

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 夫
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、どのてい
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、その究明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釜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：蓋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：釜無地区試験工施工，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。釜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。釜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、釜無治山事業所・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。ここにあらためて深謝の意を表する。

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

は岸岡が行なった。セメントミルク注入による簡易溪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は岩川・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、ベジタイなどは帯状で肥土をとまなう形式であり、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ま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）。

試験工種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釜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。各地区とも前述のような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。

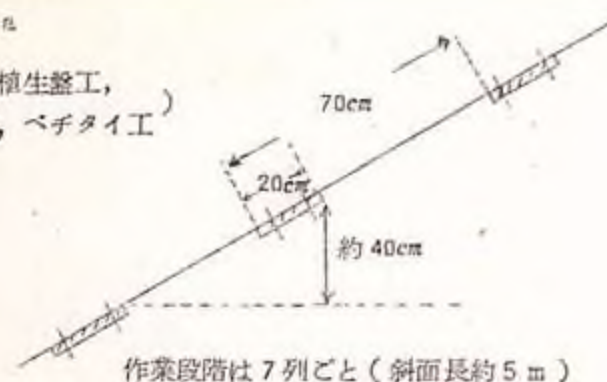
試験地を設定した斜面は、基岩もみられる石礫土の斜面とローム質土壌の斜面とに大別され、前者の上部斜面は施工の際は法切地ならしが行なわれて、基岩が露出し、土壌はう

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 (K・31・F)	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	"
	ススキ	0.05	"
	ヨモギ	0.05	"
(2) 植生袋 工	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	"
	ススキ	0.2	"
	ヨモギ	0.2	"
	肥 料：林スーパー化成1号	6.5	"
	壤 土：	0.004	m ³ /袋
(3) ベジタ イ工	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	"
	ススキ	0.08	"
	ヨモギ	0.08	"
	肥 料：林スーパー化成1号	3.5	"
(4)ロンタ イ工	種 子：添付種子		
	肥 料：添付化成肥料 (14:7:12)	15.0	g/m
(5) 被覆剤 吹付工	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
(6) 被覆網 工	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	"
	ウィーピング・ラブ・グラス	1.0	"
	ススキ	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		

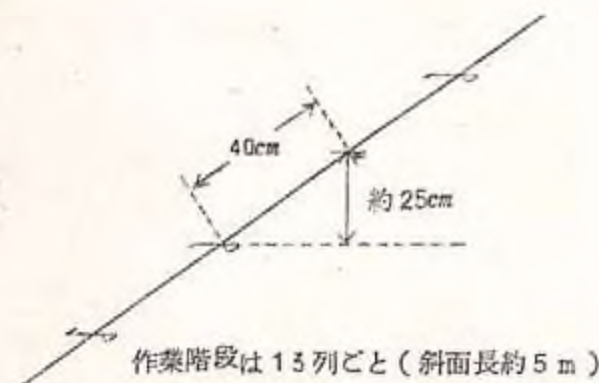
第1図-a

(ヒドゲン植生盤工,
植生袋工, ベチタイ工)



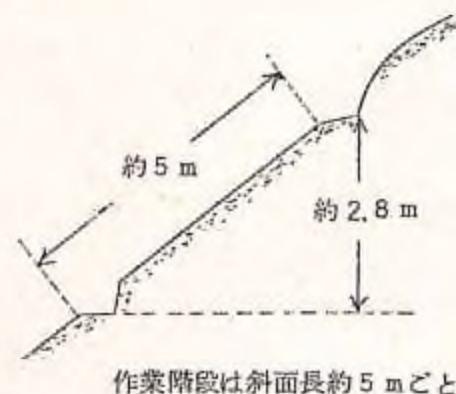
第1図-b

(ロンタイ工)



第1図-c

(被覆剤吹付工)



第1図-d

(被覆網工)



すく乾燥し貧乏なところである。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壌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る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である。

(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(赤羅)および西面(二つ羅)、傾斜は $34^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 、海拔1,000~1,200m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0.01~0.02haに設定された。

第 2 表 気 象 観 測

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	20mm 以上
40. 7	23.6℃	33.0℃	13.0℃	200.7mm	32.3mm	回	回	1回	3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	- 3.5	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	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	3
10	12.1	20.5	0.0	88.4	45.0			1	
11	6.1	19.2	- 7.5	98.5	43.2			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		1	1	1
7	22.1	32.0	10.5	313.7	127.5	1		3	1
8	23.5	32.5	14.0	51.0	20.0				1

- ・釜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。

測 (釜 無 地 区)

10mm 以上	10mm 以下	晴 天 日 数	降 水 日 数	降 雪 日 数	備 考
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，初氷。
1	1	26	4		1日，初雪。
1	11	21	14		
	4	18	7	3	
		22	1	3	4日，積雪23cm(今冬最高)。
2	1	18	5	2	
5	5	17	15	2	
4	7	16	11		
2	3	23	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号に伴なり梅雨前線豪雨。
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29cm(今冬最高)。25日，-1度。
	2	23	4		以後零度以下なし。
	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		

I区——法切斜面（赤雑）……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（赤雑（II区）、二つ雑（III区））……角礫が複雑に混じっ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（赤雑）

V区——ローム堆積斜面（赤雑）

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。

(b) 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稜線の西側に面し、箒杉沢支流大金沢の最上流で、地質は箒杉沢累層（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35～38°、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受け、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棒で検討した。

(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おり、試験予定地も被害を受け、その補修作業が行なわれたが、その後も7月中旬まで長雨が続き作業が遅れたため、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、連日晴天が続き、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、III区（二つ雑）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壊土砂が流出して、試験地全般がこの影響を受け、試験継続が不可能となったため、やむを得ず調査を中止した。

(b) 丹沢地区試験地

丹沢地区の施工は、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、試験地に著る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

釜無地区の植物被覆状態の調査は、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ったため、成長期間が短かく各工種とも十分な被覆状態ではなかった。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態は、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 \ 区	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	37	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、3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ベ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、

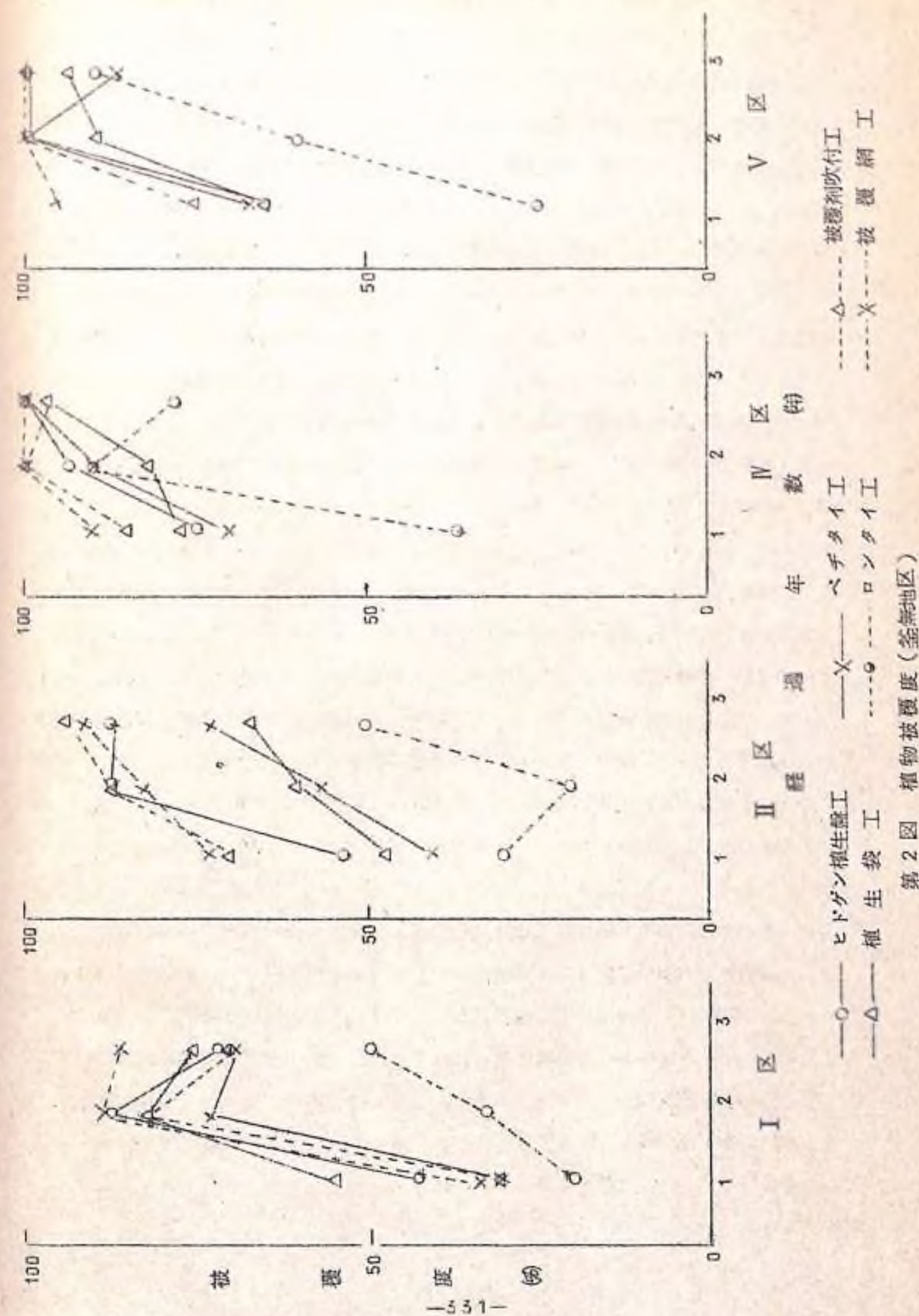
第4表 成長量(草丈・釜無地区)

40年10月

工種	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
(1) ヒドゲン植生盤工	1.8 ^{cm}	1.4 ^{cm}	1.4 ^{cm}	2.8 ^{cm}	2.6 ^{cm}
(2) 植生袋工	2.1	2.5	1.4	3.0	3.6
(3) ベヂタイ工	2.1	1.5	1.4	2.8	4.1
(4) ロンタイ工	2.0	5	9	1.8	2.8
(5) 被覆剤吹付工	2.4	2.3	1.6	2.8	3.3
(6) 被覆網工	2.3	1.7	2.3	3.7	3.3

第5表 植物被覆度(釜無地区)

工種	経過年	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) ベヂタイ工		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



50%以下の被覆状態であったが、2年目および3年目は、ロンタイ工以外は60~90%となつたが、3年目には被覆状態がやや劣るよう観察された。地積礫質地(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3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、ベヂタイ工は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%以外は施工初年目ですでに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った。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。

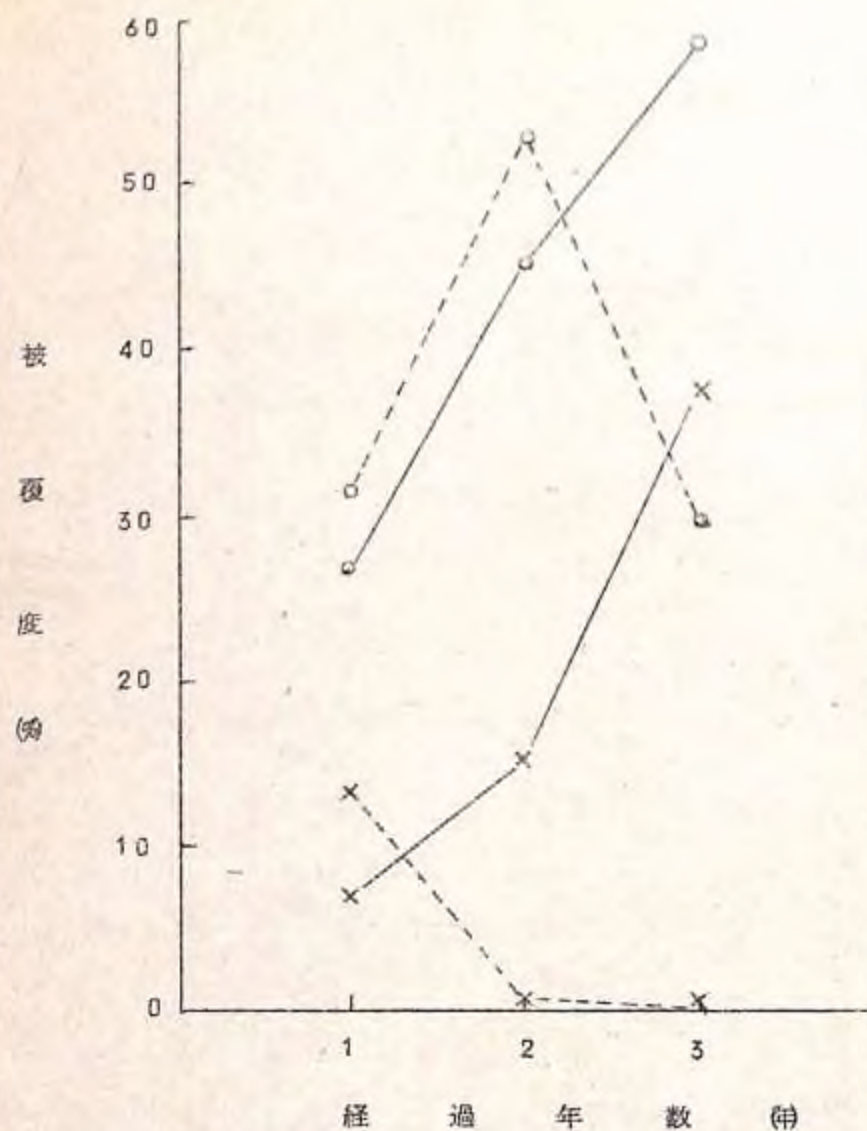
侵入植物は第7表のとおりであるが、3年目の出現数は30科85種であった。このうち多数出現する種はヨモギおよびイタドリで2種で、とくに褐色ローム地のⅣ、Ⅴ区でよく繁茂している。

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、また冬期間を経っ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、帯状客土工法のヒドゲン植生盤工、植生袋工およびベヂタイ工は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	K・31・F					W・L・G					O・G					ヨモギ				
			Ⅰ					Ⅰ					Ⅰ					Ⅰ				
			Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ	Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
4.0.10	(1) ヒドゲン植生盤工	工	27	22	45	32	5	4	18	13	23	20	27	22	32	40	20	4	5	10	5	5
	(2) 植生袋工	工	43	35	55	43	2	2	17	8	32	32	32	28	45	32	4	4	3	6	6	6
	(3) ベヂタイ工	工	27	23	38	28	5	5	16	8	33	38	20	20	35	38	5	5	3	5	5	5
	(4) ロンタイ工	工	20	20	22	25	5	5	10	3	8	5	5	5	5	5	5	1	1	1	1	1
	(5) 被覆剤吹付工	工	23	48	42	33	2	2	5	23	28	28	15	31	45	38	10	10	7	27	14	14
	(6) 被覆網工	工	23	48	63	60	2	2	28	7	18	68	18	37	60	68	9	5	5	11	15	15
4.1.11	(1) ヒドゲン植生盤工	工	48	78	33	50	1	1	0	0	1	40	78	28	63	40	18	22	13	13	14	14
	(2) 植生袋工	工	60	58	37	63	0	0	0	0	2	43	53	27	65	43	7	2	10	10	30	30
	(3) ベヂタイ工	工	53	28	45	30	0	0	0	0	2	83	40	18	75	83	3	5	5	3	12	12
	(4) ロンタイ工	工	33	20	90	40	0	0	0	0	7	23	5	5	50	23	1	1	1	1	1	1
	(5) 被覆剤吹付工	工	22	66	65	70	2	2	0	3	0	95	22	32	50	95	7	7	7	70	53	53
	(6) 被覆網工	工	62	78	83	55	0	0	1	0	0	75	62	32	40	75	6	12	20	20	10	10
4.2.9	(1) ヒドゲン植生盤工	工	25	33	18	5	0	0	0	0	0	15	58	68	45	15	12	37	70	23	23	23
	(2) 植生袋工	工	37	20	20	23	0	0	0	0	0	62	52	55	82	62	10	13	35	44	44	44
	(3) ベヂタイ工	工	27	32	28	45	0	0	0	0	0	68	50	47	78	68	7	32	13	13	33	33
	(4) ロンタイ工	工	50	40	35	10	0	0	0	0	0	5	13	40	29	5	1	1	1	1	1	1
	(5) 被覆剤吹付工	工	17	30	33	45	0	0	0	0	0	100	60	68	73	100	13	20	60	60	100	100
	(6) 被覆網工	工	24	22	53	35	0	0	0	0	0	97	68	88	88	97	14	36	92	92	48	48



第7表 侵入植物 (種類数・釜無地区)

(B)

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) ベヂタイ工	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9表 土砂移動量(丹沢地区)

t/m²

工種 \ 区	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	1.9.4	2.7.8

土壌: 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、土壌条件のよい斜面では、他工種とあまりかわらない。

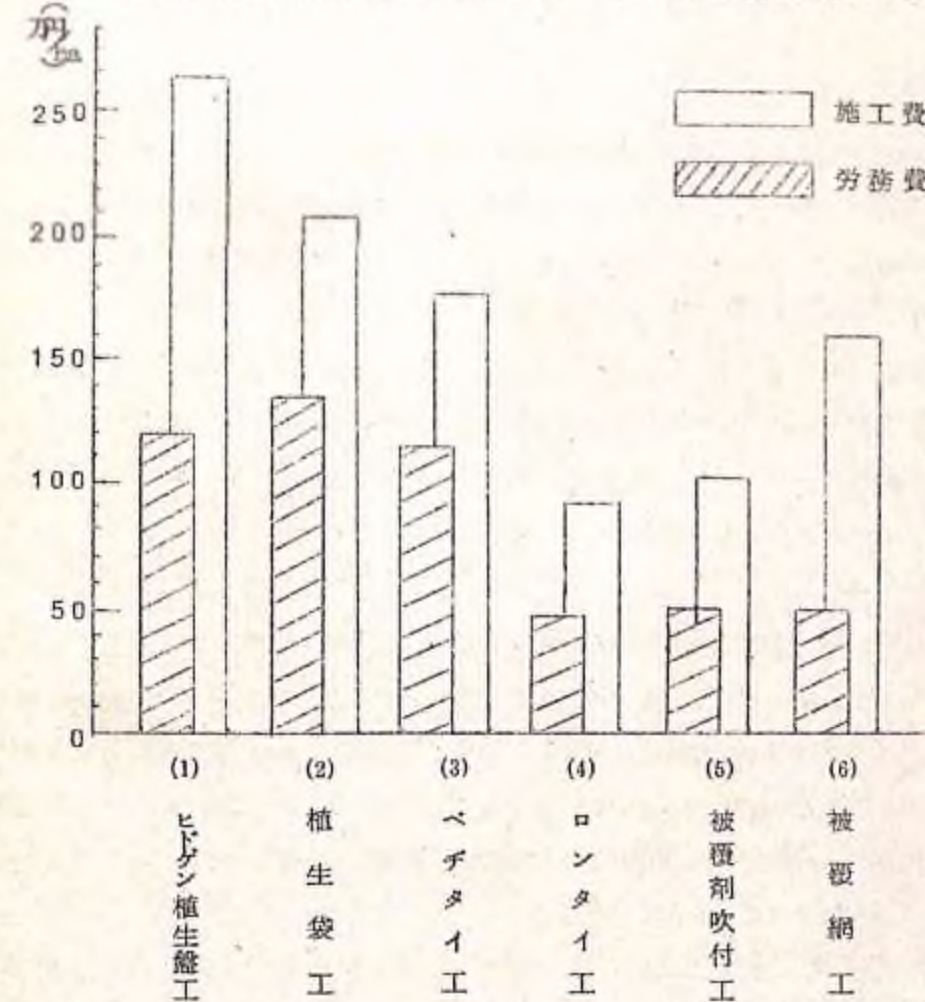
(c) 施工費

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およそその値であるが、施工地の立地条件により施工の難易に大差があり、法切急斜面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った。

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、植生盤の運搬や土壌の練合せ、詰合せなどの工程に労力のかかる工種であり、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、比較的低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

(haあたり千円)

工 種	労 務 費	資 材 費	計
(1) ヒドゲン植生盤工	1 2 3 1	1 4 9 8	2 7 2 9
(2) 植 生 袋 工	1 3 3 0	7 5 4	2 0 8 4
(3) ベヂタイ工	1 1 2 7	6 8 4	1 8 1 1
(4) ロンタイ工	5 3 3	3 8 1	9 1 4
(5) 被覆剤吹付工	6 4 6	4 0 0	1 0 4 6
(6) 被 覆 網 工	6 2 5	8 9 9	1 5 2 4

(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壌条件はかなり劣悪な地区も含まれ、気象的には凍上が著るしく、また台風による暴風強雨の影響を受け、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えたといえよう。総合的な調査結果は第12表に示した。

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、各種新緑化工について、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) 帯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に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るしい変化は少ない。したがって本試験工のなかではすでにもっとも普遍的に活用される方向にある。しかし、土壌条件の劣悪な斜面では筋間裸地の被覆がおそ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わかれ、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 (区)	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	釜 無 I	△	△	○	×
	II	△	△	△	×
	IV	○	△	△	×
	V	○	○	○	×
	丹 沢	△	△	○	×
(2) 植 生 袋 工	釜 無 I	△	△	○	×
	II	×	×	○	△
	IV	△	△	×	×
	V	△	△	×	×
	丹 沢	△	△	△	△
(5) ベヂタイ工	釜 無 I	△	△	○	△
	II	×	△	×	△
	IV	△	○	×	△
	V	○	△	○	△
	丹 沢	△	△	○	△
(4) ロンタイ工	釜 無 I	×	×	×	○
	II	×	×	○	○
	IV	△	△	○	○
	V	×	×	×	○
	丹 沢	×	×	△	○
(5) 被覆剤吹付工	釜 無 I	△	×	△	○
	II	△	△	×	△
	IV	○	○	○	○
	V	○	○	○	△
	丹 沢	○	○	△	○
(6) 被 覆 網 工	釜 無 I	△	△	△	△
	II	△	△	×	△
	IV	○	○	○	△
	V	○	○	○	△
	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)は地況が著るしく異なるので区別した。

的にみれば初期の被覆密度がうすいことや、急斜面、堅地盤では種子・肥土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、緑化構成が一樣にならないこともある。

(3) すじ状(線状)形態の工種は、堆積緩斜面では施工が簡易な特性が生かされ、道路・堤防等の法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、土壌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。

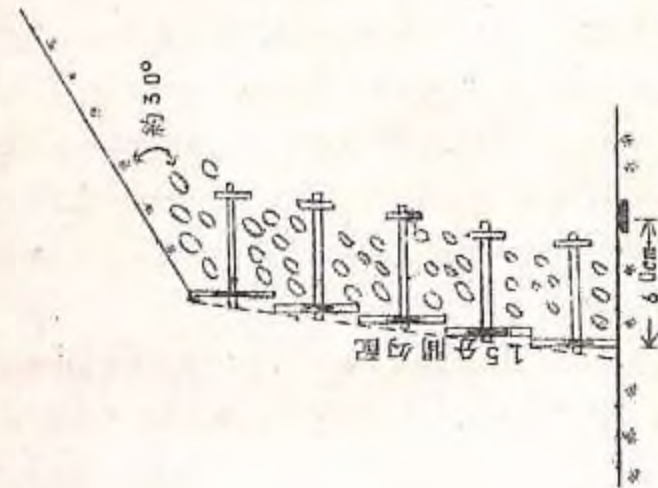
そこで、あらたに丹沢治山事業所管内に、昭和41年10月18日と昭和42年9月27日にそれぞれ5段積、8段積のPNC板工を施工した。施工箇所は玄倉川支流熊木沢の川床しゅんせつ土砂の堆積部である。PNC板の表板と控板の間には石礫を投入し、その間隙および控板背後は土砂で埋戻した。埋戻土砂は礫に富む砂土である。

(2) 土圧計およびその配置

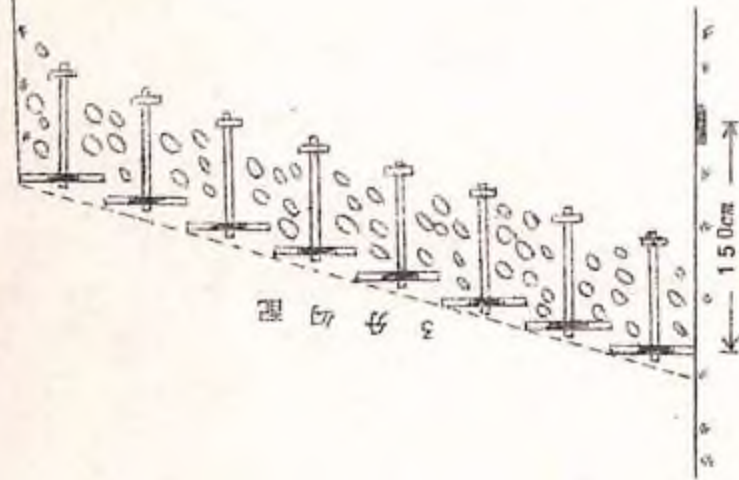
測定に使用した土圧計は坂田電機KK製SPR-156B型受圧器(0.8kg/cm²)である。本器は置針装置を有しているので、測定時までの過去に起った最高土圧をも測定することができる。

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

昭和41年10月18日施工
5段積
横上り 1.5分勾配



昭和42年9月27日施工
8段積
横上り 3分勾配



土圧計
の配置

第5図 PNC板の積み方および土圧計の配置

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。

5) 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。

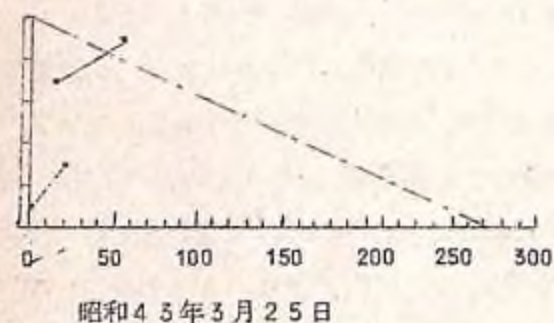
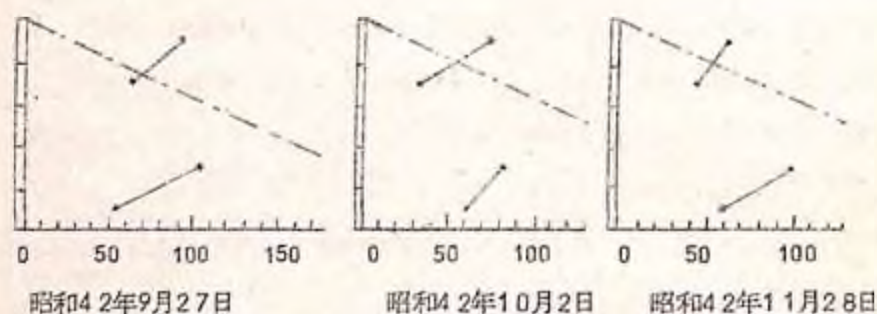
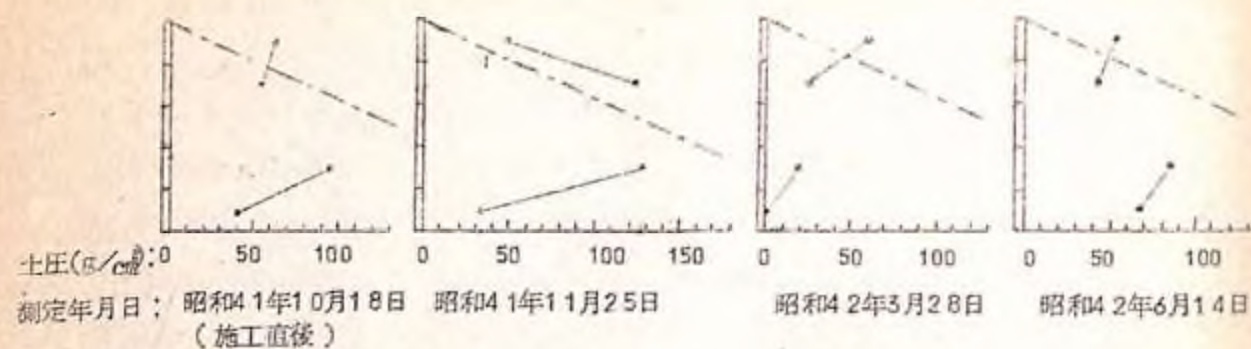
昭和41年10月18日に施工した5段積のPNC板工に設置した土圧計のうち、背面土圧の分布形状を示すのに重要な部分である上から3段目のPNC板に設置した土圧計が設置の直後に故障し、測定不能に陥っている。

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日の两期間内には、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な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。

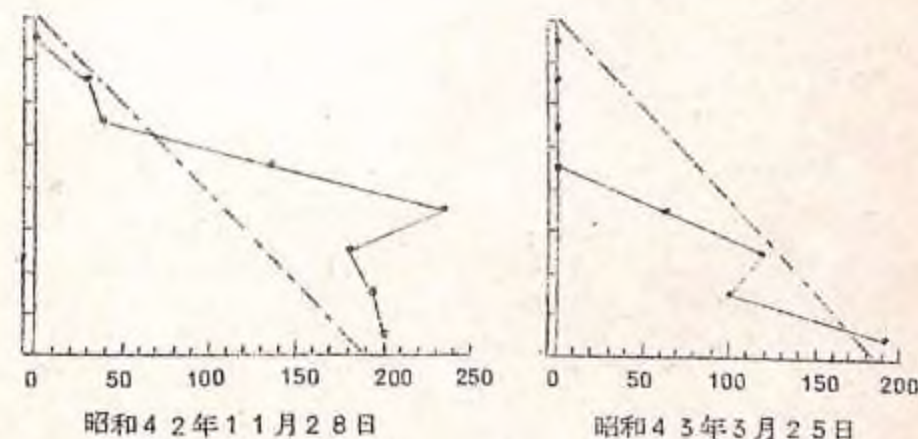
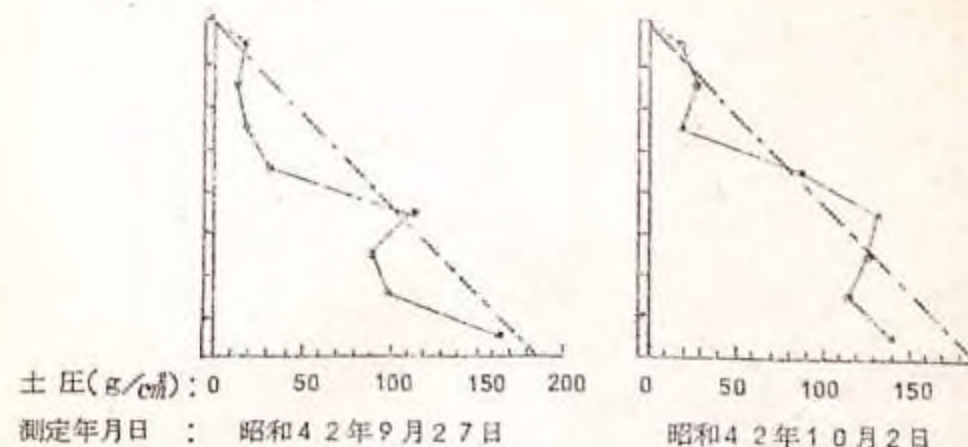
第6図に示す土圧の分布形状より知られるごとく、PNC板に作用する土圧は深度に比例して増大するものとは限らない。5段積みのPNC板工に作用する土圧は静水圧分布と著しく異なっており、施工後40日経過して埋込土砂がかなり安定したと思われる時点においては拋物線状の分布をなしているが、その後昭和42年3月28日の測定時においてはこの



—●—: 測定土圧
 ---: 土の単位重量 $1.8 \text{ g}/\text{cm}^3$
 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

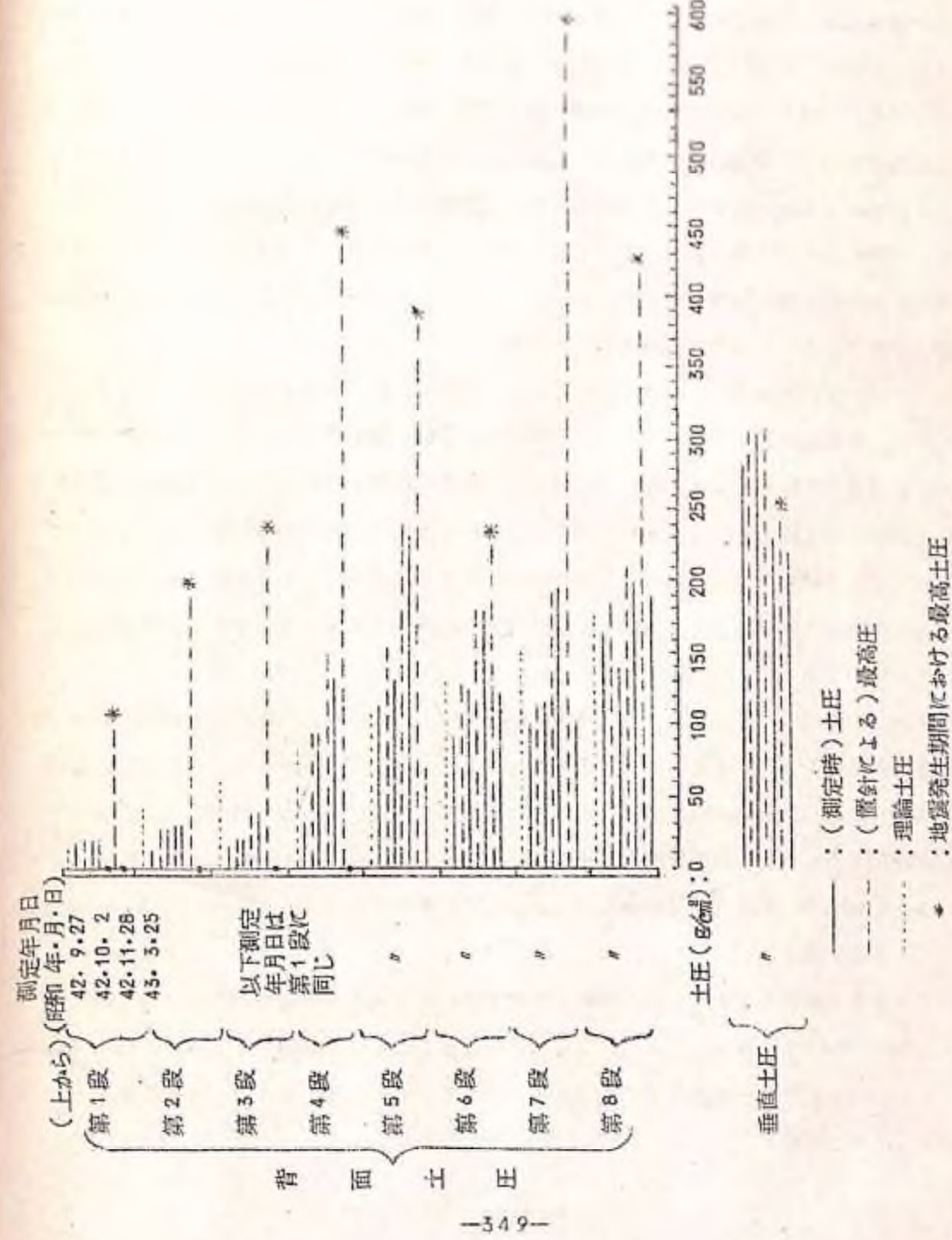
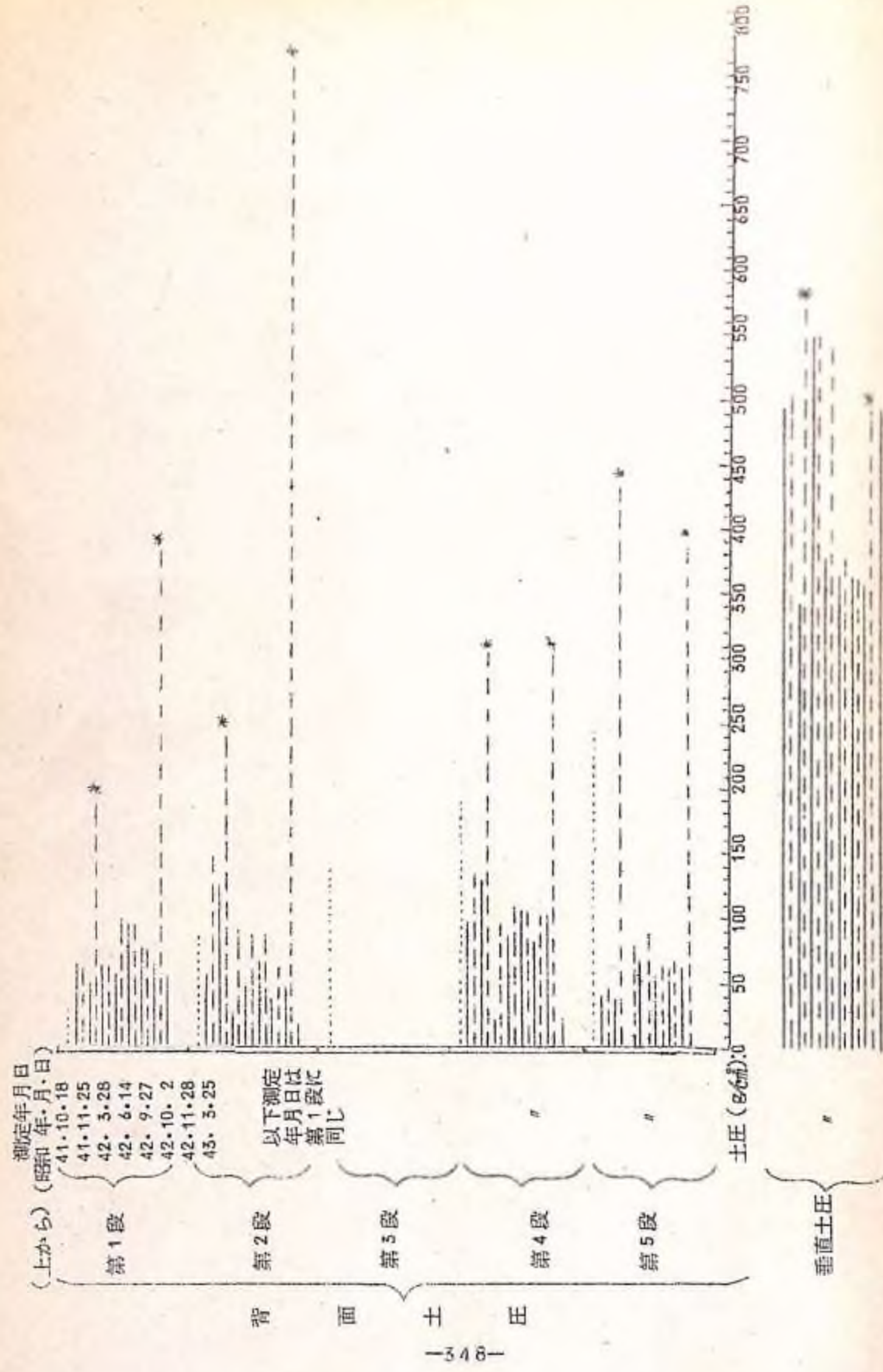
(I) 5 段 積



—●—: 測定土圧
 ---: 土の単位重量 $1.8 \text{ g}/\text{cm}^3$
 内部摩擦角 30°
 地表面傾斜 0°
 壁面傾斜 0°
 壁面摩擦角 0°

とした場合(土圧係数 $K_A = 0.33$)の理論土圧分布

(II) 8 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付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流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 $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ の深度のところに最大値をもつB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 $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ 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、埋込土砂の締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 $\gamma = 1.8 \text{ t/m}^3$ 、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、本例においても一枚のPNC板に2,000 Kp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)(Kp)	理論値 (常時)(Kp)	測定値 理論値
上から 第1段	3 4 5	4 8	7.2
第2段	6 4 5	1 4 4	4.5
第3段	9 9 0	2 4 0	4.1
第4段	1, 6 0 0	3 3 6	4.8
第5段	1, 4 8 0	4 3 2	3.4
第6段	1, 1 7 0	5 2 8	2.2
第7段	2, 0 8 0	6 4 2	3.3
第8段	1, 6 8 0	7 2 0	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礫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 of 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溪床固定法

1) 試験目的

従来、溪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溪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。そこで溪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溪床の簡

易固定をはかることが考えられる。セメント注入による溪床固定法は

- (1) 床掘りの省略による施工期間の短縮
- (2) 砂・砂利運搬量の減少にともなう施工期間の短縮
- (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あったとしても、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溪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溪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溪床固定の試験）

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

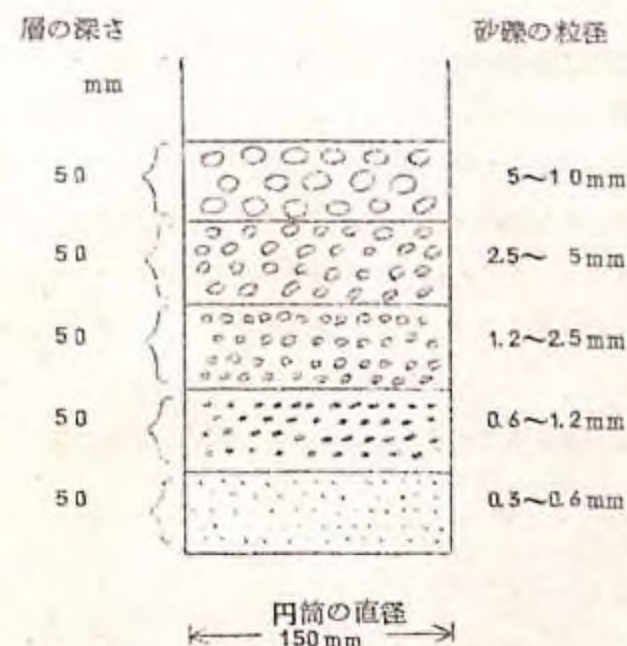
(1) 室内実験の試験方法

(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

0.3, 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に直径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 ℓ	0.5
2	1 Kg	1.0 ℓ	1.0
3	1 Kg	1.5 ℓ	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10~5mm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（ $\frac{\text{砂}}{\text{砂}+\text{砂利}}$ 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潤にし水セメント比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	mm 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。

(i) 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。

(ii) 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。

(i) 2.5mm以下の粒径の砂の混入割合が30%を越えるとセメントはほとんど滲透

しない。

(二) 2.5mm以下の粒径の砂の混合割合が30%以下であっても0.6mm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。

(三) 2.5mm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。

(四) 注入するセメントミルクはうすい程滲透しやすい。

(五) 乾燥した砂礫は湿潤な砂礫にくらべてセメントが滲透しにくい。

(六) 粒径5mm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隙が充填されずに残る。

(七) 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

(ア) 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間隙(1~5mm)から流失するセメント分が多い。

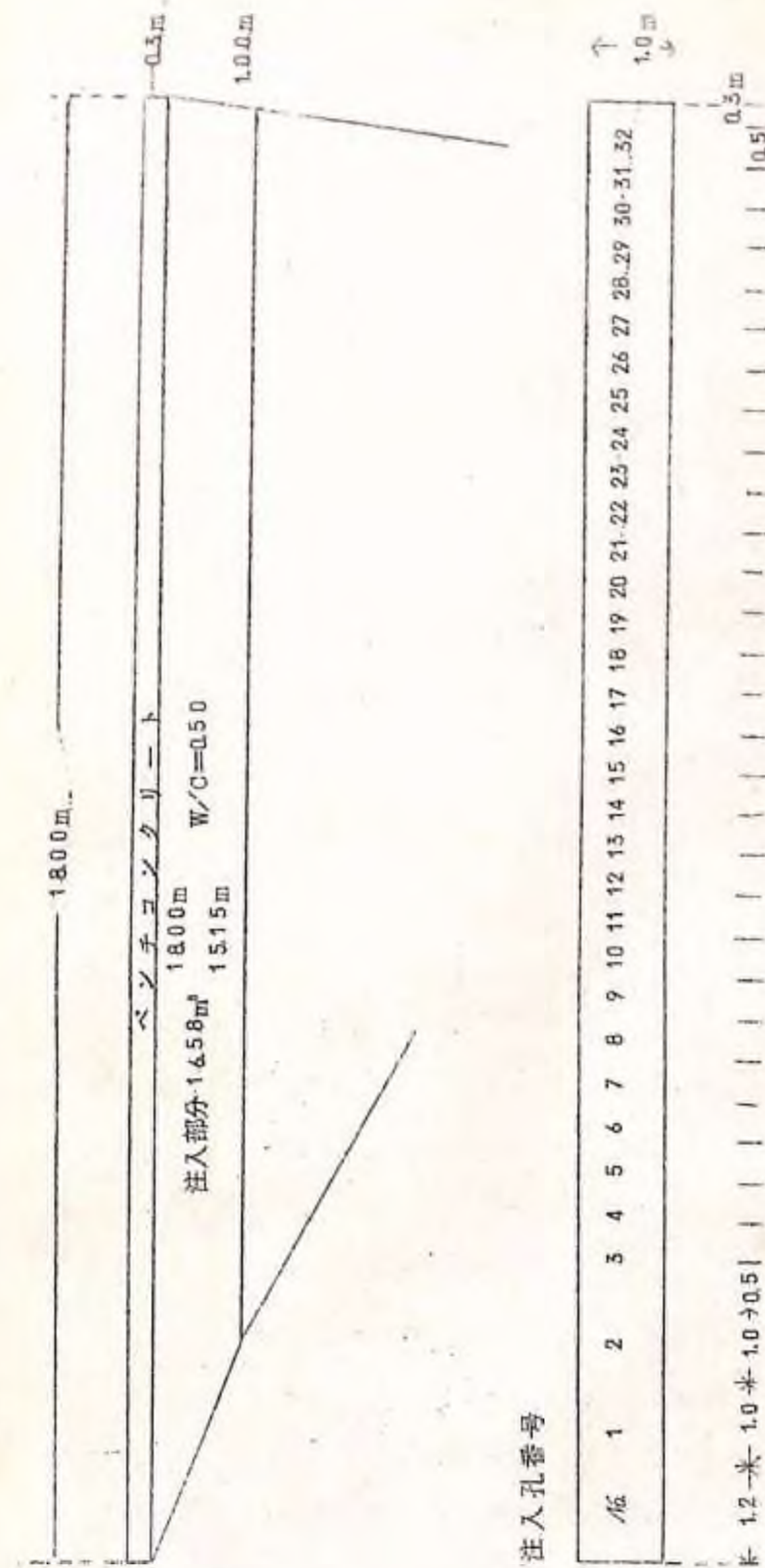
(イ) 水セメント比が70%より小さいセメントミルクは注入管を伝わり砂礫上面へ噴出する。

(ウ) 5mm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。

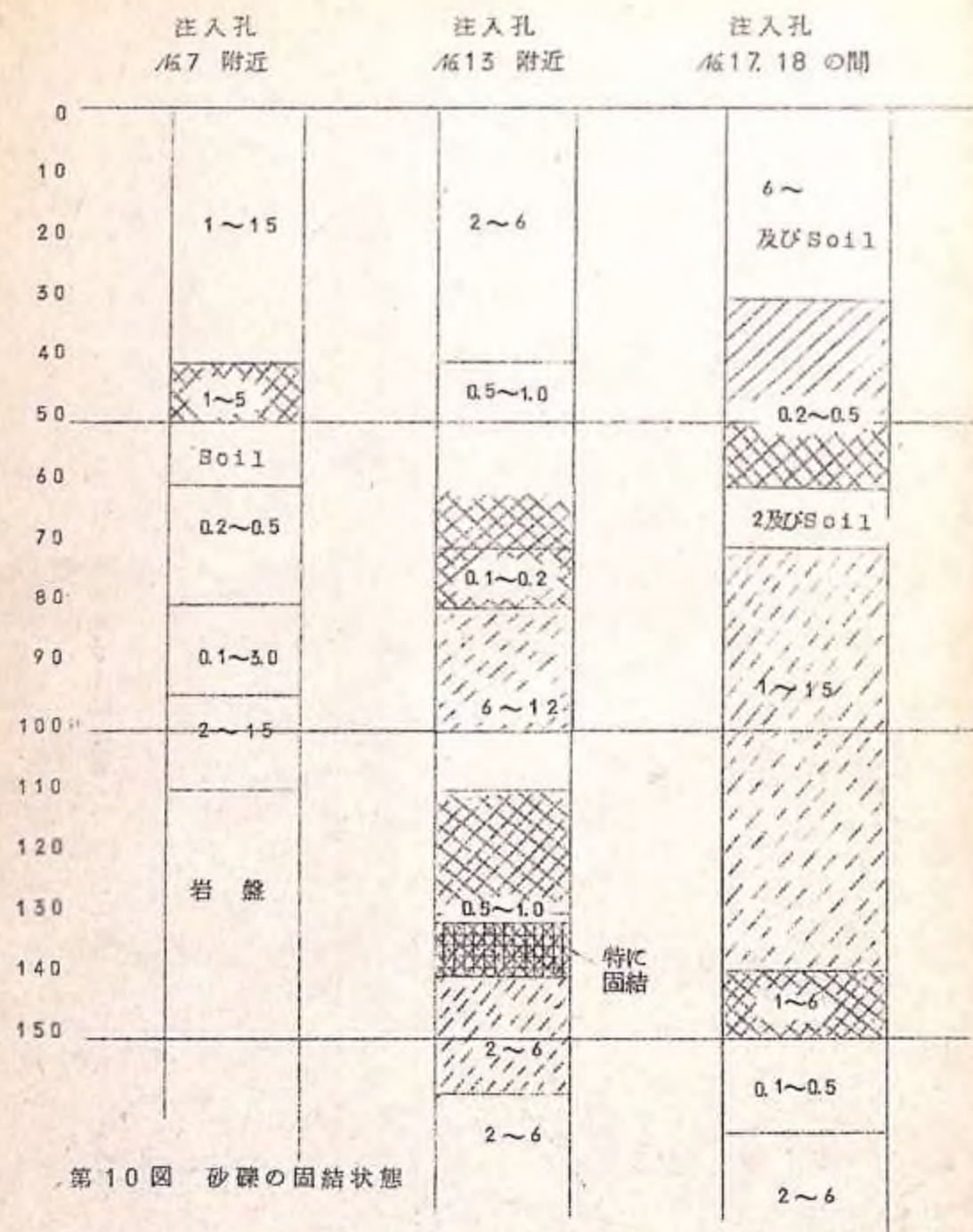
(エ) 5mm以下の砂の割合が30%以下であっても水セメント比40%程度の濃いセメントミルクは砂礫全体に滲透せず注入管附近に集中する。

(3) 現地適応試験工の施工

試験工施工予定地として東京営林局釜無治山事業所管内の赤薙、二つ薙の二ヶ所をえらんで調査した結果、砂率(2.5mm以上)、および土壌混入割合が小さい二つ薙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30cm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る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1m厚さ30cm長さ18mのベンチコンクリートを地表面に打設しこれに50cm~1m毎に0.5mおよび1mの深さの穿孔を行ない1孔当りにセメント250Kg水125ℓ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にした。また



第9図 セメントミルク注入による簡易溪床固定法施工図面



第10図 砂礫の固結状態

1. 数字はcm単位で の中には砂礫の径を示す。
2. は固結した部分
 は弱い固結した部分
 はミルクが通過したがほとんど固結しない部分

セメントの沈降を防ぎ、流動性を増すために混和剤としてポゾリスNo. 5を使用した。

(4) 現地適応試験工の成果と結果

注入孔No. 2, 3の間, No. 5, 6の間, No. 19, 20, No. 27, 28の間の4点の断面と, No. 7~16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,

- (i) 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。
- (ii) 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に固結している例が非常に多い。
- (iii) 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して流れたものと思われる。
- (iv) 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。
- (v) 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溪床固定の試験)

昭和41年度 現地適応試験工施工地の決定

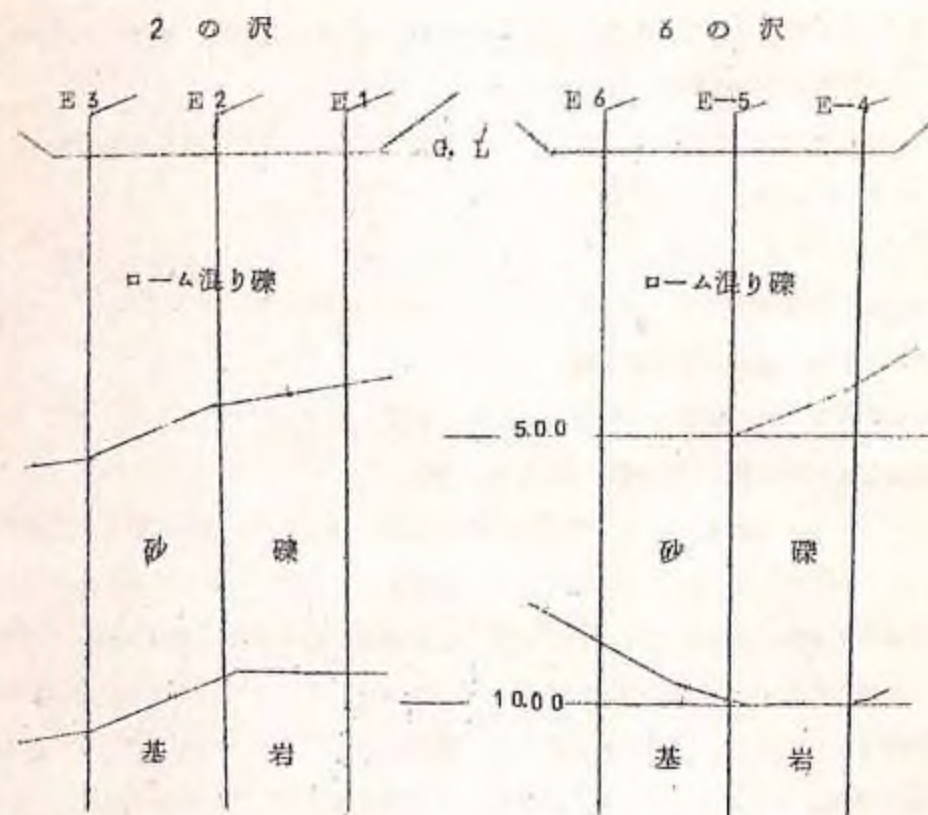
昭和42年度 室内実験および現地適応試験施工

(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、箒杉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、テストビット1ヶ所、電気探査3点の溪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。テストビットは電気探査線より約3m下流側に設置し、地下5.5m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、溪床堆積の移動を調査するために各テストビット内に小判型の石を埋設し、今後随時観察することにした。

溪床の砂礫の調査結果は第11図の通りの構成状態を示し、またその透水係数は二の沢、六の沢とも 10^{-1} cm/sec と溪床の砂礫はきわめて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となどが明らかになった。

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

現地の溪床の砂礫調査の結果は、 10^{-1} cm/sec と きわめて透水性が高く、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15mm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。

(5) 室内実験の成果と結果

(イ) 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流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。

(ロ) 大径の礫の間隙をセメントが流亡するのを防ぐには併用する薬液の固結時間を1~3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。

(ハ) 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。

(イ) 厚さ30cm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。

(ロ) 50cm間隔にボーリングを行なって注入孔とする。

(ハ) 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っ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。

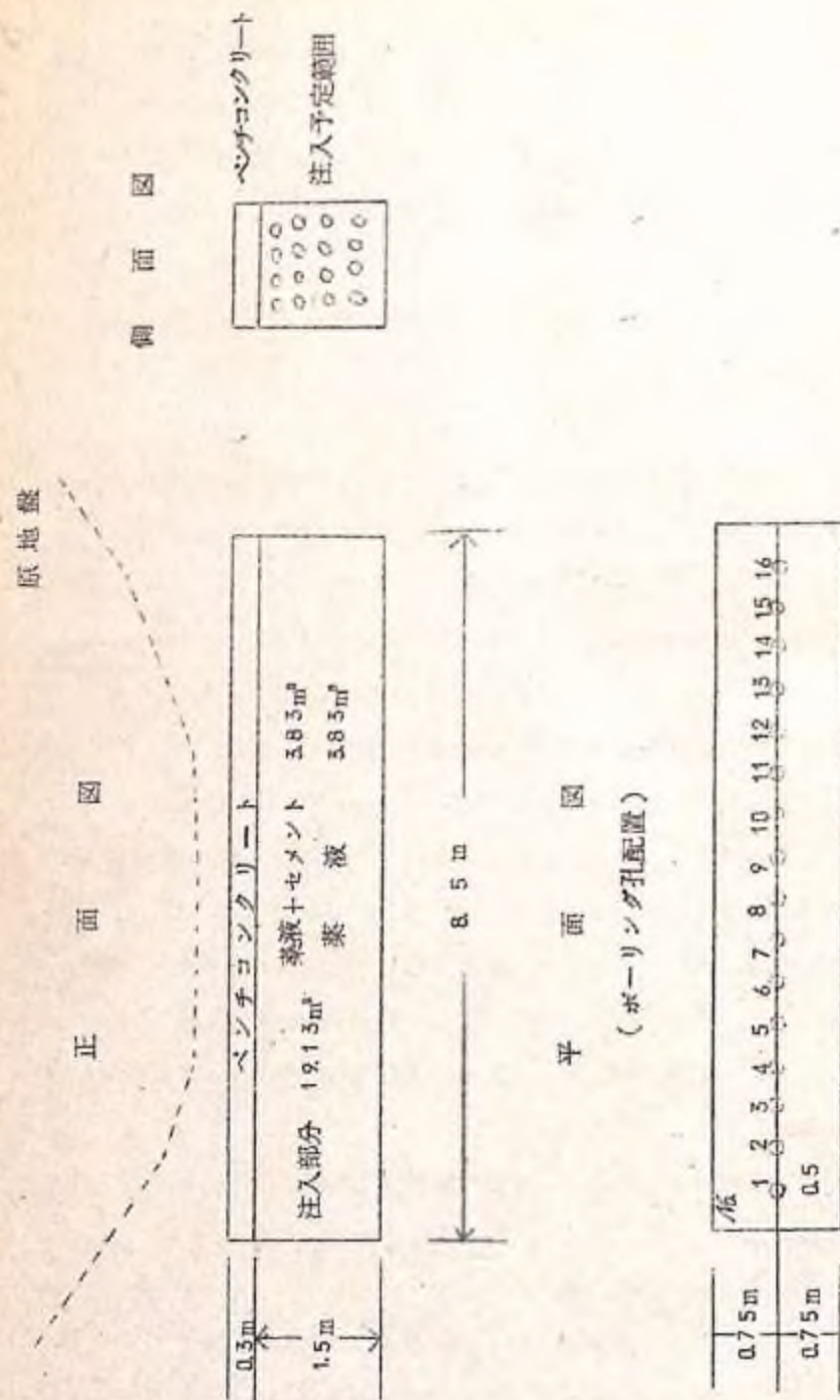
(5) 現地適応試験の成果と結果

18と9の間、13と14の間の2ヶ所についてコア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従来溪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

(イ) 間隙の大きい礫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。



第112図 セメント注入(薬液併用)による簡易河床固定法施行図面
(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。
- (リ) 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。
- (ル) 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。
- (ロ) ベンチコンクリートの下面30cm～50cm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。

0) 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河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な手段を講ずる。
- (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) 土壌のない砂層の河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流亡のおそれのある砂層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層層から出来ている河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か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河床固定法は仮締切堰堤や低い床固め等の基礎として適用の可能性があろう。

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安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、したがって緑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、被覆材料をともなり面状工法で、これらは予期以上に緑化構成がすみやかであったが、緑化材料（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) PNC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。PNC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、こんどはこれらの重要な因子の測定も合せて行なって、PNC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溪床固定方法の、(a) 注入材料については、2.5 mm以下の粒径の砂層あるいは土壌層を固結して今回使用の日東SS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。などはこんどさらに検討されるべき点である。