

24分

土 木 研 究 所 資 料

第 1 0 7 9 号

フィルセメントとダム(1)

昭 和 5 1 年 1 月

建 設 省 土 木 研 究 所

フィルセメントとダム (1)

目 次

§ 1. まえがき	1
§ 2. 試 験 施 工	3
〔1〕 草木ダムにおける試験施工	3
1. 予 備 試 験	3
2. 使用材料と配合	4
3. 施 工	6
(1) 施工場所とブロック割	6
(2) 混 合	6
(3) 運 搬	6
(4) 敷均しおよび締固め	6
(5) 養 生	7
(6) 外周切断面の観察	11
4. コア試験	11
(1) コアの採取	11
(2) コアの形成方法	12
(3) キャッピング	12
(4) 試 験 方 法	13
(5) コアの採取状況および観察結果	14
(6) 試験結果および考察	17
5. 現地ブロックせん断試験	25
(1) 試験の概要	25
(2) 試 験 結 果	29
6. 現場透水試験	29
7. 水 和 熱	29
8. 凍結融解試験	32
(1) 供試体採取位置	32
(2) 試験方法および結果	32

(Ⅰ) 美唄ダムにおける試験施工	34
1. 使用材料と配合	34
2. 混 合	39
3. 締 固 め	39
§ 3. 室 内 試 験	41
1. 予 備 試 験	41
2. 室内試験用供試体作成方法	41
(1) ランマによる締固め	41
(2) 振動機による締固め	41
(3) 圧縮による締固め	46
3. 圧 縮 強 度	48
§ 4. 調査結果に対する考察	51
1. 考 え 方	51
2. 材料の粒度	51
3. 単位セメント量	52
4. 混 合	52
5. 締 固 め	52
6. 打 継 ぎ 面	56
7. 強 度 特 性	56
8. 品質管理試験	57
9. 透 水 性	57
10. 容積変化とひび割れ	58
§ 参 考 フ ィ ル セ メ ン ト で つ く る ダ ム に つ い て の 試 案	59
1. 設計の考え方	59
2. ダム形状の試算	59
3. リフトの形成	62
4. 埋設構造物	63

フィルセメントとダム (1)

ダム構造研究室 柴田 功
齊藤 孝三

——この研究に当って、草木ダム、美唄ダムおよび土木研究所等の多数の関係技術者の御指導と御協力を得た、特に荒木正夫、鶴見充、柳田力、五十嵐弘一、梅田貞夫、中原康、金沢嵩の諸氏には、多大の御援助をいただき、短時間で本報告にのべるような膨大な成果をまとめることができた。また、福岡正巳教授から適切な御助言をいただいた。ここに深甚の謝意を表する。——

§ 1. ま え が き

日本では、ダムの建設が進み、今後建設されるものには、基礎岩盤の条件（強度、変形性、パイピング）が、きわめてむずかしい地点に計画されているものが多数ある。

このように基礎の条件のよくない所にダムをつくるには、構造上問題が少ないフィルダムが、優れていると考えられている。フィルダムは大型機械の導入が進むにつれて建設費も安くてすむようになり、また、締固めが十分に行なわれれば、かなり強くなることがわかって設計上の信頼度が高くなり、ますます多く建設されるう勢にある。

しかし、フィルという名前が示すように本質的にバラバラの材料の積重ねであって越流に対しては、非常に弱いものと考えられている。日本は、海洋性気候で局地的な集中豪雨は毎年のように報告されている上、ダムの集水面積（流域面積）が狭いので、ゲートをもたない自由越流型洪水吐を備えているとしても貯水池面積の小さいダムの越流に対しては慎重な配慮をしなければならない。また、工事中に計画洪水に匹敵する出水に見舞われることは多くのダムで経験しており、準備工として、そのように大容量の仮排水路を設けることは不可能に近いので工事中の越流に対する信頼度は低いのが普通である。その上、洪水処理の水門扉等の工作物をのせることは、堤体の不等沈下によって本体に危険をもたらすおそれがあるという理由で禁止されているし、耐震性についてもよくわからないという考えがある。

したがって、ロックフィルダムにセメントを混入したコンクリート重力ダムとロックフィルダムの長所を兼ね備えた新しい材料の開発とその応用によるダム建設ができないかということが考えられる。

このような考えの歴史は比較的浅く、1950年代に入ってから、まづアースダムのリップラップとしてソイルセメントでつくる可能性の検討はあったが、実例があるかどうかはわからない。我国では、1961年千葉県養老川で福岡博士によってかなり具体的なソイルセメントダムが検討されたが、その後はない。

1974年11月に草木ダムにおいて振動ローラによって締固めた単位セメント量 60 Kg/m^2 およ

び $80\text{Kg}/\text{m}^2$ のフィルセメントを試験施工した。また、フィジビリティスタディとして、1975年11月に美唄ダムにおいてシルト質旧床堆積物にセメントを $100\text{Kg}/\text{m}^2$ 混ぜた材料について振動ローラによる締固めを試行した。この間に土木研究所において室内の実験が繰り返され、また草木ダムの試験施工箇所から採取したコアについての試験が行われた。その結果は、本報告に述べるとおり予想以上に良好で、このような新しい材料によるダム建設への技術的な前進を確信させるものであった。

このようなことで、研究も不充分でまた調査実験を繰り返さなければならないが、この時点で一度整理してみることにした。したがって、本報告では、これまでの調査の結果を詳細に述べて考察を加え、今後の調査の指針とするとともに調査研究の間に得られたダム設計の試案を示すようにして、多くの技術者にこの種の材料によるダム築造の可能性を考えていただきたい。

この研究を始めるにあたって入手できた諸外国の文献は、残念ながらソイルセメントに限られた。最近になって、ロストクリークダム、ティムスフォードダムおよび W E S (米国陸軍工兵隊) において実施された。ローラ転圧コンクリートの試験施工の結果が入手できたので、これらを別の資料としてまとめる。(土木研究所資料第1081号)

なお、この新しい材料はロックフィルに似ており、従来のプラスチックなコンクリートとは違った観点にたって考える必要があること、しかし、ロックフィルとも異なって脆性材料となることなどの理由から、豊島修土木研究所赤羽支所長がフィルセメントと命名した。

§ 2. 試験施工

〔1〕草木ダムにおける試験施工

1. 予備試験

新しい考え方の材料をどのように考えていったらよいか全く見当がつかなかったので、コンクリートダムに準じて予備試験を行なうことにした。そこで草木ダム本体用骨材と高炉セメントB種を用い、予備試験練りを実施した。考え方は原則としてコンクリートの配合決定と同様とした。

まず、W/C を求めるためにC=80Kg/m³を一定とし、W/Cを100, 125, 150%とした3種で練りまぜを行い、練り上りの状態と施工のしやすさを棒状パイプレーターを用いて観察した。練り上りの状態は、3種ともバケット排出時の材料分離は認められず、W/C=100%のものは、ほぼダム本体コンクリートC配合に近いフィルセメントであったが、W/C=150%のものは、骨材の色に近くて黒ずんでおり、バサバサの状態で棒状パイプレーターをかけてみても容易にブリージングせず、締め固めは困難であると判断した。したがってW/C=125%を採用することにした。

次に、W/C=125%を一定とし、C=60, 80, 100Kg/m³の3種について供試体の製作を行ない、締め固め状況を観察した。3種とも、3層棒突き法による各層50回の突き固めでは、通常のダム用コンクリートの品質管理試験より著しく困難であったが、材令3日の脱型時供試体の断面の観察ではいずれもダム本体コンクリートに近く、セメント量の多いものほど良好であった。表1に示すとおり材令7日における圧縮強度は、配合に関係なくほぼ等しい値を示している。単位容積重量は、セメント量の多いもの程大きいようで、空隙量は逆に少なくなっている。

なお、細骨材率s/aについては、模索的にソイルセメントの例を参考にして35~40%を用いることにした。

表—1 予備試験練結果表

配合名	粗骨材 最大寸 法	単位セ メント 量	単位 水量	水セメ ント比 W/C	細骨材 率s/a	単位 骨材	単位粗骨材量				供試体作 成の有無	単位容積重量			空隙量			圧縮強度			供試体外観
							玉石	大砂利	中砂利	小砂利		7日	28日	91日	7日	28日	91日	7日	28日	91日	
(C-W)	mm	kg	kg	%	%	kg	kg	kg	kg	kg		kg	kg	kg	%	%	%	kg/cm ²	kg/cm ²	kg/cm ²	ハダ面
80-80	150	80	80	100	40	937	471	385	271	300	練りまぜ のみ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
60-75	150	60	75	125	40	948	477	390	274	303	有	2,282	—	—	8.4	—	—	15.1	—	—	良好
80-100	150	80	100	125	40	916	460	377	265	293	有	2,353	—	—	3.4	—	—	16.0	—	—	良好
100-125	150	100	125	125	40	882	444	363	255	282	有	2,336	—	—	2.6	—	—	16.9	—	—	良好
80-120	150	80	120	150	40	895	450	368	259	286	練りまぜ のみ	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

2. 使用材料と配合

使用材料は次のとおりである。

・セメント ; 高炉セメントB種, 比重 3.05

・細粒材料 ; 砕砂, 比重 2.62

(5 ϕ 以上) 吸水量 0.7 粗粒率 2.67

・粗粒材料 ; 碎石 (砂岩)

(5 ϕ 以上) 比重 2.66 吸水量 0.72

粗粒率	150~80 ϕ	9.81
	80~40	8.95
	40~20	7.99
	20~5	6.87

碎石の空隙率は表2, 粒経加積曲線は図1のとおりである。

これまでのダムコンクリートの常識では単位セメント量は, 120 Kg/m³を下まわらせることはむづかしいと考えられてきた。しかし, 本報告書末に示したフィルセメントのダムのような考え方にたち, これよりずっと少ない単位セメント量で試験してみようと考えて 60 Kg/m³, 80 Kg/m³とし配合を表3のように決めた。その品質管理用供試体の試験結果を表4に示す。

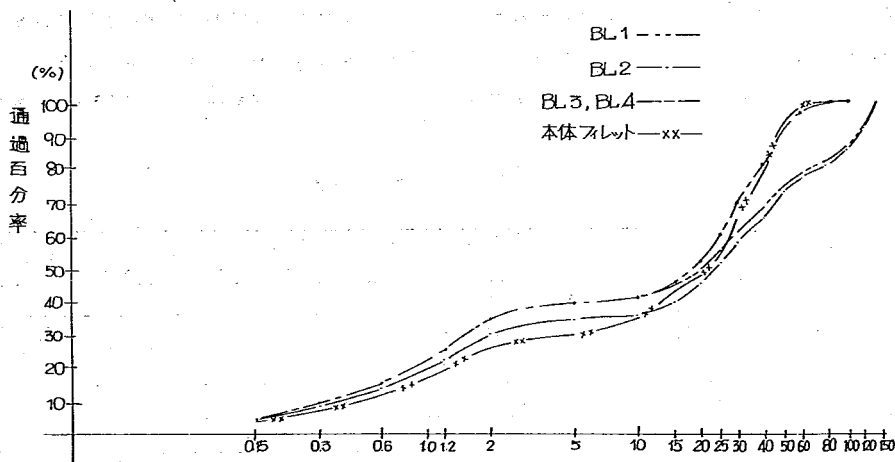


図-1 使用材料粒径加積曲線

表-2 使用骨材の品質

粒 径 項 目		粗 粒 材 料				細粒材料 砂 5 以下	摘 要
		玉 石 150~80	大砂利 80~40	中砂利 40~20	小砂利 20~5		
比 重	1	2.646	2.666	2.658	2.650	2.624	
	2	2.661	2.650	2.660	2.648	2.619	
	3	2.671	2.667	2.654	2.651	2.621	
	平均	2.659	2.661	2.657	2.650	2.621	
吸 水 量 (%)	1	0.529	0.306	0.752	0.852	1.954	
	2	0.343	0.621	0.409	0.874	1.984	
	3	0.336	0.487	0.524	0.762	1.997	
	平均	0.402	0.471	0.562	0.829	1.978	
単位容積重 量 (kg/m³)	1	1,579	1,601	1,542	1,516	1,652	
	2	1,588	1,590	1,547	1,533	1,654	
	3	1,611	1,607	1,538	1,521	1,677	
	平均	1,592	1,599	1,542	1,523	1,661	
空 隙 率 (%)	1	40.3	40.0	42.0	42.8	37.0	
	2	40.3	41.6	41.8	42.1	36.8	
	3	39.7	39.8	42.0	42.6	36.0	
	平均	40.1	40.5	41.9	42.5	36.6	

表-3 フィルセメントの配合

配合 番号	施工した ブロック	砕石最大寸法 Gmax (mm)	水セメント比 w/c (%)	5mm以下 細粒混入率 (%)	単 位 量 (kg/m³)								含水比 (%)
					水	セメント (高炉セメントB種)	砕 石	砕 石					
								150～80	80～40	40～20	20～5		
1	BL1	150	125	40	75	60	948	477	390	274	303	3.05	
2	BL2	150	125	35	75	60	830	516	423	297	329	3.05	
2'		150	125	30	75	60	715	554	455	319	353	3.05	
3	BL3	80	125	40	100	80	916	—	558	488	349	4.18	
4	BL4	80	125	40	75	60	948	—	578	505	361	3.05	

参考資料とするために本体ファイレット部においてボーリングコアを採取したが、その配合は次の通りである。

施工ブロック	粗骨材 最大寸 法G _{max} (mm)	水セ メント比 w/c (%)	細骨材率 s/a (%)	単 位 重							含水比 (%)
				水	セメント (高炉セ メントB種)	細骨材 (砕砂)	粗 骨 材 (砕 石)				
							150~80	80~40	40~20	20~5	
本体 ファイレット	80	51.2	30.07	128	250	595	—	562	492	351	5.69
空気量 3.5 ± 1 % スランプ 4.5 ± 1 cm A E材 350 g											

表-4 品質管理試験結果

供試体の寸法 $\phi \times h$	締固め寸法	配合 番号	単位重量 (kg/m^3)			空隙率 (91日) %	圧縮強度 kg/cm^2			40mm フルイ にかけた後の 単位重量	80mmフルイ にかけた後の 単位重量
			7日	28日	91日		7日	28日	91日		
cm cm 15×30	棒突き	1	2,293	2,328	2,348	4.8	10	25	45	2,463	—
		2	2,332	2,337	2,339	4.9	12	26	46	2,459	—
		3	2,333	2,372	2,356	3.6	19	37	58	2,448	—
		4	2,208	2,208	2,220	10.9	11	19	28	2,492	—
cm cm 30×60	棒突き + パイププレート	1	2,213	2,195	2,201	10.7	10	21	39	2,463	—
		2	2,396	2,415	2,406	2.2	11	29	56	2,459	—
		3	2,376	2,407	2,379	2.7	18	44	76	2,448	—
		4	2,262	2,298	2,305	7.5	12	33	58	2,492	—
cm cm 30×60	棒突き	2	—	2,309	2,355	5.8	8	16	29	—	2,498
	棒突き + パイププレート	2	2,427	2,436	2,410	3.6	9	20	31	—	2,498

- 注) ① 供試体の作成方法; $\phi 15\text{cm} \times 30\text{cm}$ の供試体は 40mm、 $\phi 30\text{cm} \times 60\text{cm}$ は 80mm のフルイでふるった後、棒突き方あるいは棒突きと棒状パイププレートとを併用した方法で締固めを行った。
 ② 脱型および養生; $\phi 15\text{cm} \times h 30\text{cm}$ の供試体は材令 3 日、 $\phi 30\text{cm} \times 60\text{cm}$ のものは材令 5 日で脱型した。養生は気温 10~15℃、湿度 80~90% の室内に静置し、濡れた麻袋で覆った。
 ③ 試験前に各供試体は 24~30 時間標準水中養生を行った。
 ④ 表中の各試験値は、 $\phi 15\text{cm} \times h 30\text{cm}$ の供試体の場合は 5 個の平均値、 $\phi 30\text{cm} \times h 60\text{cm}$ の場合には 3 個の平均値で示している。

3. 施 工

(1) 施工場所とブロック割

試験施工場所は、草木ダム左岸導流壁の裏込盛土の上である。ここで 12m×20m の広さをグレーダで整地し、振動ローラで十分転圧した。

次に表-3 に示す配合 No. 1 のフィルセメントを 30cm および 20cm の厚さの 2 層に分けて、やはり振動ローラで転圧、締固めて、試験施工の訓練を行ないながら、試験場所を形成した。

配合別ブロック割は、図 2 に示すとおり、20m を 4 等分し、5m×12m の区画を 4 個設けることにした。

(2) 混 合

草木ダム用パッチャプラント (傾胴形ミキサー 1.5 $\text{m}^3 \times 3$, 1.0 $\text{m}^3 \times 2$) で混合した。練り混ぜ時間は、1.5 分とした。

(3) 運 搬

練り上ったフィルセメントは、試験場所までの約 500m を 8t および 11t のダンプトラックで運搬した。

(4) 敷均しおよび締固め

ダンプされたフィルセメントをブルドーザで厚さ 30 cm に敷均し、その後振動ローラで締固めた。使用した振動ローラの主な示様は次のとおりである。

形式 前後輪駆動振動ローラ (BOMAG BW-200)

走行速度 1 ~ 3 Km/hr

自重 8 t

ローラ径 800 mm, ローラ幅 950 mm×2, 軸距 980 mm

起振力 32 t

定格出力 56 ps/2300 rpm

フィルセメントはトラックからダンプされたときに大粒径の碎石が外側に転がり落ちる傾向があった。さらに作業スペースが 5m×12m とせまいため、敷均しのブルドーザに水平回転を伴う操作が要求されたので、粗粒ばかりがかたまってしまう部分が認められた。これは作業スペースを広くとれば大局的には解決するが、さらに写真 2 にみられるように敷均し作業で大粒径のものが外側にころがるので、施工上は細粒の混入率をやや大きくして細粒がゆきわたるようにした方がよいことを示唆している。

締固めは無振動でローラを 1 回通過させた後、ローラを振動させ前後進計 6 回の転圧を行なった。転圧後の表面には、写真 2 および 3 にみられるようにブリージングに伴って水が滲み出て独特の光沢を示した。しかし、地質調査用ハンマで叩いてもよく締っており、プラスチックな通常のコンクリートとは、全く異なる感触を示した。

また、法肩部では大きなローラによる十分な転圧がむづかしく、今回の試験のように低いリフトでも、写真 2 および 3 に示すような状況となるので、急な勾配をもつ高いダムに応用する場合は、表面に対する締固め機械を開発するか、あるいは表面付近をセメント量の多い材料とすると共に、表面を強度的に期待しない余裕として設計施工することが必要であろう。

施工は、1974 年 11 月 15 日と 11 月 20 日の 2 回に分けて行なった。11 月 15 日には、30 cm 厚の層を 2 層打込んだ。各層の間の時間間隔は約 1 hr である。この各層間の継目には碎石がよく食い込んでいるものと予想されたので、本報告ではプラスチック継目と呼ぶことにした。

11 月 20 日には、30 cm 厚の層を 3 層打込んだ。材令 5 日のリフト打継面の状況は写真 6 にみられるように薄いレイタンスが認められる部分があった。これを写真 4 に示すようにポリッシュをかけ、さらに写真 5 に示すようにハイウオッシュ高圧の空気と水で清掃して第 1 層を打込んだ。通常のコンクリートで行なわれるようにモルタルを撒布するかどうか議論されたが、この新しいフィルセメントでは打継面が最大の弱点と考えられるので、これを強調させようと考え、モルタルは使用しないことにした。

(5) 養生

最低気温が、0℃まで下がるので第 1 回および第 2 回ともに転圧終了後、電気温床線シート (2 KW) で 18 時間被覆して養生した。その後第 1 回は 5 cm 厚の砂で、第 2 回は 10 cm 厚の砂

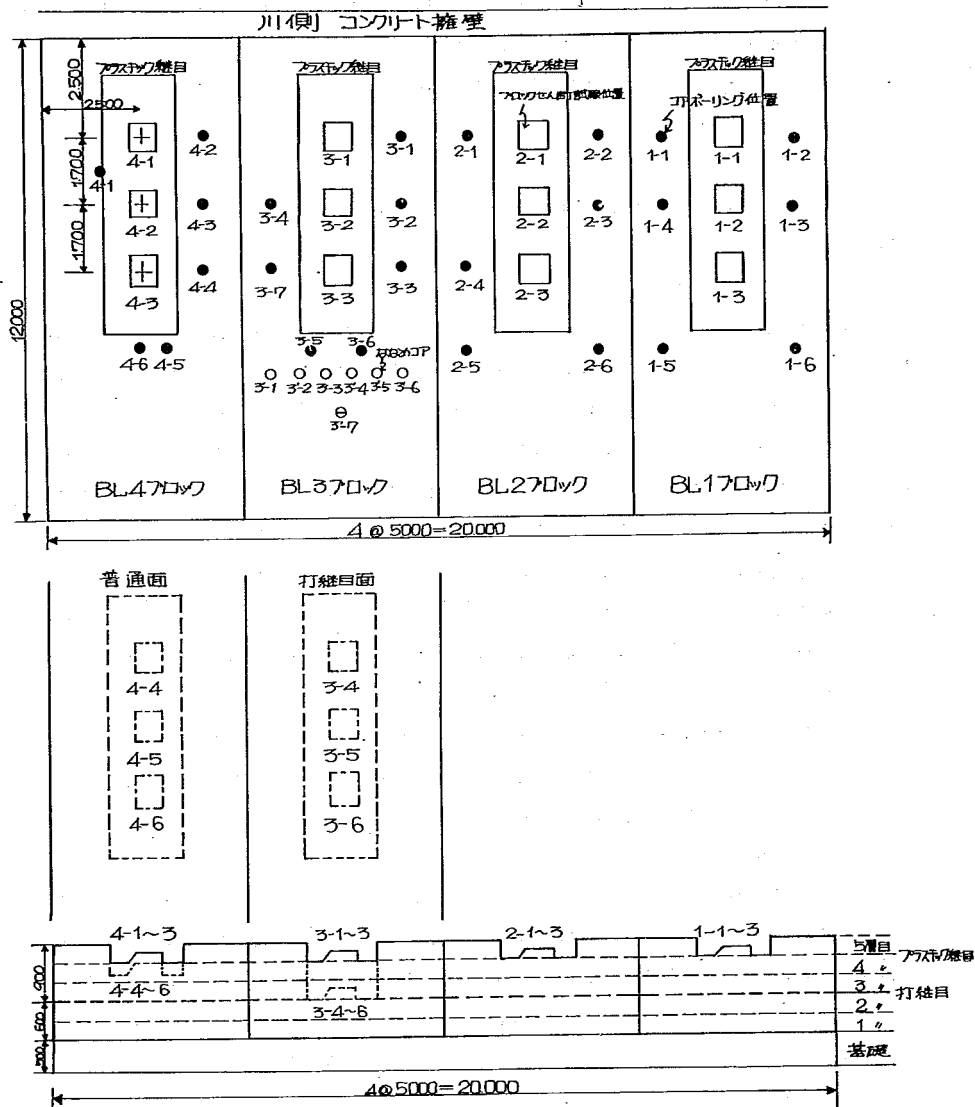


図-2 ブロック割りと各種試験の位置



写真1 試験施工全景



写真2 側面



写真3 転圧



写真4 打継目のポリッシャかけ



写真5 ハイウォッシャ清掃

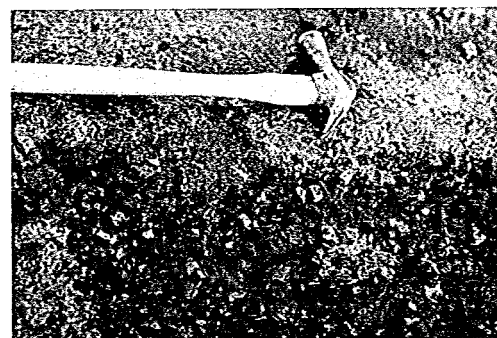


写真6 材令5日のリフト面

とその上に30cm厚の土砂で被覆して養生した。

養生ではソイルセメントと同様に乾かさなことが肝要であると考えられる。

(6)外周切断面の観察

試験施工区間の外周を材令約4ヶ月で切削して観察した。周縁部であるため(4)項でのべたような材料の分離があってポーラスな部分もあったが全体としては、単位セメント量60Kg/m³しか入っていないのに、予想以上に良好であった。その状況は、ハンマ強打時の感触が中規模のコンクリート重力ダムが建設される凝灰角礫岩と同程度の様相であった。

また、プラスチック継目、リフト打継目共ははっきり識別できるのは、周縁部でよく施工されていないと考えられるのにも拘らず、 $\frac{1}{4}$ 以下であった。

4. コア試験

(1)コアの採取

図-2に示す位置からφ180mmのコアを採取した。せん断試験のためのアンカーとしてボーリングしたため、これらの位置はブロックの端にあたり、施工はうまく行なえていない部分である。

ボーリングマシンは利根ボーリング社のTBM-5形を使用した機械の仕事および採取実績は表5のとおりである。

採取時に、時折砂礫層を掘っているようなショックを受けることがあった。

表-5 コア採取ボーリング仕様

仕 様				
重量(kg)	スピンドル回転数 (r pm)	スピンドル 内径(mm)	送り方式	モータ出力 (kw)
2,000	50. 100. 110. 165. 210. 350	93	油圧式	18.5
		フィルセメント	草木ダム本体コンクリート	
コア ボー リ ン グ 実 績	回転数(r pm)	50	150～300	
	スラスト (t)	1～3	3～6	
	送水量 (L/min)	20～25	35～40	
	掘進速度 (cm/min)	1～2	2～2.5	
	ビット消耗 (m/リセット)	3.8	4.0	
	ダイヤモンド消耗 (cm)	3.5～4.0	3.0～3.5	
	コア採取率 (%)	98	100	
	掘進状態	掘進時にボー リングマシンの ガタツキ多い スライム粒が粗い 掘進速度が不安 定	岩盤と大差なし	

(2)コアの形成方法

1) 各種供試体の作成個数

各ブロックのコアから次の個数の供試体を作製した。

圧縮試験用供試体	BL 1.ブロック	12個	} 計 46個
	2. "	6 "	
	3. "	20 "	
	4. "	8 "	

引張試験用供試体	BL 1.ブロック	3個	} 計 12個
	2. "	3 "	
	3. "	3 "	
	4. "	3 "	

セン断試験用供試体	BL 3.ブロック	2個	} 15個
施工ジョイントを含むもの			
プラスチックジョイントを含むもの	13個		

供試体の切り出し位置を附図1に示した。

2) コアの切漸

東京谷藤社製のコンクリートカッターにより切断した。切断時には、図-3のような締付

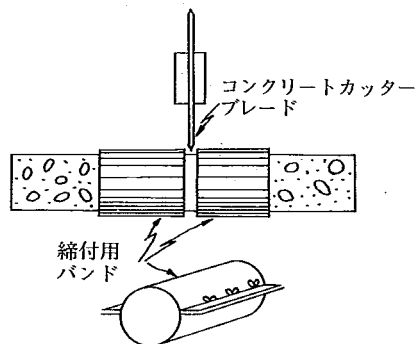


図-3 コア切断図

用バンドをコアの周囲にあてがって切断時のコアの崩れを防止した。

(3)キャッピング

1) 圧縮試験およびセン断試験用供試体

JISA1132 に準じて行い、上下両面ともキャッピングを行った。コアの径に合致する型枠を使用し、超早強性のセメントペースト（普通ポルトランドセメントに急結性混和材デンカQT-1を混和した）を押板（ガラス板）で押しつけて行った。

2) 引張試験

載荷時に加圧板と接する部分(相対する側面)にキャッピングを施して平滑にした。

(4) 試験方法

1) 単位重量の測定

切断した全てのコアについてキャッピング前に単位重量の測定を行った。単位重量は次の方法で気乾単重および飽水単重について測定した。

$$\text{気乾単重} = \frac{a}{b - c}$$

$$\text{飽水単重} = \frac{b}{b - c}$$

a : 気乾空中重量(気温 25 ~ 30℃, 湿度 50~60%の室内で1日間乾燥)

b : 48時間浸水後の空中重量

c : 48時間浸水後の水中重量

2) 非破壊試験

(i) 共鳴振動法による動弾性係数試験

i) 使用機器

マルイ社製ヤング率測定器を使用した。

ii) 試験方法

JISA1127に基いて縦振動、タワミ振動の一次共鳴振動数を測定し、これから動弾性係数 E_d を求めた。

なお、タワミ振動法により動弾性係数を算出する際の動ポアソン比は $\frac{1}{6}$ とした。

(ii) 超音波伝播速度試験

50KCの周波数の超音波の伝播速度を測定した。

また、超音波伝播速度より次式により動弾性係数を求めた。

$$V_e = \sqrt{\frac{E_d \cdot g}{\rho}}$$

V_e : 縦波の速度	cm/sec
ρ : フィルセメントの密度	g/cm ³
g : 重力加速度	cm/sec ²

3) 圧縮強度試験

(i) 使用機器

圧縮試験機 : 東京機械社製 100t リレー型 万能試験機

ひ ず み : AMSLER社製 マルテンスミラー, エクステンソメーター

(ii) 試験方法

JIS1108に準じて行った。供試体は、 $\phi 180 \text{ mm} \times h 270 \text{ mm}$ ($h/\phi = 1.5$) の寸法のものを用い、試験前には48時間浸水させた。ひずみの測定には、粗骨材の最大寸法が150mm

80 mmであることを考慮して、マルテンスミラー、エクステンソメーターを使用することとし、ゲージ長を150 mmとした。

4) 引張強度試験

(i) 使用機器

東京銜機社製100tリレー型万能試験機を使用した。

(ii) 試験方法

ASMT C496-71に準じて行った。供試体の寸法は $\phi 180 \text{ mm} \times 180 \text{ mm}$ とした。載荷時に加圧板と供試体との接触線に隙間が生じるのを防ぐために、供試体の相対する側面（加圧板に接する部分）にキャッピングを施したほか、載荷時には上下の接触部分に、幅25 mm、厚さ3.2 mmの合板プレートを挟んだ。なお、供試体は48時間浸水させた。

5) 打継目のセン断強度試験

圧縮強度試験と同様の方法で行った。

破壊の状況が、ジョイント面で明らかにセン断破壊をしたと認められるものについて、圧縮試験結果から軸圧力の無い状態のセン断強度を求める。すなわち、この試験より求めたセン断破壊時の τ_1 、 σ_n と現位置ブロックセン断試験から求まる。内部摩擦角より軸圧力零の場合のセン断強度を求める。

(5) コアの採取状況および観察結果

コアの採取状況および表面観察結果を附図1に示す。

また、折れた部分の断面の観察結果を附図-2に示す。これらより、(コアの回収率、打継目、プラスチック継目)の状況を表-6にまとめた。

1) コアの回収率

一般的にコアの回収率は良好で当初の予想を上回るものであった。長さ10 cm以上のコアの回収率（10 cm以上のコアの累計長と採取長との割合）は低いもので93%（NO1、BL2ブロック）良いものでは、98~100%（BL3ブロック）であった。

2) コアの表面状態

コアの表面は、全般的にややポーラスではあるが通常のコンクリートに比べてさほど遜色のないものもあったが、非常にポーラスな部分や、豆板、蜂の巣状の様相を呈している部分も多く見受けられた。また、今回の場合には粗粒材料の最大寸法に比べてコアの径が小さいこともあるが、粗粒の付着面でコアが折れているものが多かったほか、粗粒が剥離しているものも見受けられた。

BL1~BL4のブロックの中で、BL3ブロックのコアの表面はモルタルが緻密で比較的、良好な外観を示していたが他のブロックはBL3ブロックに比べるとポーラスな部分、モルタルが、はげ落ちた部分が多く見受けられた。

表 6 コアの採取実績

ブ ロ ッ ク		鉛 直 コ ア				斜めコア
		BL. 1	BL. 2	BL. 3	BL. 4	BL. 3
フィラセメントの配合	Gmax ㎫	150	150	80	80	80
	G Kg/m^3	60	60	80	60	80
	W Kg/m^3	75	75	100	75	100
	W/C %	125	125	125	125	125
	-s/a %	40	30.35	40	40	40
採取本数 (本)		6	6	7	6	6
採取長 ℓ_0 (m)		9.97	8.38	11.69	9.42	—
コンクリートとして採取できた長さ ℓ (m)		9.53	8.14	11.58	9.11	10.96
長さ 10cm 以上のコアの累計長 ℓ_{10} (m)		9.28	7.82	11.49	9.02	10.96
コア回収率 ℓ/ℓ_0 (%)		96	97	99	97	100**
10cm 以上のコアの回収率 ℓ_{10}/ℓ_0 (%)		93	93	98	96	100
施 工 継 目						
総数 (個)		6	6	7	6	6
折れているもの (個)		2	5	2	3	3
一体となっているが果等がみられるもの (個)		1	1	2	2	0
一体となっており良好なもの (個)		3	0	3	1	3
不明なもの* (個)		0	0	0	0	0
プラスチック継目						
総数 (個)		18	18	21	18	18
折れているもの (個)		7	8	4	7	1
一体となっているが果等がみられるもの (個)		1	2	1	4	0
一体となっており良好なもの (個)		9	8	15	7	14
コ得 ア ラ 全 体 た か 結 ら 果	コアの表面がほぼ良好な部分の比率 %	81	75	97	86	
	コア 1 本当りの折れた個数	2.7	4.2	1.6	3.0	
	観察によるコア全体の平均点数	3.9	3.7	4.8	3.8	

*折れている位置からして打継目かまたは打継目の付近と思われるが、打継目で折れたか否かの判定がつかないもの

**採掘長は不明であるが、コアに破損した部分が全くみられないので回収率は 100 % と思われる。

***ブロック全体のコアについて各層別に分けてコアの表面状態の良否を 5 点法で採点し全体の平均点を算出したもの

i) コアの表面が粗悪な部分（粗粒とモルタルが、剝離しバラバラの状態になっている部分、モルタル分が少なく、豆板または蜂の巣状になっている部分、きわめてポーラスな部分、ひびわれが入っている部分）は、

BL1ブロック：約19%

BL2ブロック：約25%

BL3ブロック：約3%

BL4ブロック：約14%

であった。

ii) コアが途中で折れている数は、打継目以外で折れたものも含めて、

BL1ブロック：16個（コア：6本）

BL2ブロック：25個（コア：6本）

BL3ブロック：11個（コア：7本）

BL4ブロック：18個（コア：6本）

であった。これらのうち30個（43%）は、打継目以外で折れたものと思われた。また、打継目以外で折れたものと思われるもののうち、3～4割程度は粗粒材料の下面で折れており、粗粒の下面にブリージングの影響を受けた形跡がみられ、約2割程度は、豆板部分が存在したためにコア採取時に折れたように思われた。なお一体となっているものについても粗粒の下面にブリージングの影響が認められる傾向が見受けられた。

iii) 各ブロックのコアを各層別にみた場合の外観の良否の判定を附図-3に示した。この図において各層の良否の分類は次のような分類に基づいている。

◎ 外観が良好なもの（表面が緻密で、通常のコンクリートと遜色のないもの）

-----（例）写真7-1

○ 外観がほぼ良好なもの（表面がややポーラスであったり、粗粒材料とモルタルとの境界部に微小な巣がみられる部分もあるが、全体としてはほぼ良好なもの）

-----（例）写真7-2

△ 外観がやや不良なもの（表面がかなりポーラスであったり、局部的にモルタルのはだ落ちが見られたり、部分的に巣がみられるもの）

-----（例）写真7-3

▲ 外観が不良なもの（豆板、蜂の巣状の部分が多く、全体としてほぼ一体とはなっているが全く不良なもの）

-----（例）写真7-4

× コンクリートとしての外観を全く呈さないもの（骨材とモルタルとがバラバラの状態となっているもの）

----- (例) 写真7-5

この結果から、各ブロック別に外観の良否の状態を整理すると附図-4のようになる。

いま、外観の状態を判定する方法として、◎印のもの：5点、○印のもの：4点、△印のもの：3点、▲印のもの：2点、×印のもの：0点として各ブロック別に採点し、平均点数を出してみると次のようになる。

BL1 ブロック : 3.9点

BL2 ブロック : 3.7点

BL3 ブロック : 4.8点

BL4 ブロック : 3.8点

したがって、外観の状態による判定ではBL3ブロックが、最も良好といえるようである。

なお、(I)コアの採取の項で述べたように、これらのボーリングはせん断試験用のアンカをとるためのもので、ブロックの端で施工がよく行なえていなかった部分から採取したもののなので、中央部ではもっと良い値となるものと推定される。

3) 打継目の状態

打継目の部分で折れているコアの代表的な状態を写真7-6（施工継目）、写真7-7（プラスチック継目）に示す。

BL3ブロックの斜めコアの場合には、コアに散水した後若干乾燥させると各層によってコアの色合が異なってくることから打継目の位置を判定することができた。しかし、他のコアについては打継目の判定が難しく、一応施工時のまき出し厚さ、コアの表面（特に粗粒の配列具合）や折れた部分の断面観察などから総合的に判断し、その結果を表-6に示した。

プラスチック継目で折れている部分では、既に打ち込んだ下層のフィルセメント中に上層のフィルセメントの粗粒が、くい込んでいる状態が見受けられた。

(6)試験結果および考察

各試験の結果を附表1, 2, 応力ひずみ曲線を附図5に示す。これらをまとめると表-7のようになる。

1) コア供試体の単位重量

各ブロックの配合設計の単位重量とコアの単位重量（飽水状態および気乾状態）の比較は表-7に示されている。

BL2, BL3ブロックでは、コアの飽水単位重量と配合設計単重とは、ほとんど差がみられなかったが、BL1ブロックでは、 $40\text{Kg}/\text{m}^3$ 、BL4ブロックでは、 $80\text{Kg}/\text{m}^3$ 程度

表 7 コア試験結果総括表

試験項目			ブロック底				本体フイレットコア	
			BL 1	BL 2	BL 3	BL 4		
砕石最大寸法 (Gmax.) mm			150	150	80	80	80	
5mm以下細粒混入率 (s/a) %			40	35.30	40	40	30.07	
使用セメント量 (C) kg/m ³			60	60	80	60	250	
使用水量 (W) kg/m ³			75	75	100	75	128	
配合設計単重 kg/m ³			2,530	2,530	2,490	2,530	2,380	
気乾単重 Sz kg/m ³			2,470	2,530	2,470	2,430	2,390	
吸水量 ** %			0.8	0.4	0.4	0.8		
推定空隙率 %			1.6	—	0.4	3.2		
単位重量 (飽水後) kg/m ³			平均値 μ	2,490	2,540	2,480	2,450	2,390
			標準偏差 σ	3.7	1.8	3.4	2.5	3.0
			変動係数 c (%)	1.5	0.7	1.4	1.0	1.3
非破壊試験	共鳴振動法	動弾性係数 μ	28.0	31.6	27.8	23.5	31.0	
		(縦振動) σ	7.1	7.6	5.6	6.9	3.45	
		$\times 10^4$ kg/cm ² c (%)	2.6	2.4	2.0	2.9	1.11	
		動弾性係数 μ	26.9	32.9	27.4	21.4		
		(たわみ振動) σ	4.8	7.1	7.7	3.8		
		$\times 10^4$ kg/cm ² c (%)	1.8	2.2	2.8	1.8		
	超音波法	伝播速度 μ	3.8	4.0	3.5	3.2	4.09	
		k m/sec σ	0.3	0.3	0.4	0.3	0.15	
		c (%)	4.7	8.2	10.4	10.5	3.7	
		動弾性係数 μ	36.3	41.4	31.0	26.2	40.5	
		$\times 10^4$ kg/cm ² σ	5.5	6.6	6.5	5.7	2.86	
		c (%)	15.1	16.0	21.3	21.7	7.1	
圧縮強度試験	垂直コア	μ	10.0	14.1	12.3	9.7	29.3	
		圧縮強度 σ	2.2	3.6	4.0	1.9	4.49	
		(kg/cm ²) c (%)	2.2	2.6	3.2	2.0	15.3	
	静弾性係数 $\times 10^4$ kg/cm ²	μ	12.8	19.0	12.1	6.3	23.2	
		σ	5.7	8.7	6.4	3.4	3.51	
		c (%)	4.5	4.6	5.3	5.3	15.1	
	斜めコア	μ	—	—	12.7	—	—	
		圧縮強度 σ	—	—	2.8	—	—	
(kg/cm ²) c (%)		—	—	2.2	—	—		
引張強度 (kg/cm ²)			μ	12.7	18.1	20.4	18.7	34.3
			σ	1.0	8.2	3.5	9.3	54.3
			c (%)	8.1	45.6	16.9	49.7	15.8
透水係数 (cm/sec)				9.7×10^{-7}	7.0×10^{-8}	3.3×10^{-8}	8.0×10^{-4}	4.8×10^{-6}
					1.2×10^{-8}	7.3×10^{-7}	3.8×10^{-8}	2.0×10^{-3}
耐久性係数 DF (%)			—	4.3	6.7	5.5		
打継目純せん断強度 (kg/cm ²)			—	—	8	—	—	

(注)・静弾性係数は、破壊応力度の1/3の点と原点とを結ぶ直線の勾配(割線係数)より算定した。
・材令は約7ヶ月である。

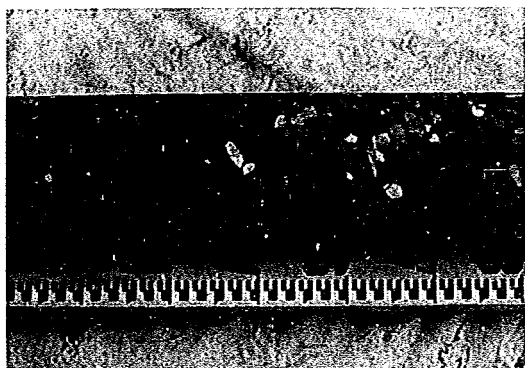


写真 7-1 外観が良好なもの (BL3-2)

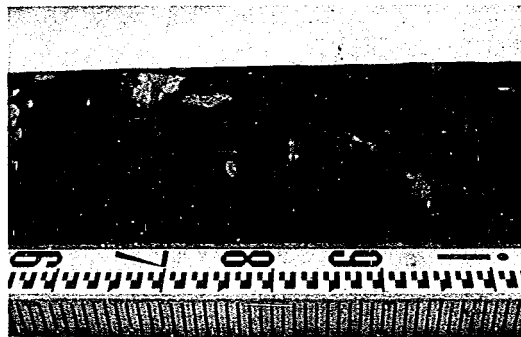


写真 7-2 外観がほぼ良好なもの (BL1-2)

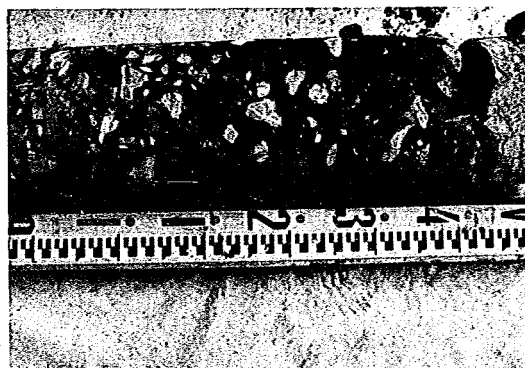


写真 7-3 外観がやや不良なもの (BL4-4)



写真 7-4 外観が不良なもの (BL4-6)

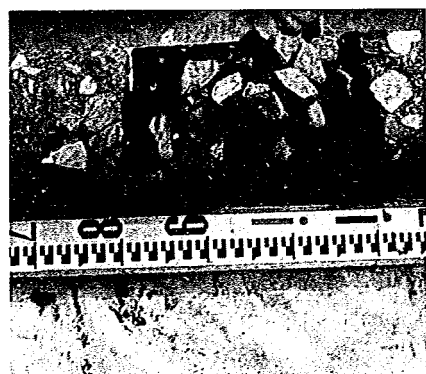


写真 7-5 バラバラなもの (BL4-2)



写真 7-6 施工 継 目

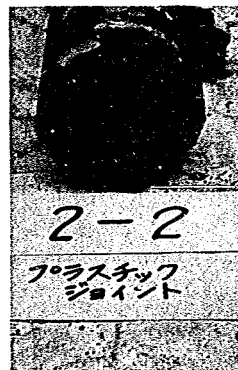


写真 7-7 プラスチック
継目

実測値の方が小さくなっている。各ブロックのコア別にフィルセメント中の空隙率を下に示す式によって推定するとBL1ブロック、BL4ブロックは、それぞれ1.6%、3.2%でBL2、BL3のブロックに比べて大きい値となっている。

コアの単位重量と圧縮強度との関係を附図-6に示す。

$$\text{なお、推定空隙率} = \frac{\text{配合設計重量} - \text{飽水単重}}{\text{配合設計単重}} \times 100 (\%)$$

として計算した。

2) 圧縮強度と破壊状況

コア供試体の圧縮強度の平均値、標準偏差、変動係数、また、最大値、最小値は表-8のとおりであった。

表-8 最大および最小圧縮強度

ブロックNo	1	2	3	4
平均値 Kg/cm ²	100	141	123	97
標準偏差 "	22	36	40	19
変動係数 %	22	26	32	20
最大値 Kg/cm ²	127	204	197	130
最小値 Kg/cm ²	54	84	58	67

この試験では、各ブロックのコアの中で、豆板や蜂の巣状の部分を含まない比較的外観の良好なものについて試験を行っているので、全体をより正確に評価するために、コアの表面状態の観察結果を参考にして検討してみた。

各ブロックのコアについて、層別にみた場合の外観の観察結果を示した附図-3の分類で、強度試験用供試体はいずれも◎、○印の部分から採取しているので(附図-3参照)この部分の強度を各ブロックの強度試験結果の平均値とし、また、試験結果全体のうち最低強度は、54Kg/cm²であったので△印の部分は、その供試体の外観よりも、かなり悪いため半分の強度と仮定して、27Kg/cm²、△、×印の部分の強度を0Kg/cm²として、各ブロックの平均強度を求めてみると次のようになる。

$$\text{BL1ブロックのコア全体の平均強度の推定値} = 78 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{BL2ブロックのコア全体の平均強度の推定値} = 99 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{BL3ブロックのコア全体の平均強度の推定値} = 120 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{BL4ブロックのコア全体の平均強度の推定値} = 72 \text{ Kg/cm}^2$$

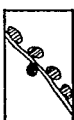
破壊面を観察すると、大半が粗粒の下面で滑っており、粗粒の部分で破壊しているものは、ほとんど認められなかった。また、粗骨材の下面にはセメントペーストが、ほとんど付着しておらず、粗粒に接していたモルタル表面には、ブリージングとともなうレイトン

ス状物質や残存気泡が認められるものが多数あった。

また、全般的にモルタル分の品質の良否の差が大きく、また、破壊面のモルタルがパサパサの状態のものが多くことからセメントペースト量の不足が感じられた。

各ブロックの破壊形状を分類すると表-9のようになる。

表-9 圧縮破壊状況

ブロック名	供試体数	Type 1 (斜め滑り破壊)	Type 2 (円錐状破壊)	Type 3 (横割れ破壊)	Type 4 (縦割れ破壊)
		 			
		$\sigma \text{ kg/cm}^2$	$\sigma \text{ kg/cm}^2$	$\sigma \text{ kg/cm}^2$	$\sigma \text{ kg/cm}^2$
BL 1	12	8 62 127	1 115	3 54 113	— —
BL 2	6	5 84 204	— —	— —	1 124
BL 3	20	15 54 197	1 158	1 61	3 111 132
BL 4	8	6 67 130	— —	1 94	1 92

3) 応力とひずみとの関係

一般に応力とひずみとの関係を調査するには、粗粒材料の最大寸法による影響を少なくするためには、その3倍以上の径が必要といわれているが、このコア供試体では、粗粒材料の最大寸法に比べて供試体の直径が小さく、また使用したゲージ長も粗粒材料最大寸法と比較して短いが、応力とひずみとの間の大体の傾向を把握するために整理してみた。その結果は附図-5に示すとおりである。

応力度が 50 kg/cm^2 の時のひずみ度をみると、

BL 1 ブロック ; 240 ~ 950 μ

BL 2 " ; 160 ~ 1440 μ

BL 3 " ; 160 ~ 1600 μ

BL 4 " ; 400 ~ 2140 μ

cf 通常のコンクリートで圧縮強度が、 150Kg/cm^2 程度のものでは、 $\sigma = 50\text{Kg/cm}^2$ の時、

$\epsilon = 200 \sim 300 \mu$ である。

であり、通常のコンクリートと比較して、ひずみ度が大きく、また、そのバラツキ度合もきわめて大きい。しかし、圧縮強度が大きいもの (150Kg/cm^2 以上) については、応力-ひずみ曲線が通常のコンクリートに比較的近い状態となっている。

4) 動弾性係数 (縦振動) と圧縮強度の関係-----附図 7-1

〃 (たわみ振動) と 〃 -----附図 7-2

静弾性係数 と 〃 -----附図 7-3

超音波伝播速度 と 〃 -----附図 7-4

のように夫々の関係が示されている。

共鳴振動法により測定した動弾性係数の各ブロックの平均値は、縦振動法で $24 \sim 32 \times 10^4 \text{Kg/cm}^2$ 、たわみ振動法で、 $21 \sim 33 \times 10^4 \text{Kg/cm}^2$ であった。また、超音波法では発振子および受振子と供試体上下面の接触位置によって伝播速度が若干異なるため 3 点について測定し、平均して求めたが、超音波法により求めた動弾性係数は、共鳴振動法による値よりも $1 \sim 10 \times 10^4 \text{Kg/cm}^2$ 程度大きい値となっている。

一方、静弾性係数は各ブロックの平均値で $6 \sim 19 \times 10^4 \text{Kg/cm}^2$ であり、動弾性係数に比べてはるかに小さい値を示している。

5) 引張強度

各ブロックの引張強度の平均値は $13 \sim 20 \text{Kg/cm}^2$ であった。また、供試体の破壊断面を観察すると、粗粒材料の大きいものは大部分がモルタルと剝離していた。また、粗粒材料の比較的小さいものの一部については、粗粒材料で壊れたものも見受けられた。

6) 打継目のコアのせん断強度試験

鉛直方向から 30° 傾斜した斜めコアの圧縮試験の結果、ほとんど全てが打継目部分でせん断破壊を生ぜず、通常の圧縮強度試験による破壊性状を示した。その結果は、表-4 斜めコアの欄に記してあるが、鉛直コアの圧縮強度とはほぼ同程度の値を示している。

その後の現地ブロックせん断試験の結果、プラスチック継目の摩擦角 ϕ は、 $45^\circ \sim 47^\circ$ となった。したがって、打継目をもつコアのせん断試験は、打継面と水平面とのなす角度を 50° として $\phi 180 \text{mm}$ のコアを図 2 に示す位置で、再採取して行った。

コアは、ボーリング作業中に、打継目が折れ易く供試体が採取できた部分は、プラスチック継目を含んだものが 1 個だけとなった。

供試体は、 $\phi 180 \text{mm} \times h 360 \text{mm}$ の寸法に整形して圧縮試験を行った。その結果は、 $P = 33.3 \text{t}$ で、プラスチック継目の部分で、せん断破壊し、応力は、 $\tau = 66 \text{Kg/cm}^2$ 、 $\sigma_n = 55 \text{Kg/cm}^2$ となる。

試験値が、1個しかないので内部摩擦角を現地ブロックせん断試験値で得られた $\phi=47^\circ$ とすれば $\tau_{0i}=8.0 \text{ Kg/cm}^2$ となる。

7) コア透水試験

1. 供試体

附図-1に示すとおりである。

2. 試験方法

1) 供試体の作成

$\phi 180 \text{ mm}$ のコアを高さ 290 mm に切断し、その周囲に普通コンクリートを打って、供試体を固定した。次にボーリングによって $\phi 15 \text{ mm}$ の中心孔を持つ $\phi 150 \text{ mm}$ の中空円筒形供試体を切出し、キャッピングを行って高さ 300 mm とした。キャッピング部と試験片との水密性を確保する必要から両者の境界部には、エポキシ樹脂を塗布した。

2) 使用試験機

コンクリート透水試験機（丸東製、外圧式）を用いて、 10 Kg/cm^2 の水圧で送水し流量を計測した。透水量の大きなものについては、水圧を 0.5 Kg/cm^2 とした。

3. 試験結果

試験結果は、表-10に示すとおりで良好なものは、ほぼ $1 \sim 5 \times 10^{-8} \text{ cm/sec}$ の透水係数をもつか、外観のよくないものでは、 10^{-3} cm/sec のオーダーの値となっている。

表-10 透水試験結果

供試体 番号	ブロック 番号	透水係数 (cm/sec)	外 観
1	No 1	9.7×10^{-7}	良 好
2	No 2	7.0×10^{-6}	"
3		1.2×10^{-6}	"
4	No 3	3.3×10^{-8}	"
5		7.3×10^{-7}	"
6	No 4	8.0×10^{-4}	ほぼ良好 (表面ややポーラス)
7		4.8×10^{-6}	良 好
8		3.8×10^{-5}	"
9		2.0×10^{-3}	不 良 (蜂の巣状の様相)

(注) 供試体6と9は 0.5 kg/cm^2 の水圧にて測定した。

他は 10 kg/cm^2 の水圧を加えた場合の結果である。

5. 現地ブロックせん断試験

(1) 試験の概要

転圧によって締め固められたフィルセメントの打継目が弱点となって、せん断強度が劣らないかを十分に検討しなければならない。そのためダムサイトで通常行なわれているブロック岩盤せん断強度試験方法を応用してこのフィルセメントのせん断試験を行なった。

プラスチック継目部分

BL1～BL4 ブロックにつき各 3 個 12 個

打継目部分

BL3 ブロック 3 個

継目のない普通部分

BL4 ブロック 3 個

計 18 個

として、継目部分のせん断試験に主眼をおくため、ブロック底が計画した継目部になるようにした。供試体番号と、その位置関係は、図 2 のとおりである。

底面、0.5 m² (0.71 m×0.71 m) の供試体を施工したフィルセメントから試験面が底となるように削り出し鉄筋コンクリートでライニングして補強し、それに垂直荷重とせん断荷重を作らせる 2 力方式とした。

せん断荷重の傾斜角は水平と 18°とした。

せん断試験結果は、クーロンの摩擦法則から、

$$\tau = \tau_0 + \delta \cdot \tan \phi$$

τ : せん断抵抗 (Kg/cm²)

δ : 垂直応力 (Kg/cm²)

ϕ : 内部摩擦角 (度)

τ_0 : 純せん断強度 (Kg/cm²)

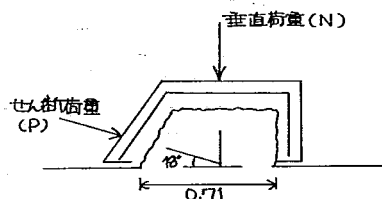


図 4 せん断試験载荷方法

なお、今回は、完全破壊後、BL1～BL4 の試験ブロック供試体 1 個について、再度载荷し、摩擦角測定の実験も行なった。

なお、対象となるフィルセメントは、盛土上に施工された 1.5 m の薄い層状であるため、鉛直载荷によって求める変形特性の実験は省略した。

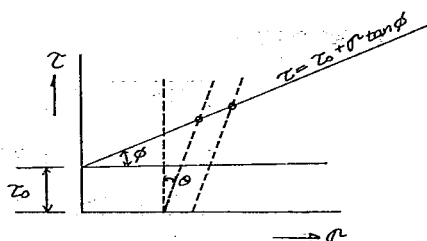


図 5

1) 载荷方法

① 垂直荷重 (持続垂直荷重)

せん断荷重の载荷は、所定の垂直荷重を加え、それによる変位から落ちついた後、(10

分間の変位増分が $1/100$ 以下になった時点)に行ない、せん断に至らしめた。

垂直荷重は、せん断破壊が実際のダムにおいて作用する鉛直応力の付近で生じるように

5 kg/cm^2 , 10 kg/cm^2 , 15 kg/cm^2 の 3 種とする。

載荷速度を、 $2.5 \text{ kg/cm}^2/\text{min}$ とした。

②せん断荷重

ローディングパターンは、次図 6 のとおりである。

載荷速度： $1.0 \sim 1.5 \text{ kg/cm}^2/\text{min}$

測定間隔： 5 min

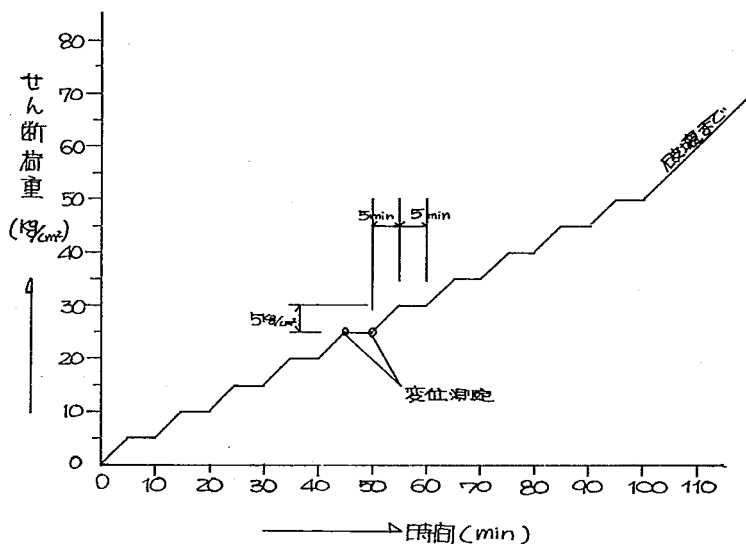


図-6 せん断荷重ローディングパターン

($1.0 \text{ kg/cm}^2/\text{min}$ とした場合)

2) 変位測定方法

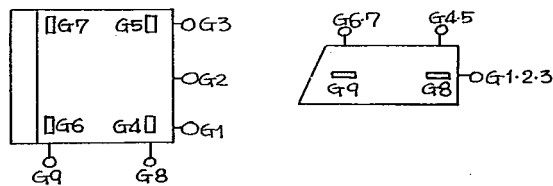


図-7 ゲージ位置と番号

水平方向の変位量はダイヤルゲージ①,②,③で、垂直方向の変位量はダイヤルゲージ④,⑤,⑥,⑦で測定した。

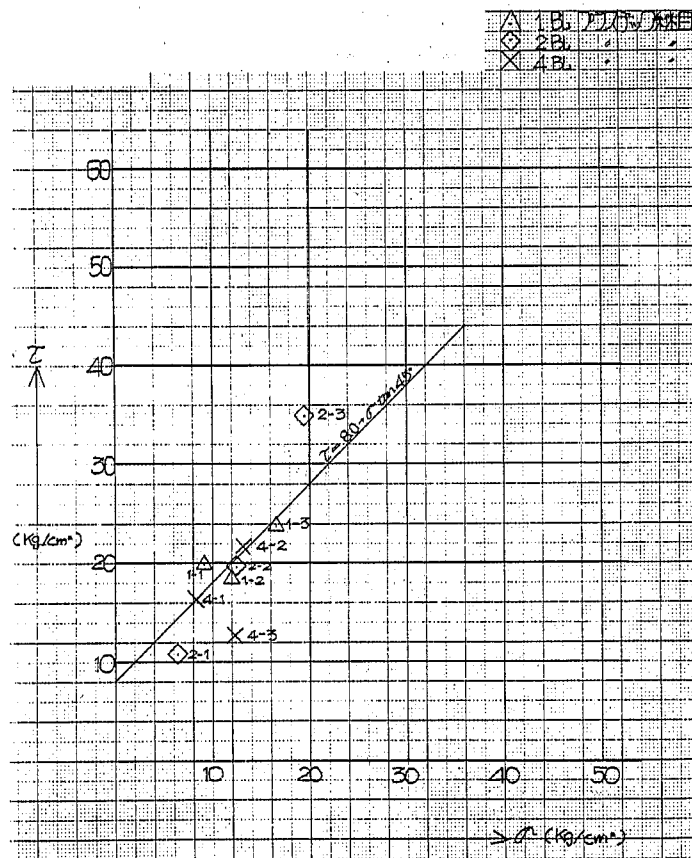


図-8-1 フィルセメントせん断破壊点抵抗応力

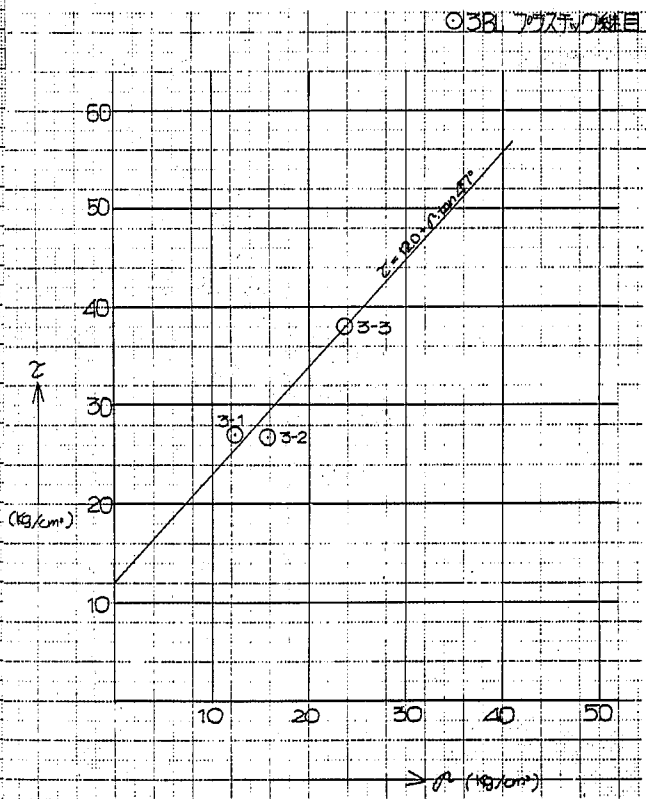


図-8-2 フィルセメントせん断破壊点抵抗応力

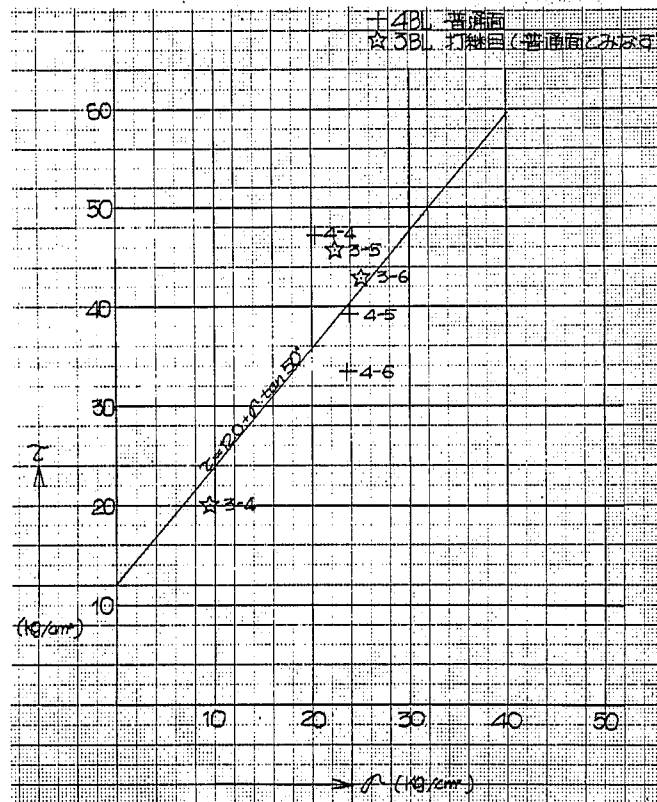


図-8-3 フィルセメントせん断破壊点抵抗応力

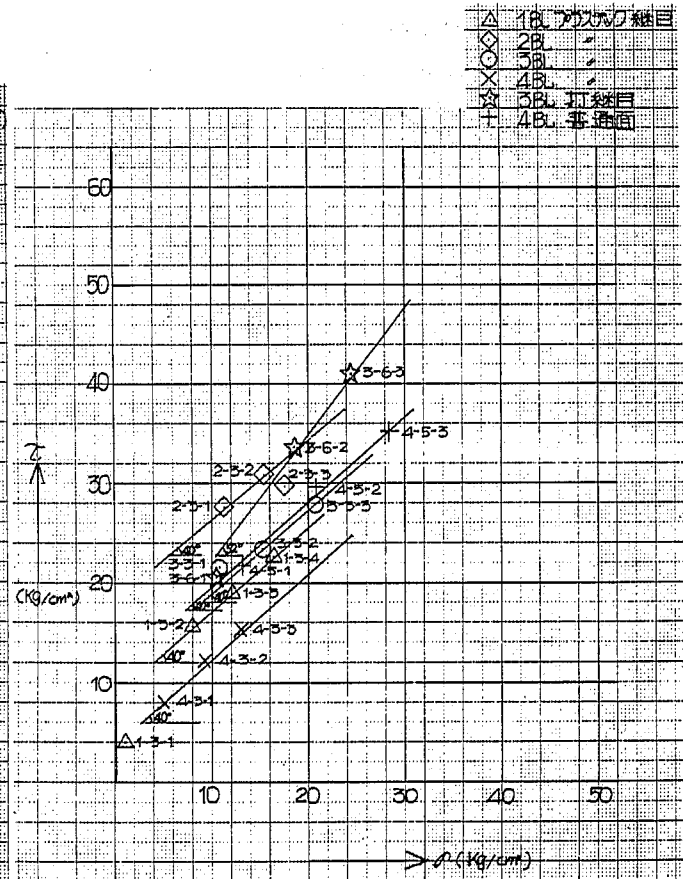


図-9 フィルセメントせん断摩擦抵抗応力
(破壊後再載荷)

(2)試験結果

ブロックせん断試験によって求められた荷重と鉛直および水平変位の関係を附図8に示す。これから求められる鉛直応力とせん断強度との関係は図8のとおりで、鉛直方向の浮き上がり点、降伏点、破壊点を拾って表示したものが表11である。なおこの表には附図8に示した変位曲線の特性と破壊面の観察状況を示してある。

表1の破壊面の観察状況で示したように5日後に打込んだ打継目を対象としたBL3の3～4～5のブロックは、打継目が良好で判然としないため底面が6～10cm外れた。ブロックせん断試験では、弱い面があればそこにひきずられて弱い値を示すのが普通であるが、今回の試験では、継目を対象としないものと同等の良好な試験結果を得ているので、これらの3ブロックについての整理は継目のない普通部にまとめて取扱うことにした。

試験値は、個数が少ないためバラツキがみられるが、単位セメント量が $60\sim 80\text{kg}/\text{m}^3$ しか入っていないものとしては良好なものでせん断強度としてはほぼ次の値をもっと考えられる。

プラスチック継目 ($C=60\text{kg}/\text{m}^3$) $\tau = 8 + \sigma \tan 45^\circ \cdots \cdots \text{BL. } 1, 2, 4$

〃 ($C=80\text{kg}/\text{m}^3$) $\tau = 12 + \sigma \tan 47^\circ \cdots \cdots \text{BL. } 3$

継目のない普通部 ($C=60\sim 80\text{kg}/\text{m}^3$) $\tau = 12 + \sigma \tan 50^\circ \cdots \cdots \text{BL. } 3, 4$

これらの値は、試験したフィルセメントのブロックと同じような様相を呈する凝灰角礫岩の試験で経験しているせん断強度に比べて遜色はない。

また一部のブロックについて完全に破壊した後に再載荷して摩擦角を測定したが、図9に示すように3BLの普通部で $\phi = 52^\circ$ を示しただけで、他はすべて $\phi = 40^\circ$ を得た。

6. 現場透水試験

試験施工したローラ締固めによるフィルセメントの断面を観察するため外周部を切削することにした。その際に、内部をいためないように図10に示すような50cm間隔のラインドリリングをすることにしたので、その孔のうち4本について現場透水試験を行なった。前述のように周縁部のフィルセメントはかなりポーラスで、周部から1mしか内側に入っていないので大きな透水性を示すのではないかと予想したが、透水量と注入時間との関係は、図11に示すとおりで4本中3本は、 $0.15\sim 0.2\text{リットル}$ (約 $2\times 10^{-3}\text{cm}^3/\text{sec}$)で良好な成績を与えた。しかし、試験孔No 9は、注水後3分でNo 8孔に、5分でNo 10孔に、18分でNo 7孔に、36分でNo 3孔に漏水しており、 $10^{-1}\text{cm}^3/\text{sec}$ オーダーの透水性を示した。

断面切削後の観察では、この付近だけ打継目が明瞭でその上部は粗骨材だけがかたまりポーラスとなっていた。

7. 水 和 熱

セメントの水和熱を測定するため第2回打込の11月20日に図12に示す位置にカールソン形温度計を埋設し温度を測定した。その結果は、図13のとおりである。

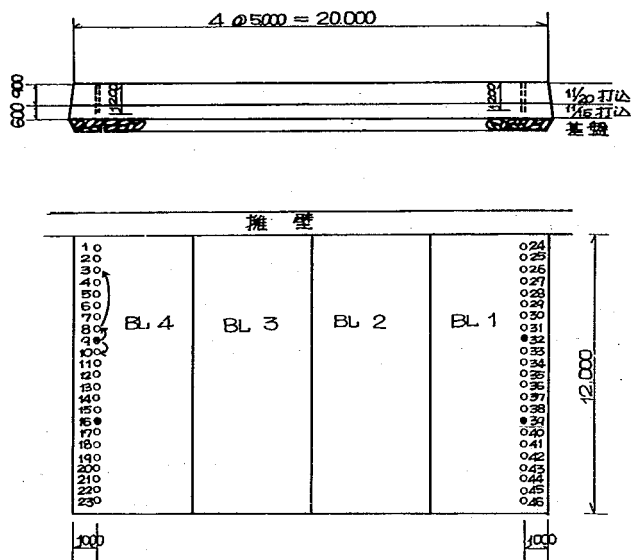


図-10 現場透水試験位置図

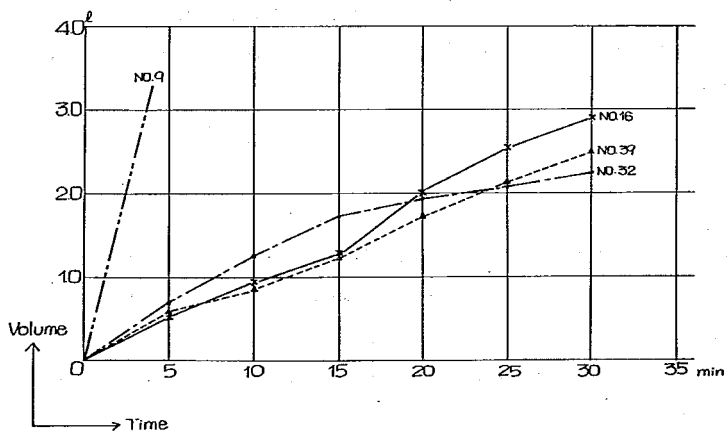


図-11 現地透水試験に於ける

単位長 (1 m) 当り流出量と経過時間との関係

表 - 11 現地せん断試験数値及び変位特性破壊面観察表

BL	供試体 No	試験対象	浮上り点 QP			降伏点 YP			破壊点 FP			(τ) Q/P (%)	変位曲線特性	破壊面観察
			σ kg/cm ²	τ kg/cm ²	δ mm	σ kg/cm ²	τ kg/cm ²	δ mm	σ kg/cm ²	τ kg/cm ²	δ mm			
1	1-1	プラスチック 継目	6.0	8.8	0.11	6.0	8.8	0.11	9.4	19.7	2.29	45	降伏点で供試体水平回転開始、以後せん断変位量急増	供試体下面より、後方(せん断ジャッキ面方)半分は、下2~3cm、前方半分は、5~6cmで破壊面形成、前方は滑らか、後方は凸凹があり
"	1-2	"	9.6	11.5	0.09	11.5	17.2	0.72	12.0	18.3	2.15	63	浮上り点で供試体水平回転開始	供試体下面より下4~6cmで破壊、破壊面はほぼ滑らか。
"	1-3	"	12.5	11.0	0.16	16.0	21.0	1.38	16.7	23.9	2.20	46	浮上り点以後のせん断変位量増加(塑性的)、また供試体後方(せん断ジャッキ面方)浮上り、前方沈下の動きを示す	供試体下面ではほぼ破壊、破壊面は2~3cmの凸凹が数ヶ所見えるが、他はほぼ滑らか。
2	2-1	"	5.2	6.0	0.05	5.2	6.0	0.05	6.7	10.8	1.51	55	せん断破壊応力小、浮上り点以後のせん断変位量急増	供試体下面より下4~5cmで破壊、破壊面は滑らか。
"	2-2	"	9.0	9.0	0.04	10.6	14.5	0.45	12.7	19.7	3.74	46	降伏点で、水平回転開始、以後各変位量急増	後方半分は供試体下面で、前方半分は下面より下5~6cmで破壊、破壊面の山側半分は凸凹がはげしい。
"	2-3	"	11.8	11.0	0.06	17.0	26.5	1.14	19.6	34.9	3.50	32	浮上り点以後せん断変位量増加(塑性的)、降伏点以後、供試体水平回転移動量大	供試体下面ではほぼ破壊、破壊面は玉石の凸凹がみられる他は、ほぼ滑らか。
3	3-1	"	9.0	16.5	0.06	11.5	23.5	0.29	12.2	27.0	1.37	61	降伏点まで、せん断変位量小、浮上り点以後、供試体水平回転移動量大	後方半分は供試体下面で、前方半分は下面より上1~3cmで破壊、破壊面は滑らか。
"	3-2	"	13.0	17.0	0.04	15.4	23.7	0.19	15.8	26.7	0.88	64	降伏点までせん断変位量小	施工継目面での破壊明確。破壊面全面滑らか。
"	3-3	"	16.0	14.5	0.02	22.0	33.0	0.33	23.8	38.0	1.29	38	降伏点までせん断変位量小	施工継目面での破壊明確。破壊面全面滑らか。
"	3-4	打継目	7.0	12.0	0.23	7.0	12.0	0.23	9.5	20.0	2.12	60	浮上り点応力、接近、降伏点以後せん断変位量急増	供試体下面で破壊、埋設温度計埋戻し砂露出。打継目は、ブロック底より5cm上にあった。
"	3-5	"	13.9	18.5	0.11	22.0	44.0	1.25	22.3	45.4	2.18	41	浮上り点で供試体水平回転開始、以後せん断変位量増加、また後方で浮上り、前方で沈下の動きを示す。	供試体下面より上1~2cmで破壊、破壊面は1~2cmの凸凹あり。打継目はブロック底より6cm下にあった。
"	3-6	"	17.5	18.5	0.19	23.5	37.0	1.57	25.3	42.6	3.02	43	載荷当初から、供試体の浮上り、及び沈下量、水平回転の変位量増加の傾向を示す。	供試体下面より、上2~3cmで破壊、破壊面は1~2cmの凸凹あり。打継目はブロック底より10cm下にあった。
4	4-1	プラスチック 継目	5.0	8.0	0.02	7.0	13.5	0.27	8.1	16.1	1.20	50	降伏点まで、せん断変位量小	供試体後方1/3は、下面で中央1/3は下面より下7cm、前方1/3は下面より下5cmで破壊、破壊面はそれぞれの面では滑らか。
"	4-2	"	10.0	11.5	0.08	11.0	14.5	0.25	13.2	21.6	2.10	53	降伏点まで、せん断変位量小	後方川隅隅角部では下面で、他は下面より下3~4cmで破壊。破壊面は、ほぼ滑らか。
"	4-3	"	10.0	5.5	0.07	10.8	8.0	0.22	12.4	12.6	1.06	44	載荷当初から供試体後方浮上り、前方沈下の傾向を示す。降伏点応力小、以後せん断変位量急増	供試体下面より、下4~6cmで破壊、破壊面は、供試体中央部に直径20~30cmのコンクリートのポーラスな部分あり。
"	4-4	普通面	9.9	14.5	0.05	17.0	39.0	1.53	20.3	47.1	3.21	31	浮上り点以後、せん断変位量増加、以後供試体後方浮上り、前方沈下の動きを示す。	後方山側隅角部で、下面より上10cmで、前方は下面より下1~7cmで破壊。破壊面は、大きな凸凹面で形成。
"	4-5	"	20.0	26.5	0.32	21.7	32.0	0.61	23.8	39.1	1.48	68	せん断変位量、浮上り点以前から増加(塑性的)	供試体山側より2/3程度が下面より下13cmで破壊、破壊面は、コンクリートのポーラスな部分が全面露出
"	4-6	"	16.8	12.0	0.05	19.5	20.5	0.30	23.7	33.2	1.35	36	浮上り点以後、供試体後方浮上り、前方沈下の傾向を示す。	供試体下面より下11cmで破壊。破壊面は、2~4cmの凸凹がはげしい。

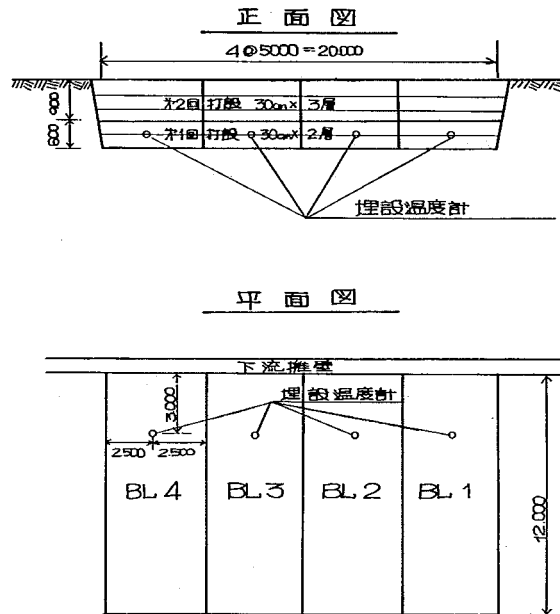


図-12 埋設温度計位図

草木ダム本体コンクリートの熱的性質について調査した結果では、

比 熱	0.232 kcal/Kg °C
熱 拡 散 係 数	0.090 m ² /day
熱 伝 導 率	2.18 kcal/m·hr·°C
表 面 熱 伝 導 率	18.5 kcal/m ² ·hr·°C
セメントの発熱式	$Q = 9.19 (1 - e^{-0.278 t})$

である。これに条件をフィルセメントの打込み温度10℃、外気温10℃(一定)、打込みサイクル5日、単位セメント量60および80Kg/m³とし、施工後の外気温は変動が大きいの、計算例では、10℃の一定値にして5日間だけ算出したが、この結果と実測値を比較すると、ほぼ一致している。フィルセメントでも温度変化は計算によってかなり正確に推定できるものと考えられる。

8. 凍結融解試験

(1) 供試体採取位置

供試体は、各ブロック平面真中付近の表層から切り出した。

(2) 試験方法および結果

フィルセメント供試体の急速凍結融解作用に対する抵抗性を求める目的で定められている。

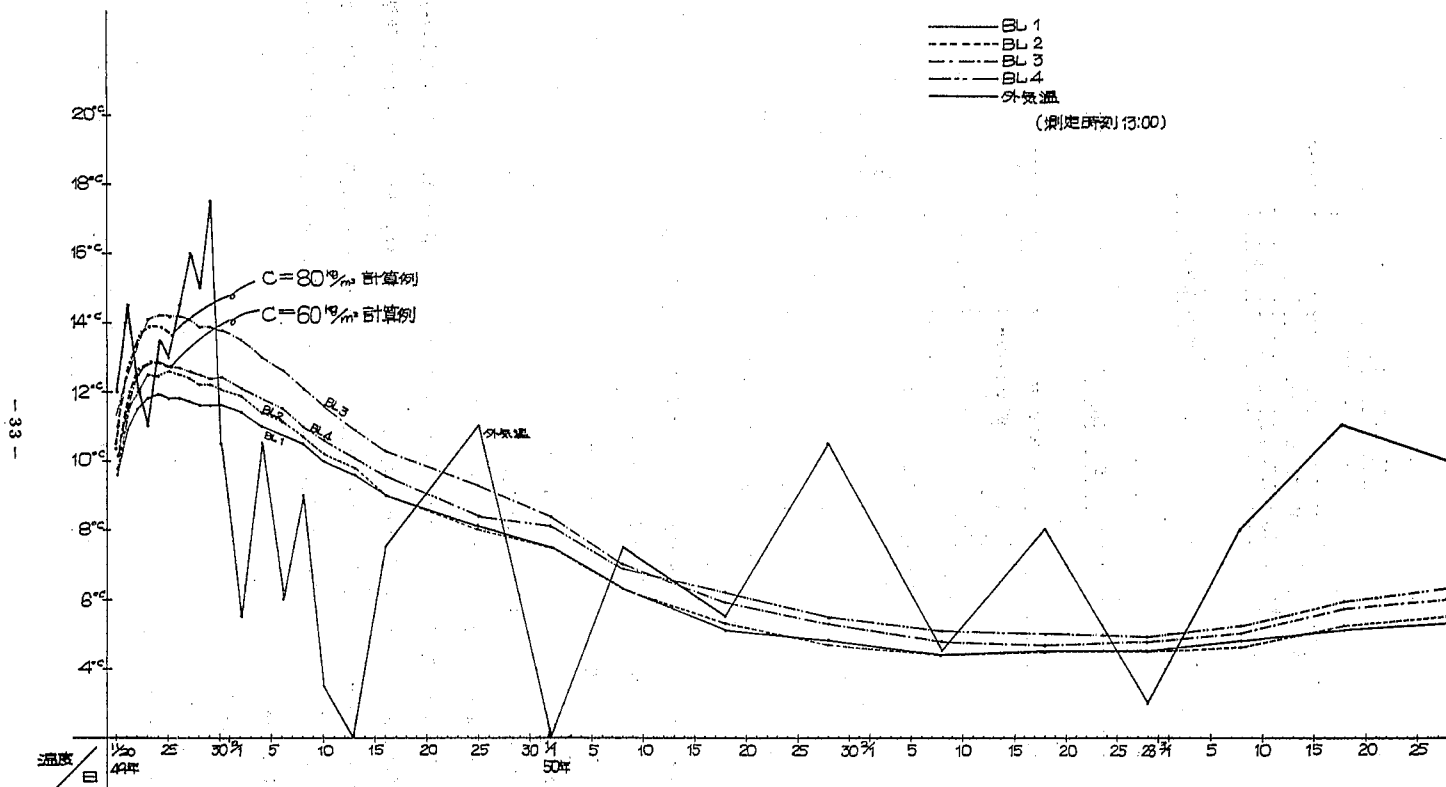


図-1.3 試験施工フィルセメント温度経歴図

A S T M の試験方法に準じて行った。

供試体寸法は、 $10\text{ cm} \times 10\text{ cm} \times 40\text{ cm}$ とし、凍結融解は相対動弾性係数が60%に達するまでくり返し行った。

凍結融解のサイクル数に伴う表面の変化の状況を写真8に示す。また、相対動弾性係数および重量の変化状況を附図-9.耐久係数を表-12に示す。

これらの結果は、通常のコングリートに較べると良好なものではない。しかし、単位セメント量が、 60 Kg/m^3 のものに較べると 80 Kg/m^3 のものは写真のように表面が、明らかに良好である。したがって実物ダムでは、表層の凍結融解を受ける部分に対しては、セメント量を多くしなければならないことを示唆している。

表-12 耐久係数

供試体番号	ブロック番号	耐久係数 DF (%)	備考
		平均値	
1	BL2	4.3	—
2		(4.3以下)	23サイクルで破断
3	BL3	6.4	—
4		7.0	—
5	BL4	5.0	29サイクルで崩壊
6		6.0	—

$$* \text{耐久係数 } DF = \frac{PN}{M} \quad (\%)$$

P ; N サイクルにおける相対動弾性係数

N ; P が60%となったときのサイクル数

M ; 設定サイクル数 (通常300サイクル)

(II) 美唄ダムにおける試験施工

1. 使用材料と配合

原石山付近の旧河床堆積物が厚いので、この土を利用できないかどうかを調べるため、その試験を行なった。

材料の粒径分布は図14に示すとおりである。また、土質試験による土の主な性質は、表13に示すとおりである。

配合はセメントを重量比で全体の約10% ($C = 100\text{ Kg/m}^3$)とし、自然含水比(14~16%)のままと、これに自然含水量の10%加水したものについて混合した。

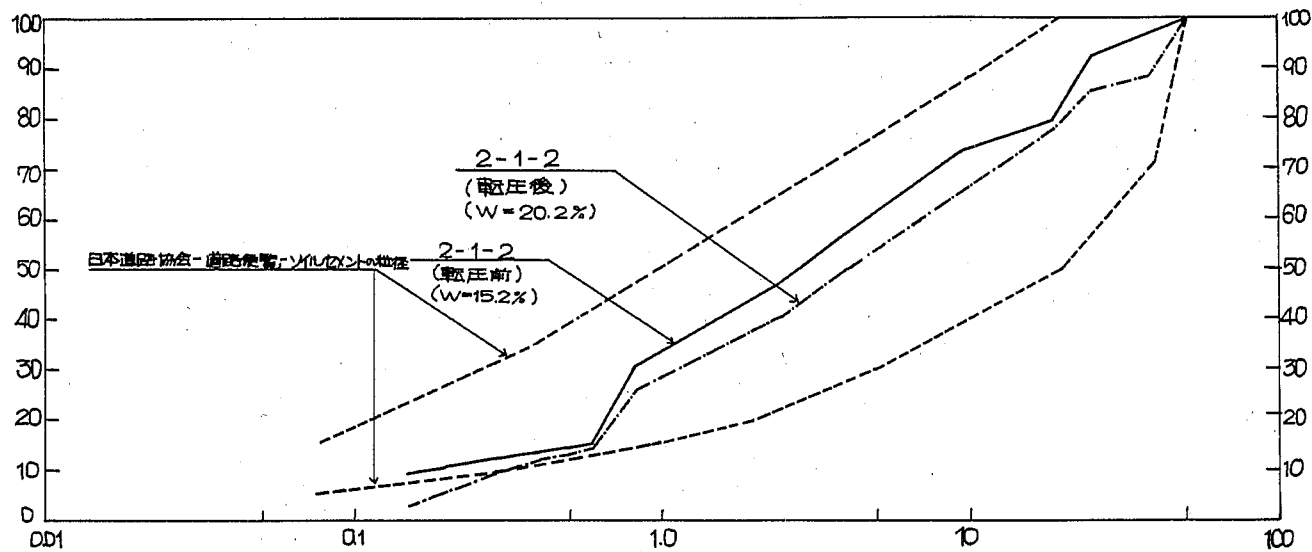


図-14 美唄ダム原石山付近旧河床堆積土の粒径加積曲線の例

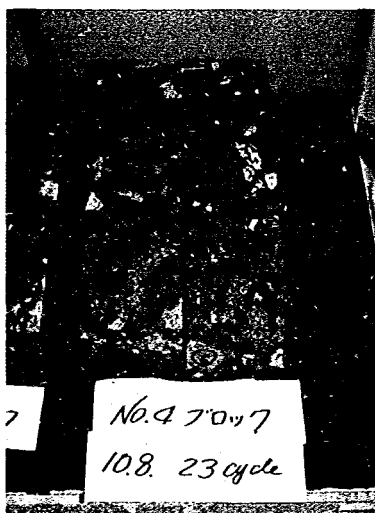
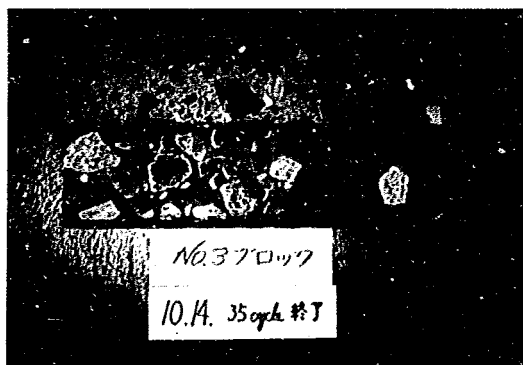
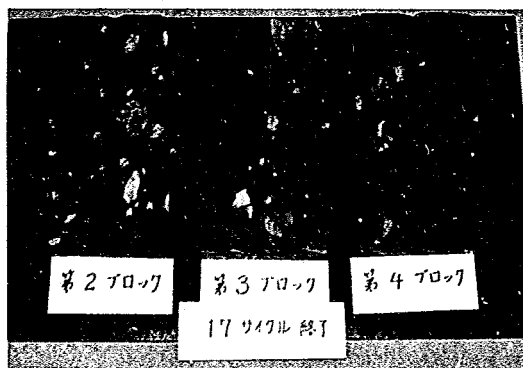
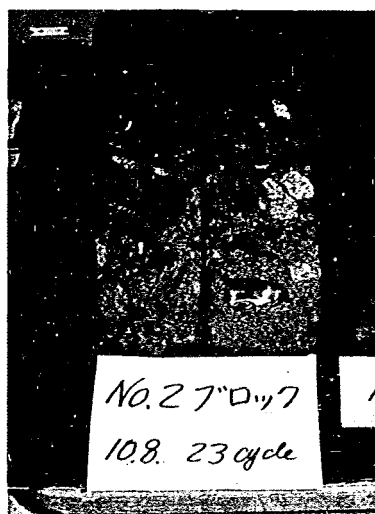
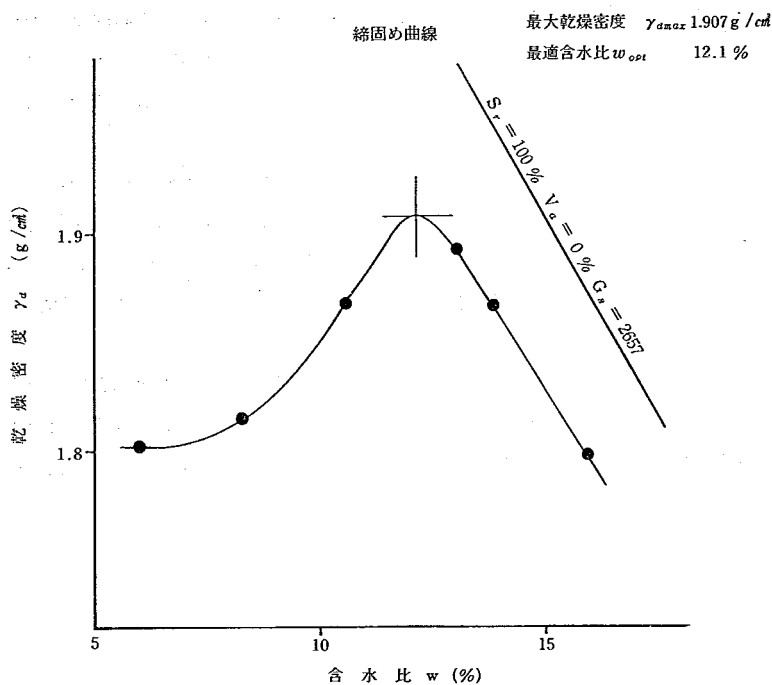


写真8 凍結融解試験の状況

表13 美唄ダム原石山付近旧河床堆積物土質試験の例

粒 度 特 性	レキ分(2000 μ 以上)	%	66.9
	砂分(74~2000 μ)	%	20.1
	シルト分(5~74 μ)	%	8.0
	粘土分(5 μ 以下)	%	5.0
	最大粒径	mm	
	均等係数 U_o		500.0
	曲率係数 U_o		7.0
コ ン シ ス テ ン シ 性	液性限界 w_L	%	31.91
	塑性限界 w_P	%	20.69
	塑性指数 I_P		11.22
土粒子の比重 G			2.657
自然状態含水比 w			% 15.58
結 固 め 特 性	試験方法		1-3-b
	最適含水比 w_{opt}	%	12.10
	最大乾燥密度 γ_{dmax} g/cm ³		1.907



2. 混 合

混合は、0.6 m^3 パッチミキサで1パッチ800Kgとし、3分間練り混ぜた。

自然含水量のときは、異状はなかったが、自然含水量の10%の水を加えたときは、ミキサへの付着がわずかであるが認められた。また、写真10に示すようにミキサ内の練上りの状況で土が大小の団子のような塊状になっているものが目についた。

3. 締 固 め

ミキサからコンクリートスラブの上に、手押車で運んで30cm厚に敷均した後、3t振動ローラ（振動数3,000cpm、起振力12t）を10回通過させて締固めた。

ローラで締固めた後の断面は、地質調査用ハンマーで強打しなければ割れない程で、写真11に示すようによく締固まっている。このうち下の写真は上で示した断面にフェノールフタレンを撒布してセメントの混入状況を調査したもので赤色化しないでセメントの混入のないことを示している部分は、大部分が骨材の割れたものであるが、中央上部のハンマーのあとのように、僅かながら土が塊状となってセメントがゆきわたっていない部分もある。なお、ここでは示していないが、シルト分が多い土ではこのセメントの入らない塊状の部分が多く出来る傾向を示した。

4. 室内試験用に $\phi 15\text{cm} \times 30\text{cm}$ のモールドで供試体を作成した。§3.2.(2)の試験で好結果を得たパイププレートによる層に分けた締固めは写真12上の左側に示すようによく締固まらなかった。標準の土質試験用ランマによるものを同じ写真の右に示すが、それでも空隙が多くて写真12の下に示したローラ締固めによるものからボーリングで抜きとったコアに比べると、よく締固まっていない。

5. $\phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ のモールドに3層に分けてつめ、各層を振動数7000~8000rpm、重さ20Kg、加圧板 $\phi 149\text{mm}$ の振動機で2分間締固めた供試体の湿潤密度の平均は1.64g/cm³、標準の土質試験で用いるランマで締固めた同じ寸法の供試体の湿潤密度の平均は2.04g/cm³であった。これに対して試験施工の振動ローラで締固めたものでは湿潤密度2.21g/cm³、乾燥密度1.92g/cm³であった。

6. 上記の試験は、北海道では雪の期間が長いので、いそいで見当をつけるために実施したものであるが、実験に立会ってみて適当量のセメントを加えることによって十分な強さの材料について引続き室内実験を行なっているが中原康氏によれば振動タンパーによる締固めが良好のようである。

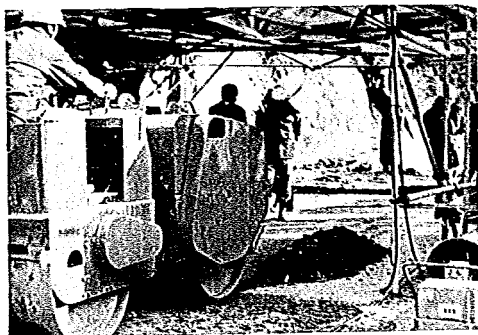


写真9 試験転圧



写真10 バッチミキサ内で土粒子が塊状になる様子

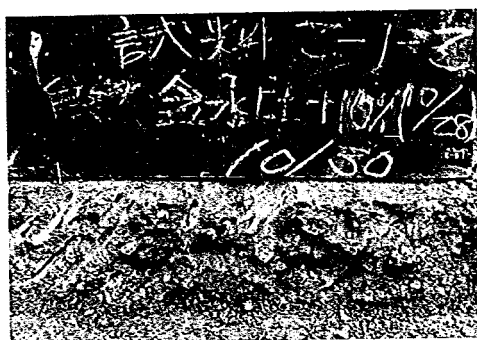


写真11 転圧後の締固まり状況
断面はよく締まっている。下の写真
ではフェノールフタレン撒布によ
ってセメントの混入状況を示す。

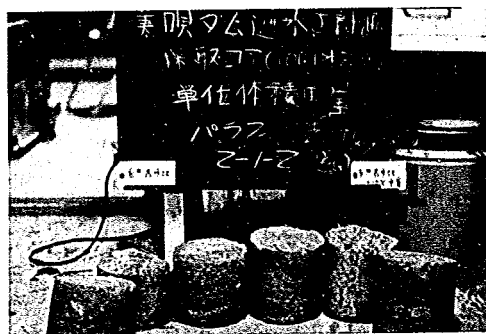
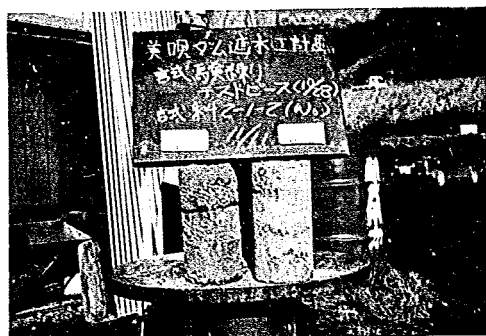


写真12 供試体による締固状況
上の写真は15cm×30cmモールド
につめて作製したもので左はパイ
ブレータ、右はランマによる。下
の写真はボーリングで抜き取った
もの。

§ 3. 室内試験

1. 予備試験

すべての調査に先行して、単位セメント量 $50\text{Kg}/\text{m}^3$ のきわめて貧配合のリーソコンクリートをつくって試験してみた。

骨材は富士川の河床から採取した円礫状のもので、図 15 に示した粒度をもつ。

試験には $\phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ の円筒供試体を用いることにした。モールドにつめるとき、普通のプラスチックはコンクリートに用いる突固め法 (JIS A 1132) ではよく締固まらなかったの
で、土質締固め試験法 (JIS A 1210) によって、 2.5Kg のランマで 3 層に分け、各層を 29 回突固めて作成した。

強度試験の結果は図 16 に示したとおりで、水セメント比が小さいもののほど高い強度を示してい

2. 室内試験用供試体作製方法

併行して行なった現場での振動ローラによる、フィルセメントの試験施工で締固め効果はきわめてよかった。前項でのべた予備試験では突固めをいろいろ工夫しても、締固まりが十分ではなかったの
で、この種の材料の調査には欠かせない室内試験用供試体をどのようにして作製するかが大きな問題となった。

草木ダムの現場での試験施工に用いた頁岩、砂岩は洗滌したもので実際にこのフィルセメントを用いてダムをつくるとすれば、もっとこまかい材料が入ると考えて骨材洗滌水の沈澱池にたま
った泥分を混ぜた材料を使って締固め方法を調査した。その粒度を表 14 および図 17 に示す。

モールドの寸法は、使用材料が多いという難点があるが、普通コンクリートとの関連をみるため、 $\phi 150\text{mm} \times 300\text{mm}$ 円筒供試体とした。

(1) ランマによる締固め

土質締固め試験法 (JIS A 1210) の 2.5Kg ランマを使用するモールドには、3 層に分けてつ
めることにし、各層毎に 29 回突固めた。

密度試験の結果は図 18 に示すとおりで、セメントを混合しないものでは含水比が 7~8 %
で密度が最大になる。

(2) 振動機による締固め

振動数 $7,000 \sim 8,000\text{ rpm}$ 、重量 (合計) 20Kg 、加圧板 $\phi 149\text{mm}$ の外面振動機を用いて締固め
た。モールドへの試料のつめ方は、3 層としランマによる締固めのエネルギーに等しくなるよう
各層 40 秒の外面からの振動締固めを行なった。

その結果は図 19 に示すとおりで、含水比が 6 % より多いものはよく締固まるが、7 % 以上
になるとブリージングによって浮上した水が流れ出てしまう。逆に 5 % 以下ではよく締固まらな
い。

ここで振動によってかけるエネルギーの総量をふやすため、種々の含水比について、3 層の各

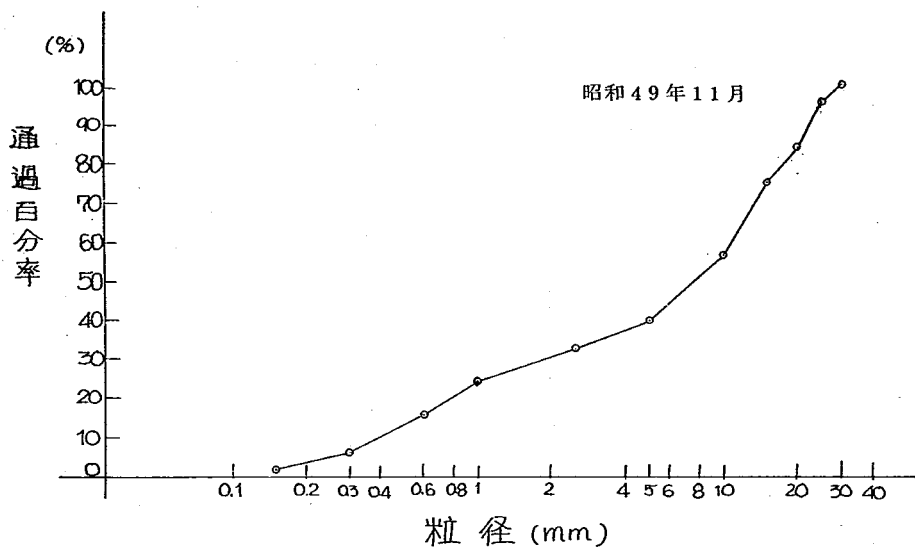


図-15 粒径加積曲線

$$C=50\text{kg/m}^3$$

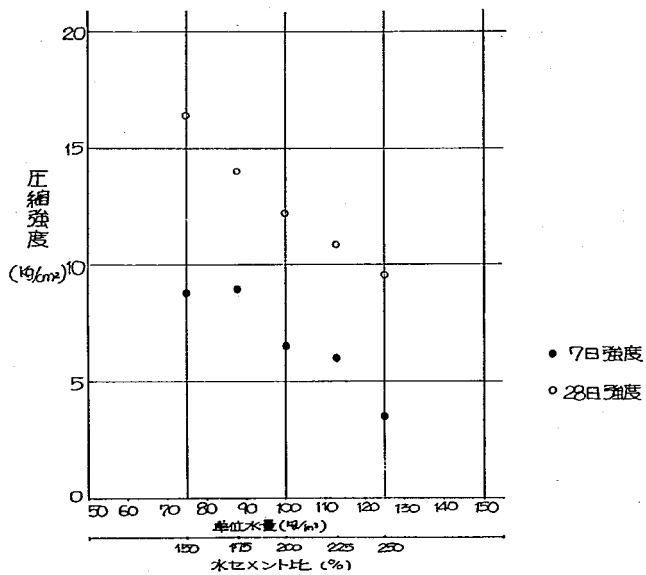


図-16 予備試験の結果

表-14 骨材の混合比率

種 別 骨材名 符号		粗 骨 材 0.6		細 骨 材 0.4	
		40 _目	20 _目	砂	泥
A	△	0.2	0.4	0.2	0.2
B	☆	0.2	0.4	0.267	0.133
C	◇	0.2	0.4	0.35	0.05
D	◎	0.2	0.4	0.4	0

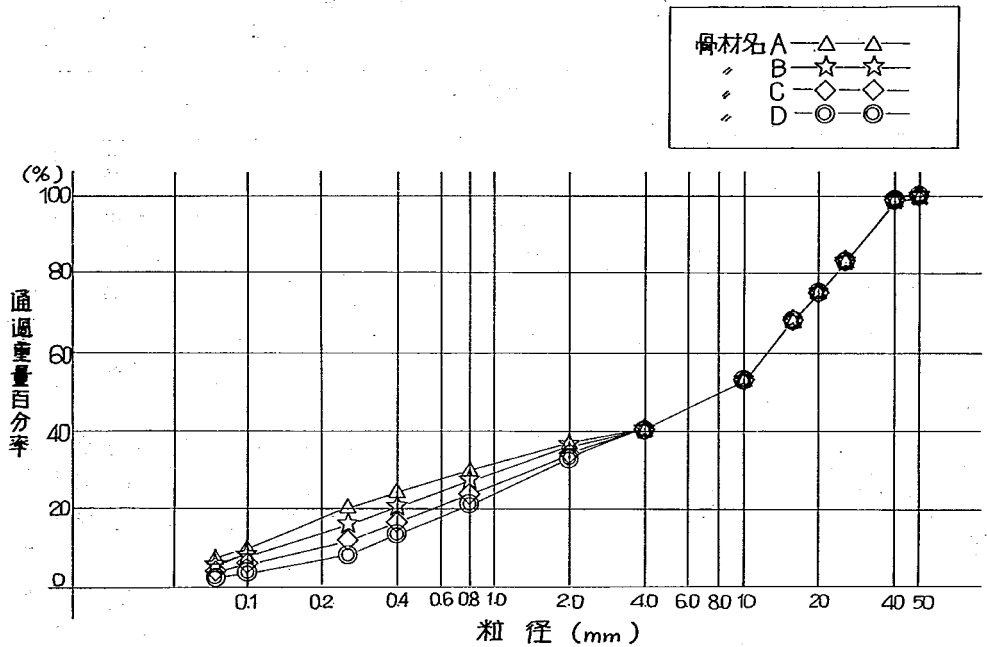


図-17 粒径加積曲線

乾燥単位体積重量 %

144

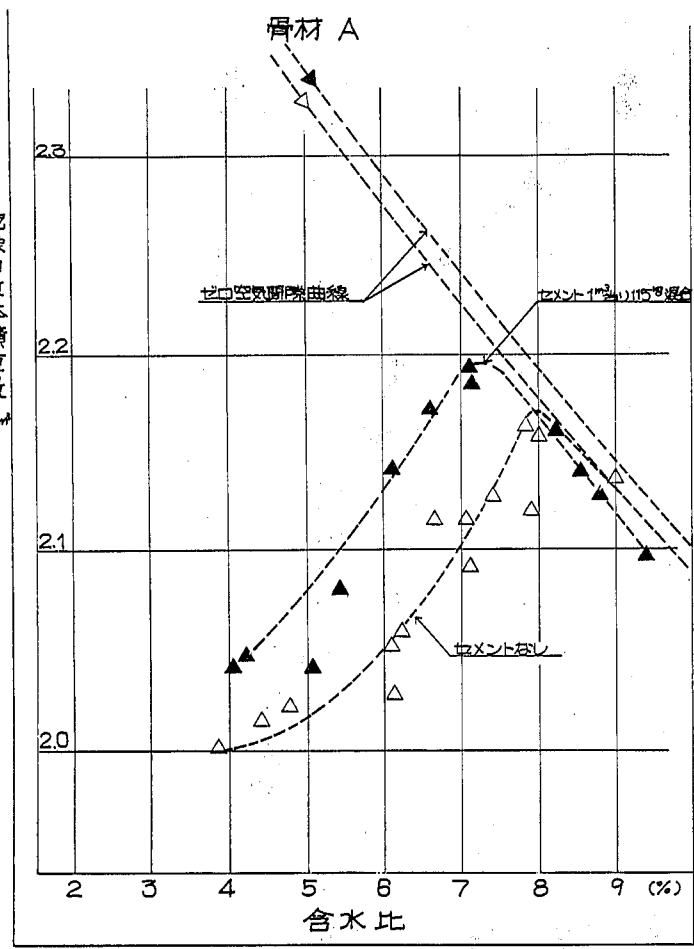


図-18-1 ランマー締固め試験

乾燥単位体積重量 %

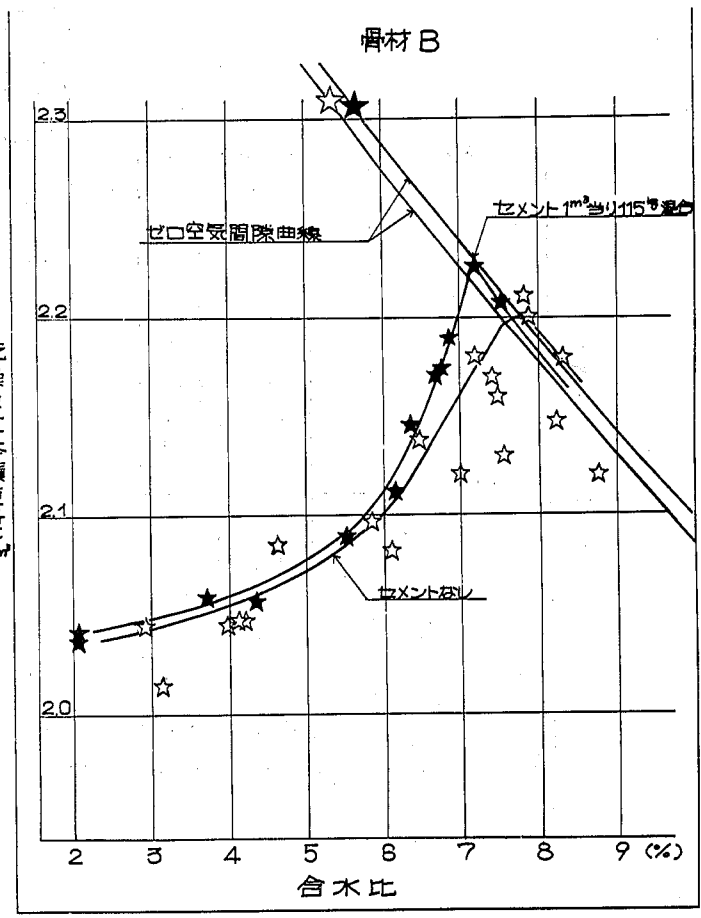


図-18-2 ランマー締固め試験

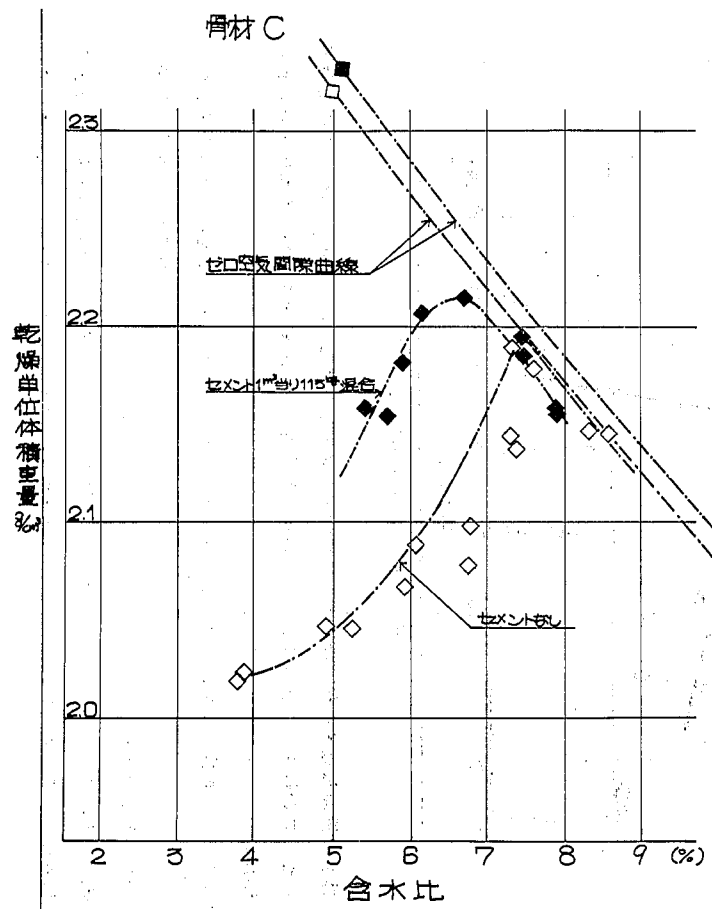


図-18-3 ランマー締固め試験

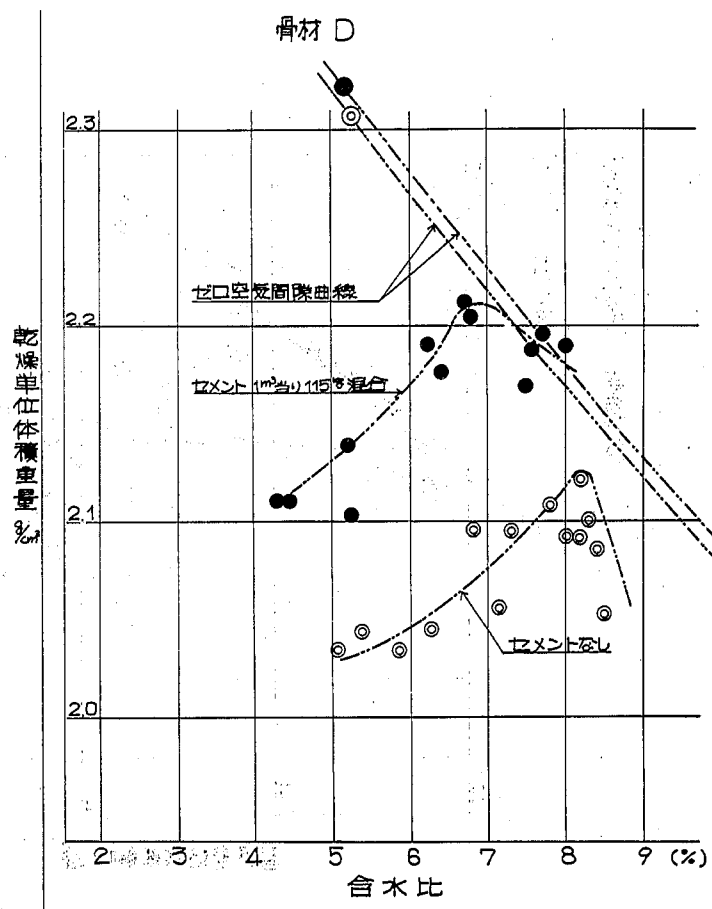


図-18-4 ランマー締固め試験

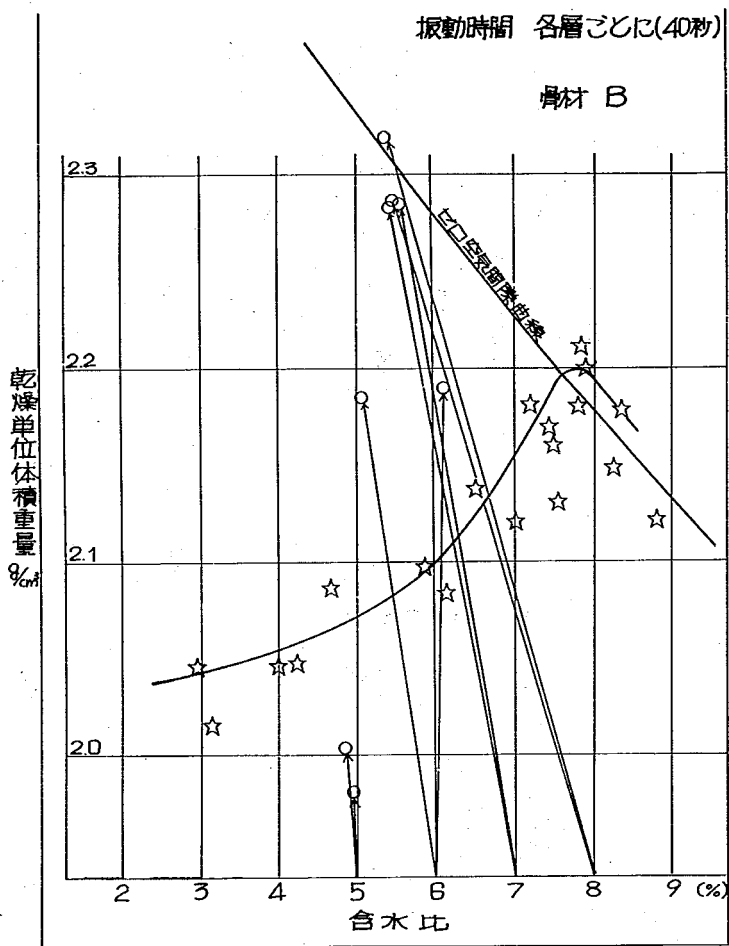


図-19 振動締固め試験

層に対する外面振動機の作用時間を変えて密度試験をしたところ、図20に示すような結果が得られた。この結果でも含水比の高いものは、短時間に容易に締固まるが、含水比の低いものは長時間かかることが示されている。

なお、この追加試験でも含水比が高いときは、ブリージングによって濁水の流失が生じた。

(写真13, §4.2の項)

(3) 圧縮による締固め

将来、ソイルセメントのように、静的な圧縮力を加えて締固める専用機をつくることあるかもしれないと考えて、アムスラー万能試験機で圧縮力を加えて供試体をつくってみた。やは

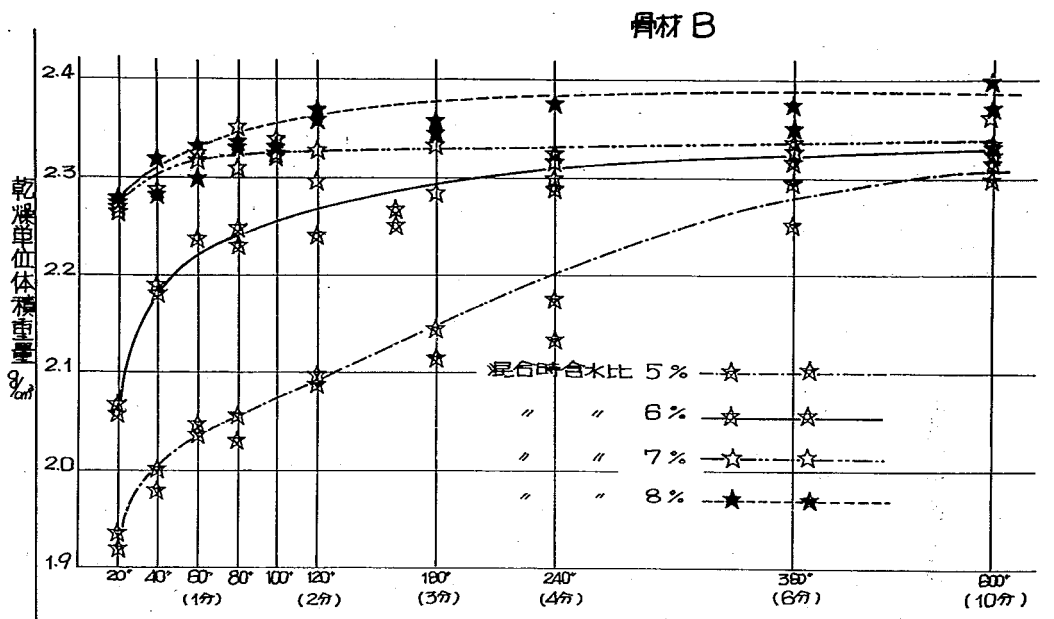


図-20 振動締め試験における時間と密度の関係

り $\phi 150 \times 300$ のモールドに3層に分けてつめ、各層毎に締めめることとし、各種の含水比の材料に各層毎に6 tの圧縮力を加えてつくったものからは、図21各層毎に加える圧力縮力

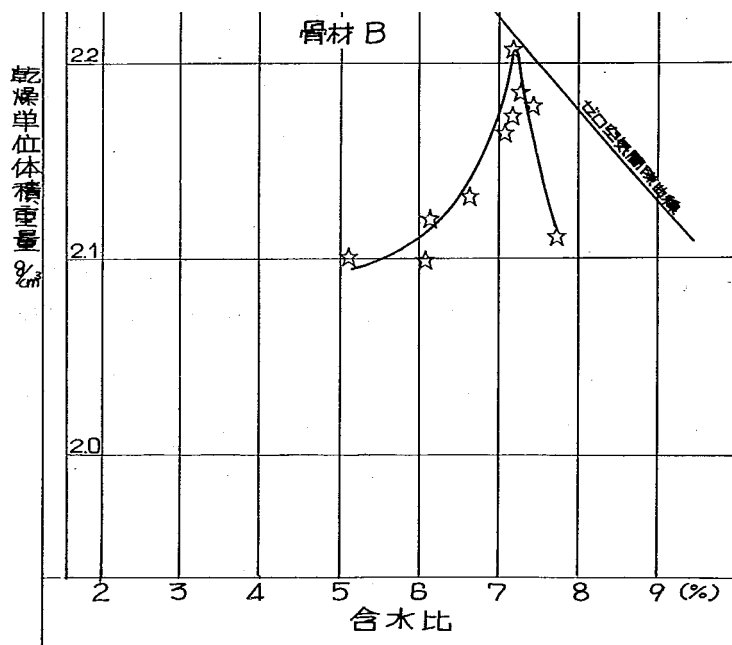


図-21 アムスラー試験機による締めめ試験
(3層にわけ各層ごと外力6 t)

を変えて締固めたものからは図22に示す結果が得られた。モールドは万力を使って補強したが、載荷中にかなり破損したし、モールドがこわれなくても、中につめた粗粒材料が碎けているものが見受けられたので、さしあたって供試体作製方法としてこの方法を採用するには問題がある。

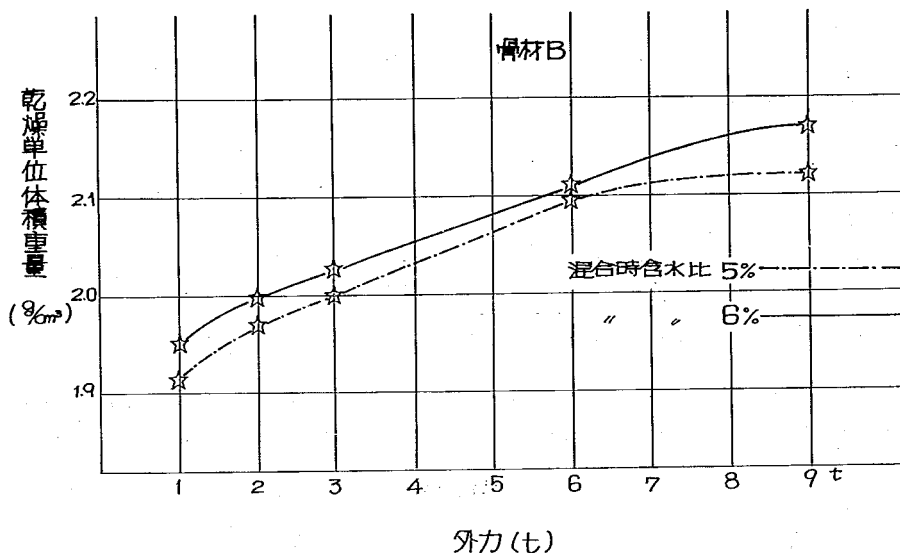


図-22 アムスラー締固め外力変化試験

3. 圧縮強度

試料をモールドに3層に分けてつめ、各層2分づつ外面加圧形振動機で締固めて作製した $\phi 150 \text{ mm} \times 300 \text{ mm}$ の供試体で試験した圧縮強度、および弾性係数、単位重量はそれぞれ図23、表15および附図10に示すとおりである。

この結果によれば、含水比6%の時の圧縮強度が大きい。しかし試験値にバラツキが多く、その理由として細粒骨材の粒度が大きな影響を与えているものと推定される。

また、圧縮強度の平均値と水セメント比との関連は認められない。

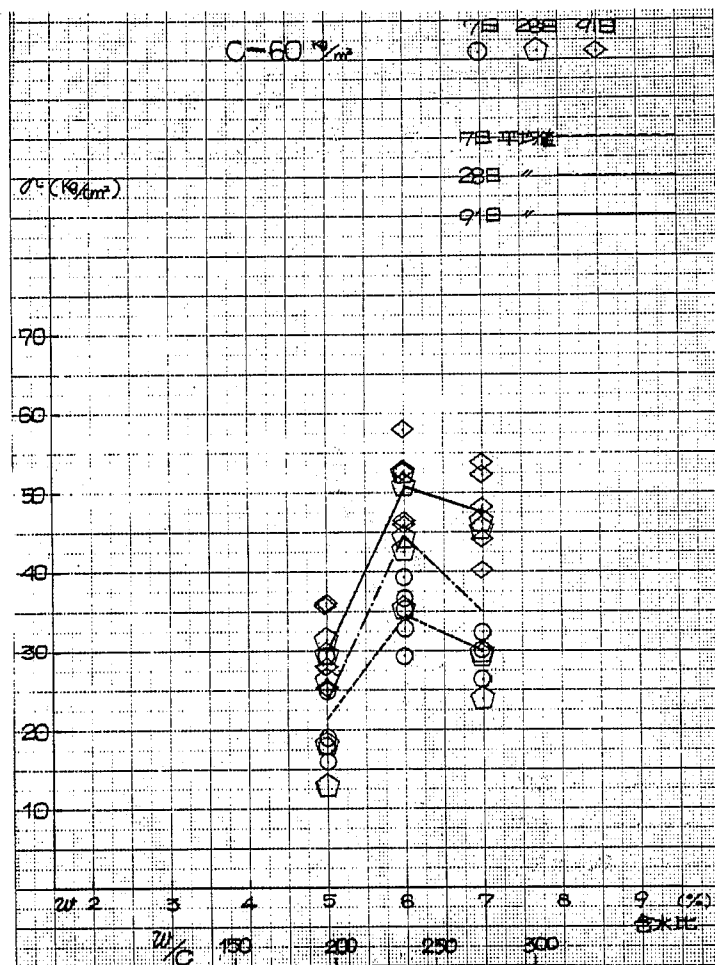


図-23-1 圧縮強度

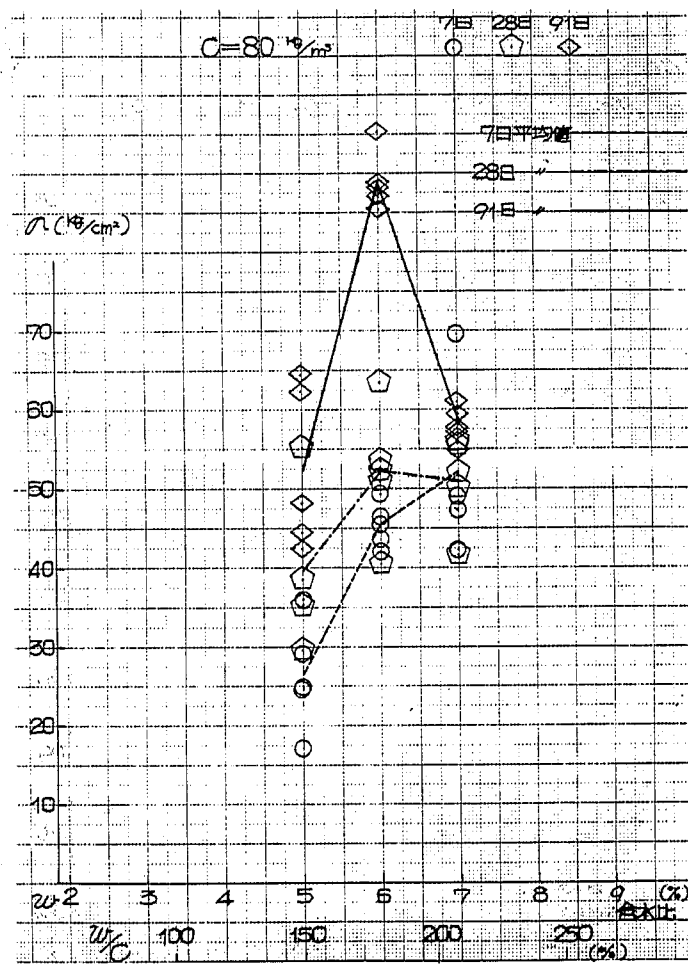


図-23-2 圧縮強度

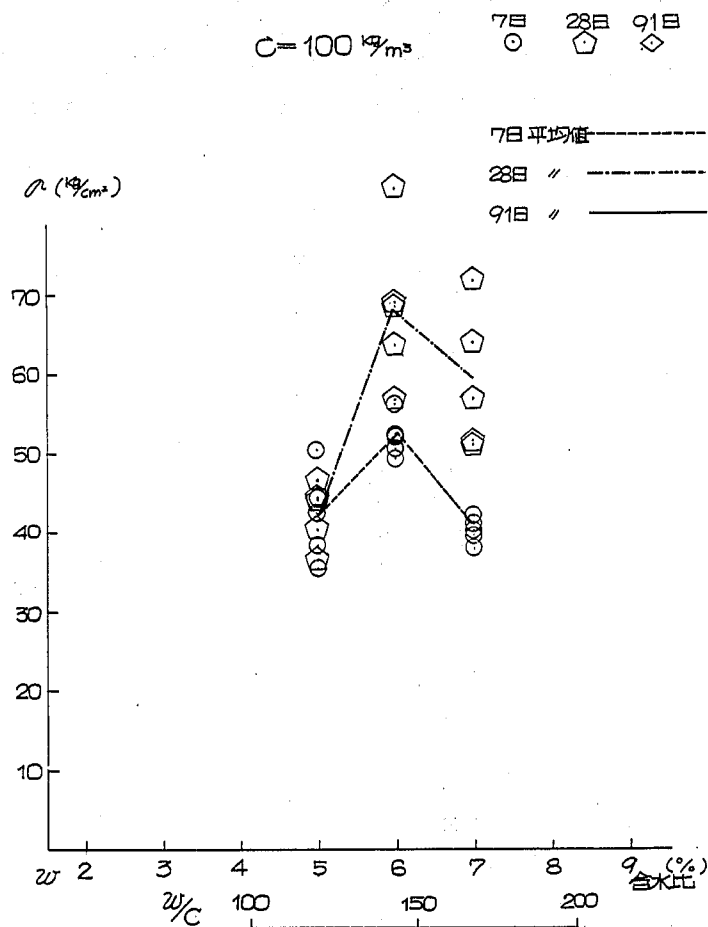


図-23-3 圧縮強度

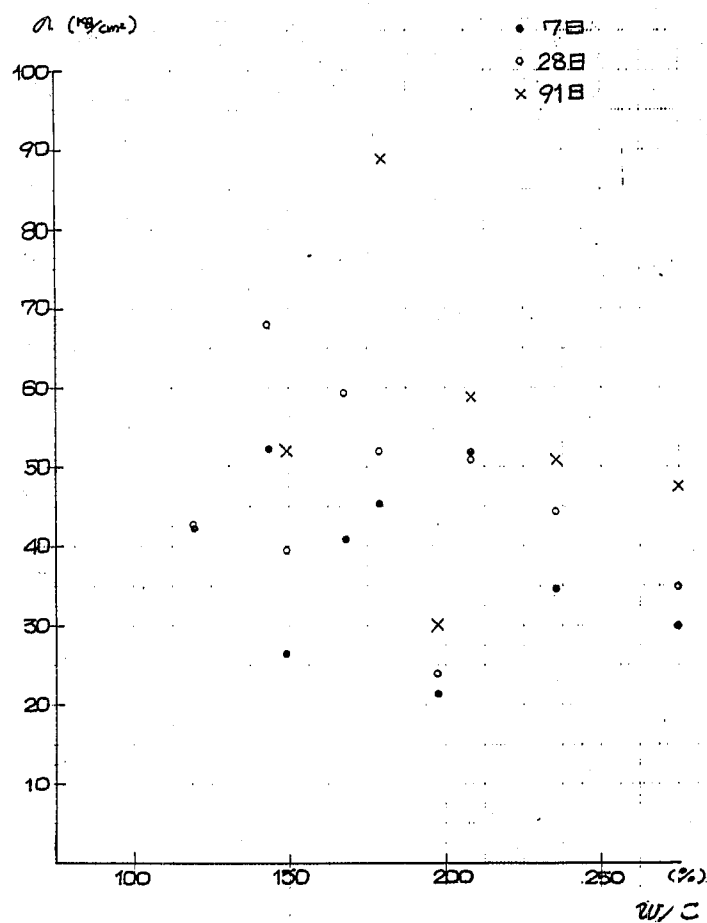


図-24 圧縮強度と水セメント比との関係

§ 4. 調査結果に対する考察

1. 考え方

ロックフィル材料に最大寸法の抑制と、セメントを混合する工程を付加することによって、コンクリートに似た性質をもたせた新しい材料であるフィルセメントは、実際のダムに用いるとすればいろいろな自由性がある。例えば、ローラーで多量のフィルセメントを締固めてダムを築造することを考えるとき、クラックに対処するための横断継目を設ける作業は著しく工程を阻害するので、単位セメント量を少なくして水和熱の発生を抑制するだけで継目を入れないものとする。その場合のクラックによる止水の対策工法としては、上流面に遮水壁を設置する案、様子をみて具合が悪い個所だけにセメントグラウチングする案、カッターで表面に弱点をつくってエラストイト等をつめて処理する案等のように自由な設計を選ぶことができる。使用材料については、もっと自由度が大きい。このように考えてみると、フィルセメントは実におもしろいダムの材料ではないかと思われるのである。自由度がありすぎてむづかしいと考える技術者もあるかもしれないが、ロックフィルと全く同様に考えればよいのではないかと思われる。

本章では、多勢の技術者にこのフィルセメントの将来性について考えていただきたいので、少しく言い過ぎがあるかも知れないが、筆者の主観に従って調査の結果をまとめてみる。

2. 材料の粒度

- 1) 粗粒材料の最大粒径を 150 mm にしたものと 80 mm にしたものの試験施工の結果には、大きな差は認められなかった。両者共、粗粒の下面にブリージングの影響を受けた形跡のあるものがあったが、ブロックせん断試験の結果は満足すべきものであった。
- 2) 粗粒材料の最大寸法を小さくすると製造費がかさむし、大きくすると混合機械と締固めに問題が出る。試験施工の結果からみて、最大寸法は 150 mm 以下であればよいであろう。
- 3) 同一の単位セメント量では、細粒がふえれば強度が低下し、特に粘性土が多くなるとセメントのゆきわたらない部分が生じることもある。

細粒材料の粒度は、図 14 に付記したソイルセメントの適用範囲であればよさそうである。細かい材料の割合がふえても、単位セメント量を多くして高い水和熱を出させるよりは、ダムの断面を大きくすることによって対処した方がよいと考えられる。

このように考えると、コンクリートダムで行なっている骨材洗滌の必要はなさそうで、コストダウンのみならず、公害の分野からもこの新しい工法の採用が有利になるであろう。

- 4) 実験室の予備試験では、圧縮強度は水セメント比と関連をもっているが、続いて行なった本試験では水セメント比と関係がなく、最適含水比に支配されており、4～5 倍の強度をもっている。後者は 5 mm 以下の材料が多く、特に 0.5 mm 以下の細粒が約 10 % 多いためと考えられるので、土質工学では砂に対しては最適含水比が成り立たないことも考慮に入れて、最適含水比の関係を満足させるための粒度の条件を調査する必要がある。

なお、福岡正巳教授によれば、土では5mm以下の細粒が30%以上にあれば、その土は細粒の性質に支配されるとのことである。

- 5) フィルセメントの強度は締固めに支配されるので、ロックフィルに似ている。したがって大型機械によって急速施工した方が経済的になるであろう。このことから厳密な粒度管理をしてダムの断面を小さくすることは得策ではないので、グリズリ等の簡単な方法で粗粒材料の最大寸法を規制し、細粒が不足するときは、風化岩や表土を入れるとか、必要があればクラッシャーで細粒を生産してブレンドするのがよい。

ブレンドの方法はロックフィルで採用するように粒径の異なる材料を層状に積重ねてとり出すのがよさそうで、筆者が考えている例を写真14および図25に示す。

3. 単位セメント量

- 1) あまり細かい材料が多くない限り、単位セメント量 $60\text{kg}/\text{m}^3$ で十分満足すべき強度のフィルセメントが得られるであろう。

試験施工時に温度計埋設のため材令5日で掘削したがもうバラバラな材料ではなかったもので、工事中に洪水のため万一越流されても壊滅的な被害を出すことはないように思われる。

なお、凍結融解に対しては弱いので、ダムの表面付近にはセメント量を多くする必要がある。

- 2) 単位セメント量が多いと、水和熱による温度上昇が大きくなって、クラック発生の原因となる。したがって、単位セメント量は少ない方がよい。

温度計算の結果、単位セメント量が $100\text{kg}/\text{m}^3$ 以下では、内部温度の上昇はセメント量に比例すると考えてよく、また、単位セメント量 $60\text{kg}/\text{m}^3$ のとき、15日目の内部温度は、打込温度 20°C 、外気温 20°C で 27°C に、打込温度 10°C 、外気温 10°C で 13°C になる。

4. 混 合

- 1) フィルセメントの混合は計量を実行に行なってパッチミキサを用いるのがよい。これは、経験が豊富で故障が少なく確実な施工ができるからである。

cf ソイルセメントの施工で用いているコンチニアスミキサでは、材料の計量と混合割合が不確実となっているようであり、さらに大粒径の材料を用いるのには現状では問題が多すぎると判断される。

5. 締 固 め

- 1) 振動ローラによる締固めの効果は著しく大きい。

ボーリングコアの単位重量は満足すべきもので、一部に豆板が認められたのはブロックの端部から採ったためであり、中央のブロックせん断試験では認められていない。

- 2) 実験室の試験によると、外面振動機を用いて締固めるとき、含水量が最適含水比よりやや湿潤側のときの方が締固まりやすい。これは摩擦が少なくなるためと考えられ、試験施工時

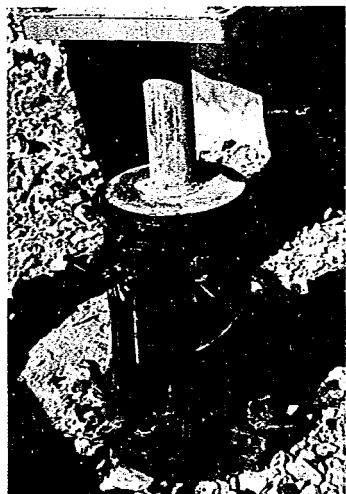


写真 13 ブリージングによる濁水の
の流失
(§ 32 (2) の項)

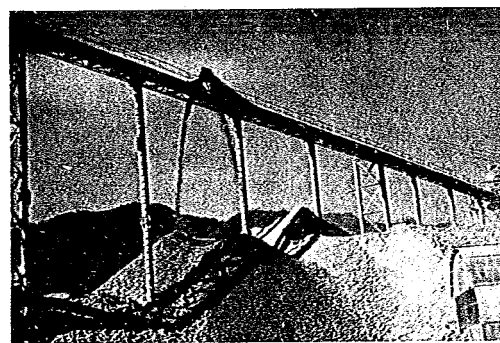
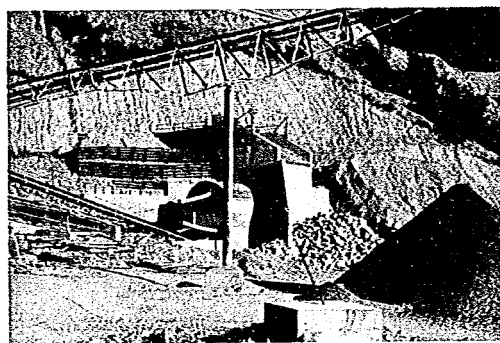
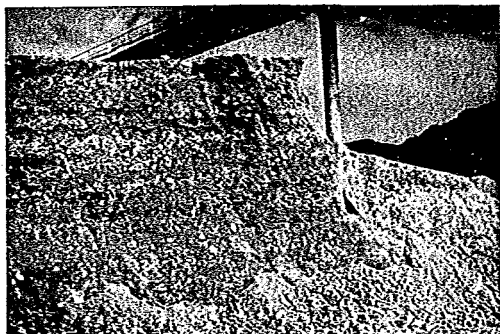


写真 14 岩屋ダムにおけるコア材料
のブレンド

上 ; 層状に積重ねた状況
中 ; グリズリで粒径選別
下 ; ベルトコンベヤーで運び
ブルドーザで均す

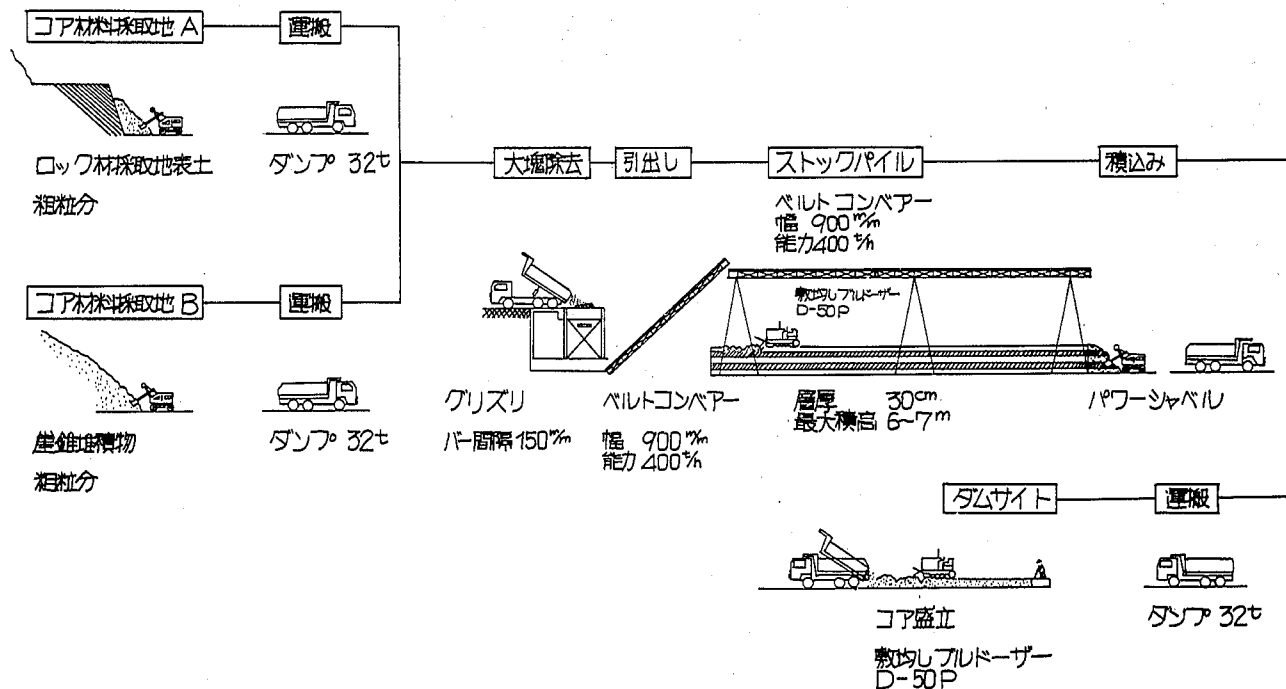


図-25 コア材料混合フローシート

にも同様の傾向が認められた。

- 3) 撤出厚、ローラの仕様、締固め回数は、現地の材料を用いて試験施工して決定しなければならない。その際は経済的に得られる粒度と含水比の関係に着目して試験するのがよい。
- 4) ローラによる締固めでは端部はよく締固めにくい。型枠を用いることにも疑問があるし、単位セメント量が少ないときは耐久性がよくないことも考えると、ダムの寸法決定に関係のない幅数 m の表面保護層を設けるのがよいであろう。
- 5) 締固めが終了した後、単位セメント量が少ないときは特にそうであるが、表面を乾燥させてはならない。

6. 打継ぎ目

- 1) 試験施工では同一リフト内の層の打継ぎ目（プラスチック継目）は、外周の切削による外観の観察ではほとんど識別できなかった。またボーリングコアの観察でも 93 個のうち 57 個は完全に一体となって区別できなかったし、ここで折れているものでも、上層の粗骨材が下層にくい込んでいた。

したがって、プラスチック継目は層の内部よりは、やや弱くなるが、一体化され则认为差支えない。

- 2) 5 日後に打込んだリフト打継ぎ目は、これを強調するためモルタルを敷かず施工したにも拘らず、外周の切削面で $\frac{1}{4}$ 程度識別できただけである。ボーリングコアの観察では、31 個のうち 10 個が一体となって区別できなかったし、8 個は付着しているがポーラスであった。

したがって、豆板や蜂の巣状にならないように注意して施工すれば打継ぎ目も無処理で差支えない筈である。

- 3) 実際の設計では、リフト打継ぎ目はやはり弱点となり易いから、リフト高をできるだけ大きくすることが望ましい。また厄介でも止水のため、リフト打継ぎ目の上流側の一部だけ、レイタンス除去とモルタル敷均の処理をすることも考えられる。

7. 強度特性

- 1) 単位セメント量 $60 \sim 80 \text{ Kg/m}^3$ で試験施工したフィルセメントから採ったコアの強度は材令 180 日で次のとおりであった。

圧縮強度 $100 \sim 140 \text{ Kg/cm}^2$

引張強度 $13 \sim 20 \text{ Kg/cm}^2$

せん断強度 8 Kg/cm^2 ($\phi \approx 47^\circ$)

静弾性係数 $6 \sim 19 \times 10^4 \text{ Kg/cm}^2$

粗粒の最大寸法が 150 mm および 80 mm で、供試体の直径はその 3 倍が必要とされるのに、150 mm であったから、実際のフィルセメントは、これらの値より大きな強度特性をもつものと考えられる。

- 2) 上記のフィルセメントでブロックせん断試験を行なった結果は次のとおりである。

せん断強度 (τ_0) 8~12 Kg/cm²

内部摩擦角 (ϕ) 45~50°

現在工事中的大渡ダム（高さ100 m, 重力ダム）の河床部基礎岩盤のせん断強さが、 $\tau_0 = 7 \sim 14 \text{ Kg/cm}^2$, $\phi = 40 \sim 52^\circ$ であるから、普通の重力ダムよりはるかに大きな断面にしたダムに用いようとしていることを考えれば、この試験結果は十分満足すべき強度である。

- 3) ブロックせん断試験で、完全に破壊した後に再載荷して摩擦角を測定したところ、40°以上の結果を得た。

したがって、この種の材料に対して滑動係数を用いて設計するとすれば、摩擦角として40°程度の値を採用できそうである。

- 4) ボーリングコアおよび実験室で作製した供試体で測定した弾性係数は大きい、バラツキも大きいので、締切ダムなどで大きな断面のものを施工して、オイルジャッキによる大規模な変形試験を行なう必要がある。

これは、基礎の沈下が大きすぎるとダムが割れるので、その対比をみるのに欠かせない調査項目である。

8. 品質管理試験

- 1) 品質管理試験用供試体の作製では、細粒分の少ない粒度では外面振動を伴う締固めが有効であるが、含水量が多くなるとブリージングを起して水が流出する。また微粒分の多い粒度では衝撃を与えるものが有効である。

これらの材料に共通な締固め方法を開発しなければ、将来予想される千差万別の材料の条件に対して確信のもてる品質管理をすることができないであろう。

9. 透水性

- 1) 試験施工では、現地のボーリング孔による透水係数は $10^{-6} \sim 10^{-7} \text{ cm/sec}$ のオーダーであったが、1孔だけ 10^{-1} cm/sec のものがあった。ボーリングコアでは、 10^{-6} cm/sec であるが、 10^{-3} cm/sec のものもあった。このムラは、施工の項でのべたように粗粒材料の分離と細粒の不足に基因するものである。

- 2) 上記の問題を解決するため細粒をふやすと共に、分離が起きないよう広いスペースで作業することが肝要である。

場合によっては、打継目が連続しないようなリフトの形成をすることも考えられる。

- 3) 土とは根本的に異なって、内部の浸透流によるフィルセメントの侵食はないと考えられる。

（福岡教授）

10. 容積変化とひび割れ

- 1) 容積変化についての調査はなされていない。

普通のマスコンクリートについてもよくわかっていないのでかなりむづかしいそうであるが、今後の重要な研究課題である。

- 2) フィルセメントでは単位セメント量を少なくして、水和熱による容積変化を抑えるのがよい。

- 3) ボーリングコアで試験して得られたひずみは、バラツキが大きい、普通のコンクリートより1桁大きな値をもっているようであり、容積変化があってもひび割れは起りにくいのではないかと考えられる。

- 4) 細粒にシルト等の細かい材料が多くなると乾燥収縮の影響が大きくなるかもしれない。第3紀以降の固結度の低い砂岩の山の内部のように、フィルセメントのマッシブな構造物の内部でも乾燥は起らないものと推定されるが、調査する必要がある。

§ 参考 フィルセメントでつくるダムについての試案

これまでの調査をとおしてみると、§ 4.でのべたようにまだまだ調査をしなければならない点があるが、この締固めによるフィルセメントを用いたダムの筆者の試案を示し、この種のダムの可能性を考える参考に供したい。

1. 設計の考え方

1) 大型機械を使って多量の急速施工をすることによってコストダウンを図るので、堤体を強くしてダムの断面を小さくすることは得策ではない。

また、水和熱による温度上昇と容積変化を抑制するために、単位セメント量をできるだけ少なくしなければならない。

したがって、ここで試験施工したフィルセメントの強さ以下のものを用いることとし、強度が小さいときはダムの断面を大きくする。

2) ロックフィルと同様の打上りをし、型枠を用いない。したがって、上下流面共同一の勾配をもつものとする。

3) リフト打継目は連続させない案と連続させる案を考える。

4) 横継目は、ダム縦断方向にリフトの打継目をそろえて弱点とする案、ディスクカッタで切削して弱点をつくる案、全く設けない案があるが、前の2者について検討する。

2. ダム形状の試算

あまり強くないコンクリートを使用するので、必然的にダムの断面は大きくなって、合力をミドルサードに入れるとか、基礎の支圧強度以下の応力にするとかの設計条件は、自ら満足する。そこで、残されているせん断摩擦に対して安全であるという設計条件について検討すればよいことになる。したがって、ここでは次にあげるような試算をしてみよう。

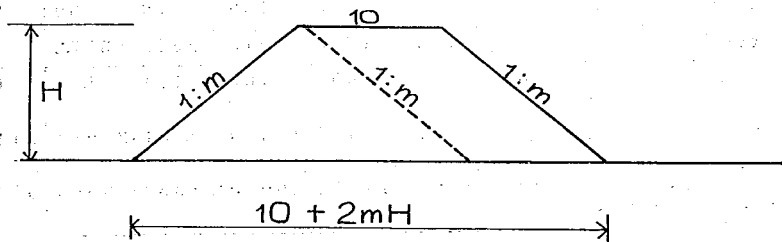


図-26 仮定したダムの断面

図に示すように、上下流面共、同一の勾配をもち、かつ天端幅10 mのダムの形状とする。
外力の設計条件を次のように

フィルセメントの単位体積重量	2.4 t/m ³
堆泥の深さ	$\frac{1}{2}H$
堆泥の水中単位体積重量	1.0 t/m ³
泥圧係数	0.5
揚圧力係数	$\left\{ \begin{array}{l} \text{上流端} \\ \text{下流端} \end{array} \right.$
	0
地震の水平震度	0.12

とし、満水面上の余裕高や波浪の影響を無視してダム底に作用する合力を算出すれば次のようになる。

$$\text{鉛直力} \quad \Sigma V = 2.2H + 2.625mH^2$$

$$\text{水平力} \quad \Sigma P = 2.88H + (0.6325 + 0.288m)H^2$$

なお、この計算では動水圧はWestergardの式を用いた。

本報告書でのべた試験施工の例では、せん断強さとして、

$$\tau = 80 + \sigma \cdot \tan 45^\circ \quad (\text{t/m}^2)$$

が得られているので、この例の強度を使ってせん断摩擦安全率が5 (日本の重力ダム設計基準では4以上、米国開拓局の重力ダム設計基準では、日本の最大の荷重の組合せのとき1.0) となる上下流面勾配mの関係は、せん断摩擦についてのHennyの式

$$n = \frac{fV + \tau_0 l}{P}$$

から

$$(1.19m - 3.16)H^2 + (160m + 17.6)H + 800 = 0$$

となる。

この関係式から種々のダム高について、上下流面勾配を算出すれば次のとおりとなる。

表 15 $\tau_0 = 8 \text{ kg/cm}^2$, $\phi = 45^\circ$ の場合のダム形状

ダムの高さ	m	50	70	90	100	110	130	150
ダム底の幅	m	67	120.6	184.6	218	254.2	327.2	409
勾配		0.57	0.79	0.97	1.04	1.11	1.22	1.33
断面積	m ²	1.925	4.571	8.757	11.400	14.531	21.918	31.425
ロックフィルの断面積 ($m_1 = m_2 = 2.5$)	m ²	6.750	12.950	21.150	26.000	31.350	43.550	57.750

この表には参考のため、天端幅10m、上下流面勾配2割5分、余裕高無視の場合のロックフィルの断面積を示したが、せん断強さが僅か80 t/m²のローラ締固めによるフィルセメントを用いるダムでは、現行のダム設計基準より大きな安全率を用いても、所要勾配はかなり急で、ロックフィルの約 $\frac{1}{3}$ 程度のダム体積となる。

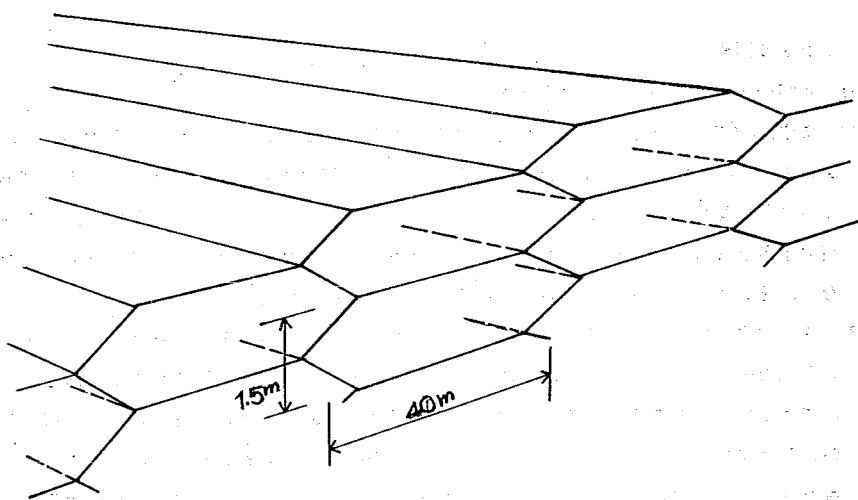


図-27 リフト形成法の例
— 横断面 —

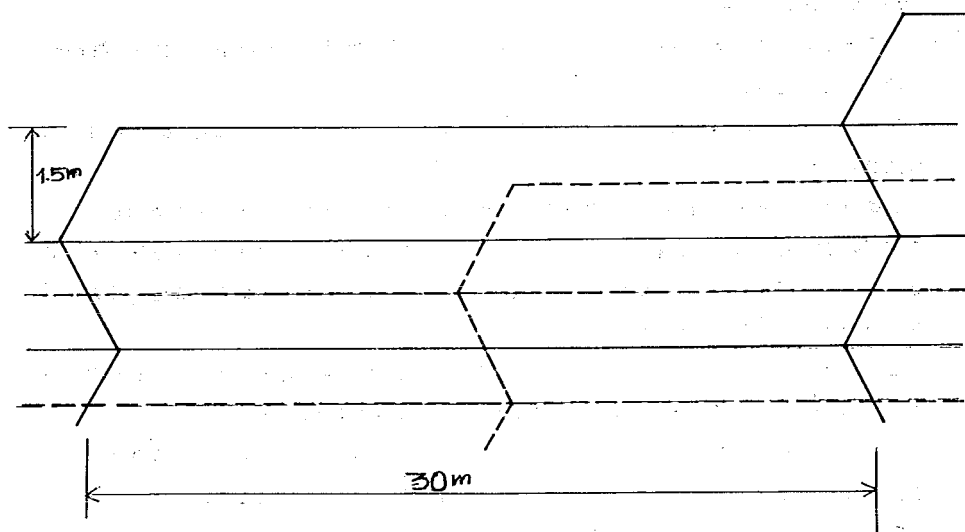


図-28 リフト形成法の例
— 縦断面 —

3. リフトの形成

(1) A案……リフト面を連続させないもの

1) まず、弱点となる水平打継目が連続することを避ける案が考えられる。その場合は、横断面を図-27に示すように、横断方向のリフト幅を制限して交互にリフト中央に水平打継目がくるように配列する設計がよいと考えられる。このようにすれば、端部側面の高さもリフト高の半分となって締固め易くなる。水平打継目は最上流側のリフトだけポリシャで表面処理をし、その上にモルタルを敷いてから新しいリフトを打ち継ぐ。

2) ダム軸方向には、ジョイントを設けない。もう少し検討してみなければならないが、セメント量を少なくするので発熱は少ないはずで、クーリングクラックの発生はさほど多くないのではないかと考えられる。しかし、1日当りのフィルセメント打込量には経済的な限界があるはずなので、この案ではリフトの長さを制限する必要がある。したがって、その打継目を同一の横断面にそろえて弱い部分を形成させ、もしクラックが生じるならばその部分に集中させる方が設計としては優れていると考えられる。各リフトのダム縦断方向の長さを制限するための打継目は、図-28に示すよう上下流方向に相隣るリフトでは夫々が中央に位置するようにした方が、いろいろの意味でよさそうである。そのようにすれば、この長さは、30~40mがよいであろう。

3) 1.5 m²のミキサ4基を備えるパッチャープラントの混合実績は90 m³/hr、1日当り稼動18~20 hrと推定される。

作業スペースが広く輸送能力が十分にあるとすれば、このプラントでは約1800 m³/dayの打込が可能である。

この量の打込みをするのにダンプトラックからの荷卸し、ブルドーザによる敷均し、ローラ締固めの一連の作業を連続して行なうには、12tのダンプトラックを4~5台使うとして最小でも30m程度の幅があることが望ましい。(8tダンプトラックを2~3台使うときでも最小20mは必要と考えられる。)

このようなことから、A案で提案しているリフト形成法では、最大のリフトは縦断方向の長さを30mとした時、上下流方向の幅40m(30m)、高さ1.5m(2m)となる。

4) クラックが出たときの止水法としては、クラックが小さくて、かつ少なければグラウチングによるのがよいが、万全を期するため表面遮水工事を施すことも考えられる。

(2) B案……リフト面を連続させるもの

1) A案で考えたように、リフトを区切る考え方は、打込み場所に運搬機械、敷均し機械、締固め機械、場合によってはさらにジョイントカッター等があってせまい上、高低差のあるリフトの配置の問題があって運搬機械の走行が妨げられ、高速運転ができない。また、試験施工の章でのべたようにせまいために材料の分離が助長されることも考えられる。そこで広い

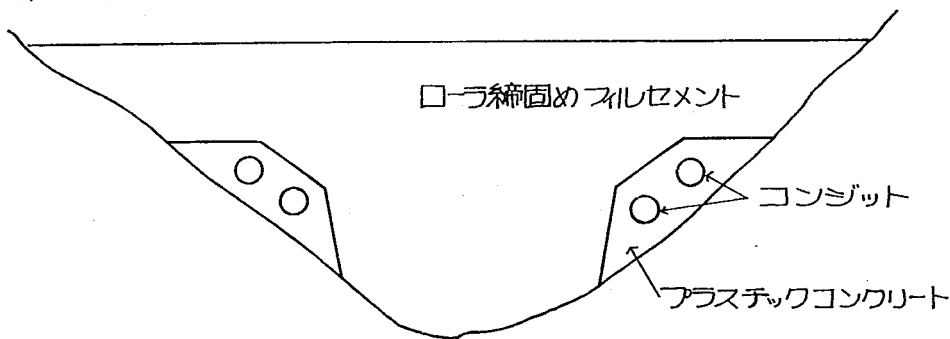
リフト面を形成させてこれらの問題を解決するという考え方も優れた案である。

- 2) この広いリフト形成法では、連続して打込みを行ない、リフト高はダム規模と工期に応じて最も経済的となるように決める。やむを得ず打込みを中断するときは、締固めの不十分な部分ができないよう緩勾配でリフト打継面にすりつける。
- 3) 広いリフトにすれば、モータスクレーパが使えるので、運搬、敷均しが1台の機械でできる可能性が大きい。
- 4) リフト打継目は上流側だけ表面清掃とモルタル敷均しの処理をする。
- 5) A案でのべたように、クラックは少ないと推定されるが、必要がある場合のクラック発生に対する処置としては、リフト高の $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{2}$ の深さまでディスクカッタで切削して弱点をつくる。

4. 埋設構造物

監査部は、数が多くない限り、あまり工程を阻害せずにできそうで、堤体の打込みの一部を休止して、従来のプラスチックなコンクリートと型枠を用いて形成させるとか、プレキャストコンクリートを用いた方がよさそうである。そして、ローラ締固め作業によって損傷を受けない寸法にするとか、あるいは十分に補強されなければならない。

堤内放流管のように上下流に連続するものは、先にコンクリート壁を造って、その内側に鋼構造物を設置し、プラスチックなコンクリートで埋戻すことも考えられるが、折角開発された急速施工法の工程を著しく阻害するし、漏水を起しやすい弱点となりそうでもあるので、出来るだけ山腹に設けることに、ダム本体と別途に施工するように設計することが望ましい。



附表1 非破壊試験および圧縮強度試験結果

垂直コア $\phi 180 \times 240$ mm 供試体

ブロック 番号	供試体 番号	コア表 面状況	単位容積重量		圧縮強度 (kg/cm ²)		静弾性係数 ($\times 10^4$ kg/cm ²)	共振法による動弾性係数		非破壊法による動弾性係数		最大圧縮 ひずみ (μ)
			気乾状態 (kg/m ³)	飽水状態 (kg/m ³)	補正前	$\lambda=d=2:1$ に補正後		共振動法 ($\times 10^4$ kg/cm ²)	たわみ振動法 ($\times 10^4$ kg/cm ²)	伝播速度 (km/sec)	動弾性係数 ($\times 10^4$ kg/cm ²)	
1	1-1a	A	2,460	2,480	118	115	16.6	3.08	29.0	3.74	35.4	1,760
	1-1b	A	2,500	2,520	131	127	20.4	3.46	33.7	4.04	42.0	1,850
	1-2c	A	2,490	2,510	98	95	11.3	3.28	32.6	3.97	40.4	2,620
	1-2d	B	2,510	2,520	86	84	8.3	2.59	22.9	3.92	39.5	1,880
	1-3e	A	2,470	2,480	117	113	12.3	2.45	20.4	3.10	24.3	2,320
	1-3f	B	2,430	2,450	64	62	7.7	3.04	24.0	3.68	33.8	2,040
	1-4g	A	2,500	2,510	103	100	18.3	3.54	34.2	4.00	41.0	1,380
	1-4h	A	2,490	2,500	110	106	12.4	2.70	22.7	3.76	36.1	1,750
	1-5i	A	2,380	2,440	79	96	6.9	19.3	20.2	3.67	33.5	1,830
	1-5j	B	2,420	2,440	56	54	3.6	9.2	27.4	3.27	26.6	1,380
	1-6k	A	2,470	2,480	124	120	23.8	3.30	29.3	3.96	39.7	1,580
	1-6l	A	2,490	2,500	127	125	12.2	3.32	26.3	4.10	42.9	2,200
	平均		2,470	2,490	103	100	12.8	2.80	26.9	3.77	36.3	1,880
2	2-1a	A	2,530	2,540	129	124	20.0	3.14	33.3	3.88	39.0	2,030
	2-2b	B	2,520	2,540	133	128	—	3.46	34.5	4.11	43.8	—
	2-3c	B	2,560	2,570	211	204	30.4	3.46	40.1	4.34	49.4	2,230
	2-4e	A	試験不能*	2,530	160	155	21.3	3.40	33.8	4.18	45.1	2,560
	2-5f	A	試験不能*	2,530	156	151	19.9	3.80	37.6	4.07	42.8	2,260
	2-6g	B	2,500	2,520	88	84	3.4	15.2	18.0	3.32	28.3	1,630
	平均		2,530	2,540	146	141	19.0	3.16	32.9	3.98	41.4	2,150
3	3-1a	A	2,430	2,450	114	108	4.2	22.8	12.6	2.84	20.5	2,340
	3-1b	A	2,450	2,470	88	86	11.9	29.6	28.1	3.36	28.5	2,480
	3-1c	A	2,470	2,480	115	111	11.9	25.2	28.7	3.44	29.9	2,240
	3-1d	A	2,420	2,430	59	57	3.7	14.6	13.1	2.74	18.6	1,710
	3-1e	A	2,440	2,450	142	137	9.5	28.7	28.3	3.15	24.8	2,690
	3-2f	A	2,460	2,470	103	100	8.8	21.3	23.2	3.41	29.3	1,700
	3-2g	A	2,480	2,500	121	117	—	28.7	—	3.01	23.1	—
	3-3h	A	2,450	2,460	110	107	15.3	30.8	31.4	3.75	35.3	1,110
	3-3i	A	2,490	2,500	60	58	4.2	30.8	20.0	3.50	31.2	1,550
	3-4j	B	2,510	2,530	152	148	16.1	32.2	38.8	3.46	30.9	1,660
	3-4k	B	2,500	2,510	186	179	16.0	33.0	32.5	3.49	31.2	2,390
	3-5l	A	2,480	2,490	144	140	15.2	36.7	33.9	3.95	39.6	1,900
	3-5n	A	2,460	2,560	204	197	28.8	38.9	39.7	4.17	45.4	1,620
	3-6m	A	2,460	2,470	111	108	7.9	28.0	25.0	3.59	32.5	1,650
	3-6o	A	2,460	2,470	137	132	10.0	27.1	25.8	3.71	34.7	2,400
	3-7p	A	2,490	2,500	137	132	12.8	28.1	33.3	3.66	34.2	1,650
	3-7q	A	2,490	2,500	163	158	17.5	25.3	29.7	3.23	26.6	1,840
	3-7r	A	2,540	2,540	201	195	22.5	30.0	37.5	4.02	41.9	2,760
	3-7s	A	2,420	2,440	63	61	4.1	20.2	17.7	3.32	27.4	2,660
	3-7t	A	2,440	2,450	125	121	3.1	23.7	22.7	3.71	34.4	1,670
	平均		2,470	2,480	127	123	12.1	27.8	27.4	3.48	31.0	2,000
4	4-1a	A	2,430	2,450	69	67	3.7	18.4	16.9	3.01	22.7	2,500
	4-2b	B	2,410	2,420	95	92	9.5	34.6	24.6	3.45	29.4	2,190
	4-3c	B	2,410	2,420	88	88	5.4	15.3	17.0	2.84	19.9	2,680
	4-4e	B	2,420	2,440	97	94	2.0	15.0	19.3	2.75	18.8	2,520
	4-5f	B	2,450	2,430	98	94	4.6	20.3	22.4	3.19	25.2	2,160
	4-6g	B	2,450	2,470	91	87	6.0	24.4	20.5	3.68	34.1	2,500
	4-6h	A	2,480	2,500	128	124	—	30.5	21.5	3.70	34.9	—
	4-6i	A	2,430	2,450	134	130	12.7	29.3	29.3	3.13	24.5	2,420
	平均		2,430	2,450	100	97	6.3	23.5	21.4	3.22	26.2	2,420

斜めコア $\phi 180 \times 270$ mm 供試体 (継目傾斜角 30°)

3'	3'-1a		2,460	2,470	121	117	試験せず	31.5	29.1	3.76	35.6	試験せず
	3'-1b		2,500	2,510	161	156	"	42.6	40.2	4.15	44.1	"
	3'-1c		2,490	2,500	150	144	"	34.8	32.6	4.17	44.4	"
	3'-2d		2,490	2,490	181	175	"	42.0	38.4	3.97	40.0	"
	3'-2e		2,500	2,500	158	153	"	36.0	37.3	4.21	45.2	"
	3'-3f		2,470	2,480	126	122	"	34.8	35.8	4.25	45.7	"
	3'-3g		2,470	2,470	$\lambda/d=2$	79	"	27.5	26.4	3.88	37.9	"
	3'-3h		2,500	2,500	143	139	"	30.2	34.3	4.17	44.4	"
	3'-4i		2,530	2,530	$\lambda/d=2$	105	"	35.6	35.0	4.27	47.1	"
	3'-4j		2,480	2,490	121	102	"	33.9	33.3	3.89	38.4	"
	3'-5k		2,510	2,520	160	156	"	37.0	37.6	4.17	44.7	"
	3'-5l		2,470	2,480	90	87	"	18.6	18.4	3.56	32.1	"
	3'-6m		2,490	2,490	107	104	"	33.1	33.0	3.97	40.0	"
	3'-6n		2,490	2,490	154	150	"	34.7	34.6	4.02	41.1	"
	3'-6o		2,480	2,490	112	109	"	18.7	21.3	3.81	36.9	"
	平均		2,490	2,490	—	127	—	32.7	32.4	4.02	41.2	—

斜めコア $\phi 180 \times 407$ mm 供試体 (継目傾斜角 50°)

3	1		2,490	2,490	—	131	23.0	36.6	—	4.16	43.8	1,660
---	---	--	-------	-------	---	-----	------	------	---	------	------	-------

ダム本体フイレット $\phi 180 \times 360$ mm 供試体

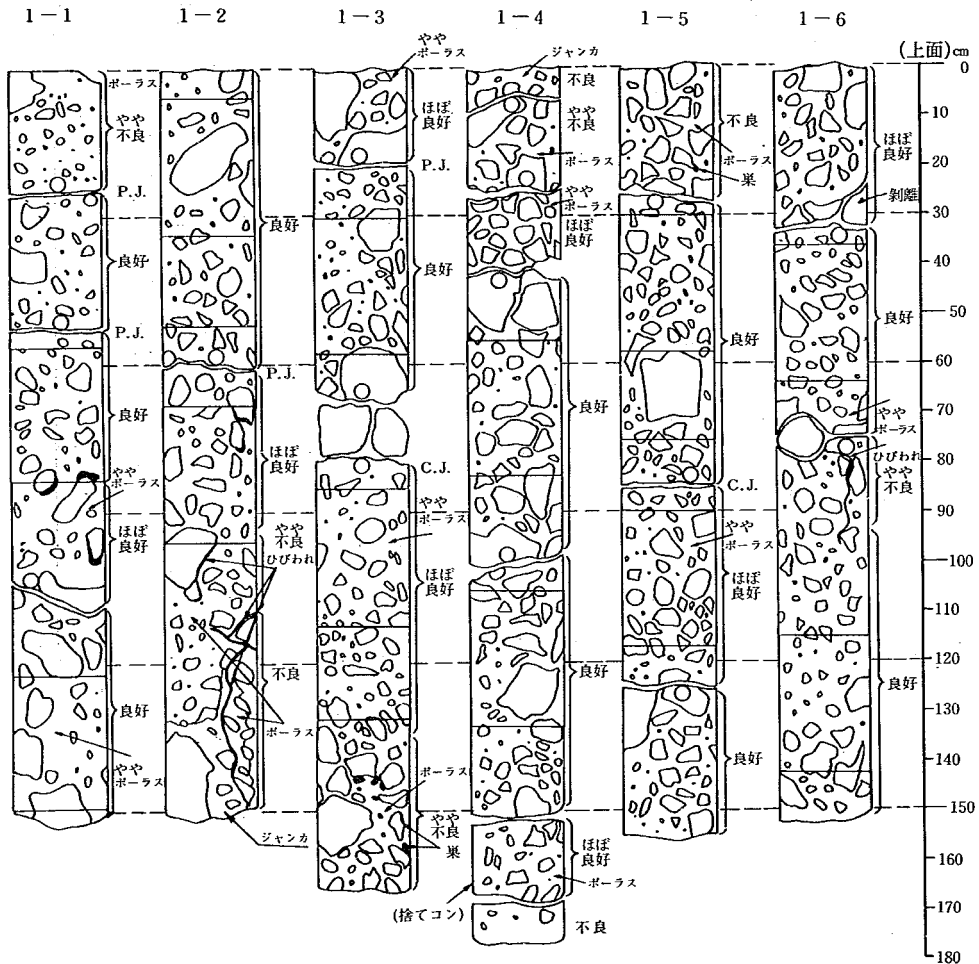
本体 フイレット	1		2,350	2,360	—	283	19.7	31.7	—	3.97	37.6	1,110
	2		2,410	2,410	—	270	22.1	25.1	—	4.04	39.8	860
	3		2,440	2,440	—	275	21.3	32.8	—	4.06	41.0	900
	4		2,370	2,370	—	356	29.3	35.5	—	4.30	44.2	1,360
	5		2,370	2,370	—	334	25.4	30.5	—	4.24	43.2	780
	6		2,390	2,390	—	237	21.6	30.4	—	3.92	37.2	1,060
	平均		2,390	2,390	—	293	23.2	31.0	—	4.09	40.5	1,010

附表2 引張強度試験結果

ブロック No	供試体 番号	単位容積 重量(kg/cm ³)	引張強度 (kg/cm ²)	振動法に する動弾性係数	超音波法による動弾性係数	
					伝播速度	動弾性係数
1	1-2A	2,500	11.4	37.9	4.16	44.1
	1-3B	2,480	13.9	31.6	3.67	33.3
	1-5C	2,550	12.8	31.8	3.97	41.0
2	2-1A	2,550	29.7	43.4	3.94	40.4
	2-1B	2,440	13.3	28.1	3.68	34.0
	2-3C	2,510	11.3	28.8	3.63	33.7
3	3-3A	2,530	24.8	40.3	3.89	39.1
	3-3B	2,470	19.9	34.1	3.41	29.3
	3-5C	2,460	16.4	28.3	3.92	38.5
4	4-1A	2,470	26.0	34.8	3.75	35.4
	4-3B	2,450	16.7	30.2	3.49	30.5
	4-6C	2,490	13.3	30.6	3.55	32.5
本体 フイ レット	a	2400	29.2	32.3	4.00	39.2
	b	2450	26.8	32.7	4.36	46.8
	c	2400	40.8	32.2	4.25	43.8
	d	2390	36.7	32.9	4.04	39.3
	e	2370	38.4	33.4	4.06	39.6
	f	2370	34.0	28.5	4.13	40.5

圧縮・引張試験用供試体の採取位置
 透水試験用供試体の採取位置

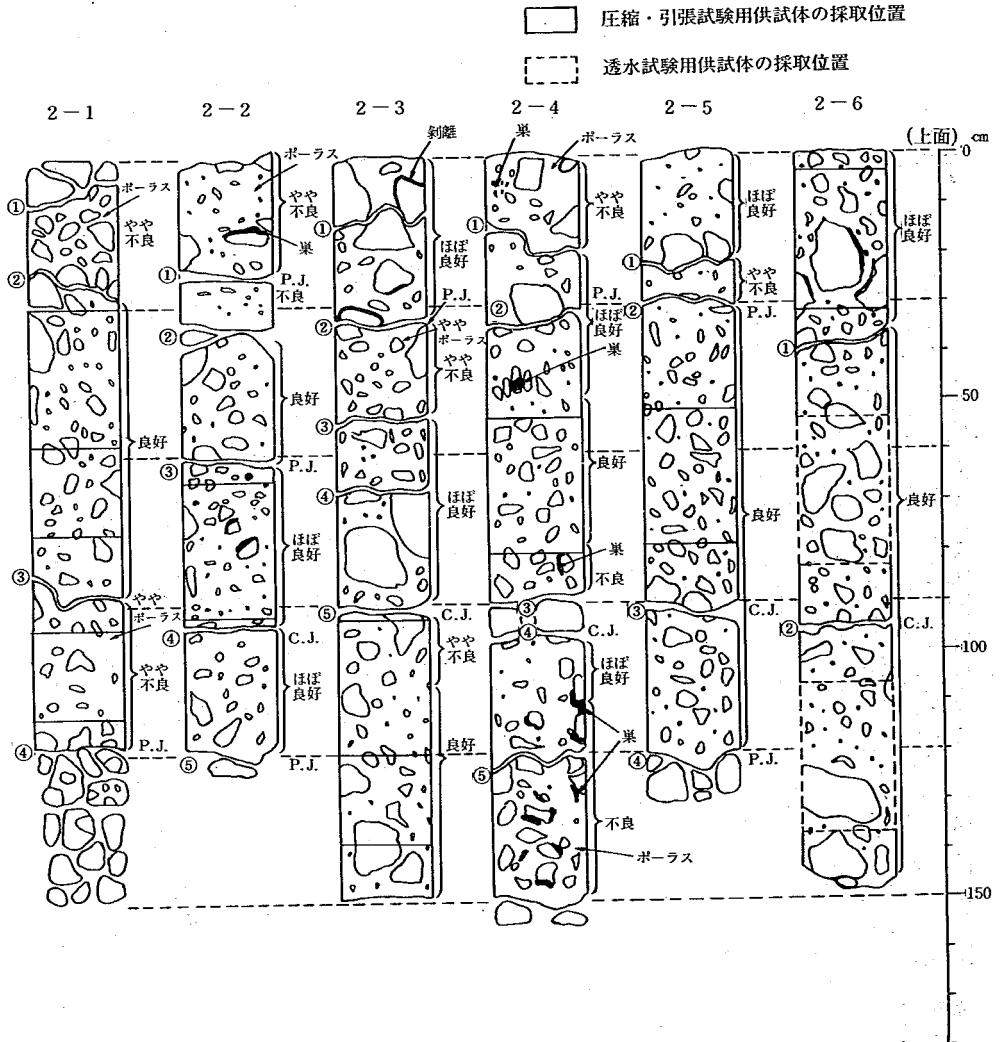
折れている部分の断面観察結果は次ページに示す



P. J. ; Plastic Joint と認められるもの
 C. J. ; Construction Joint と認められるもの C. J. ;
 ? ; Joint か否か不明なもの

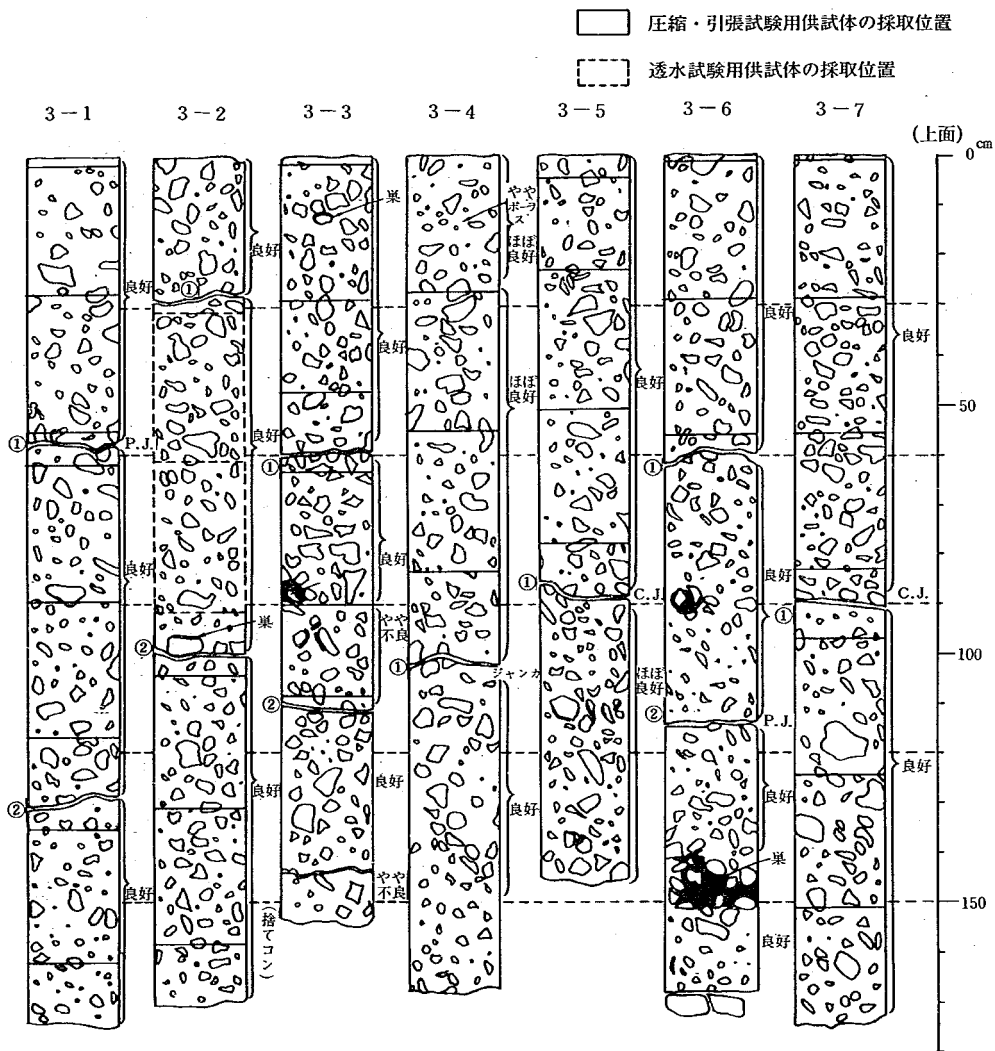
附図-1-1 コア観察及び供試体採取位置図 (鉛直コア)

No 2 ブロック



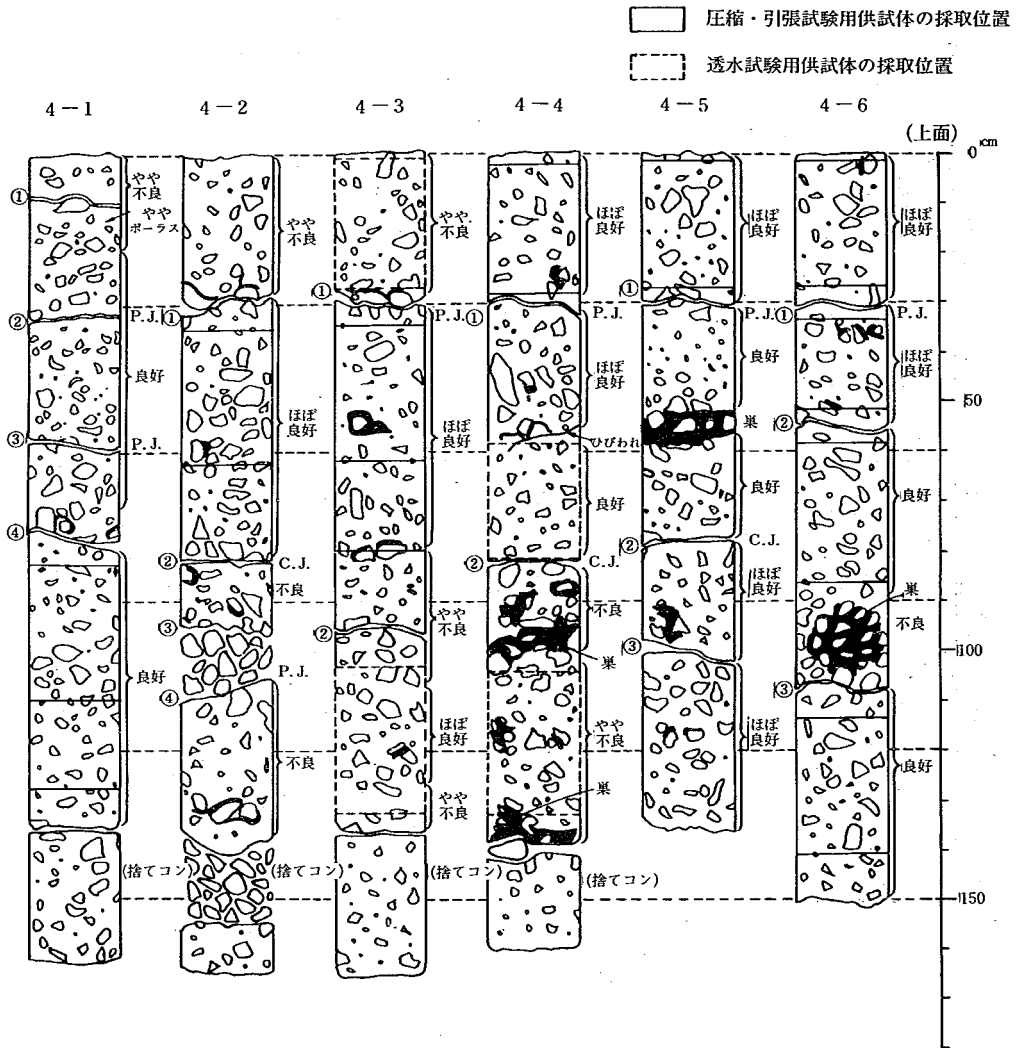
附図-1-2 コア観察及び供試体採取位置図(鉛直コア)

No 3 ブロック

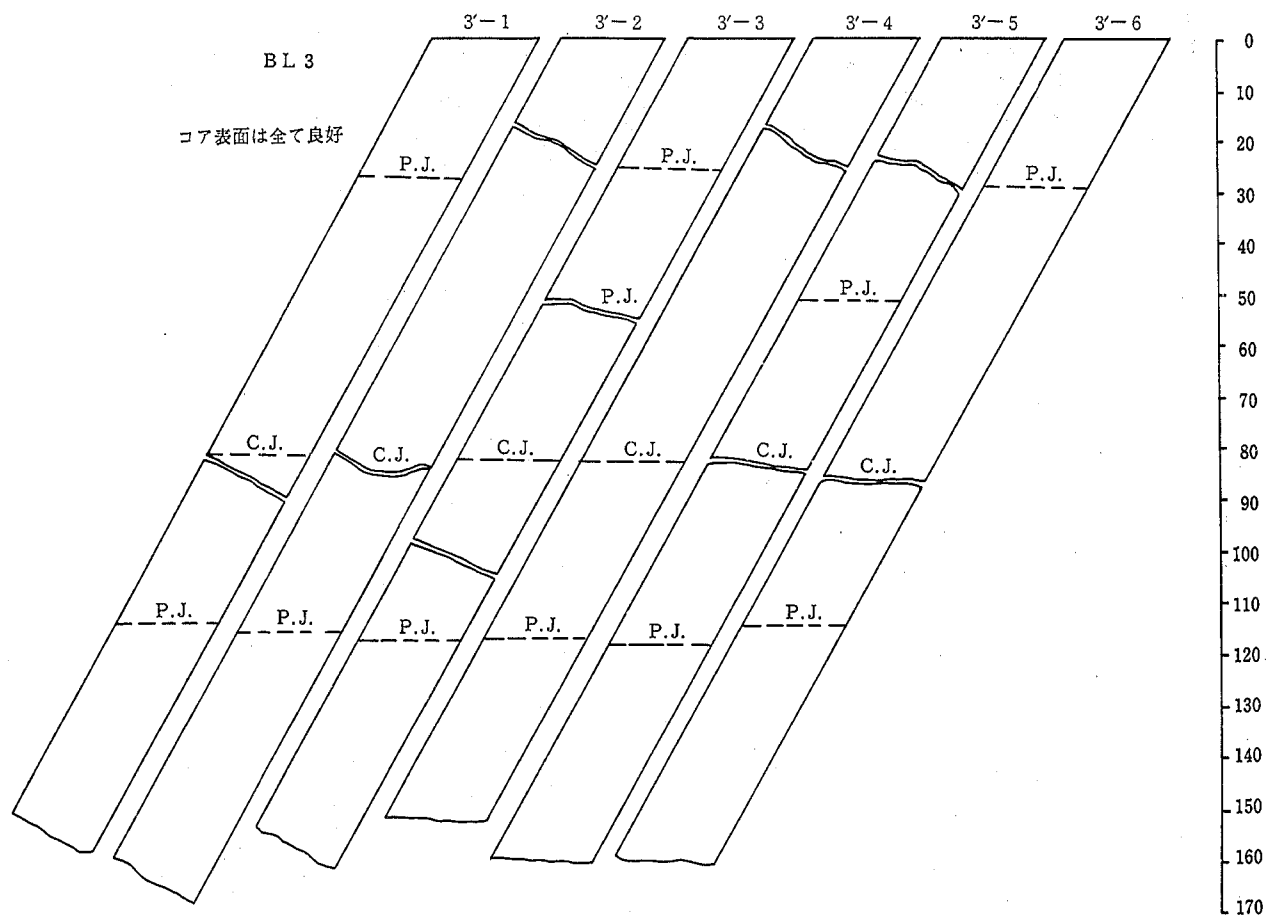


附図-1-3 コア観察及び供試体採取位置図(鉛直コア)

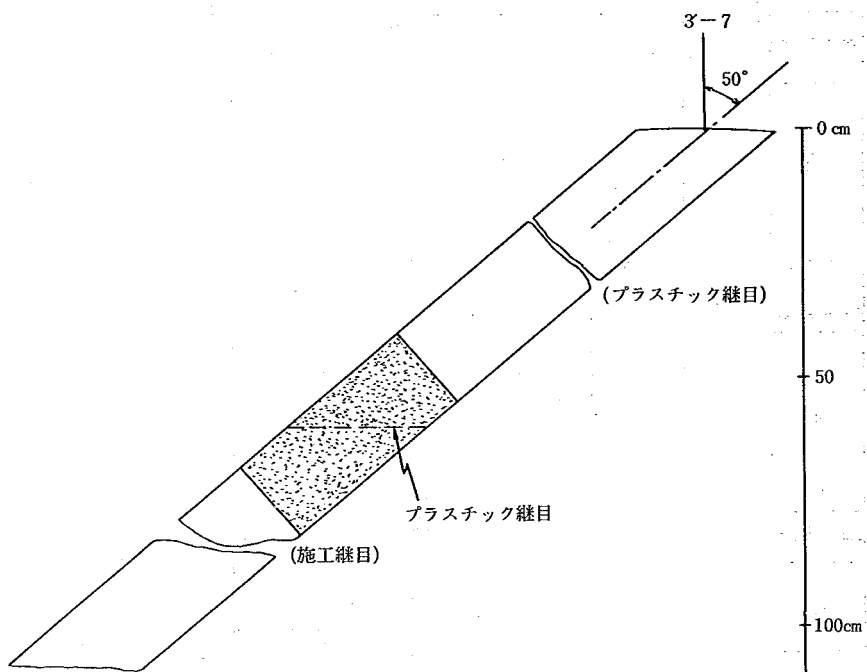
No 4 ブロック



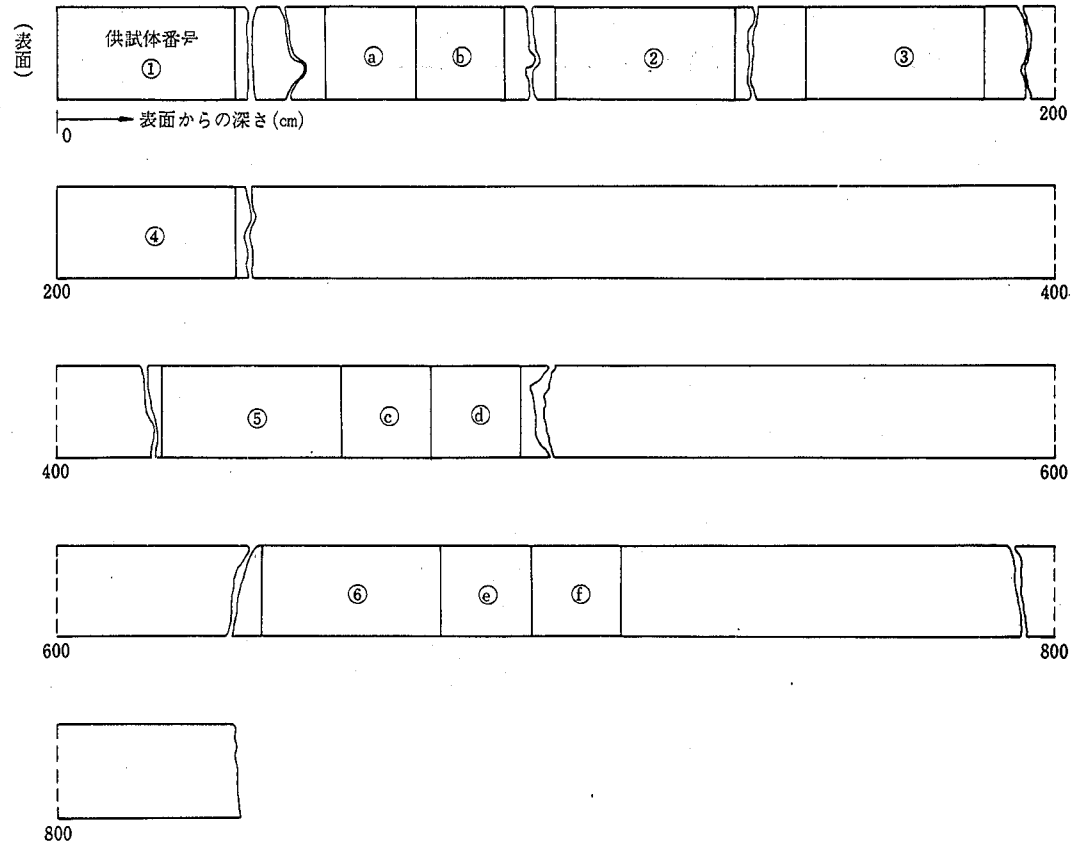
附図-1-4 コア観察及び供試体採取位置図 (鉛直コア)



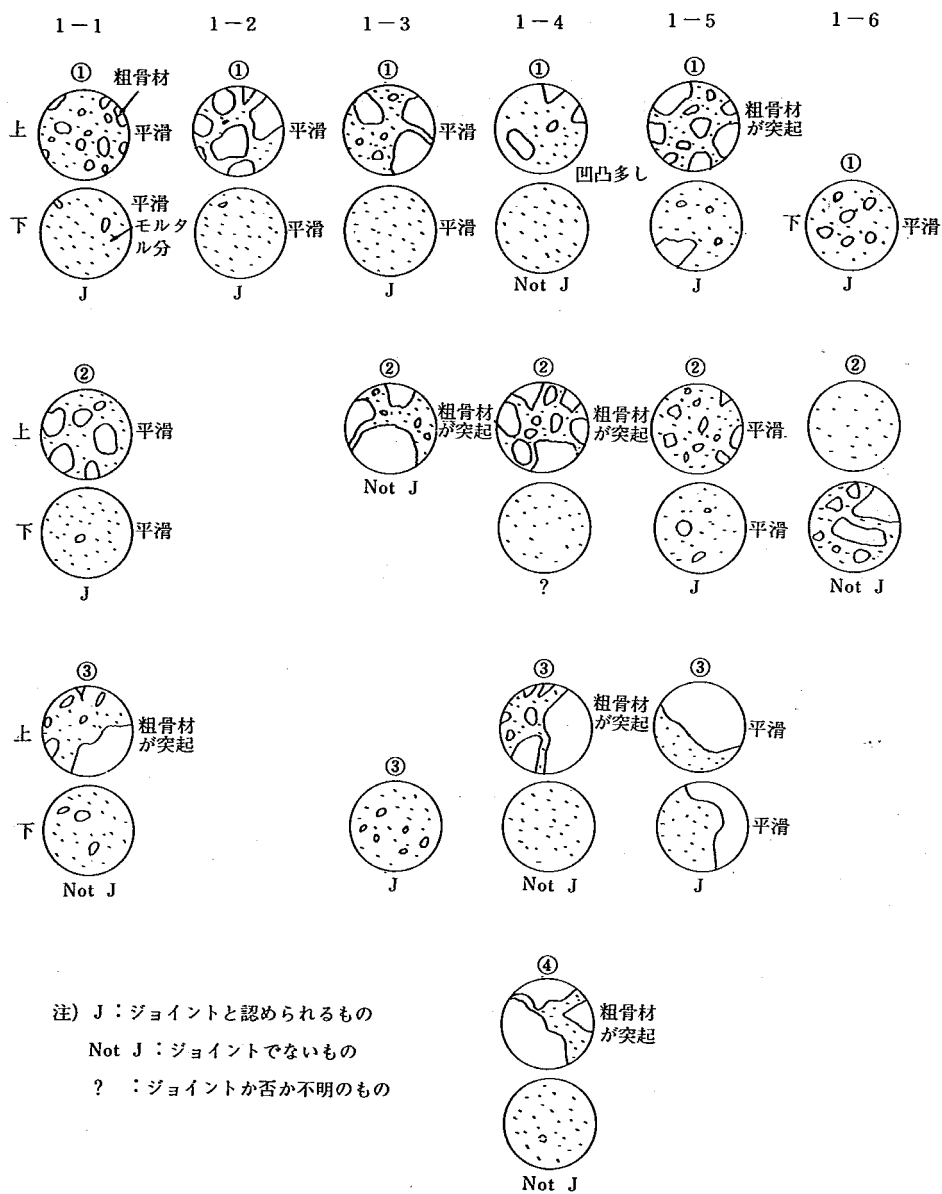
附図-1-5 コア観察図 (斜めコア)



附図一 1 - 6 B L 3 打継目せん断試験供試体採取位置

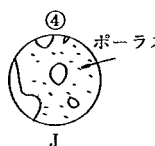
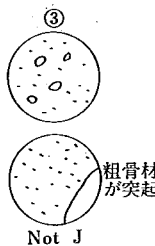
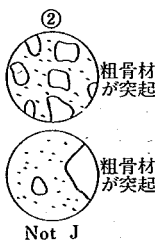
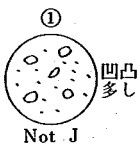


附図一 1-7 本体フィレットコンクリートの供試体採取位置

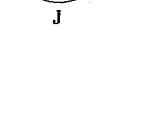
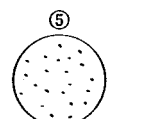
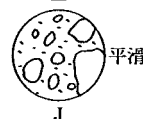
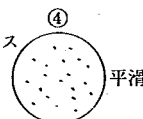
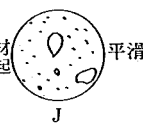
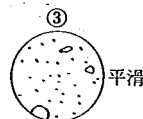
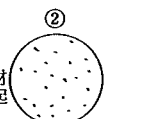
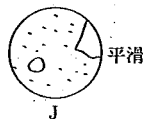
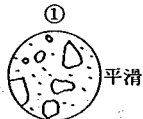


附図-2-1 折れた部分の断面観察図

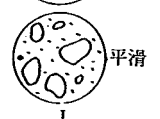
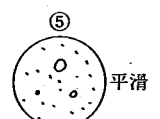
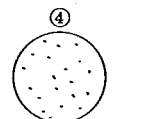
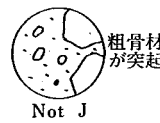
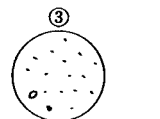
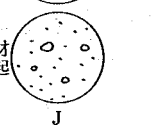
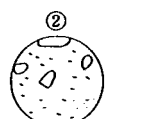
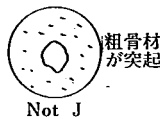
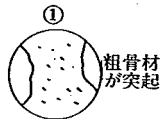
2-1



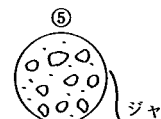
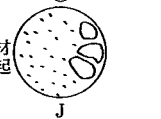
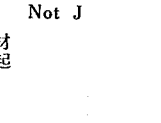
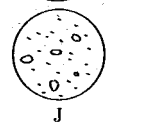
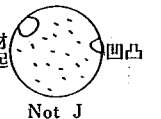
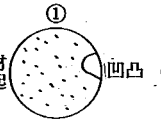
2-2



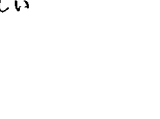
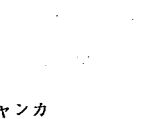
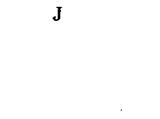
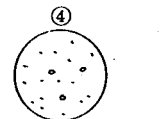
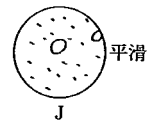
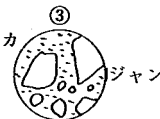
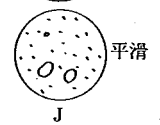
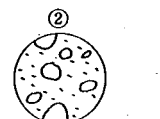
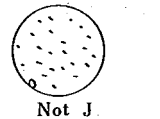
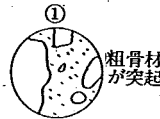
2-3



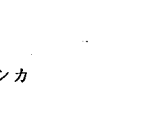
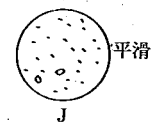
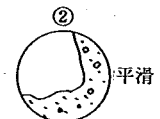
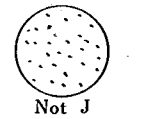
2-4



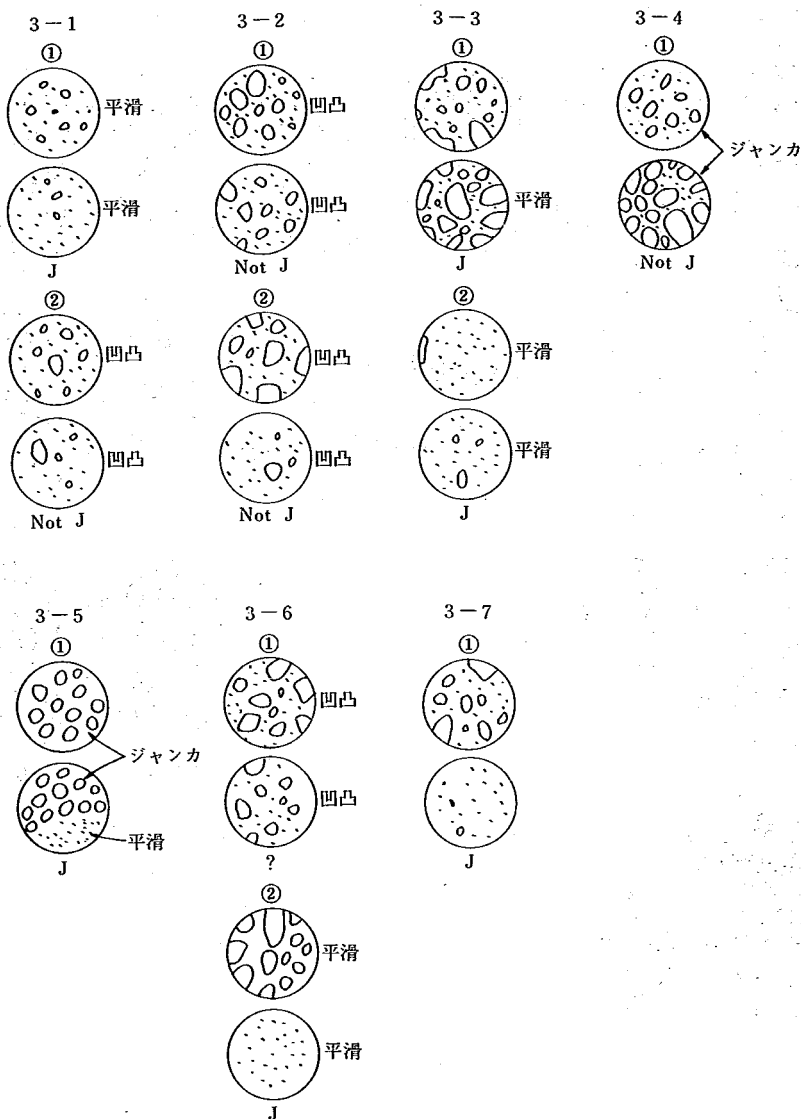
2-5



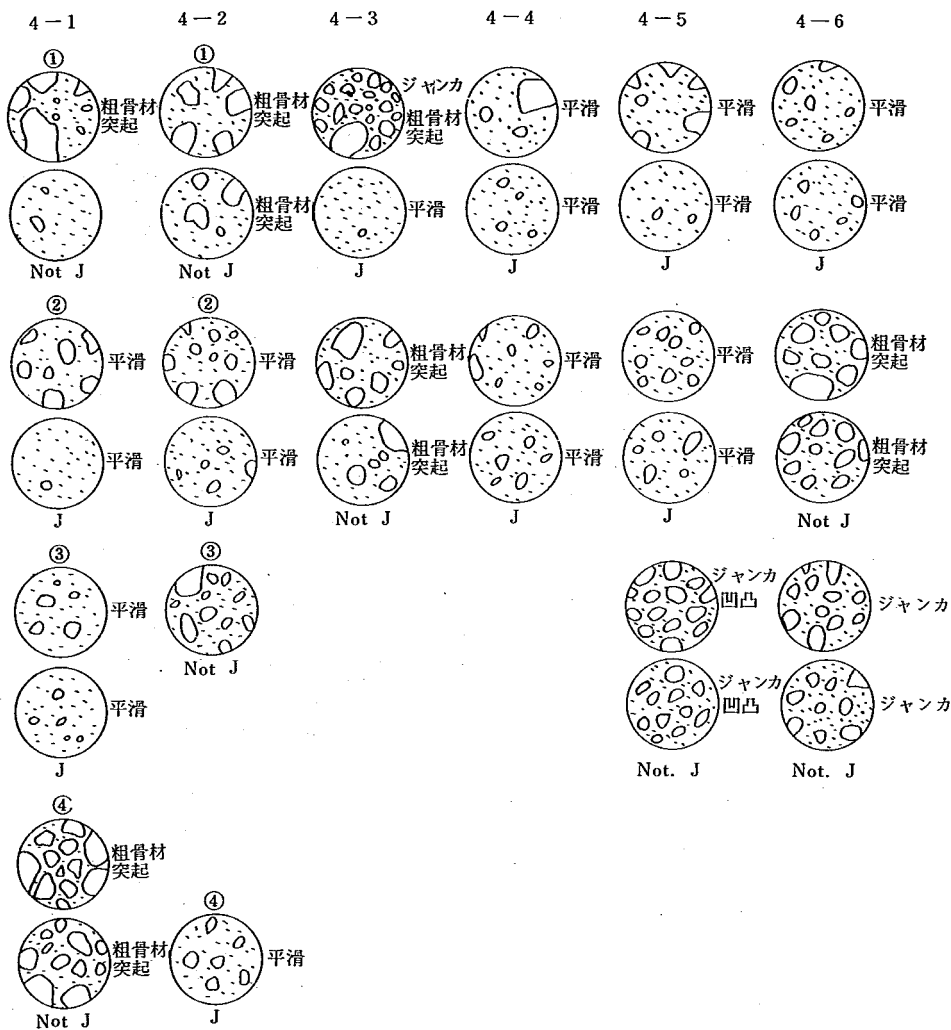
2-6



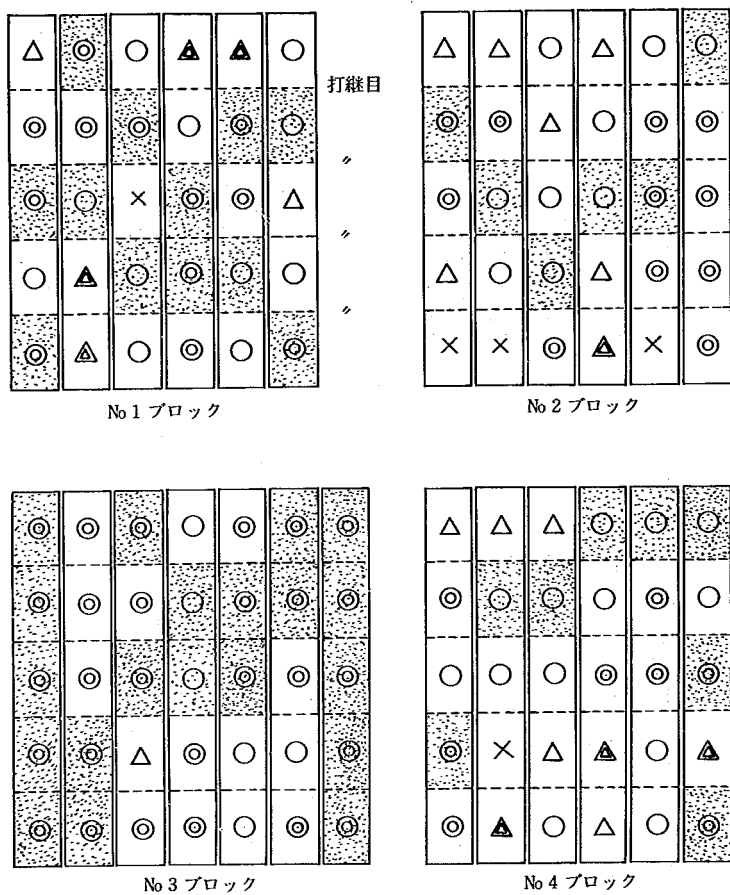
附図-2-2 折れた部分の断面観察図



附図-2-3 折れた部分の断面観察図

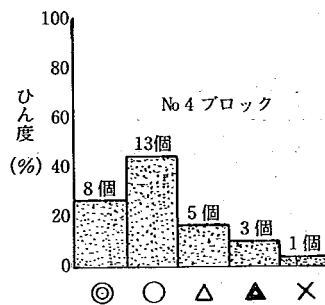
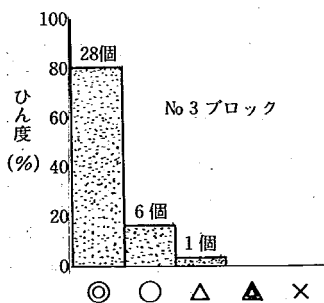
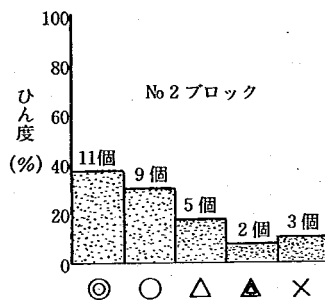
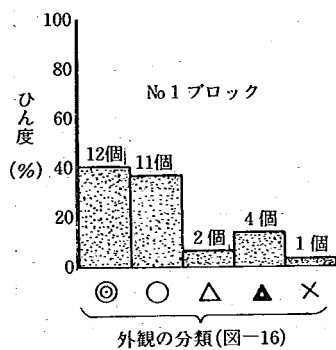


附図-2-4 折れた部分の断面観察図

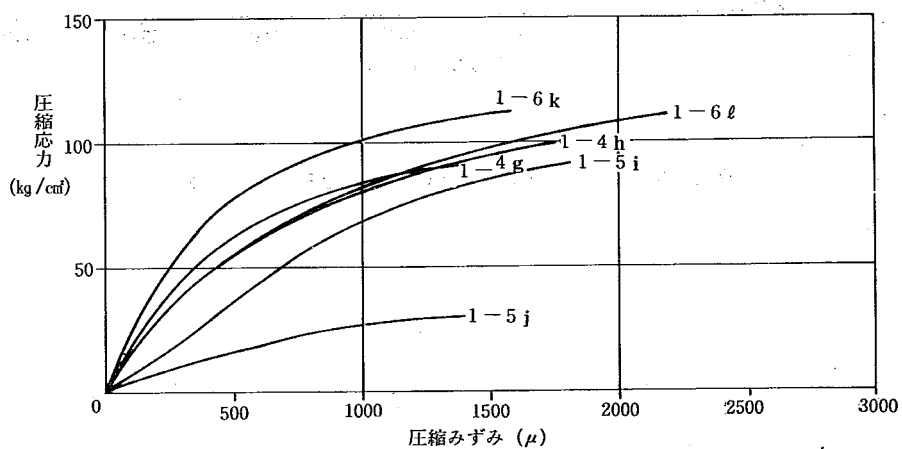
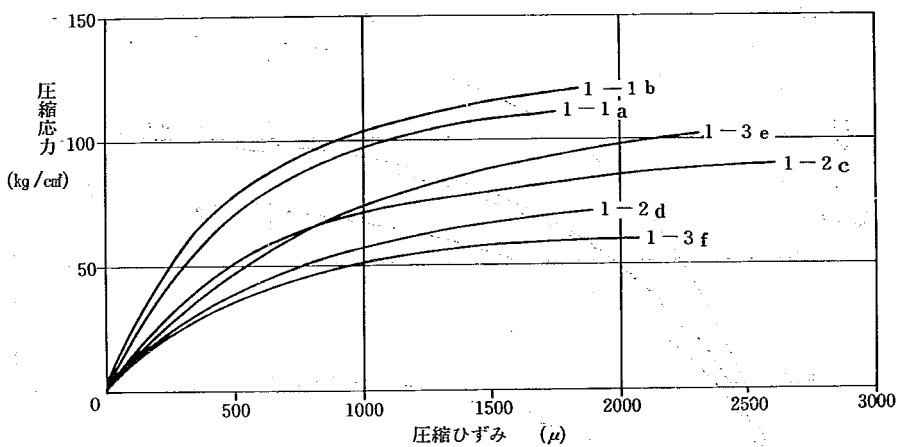


- ◎ 外観が良好な部分
 - ほぼ良好な部分
 - △ やや不良な部分
 - ▲ 不良な部分
 - × コンクリートとして採取できない部分
-  圧縮強度試験用供試体を作成した部分

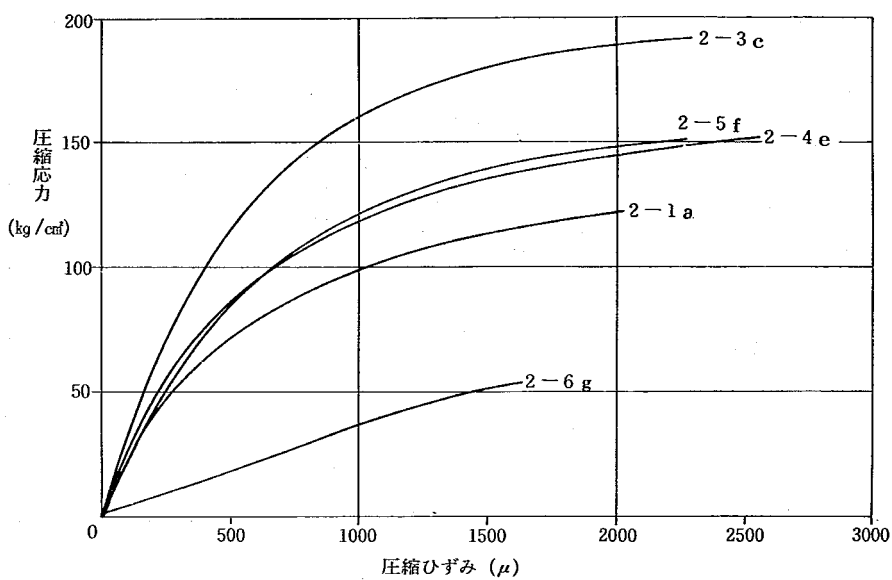
附図－3 コア外観の良否と圧縮強度試験用供試体を作成した箇所



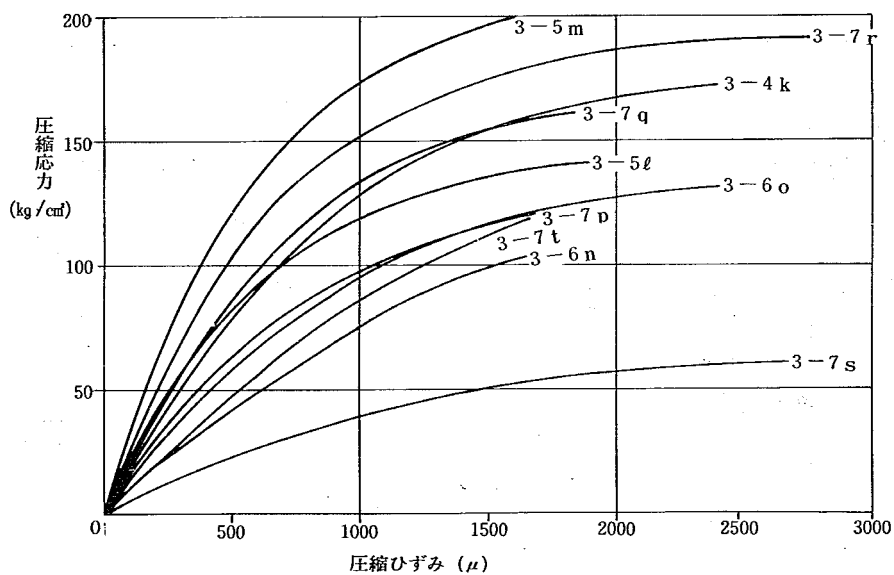
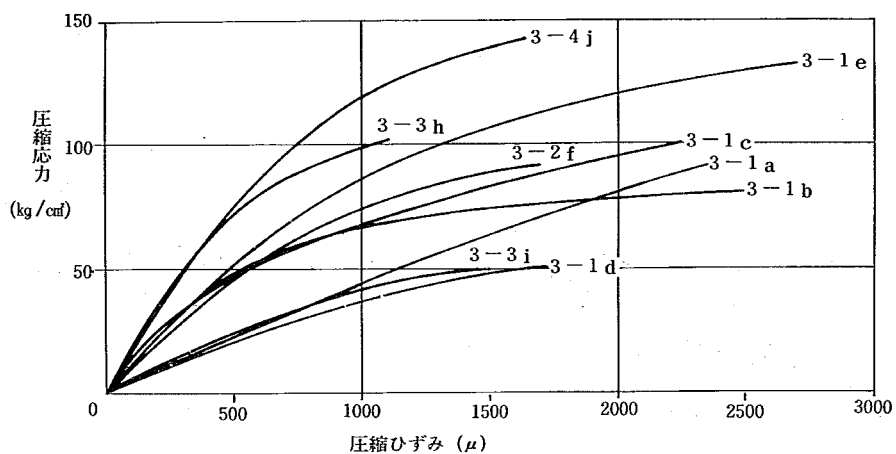
附図-4 各ブロック別にみたコア外観の良否



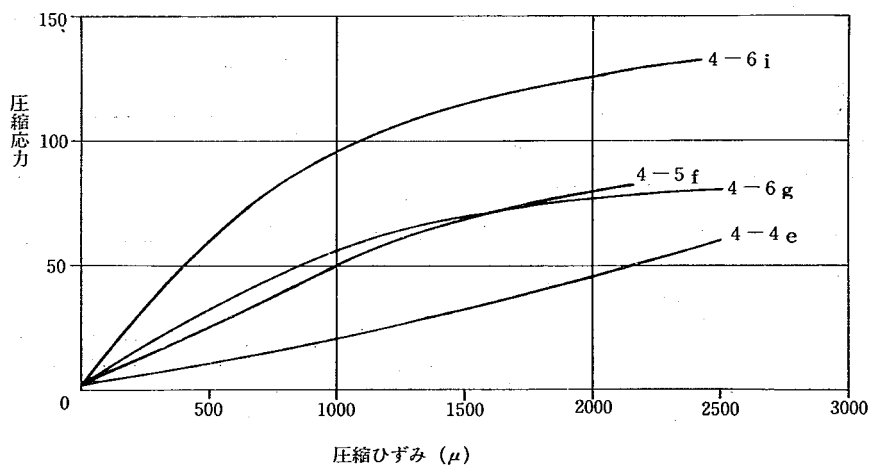
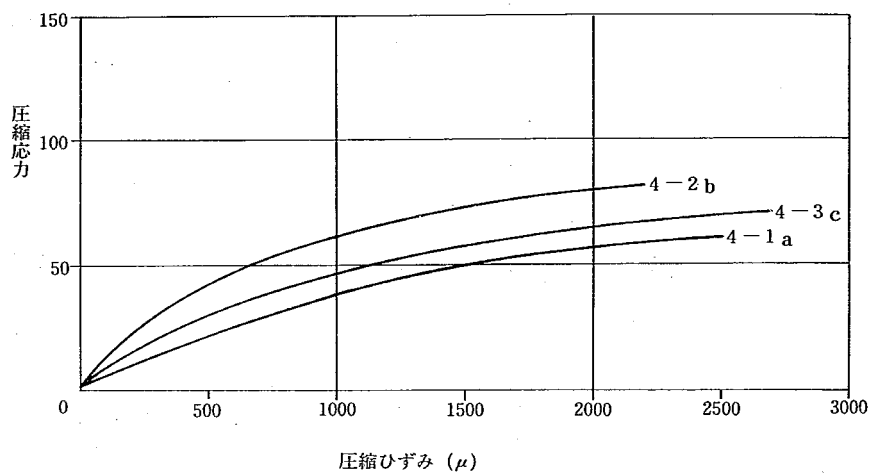
附図-5-1 圧縮試験供試体の応力—歪み曲線—第1ブロック



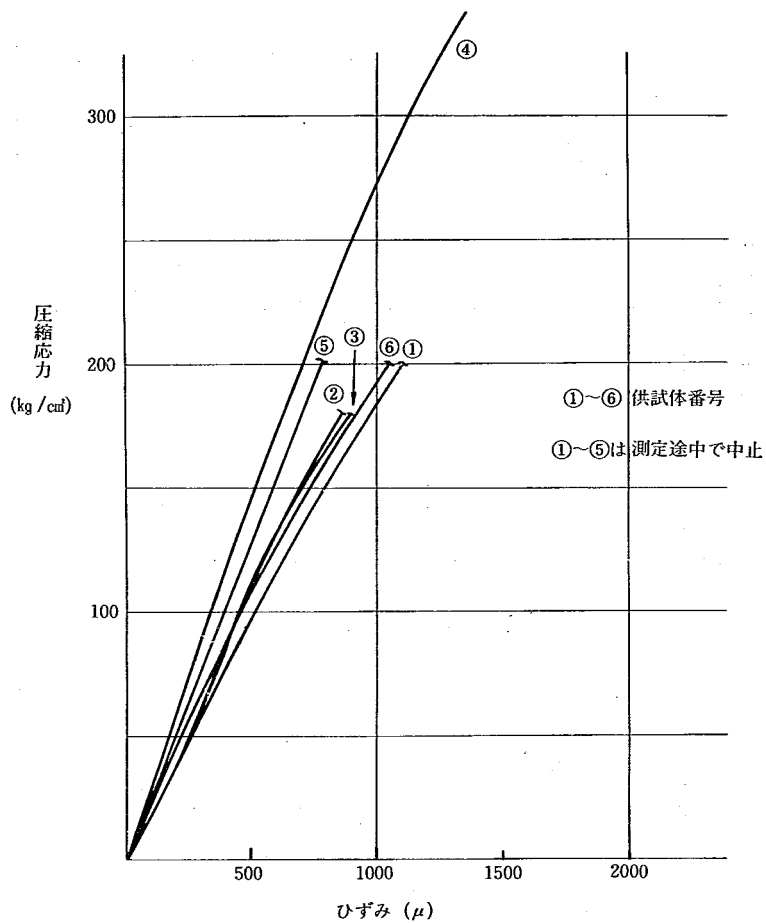
附図-5-2 圧縮試験供試体の応力—歪み曲線—第2ブロック



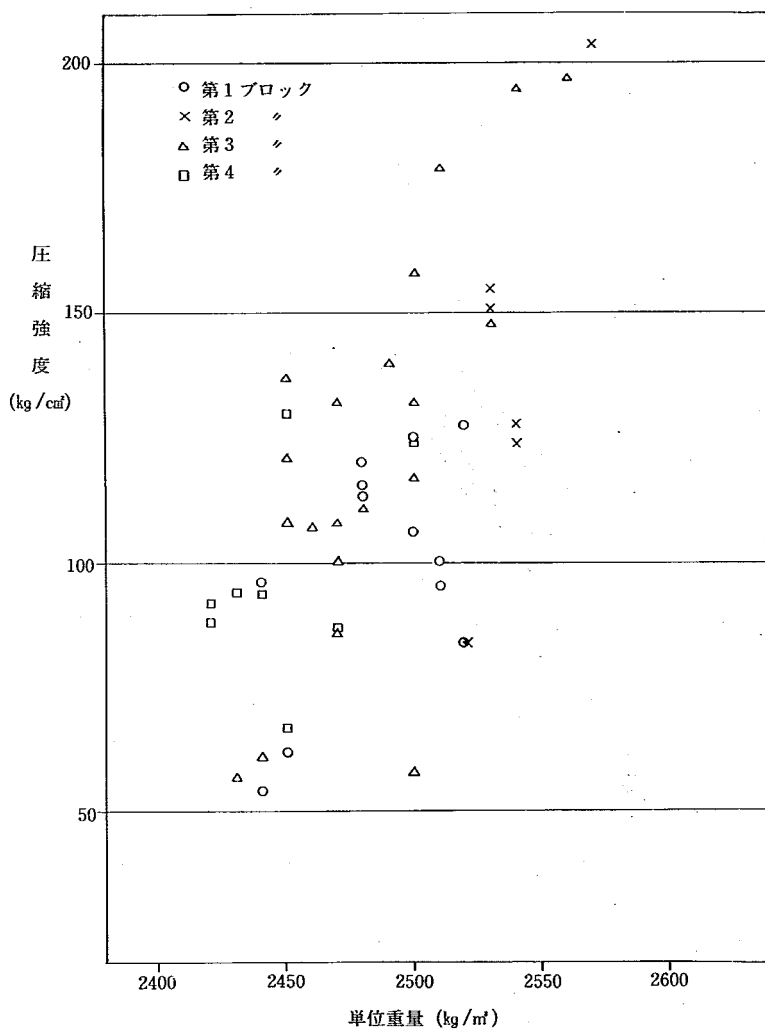
附図-5-3 圧縮試験供試体の応力-歪み曲線-第3ブロック



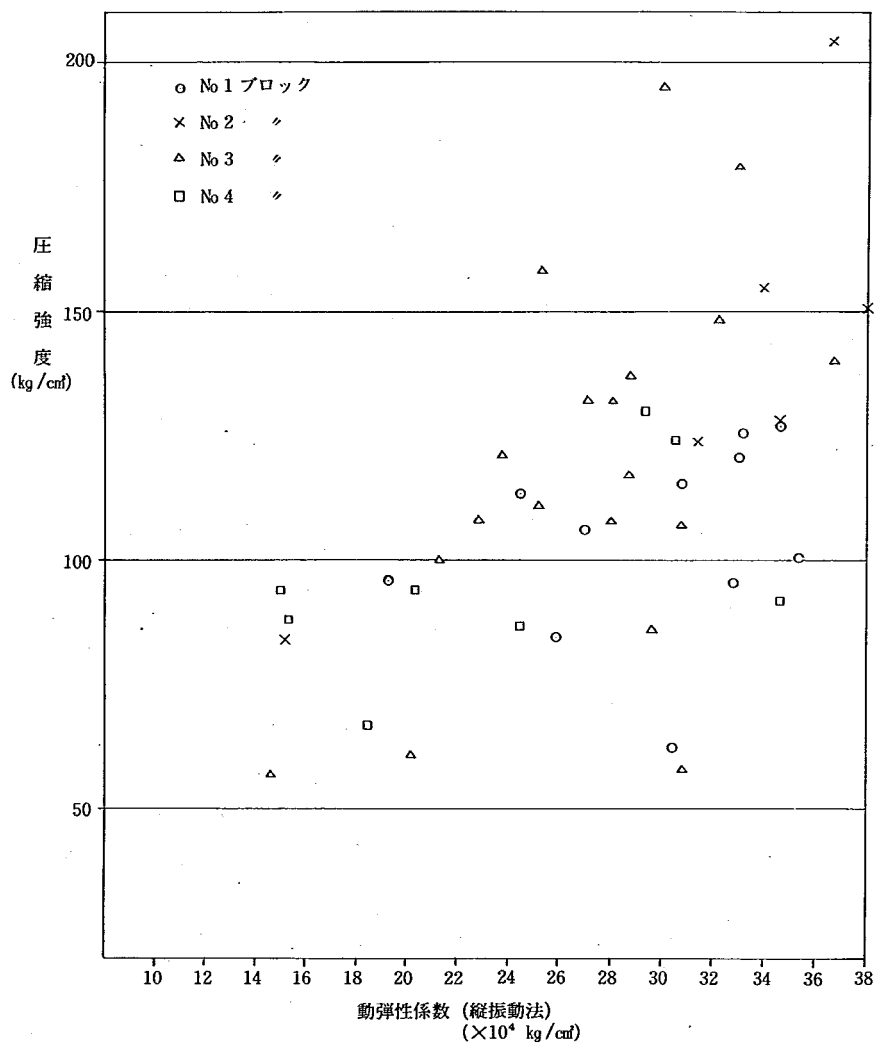
附図-5-4 圧縮試験供試体の応力—歪み曲線—第4ブロック



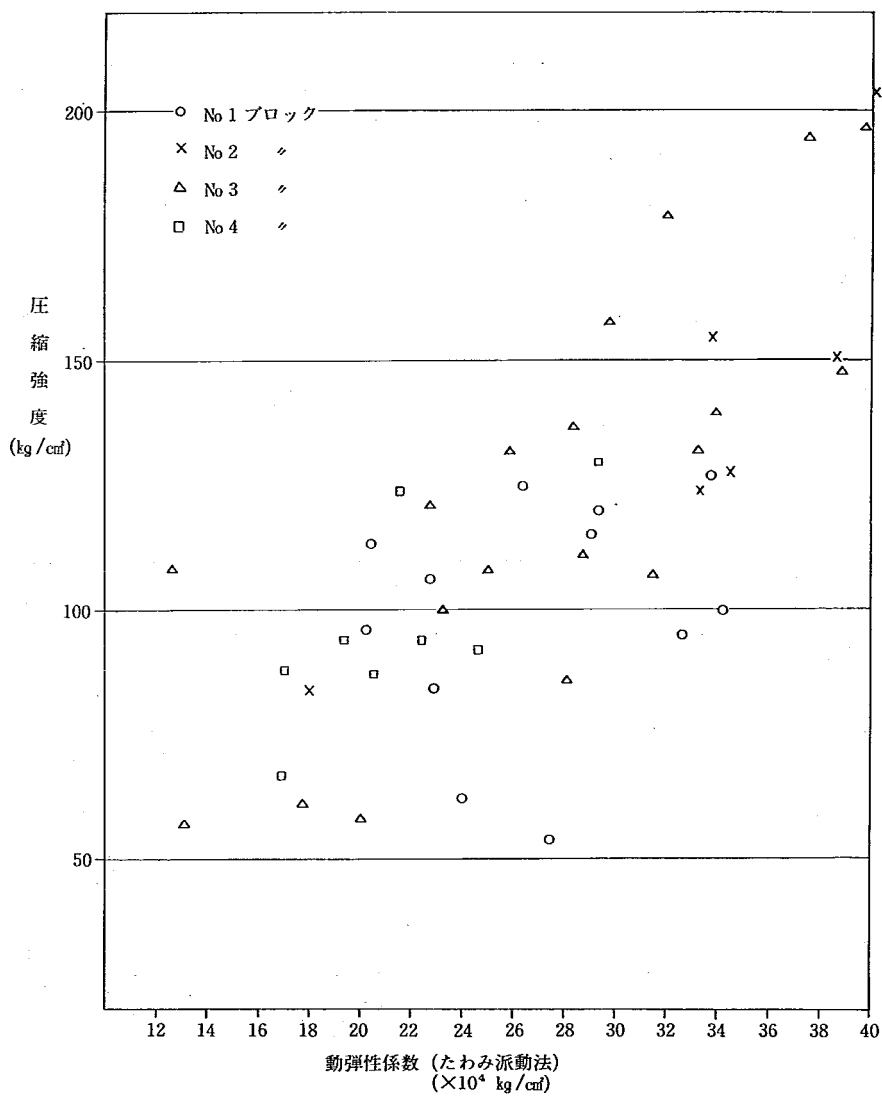
附図-5-5 本体フィレットのコア応力—ひずみ曲線



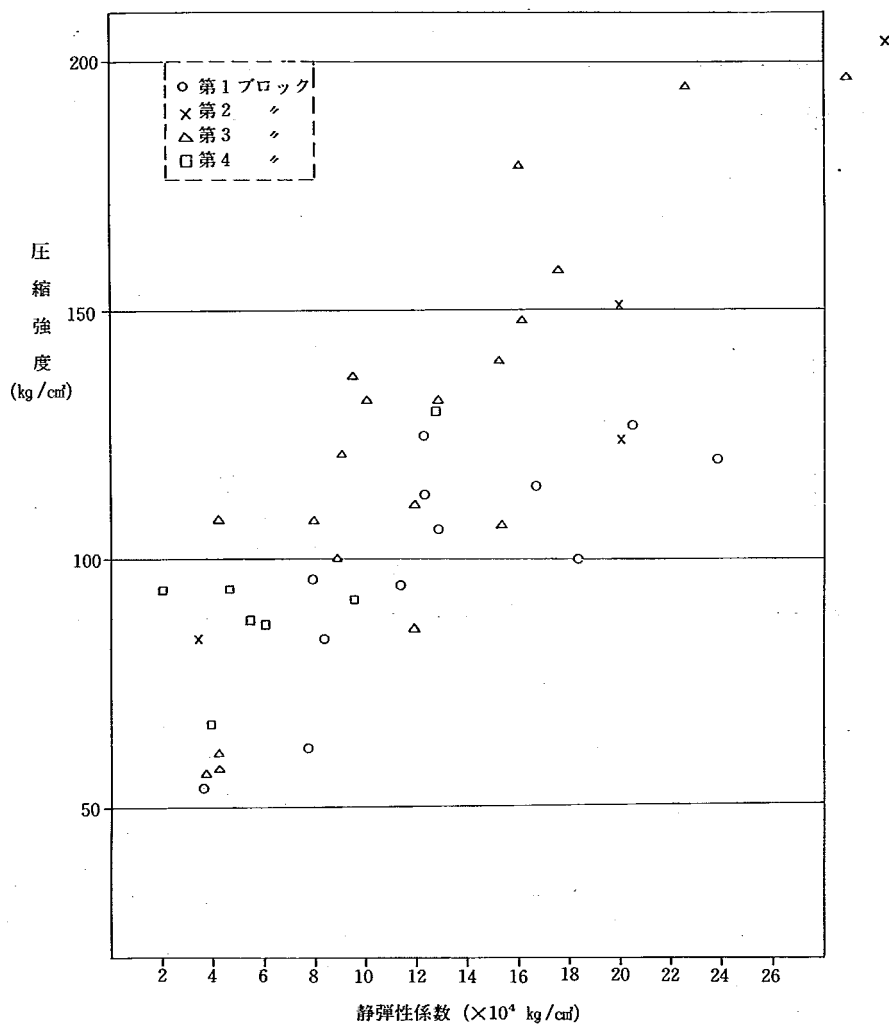
附図-6 単位重量と圧縮強度との関係



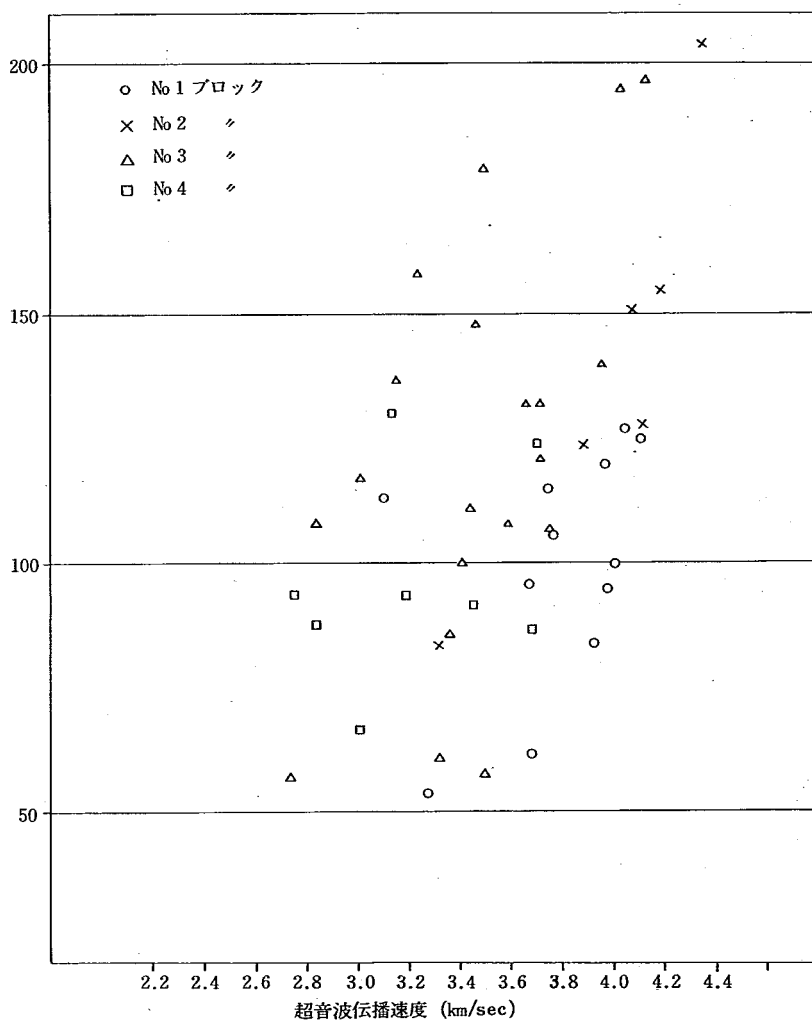
附図 - 7 - 1 動弾性係数と圧縮強度との関係 (縦振動法)



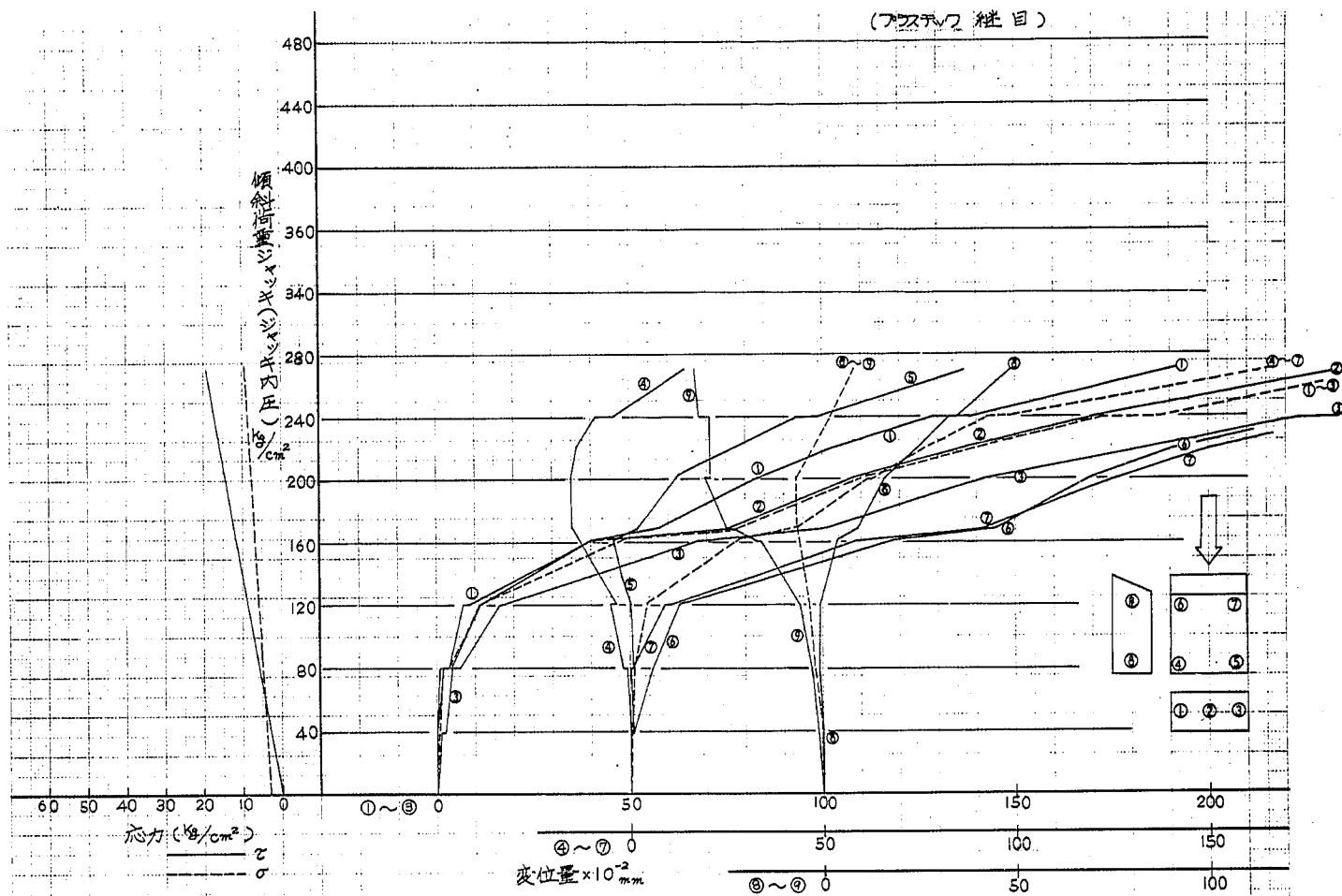
附図一七—二 動弾性係数と圧縮強度との関係（たわみ振動法）



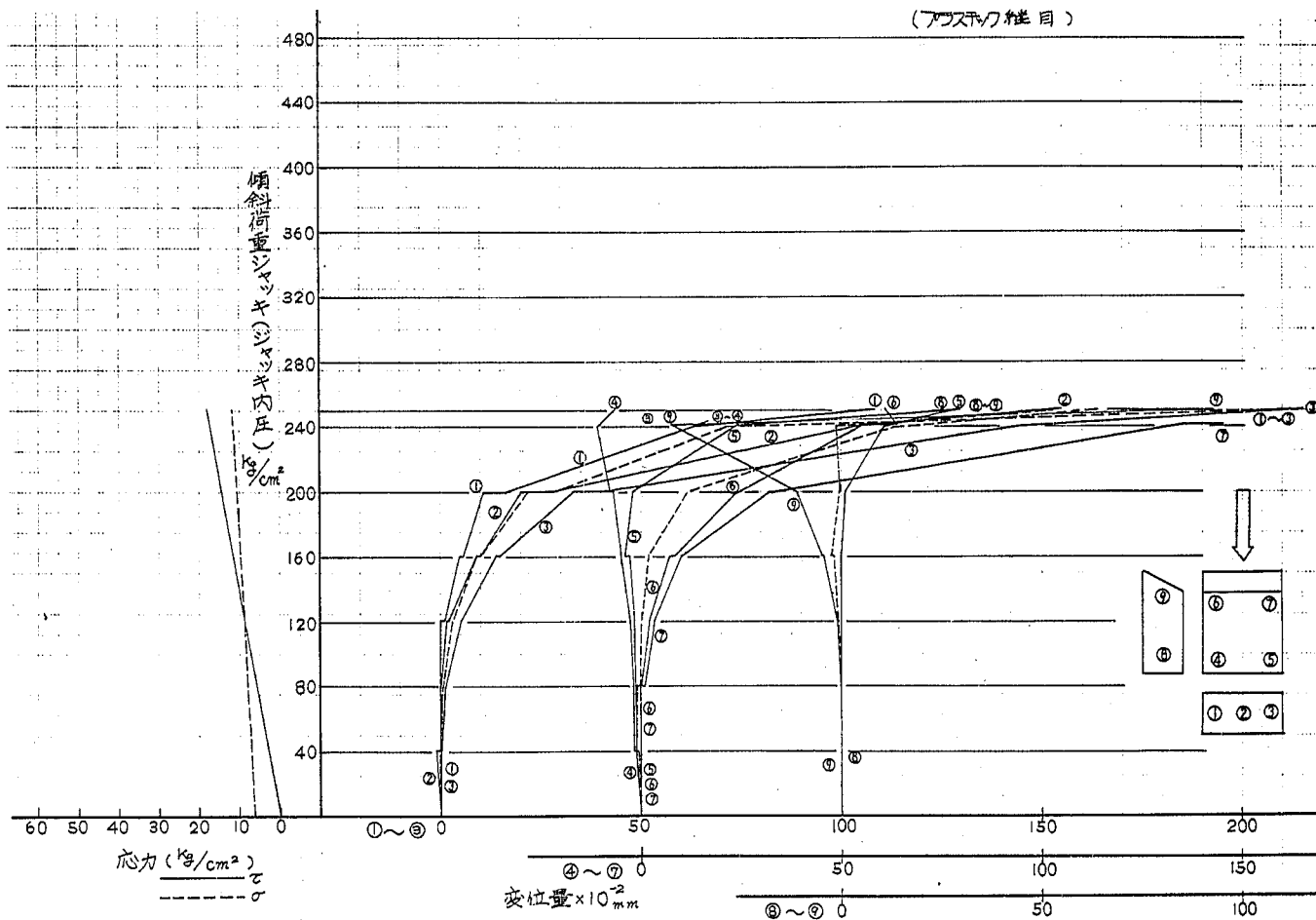
附図-7-3 静弾性係数と圧縮強度との関係



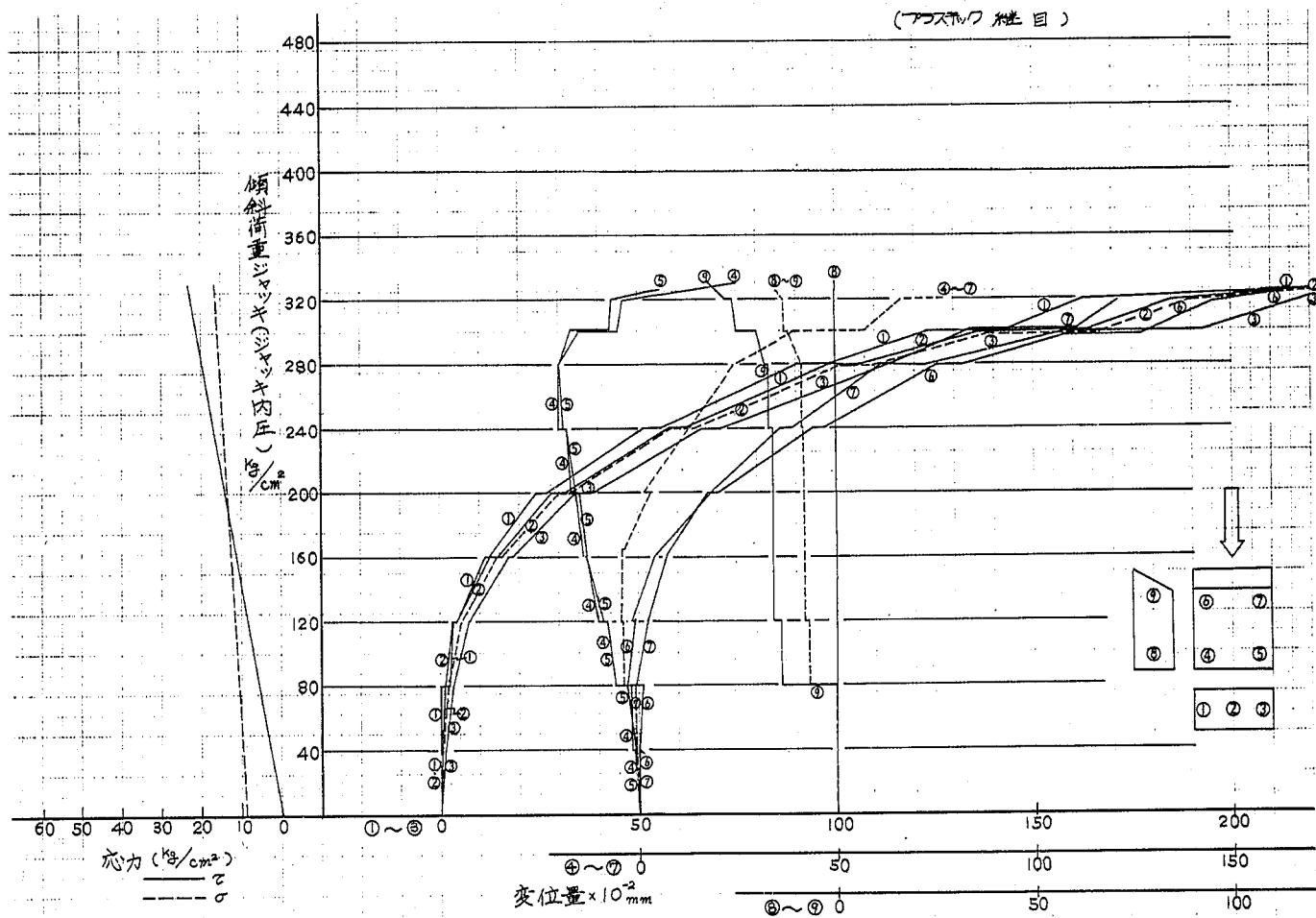
附図-7-4 超音波伝播速度と圧縮強度との関係



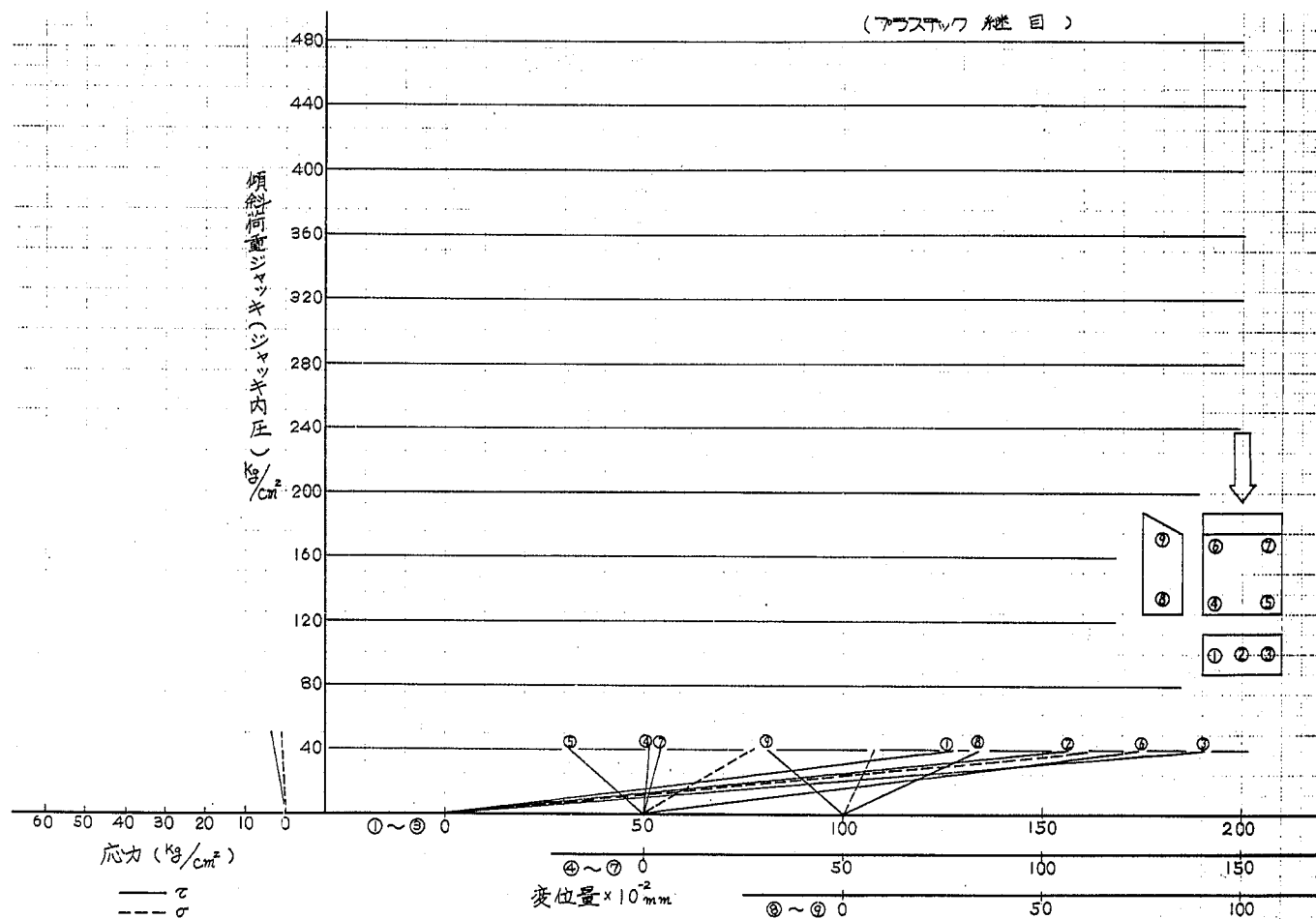
附図-8-1 応力—変位置量曲線 供試体 No. 1-1 1 B L



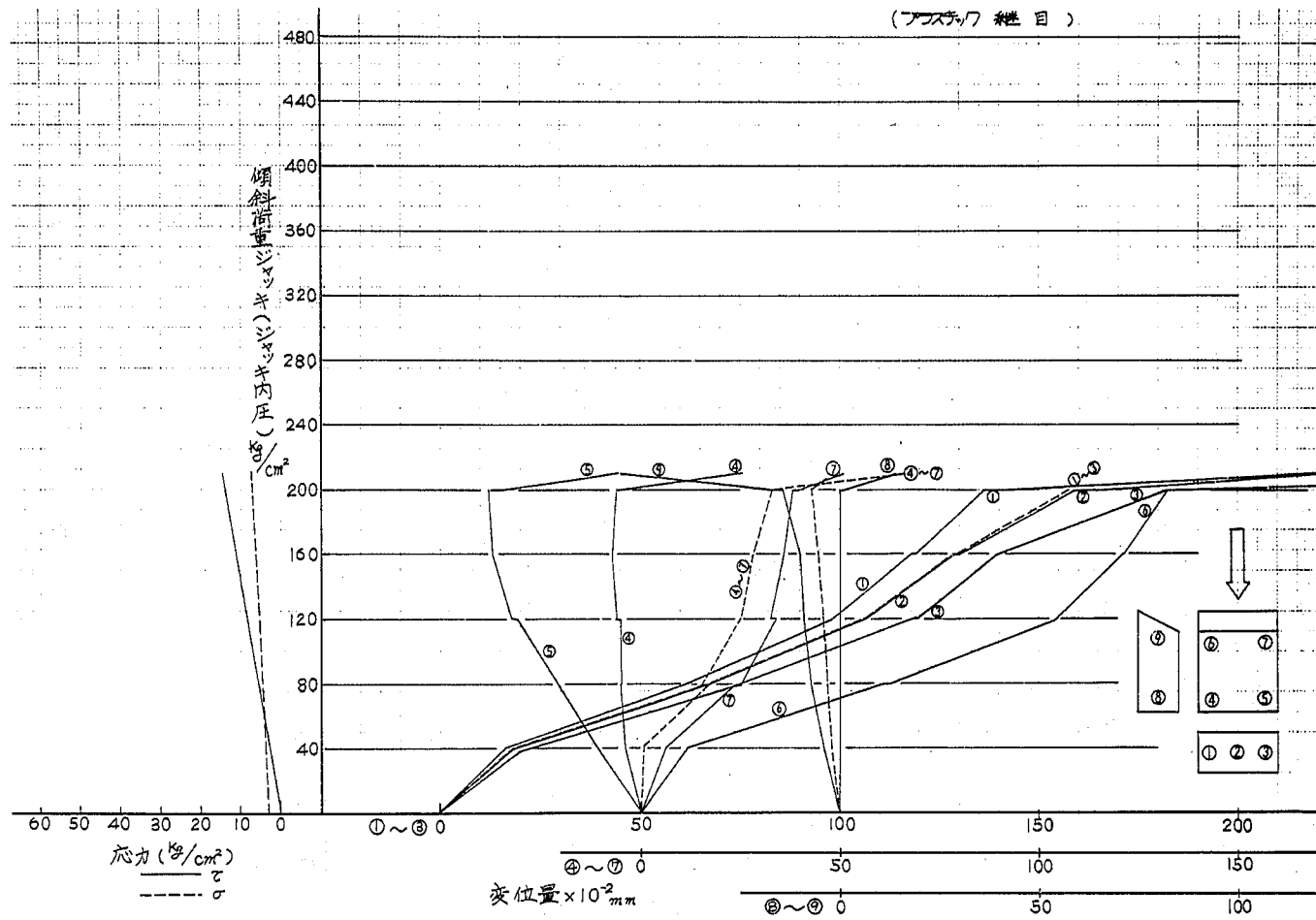
附図-8-2 応力-変位量曲線 供試体No 1-2 1BL



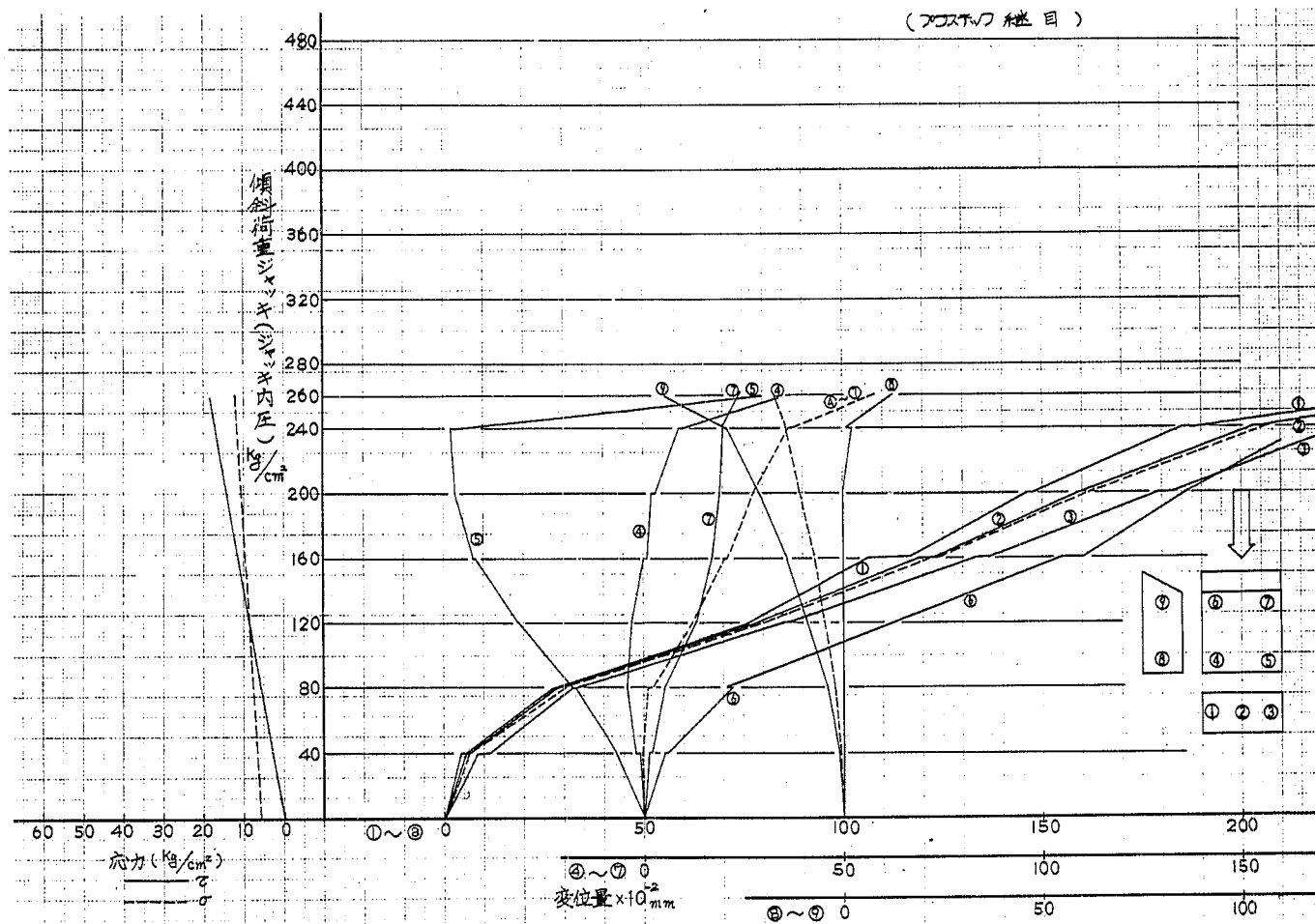
附図-8-3 応力-変位量曲線 供試体 No. 1-3 . 1 B L



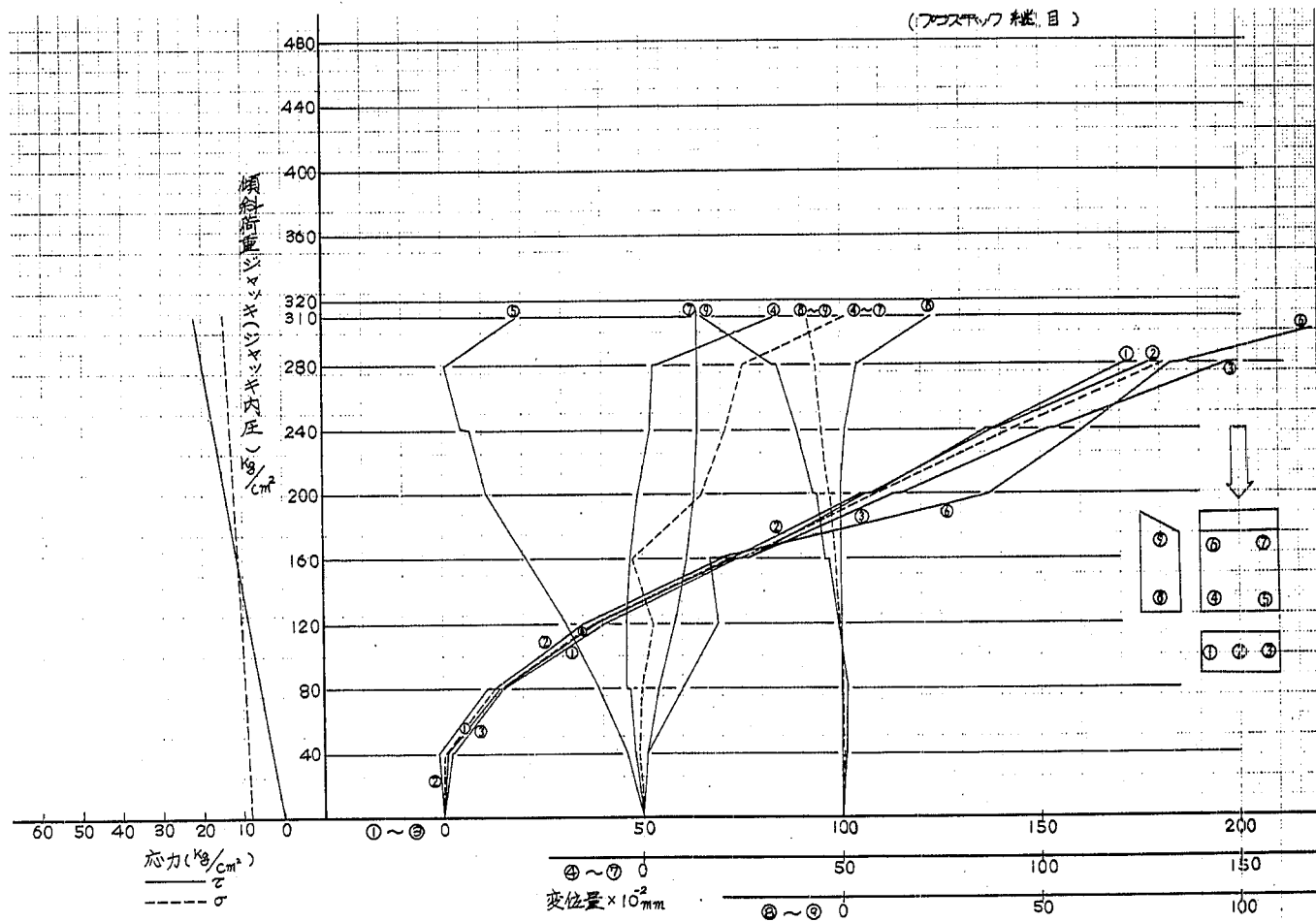
附図-8-4 応力-変位量曲線 供試体 No. 1-3 (2度押し) 1BL



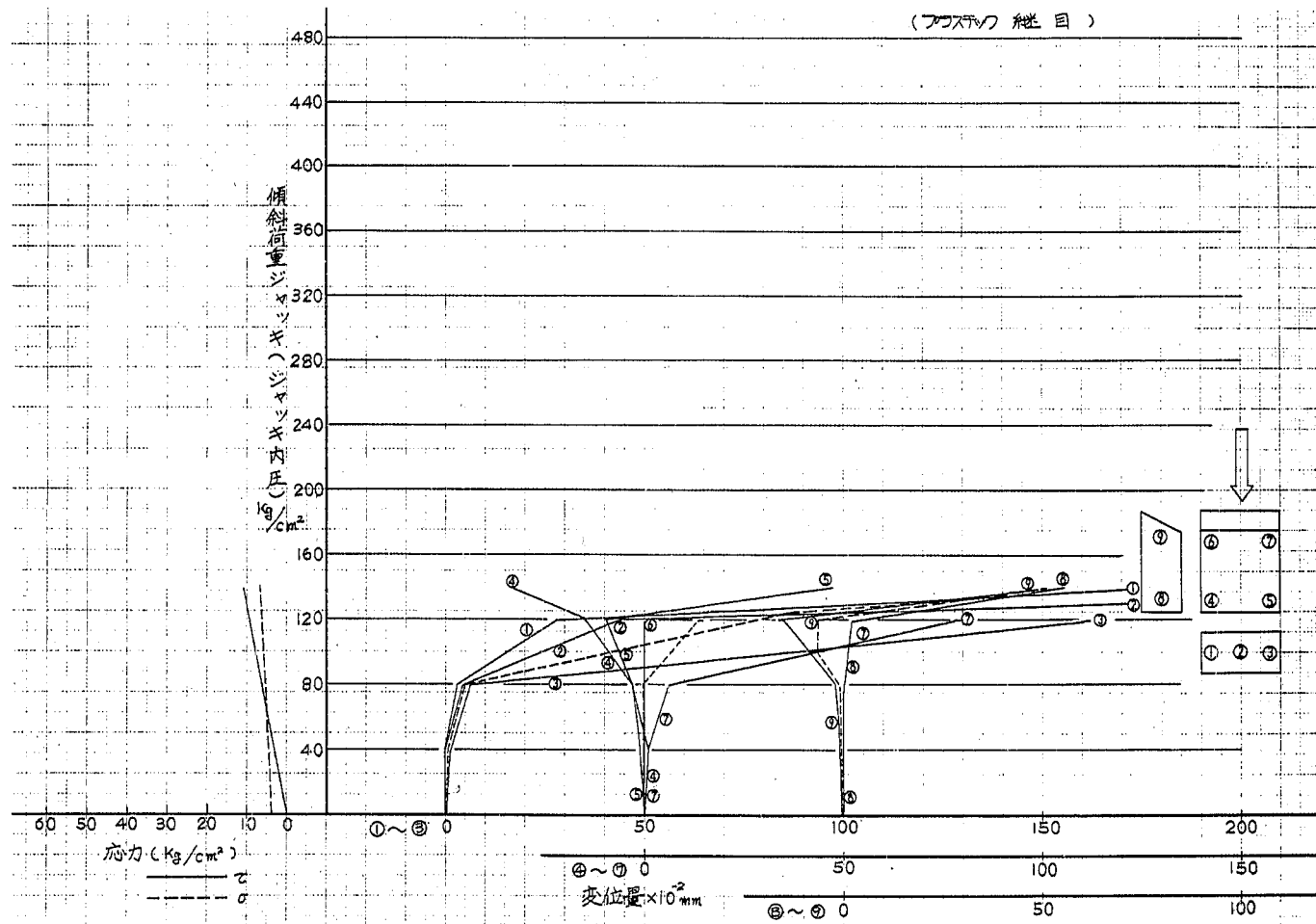
附図-8-5 応力—変位量曲線 供試体 No. 1-3 (2度押し) 1BL



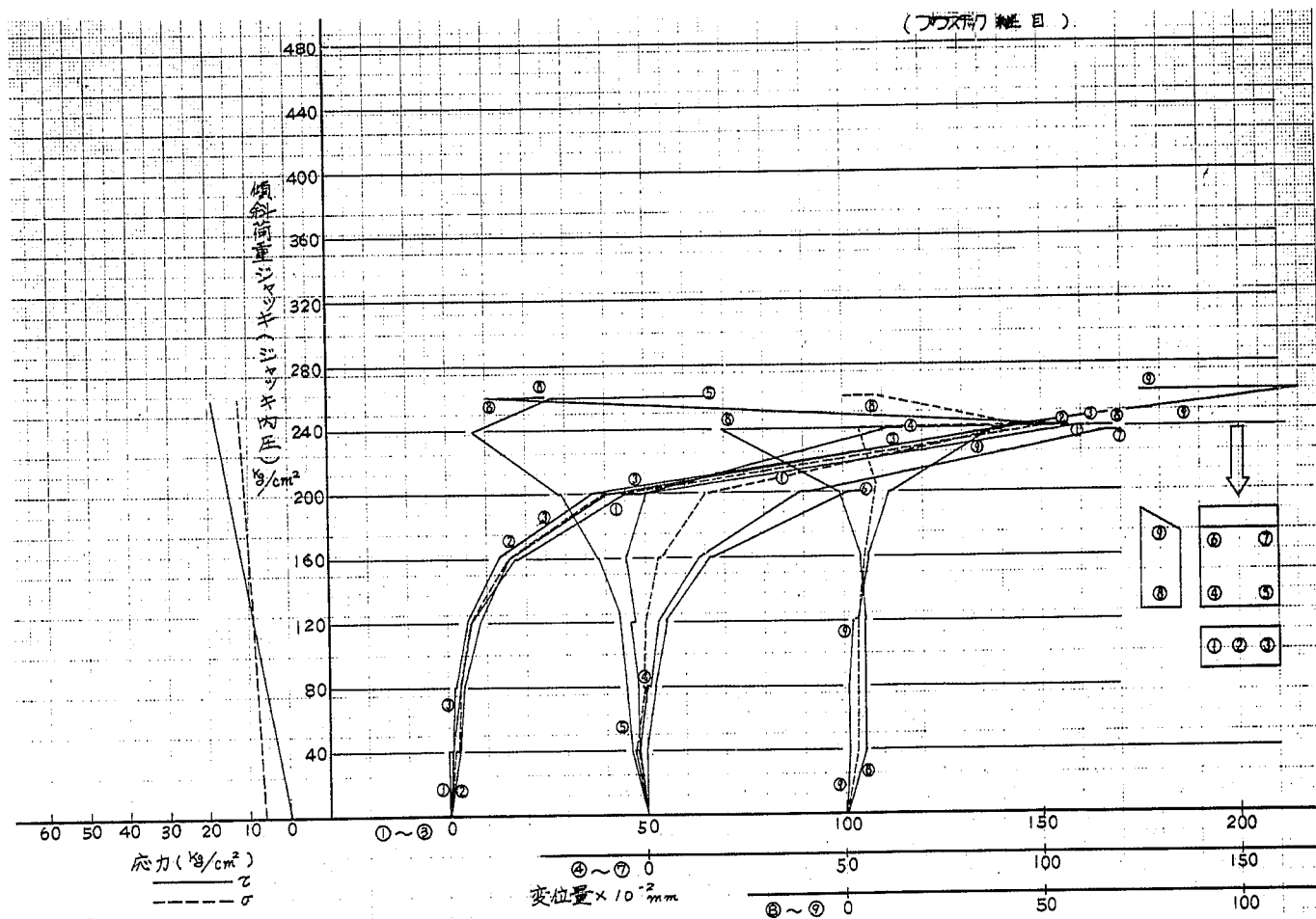
附図-8-6 応力—変位量曲線 供試体 No. 1-3 (2度押し) 1BL



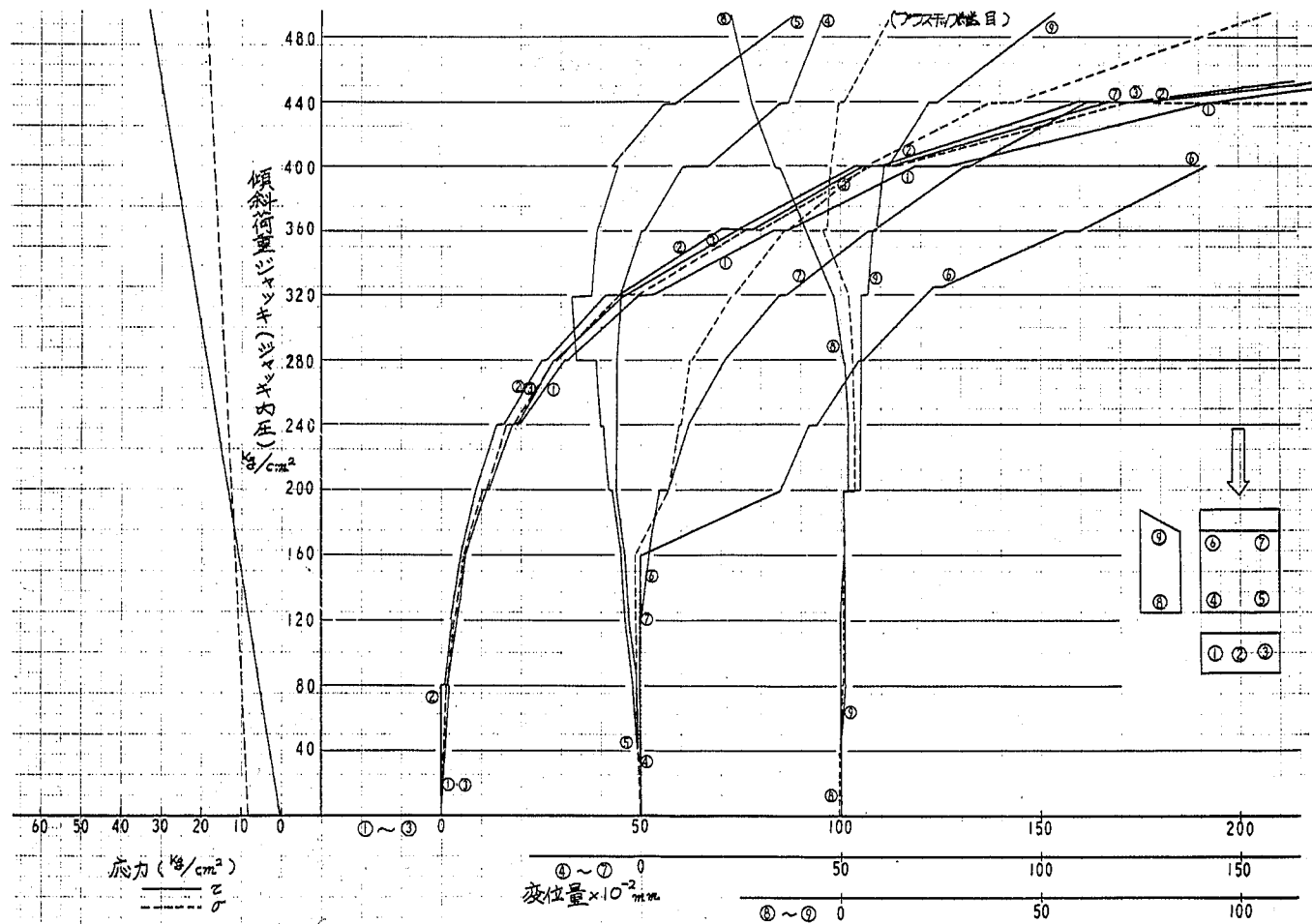
附図-8-7 応力—変位量曲線 供試体 No 1-3 (2度押し) 1BL



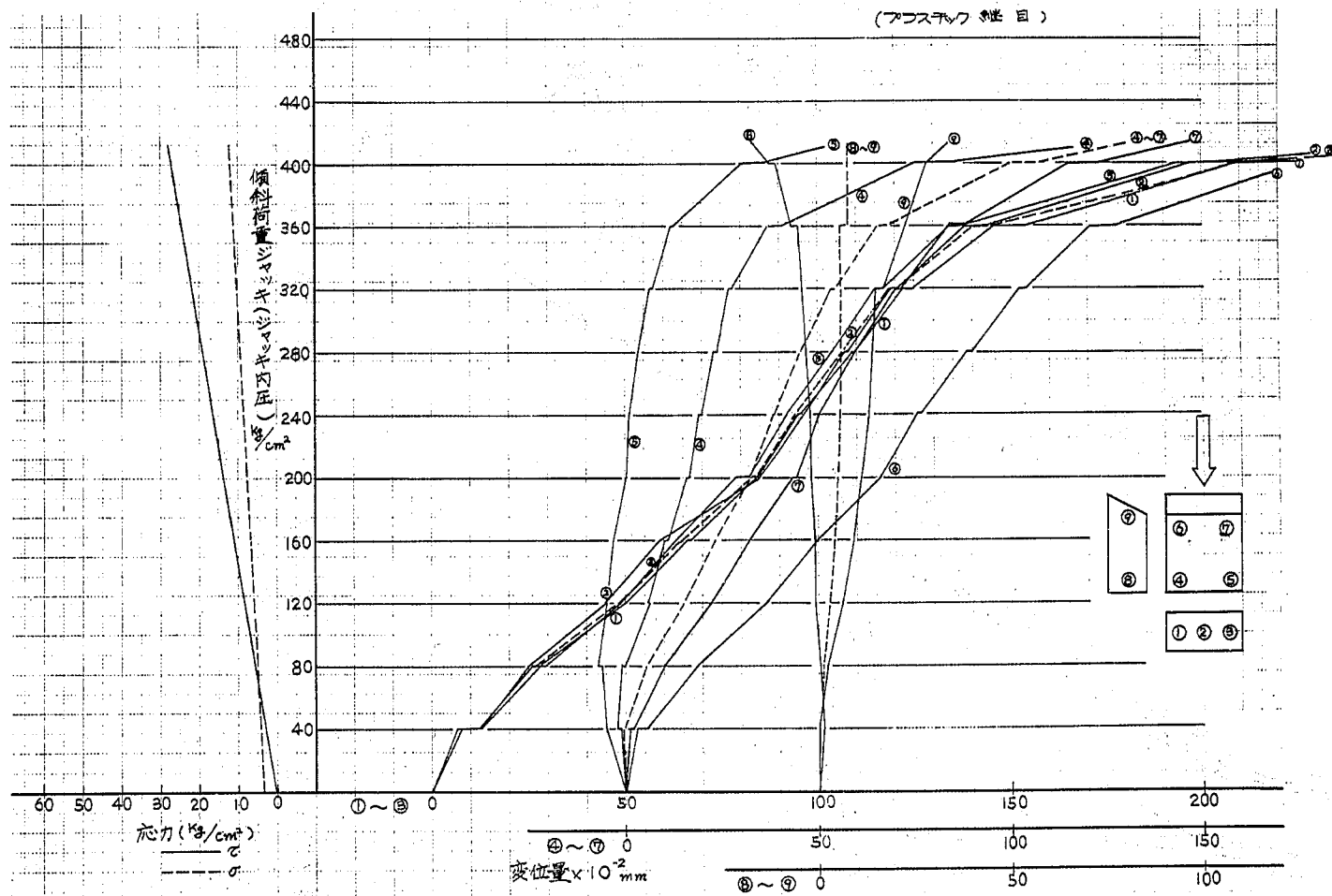
附図-8-8 応力—変位量曲線 供試体 No. 2-1 2 B L



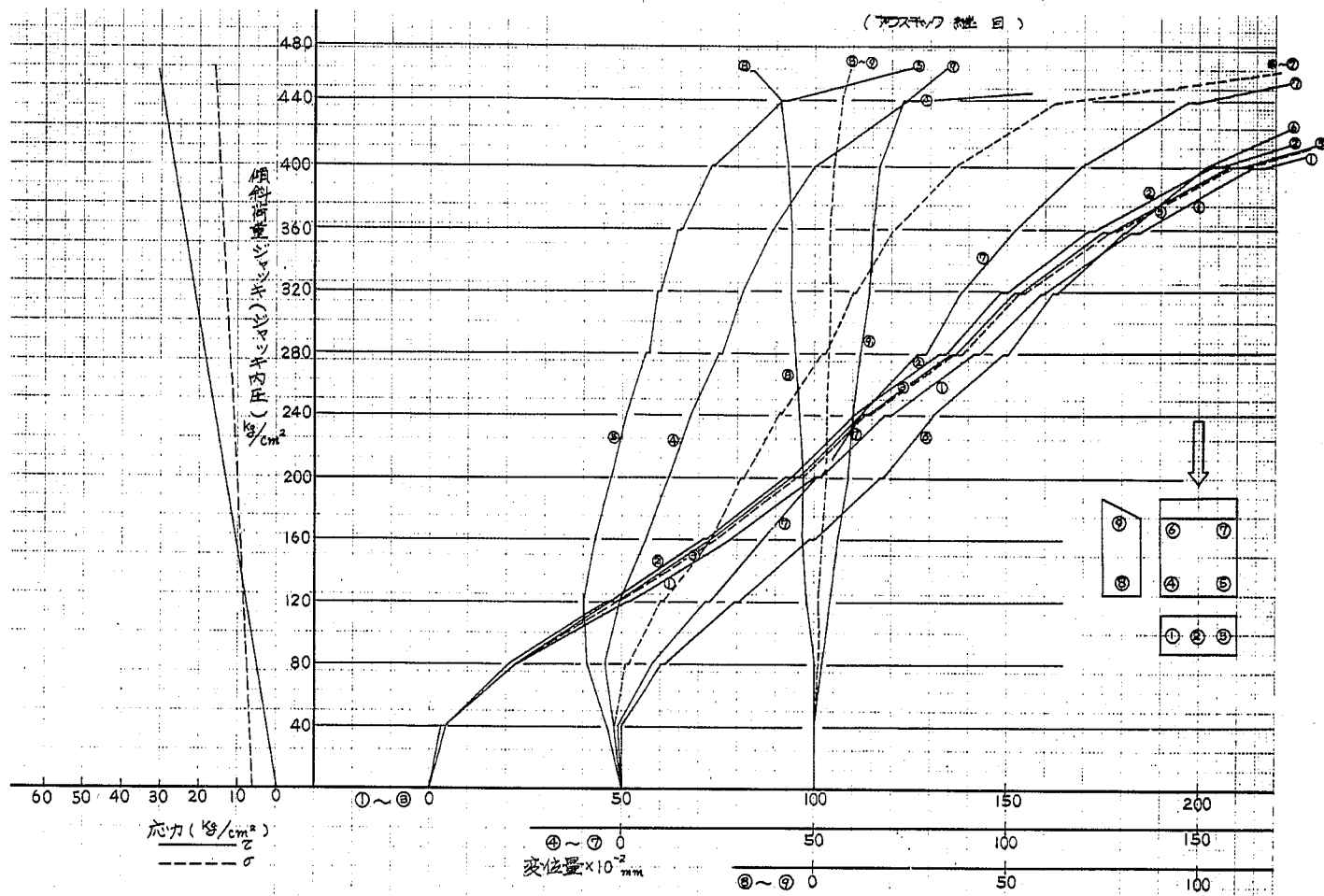
附図-8-9 応力—変位量曲線 供試体 No. 2-2 2BL



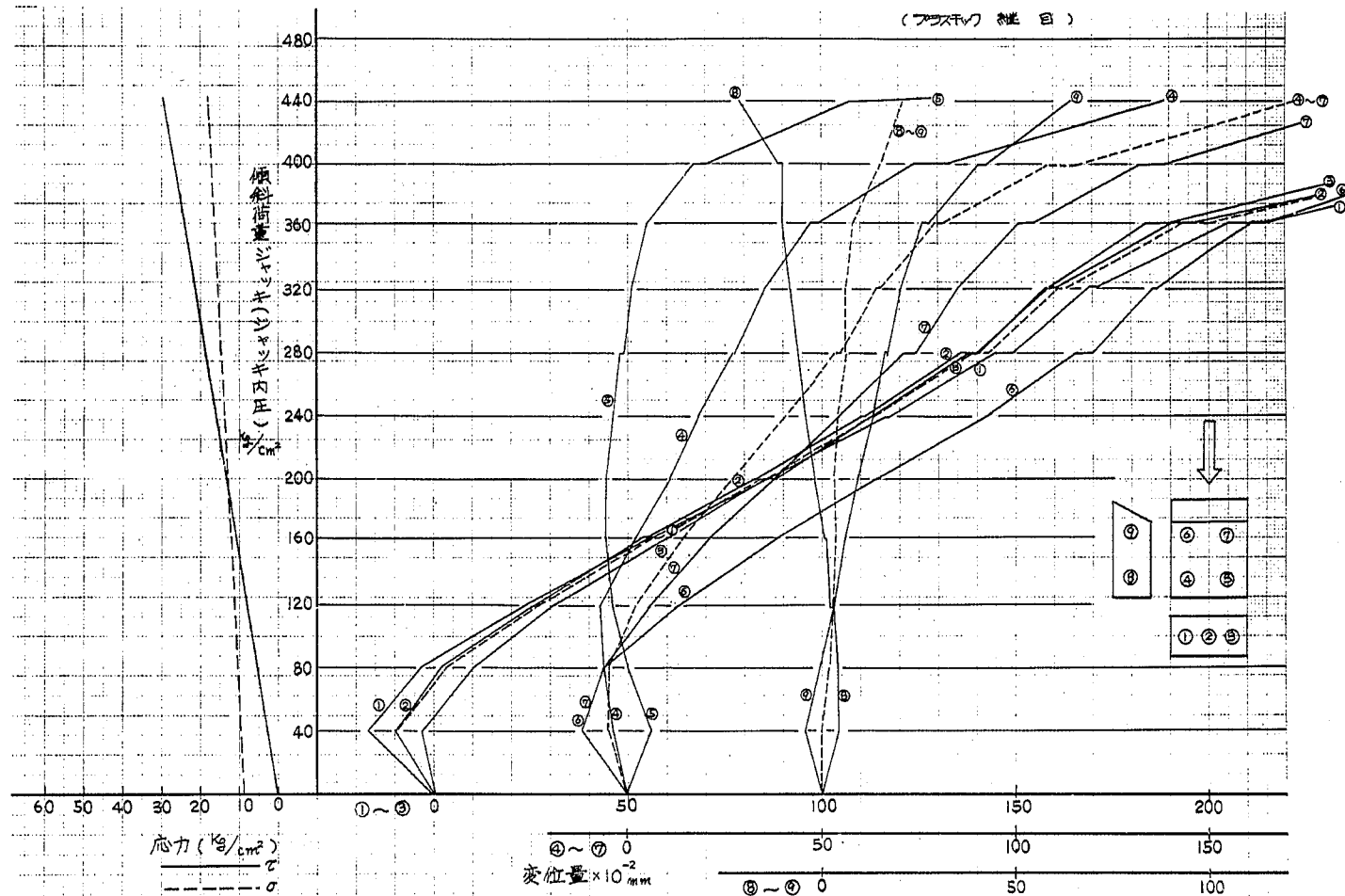
附図-8-10 応力—変位量曲線 供試体 No. 2-3 2 B L



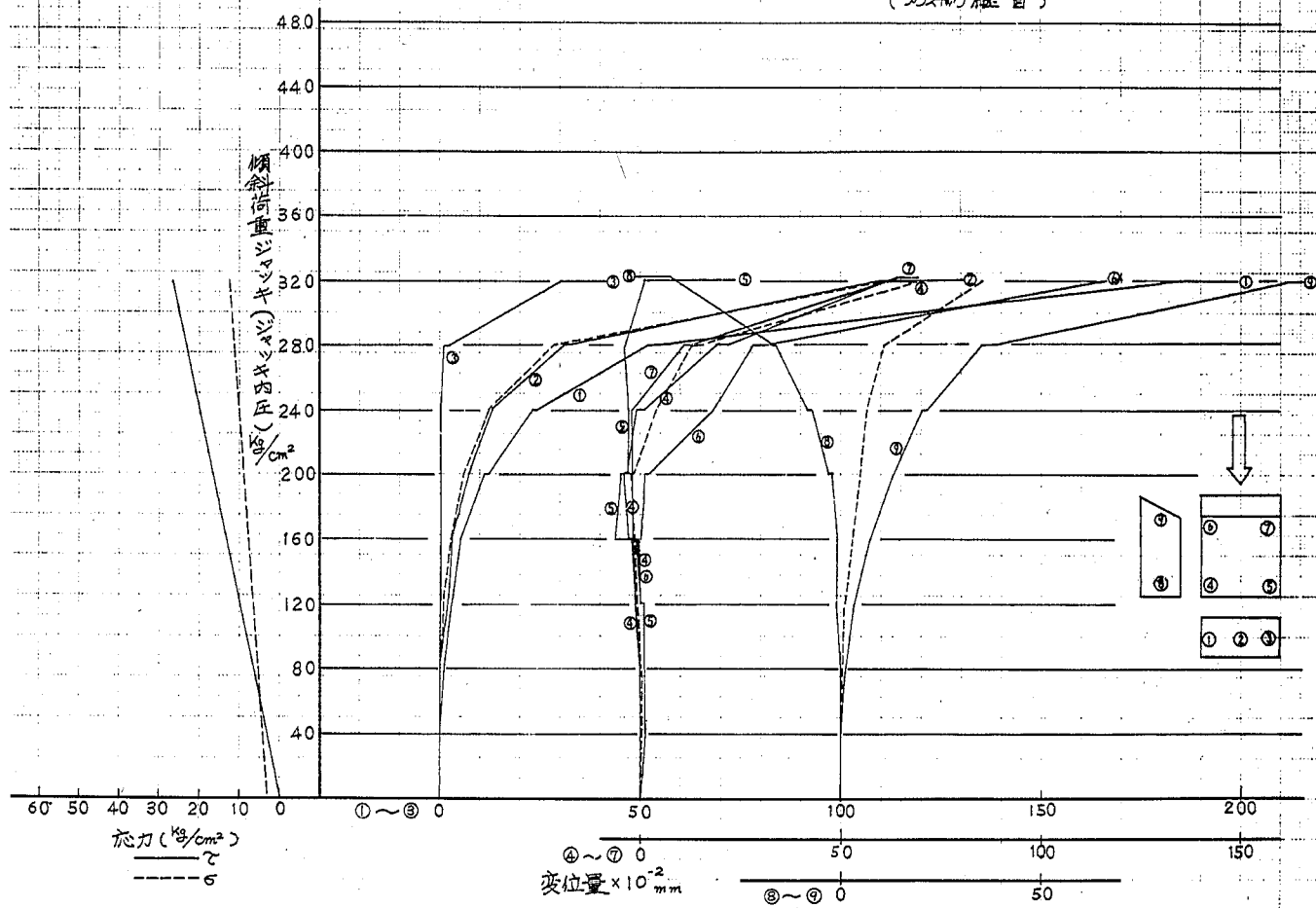
附図-8-i 1 応力—変位量曲線 供試体 No. 2-3 (2 度押し) 2 B L



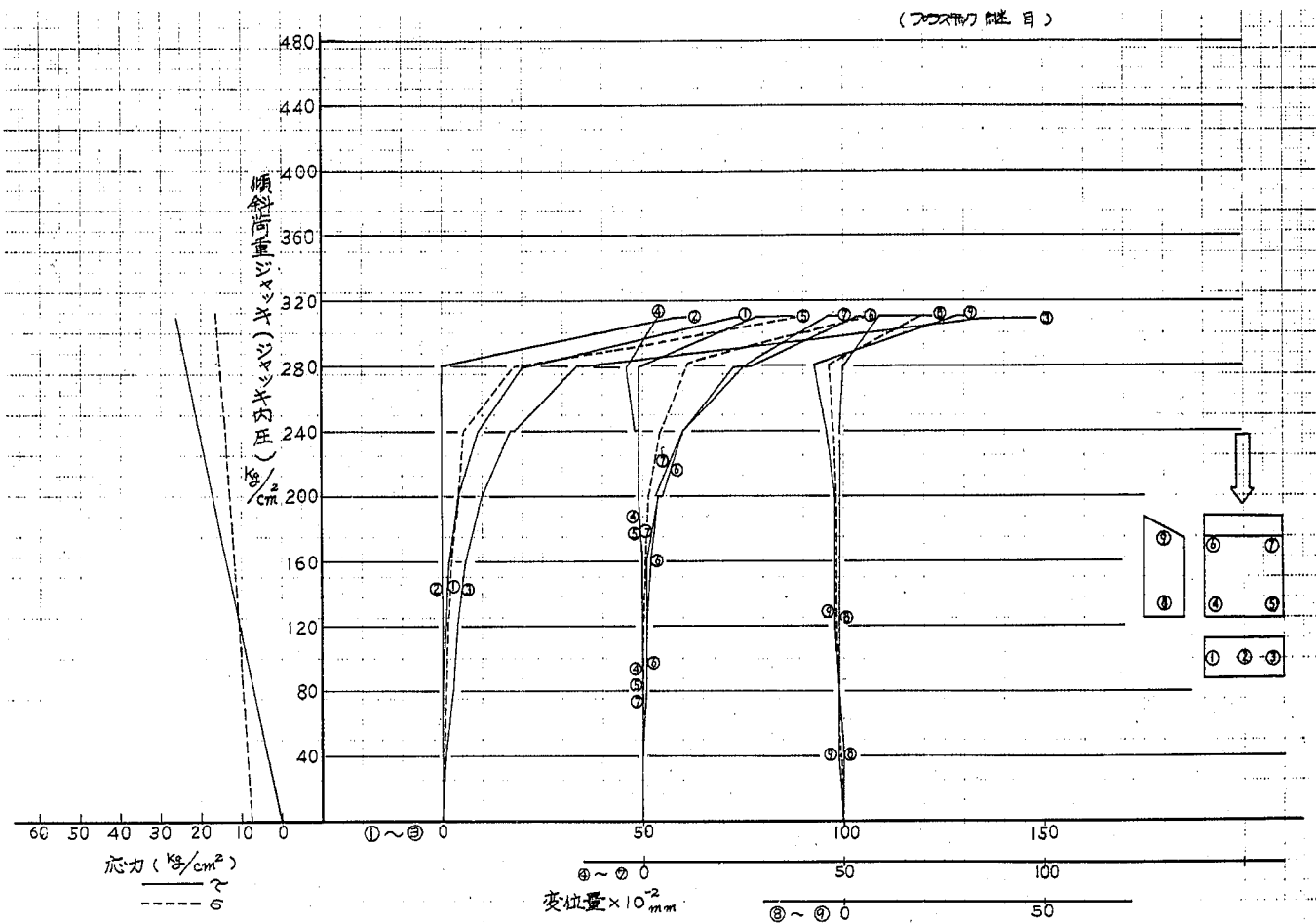
附図-8-12 応力—変位量曲線 供試体 No. 2-3 (2度押し) 2BL



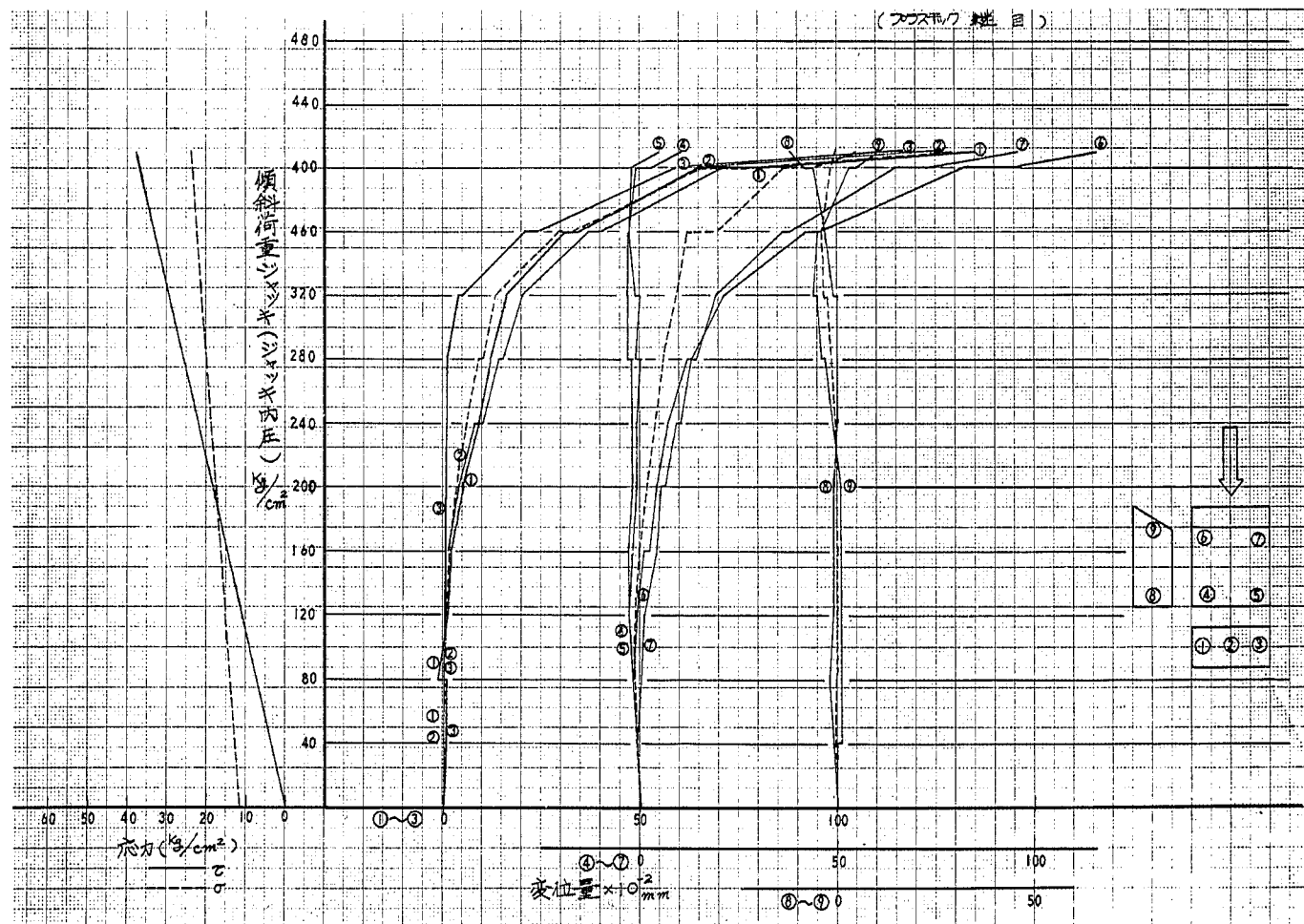
附図-8-13 応力—変位量曲線 供試体 No. 2-3 (2 度押し) 2 B L



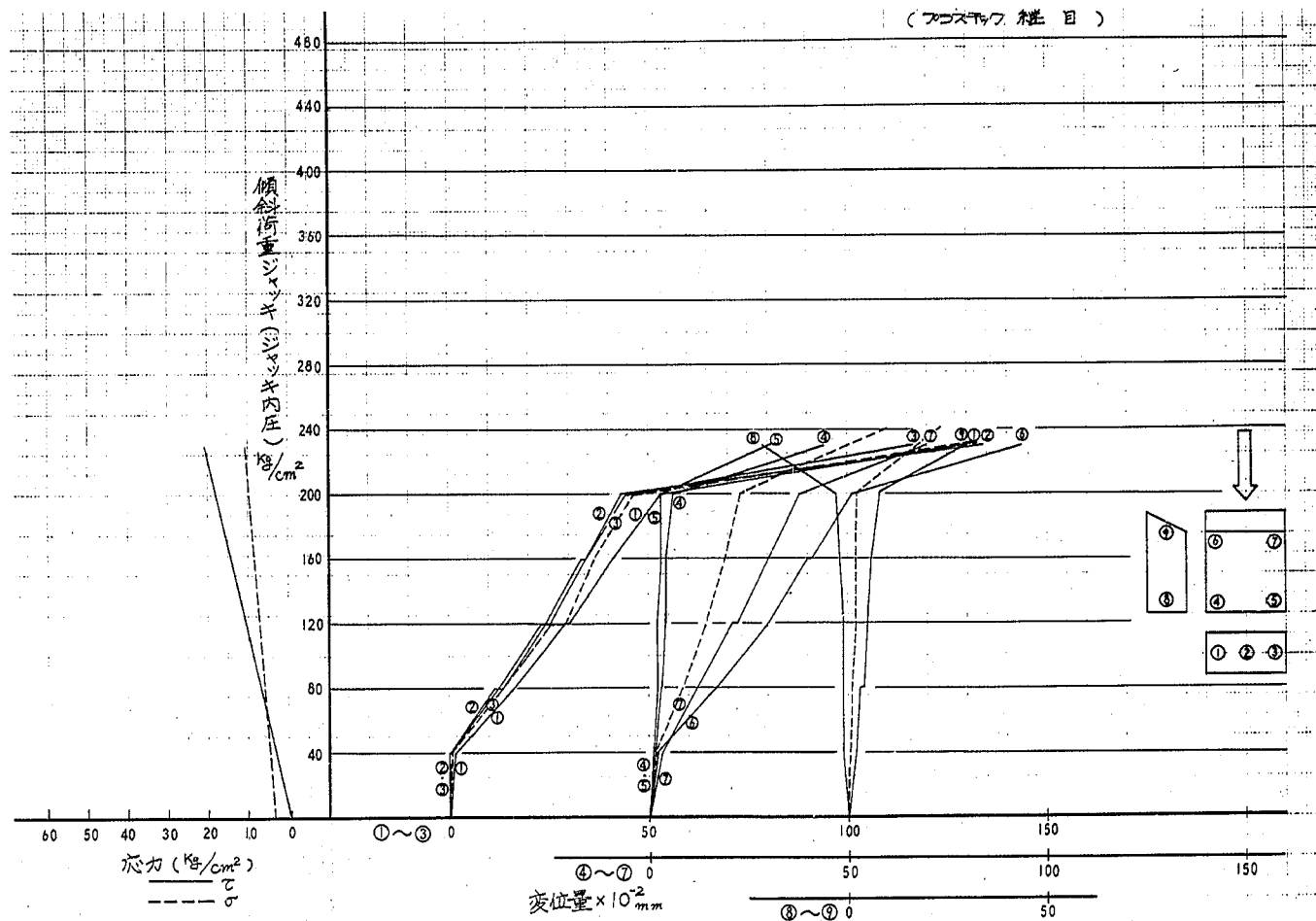
附圖—8—14 應力—變位置曲線 供試體 № 3—1 3 B L



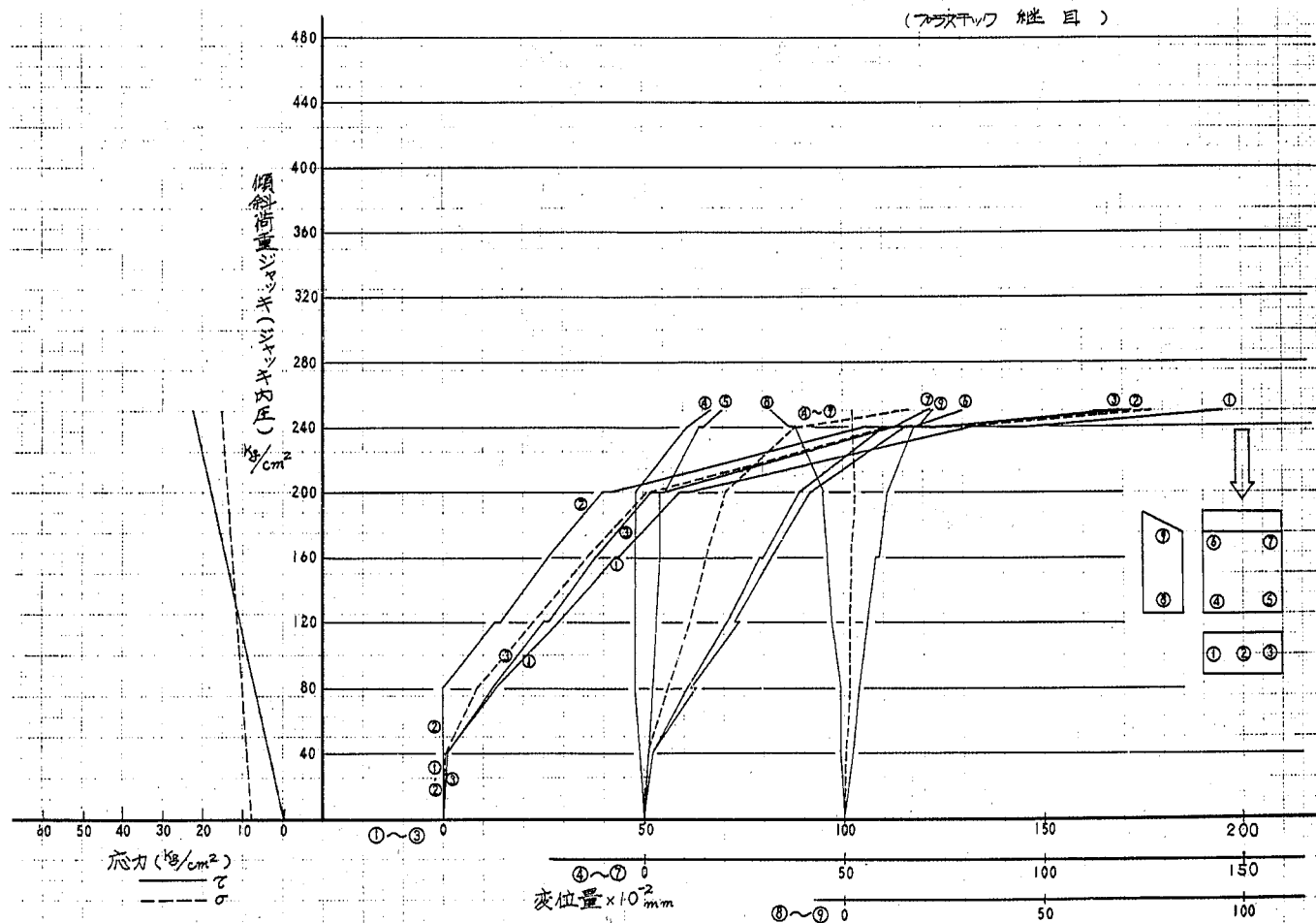
附図-8-15 応力—変位量曲線 供試体 No. 3-2 3BL



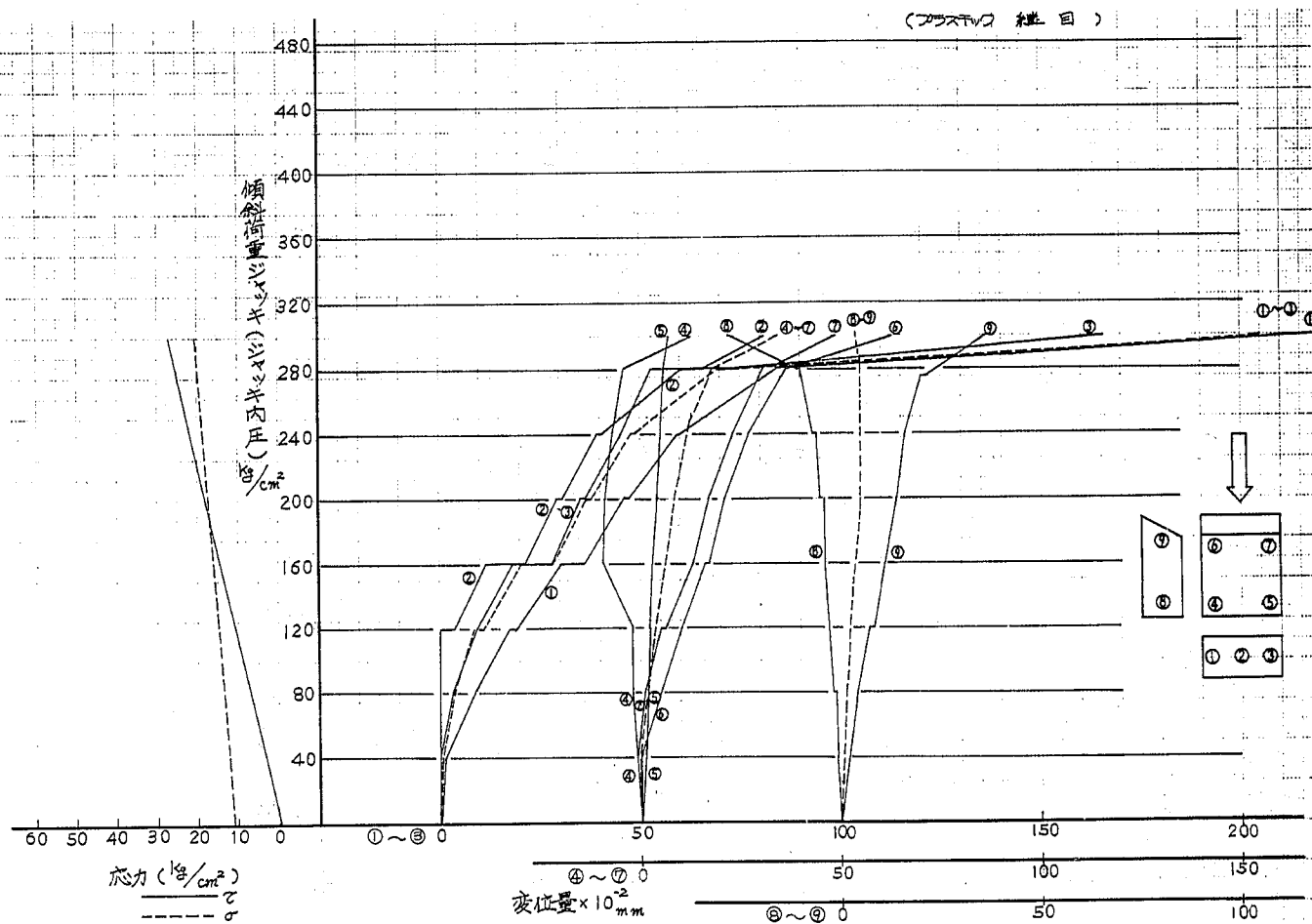
附図-8-16 応力—変位量曲線 供試体 3-3 3BL



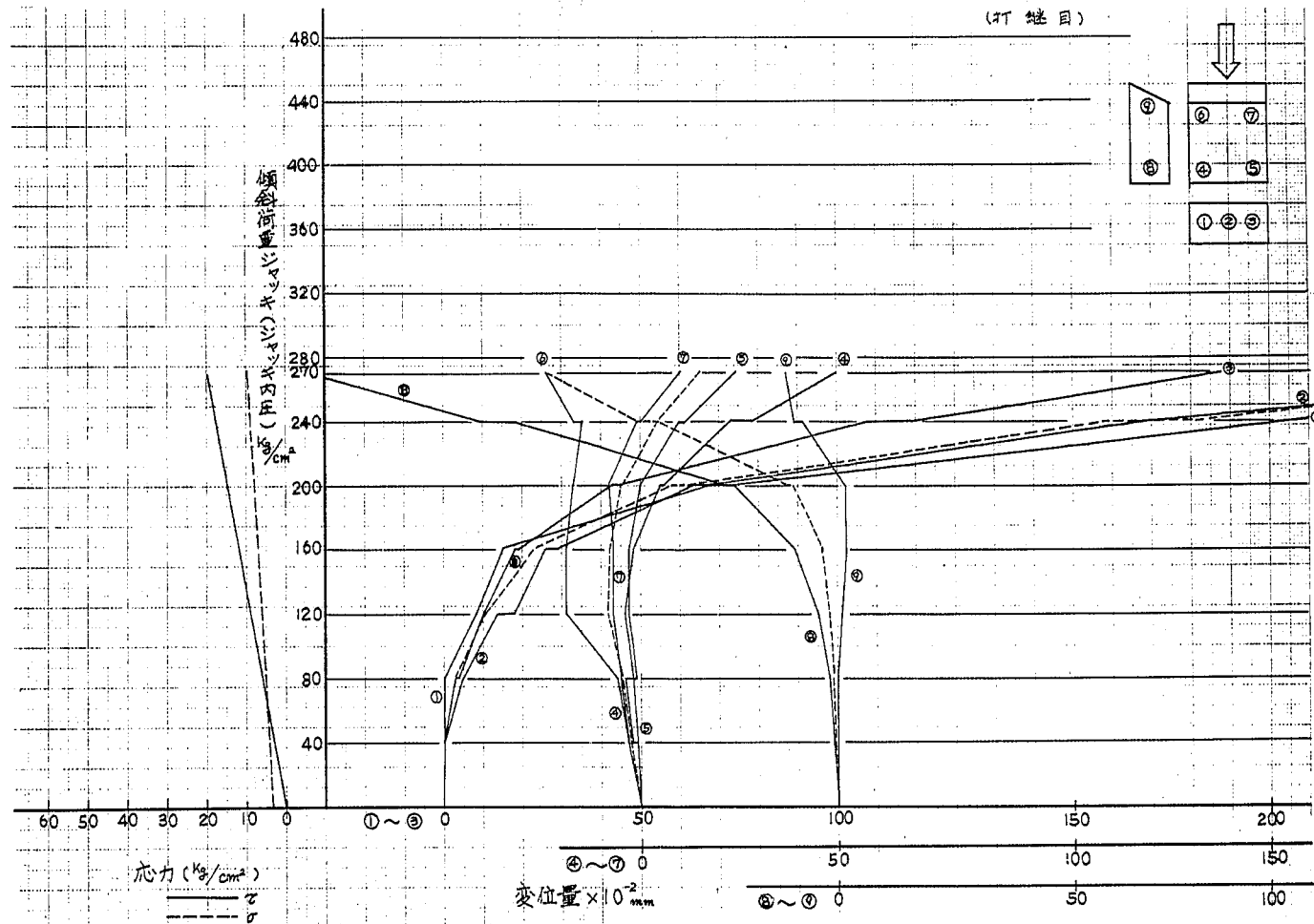
附図-8-17 応力—変位量曲線 供試体 № 3-3 (2 度押し) 3 B L



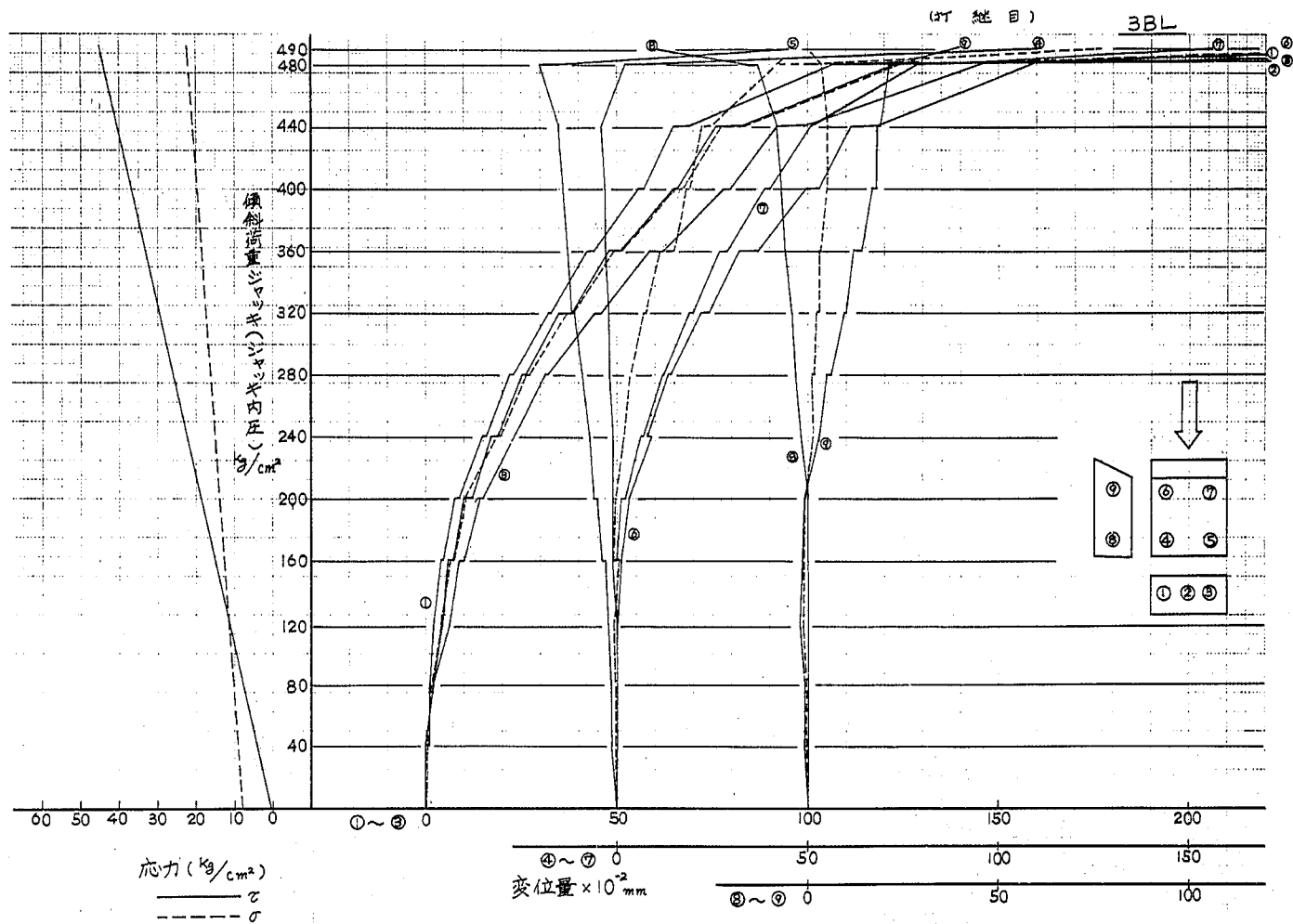
附図-8-18 応力—変位量曲線 供試体No 3-3 (2度押し) 3BL



附図-8-19 応力-変位量曲線 供試体 No. 3-3 (2度押し) 3BL



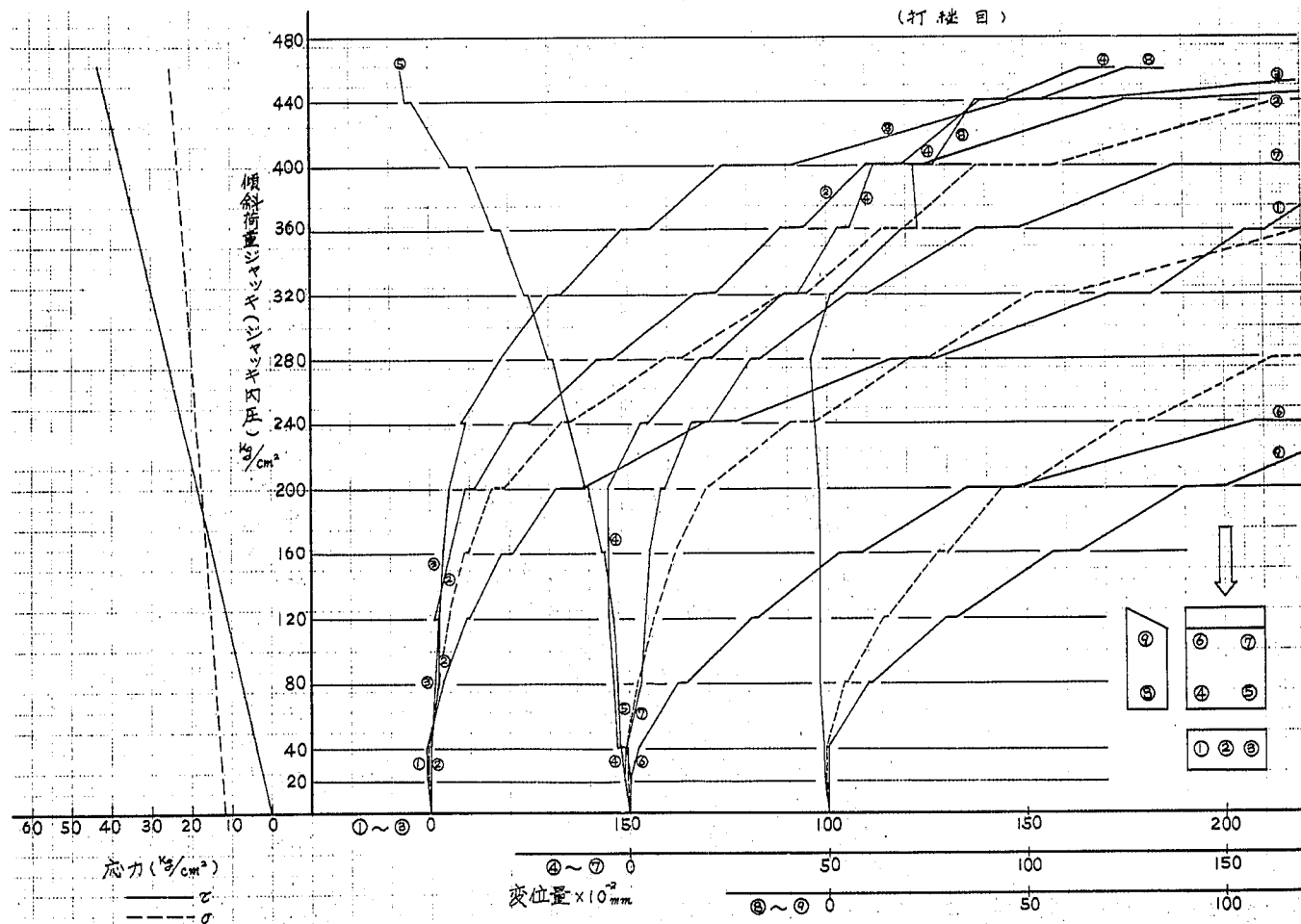
附图-8-20 应力—变位量曲线 供试体 3-4 3 B L



附図-8-21 応力—変位量曲線

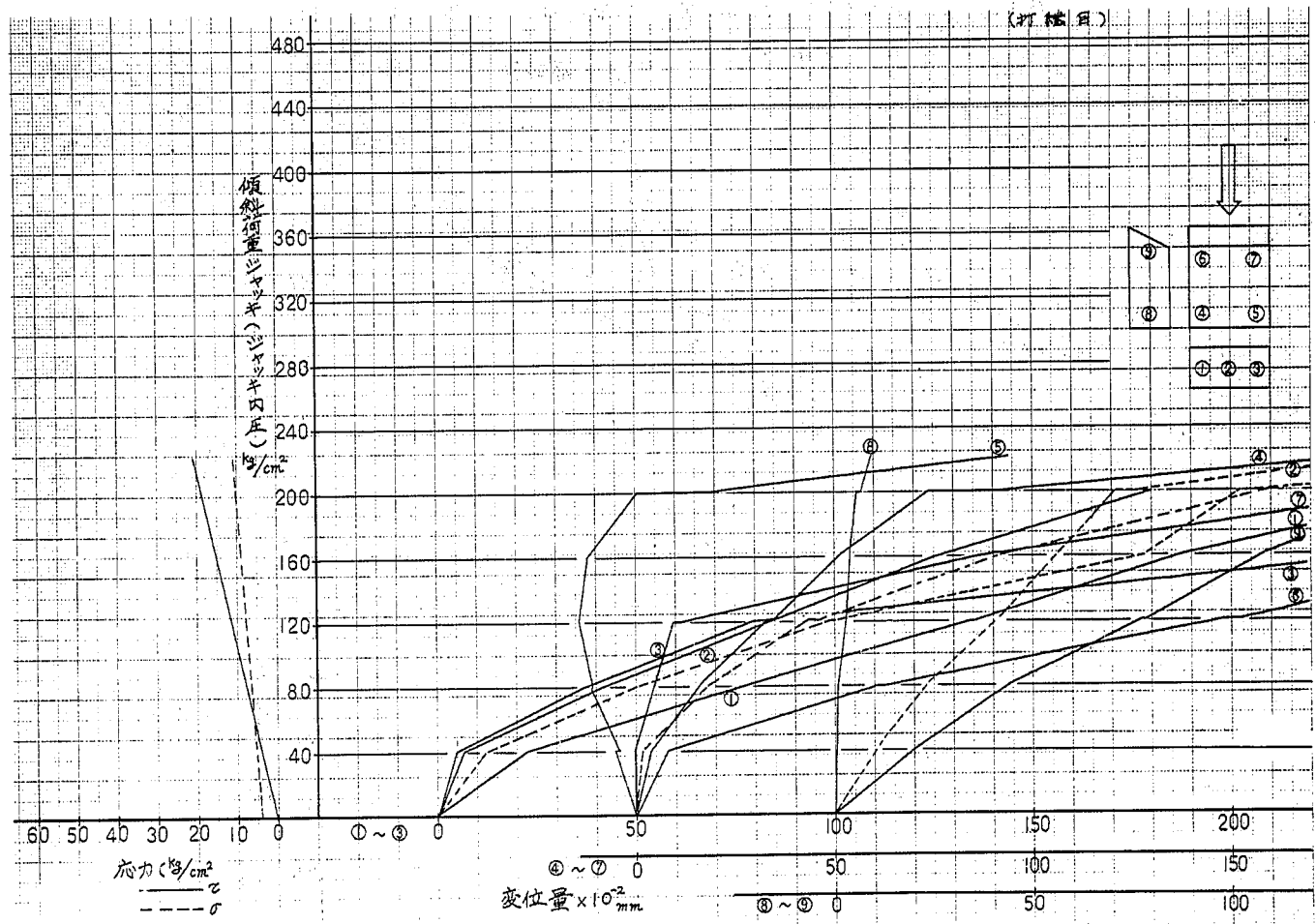
供試体 3-5

3BL



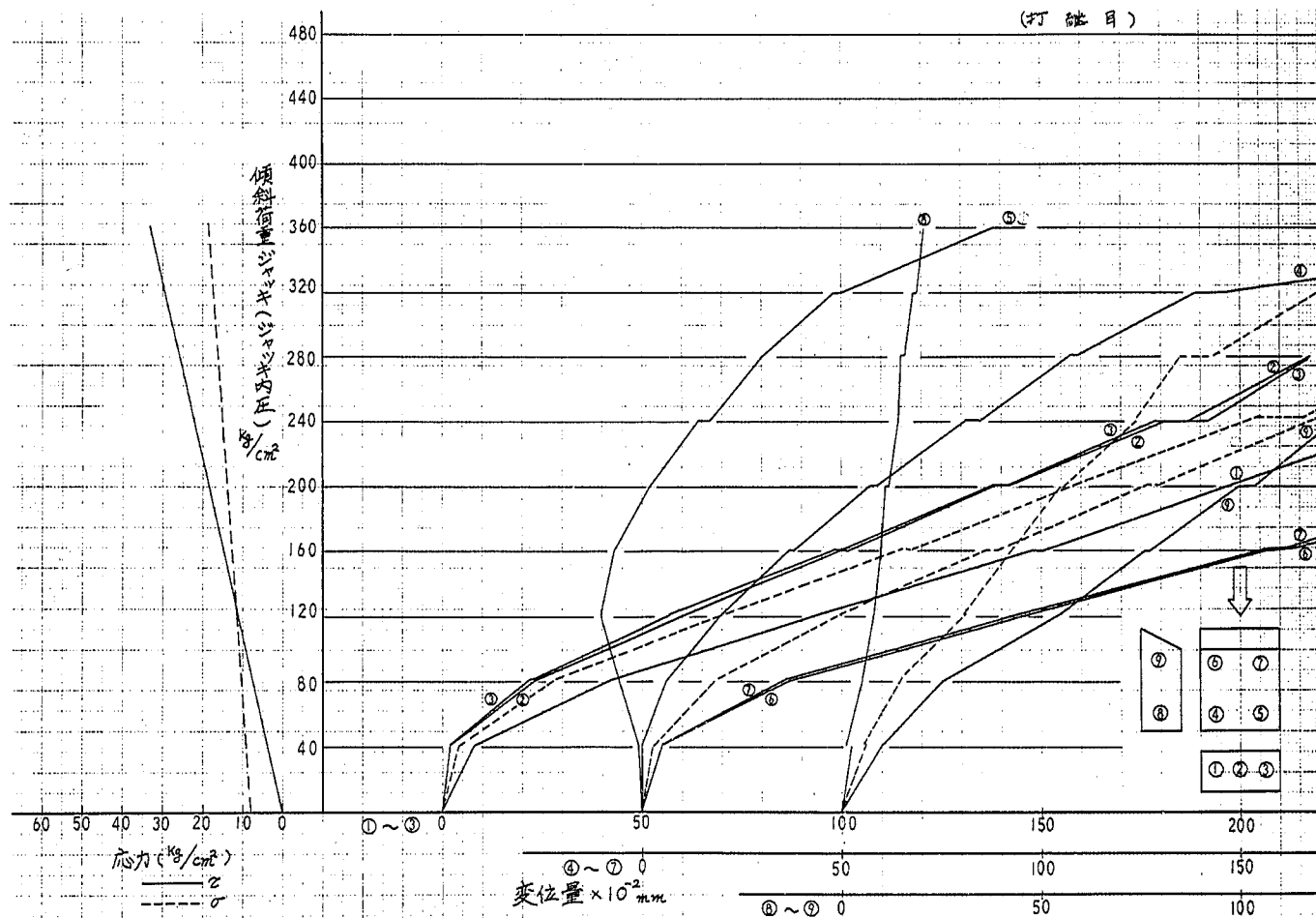
附圖-8-22 応力—変位量曲線 供試体 № 3-6 3 B L

(打抜負)

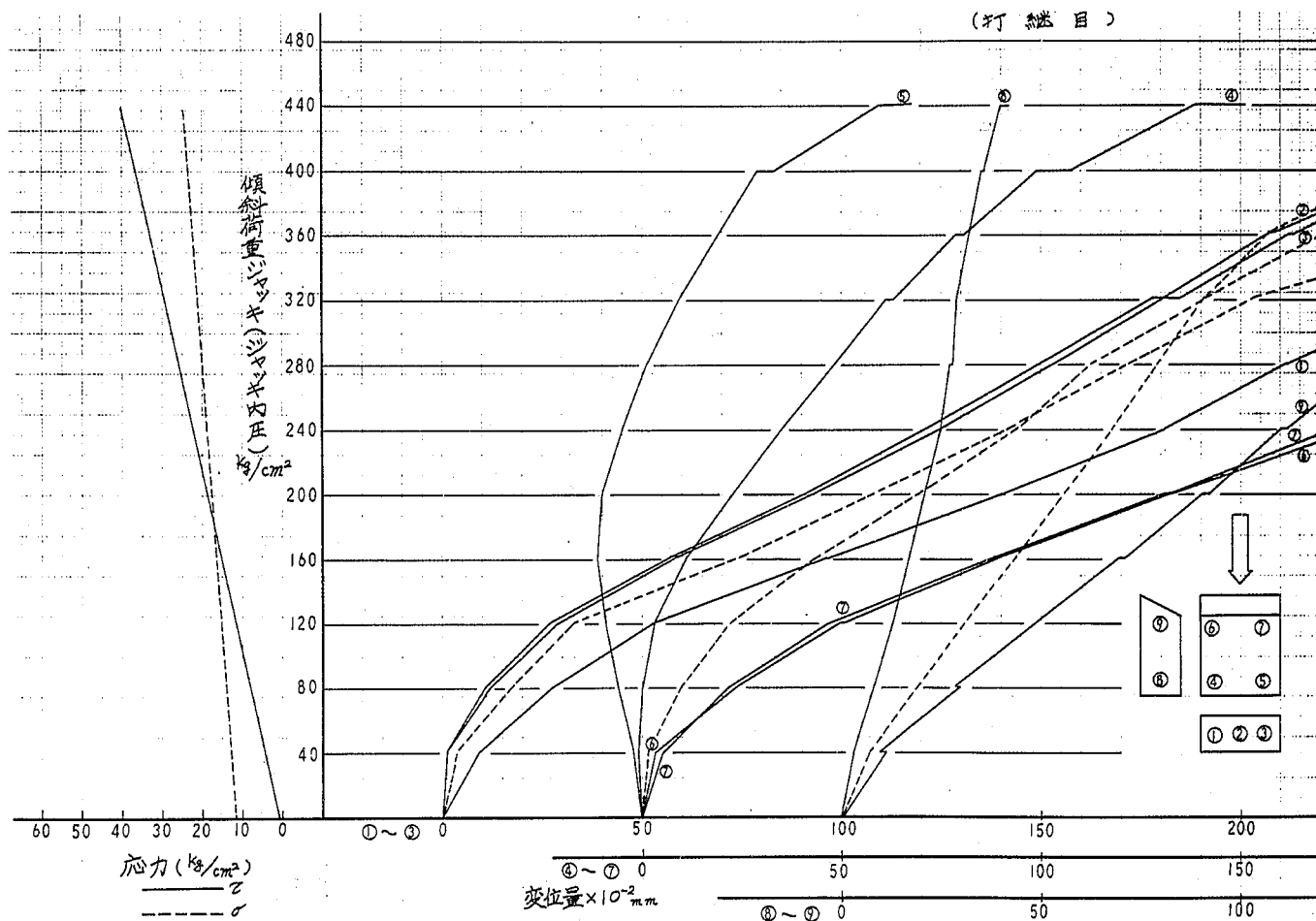


附図-8-23 応力-変位置曲線 供試体 No. 3-6 (2度押し) 3BL

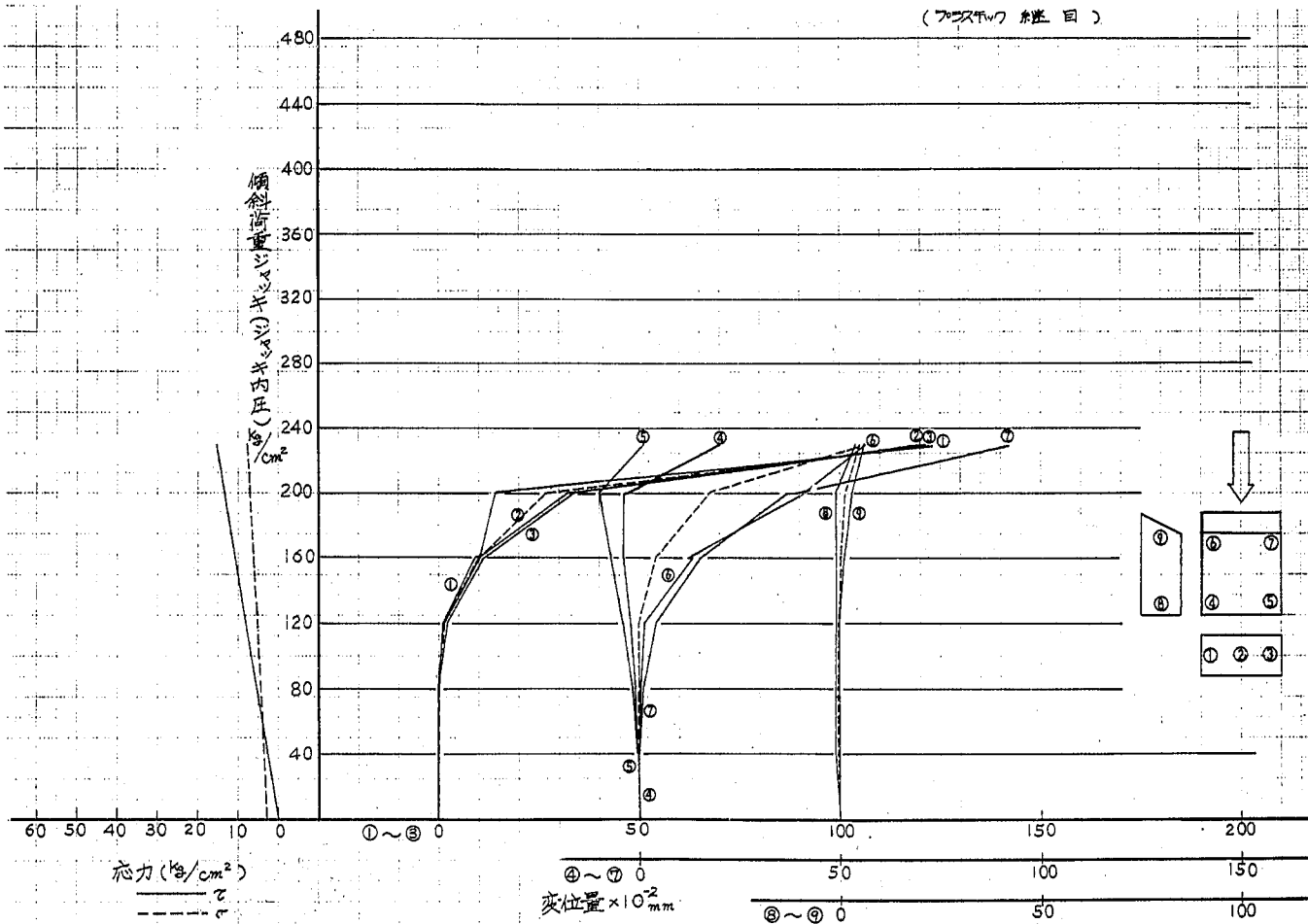
(打 破 目)



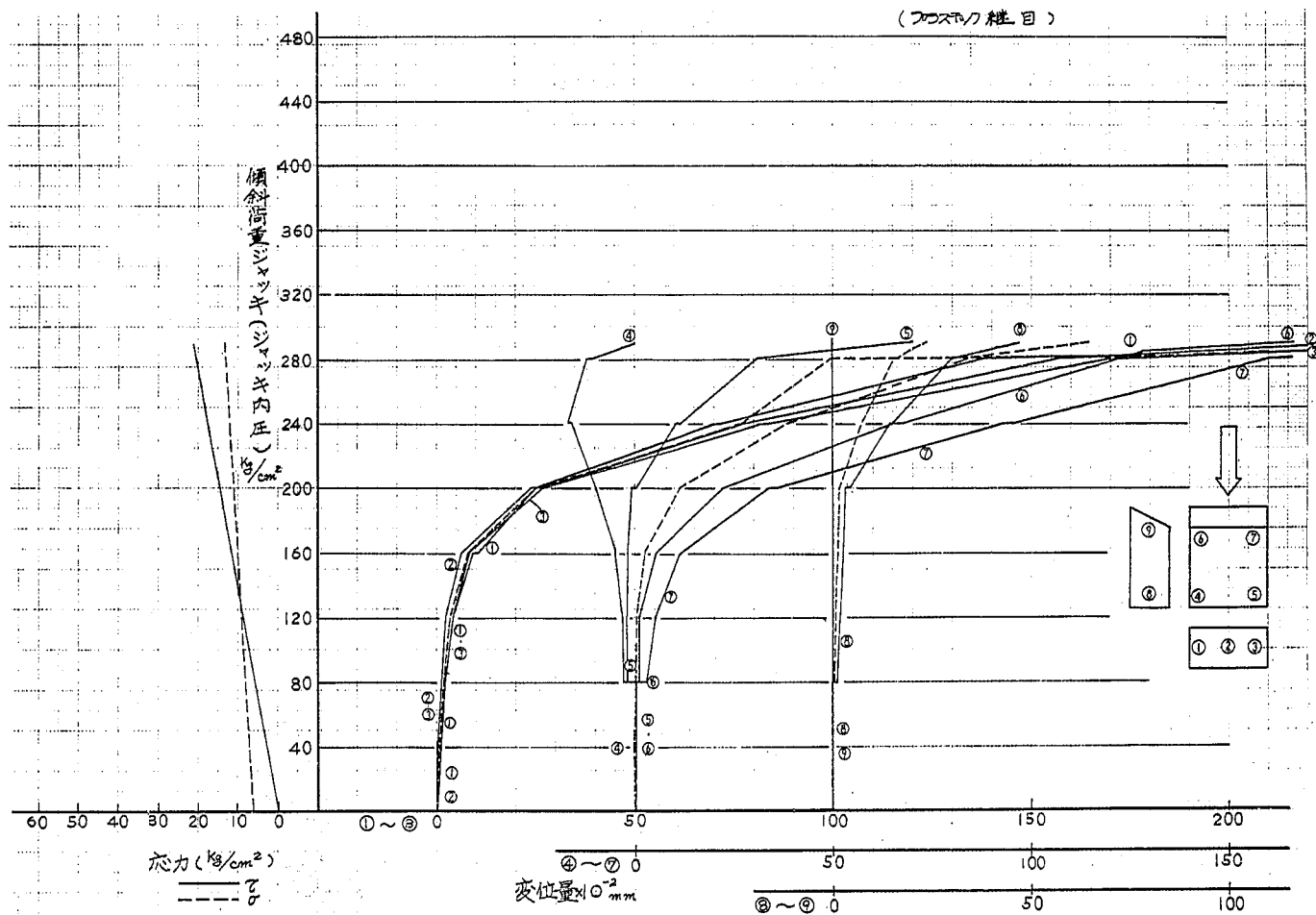
附圖-8-24 応力-変位量曲線 供試体 No. 3-6 (2度押し) 3BL



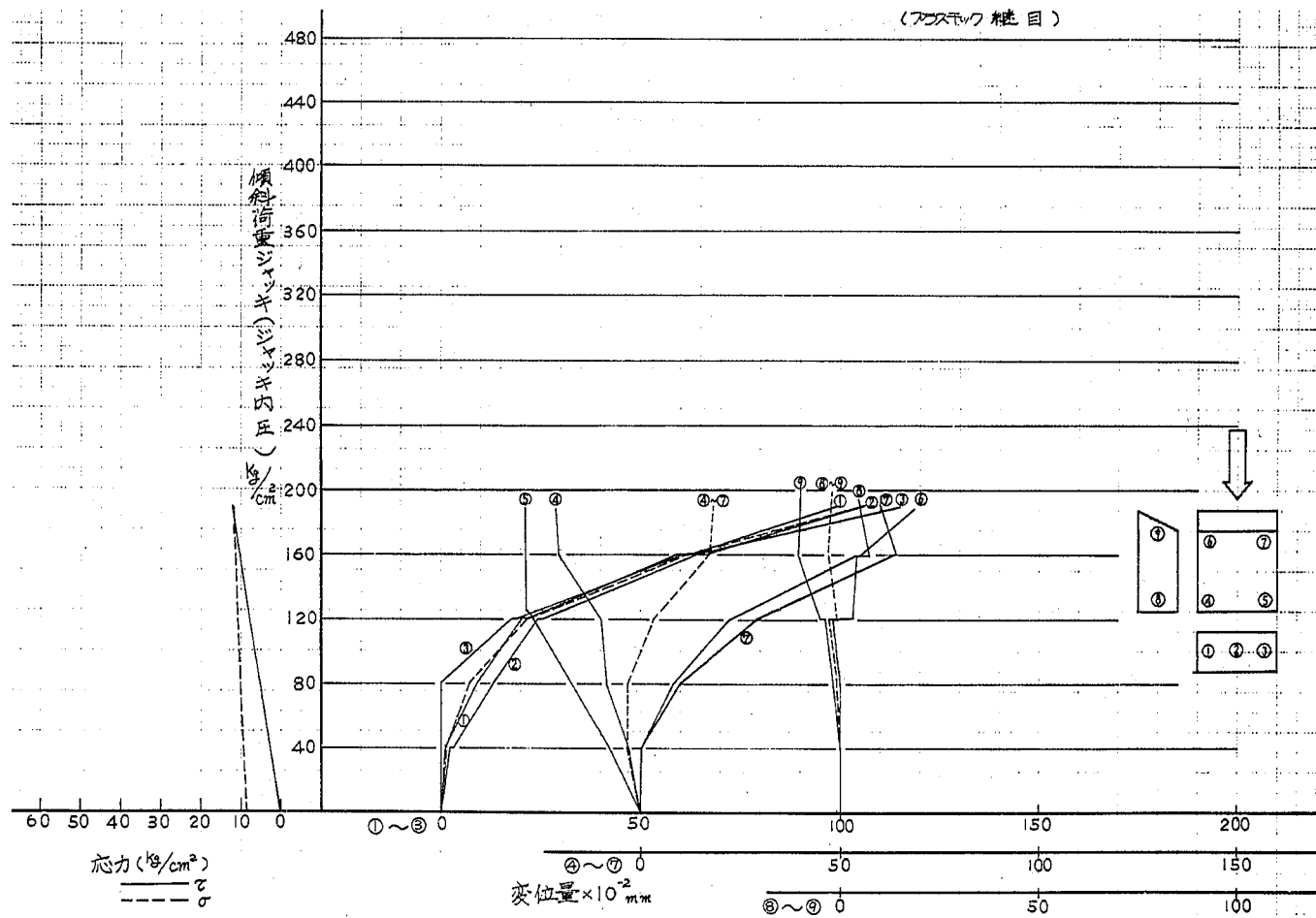
附圖-8-25 応力—変位量曲線 供試体 No. 3-6 (2度押し) 3 B L



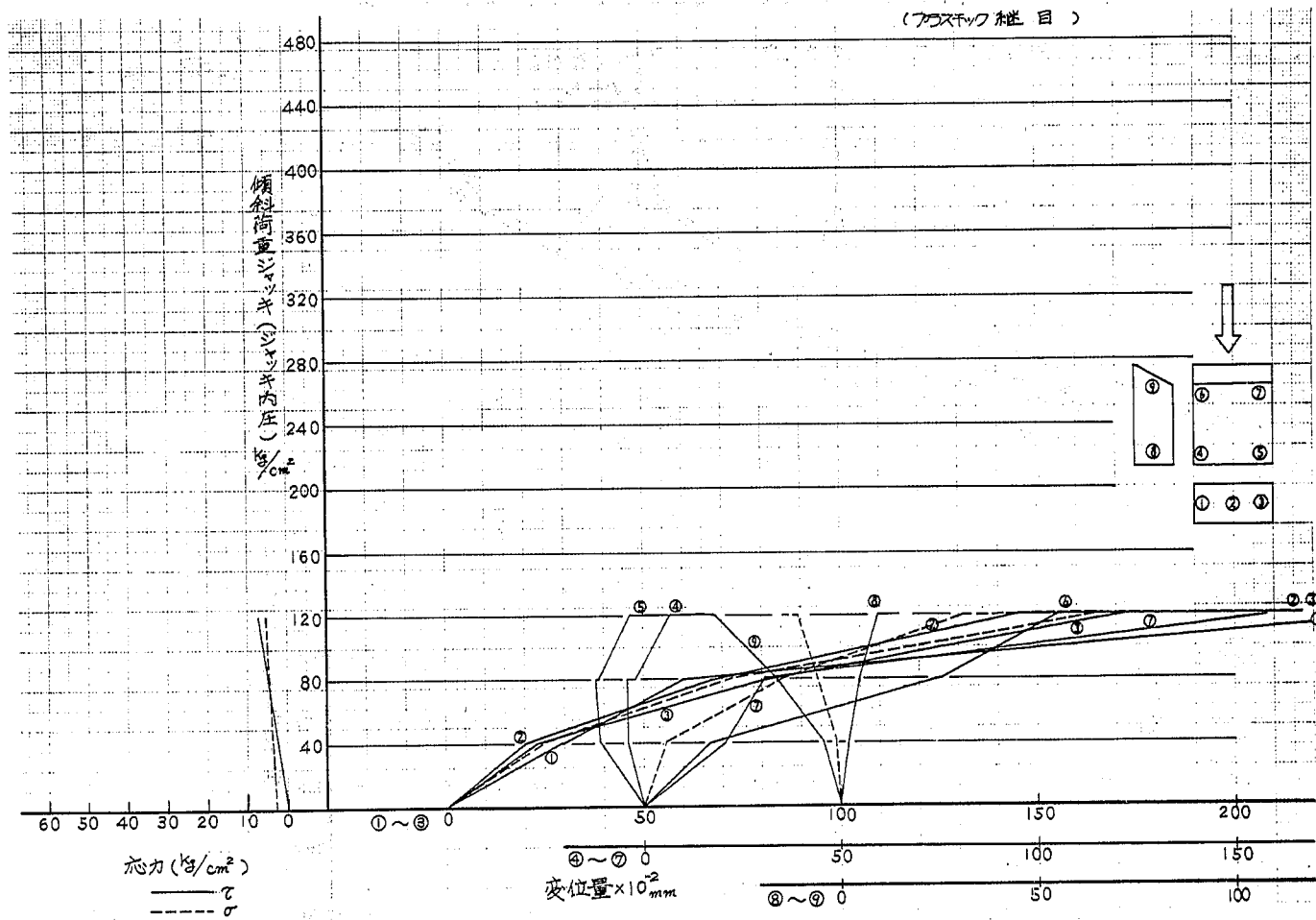
附圖—8—26 應力—變位置曲線 供試體 № 4—1 4 B L



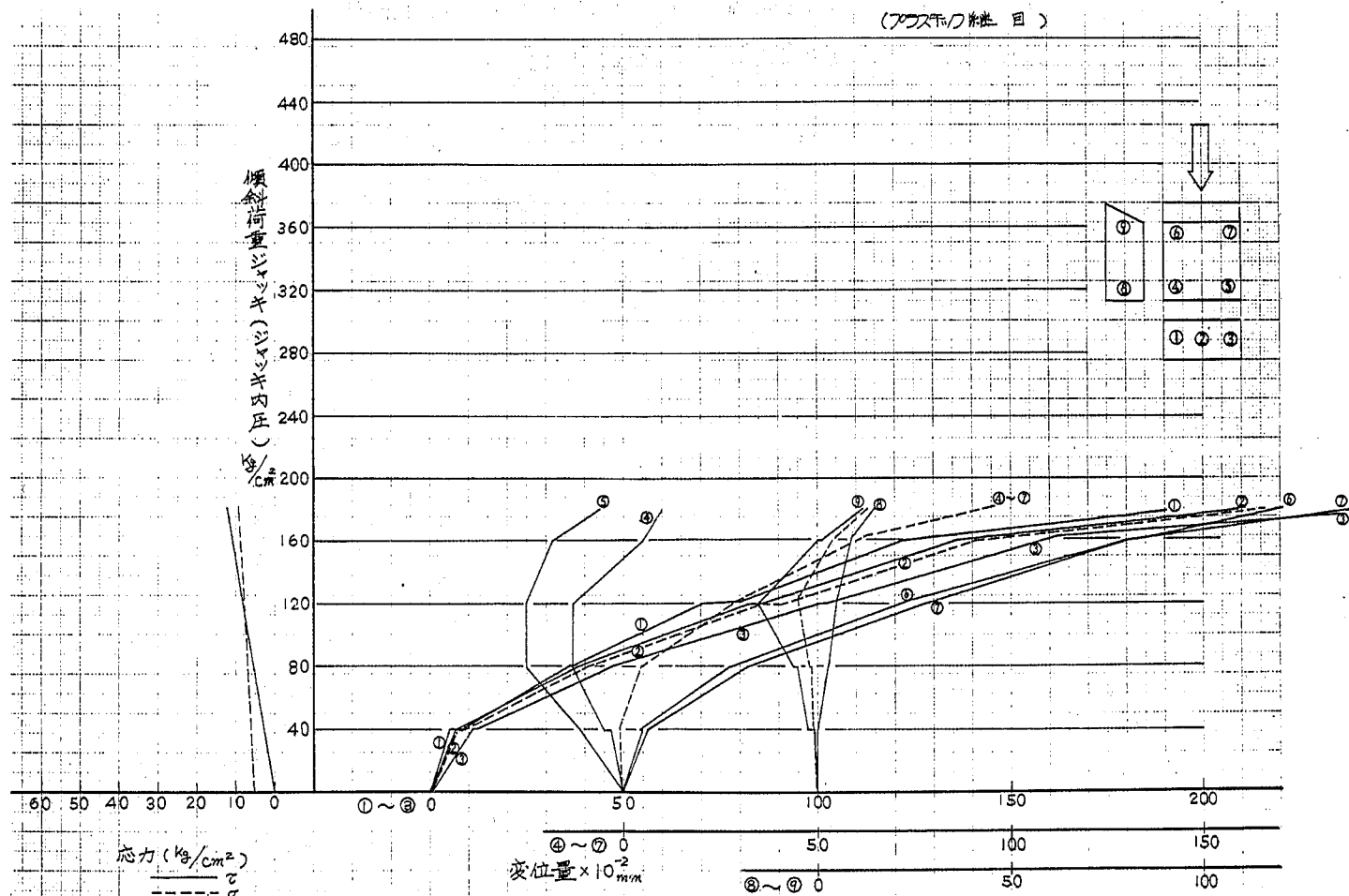
附図-8-27 応力-変位量曲線 供試体 No. 4-2 4 B L



附図-8-28 応力--変位量曲線 供試体 4-3 4BL



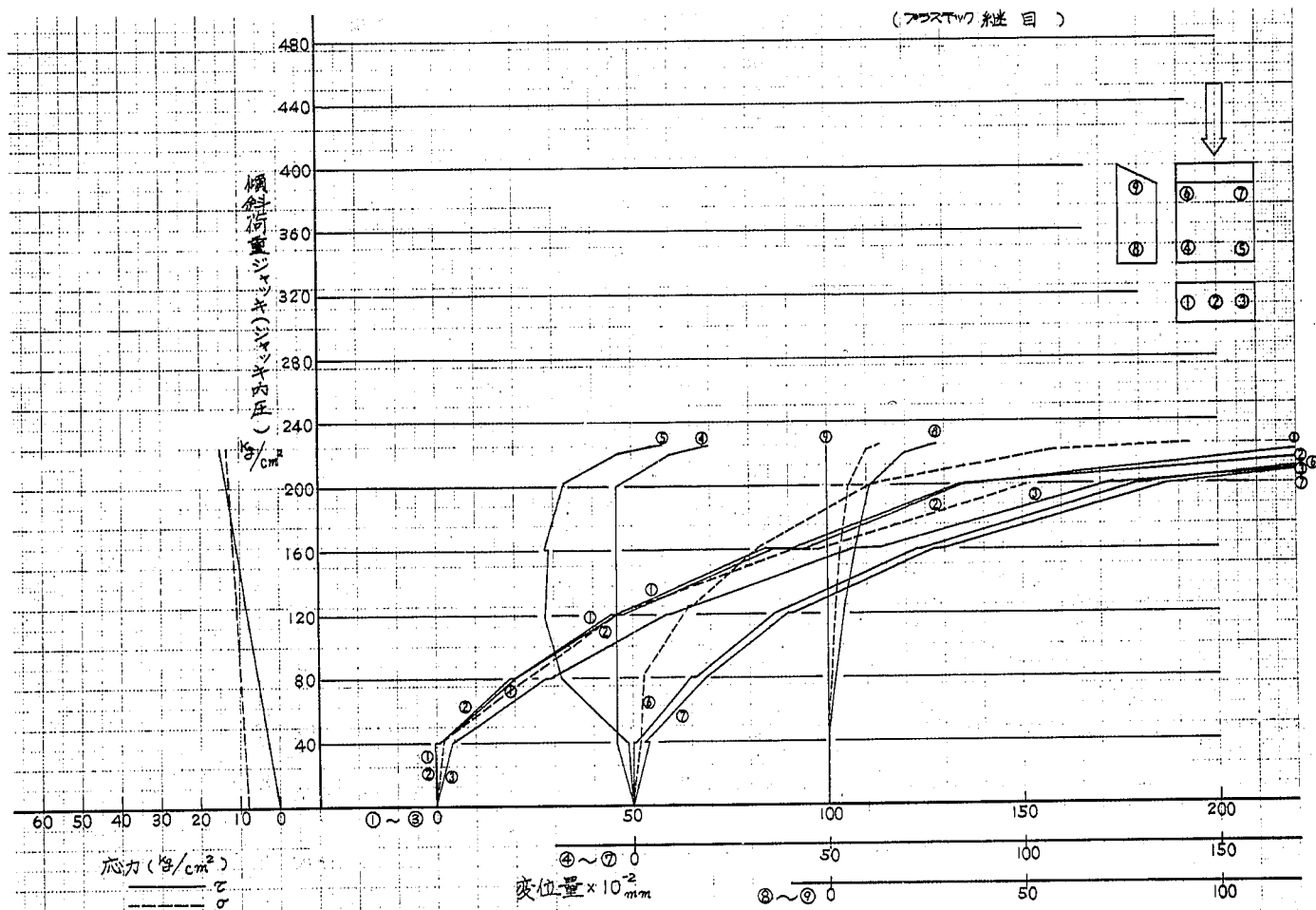
附図-8-29 応力-変位量曲線 供試体 No. 4-3 (2度押し) 4BL



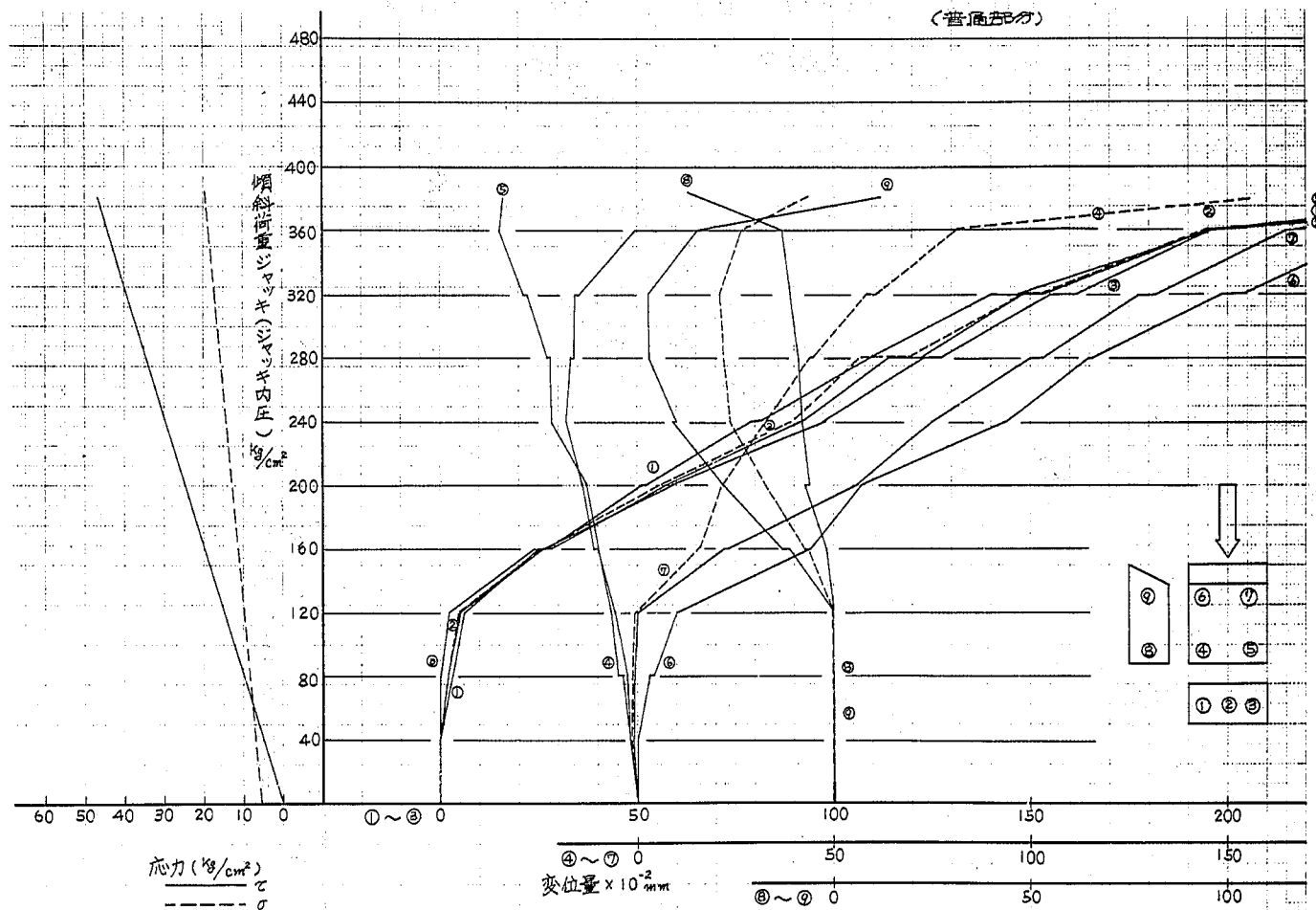
附図-8-30 応力-変位量曲線

供試体 No. 4-3 (2 度押し)

4 B L



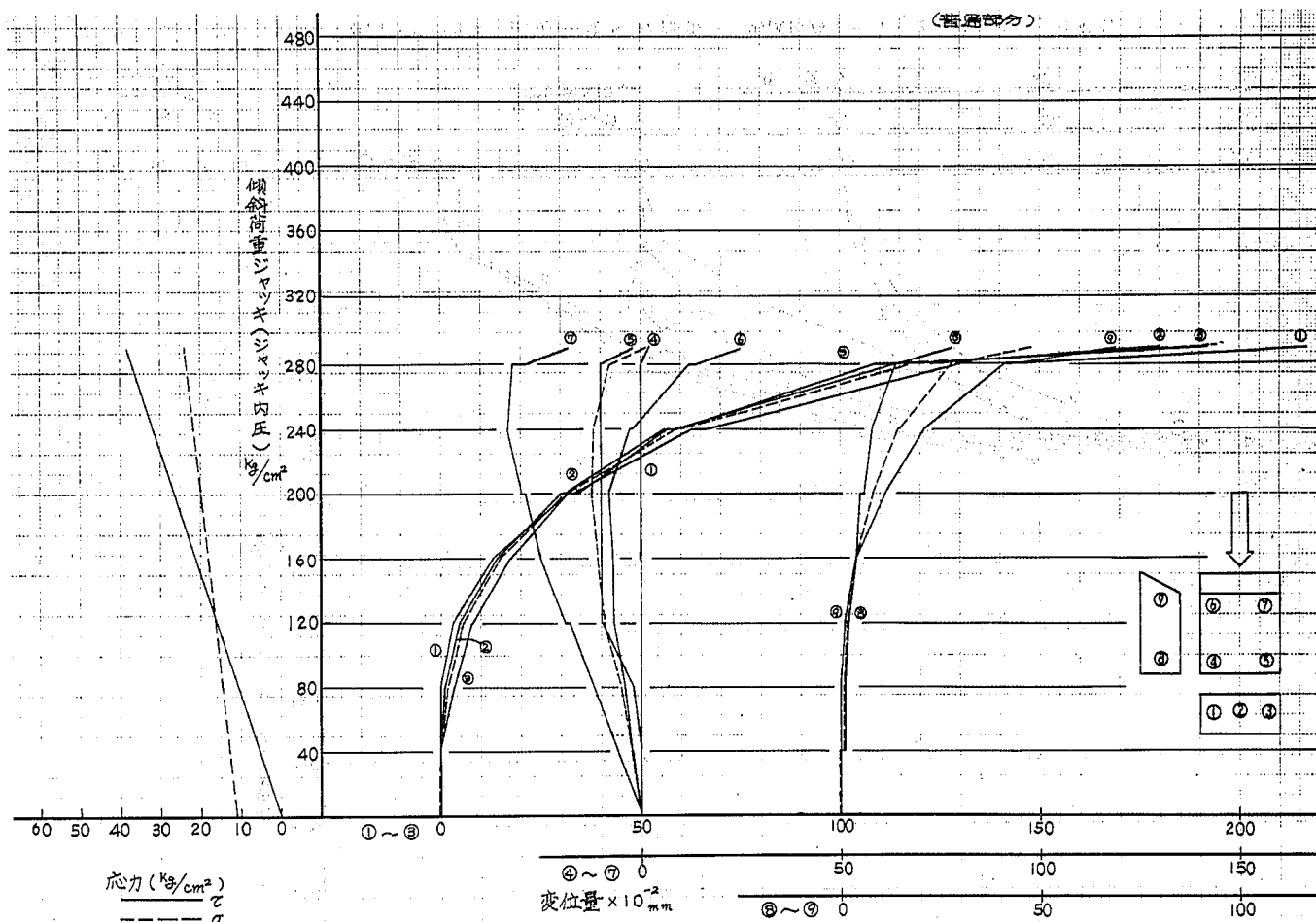
附図-8-31 応力-変位量曲線 供試体 No. 4-3 (2度押し) 4BL



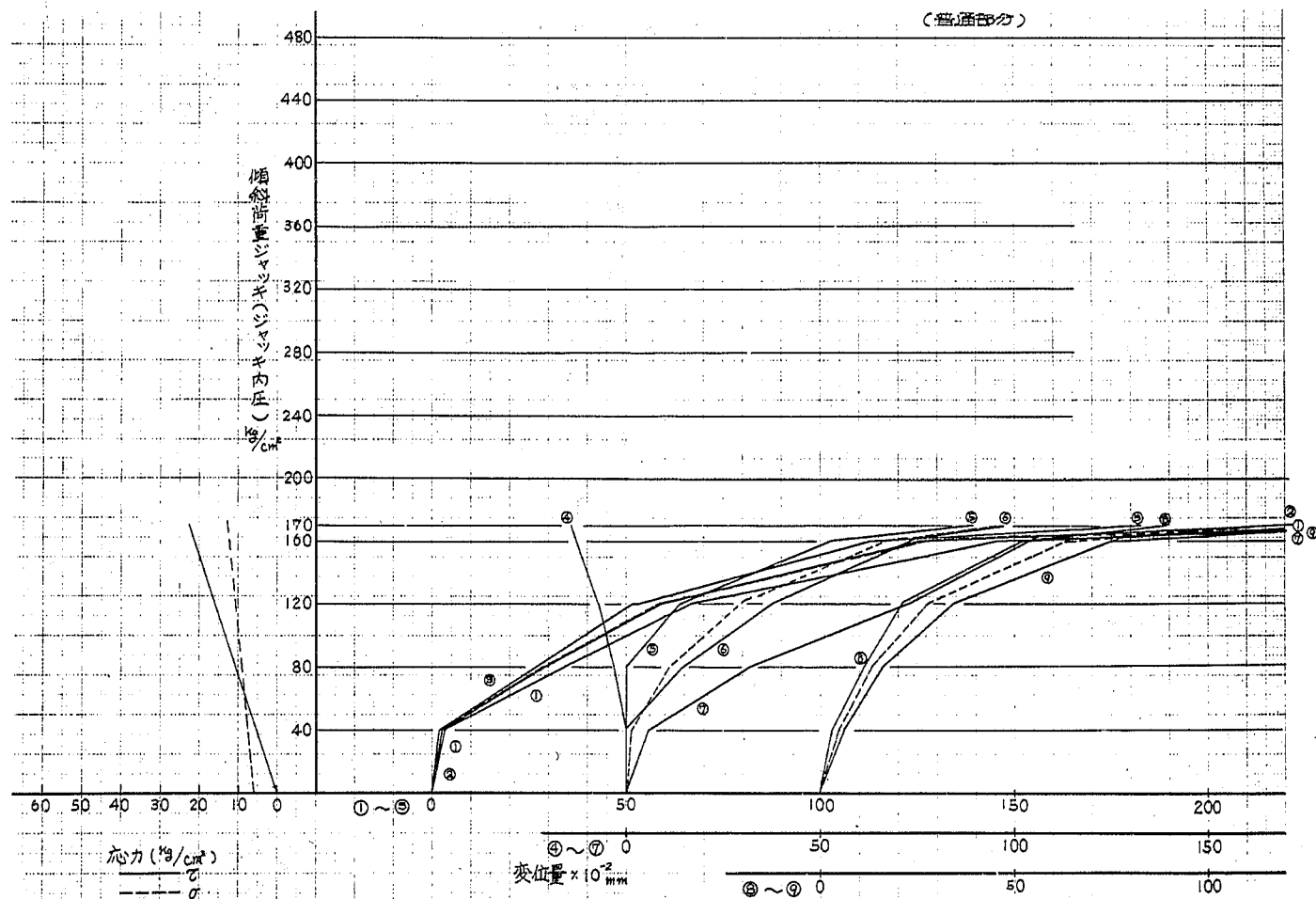
附圖-8-32 応力—変位量曲線

供試体 4-4

4BL



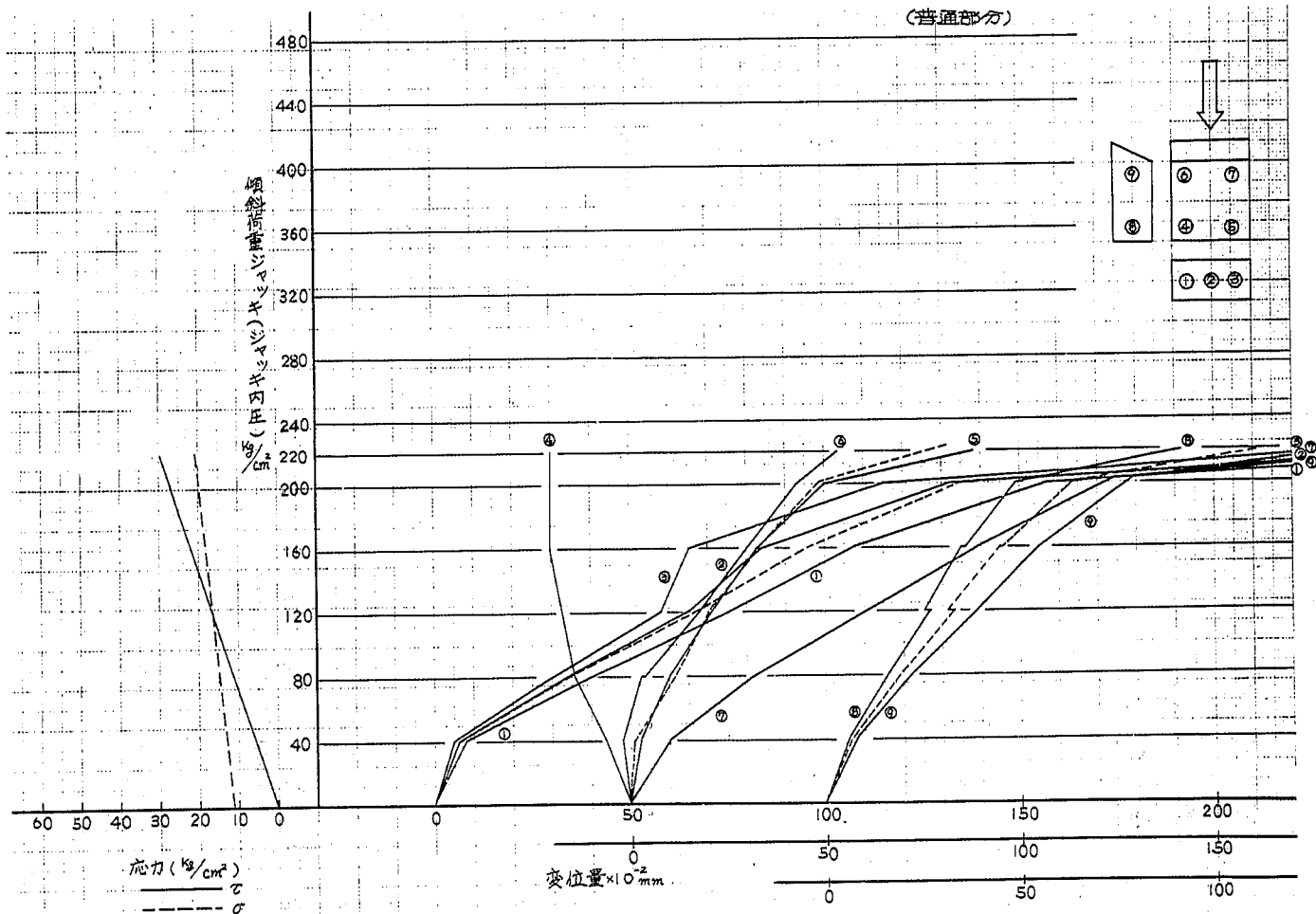
附圖-8-33 応力—変位量曲線 供試体 № 4-5 4 B L



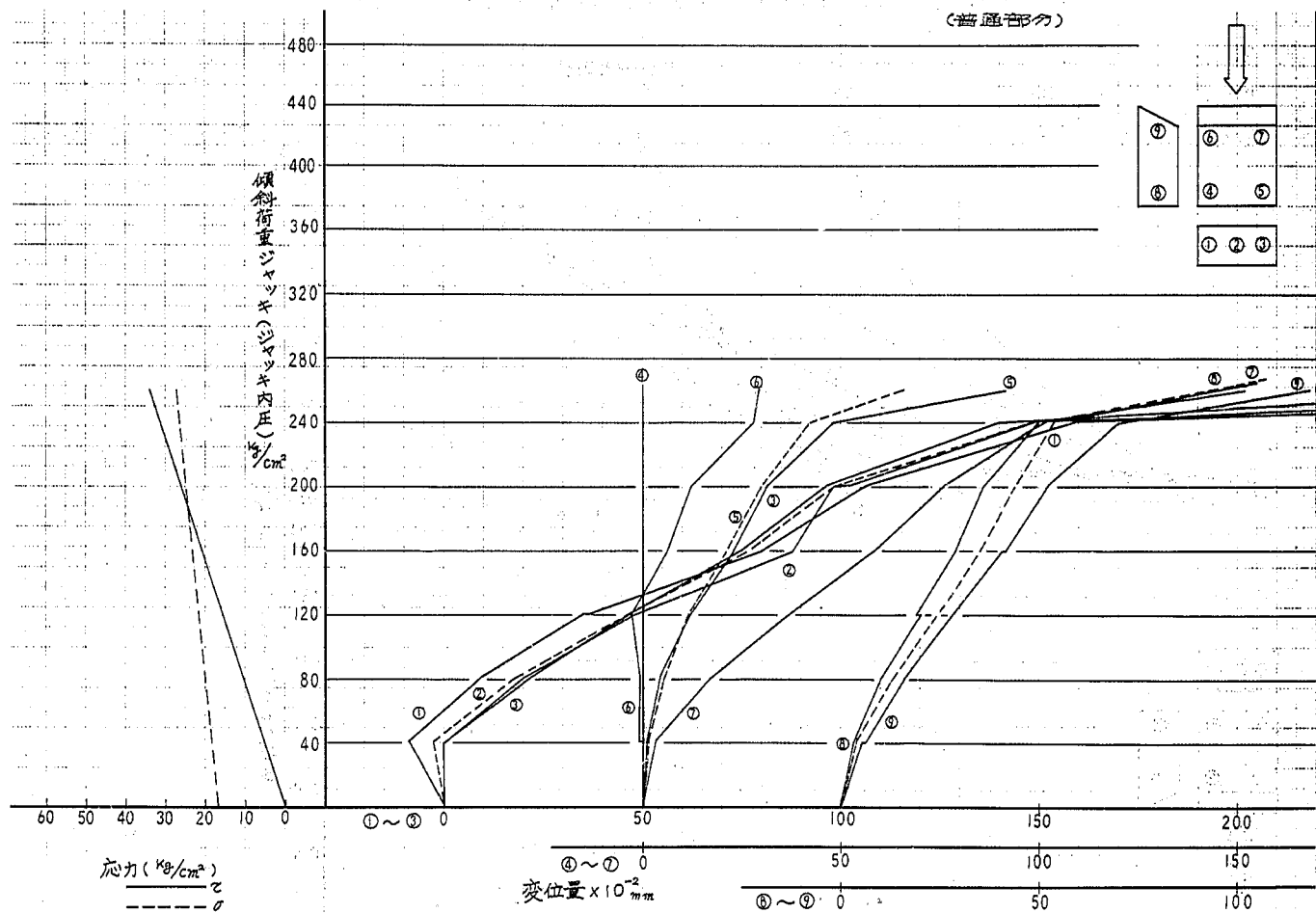
附図-8-3 4 応力—変位量曲線

供試体 № 4-5 (2 度押し)

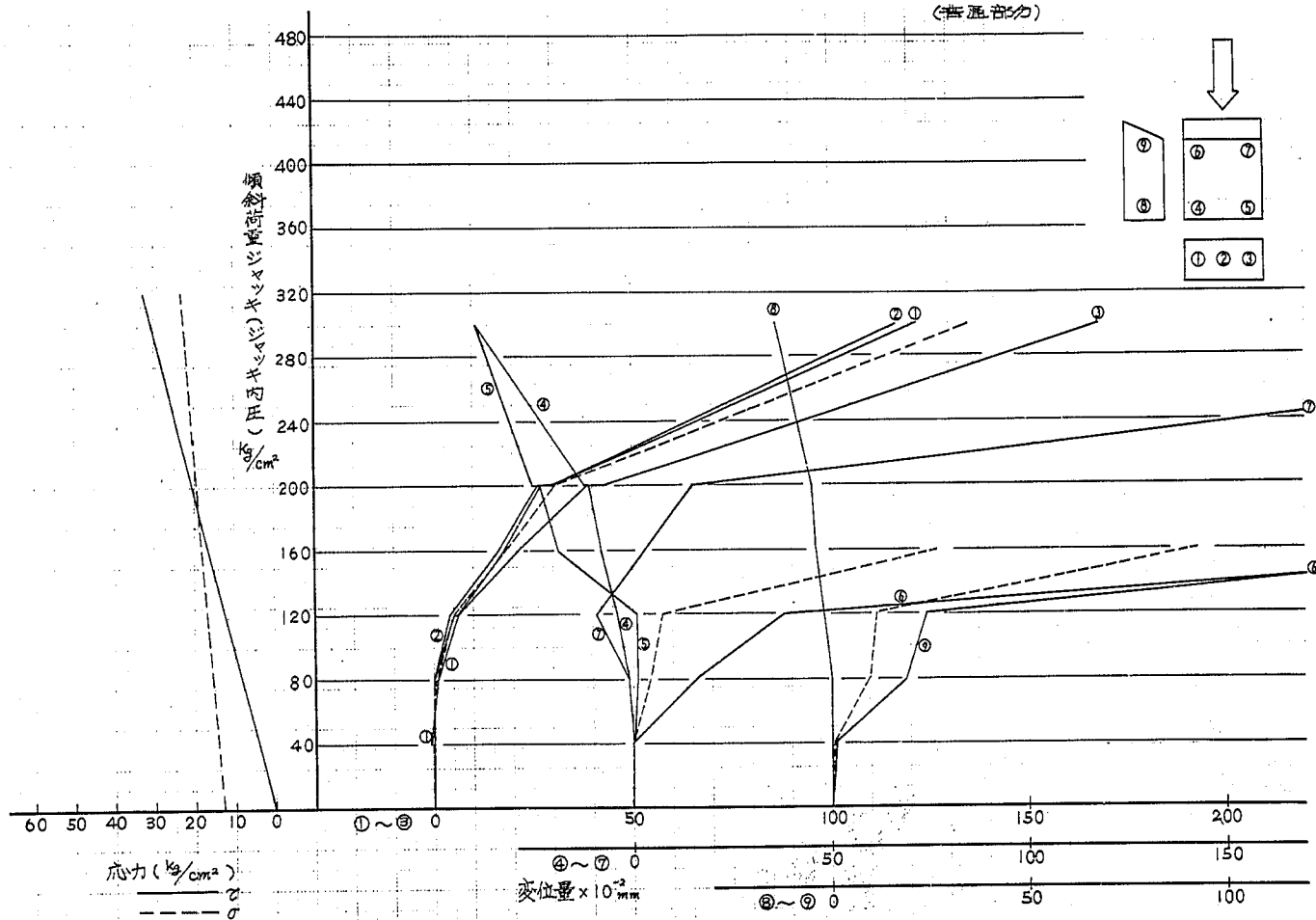
4 B L



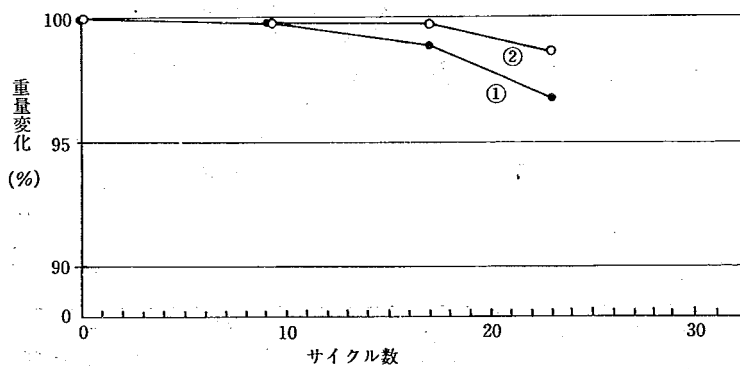
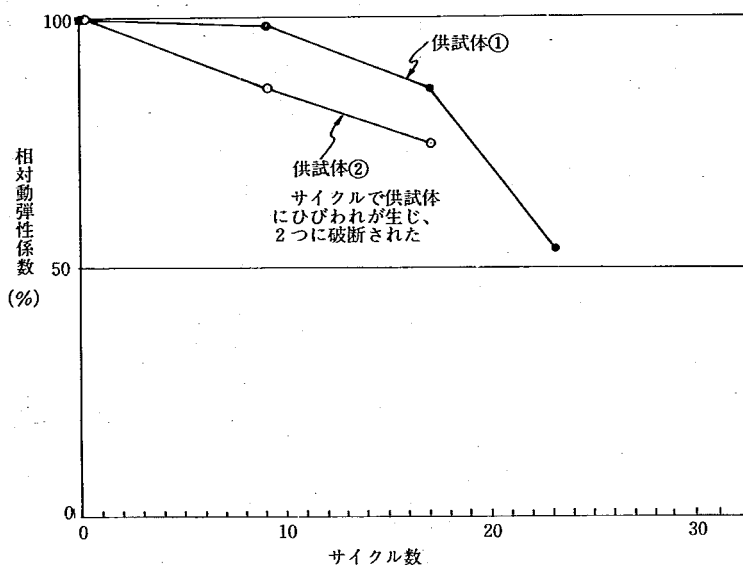
附図-8-35 応力—変位量曲線 供試体 № 4-5 (2 度押し) 4 B L



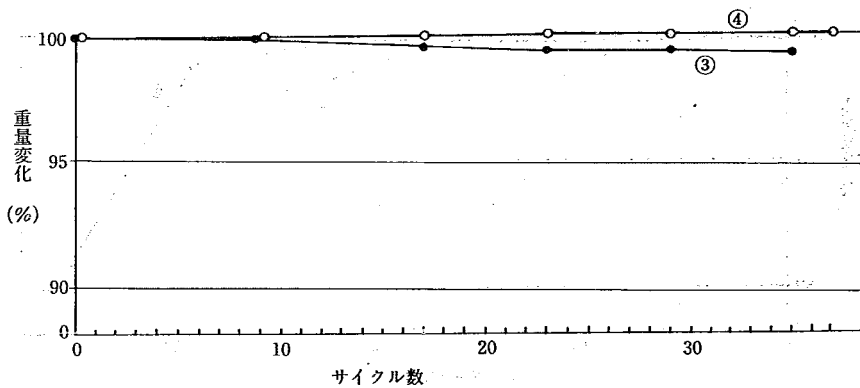
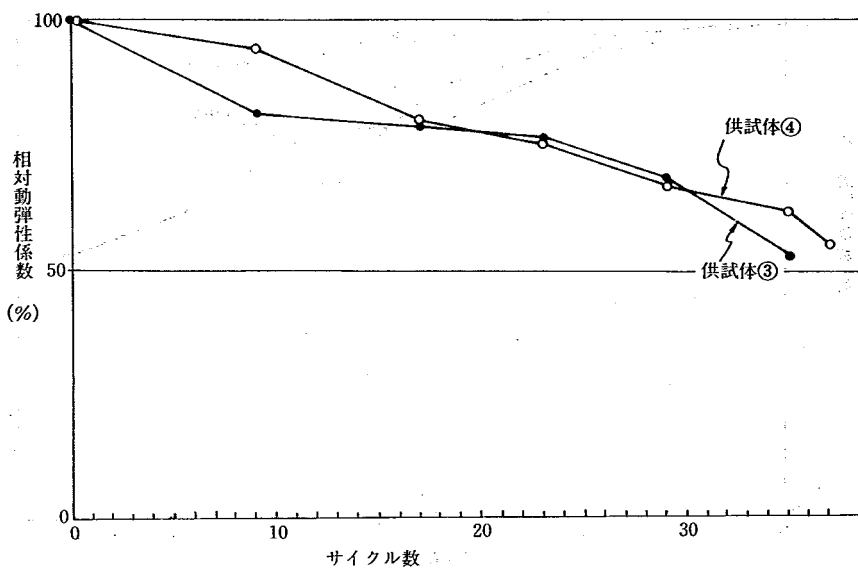
附図-8-36 応力—変位量曲線 供試体 No. 4-5 (2度押し) 4BL



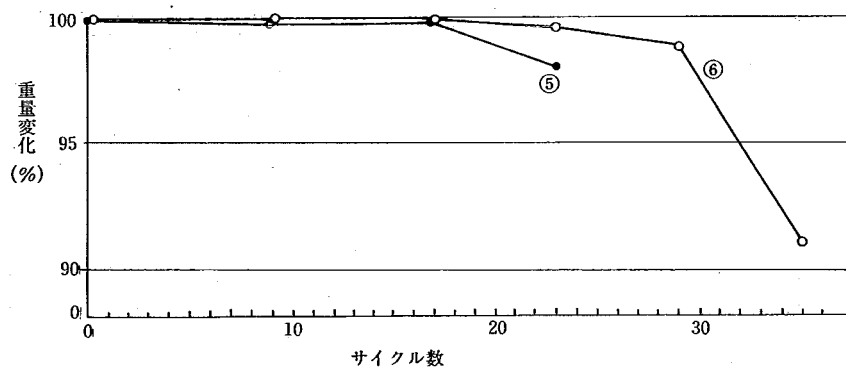
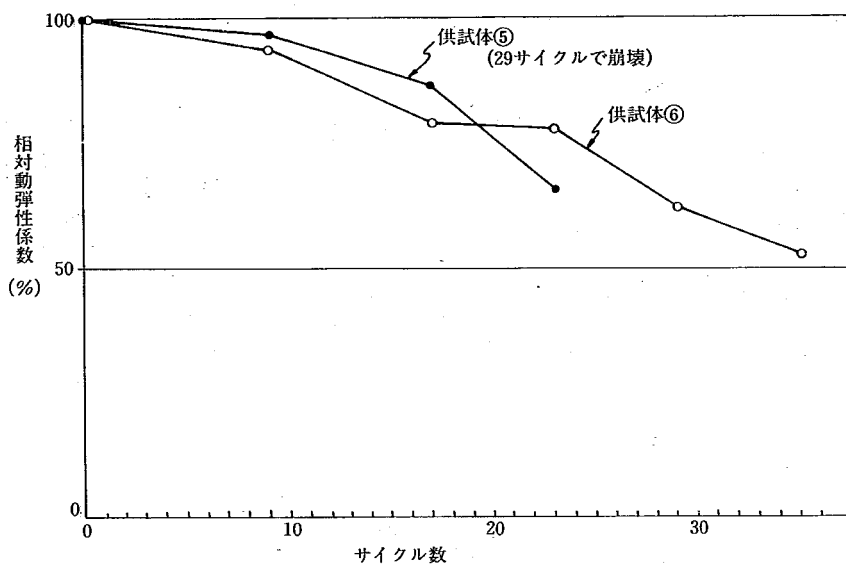
附圖-8-37 応力—変位置曲線 供試体 No. 4-6 4 B L



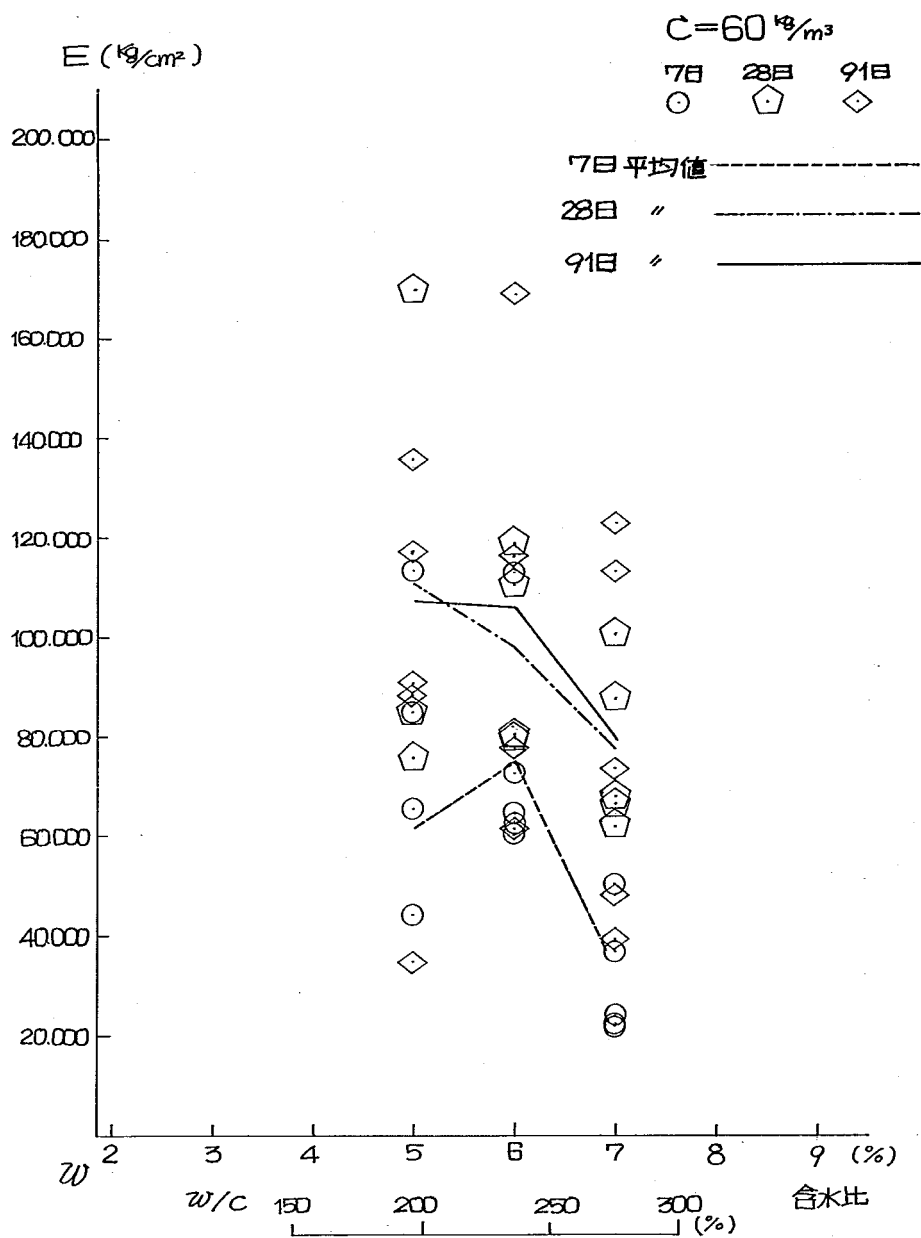
附図-9-1 凍結融解試験結果 (BL2)



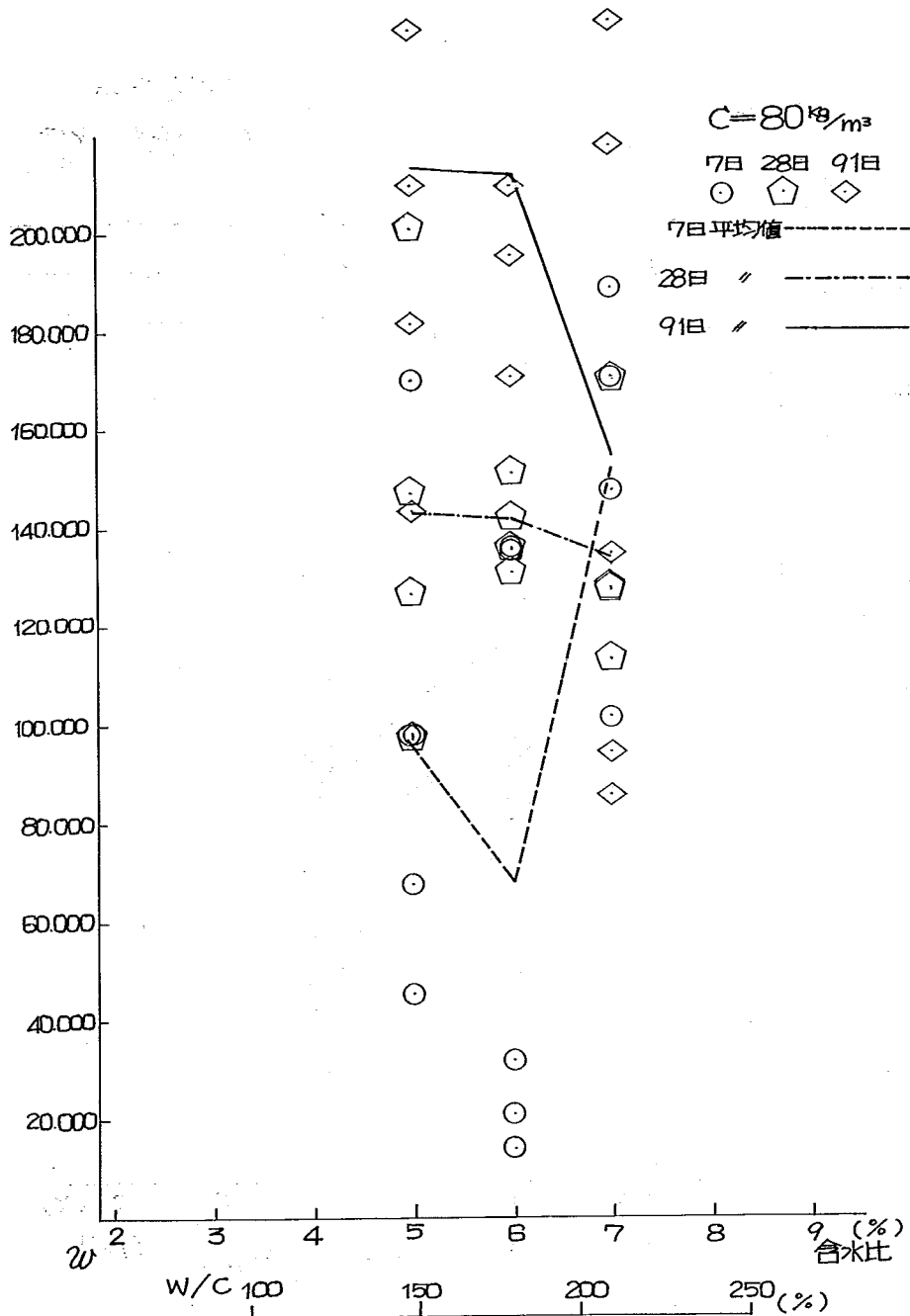
附図-9-2 凍結融解試験結果 (BL3)



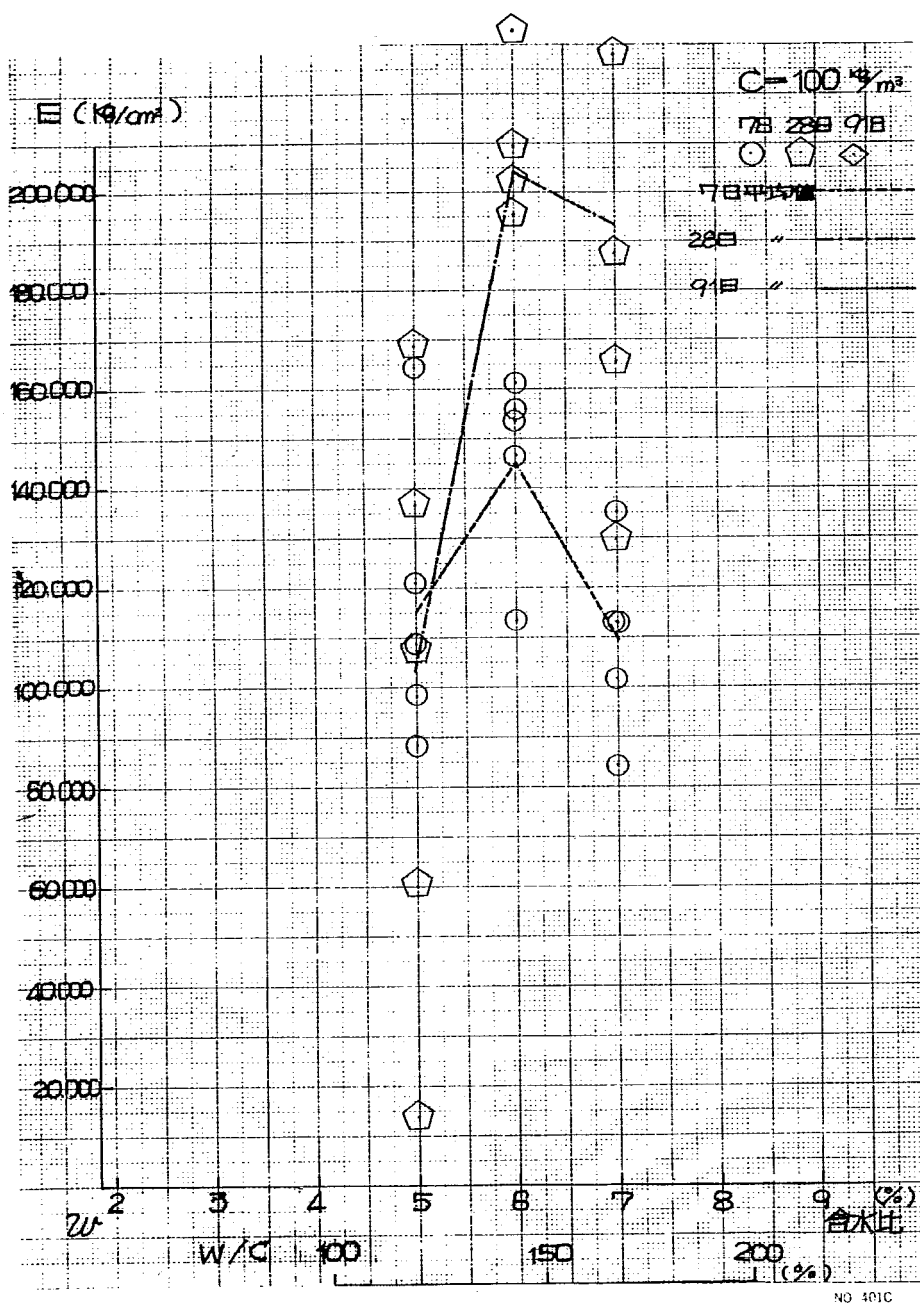
附図-9-3 凍結融解試験結果 (BL4)



附圖-10-1 彈性係數



附圖-10-2 彈·性·係·數



附圖-10-3 彈性係數