.5			2	3
4	9.5	26.0	-3.0	85.2	19.3				
5	12.1	25.0	-0.5	207.6	48.8			3	2
6	16.0	28.5	5.5	370.4	71.1			3	
7	21.1	30.5	9.0	140.0	59.1			1	1
8	22.3	31.0	12.0	101.9	47.1			2	1
9	18.7	28.0	8.0	241.5	81.2			1	1
10	12.1	20.5	0.0	88.4	45.0				3
11	6.1	19.2	-7.5	98.5	43.2				
12	-1.1	8.4	-13.0	15.8	6.5				
42.1	-2.7	11.0	-17.0	64.9	47.0			1	
2	-2.7	15.0	-17.0	45.2	13.0				
3	2.7	17.5	-11.5	67.7	42.0			1	
4	8.8	22.0	-1.0	188.3	42.0			3	1
5	14.8	28.0	3.5	59.4	22.0				2
6	18.0	27.0	6.0	174.0	88.0				2
7	22.1	32.0	10.5	313.7	127.5	1	1	1	
8	23.5	32.5	14.0	51.0	20.0			3	

測(益無地区)

	晴天日数	降水日数	降雪日数	備考	
				10mm以上	10mm以下
4回	7回	10日	15日	日	7月25日降雨12.6mm。その後8月14日までに6回計8.5mmの降雨のみで乾燥が激しい。
1	7	28	9		17日、18日、台風24号通過。山腹は各所で崩壊、河川増水。
1	6	15	13		11日、零度。13日、初水。
1	1	26	4		1日、初雪。
1	11	21	14		
4	18	7	3		
22	1	3	4日、積雪2.5cm(今冬最高)。		
2	1	18	5	2	
5	5	17	15	2	
4	7	16	11		
2	3	25	10		18日、-0.5度。以後零度以下なし。
3	6	11	16		27日～30日台風4号に伴う梅雨前線豪雨。
1	6	15	9	1日	
1	8	16	12		
1	9	16	15		24日、台風26号による豪雨。
1	9	22	11		22日、零度。
1	8	20	11	1	21日、初雪。
4	26	4			
1	5	24	7	5	
2	7	16	9	2	
3	5	18	9	1	
1	10	11	15	2	→17日、積雪2.9cm(今冬最高)。25日、-1度。以後零度以下なし。
2	25	4			
7	20	10			28日、梅雨前線による豪雨。
2	4	15	11		9日、梅雨前線による豪雨。
1	7	20	9		

・益無治山事業所観測資料による。

・北緯36度5分、東経138度15分。

・海拔高 800m。

・観測時間 午前9時。

・積雪は降水量に含まれていない。

I区——法切斜面(赤堀)……角礫質の地山地盤が露出する斜面で貧養かつ乾燥がはげしい。

II区・III区——堆積斜面(赤堀(II区), 二つ堀(III区))……角礫が複雑に混じた石礫土の堆積地で、地表は礫が多い。

IV区——ローム層法切斜面(赤堀)

V区——ローム堆積斜面(赤堀)

なお、釜無地区は年平均気温約12度、最高気温33度、最低気温-17度、年降水量約1,800mm、調査期間における最大日雨量175mm(昭和40年9月18日・台風24号)、最高積雪深は29cmであった。試験期間中の気象観測資料は第2表のようである。

(a) 丹沢地区試験地

本地区は昭和41年度に試験地の選定を行ない、42年度に試験工を施工した。試験地は丹沢山と塔ヶ岳をむすぶ駿線の西側に面し、等杉沢支流大金沢の最上流で、地質は等杉沢累層(安山岩質凝灰角礫岩)を基岩とし、その上に関東ローム層が堆積している面積約1.5haの崩壊斜面である。方位はほぼ西面、傾斜は35~58°、海拔高は1,200~1,300mにあり、冬期は凍上と季節風による影響もうけ、緑化工施行上は環境のきびしいところである。試験区の規模は施工地の状況から、1工種の大きさは幅約5m、斜面長約10mとし、3回反復して設定した。

(3) 調査事項

施工後、各工種についておもに植物被覆度および土砂移動量などを測定し比較検討した。

(a) 植物被覆度の調査は、各試験区内に縦2m、横1mの調査区を5ヶ所とり、全植物被覆度および種類別被覆度を測定した。

(b) 土砂移動量の調査は、各試験区内に縦2m、横1mの枠(下端に土砂受箱をつける)を2個設置し、枠内の流出土砂量を測定することとした。災害等のため測定不能の際は打込鉄枠で検討したい。

(c) 以上のほか、植物の成長状態、侵入植物の状況、斜面全体の異状降雨に対する抵抗性などについて観察した。

(3) 試験経過と結果

(1) 試験工の施工と経過

(a) 釜無地区試験地

釜無地区は、施工直前の5月に局地的な強雨があり、試験予定地も被害を受け、その後修作業が行なわれたが、その後も7月中旬まで長雨が続いたが、施工は7月下旬~8月上旬にわたって実施され遅期からはかなり遅れた。また施工後8月中旬まではほとんど降雨がなく、連日晴天が続いたが、導入植物の発芽、生育に悪影響がみられた。9月中旬には台風24号が最悪のコースを通り、その際の豪雨による崩壊が各所で起り、試験地内もかなりの被害を受けた。

さらに、II区(二つ堀)は翌年3月上旬の強雨により、前年の台風によって生じた上部斜面の崩積土砂が流出して、試験地全般がこの影響を受け、試験継続が不可能となつたため、やむを得ず調査を中止した。

(b) 丹沢地区試験地

丹沢地区的施工は、昭和42年6月中旬~7月上旬に行なわれた。施工当年のため調査は短期間の成績に限られたが、本地区では施工後の気象条件はおおむね順調で、試験地に著しい被害を及ぼすような降雨はなかった。

(2) 調査結果

(a) 植物被覆状況

釜無地区的植物被覆状況の調査は、施工初年目は10月中旬に行なったが、前述のように施工時期が遅くなつたため、成長期間が短かく各工種とも十分な被覆状態ではなかつた。測定結果は第3表のとおりである。この時期までの植物被覆状況は、施工当初の緑化母材の導入形態に比例した傾向を示した。なお草丈は第4表のようである。施工2

第3表 植物被覆度(釜無地区)

40年10月

工種	I	II	III	IV	V
(1) ヒドゲン植生盤工	42%	53%	47%	75%	65%
(2) 植生袋工	55	47	52	77	65
(3) ベデタイ工	32	40	25	70	67
(4) ロンタイ工	20	30	22	57	25
(5) 被覆剤吹付工	31	70	45	85	75
(6) 被覆網工	33	73	55	90	95

年目および3年目の植物被覆状態は第5表のとおりである。また、5年間の被覆状態をまとめると第2図のようである。

工種別植物被覆度は施工初年目は、すじ状形態のロンタイ工および帯状客土形態のペヂタイ工の被覆状態が50%以下で悪く、面状被覆形態の被覆剤吹付工や被覆網工でも70%以下であった。しかし2年目以降年数経過とともにロンタイ工以外の工種の被覆状態が良好となり、その差はほとんどみられなくなった。

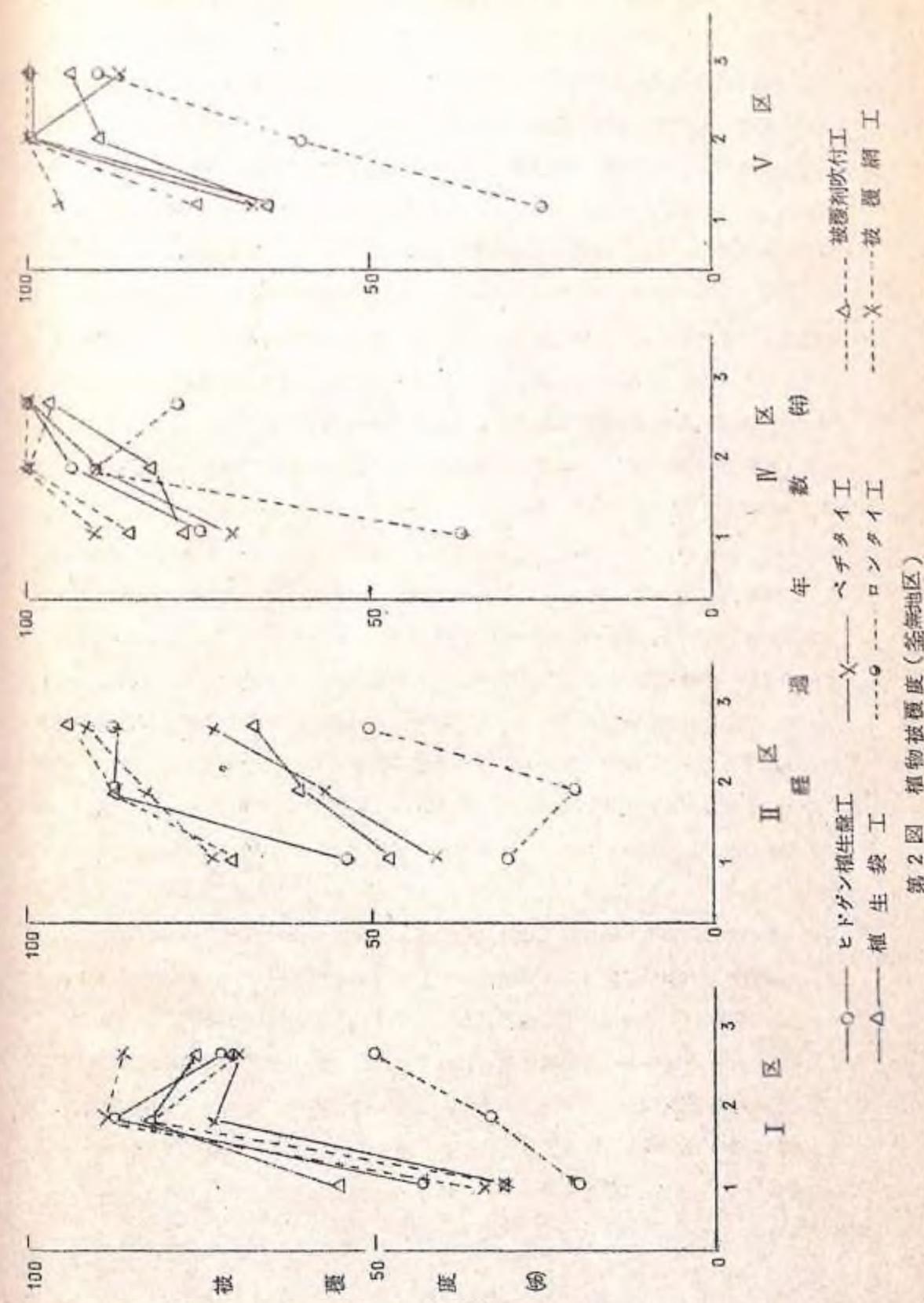
試験区分別植物被覆度は、法切急斜地(Ⅰ区)では、施工初年目はほとんどの工種が、

第4表 成長量(草丈・茎無地区)

工種 区	40年10月				
	I	II	III	IV	V
(1) ヒドゲン植生盤工	18 cm	14 cm	14 cm	28 cm	26 cm
(2) 植生袋工	21	25	14	30	36
(3) ペヂタイ工	21	15	14	28	41
(4) ロンタイ工	20	5	9	18	28
(5) 被覆剤吹付工	24	23	16	28	33
(6) 被覆網工	23	17	23	37	33

第5表 植物被覆度(茎無地区)

工種 区	41年11月				42年9月			
	I	II	IV	V	I	II	IV	V
(1) ヒドゲン植生盤工	% 87	% 87	% 93	% 100	% 72	% 87	% 100	% 100
(2) 植生袋工	82	60	92	90	75	68	97	94
(3) ペヂタイ工	73	57	90	100	70	72	100	87
(4) ロンタイ工	33	20	90	60	50	50	78	90
(5) 被覆剤吹付工	82	87	100	100	70	93	97	100
(6) 被覆網工	88	83	100	100	86	92	100	100



第2図 植物被覆度(茎無地区)

50%以下の被覆状態であったが、2年目および5年目は、ロンタイ工以外は60~90%となつたが、5年目には被覆状態がやや劣るよう観察された。堆積砂質地(Ⅰ区)では、施工初年目は面状被覆形態の被覆剤吹付工および被覆網工が70%にもなり、帯状客土形態の工種より植物被覆度が良好であった。2年目および5年目は面状被覆形態の被覆剤吹付工、被覆網工および帯状客土形態のヒドゲン植生盤工が80~93%の被覆状態となり、植生袋工、ペヂタイ工は70%前後、すじ状形態のロンタイ工は50%の植物被覆度となった。褐色ローム地では、Ⅳ、V区とも同様な傾向で、ロンタイ工の25~37%以外は施工初年目すでに65%以上の植物被覆度となり、2年から3年を経過するとロンタイ工も被覆度が良好で、また帯状客土形態および面状被覆形態の工種とも80~100%の植物被覆度となり、工種間の差はほとんど認められなくなつた。なお、導入植物および侵入植物の推移についてみると次のようである。

導入種別の植物被覆度の推移は第6表および第3図のとおりであるが、施工初年目の植物被覆度の多い順位は、ケンタッキー・31・フェスク(K・31・F)、オーチャード・グラス(O・G)、ウィーピング・ラブ・グラス(W・L・G)、ヨモギであったが、2年目はK・31・FおよびO・Gの成育がともに良好で、植物被覆度は45~55%となりこの2種がほとんどを占めているように観察された。またW・L・Gが急激に減少し、植物被覆度は1%以下となった。3年目はO・Gが最も良好な成育を示し次いで、ヨモギの成育が良好となり、K・31・Fは施工初年よりも植物被覆度が劣り30%以下となった。また、W・L・Gは完全に消滅枯死してしまった。

侵入植物は第7表のとおりであるが、3年目の出現数は30科85種であった。このうち多數出現する種はヨモギおよびイタドリの2種で、とくに褐色ローム地のⅣ、V区でよく繁茂している。

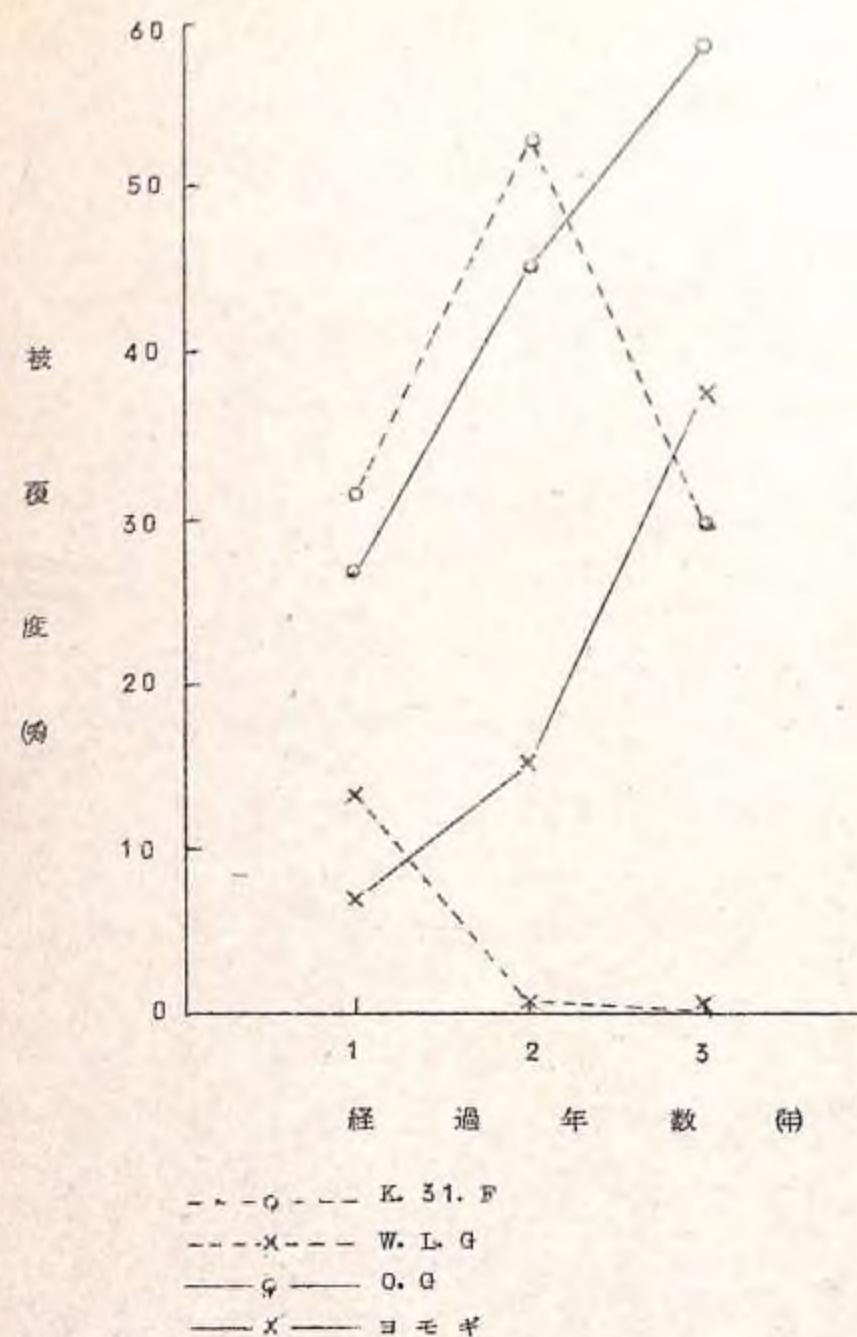
丹沢地区の植物被覆度調査は10月初旬に行ない測定結果は第8表のとおりである。施工後調査までの期間が僅か3カ月間であり、また冬期間を経ていないので十分な検討はまだできないが、この間までの植物被覆状態は釜無地区と傾向はほぼ同様であった。すなわち、緑化母材の導入形態に比例した傾向を示し、面状被覆形態の被覆剤吹付工および被覆網工の植物被覆度が88~93%，また、帯状客土法のヒドゲン植生盤工、植生袋工およびペヂタイ工は67~77%となり、ロンタイ工は48%で最も劣った。

成長量(草丈)は各工種とも33~41cmほどに伸長したが、ロンタイ工のみ17~30cmで成長が悪かった。

第6表 導入種別植物被覆度(釜無地区)

年月/工種	種名/区	K・31・F					W・L・G					O・G					ヨモギ				
		I	II	IV	V	I	II	IV	V	I	II	IV	V	I	II	IV	V	I	II	IV	V
4.0.1.0	(1) ヒドゲン植生盤工	27%	22%	45%	32%	4%	18%	15%	23%	27%	22%	32%	20%	4%	5%	10%	5%	4%	5%	10%	5%
	(2) 植生袋工	43	35	55	43	2	17	8	32	32	28	45	32	4	3	6	6				
	(3) ペヂタイ工	27	23	33	28	5	16	8	33	20	20	35	38	5	5	5	5				
	(4) ロンタイ工	20	20	22	25	5	10	3	8	5	5	5	5	—	—	—	—				
	(5) 被覆剤吹付工	23	48	42	33	2	5	23	28	15	31	45	33	10	7	7	7				
	(6) 被覆網工	23	48	63	60	2	28	7	18	18	37	60	68	9	5	11	15				
4.1.1.1	(1) ヒドゲン植生盤工	48	78	33	50	1	0	0	1	78	28	65	40	18	22	13	14				
	(2) 植生袋工	60	58	37	63	0	0	0	2	53	27	65	43	7	2	10	50				
	(3) ペヂタイ工	53	28	45	30	0	0	0	2	40	18	75	85	5	5	3	12				
	(4) ロンタイ工	33	20	90	40	0	0	0	7	5	5	50	23	—	—	—	—				
	(5) 被覆剤吹付工	22	66	65	70	2	0	3	0	22	32	50	95	7	7	7	70	53			
	(6) 被覆網工	62	78	83	55	0	1	0	0	62	32	40	75	6	12	20	10				
4.2.9	(1) ヒドゲン植生盤工	25	53	18	5	0	0	0	0	58	68	45	15	12	37	70	23				
	(2) 植生袋工	37	20	20	23	0	0	0	0	52	55	82	62	10	13	35	44				
	(3) ペヂタイ工	27	32	26	45	0	0	0	0	50	47	78	68	7	32	15	53				
	(4) ロンタイ工	50	40	35	10	0	0	0	0	13	40	29	5	—	—	—	—				
	(5) 被覆剤吹付工	17	30	33	45	0	0	0	0	60	68	73	100	13	20	60	100				
	(6) 被覆網工	24	22	53	55	0	0	0	0	68	88	88	97	14	36	92	48				

第7表 侵入植物(種類数・蓋無地区)



(a)		工 種	区	40年10月	41年11月	42年 9月
(1)	ヒドゲン植生盤工	I	0種	1種	4種	
		II	2	5	16	
		III	3	—	—	
		IV	5	4	13	
		V	6	7	22	
		計	16	17	55	
(2)	植 生 袋 工	I	1	3	5	
		II	5	6	5	
		III	5	—	—	
		IV	5	7	13	
		V	1	1	2	
		計	17	17	25	
(3)	ペチタイ工	I	1	3	7	
		II	0	4	15	
		III	3	—	—	
		IV	4	4	6	
		V	8	6	14	
		計	16	17	42	
(4)	ロンタイ工	I	2	1	9	
		II	0	2	7	
		III	4	—	—	
		IV	3	4	5	
		V	7	8	14	
		計	16	15	35	
(5)	被 覆 剤 吹 付 工	I	2	1	5	
		II	2	3	4	
		III	1	—	—	
		IV	8	5	12	
		V	13	9	14	
		計	16	18	35	
(6)	被 覆 網 工	I	1	1	4	
		II	0	2	10	
		III	6	—	—	
		IV	5	5	7	
		V	3	3	7	
		計	15	11	28	

第7表 侵入植物(益無地区)

(b)

42年9月

科名	種名
イネ	アワガエリ, スズメノカタビラ, シバ, キンエノコロ, チゴザサ, メヒシバ, ススキ, ウシノシッペイ
ヤナギ	イスコリヤナギ, オノエヤナギ
クルミ	オニグルミ
イラクサ	イラクサ, ミズ, アカソ, コアカソ, ヤブマオ
タデ	ヒメスイバ, ギシギシ, ヤノネグサ, ネバリタデ, ハナタデ, イタドリ,
ナデシコ	フシグロ
キンボウゲ	クサボタン
ケシ	タケニグサ
ベンケイソウ	ベンケイソウ
ユキノシタ	ウツギ
バラ	ミツバツチグリ, ツルキンバイ, ニガイチゴ, クマイチゴ
マメ	ヤマハギ, ヤハズソウ, ナンテンハギ, イタチササゲ, ヤブマメ, コマツナギ, シロツメクサ, ムラサキツメクサ
フクロソウ	グンナイフクロ, タチフクロ, ミツバフクロ
カタバミ	カタバミ
スマレ	スマレ
キブシ	キブシ
アカバナ	マツヨイグサ, オオマツヨイグサ
ウコギ	タラノキ, ウド
セリ	ヤマゼリ
サクラソウ	オカトラノオ
フジウツギ	フジウツギ
ソソ	クルマバナ, テンニンソウ, ナギナタコウジユ, ヒキオコシ
ゴマノハグサ	ゴマノハグサ, ムラサキサギゴケ, ヒメトラノオ, シオガマギク
キツネノゴマ	キツネノゴマ,
オオバコ	オオバコ
アカネ	カワラマツバ
スイカズラ	ニワトコ
オミナエシ	オトコエシ, オミナエシ
キキョウ	ツリガネニンジン, ホタルブクロ
キク	ミヤマヤブタバコ, ヒヨドリバナ, ヨメナ, ユウガギク, ヒメジョオン, ヒメムカシヨモギ, シラヤマギク, シオン, ノコンギク, フキ, リュノウギク, ヨモギ, フジアザミ, ヤマアザミ, コウゾリナ, ニガナ, ヤクシソウ,

30

85

第8表 植物被覆度(丹沢地区)

42年10月

工種	区		
	I	II	III
(1) ヒドゲン植生盤工	65%	62%	75%
(2) 植生袋工	85	62	83
(3) ベヂタイ工	65	67	75
(4) ロンタイ工	47	42	60
(5) 被覆剤吹付工	77	90	97
(6) 被覆網工	90	93	97

侵入植物は、施工後短期間のため少なく、クマザサ、メヒシバ、イタドリ、ヤマハギ、ハハコグサ、ヨメナ、ヨモギ、フジアザミの5科8種であった。

(b) 土砂移動量

益無地区は施工当初試験区内に土砂測定装置(縦2m、横1mの枠、下端に土砂受箱)を設定したが、施工初年の昭和40年9月18日の台風24号による豪雨のため、測定装置はほとんど破損したため、土砂移動調査は不能となつたので、やむを得ず、打込鉄棒を設置し観察も加えて調査した。

面状被覆形態の工種では、土砂移動はほとんど認められず、帯状客土形態の工種では筋間の被覆されなかつた部分の土砂の移動が認められたが、そのほとんどは下段筋に堆積し下部までの流出は認められなかつた。しかしロンタイ工では土砂の移動がかなり多く、とくに工区および2区では土砂抑止効果は劣つてゐた。

丹沢地区の土砂移動量は第9表のとおりである。この結果からも益無地区とはほぼ同様な傾向がうかがわれ、面状被覆形態の工種では土砂の移動はほとんど認められず、帯状客土形態の工種では施工初期に土砂移動が認められた。また、ロンタイ工は土砂の移動が多く、凍上などによる冬期間の移動量はとくに多いようである。

なお、ここで林業試験場(東京・目黒)の実験斜面で、ほぼ同様にして行なつた土砂移動量の調査を参考にしてみると第10表のようである。これは関東ロームの表土(黒色土)を盛土した条件のよい斜面であるが、ロンタイ工は面状被覆形態の工種はもちろん、帯状客土形態の工種とくらべても土砂の移動量に差は認められなかつた。精緻な崩

第9表 土砂移動量(丹沢地区)

t/m²

工種	I	II	III
(1) ヒドゲン植生盤工	0.4	0.3	0.8
(2) 植生袋工	0.2	0.1	0.2
(3) ベヂタイ工	0.2	0.3	0.4
(4) ロンタイ工	0.6	0.8	1.3
(5) 被覆剤吹付工	0.0	0.0	0.1
(6) 被覆網工	0.0	0.0	0.0

第10表 土砂移動量(実験斜面)

t/m²

工種	施工直後 (施工後 1カ月間)	降雪以前 (施工後 3カ月間)	冬期間 (12月~3月 の4カ月間)	施工後 1年間
(1) ヒドゲン植生盤工	1.3	1.5	0.3	1.9
(2) 植生袋工	0.9	0.9	0.4	1.4
(3) ベヂタイ工	1.4	1.5	0.4	2.0
(4) ロンタイ工	1.4	1.5	0.4	2.0
(5) 被覆剤吹付工	0.7	—	—	—
(6) 被覆網工	0.2	0.2	0.1	0.3
対象区	2.7	3.1	1.94	2.78

土壤: 関東ローム(黒色土)を使用

傾斜: 45°

農地ではロンタイ工の成績は他の工種に比較して土砂抑止効果は劣るが、土壤条件のよい斜面では、他工種とあまりかわらない。

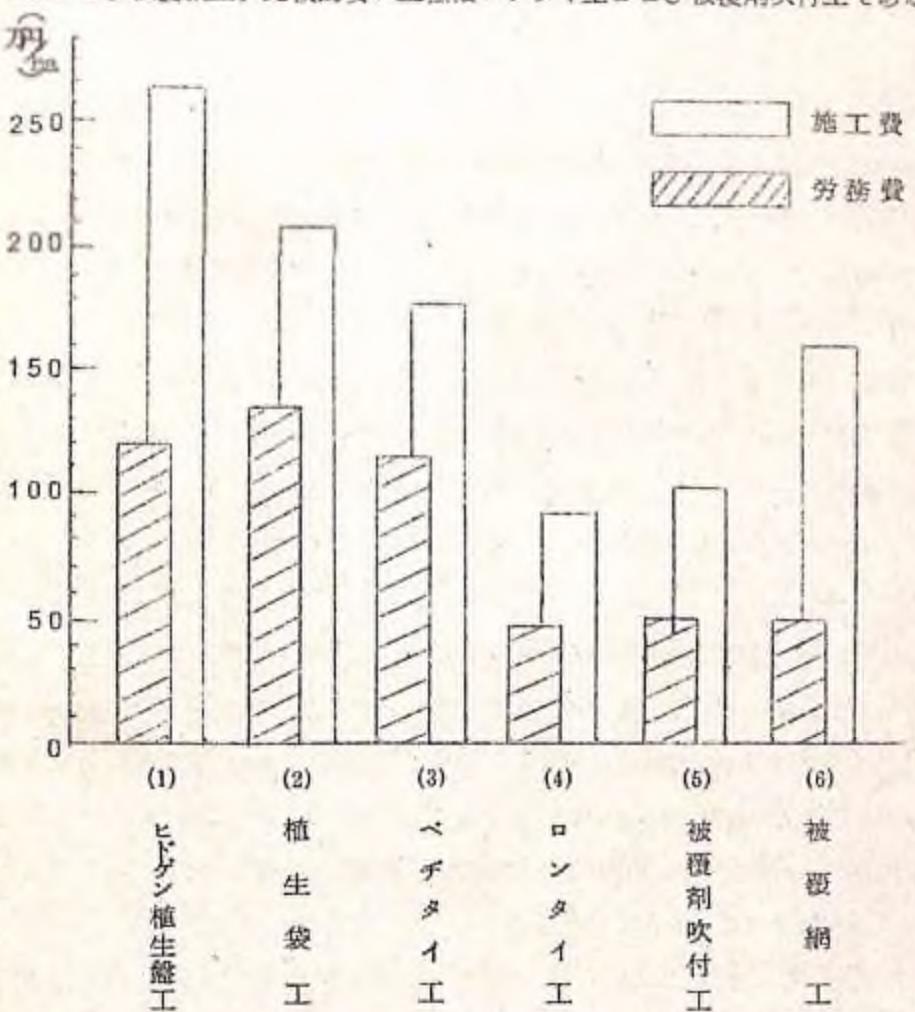
(c) 施工費

工種別施工費は第11表および第4図のようである。施工費のうち労務費は各試験区とも小面積のため算出額は大よその値であるが、施工地の立地条件により施工の難易に大差があり、法切急斜地は他の堆積礫質地やローム地に比較して労務費が高くなつた。

労務費の比較的高い工種はヒドゲン植生盤工、植生袋工、ベヂタイ工で、植生盤の運搬や土壤の練合せ、詰合せなどの工程に労力のかかる工程であり、ロンタイ工、被覆剤吹付工、被覆網工などは労力が少なく労務費は安い。

資材費の比較的高い工種はヒドゲン植生盤工で、次いで植生袋工、ベヂタイ工、被覆網工、また安い工種はロンタイ工と被覆剤吹付工である。

両者をあわせた施工費はヒドゲン植生盤工がもっとも高く、次いで植生袋工、ベヂタイ工および被覆網工、比較的安い工種はロンタイ工および被覆剤吹付工である。



第4図 工種別施工費

第11表 工種別施工費

工種	(haあたり千円)		
	労務費	資材費	計
(1) ヒドゲン植生盤工	1231	1498	2729
(2) 植生袋工	1330	754	2084
(3) ベヂタイ工	1127	684	1811
(4) ロンタイ工	535	381	914
(5) 被覆剤吹付工	646	400	1046
(6) 被覆網工	625	899	1524

(3) まとめ

試験地の立地条件および施工内容については極めて限られた規模ではあるが、両地区を通じて斜面の土壤条件はかなり劣悪な地区も含まれ、気象的には凍上が著しく、また台風による異状強雨の影響を受け、各工種ともかなりきびしい自然的条件下に経過した結果を観察したといえよう。総括的な調査結果は第12表にしめした。

いづれの工種でも、施工内容をかえることによって緑化効果が異なってくるのは当然で類似の工種間においても、また質的にかなり異なる工種間においても緑化効果には差が生ずる。本試験においては、各種新綠化工について、環境のきびしい施工地においても活用しうるものであるかどうかの目やすを得るのがねらいであり、工種間の差をくわしく検討するものではない。

施工後短期間の経過にすぎないが両地区を通じて観察された点は次のようである。

- (1) 带状客土形態の各工種は導入材料に応じて初期の緑化被覆が帯状になるが、緑化構成はほぼ確実で斜面全体の緑化状況もむらがなく一様性が高い。立地条件や気象条件が異なっても著しい変化は少ない。したがって本試験工のなかではすでに最も普遍的に活用される方向にある。しかし、土壤条件の劣悪な斜面では筋間裸地の被覆がおそらくときには緑化の減退をきたすこともある。
- (2) 面状被覆形態の工種は、本試験を通じてもっとも省力的な工法で、導入量も比較的軽度な工法であるが、全体の緑化構成が早く、土砂流出防止も予期以上に効果的なことがうかがわれ、適応性はたかい。しかし、全面的な被覆構成がえられる反面、斜面を局所

第12表 調査結果 総括表

工種	試験地	植物被覆度	土砂抑止効果	植物被覆のむら	施工費
(1) ヒドゲン植生盤工	笠無	△	△	○	×
		△	△	△	×
		○	△	△	×
		○	○	○	×
		△	△	○	×
	丹沢	△	△	○	×
		×	×	○	△
		△	△	×	×
		△	△	×	×
		△	△	△	△
(2) 植生袋工	笠無	△	△	○	×
		×	×	○	△
		△	△	×	×
		△	△	×	×
		△	△	△	△
	丹沢	△	△	△	△
		△	△	○	△
		△	△	○	△
		△	△	○	△
		△	△	○	△
(3) ベヂタイ工	笠無	△	△	○	△
		×	△	×	△
		△	○	×	△
		○	△	○	△
		△	△	○	△
	丹沢	△	△	○	△
		△	△	○	△
		△	△	○	△
		△	△	○	△
		△	△	○	△
(4) ロンタイ工	笠無	×	×	×	○
		×	×	○	○
		△	△	○	○
		×	×	×	○
		×	×	△	○
	丹沢	×	×	△	○
		×	×	△	○
		△	△	○	○
		×	×	△	○
		×	×	△	○
(5) 被覆剤吹付工	笠無	△	×	△	○
		△	△	×	△
		○	○	○	○
		○	○	○	○
		○	○	○	△
	丹沢	○	○	△	○
		○	○	△	○
		○	○	△	○
		○	○	△	○
		○	○	△	○
(6) 被覆網工	笠無	△	△	△	△
		△	△	×	△
		○	○	○	△
		○	○	○	△
		○	○	○	△
	丹沢	○	○	○	△
		○	○	○	△
		○	○	○	△
		○	○	○	△
		○	○	○	△

記号区分

植物被覆度

釜無地区	○ 植物被覆度	91%以上。
	△ "	61~90%。
	×	60%以下。
丹沢地区	○ "	81%以上。
	△ "	61~80%。
	×	60%以下。

土砂抑止効果

釜無地区	○ 土砂の移動	ほとんどない。
	△ "	少しある。
	×	多い。
丹沢地区	○ 流出土砂量	0.1 t/m ² 以下。
	△ "	0.2~0.5 t/m ² 。
	×	0.6 t/m ² 以上

植物被覆のむら

釜無地区	○ 植物被覆度の変動係数	10%以下。
丹沢地区	△ "	11~15%。
	×	16%以上。

施工費

釜無地区 (I区)	○ haあたり	150万円以下。
	△ "	151~250万円。
	×	251万円以上。
釜無地区 (II・IV・V区)	○ "	100万円以下。
	△ "	101~200万円。
丹沢地区	×	201万円以上。

(注) 釜無地区は施工後2年、丹沢地区は施工後3カ月の調査結果によったため記号区分をかえた。

施工費のうち、釜無地区(I区)は地況が著しく異なるので区別した。

的にみれば初期の被覆密度がりついことや、急斜地、堅地盤では種子・肥料が定着しがたいこともあり、石礫土などは被覆材料の効果が十分発揮されず、緑化構成が一様にならないこともある。

(3) すじ状(線状)形態の工種は、堆積緩斜地では施工が簡易な特性が生かされ、道路・堤防等の方面における活用が広いが、本試験では各区を通じて緑化構成がかなり劣り、土壤その他の環境がわるい一般の荒廃山腹では適応範囲はかなり選択を要する。

3-2. 簡易工作物の関係

3-2-1 PNC板の施工方法

1) 試験の目的

PNC板工は、治山施工地においても省力的な簡易工作物として一部普及の段階にある。擁壁として施工する際、PNC板工に作用する土圧は、クーロン、ランキンなどの土圧公式によって算定され、その安定や積重ねの限界高が決定されているが、施工の高さを増すことによって活用の範囲が広められるので、その検討が求められている。本試験では5~8段積を施工して、土圧の測定を行なった。

2) 試験方法

(1) PNC板工の施工

昭和40年8月6日、釜無川支流塩沢小支本沢の左岸側崩壊地の崩積土の脚部にPNC板をほぼ鉛直に5段積みし、最上段と最下段を除く中央3段のPNC板の中央部に土圧計を各1台ずつ設置した。しかし、同年9月中旬に来襲した台風24号のもたらした集中豪雨によって塩沢に土石流が発生し、その結果、PNC板工は破壊され、設置した土圧計も流出、破損の被害を受け、当初の目的の遂行が不可能となった。

そこで、あらたに丹沢治山事業所管内に、昭和41年10月18日と昭和42年9月27日にそれぞれ5段積、8段積のPNC板工を施工した。施工箇所は玄倉川支流熊木沢の川床しゅんせつ土砂の堆積部である。PNC板の表板と控板の間には石礫を投入し、その間隙および控板背後は土砂で埋戻した。埋戻土砂は礫に富む砂土である。

(2) 土圧計およびその配置

測定に使用した土圧計は坂田電機KK製SPR-156B型受圧器(0.8kg/cm²)である。本器は置針装置を有しているので、測定時までの過去に起った最高土圧をも測定することができる。

土圧計の配置は第5図のようである。土圧計受圧面はPNC板の表板の裏側表面と"面

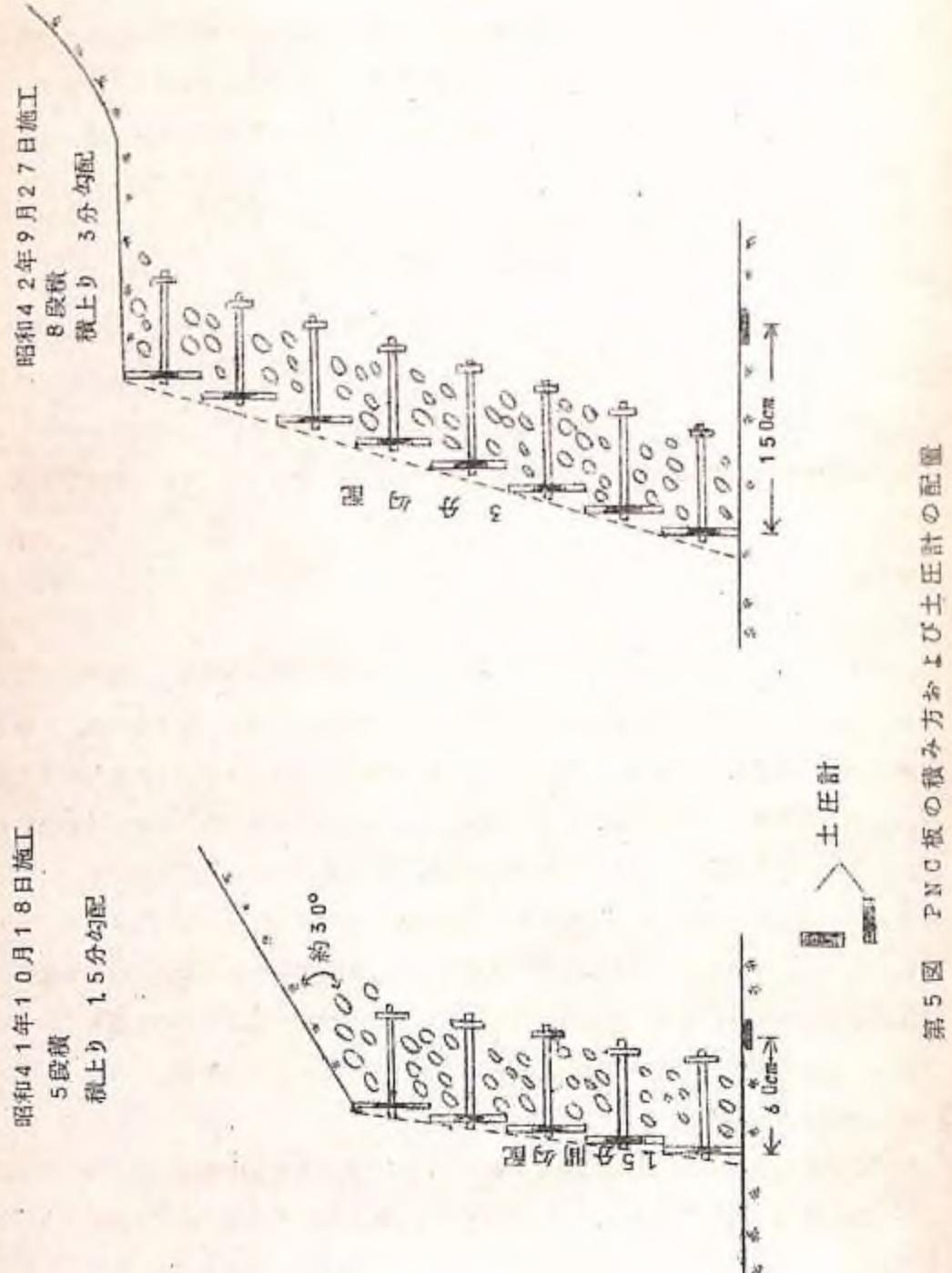


図5 土圧計によって測定された圧力はからずしもいわゆる土圧とは限らず、間隙水圧や地震動などの総合されたものである。

一ではなく、約5mm程度突き出しているが、この量は受圧面の直径(156mm)の $\frac{1}{50}$ 以下であるために、平らに入れた場合とほぼ等しい値を示す。

土留構造物に作用する土圧は土留壁の移動の仕方によって大きく影響され、PNC板工のように、個々のPNC板が個々別々に移動する場合にはどのような土圧分布を示すかは不明である。この点を解明するために、背面土圧(P_h)の測定をPNC板の表板に設置した土圧計によって行なった。また、背面土圧は埋込み土砂(Backfill)の密度などによっても変化するため、埋込み土砂の底部に水平に設置した土圧計によって、垂直圧力(P_v)の測定を行なった。

3) 試験結果および考察

土圧計設置後現在にいたるまでの測定結果を第6図、第7図に示す。

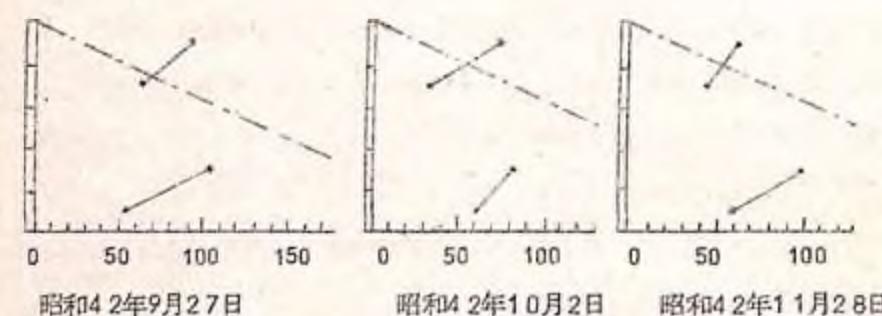
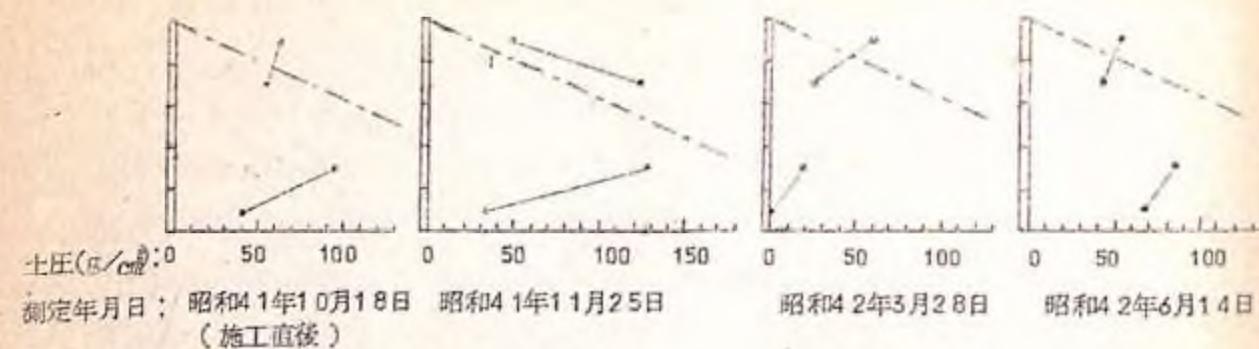
昭和41年10月18日に施工した5段積のPNC板工に設置した土圧計のうち、背面土圧の分布形状を示すのに重要な部分である上から3段目のPNC板に設置した土圧計が設置の直後に故障し、測定不能に陥っている。

第6図は各測定時における背面土圧の分布形状を示したものであり、第7図は各PNC板が施工以降現在にいたるまでにどのような土圧の変動を受けてきたかを、置針装置によって測定された最高土圧(図中の破線)を含めて図示したものである。

土圧はPNC板の移動、埋込み土砂の沈下、間隙水圧、地震動などによって変動するものである。とくに本試験中、昭和41年11月25日～昭和42年3月28日、および昭和42年11月28日～昭和43年3月25日の両期間内には、かなり強い地震が発生しており、この期間における最高土圧の測定値は地震時土圧をあらわしているものと考えられる。これらの地震についての詳細は不明であるが、昭和42年3月2日に関東地方を襲った地震は震源地が東京湾北東部で横浜、千葉、宇都宮で震度3、東京で震度2であった。また昭和43年3月6日、7日と連続して発生した地震は、6日は震源地茨城県西部、東京で震度3、7日は関東地方が中心で、震源地は千葉県中部、東京、横浜で震度3であった。

土圧計によって測定された圧力はからずしもいわゆる土圧とは限らず、間隙水圧や地震動などの総合されたものである。

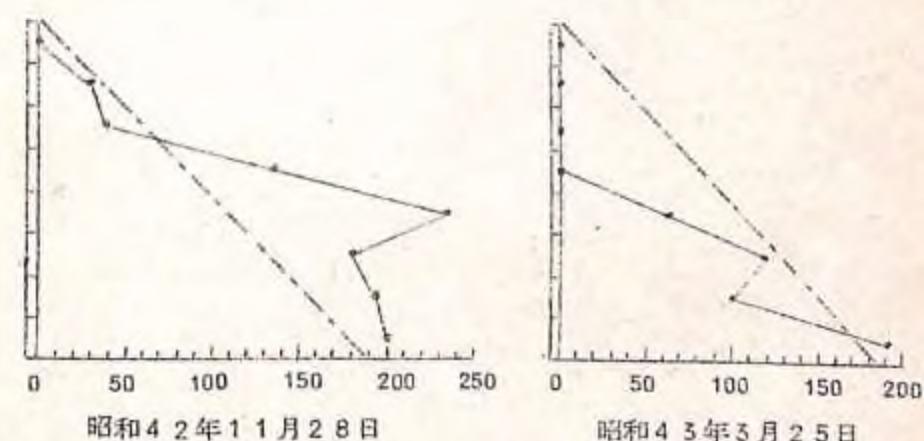
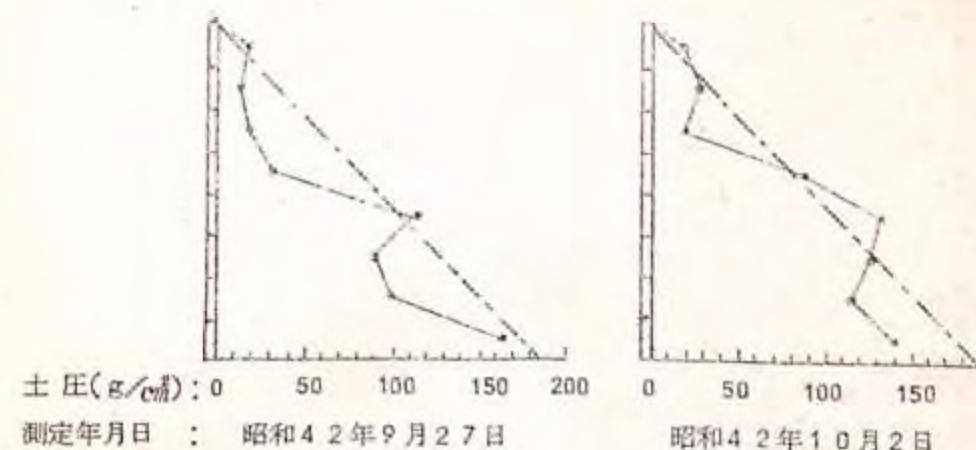
第6図に示す土圧の分布形状より知られることなく、PNC板に作用する土圧は深度に比例して増大するものとは限らない。5段積みのPNC板工に作用する土圧は静水圧分布と著しく異なっており、施工後40日経過して埋込み土砂がかなり安定したと思われる時点においては抛物線状の分布をなしているが、その後昭和42年3月28日の測定においてはこの



●---● : 検定土圧
---- : 土の単位重量 1.8g/cm³
内部摩擦角 30°
地表面傾斜 30°
壁面傾斜 0°
壁面摩擦角 0°

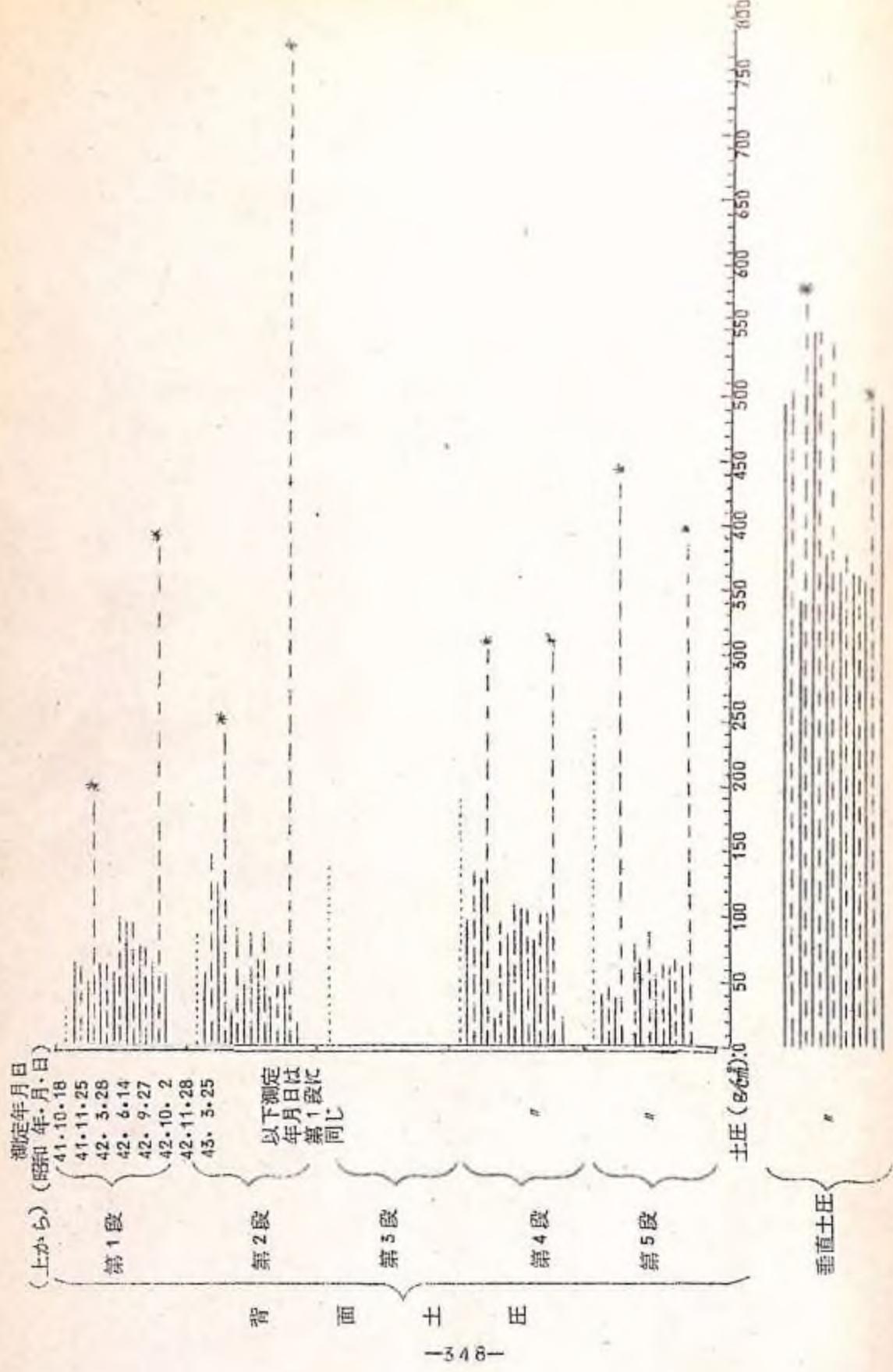
とした場合(土圧係数 $K_A = 0.75$)の理論土圧分布

(I) 5段積

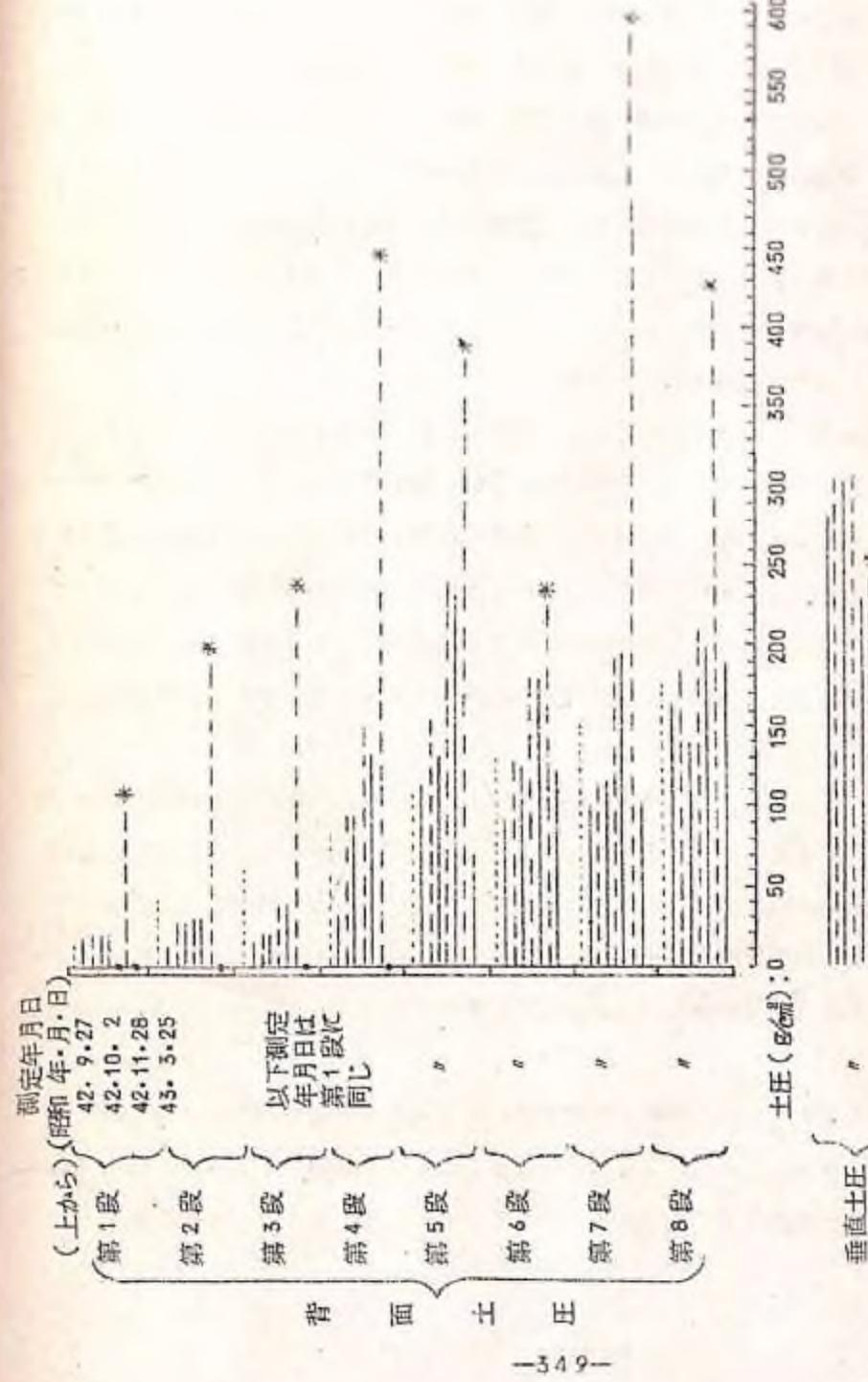


●---● : 検定土圧
---- : 土の単位重量 1.8g/cm² とした場合(土圧係数 $K_A = 0.75$)の理論土圧分布
内部摩擦角 30°
地表面傾斜 0°
壁面傾斜 0°
壁面摩擦角 0°

(II) 8段積



(I) 5段積



—— : (測定期) 土圧
 - - - - : (置針による) 最高圧
 : 理論土圧
 * : 地震発生期間における最高土圧

(II) 6段積

第7図 土圧の変化

分布形状は急変して土圧強度は地表面附近で最大となり深さとともに減少して最下部では零になるという逆説水圧分布の傾向を示している。そして時間の経過にしたがって下方部の土圧が増大し、全高の $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{2}{3}$ の深度のところに最大値をもつS字状の分布を呈するようになっている。さらに昭和43年3月25日に測定された土圧の分布は前年の3月28日におけるものと全く同一の形状を示している。一方、8段積みのPNC板工の場合は、前述の5段積みの分布形状とは全く異なり、埋込土砂が安定するにつれて、全高の $\frac{1}{2}$ ～ $\frac{2}{3}$ の深度までは土圧強度が増大し、ついで一たん減少して、ふたたび増加する傾向を示している。しかし、この8段積みの場合にも5段積みの場合と全く同様に昭和43年3月25日における土圧分布は急激に変化し、全高の $\frac{1}{2}$ の深度までは測定土圧は零となっている。昭和42年3月28日および昭和43年3月25日に観測された土圧分布形状の急激な変化は昭和41年11月25日～昭和42年3月28日および昭和42年11月28日～昭和43年3月25日の間に発生したかなり強い地震によってPNC板が大きな圧力を受け、PNC板と埋込土砂の相対的な移動が行なわれたことに帰因すると思われる。

両PNC板工は同一条件の場所で施工したものであり、積み段数と積み上り勾配および背面土砂の表面勾配が異なるだけである。実験室内において乾燥砂を用いてPNC板に作用する土圧に関する実験を行なったが、この結果からは積み段数および背面砂の堆積勾配が土圧の分布形状におよぼす影響はほとんど認められなかったという事実から判断して、両PNC板工における前記のような測定土圧の分布形状の大きな差異がいかなる理由によるかはいまのところ明確でない。しかし、埋込土砂の詰め固めの不均一および各PNC板の移動量の差も一つの原因であろうとは想像できる。

つぎに、第7図から、地震時土圧は常時の土圧に比べて著しく大きいことが認められる。いま昭和42年11月28日～昭和43年3月25日の期間に8段積みのPNC板工について観測された最高土圧が地震によりしかもそれが同時に発生したものと仮定して得た各PNC板に作用した全土圧の概算値ならびに土の単位体積重量 = 1.8 t/m³、土圧係数K_A = 0.33とした場合に鉛直に8段積みしたPNC板工の各板に作用する理論全土圧(常時)の計算値を第13表に示す。

この表から知られるごとく、自然環境のもとでは、非常に大きな圧力が作用するものであり、本例において一枚のPNC板に2,000 kN以上もの土圧が作用しているのが測定された。しかるに、このような大きな圧力が加わったにもかかわらず、このPNC板工はその安定性を失っていない。

第13表

8段積みのPNC板工の各板に作用した最大全土圧(地震時)とその理論土圧(常時)の比較

	測定値 (地震) (kN)	理論値 (常時) (kN)	測定値 理論値
上から 第1段	345	48	7.2
第2段	645	144	4.5
第3段	990	240	4.1
第4段	1,600	336	4.8
第5段	1,480	432	3.4
第6段	1,170	528	2.2
第7段	2,080	642	3.5
第8段	1,680	720	2.3

今回行なった現地試験は土圧計による土圧の測定だけにとどまり、PNC板の移動量、間隙水圧、地震の震度などPNC板の安定性の研究に必要な因子の測定は行なわなかった。しかしながら前述のように試験期間内にかなり強い地震を経験し、それによって非常に大きな土圧がPNC板に作用したにもかかわらず、PNC板工がその安定を保っていることが明らかになったのは有意義なことであった。このことからして、PNC板工は基礎工を完全に行ない、また表板と控板の間に砂や砂利を投入して十分につき固めて表板と控板を緊張させるとともにPNC板の不等沈下を防止するなど入念な施工を行なえば、通常の自然環境のもとではかなりの高さまでPNC板を積み上げることが可能であると思われる。

3-2-2. セメントミルク注入による簡易渓床固定法

1) 試験目的

従来、渓床の砂礫層の上に床固工等の工作物を作る場合には、ある深さまで床掘りをして基礎岩盤または十分な支持力がある砂礫層に達した後その上にコンクリート工作物を設けていた。ところがコンクリートの材料は砂、砂利、セメント、水であり、セメントと水を除けば渓床にある砂礫から採取する砂、砂利を利用しているわけである。そこで渓床の砂礫層にセメント+水すなわちセメントミルクを注入する、いわゆるセメント注入によって渓床の簡

易固定をはかることが考えられる。セメント注入による渓床固定法は

- (1) 床掘りの省略による施工期間の短縮
- (2) 砂・砂利運搬量の縮少による施工期間の短縮
- (3) 工事期間中の出水による被害の軽減
- (4) 機械施工による労力の節減

などの点で従来のコンクリート構造物より有利な施工法である。

ところが、セメント注入は目に見えない部分に注入を行なうのであるから、施工結果を確かめることが困難であるし、結果が不十分なことがわかったとしても、その対策がむづかしい。従ってセメント注入で固定し得る渓床の条件とそれに対する最適の施工仕様を的確にとらえなければならない。

本試験に於ては室内実験によってセメント注入の可能な条件を知り、また注入可能な場合には条件に応じた最適の仕様を求め、これらの室内実験の成果を用いて現地試験を行ない、セメント注入による簡易渓床固定の可能性をたしかめることを目的としている。

2) 試験方法および試験結果

A) 釜無地区(セメント注入による簡易渓床固定の試験)

昭和39年度 室内実験および試験工施工地、施工仕様の決定

昭和40年度 現地試験工施工、施工結果の調査

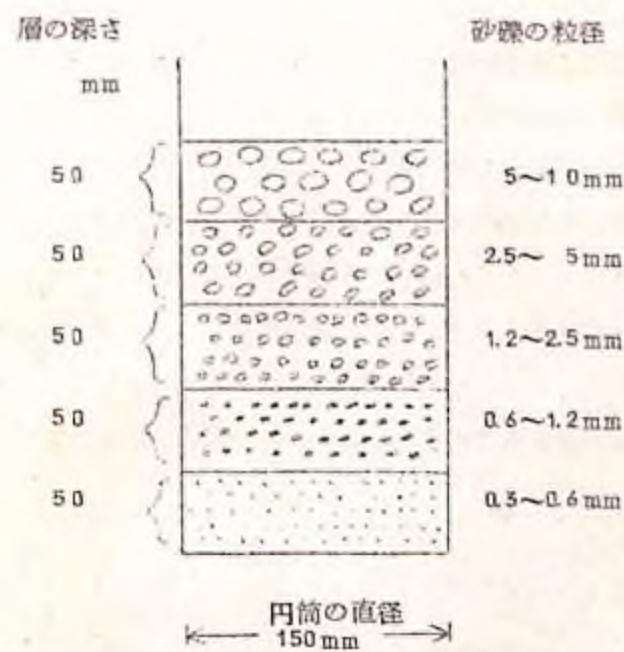
(1) 室内実験の試験方法

(a) 小円筒による室内実験

直径15cm、深さ30cmのポリエチレンの透明な円筒に砂礫を詰めて実験を行なった。

i) 砂礫の粒径とセメントミルクの滲透

0.5, 0.6, 1.2, 2.5, 5, 10, 各mmのふるいを用いてふるい分けをした資料を(第8図)、直径15cmのポリエチレンの透明な円筒に5cmずつ5層に分けて細かいものから順に詰める。円筒の底部には水および空気の流出が支障なく行なわれるよう直径5mmの穴を約20個あけ、また詰めた砂が流出しないように木綿布を底に敷く。資料を詰め終った円筒を水中に沈め、各部に水がゆきわたった後、水から引き上げ、10分間放置する。これに1ℓの水を注ぎその90%の0.9ℓの水が底部の穴から流れ出すのに要する時間を計測し、各円筒の砂礫の詰め方が同じ状態であることをたしかめる。セメントミルクは水セメント比50%, 100%,



第8図 砂礫の粒径とセメントミルクの滲透

第14表 セメントミルクの配合

セメントミルクの配合			
	セメント(c)	水(w)	w/c率
1	1 Kg	0.5 ℥	0.5
2	1 Kg	1.0 ℥	1.0
3	1 Kg	1.5 ℥	1.5

150%の3種(第14表)を用い円筒の上部から注ぐ。

ii) 砂と礫の混合物に対するセメントミルクの滲透

i) と同じ円筒を用いて、セメントミルクが十分に滲透する1.0~5mmの礫と滲透しない1.2~0.6mmの砂とを混合した場合、その重量混合比と水セメント比をいずれも変化させてセメントミルクの滲透を試験した。

また、砂の粒径を0.6～0.3mmのさらに細かいものに変えて同様の実験を行なった。

(b) 大型実験槽による注入実験

現地に於ける施工の際の問題点を見出すために縦1,200×横800×深1,200mmの木製の実験槽に砂礫の混合物約1m³を詰めて実験した。砂は川砂で最大寸法5mm、砂利は川砂利で最大寸法50mmで、砂の量は注入可能な条件、すなわち砂率($\frac{\text{砂}}{\text{砂+砂利}}$ とした重量比)20%とした場合を主に行ない、混合した砂礫を箱に詰めた後十分水を加えて湿润にし水セメント比50%～80%のミルクを注入した。

注入に用いたミキサーは100L×2槽並列式、ポンプはローター式モルタルポンプ能力30～50L/min、実用最大圧力20kg/cm²のものを用い、サクションホースを注入管に連結してセメントミルクを圧送する。注入管の先端は深さの $\frac{2}{3}$ 迄突き込んでセットする。

(2) 室内実験の経過と成果

(a) 小円筒による室内実験

i) 砂礫の粒径とセメントミルクの滲透

実験結果は第15表の通りである。

第15表 砂礫の粒径とセメントミルクの滲透

W/C	10～5	5～2.5	2.5～1.2	1.2～0.6	0.6～0.3
0.5	○ 一部に空隙	○ 上層1～2cm	×	×	×
1.0	○	○ 水のみ滲透した所が多い	△ 上層1～2cm	×	×
1.5	○	○	○ わずかのセメントが全体に不均等に滲透	△	×

○：滲透して強度が期待できる。

△：滲透しているが充分固まる程でない。

×：滲透しない。

この結果次のことがいえる。

(1) 2.5mm以下の粒径の砂には水セメント比1.0より濃いセメントは滲透し難い。

(2) 2.5mm以上の粒径の砂にはセメントが滲透する。

ii) 砂と礫の混合物に対するセメントミルクの滲透

実験結果は第16表および第17表の通りである。

第16表 10～5mmの礫と1.2～0.6mmの砂の混合物に対するセメントミルクの滲透

W/C	砂率 15%	20%	25%	30%	35%
0.7	○	△	×	×	×
1.0	○	○	○	○	△

○：滲透して強度が期待できる。

△：滲透しているが充分固まる程でない。

×：滲透しない。

第17表 10～5mmの礫と0.6～0.3mmの砂の混合物に対するセメントミルクの滲透

W/C	砂率 15%	20%	25%	30%	35%
0.7	○	△	×	×	×
1.0	○	△	△	×	×

○：滲透して強度が期待できる。

△：滲透しているが充分固まる程でない。

×：滲透しない。

この結果と他の各種実験結果から次のことが云える。

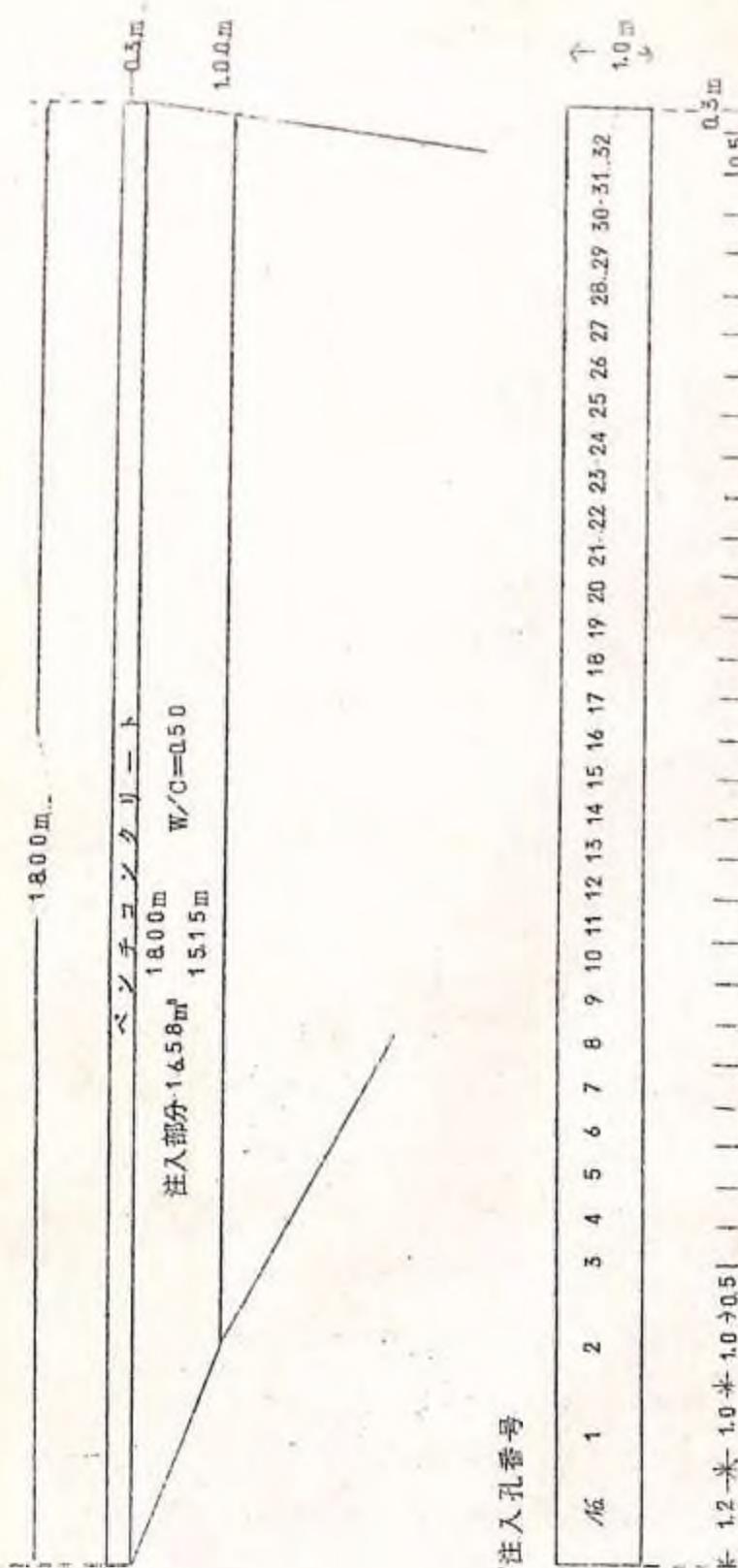
(1) 2.5mm以下の粒径の砂の混入割合が50%を超えるとセメントはほとんど滲透

しない。

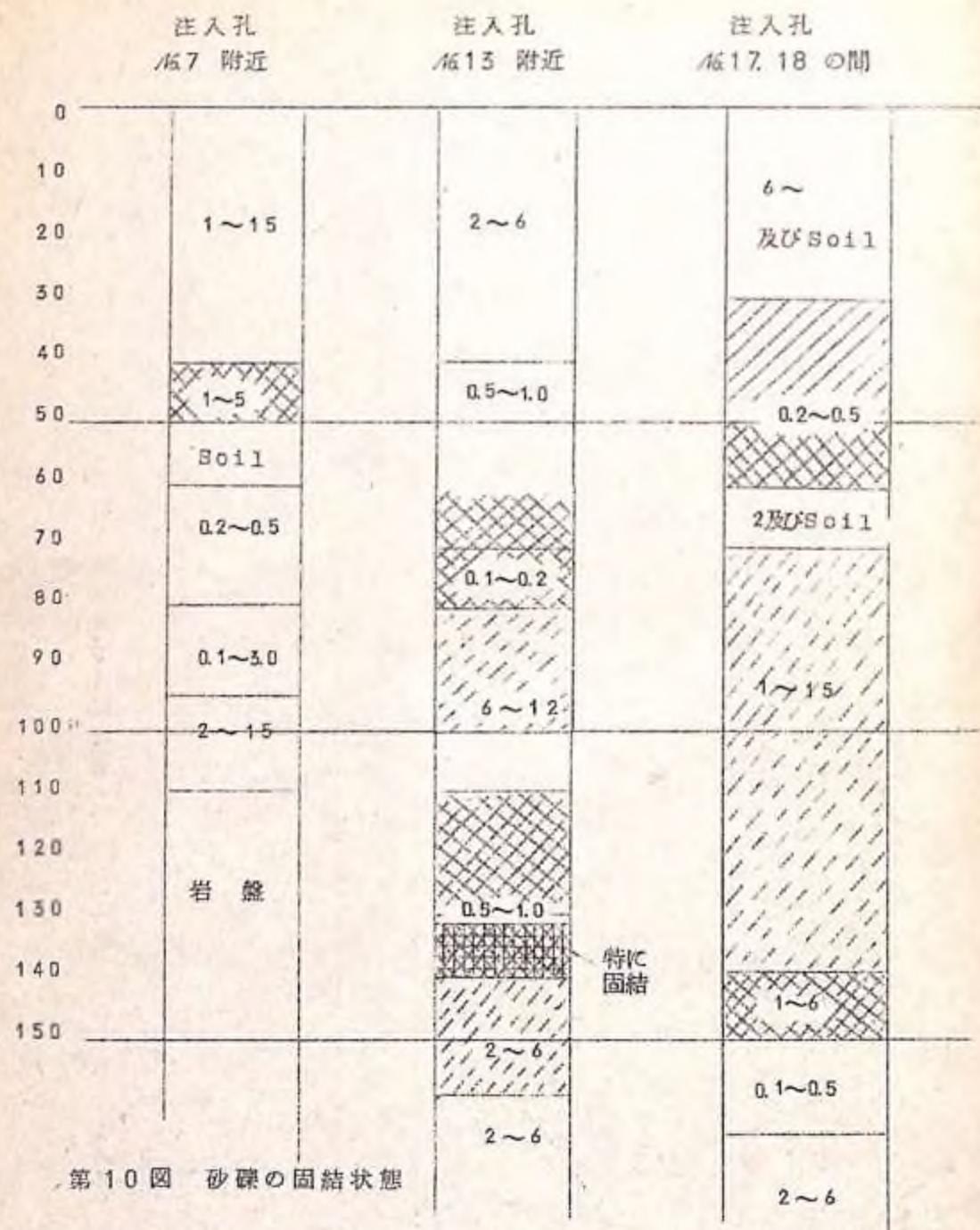
- (e) 2.5 mm以下の粒径の砂の混合割合が30%以下であっても0.6 mm以下の細かい粒径の砂が多い場合はセメントは滲透し難い。
- (f) 2.5 mm以下の粒径の砂の混合割合が20%以下の場合はセメントが滲透する。
- (g) 注入するセメントミルクはうすい程滲透しやすい。
- (h) 乾燥した砂礫は湿润を砂礫にくらべてセメントが滲透しにくい。
- (i) 粒径5 mm以上の礫が90%以上の砂礫ではセメントミルクが砂礫の間隙を流下してしまって間隔が充填されずに残る。
- (j) 砂礫の空隙率はセメントミルクの注入量に関係するが同一資料で詰め方を変えた場合以外は空隙率とセメントミルクの注入量の間には直線的な比例関係はない。
- (b) 大型実験槽による室内実験
- (k) 水セメント比が80%より大きいセメントミルクは流動性が大きく木製の箱の隙間(1~5 mm)から流失するセメント分が多い。
- (l) 水セメント比が70%より小さいセメントミルクは注入管を伝わり砂礫上面へ噴出する。
- (m) 5 mm以下の砂の割合が30%以下ならばセメントミルクが滲透して固結し得る。
- (n) 5 mm以下の砂の割合が30%以下であっても水セメント比40%程度の濃いセメントミルクは砂礫全体に滲透せず注入管附近に集中する。

(3) 現地適応試験工の施工

試験工施工予定地として東京宮林局並無治山事業所管内の赤蘿、二つ蘿の二ヶ所をえらんで調査した結果、砂率(2.5 mm以上)、および土壌混入割合が小さい二つ蘿を試験地に定めて施工した。室内実験で問題になった上方への噴出を防ぐために地表面に厚さ30 cmのコンクリート板(ベンチコンクリート)を打設した。また水セメント比は砂礫調査の結果から50%, 60%の2種を考えたが注入の結果砂礫の空隙が大きくセメントの流失が著しかったため水セメント比50%のみで施工した。施工は第9図により行なわれた。すなわち巾1 m厚さ30 cm長さ18 mのベンチコンクリートを地表面に打設しこれに50 cm~1 m毎に0.5 mおよび1 mの深さの穿孔を行ない1孔当たりにセメント250 kg水125 lのセメントミルクを注入した。予定量を注入し終ってもセメントミルクがまだ入り得る注入孔が多かったので8, 9, 19, 20の2ヶ所4つの注入孔については最初に注入したセメントが硬化した後に再注入を行なうこととした。また



第9図 セメントミルク注入による簡易渓床固定法施工図面



1. 数字はcm単位で 中には砂礫の径を示す。

2. Xは固結した部分

/\は弱いが固結した部分

■はミルクが通過したがほとんど固結しない部分

セメントの沈積を防ぎ、流動性を増すために混和剤としてポゾリスル5を使用した。

(4) 現地適応試験工の成果と結果

注入孔#2, 3の間, #5, 6の間, #19, #27, 28の間の4点の断面と, #67~16の間の大部分を観察した。

第10図の1~3に例を記載する。

これらの観察結果から,

(1) 2mm以上の径の砂礫より成る層はセメントミルクが通り得る。

(2) 土壌または1mm以下の砂より成る層は一般にセメントミルクが通らず、従ってその上部の比較的径の大きな砂礫の層の部分を固結している例が非常に多い。

(3) 縦断面の観察では地中の砂礫の層に沿ってセメントミルクが10m以上層状にひろがっているのが見られた。これは施工箇所が山腹中腹にあり約30度の急傾斜を持つために自然流下で通過しやすい層を通って流れたものと思われる。

(4) ベンチコンクリート直下の40cm~50cmの厚さの砂礫の部分はセメントミルクが行きわたらない。

(5) 5mm以上の大径の礫を多く含む層はセメントミルクが到達しても止まることができずに通過してしまう。

などが分った。

(B) 丹沢地区(薬液併用によるセメント注入による簡易渓床固定の試験)

(1) 昭和41年度 現地適応試験工施工地の決定

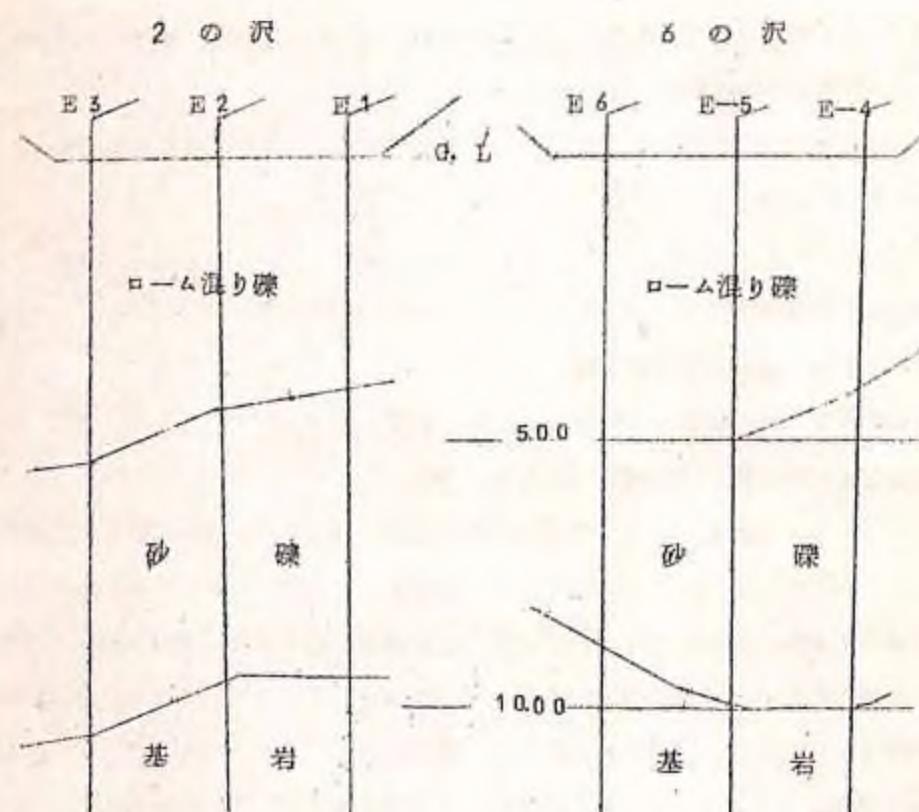
昭和42年度 室内実験および現地適応試験施工

(1) 現地適応試験工施工地の調査と施工地の決定

セメントミルク注入工の施工箇所は、幕張沢左岸の二の沢出口および六の沢出口に選定した。41年度はセメント薬液併用による注入工の可能性をたしかめるために、テストピット1ヶ所、電気探査3点の渓床地下断面調査を行なった。調査方法は二の沢、六の沢の各々において、施工位置中心線上に電気探査を3点ずつ行なった。測点間隔は二の沢は3m間隔、六の沢は2m間隔とし、測定深度は15mまでとした。テストピットは電気探査線より約3m下流側に設置し、地下3.5mまでの間の砂礫構成割合の変化を観察すると同時に深さ0.5mごとに資料を採取し、各種試験を行なった。また、渓床堆積の移動を調査するために各テストピット内に小判型の石を埋設し、今後隨時観察することにした。

渓床の砂礫の調査結果は第11図の通りの構成状態を示し、またその透水系数は二の沢、六の沢とも 1.0 cm/sec と渓床の砂礫ばかりで透水性が高いことがわかった。このため、試験施工は主としてセメントを注入材料として用いることが適当と思われるが、一方では透水性の高い層が地下10m附近までつづき、不透水層がみあたらないので、地下2m附近までのセメント注入を考えた場合には、それ以上の範囲にわたってセメントが多量に滲透するおそれがある。したがって、固結時間を自由に調節し得る薬液を選択して注入材料の流出を防ぐ必要があるなどが明らかになつた。

砂礫構成状況、流水状況から試験地として二の沢を施工地に決定した。



第11図 溪床地下断面図

(2) 施工仕様決定のための室内実験

現地の渓床の砂礫調査の結果は、 1.0 cm/sec ときわめて透水係数が高く、セメントを主体とする注入が適当と考えられるので薬液はセメントを注入予定範囲に止めるためとセメントの滲透が期待できない1mm以下の砂層を固結するために使用することとした。このような目的のために薬液には固結時間の調節が自由にできるアクリルアミド系薬液日東SSを用いることにした。

使用器具は釜無地区の(1)a)で用いた直径15cm深さ30cmの円筒に砂と礫をつめたものおよびピーカーである。

(3) 室内実験の成果と結果

(1) セメント併用の場合の薬液の使用濃度は低い程セメント硬化後の強度が大きいがセメントの注入予定範囲からの漏亡を防止するためには薬液の濃度を5%以上にする必要がある。

(2) 大径の礫の間隙をセメントが漏亡するのを防ぐには併用する薬液の固結時間を1~5分程度の短時間に固結するようセットしなければならない。

(3) 1~3分の短時間のセットはかなり固結時間が不安定である。

(4) 現地適応試験工の施工

釜無地区に於ける現地適応試験、その後の薬液併用によるセメント注入の室内実験の成果を用いて現地適応試験第12図の施工仕様を次のように定めた。

(1) 厚さ50cmのベンチコンクリートを打設し上方への注入材料の噴出を防ぐ。

(2) 50cm間隔にボーリングを行なって注入孔とする。

(3) 薬液併用のセメントミルクを下層から上層へと注入し、セメントの硬化を待つて次に薬液を下層から上層への順に注入する。

セメントに併用する薬液の濃度は5%，単独で使用する薬液の濃度は10%とする。

(5) 現地適応試験の成果と結果

68と9の間、13と14の間の2ヶ所についてコアーボーリングをしたがコアが取れる程の強度は出ていなかったため手掘りによる断面観察を行なった。

注入の効果は注入部分の不透水化となってあらわれ從来渓床以下を潜流していた沢水が注入完了後、ベンチコンクリート上部を流れるようになった。

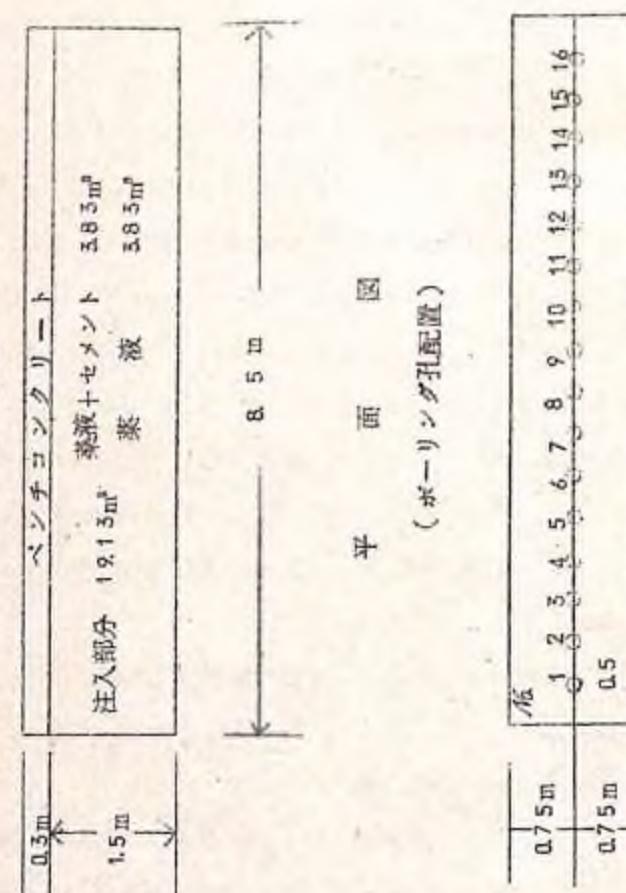
砂礫の固結については

(1) 間隙の大きい粗粒層はセメントにより固結されかなりの強度を持っている。

底盤

正面図

側面図



第12図 セメント注入(薬液併用)による簡易渓床固定法施行面
(丹沢地区)

(ロ) セメントの滲透し難いと思われた砂層も1mm以上の砂にはセメントがまわって薬液の滲透性の良さがセメントの滲透を助けた様子が見られる。

(ハ) セメントの滲透しない1mm以下の砂層には薬液が滲透しているがその強度は低い。

(イ) 土壌の固まりの部分は薬液も充分滲透せず固結した状態は見られない。

(ウ) ベンチコンクリートの下面3.0cm～5.0cmは充分薬液またはセメントが滲透しているがその下部に注入がやや十分でない所が見られる。

などの点が明らかになった。

c) まとめ

釜無地区の試験結果を総合した結果セメント注入による簡易渓床固定法にはなお次のような点を解決する必要があることが分った。

(1) セメントミルクが注入予定範囲外に流出してゆかぬよう手段を講ずる。

(2) 土壌あるいは1mm以下の砂層を固結する方法を考える。

(3) 3cm～5cmの層を固結するために浅い部分を対象にして再度注入を行なう。

丹沢地区での各種実験を総合して次のことが言える。

(1) 土壌のない砂層の渓床ならば薬液とセメントを併用注入することによって固結させ得る。ただし大きな強度は期待できない。

(2) 土壌を多く含む砂層は薬液を用いても固結させることは不可能である。

(3) 間隙が大きすぎてセメント漏れの恐れのある砂礫層はセメントに併用する薬液の固結時間を短くすることにより固結し得るがロスを相当見込む必要がある。

(4) 従って土壌を多く含まない砂礫層から出来ている渓床はセメントに薬液を併用する注入によって固定し得るが薬液のみによって固結された砂層の部分は耐侵蝕性、支持力の点で多くを期待できない。セメント注入による簡易渓床固定法は仮締切堤堰や低い床固め等の基礎として適用の可能性がある。

4. こんごの問題点

1) 新緑化工の試験設定は、各工種ごとの標準的施工内容に限られているため、適応性の検討は一応の目やすを得るにとどまっている。適応範囲をくわしく判定し立地条件に応じた施工基準を得るには、さらに、地帯別・地況別、施工内容・施工時期別等に検討することが必要である。

現在の社会的情勢からは、復旧工法の省力的施工が強く要請され、したがって綠化資材や機械などの省力的開発・改善が今後の重要な課題である。本試験を通じてもっとも省力的な工法は、被覆材料をともなう面状工法で、これらは予期以上に綠化構成がすみやかであったが、綠化材料（種子・肥料・用土・その他補助材料）や施工の技術あるいは保育方法等に関する研究をすすめて、立地条件別に施工方法を確立することがのぞまれる。

2) P N C 板工は構造が簡単で組立施工も容易であるなどの利点を有する反面、従来のコンクリート擁壁や鉄筋コンクリート擁壁に比べて、その設計基準が十分に確立されているとはいえない。P N C 板工の崩壊は主として豪雨や地震の影響によるものと考えられるので、こんごはこれらの重要な因子の測定も合せて行なって、P N C 板工の安定性を研究、検討する必要がある。

3) セメントミルク注入による簡易渓床固定方法の、(a) 注入材料については、2.5mm以下の粒径の砂層あるいは土塊層を固結して今回使用の日東S.S.以上の強度を示すような注入材料があれば、その使用法の研究がのぞまれること。(b) 施工については、注入予定範囲外に流出する注入液の量を、どのくらい見込めば予定範囲を完全に固結できるか。などはこんごさらに検討されるべき点である。