



50

土 木 研 究 所 資 料

第 886 号

富士山大沢崩れ対策に関連した
レジンコンクリートの試験調査報告

昭和 48 年 12 月

建設省土木研究所
砂防部急傾斜地崩壊研究室

富士山大沢崩れ対策に関連したレジンコンクリートの試験調査報告

昭和48年12月

急傾斜地崩壊研究室

安江 朝光

吉川 正徳

要 旨

大沢崩れと一般に呼ばれている富士山大沢の源頭部の崩壊はその規模の大きさ、下流への影響及びそれが富士山であることにより、大きな問題となっているが、その対策となると自然条件のきびしさ及び国立公園特別区域であることによる規制を受けて、従来の砂防工法をそのまま用いることは不可能で、どうしても新しい工法が必要となっている。

大沢崩れを防止するためには、縦方向及び横方向の侵食を防ぐことが必要である。縦方向の侵食を防ぐ工法としては、谷止工、ダム工が考えられるが、自然の景観をなるべくそとなわないため、従来のコンクリート構造物に代って、現地の骨材を高分子材料（レジン）でかためた構造物が考慮されている。

このため出来上りの色調、耐候性、化学的安定性、強度毒性及び施工性に関して、市販されているレジンを用いてレジンコンクリートを造った際の問題を検討し、富士山大沢崩れの対策に使えるレジンコンクリートの開発を試みた。

目 次

1. まえがき	5
1.1 富士山大沢崩れの概要	5
1.2 レジンコンクリート開発の意義	9
2. 昭和45年度実施内容	11
2.1 レジン剤の分類とそれぞれの特色	11
2.2 代表的な既往レジン剤の特色	11
3. 昭和46年度実施内容	16
3.1 市販されているレジンの調査	16
3.2 アンケート調査の結果選定したレジンを用いたレジンコンクリートの試験	20
3.2.1 試験項目一覧 (1)一軸圧縮 (2)引張(圧裂試験による。) (3)じん性(ページ) ...	22
(4)摩耗(ドリー) (5)摩耗(ロスアンゼルス) (6)比重 (7)吸水	
3.2.2 試験方法	22
3.2.3 使用骨材	24
3.2.4 配 合	27
3.2.5 試験結果	31
3.2.6 供試体製作時の観察	37
3.2.7 暴露試験	40
4. 昭和47年度実施内容	43
4.1 試験内容	43
4.1.1 試験項目	43
4.1.2 試験方法	43
4.1.3 使用骨材	45
4.1.4 配 合	47
4.1.5 試験結果 (1)圧縮試験 (2)引張強度 (3)じん性 (4)摩耗	48
(5)比重 (6)吸水 (7)凍結融解	
4.1.6 供試体製作時の観察	58
4.1.7 供試体の色調	58
4.1.8 供試体の暴露試験	59
5. ま と め	65
6. あとがき	69

レジンコンクリート試験報告書

1. まえがき

大沢崩れの対策については昭和30年ごろから問題になっており、昭和42年5月19日の政府与党連絡会議、続いて5月24日の参議院予算委員会第3分科会に取り上げられてから急速な進展を見るにいたった。最初取り上げられる動機となったのは、日本の象徴である霊峰富士山が崩れて無くなるといった、素朴な郷愁めいた観、あるいは美観の問題が強かった。しかし、大沢の下流の潤井川、芝川における災害はかなりの頻度で生じており、かつ最近の富士山麓の開発に与える影響はまことに大なるものがあると思われる。そこで建設省が中心となり防災的な見地で大沢崩れの対策を建てることになった。当然大沢を完全に防災的におさめようとするならば、上流の崩壊から下流の潤井川までの全体的な計画の一部として源頭部のいわゆる大沢崩れについての検討が要望されるようになった。

1.1 富士山大沢崩れの概要

大沢崩れの成因については諸説があるが、火山爆発の盛んなときの爆発のためにできた不規則な溝が起源であり、3000年前には古大沢として山腹中部(3,000m~2,700m)に谷壁をもつ谷であったらしい。それが1000年ほど前に何か大きな変動(地震など)があり富士山唯一の山頂から山麓まで連続した現在のような大沢崩れの概況を呈したと考えられている。

現在の大沢崩れは、標高3,776mから2,000m、長さが2,800m、幅500m、最大深1,500m、全崩壊量約6,600万 m^3 のスプーン状の大規模崩壊である。年間崩壊土量は、東大岩塚助教授によれば、大出水時に10万 m^3 、普通の年で5万 m^3 であり、また一方6,500万 m^3 が1,000年間で崩れたとすれば年間6万5千 m^3 ということになる。

大沢崩れも長い目で見ると、構造的な崩壊、すなわち地震、火山の爆発といったことで生じる崩壊と、常時の雨、風、気温の変化によって生じる表層崩壊の2種類によって区分できる。

一方砂防的な見地で対策にあたるということは、その防災の対象とする時間は常識的には100年で十分ある。したがって前者の数千年という時間スケールで生じる構造的な崩壊は考慮外としてよいだろう。

表面崩壊の原因としての種々の要因が考えられる。これらは単独に崩壊に影響するのではなくして、種々の要因の複雑な組合せから崩壊が生じると考えられる。いちばん重要な誘因は雨であろう。富士山頂付近においては、雨は水平あるいは吹き上げるような降り方のため平地と正確な比較は困難であるが、かなりの量になることは気象台からも報告されている。この雨は直接火山砂礫の部分強い風(山頂で最大瞬間風速91m/sec、最大平均風速66m/sec、夏期平均風速66m/sec、冬期平均風速20m/sec)に伴って雨滴侵食を行う。またあるいは亀裂の縦断に入りった溶岩を通して(この溶岩自身も山梨大宮教授によれば、吸水率は1.3~1.7、85%とかなり高い値を示す)、下層の火山砂礫に達し、膨張、収縮による破壊を促進さす。特に冬期低温(富士山では平均

気温10月：-4度，11月：-10度，12月：-16度）になると結氷しその膨張結氷作用は著しくなる。この他原因としては雪，氷の作用が考えられるが，積雪中はかえって崩壊を生じないようである。

富士山の気象データを図-1に示す。

素因的には，大沢の地質があげられる。大沢の地質は玄武岩質熔岩と火山碎屑物（スコリア）の互層で火山碎屑物は水による侵食に弱く，玄武岩質熔岩は亀裂に富んでおり，引張りに対する抵抗が少ない。図-2，図-3に大沢崩れ源頭部の縦断及び横断を示す。崩壊は，火山碎屑物がまず侵食され，その上にある玄武岩質熔岩がオーバーハングになり，落石等による衝撃でこの部分が崩落するという様式のくり返りで，谷の縦侵食が進み，この結果，谷の横断方向の勾配も急になって，同じ様式で拡大している谷の横断方向の侵食がさらに助長される。

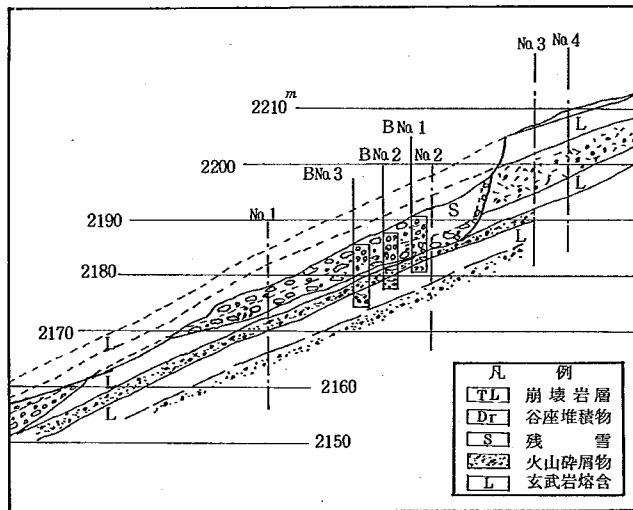


図 - 2

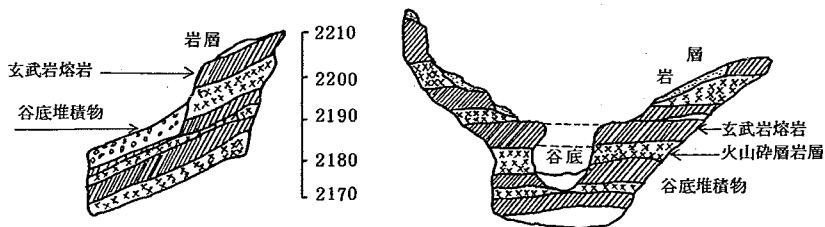


図 - 3

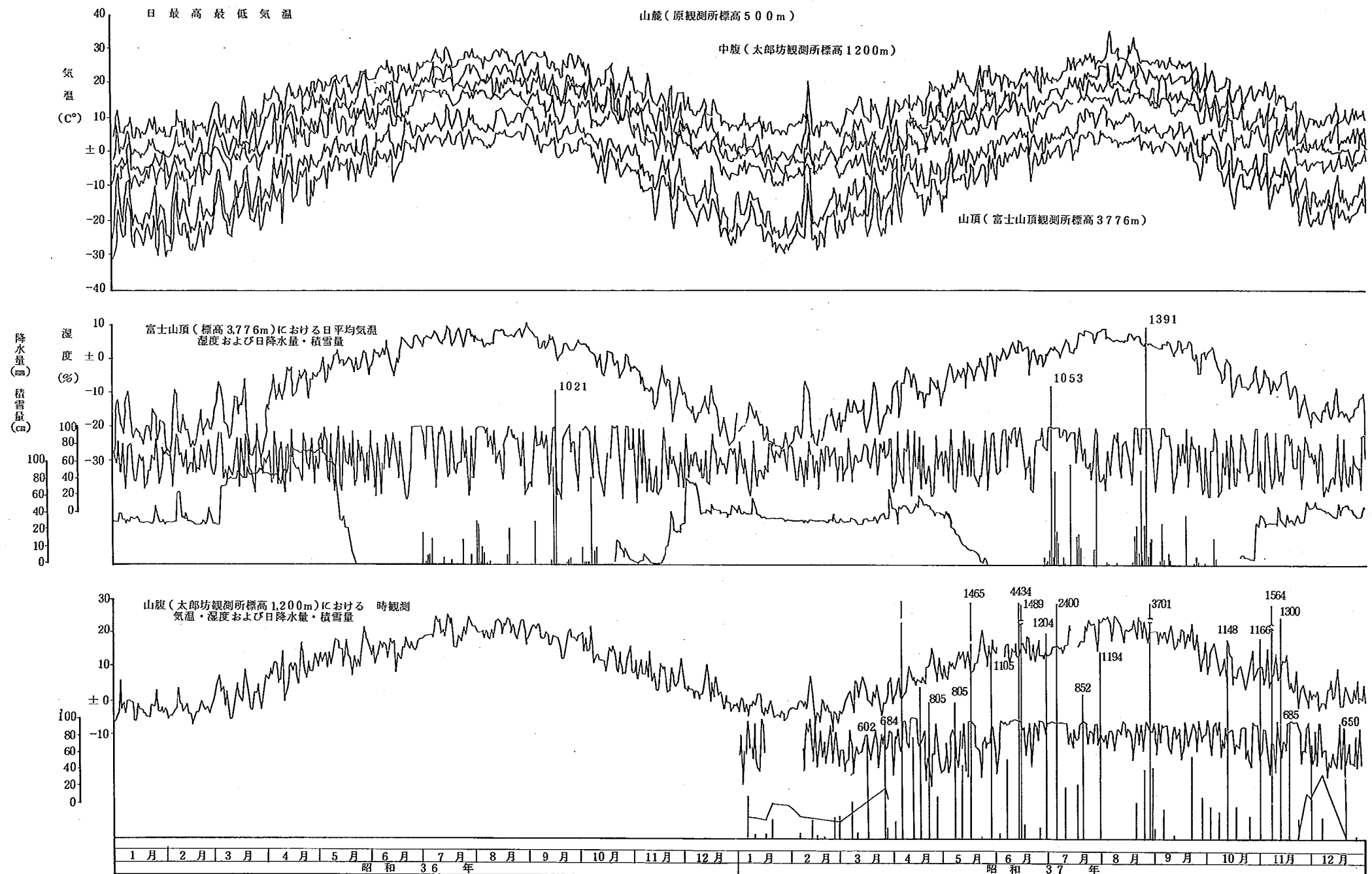


図 - 1 気象記録

1.2 レジンコンクリートの開発の意義

富士山大沢崩れを防止するためには、縦方向及び横方向の侵食を防ぐことがまず検討されねばならない。このための砂防工法としては谷止工、ダム工が考えられるが、大沢が国立公園特別区域にあり、自然の景観をなるべくそこなわないため、従来のコンクリート構造物に代って、現地の材料を骨材として高分子材料（レジン）でかためて、自然に近い感じの構造物を建造することを計画した。レジンコンクリートの開発は、このような意義を有するが、これの富士山大沢崩れ源頭部対策全体に占める位置を表-1に示す。

レジンコンクリートは景観上の利点の他、強度及び工事用水の不足に関しても従来のコンクリートに比べて優位にある。

レジンを経結合剤に使ったレジンコンクリートは最近研究が進み種々のレジンが開発され、高性能な物理的機械的性能、化学的性能を有することも明らかになり、また半透明であるので現地の骨材を使うことにより現地周辺の色に比較的近いものができる。しかし、レジンコンクリートを用いて大規模な構造物を建造した例はなく、工場生産の小規模なプレキャスト製品及び既設工作物の修理用として実用化使用されているにすぎず、現場で土木構造物を造るためにレジンコンクリートを使用するには多くの未解決の問題が残っている。富士山で使用する際には、気温等の自然条件、施工時の立地条件から来る問題もある。

市販されているレジンを用いて、レジンコンクリートを作る際、出来上りの色調、耐候性、化学的安定性、毒性、強度、及び施工性の問題を、主にレジンコンクリート供試体試験によって検討し、富士山大沢崩れの対策に使えるレジンコンクリートの開発を試みた。

この際気乾状態の骨材を使用した場合圧縮強度がコンクリートの2倍、湿潤度3%の骨材を使用した場合、圧縮強度がコンクリートと同程度で耐候性、耐摩耗性耐衝撃性がコンクリートよりすぐれているレジンコンクリートを目標とした。

表 - 1 富士山大沢崩れ源頭部対策

主 な 問 題 点

社 会 的 制 約
自然環境保護と文化財保護

対策計画上の技術的な不足
高標高、急勾配によりきびしい自然的制約がある上規模が大きく前例がない

施 工 上 の 問 題
工事用水の不足、運搬ルートを広くとれない等、施工環境も考慮すること

主要な技術的検討事項

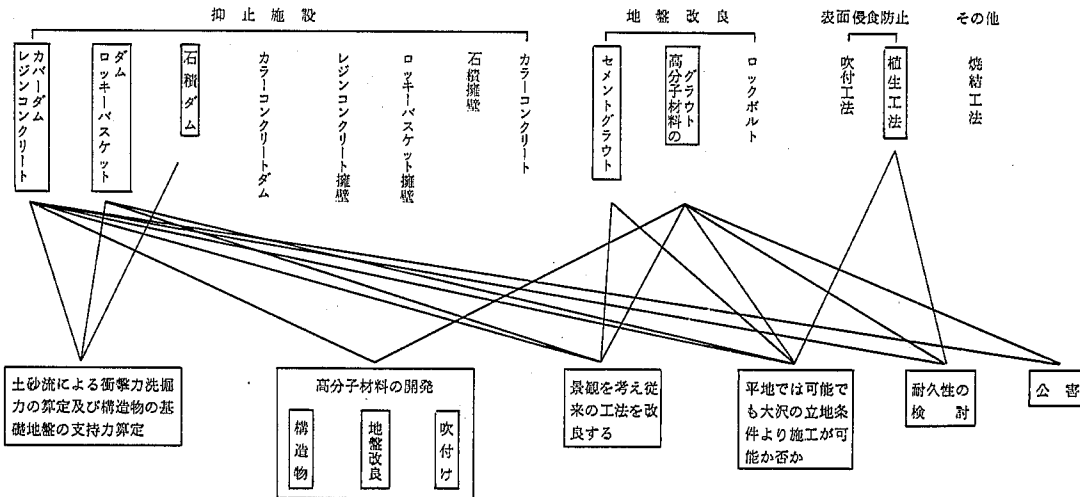
自然条件及び環境の調査

崩 壊 の 実 態 の 把 握

対策工法の選定

施工法の検討

考えられる対策工の
種 類
(わくで囲んだものは
有力な工法)



既往の技術では不足で
新たに解決すべき技術
的 問 題 点

土研が担当できるもの
(砂防部以外の組織も
含む)

計測器の開発
実測
地質・岩盤調査
各種施設的设计

レジンコンクリート
レジングラウト
高分子、吹付け

室内試験
現地施工試験
抑止施設
地質改良
表面侵食防止

自然条件調査
施工機械の開発

現地暴露試験

高分子材料の
毒性
試験

2. 昭和45年度実施内容

2.1 レジン剤の分類とそれぞれの特色の調査

調査結果を図-4に示す

薬液名 \ 物性	色相	毒性	耐乾燥性	耐低温性	渗透性	強度	透水性	施工性	耐久性	工事用水	摘要
セメント系	灰白	弱	強	中	小	強	中	大	中	大	
ベントナイト系	灰白	弱	弱	中	小	弱	中	大	小	大	
ケイ酸塩類	白	弱	弱	弱	小	中	中	大	小	中	
リグニン系	茶褐	強	弱	弱	中	弱	中	小	中	中	
尿素系	白	中	弱	弱	中	強	大	小	小	中	
アクリルアミド系	半透明	強	弱	弱	大	弱	小	小	中	中	
アクリル酸カルシウム	淡黄			弱	中	弱	小	小	中	中	
ビニール系	淡緑		強	弱	中	弱	小		中	中	
ポリウレタン系	淡黄透明	弱	強	強	小	強°	小	小	大	不用	
ポリエステル系	乳白	弱	強	強	小	強°	小	小	大	不用	
エポキシ系	淡黄透明	弱	強	強	小	強°	小		大	中	
アスファルト系	外国で使われた例はあるが詳細は不明である。										

図 - 4

2.2 代表的な既往レジン剤の特性の調査

A ポリエステル系

A-1 ウェッパ- (不飽和ポリエステル樹脂)

ウェッパ-は微細な水滴が各々独立した状態でポリエステル樹脂の中に分散している独立水泡型といわれるエマルジョン化された含水ポリエステル樹脂で、化学的に安定している。硬化後水は硬化物中に保たれる。

A-1-1 レジンの性質

- | | |
|--------|--------------|
| a 状態色相 | 淡紫紅色 |
| b 比重 | 1.084~1.103 |
| c 粘度 | 29~3,300 cps |

d 可使時間	40 ± 5 min
e 指触時間	60 ± 10 min
f 毒 性	な し
g 反応機構	ラジカル重合反応

A-1-2 一軸圧縮強度

ポリエステルベースとなるレジンの相違及び含水量によってⅠ型A～D、Ⅱ型A～Cのタイプに分けられる表-2の調合割合によって作成したサンドゲル供試体の1週間強度の結果表-3のとおり
の結果を得た。

表-2 配 合 表

材 料	Ⅰ型A 重量部	Ⅰ型D 重量部	摘 要
ウエツパー	1	1	
ポリクリート粉末	4	4	
配 合 剤	0.015	0.015	使用薬品名 メチル・エチルケトンパーオキサイト

表-3 圧 縮 強 度 と 材 令

材令 配 合	2 日	7 日	絶 乾	摘 要
Ⅰ 型 - A	565kg/cm ²	614kg/cm ²	930kg/cm ²	
Ⅰ 型 - D	310 "	347 "	462 "	

A-2 ポリクリート

ポリクリート液は流動性に富んだ溶液で硬化剤の添加により硬化時間を調整することが出来る、しかし骨材がぬれている場合は付着性が悪い

A-2-1 レジンの性質

a 形 状	赤紫色液
b 比 重	1.060
c 粘 度	4500 cps
d 毒 性	な し

A-2-2 一軸圧縮強度

表-4の調合比によって作成した供試体(砂の代りに良好なポリクリート粉末を使用)の一週圧縮強度試験の結果を図-5に示す。但し骨材は乾燥状態で使用している。

表 - 4

材 料	重 量
ポリクリート	1 Kg
ポリクリート粉末	5.5 "
配 合 剤	0.02 "

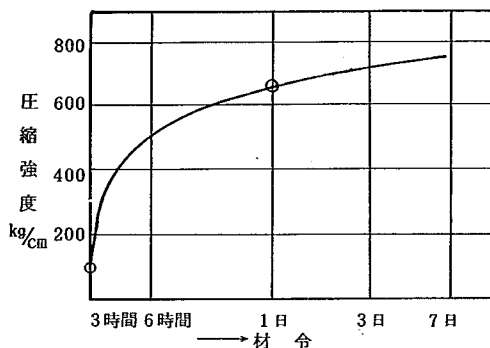


図-5 ポリクリートの材令と強度

B ポリウレタン系

B-1 MM-4 (モルタル マスター4)

これは一般に水性デイスパージョンと呼ばれるポリウレタン系樹脂のエマルジョン液で、セメントを分散させると共にセメントとの水和反応によって樹脂構造体を生成して、骨材との密着を強固にする。

B-1-1 MM-4 レジンの特性

a 形 状	乳白色液
b 固 形 分	45~50%
c 比 重	1.072
d P H	8~10
e 粘 度	300 cps (25°C)
f 毒 性	なし

B-1-2 一軸圧縮強度

表-5の調合割合によって作成したサンドゲル(標準砂使用)供試体の4週圧縮強度試験の結果、図-6のとおりの結果を得た。即ち普通モルタルに較べて10%添加のレジンモルタルは、約2倍の強度がある。

表-5 MM-4 モルタル配合表

MM-4 セメント比	セメント	標準砂	MM-4	W/C (%)
0 %	520 g	1,040 g	0 g	62
10	520	1,040	52	53
20	520	1,040	104	51
30	520	1,040	156	46
40	520	1,040	208	43

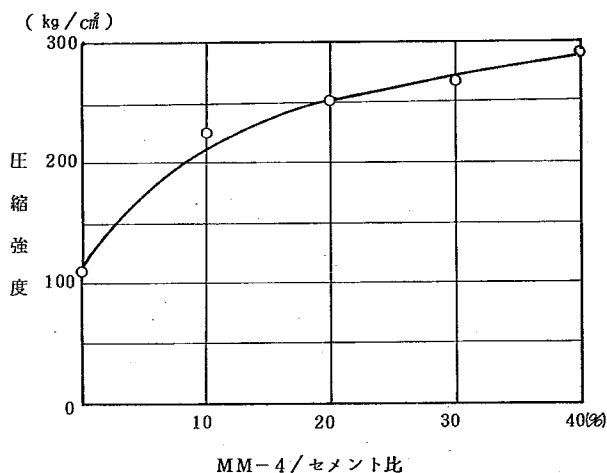


図-6 圧縮強度とMM-4 / セメントの関係

B-2 レジンコンクリートに使われているポリウレタン系レジンこれについては、調査用レジン及びその物性値その他の試験資料の入手が不可能なため、文献調査によった。図-7に、ウレタン系レジンの特性の代表例を示す。

C その他のレジン

C-1 CPC

コンクリート(モルタル)素材にMMA(メチル メタノールアパーマ)レジンモノマーの含浸させた後、特殊処理してコン

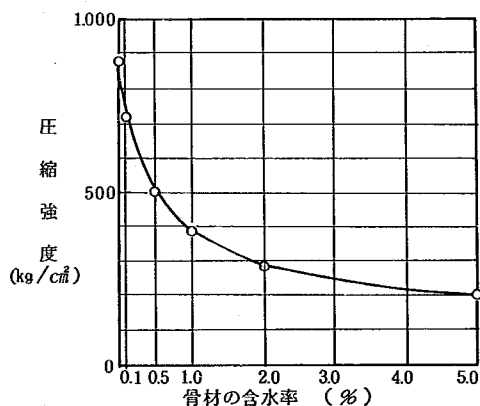


図-7 強度と骨材含水率の関係

クリートの内部に存在する微細空隙に含侵しているモノマーを重合するので、コンクリート（モルタル）の性質は著しく強化される。しかしこのレジンは熱重合方式による反応機構を有するので一般工事現場での使用は殆んど不可能に近い。表-6にCPCモルタルと普通モルタルの比較を示す。

表-6 CPCモルタルと普通モルタルとの比較

モルタルの 試験の種類		CPCモルタル	普通モルタル	摘 要
圧縮強度 Kg/cm^2		1500 ~ 2000	100~300	
収 縮 性 $\%$		+(0.037~0.006)		CPCモルタルは膨張
透水性 $g/m^2/\text{分}$		0	10.1	内圧 2.5 Kg/cm^2 $t=50 \text{ mm}$ パイプ
耐 薬 品	20%塩 酸	1046	—	圧縮強度 Kg/cm^2 , 24時間侵漬
	20%硫 酸	1525	—	
	ブ ラ ン ク	1556	—	
凍 結 融 解		10		圧縮強度の低下率但し200サイクル

3 46 年度実施内容

3.1 市販されているレジンの調査

33社にアンケートを出して返答を求めた。

アンケートの内容は下記の通りである。

昭和46年8月 日

殿

拝啓 時下ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。

さて、当社において今回土木用レジンコンクリートについての検討をいたしたいと思い、その手始めとして各種市販のレジン類のリストアップから始めたいと存じますので、誠に御多忙中とは存じますが貴社の製造・販売によるレジン類()に対して、別紙事項についておわかりの点を御知らせ願えれば幸と存じます。

なお、この他耐久性等参考になる資料でいただけるものがあれば同封願いたく存じます。

誠に勝手ながら資料整理の都合上8月25日までに御返答いただければ幸甚に存じます。

商品 及び レジンの類別					
比 重					
状 態		液状・ペースト状・パテ状・粉末・粒状・（その他）			
色 相		（色） 透 明 ・ 半 透 明 ・ 不 透 明			
粘 性		（40℃）	（25℃）	（10℃）	（0℃）
可 使 時 間		（40℃）	（25℃）	（10℃）	（0℃）
指 触 時 間		（40℃）	（25℃）	（10℃）	（0℃）
触 媒 の 有 無		有 ・ 無			
反 応 機 構					
毒 性		有 毒 ・ 微 毒 ・ 無 毒			
耐 候 性		（色について）		（老化について）	
使用温度の範囲		（標準）	（高温）	（低温）	
		注： 0℃前後での使用が可能な場合は使用上の特別の注意事項			
ぬれた骨材の使用の可否					
硬化後の耐温度性		（性質の急変しない温度の範囲）		試験資料の	
		℃ ～ ℃		有 ・ 無	
強 さ （レジンモルタルによる）		一軸圧縮強さ			
		曲げ強さ			
		引張り強さ			
一般市販単価		（kg当り）			
（その他）					

表7 レジンメーカー一覧表

会社名	住 所	TEL	レジンの種類	商 品 名	摘 要
日本触媒化学	千代田区内幸町1-2-2 大阪ビル内	502-1651	ポリエステル	エポラックP-803 SA	レジンコンクリート用 レジンメーカー
三井東 庄	" 霞ヶ関3-2-5	581-6111		ポリクリート (エスター), ウェッペー	"
大日本インキ 化学工業	中央区日本橋通3-6	272-4511		ポリライト	"
理研合成樹脂	千代田区神田錦町3-20	293-3611		リゴラック 3025 B	"
日立化成	" 丸の内1-5-1	214-5111		ポリセット	"
武田薬品	中央区日本橋江戸橋2-7	273-3311		ポリマール	"
保土ヶ谷化学	港区芝罘平町2-1虎ノ門東洋ビル内	502-0171	ポリウレタン	CAレジン	"
電気化学工業	千代田区有楽町1-10 三信ビル5階	502-5511	ポリ塩化 ビニール	デンカビニルモルタル	"
ショーボンド	" 神田小川町2-1 木村ビル内	292-1841	エポキシ	SBモルタル#303(A), 同 (B), 同 (C)	"
A B C 商会	" 永田町2-12-14	580-1411	(タール変性 を含む)	クリートボンド #11	"
日本合成化学	中央区日本橋江戸橋3-5 三木ビル内	273-1381		アクメックスモルタル#500	"
山 宗 化 学	" 八丁堀2-25-5	552-1261		アクメックスエポキシタール#620A	"
サンユレジン	" 京橋3-2	271-7173		サンユーフローア F-550, サンユーロード R 321	"
鐘湖合成化学	大阪市北区太融寺町33	06-313-3734		KBK E-250, KBK E-240	"
兎田化学	不 明			フロアコート	"
吉田製油所	葛飾区宝町50番地	693-5132		エポクター 300	"
小西儀助商店	中央区日本橋室町4-5 近三ビル内	279-6551		ボンド E-200	"
ゼネラルボンド	目黒区大岡山1-37-25	718-6511		コンクリートボンド	"
林化学工業 KK	京都市南区吉祥院石原 室の西町31	075-681-8331	ポリウレタン	MM-4	"
住友デュレス KK	千代田区内幸町大阪ビル1号館	591-9171			
住友化学工業 KK	千代田丸の内 新住友ビル	211-2251			
三菱(化学)化成	千代田区丸の内2-3	212-6411			化学工業
東亜合成化学工業KK	港区西新橋1-14-1				
旭化成工業 KK	千代田区有楽町1-12 (日比谷三井ビル)				化学工業
三洋化成工業	中央区日本橋室町3-3-7 三井別館4-406 (東京事務所)				
山陽パルプ KK	千代田区永田町2-14-2				
積水化学工業 業	千代田区内神田2-15-9		エポキシ	タールエポキシ	
高分子化学工業KK	千代田区神田錦町3-20	293-3631			
東海製油工業 KK	" "	866-1639			"
日東化学工業 KK	" 丸の内1-4 新丸ビル				"
信越化学工業 KK	" " 1-2 東銀ビル				"
東 洋 鋳 材 KK	板橋区赤塚1-23-18		ポリエステル	サンプロテスト	ラテックス用 レジンメーカー
日産化学工業 KK	千代田区神田錦町	295-2311			化学工業
アサヒ電化工業KK	中央区日本橋室町 古河ビル	270-7511	エポキシ	アデカレジンP-4000	レジンコンクリート用 レジンメーカー

表-8 アンケート調査の結果の一覧表

商品名 種類 性	エスダイン コートTS (タールエポキシ) 積水化学工業	ショーボンド #303 (A) (エポキシ) ショーボンド	ショーボンド #303 (C) (エポキシ) ショーボンド	デンカビニル モルタル (塩ビ/酢ビ) 電気化学工業	メトロース (メチルセルロース、 ヒドロキシプロピル メチルセルロース) 信越化学工業	アクミン 800 L (モルタル添加剤) 東海製油工業	エポラック P-803SA (不飽和ポリエステル) 日本触媒化学工業	NITTO-SS 30R セメント (ポリマーモルタル) 日東化学工業	日東-SS セメント (同左) 同左	ボンドE206 (エポキシ) 小西儀助	ポリセット PS-3014AP (二液) PS-3014A (不飽和ポリエステル) 日立化学工業	ニッサンポリ エチレン (高密度ポリエチ レン) 日産化学
比 重・状 態	1.15 液状	1.20 液状	1.20 液状	プライマー としてベスト 0.93	1.26 粉末 1.31	1.1	1.10 液状	1.1 液状	1.01 粉末	主 剤: 1.15 液状 硬化剤: 1.1	1.1 液状	0.94 粉末粒 0.97
色 相	黒 不透明	水色、透明	黒 不透明	灰 不透明	白 不透明	桃 透 明	淡コハク・透明	淡黄褐・半透明	白・半透明	主: 淡黄 透明 硬: 褐	淡黄 透明	白 半透明
粘 性 (poises) 140° 25° 10°	80	9 ± 3	15 ± 5	600 800			1.5・3.5・15	温度の影響なし	同 左	主 14 5.5 2.5 0.9 1.7 5	2.5	
可 使 時 間 140° 25° 10°	1h・4h・8h	1h	1h	8h	20% solntnir で6ヶR以上		m m m 6・14・40	数秒~数時間 (柱友に調整可)	同 左	m (S°C) 25・1h・77h	9m	
指 触 時 間 140° 25° 10°	2h・5h・8h			3h ±			m m m 8・17・50			1h 5h 12h 2 6 15	20m 30	
触媒の有無、毒性	無・無	無・無	無・無	無・無	無・無	有・有	微	有・無	有・無	有・微	有・無 (パーメルックN, 日本油脂)	無
耐腐性色・老化		良・良	良・良	不変・3年 無異状	不変・不変		黄変・強度低下 微少	良・良	良・良	弱黄変	良・良	
使用温度 標準・高温・低温	25° 40° 5°	20° 60° 5°	20° 60° 5°	20° 35° 0°	20° 60° 5°	0° 100° 0°	常温 70°-70°			15° 30° 100° 5°	25° 30° 10°	124° 前後 -80° も軟化
湿れた骨材	不可	不可	不可	砂含水量7% 迄可	可(一旦溶液と して添加)		不可	可	可	乾燥骨材の使用 が望ましい	不可	
硬化後の耐温 °C	-30° ~ 90°	-50° ~ 60°	-50° ~ 60°	-10° ~ 80° (水平なら40°)	0 ~ 100°		-50° ~ 60°	0° ~ 100°	0 ~ 100°	-20° ~ 80°	-20° ~ 100°	
強 さ (一 軸) kg/cm ²	350	> 450	> 500		150	4~5		400 (28d)	400 (28d)	768	520	
市 販 単 価 円/kg	400	1,200	1,200		650~700	31/ℓ		31/ℓ	65	1,200	160~180	130~250
そ の 他 (資料の有無)	Dナシ	Dナシ	Dナシ	Dアリ 0°Cの使用法 標準と変らず コンクリートと の接着力 720 kg/cm ²	Dナシ セメントに添加 (セメントの 0.1 ~ 0.3)	本剤は土質安 定剤であるが モルタルの曲 げ強度増加の ための添加剤 に用いる。 D付	0°Cでの使用他 と変らず	Dアリ	Dアリ	D付・アリ 0°Cの使用は長期 養生又は加温 土木用に数種あ り。	D付、他のD付 目的に応じ多様 の特徴をもつ多 くの品種が出て いる。強度はレ ジン10%	Dナシ 高温軟化使用ら しい エマルジョンタイ プなし

表 - 8 アンケート調査の結果の一覧表 (続き)

店名 種類 性質	ニッサンビニール エチレン・塩ビ 共重合樹脂 日産化学工業	ポリクリート液 (不飽和ポリエステル) 三井東圧化学	ウェッパ (不飽和ポリエステル) 三井東圧	コンクリートボンド (エポキシ) ゼネラルボンド	コンクリートボンド #11 (エポキシ) ABC商会	KBKE 250 AB (エポキシ) 鍾化	KBKE 240 AB (エポキシ) "	ミリオネート (CAレジン) (ポリウレタン) 保土谷化学	アデカレジン ハードナー EA 650 (エポキシ) 旭電化	スミソイルL 住友化学工業	スミロック 住友化学工業
比重・状態	1.45 粉末 1.53	1.07 液状	1.1 液状	1.3~1.5 液状 ペースト	1.09 液状	1.0 液状	1.0 液状	1.24 主液状 副ペースト	1.13 液状	1.14 液状	1.17 液状
色 相	白・半透明	赤紫・半透明	乳白・不透明		淡黄・半透明	褐色・透明	黒褐 不透明	暗褐・不透明	赤褐 透明	淡黄 透明	無色 透明
粘性 (poises) 40° 25° 10°		0.4・0.5・0.55	7・9・13		4.5・8.6・28.6 (30%)	10	5		190	0.11 (10%水溶液)	0.2 ~ 0.3 (40%水溶液)
可使時間 40° 25° 10°		15 ^m ~ 25 ^m	25 ^m ・35 ^m ・70 ^m	10 ^m ~ 60 ^m (限度?)		65 ^m (20°)	60 ^m (20°)	10 ^m ・30 ^m ・240 ^m	75 ^m (20°)		
指触時間 40° 25° 10°		60 ^m ~ 90 ^m	60 ^m ・90 ^m ・130 ^m		50・70・120	20 h	20 h (20°)		24 h		
触媒の有無、毒性	無	有 無	有 無		無 無	微毒	微毒	無	無	有 無	有 無
耐候性色・老化		弱黄変 半永久	変化なし 半永久		無 無	変	無	良 低下	無	不変 +50°-5° 800 不変	
柔軟温度 -20° 60°前後		10° 30° 40° 0°	10° 30° 40° 0°		20° 40° 50°	10 ~ 20°	10 ~ 20°	20°C 50° 0°		20° 30° 0°	20° 30° 0°
湿れた骨材		不 可	可	可	不 可	不 可	不 可	不 可	可		
硬化後の耐温 (°C)		-30° ~ 60°	-30° ~ 60°		-30° ~ 100°	70° ~ 80°	70°	~ 50°	0° ~		
強さ (一軸) kg/cm ²		762	630	1200 ~ 1500	800	1000	610	1000		3 ~ 6	12 ~ 13
市販単価 円/kg		レジンモルタル セット100円/ℓ			1.325					31円/ℓ	31円/ℓ
そ の 他 (資料の有無)	ナシ マルジョンタイプ なし 温熱化使用?	Dアリ、D付 0°の使用は硬 化促進剤・ 触媒の追加	Dアリ、D付 同 左 粘性・可使時 間・指触時間 調節可	D付 本来は二液型、 多くの種類が あり性質が変 る							

アンケート調査の結果 ; 下記の選定基準により適当と判定した8種類のレジンを選定して試験を行った。

1. 現在レジン剤として市販されているもの(新たに手を加えないで試験する。)
2. レジンコンクリート(モルタル)用レジンとして使用、実績のあるもの及び使用可能と推定されるもので、ぬれた骨材でも使用可能なもの。
3. 類似の化学性、物理性をもつものは代表1~2種とする。
4. 次の条件を満足するもの。
 - a) 温 度: 施工時温度15°~20℃(低温に対してはなるべく幅の広いこと), 施工後温度60°~-30℃に耐えること。
 - b) 強 度: 一軸圧縮強度200 kg/cm²以上
 - c) 態 容: 液状, 使用時に適度の粘性をもつこと。
 - d) 施工性: 施工時薬液混合に対する鋭敏度の低いもの。
(現場での多少の混合ミスに耐える)
 - e) 毒 性: 施工中, 無毒又は微毒, 施工後無毒なもの。
 - f) 色 相: 極端な鮮明色又は黒色でない。
 - g) 変 質: 施工後, 色調, 強度等に変質をきたさないもの。

選定されたレジンは

1. ポリエステル系5種類A, B, C, D, E
2. エポキシ系2種類F, G
3. ポリウレタン系1種類H

3.2 アンケートの結果選定したレジンをういたレジンコンクリート試験

選定したレジン剤自身の特性を表-9に示す。

表-9 レジンの特性値

		色 調	比 重	粘 性 (CPS)	可使時間(分) (於25℃)	指触時間(分) (於25℃)使用	温度(℃)	毒 性	摘 要
ポリ エス テル 系	A	乳 白	1.1	900	35	90	40~10	なし	
	C	"	1.07		25	90	40~0	"	
	B	"	1.1	250	9	30	30~10	"	
	E	淡こはく	1.12	400	15	17	70	微	
	D	淡 黄	1.2	300				なし	
ポリ ウレ タン	H	暗 褐	1.24		10~60		50~0	なし	
エ ポ シ 系	F	黒	1.5	550					
	G	灰 青			10~60			なし	

表-10 レジンコンクリート供試体試験一覧表

試験項目	供試体の形状	養生の状態 及試験温度	A		B		C		D		E		F		G		H		セメント								
			今年度 試験分	次以降 試験分	今年度 試験分	次以降 試験分	今年度 試験分	次以降 試験分	今年度 試験分	次以降 試験分	今年度 試験分	次以降 試験分	今年度 試験分	次以降 試験分	今年度 試験分	次以降 試験分	今年度 試験分	次以降 試験分	今年度 試験分	次以降 試験分							
			Dry	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet							
コンクリート	一軸圧縮 ⁽¹⁾	φ10×20 ^{cm}	室内	常 温	3	6		3	3		3	3		3	3		3	6		3	6		9	9			
				-10℃	3	6		3	3		3	3		3	6		3	6		3	6		9	3			
				-20℃	3	6		3	3		3	3		3	6		3	6		3	6		9	3			
			暴露 常温			12			6			6				12			6			12			6		
			小 計	9	18	12	9	9	6	9	9	6	9	9		9	18	12	9	9	6	9	18	12	27	15	6
	圧 裂 ⁽¹⁾	"	室内 常温	3	6		3	3		3	2(3)		3	6		3	3		3	6		3	3		9	9	
			暴露 "			12			6			6				12			6			12			6		
			小 計	3	6	12	3	3	6	3	2	6	3	6		3	3		3	6	12	3	3	6	3	6	12
モルタル	じん性 ⁽²⁾ (ベージュ)	φ2.5×2.5 ^{cm}	室内	常温	3	3		3			3				3	3		3			3	3		3	3		
				-10℃	3	3		3			3					3	3		3			3	3		3	3	
				-20℃	3	3		3			3						3	3		3			3	3		3	3
			暴露 常温			12			6			6					12			6			12			12	
			小 計	9	9	12	9		6	9		6				9	9	12	9		6	9	9	12	9	9	12
	摩 耗 ⁽²⁾ (ドリ-)	φ2.5×10 ^{cm}	室内 常温	3	3		3			3					3	3		3			3	3		3	3		
			摩 耗 ⁽²⁾ (ロスアンゼルス)	4×4×4 ^{cm} 計 5 ^{kg}	" "	1	1		1			1				1	1		1			1	1		1	1	
	コンクリート	比 重 ⁽¹⁾	φ10×20 ^{cm}	" "	3	6		3	3		3	2		3	6		3	3		3	6		9	9			
	モルタル	吸 水 ⁽²⁾	4×4×4 ^{cm}	" "	1	1		1			1				1	1		1			1	1		1	1		

[注] : *骨材の湿ったもの2種

3.2.1 試験の項目

現地の骨材を用いてレジンコンクリート供試体を製作し表-10に示す項目について試験を行った。

また供試体の配合決定及び供試体製作に際して次の項目についても検討した。

- (1) レジン含有量と圧縮強度との関係—レジン含有率8~12%を中心に調べる。
- (2) レジン自身の粘度
- (3) 経過時間によるレジンコンクリートの粘性の変化
- (4) 施工性に関連した観察
 - (4-1) どの程度ミキサーで練り混ぜねばならないか
 - (4-2) 使用機械の洗浄方法
 - (4-3) 型枠からはずし易さの程度

3.2.2 試験方法

試験は、一軸圧縮、圧裂、摩耗(ロスアンゼルス)、比重についてはJIS(コンクリート)により、じん性摩耗(ドリー)、吸水に 있어は、建設省土木試験基準(岩石)にもとずいて行なった。

各々の試験方法を簡単に説明する。

1. 一軸圧縮

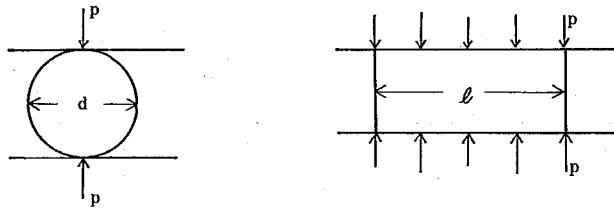
φ10×20 cmの供試体を用いて行った。

$$\text{圧縮強度 (kg/cm}^2\text{)} = \frac{\text{最大荷重 (kg)}}{\text{断面積 (cm}^2\text{)}}$$

材令と強度、縮粒骨材率と強度の試験も一軸圧縮と同様の方法で行った。

2. 圧 裂

φ10×20 cmの供試体を用いて図のように行った。



$$\sigma_A = \frac{2P}{\pi d \ell}$$

ただし σ_A : 引張強度 (kg/cm²)

P : 試験機が示す最大荷重 (kg)

d : 供試体の直径 (cm)

ℓ : 供試体の長さ (cm)

3. じん性

図に示すように供試体 ($\phi 2.5 \times 10 \text{ cm}$) をその軸がプランジャーの軸と一致するように衝撃試験機の鉄床上にのせ、ハンマーを最初 1 cm の高さから落下し逐次その高さを 1 cm づつ増加し供試体の破砕したときの、その落下の高さを表わす cm 数をもって供試体のじん性をあらわす。

4. 摩 耗 (ドリー)

試験機は図に示すような構造を有し、円板 (A) は鋳鋼製で垂直軸のまわりに毎分約 28 回の速さで回転する。リング (G) は円板の中心より 26 cm の距離に在りつかみ金物 (F) は真ちゅう製で重量 1250 g 、その中軸に沿い供試体 (E) を保持する孔を有する。ロート (H) はリングに接して円板の回転と逆方向の位置にあり、その底部の直径約 0.6 cm の開閉自由な孔から絶えず石英砂を散布することができる。今回の試験は石英砂ではなくカーボナダム Na 60 を使用した。

2 個の供試体 $\phi 2.5 \times 10 \text{ cm}$ はそれぞれ、つかみ金物に取り付けその下端を金物より 3 cm 位突き出し、これをリング内にそう入して、供試体の下面を円板に接し、ロートより石英砂 (今回はカーボナダム Na 60) を散布しながら円板を回転し、 $30 \sim 50$ 回転したのち供試体を取り出し、羽毛をもって付着物を除去したあとその長さおよび重量を測り、再びこれを取り付け、円板を 1000 回転したのち、その付着物を除去してひょう量する。

硬度は次式により算出する。

$$\text{硬度} = 20 - \frac{W_1 - W_2}{3}$$

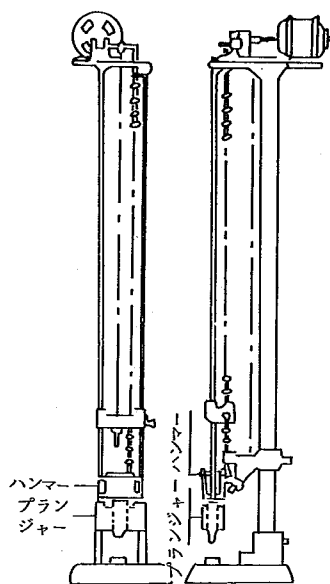
ただし、 W_1 … 第一回のひょう量した重量 (g)

W_2 … 第二回のひょう量した重量 (g)

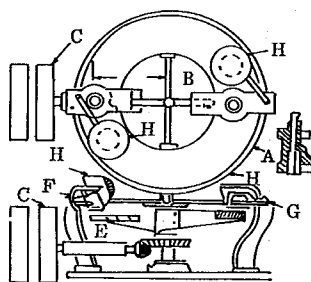
硬度は小数点以下 1 位まで算出するものとする。

5. 摩 耗 (ロスアンゼルス)

図に示すような試験機の円筒中に一定試料と鋼球を入れ、毎分 $30 \sim 33$ 回で 500 回または 1000 回回転させて、すりへり減量を求める。今回の試験は、鋼球を用いないで $4 \times 4 \times 4 \text{ cm}$ の試料約 $5,000 \text{ g}$ 回転数を $1,000$ 回として試験を行った。



ペー ジ 衝撃試験機



ドリー すりへり摩耗試験機

6. 比 重（単位体積重量）

次式のように算定した。

$$\text{比 重} = \frac{\text{空 中 重 量}}{\text{空中重量} - \text{水中重量}}$$

7. 吸 水

圧力容器を使用し、各々のモルタルについ

て試料を5000gとし24時間2kg/cm²の水

圧をかける方法で行った。

3.2.3 使用骨材

骨材は富士山大沢中腹部にある大滝の下流数百
mの溪床砂レキを採取した。これを現地で25mmフ

ルイにかけ、このフルイ通過分をさらに細砂（0.6mm以下）、粗砂（0.6～5mm）、砂利（5～25mm）
にフルイ分けた。骨材の粒度分布、含水率および各粒度別に分けた骨材の粗度、吸水、単位体積重量
の各試験をJIS規格に基づいて行った。その結果を表-11、図-8、図-9に示す。

ロスアンゼルス試験機

単位 mm

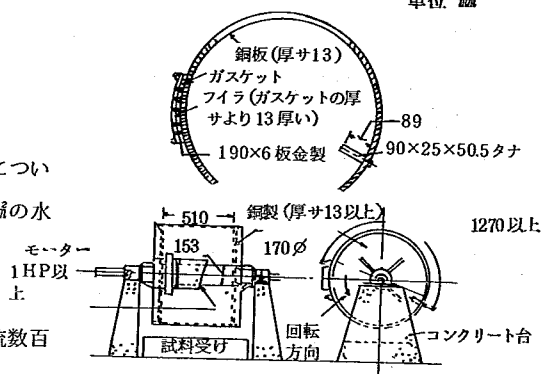


表-11 骨材試験成績表

試験項目		材料名	砂 利	粗 砂	細 砂	摘 要
比 重	絶 乾		2.91		2.90	
	表 乾		2.62	2.86		
吸 水 量 (%)	表 乾		3.14	0.80		
	気 乾		0.30	0.10	0.10	
単位体積重量 (kg/cm ³)	密 充		1.462	1.639	2.005	
	軽 製		1.345	1.500	1.663	
空 隙 率 (%)	密 充		49.6	43.5	30.9	
	軽 製		53.6	48.3	42.7	
持 込 時 の 含 水 率 (%)			4.77			
す り へ り 減 量 (%)			27.6			ロスアンゼルス法による

〔注〕：砂利の絶乾比重は、粉末にしセメントの試験方法を用いた。

骨材フルイ分ケ試験
SIEVE ANALYSIS TEST

骨材産地 細骨材 FINE AGG.
SAMPLES FROM : 粗骨材 COARSE AGG.

粗骨材 COARSE AGGREGATE		
フルイの 呼び寸法 SIEVE SIZE(mm)	各フルイにとどまる 重量百分率 CUM%RET.	各フルイを通過する 重量百分率 CUM%PASS.
150		
100		
80		
60		
50		
40		
30	0	100
25	1	99
20	3	97
15	4	96
10	9	91
5	20	80
2.5		
粗粒率 (F.M.)		

細骨材 FINE AGGREGATE		
フルイの 呼び寸法 SIEVE SIZE(mm)	各フルイにとどまる 重量百分率 CUM%RET.	各フルイを通過する 重量百分率 CUM%PASS.
10		
5	20	80
2.5	30	70
1.2	44	56
0.6	59	41
0.3	74	26
0.15	84	16
0.074	92	8
粗粒率 (F.M.)		

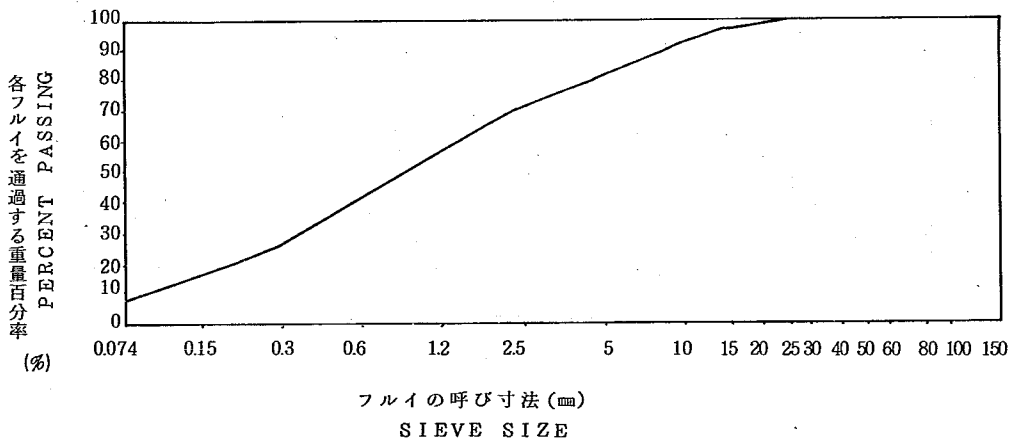


図 - 8 現地骨材の粒度分布

骨材フルイ分け試験
SIEVE ANALYSIS TEST

骨材産地 細骨材 FINE AGG.
SAMPLES FROM : 粗骨材 COARSE AGG.

フルイの 呼び寸法 SIEVE SIZE(mm)	各フルイにとどまる 重量百分率 CUM% RET.	各フルイを通過する 重量百分率 CUM% PASS.
150		
100		
80		
60		
50		
50		
40		
30	0	100
25	3	97
20	13	87
15	21	79
10	43	57
5	100	0
2.5		
粗粒率 (F.M.)	6.56	

フルイの 呼び寸法 SIEVE SIZE(mm)	各フルイにとどまる 重量百分率 CUM% RET.	各フルイを通過する 重量百分率 CUM% PASS.
10		
5	0	100
2.5	12	80
1.2	30	70
0.6	49	51
0.3	68	32
0.15	80	20
0.074	90	10
粗粒率 (F.M.)	23.9	

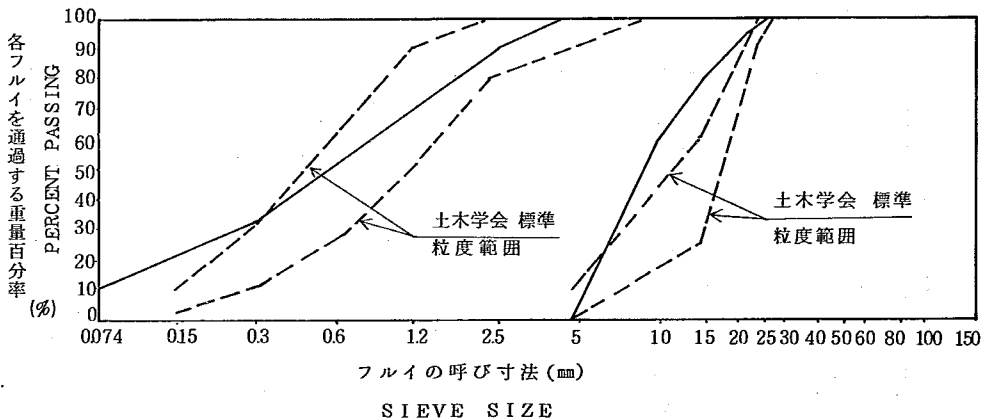


図 - 9 粗, 細骨材粒度分布

3.2.4 配 合

文献によれば、レジンコンクリートは一般に表12、表13に例示するような配合がよいとされている。(1)(2)

表 - 12 配 合 例

配 合	配 合 比 (%)
樹 脂	9 ~ 11
微 粉 末 (炭酸カルシウム)	10 ~ 13
細 砂 (0.8mm以下)	20 ~ 24
粗砂+砂利 (5mm以下, $G_{max} 20mm$)	52 ~ 60

表 - 13 配 合 例

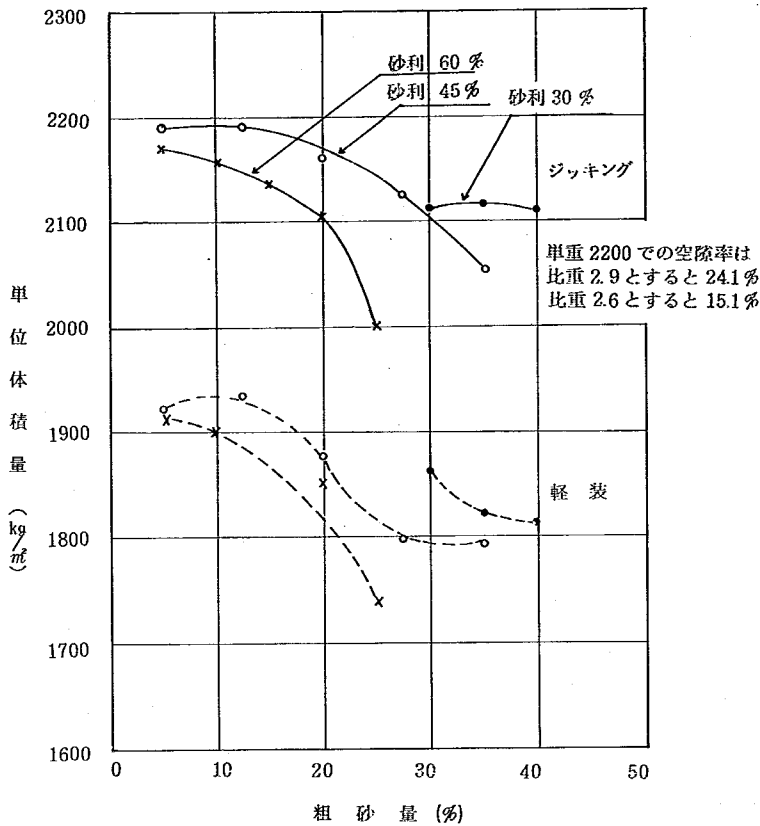
配 合	配 合 比 (%)
不飽和ポリエステル樹脂	10.5
炭酸カルシウム	12.0
細骨材 ($\phi 0.1 \sim 0.8mm$)	20.0
中骨材 ($\phi 0.5 \sim 5mm$)	25.0
粗骨材 ($\phi 5 \sim 20mm$)	32.5

- (1) 岡田清他3名「レジンコンクリートについて」
材料昭和42年8月16巻167号P. 667
- (2) 伊藤和五郎他3名「新しい構造材料としてのレジンコンクリート」
土木学会誌昭和44年10月号P. 55

まず砂利の全骨材に対する混合比を30% 45% 60%に固定し、細砂と粗砂の混合割合を変化させて単位体積重量を測定した(図-10)。この結果から砂利は全骨材の45%以下、粗砂は15%以上がよいと判断された。また、本調査では炭酸カルシウム等の微粉末は特に添加しないので、細砂;粗砂;砂利の比4:3:3とした。この場合の骨材単位体積重量および空隙率は次のとおりである。(表-14)

表 - 14

単 位 体 積 重 量	ジッキング	2140 kg/m ³
	軽 装	1870 kg/m ³
空 隙 率	ジッキング	263 %
	軽 装	357 %



(注) 砂利+粗砂+細砂 = 100%

図 - 10 骨材の最大密度の検討

次にレジン：骨材の比重決定のための予備試験として、A, H, Fの3種類をそれぞれポリエステル系、ポリウレタン系、エポキシ系の代表とみなし、前述のように粒度調整された骨材を用いて圧縮強度試験を行なった。その結果を表-15、図-11に示す。これからレジン量の増大にともなって強度が増大するものと、最大値をとるものと2種類あることがわかった。いずれの場合もレジン量がある限度をこえると、レジンの分離硬化、収縮の増大などの欠陥が現はれることが認められた一方、試験に供されたレジンコンクリートの目視、スランプ試験バイブレーターによる締め固め試験などから低粘性のもの(A, B, C, F)と高粘性のもの(G, H)の2郡に大別されることが分かった。その結果を図-11に示す。

これから特に施工性を重視してレジン骨材比を前者で1：7後者で1：5と決定した。

各レジンごとのレジンコンクリートの配合を表-16に示す。

表-15 レジン骨材比の変化に伴う圧縮強度

レジン名	レジン骨材比 R:A	骨材 状態	単 位 量 (kg/m ³)				練りませ時の観察	圧縮強度 σ_r (kg/cm ²)	
			レジン	細 砂	粗 砂	粗骨材			
A	1:8	気 乾	273	872	654	654	供試体のつまり具合が悪い。	541 531 519	530
	1:7	"	301	843	632	632	パイプレーターにかけた際、供試体の表面に若干、樹脂が浮き上る。	587 555 570	571
	1:6	"	336	806	604	604	供試体のつまりは良いが、樹脂が浮き上る。	500 470 479	483
F	1:8	"	274	876	657	657		766 779 816	787
	1:7	"	302	847	635	635		665 684 649	666
	1:6	"	338	810	608	608		662 651 667	660
H	1:5.5	"	370	814	610	610		657 668 647	657
	1:5	"	395	791	593	593		592 629 572	598
	1:4.5	"	424	763	572	572		563 600 577	580

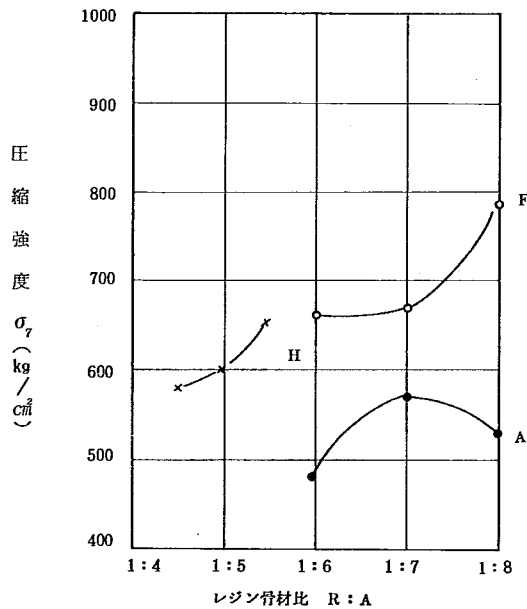


図-11 レジン骨材比 - 圧縮強度関係図

表 - 16 レジンコンクリートの配合

レジン名	レジン 骨材比 R : A	レジン (kg)	骨 材 (kg)			備 考
			細 砂	粗 砂	砂 利	
A	1 : 7	301 (274)	843 (291)	632 (218)	632 (218)	ウエッパ-の比重 1.1
B	1 : 7	302 (272)	845 (291)	633 (218)	633 (218)	ポリセットの比重 1.11
C	1 : 7	298 (281)	834 (288)	626 (216)	626 (216)	ポリクリートの比重 1.06
D	1 : 7	308 (257)	862 (297)	647 (223)	647 (223)	リゴラックの比重 1.20
E	1 : 7	302 (270)	847 (292)	635 (219)	635 (219)	エボラックの比重 1.12
F	1 : 7	302 (270)	847 (292)	635 (219)	635 (219)	ボンド E の比重 1.12
G	1 : 5	401 (308)	802 (277)	602 (208)	602 (208)	WW-3 の比重 1.3
H	1 : 5	395 (319)	791 (273)	593 (204)	593 (204)	CA レジンの比重 1.24

注：表中()内の数字は容積を表わす。

骨材の比重 2.9として容積は算出した。

レジンモルタルの配合は、レジンコンクリートの配合から砂利を除いたものとする。ウエッパ-等の低粘性のレジン $1:7 \times (1 - \frac{3}{10}) = 1:4.9$ 、高粘性の高いレジン $1:5 \times (1 - \frac{3}{10}) = 1:3.5$ となるが $\phi 2.5 \times 10$ cmの円筒形型枠に完全に詰めることが前提となり、低粘性のレジン $1:4$ 、高粘性のレジン $1:3$ とした。

一般のレジンコンクリートの場合、前掲の文献(1)(2)によるとレジン量は9~11%程度であるが今回の試験に使用した現地産の骨材を用いると、粘性の低いレンジでも15%程度のレジン量が必要とした。これはレジン骨材化を主として目視できめたこと、骨材の表面がかなりポーラスであることおよび骨材が碎石に近い形状をしていることが主な理由である。

3.2.5 試験結果

試験結果の一覧を表-17に示す。

次に個々の試験項目につき報告する。

表-17、レジンコンクリート試験一覧

レジン の名称	骨材の 含水状態	合 合		色 相				ス ラン プ SI (%)	圧縮強度(kg/cm ²)			引 張 強 度 (室温) (kg/cm ²)	単 位 体 積 重 量 (t/m ³)	モルタルの試験								備 考	
		レジン 骨材比R:A	細砂・粗砂・砂利	表 面		内 部			常 温	-10 ℃	-20 ℃			レジン骨材比R:A	フロー 値 (%)	すりへりの ロス アンゼルス による	すりへりの 硬さ による	ページ試験によるじん性					モルタルの 吸水量 (%)
				乾	湿	乾	湿											室 温	-10 ℃	-20 ℃			
ポリ エス テル 系	A	気乾	1:7	4:3:3	B	C	B	B	10	573	669	705	503	229	1:4	159	365	160	16	18	18	125	
		3%含水	同上	同上	A	C	A	C	80	404	529	557	450	223									
		6%含水	同上	同上	A	C	A	C	130	340	406	415	393	217	1:4	192	375	149	19	21	19	083	
	B	気乾	1:7	4:3:3	C	A	C	A	05	772	1064	1069	861	230		136	334	177	18	19	22	0	
		3%含水	同上	同上	B	B	B	B	0	165	270	317	228	219									
	C	気乾	1:7	4:3:3	C	A	C	A	40	886	1232	1240	1045	234	1:4	203	329	176	17	20	20	0	
		3%含水	同上	同上	B	B	B	B	0	200	265	271	230	219									
エポ キシ 系	F	気乾	1:7	4:3:3	C	A	C	A	180	574	890	877	809	199	1:4	188	189	181	21	23	22	014	
		3%含水	同上	同上	C	A	C	A	130	178	358	423	307	202									
		6%含水	同上	同上	B	B	B	B	180	142	276	366	253	201	1:4	201	228	168	23	19	20	139	
	G	気乾	1:5	4:3:3	B	C	B	C	0	308	779	786	443	233	1:3	139	236	166	22	24	22	006	
		3%含水	同上	同上	A	C	A	C	0	44	321	430	57	227									
ウレ タン 系	H	気乾	1:5	4:3:3	B	C	C	A	0	681	1009	1039	854	222	1:3	130	168	184	25	25	26	012	
		3%含水	同上	同上	B	C	B	B	0	315	424	465	367	215									
		6%含水	同上	同上	B	C	B	B	10	201	274	303	240	208	1:3	134	142	177	19	24	24	269	
ポリ エス テル 系 (追加分)	D	気乾	1:7	4:3:3	C	A	C	A	27	821	1094	1196	963	228									
		3%含水	同上	同上	B	B	C	A	33	357	496	588	345	219									
		6%含水	同上	同上	B	B	C	B	38	202			225	213									
	E	気乾	1:7	4:3:3	C	A	C	A	15	914	1079	1222	1067	230									
		1%含水	同上	同上	C	A	C	A	14	399	605	611	436	225									
コン ク リ ー ト	水中養生	W/C 49.5%	s/a	A	C	A	C	48	材令7日 455			材令7日 361	241	W/C 65%	241	1175	138	8	9	8	096		
	気乾	W/C 49.5%	s/a	A	C	A	C	48	材令7日 447			材令7日 321	236	W/C 65%	241	1745	127	7	8	7	382		

(1) 圧縮試験

骨材含水率の相違による圧縮強度の変化を図-12に示す。気乾骨材を用いた各レジンコンクリートを100とした場合の強度比を図-13示す。また試験時の温度の違いによる圧縮強度の変化を図-14に示し常温(室温)の強度を100とした場合の強度比を図-15に示す。

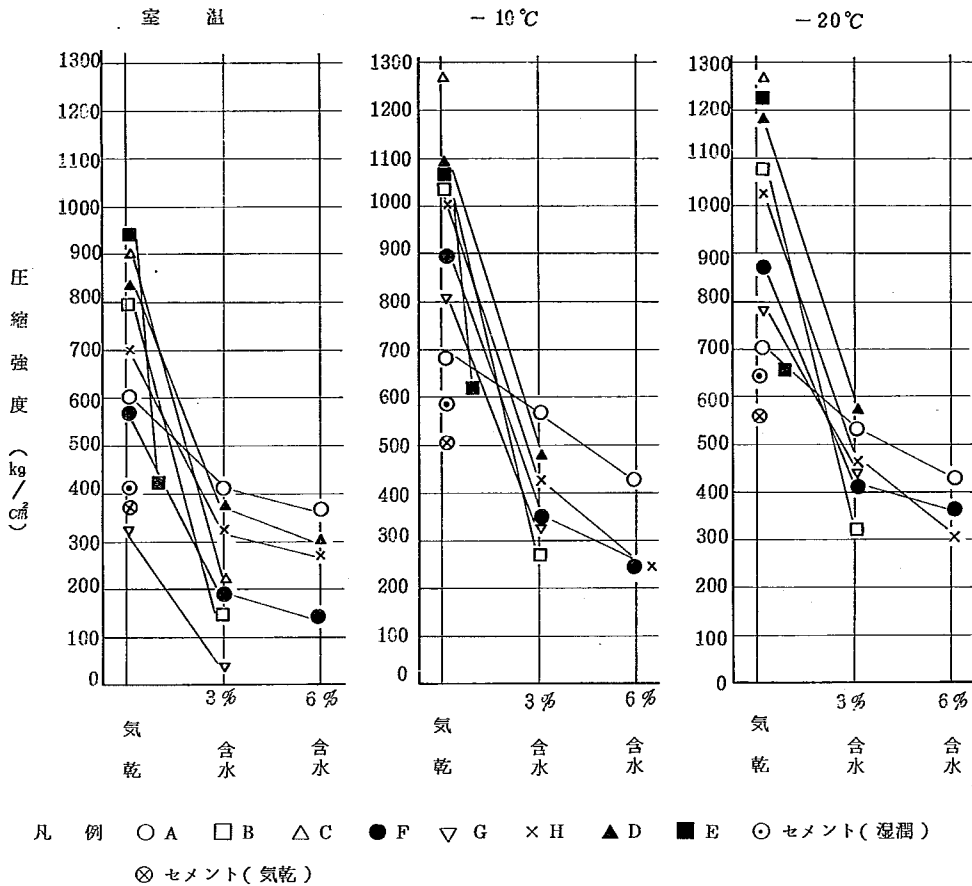


図-12 骨材の含水状態と圧縮強度との関係

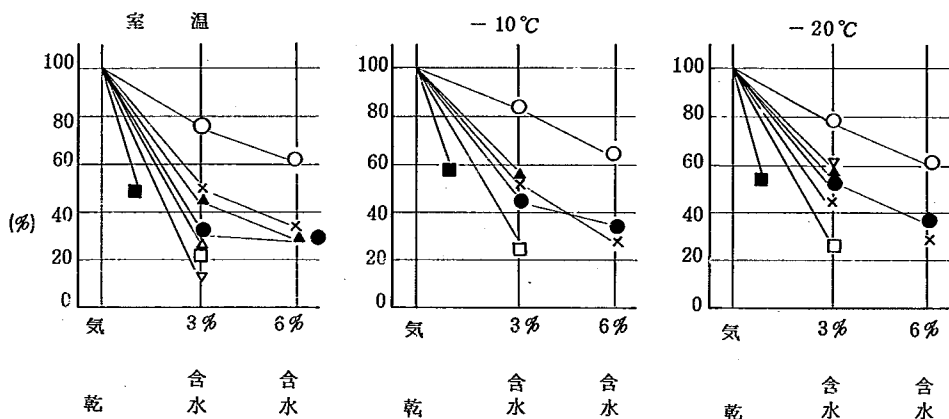


図-13 骨材の含水状態と圧縮強度との関係

(各々気乾骨材を100とした場合)

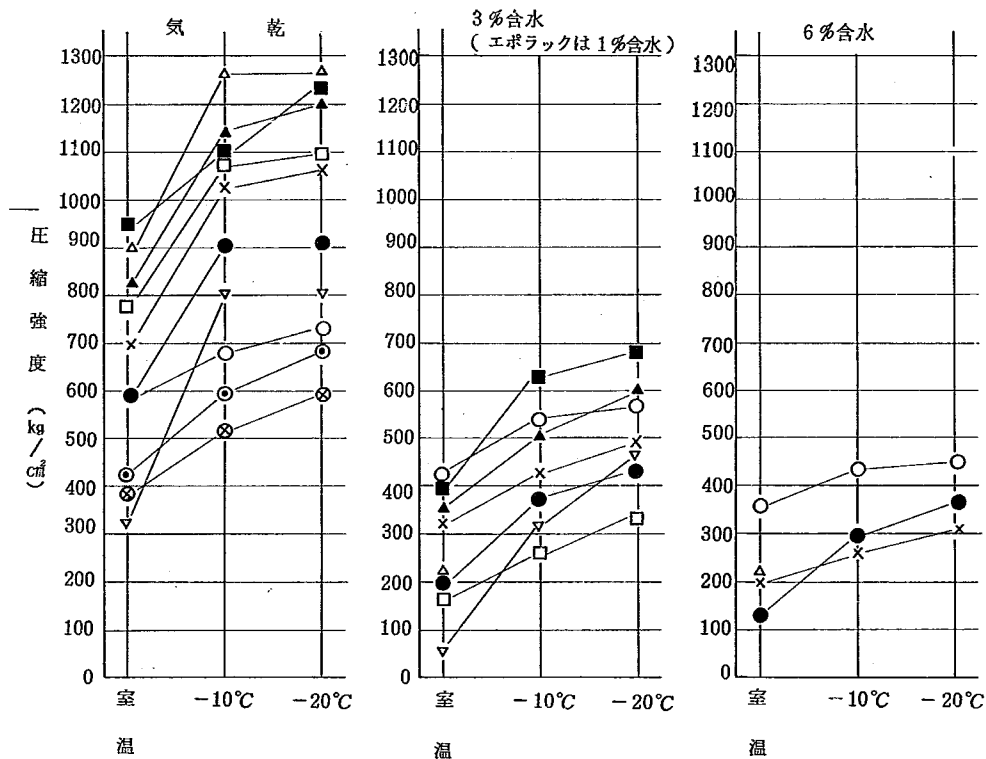
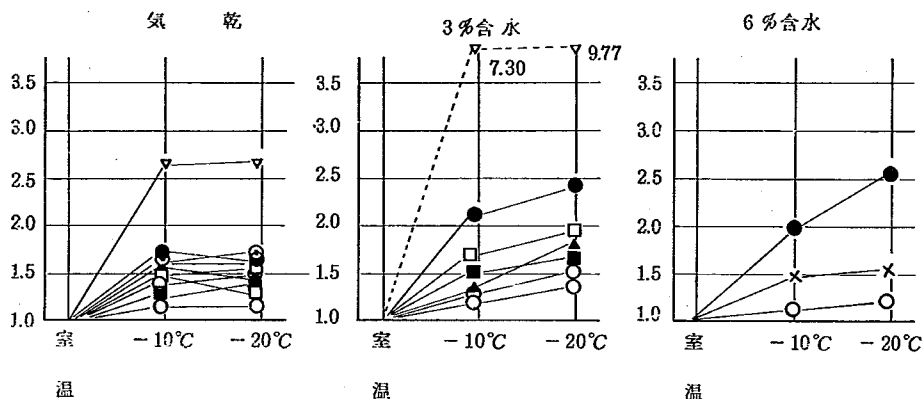


図-14 低温状態における圧縮強度の変化

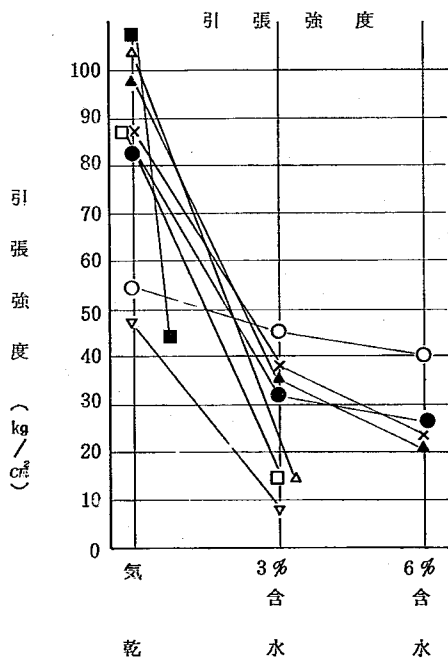


凡 例 ○ A □ B △ C ● F ▽ G × H ▲ D ■ E ⊙ セメント(湿潤)
 ⊗ セメント(気乾)

図-15 低温状態の違いによる圧縮強度比(室温状態を1とした場合)

(2) 引張試験

骨材含水率の違いによる引張強度の変化を図-16に示し、気乾骨材を用いたレジコンクリートを100とした場合の強度比を図-17に示す。



凡 例 ○ A □ B △ C ● F ▽ G × H ▲ D ■ E ⊙ セメント(湿潤) ⊗ セメント(気乾)

図-16 引張強度

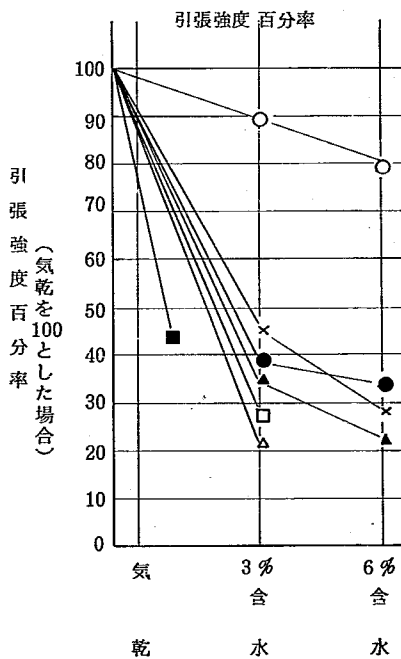


図-17 引張強度百分率

(3) じん性

骨材の含水率の違いによるじん性の変化、および試験温度とじん性の関係を図-18 に示し、試験温度の違いによるじん性の変化を図-19 に示す。

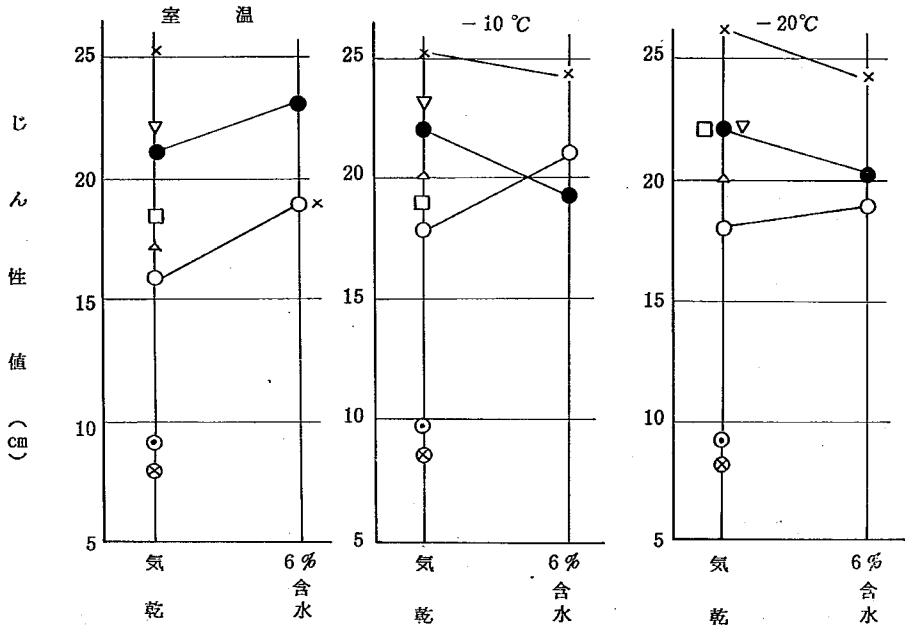


図-18 骨材の含水状態とじん性試験（ページ試験）結果との関係

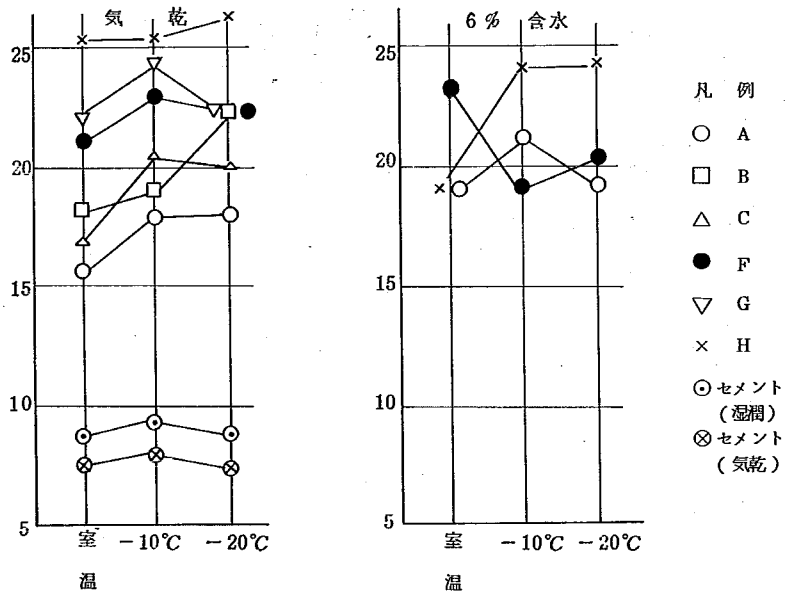
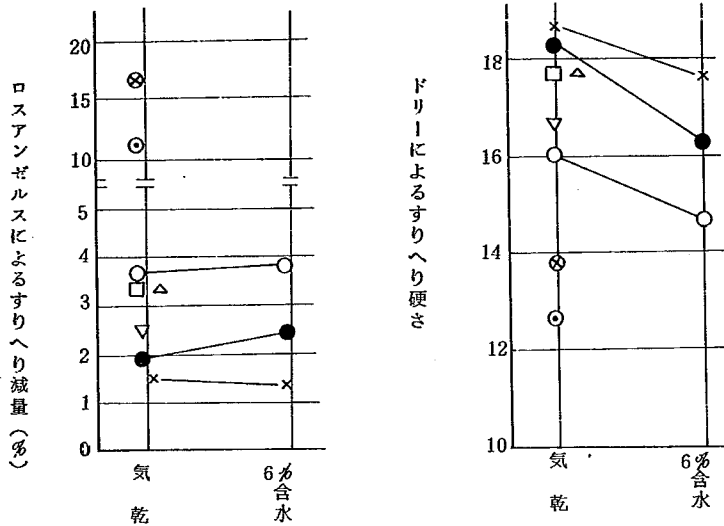


図-19 試験温度とじん性試験（ページ試験）の結果との関係

(4) 摩耗試験

すりへり硬さ及びすりへり減量の結果を図-20に示す。



凡 例 ○A □B △C ●F ▽G ×H ⊙セメント(湿潤) ⊗セメント(気乾)

図-20 骨材の含水状態とすりへり硬さとの関係

(5) 単位体積重量

レジンコンクリートの単位体積重量を図-21

(6) 吸水量

レジンモルタルの吸水量の試験結果を図-22

に示す。

に示す。

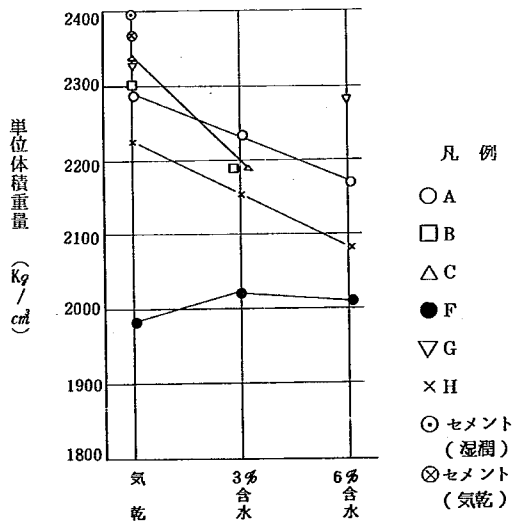


図-21 コンクリートの単位体積重量

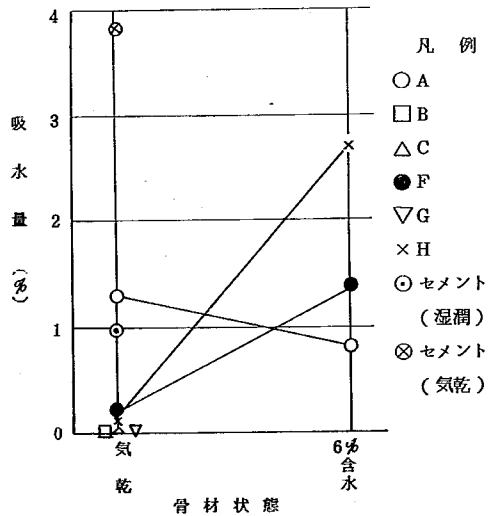


図-22 骨材の含水状態とモルタルの吸水量

3.2.6 供試体製作時の観察

(1) 粘性

(a) レジン自身の粘性

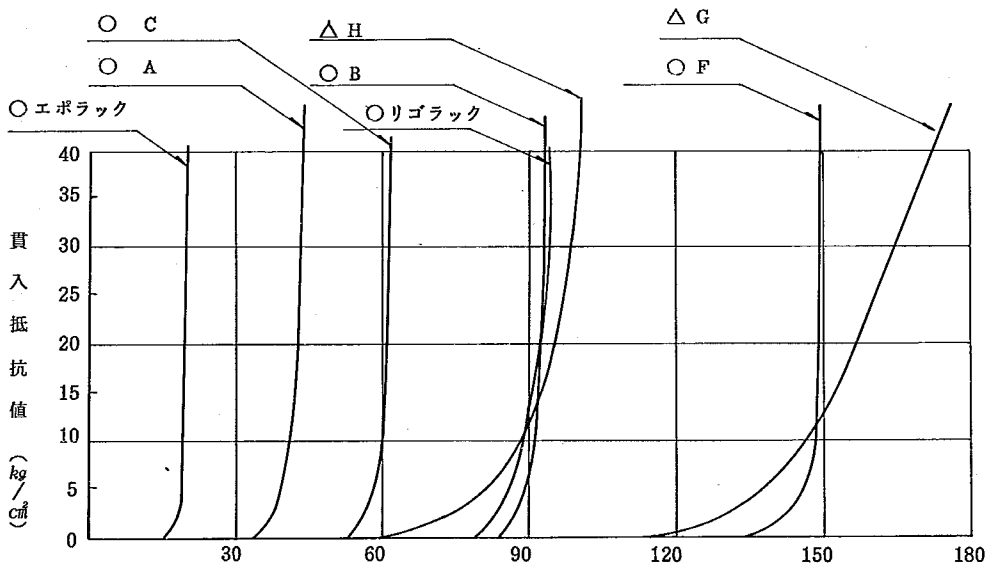
各種レジンのそれ自身の粘性についてB型粘度計を使用して測定した結果は表-18の通りである。

表-18

レジン名	A	C	B	E	D	F	G	H
粘度 CPS	900	50	250	400	300	550	11,000	9,000

(b) レジンモルタルの硬化時間

レジンコンクリートの粘性の経時変化若しくは可使時間の測定法については一定の基準はない。本試験ではプロクター貫入試験器を用いて試験を行なったが、コンクリートで試験すると粗骨材のために斜の進入がさまたげられ測定値にばらつきを生じるので、じん性、摩耗試験などに用いたのと同じモルタルを使用して貫入抵抗値を測定した。その結果を図-23に示す、試験は $21 \pm 3^{\circ}\text{C}$ の室内で行った。



注) 配合は、低粘性のもの(○) レジン:骨材=1:4
高粘性のもの(△) " =1:3

図-23 プロクターによる初期硬化

(2) レジンコンクリートの観察

(a) 練り上り時の状況

コンクリートの練り上り状況を表-19に示す。

表-19 コンクリート練りませ時の観察状況

配合名	レジン名	レジン 骨材比 R:A	骨 材 状 態	スランプ (cm)	観 察 状 況
A-0	A	1:7	気 乾	1.0	練り上り状態良好 3%含水のものは気乾に比べて流動性は増し、色はやや白っぽい色になる。
A-3			3%含水	8.0	
B-0	B	1:7	気 乾	0.5	練り上り状態は良好。ただし、3%含水のものは、気乾に比べて流動性は低下し、バサバサの感じがする。0.5cmのスランプであるがテーブルバイブレーターによる効果はある。
B-3			3%含水	0	
C-0	C	1:7	気 乾	4.0	気乾の練り上り良好。3%のものは、ポリセットと性質が似ていて流動性。低下しバサバサの感じになる。ポリセットにもみられたが3%含水のものは、レジンが分離し、型わく継目漏洩を起こす。
C-3			3%含水	0	
F-0	F	1:7	気 乾	18.0	練り上りは良好であるが、特に異臭があり、練りませず時に防臭マスクをしなければ作業が出来ないような状態であった。
F-3			3%含水	13.0	
G-0	G	1:5	気 乾	0	樹脂の粘性がたかく、R:Aが1:5でもまだ固くスランプ0cmであったが1:5で試験することにした。3%含水のものは気乾に比べ若干固くなるようである。
G-3			3%含水	0	
H-0	H	1:5	気 乾	0	WW-3と性質は似ていて、粘性がたかく、1:5でもやはりまだ固いくらいであった。3%含水のものは気乾に比べ若干固くなる。スランプ試験の際、樹脂の粘性がたかいためスランプコーンが抜けにくい状態であった。
H-3			3%含水	0	
D-0	D	1:7	気 乾	2.7	練り上りは良好 3%含水のものも気乾と同じく練り上りは良好である。
D-3			3%含水	3.3	
E-0	E	1:7	気 乾	1.5	1:7で練ったがやや固い状態であった。 3%含水のものを練ったが、ポリクリート、ポリセットと同じように樹脂の分離がおきたためとりやめ1%含水のものを練りませた。
E-1			1%含水	1.4	

(b) 型枠内への填充状況

型枠内へのレジンコンクリートの填充状況として、スランプ値(目視も含む)から求めると、A, B, C, D, E, Fはスランプが0.5-1.0cm程度あればテーブルバイブレーターによる締めめは、

表 - 20 レジンコンクリートと現地産骨材の色相の比較

レジン名	配合名	観察場所 比較骨材 骨材状態	供試体表面の観察				供試体内部の観察			
			気乾	水浸	所 見		気乾	水浸	所 見	
A	A-0	気 乾	B	C	- 気乾骨材を使用した供試体は脱型した際は、骨材を含水した状態と同色であるが、供試体を2, 3日放置すると色が灰色に近くなる。 - 含水骨材の供試体は、気乾状態の供試体よりもさらに白っぽくなる。水の量を増すと白っぽくなる傾向にある。		B	B	気乾骨材使用、含水した骨材使用の供試体も同様に、表面よりやや濃い色である。	
	A-3	3%含水	A	C			A	C		
	A-6	6%含水	A	C			A	C		
B	B-0	気 乾	C	A	- 気乾骨材を使った際、ウェッパ使用時のように白っぽくならず、供試体は、骨材を含水した状態の色である。 - 含水骨材を使用した供試体は樹脂と骨材が分離を起こし、上部と下部に分かれ、上部は黒っぽく、下部は白っぽい色。		C	A	気乾骨材使用の供試体は表面の色と同色である。含水した骨材も同じく気乾骨材の色よりもやや薄くなるが表面と同じである。供試体は上部はバサバサという感じで、下部白っぽいが締まっている。	
	B-3	3%含水	B	B			B	B		
C	C-0	気 乾	C	A	気乾、含水骨材ともポリセットを使用した時と同じ状態で色もだいたい同じである。		C	A	気乾、含水骨材を使用した双方ともポリセットを使用した供試体と色と状態も同様である。	
	C-3	3%含水	B	B			B	B		
F	F-0	気 乾	C	A	- 気乾骨材の使用の供試体はポリセット・ポリクリート使用と同じで骨材含水状態の色と同じである。 - 骨材を3%含水した状態の供試体は気乾状態のものよりもやや薄くなり、6%含水にすると、3%のよりもさらに薄くなる。		C	A	気乾、含水骨材を使用した供試体双方とも、表面よりやや薄い色になる。	
	F-3	3%含水	C	A			C	A		
	F-6	6%含水	B	B			B	B		
G	G-0	気 乾	B	C	- 気乾骨材使用の供試体は、樹脂そのものの色（灰色）になる。 3%含水にすると気乾骨材使用のものよりも白っぽくなり白灰色になる。		B	C	- 気乾骨材使用の内部も表面と同じで灰色になる。 3%含水骨材使用の供試体内部は白灰色。	
	G-3	3%含水	A	C			A	C		
H	H-0	気 乾	B	C	- 気乾骨材の場合は、樹脂の色相の濃淡がでる。 3%, 6%と含水率を多くすると気乾骨材使用の際よりもやや薄くなり骨材気乾状態に似る。		C	A	骨材状態気乾の内部は骨材の色で表面はやや色は薄くなる。	
	H-3	3%含水	B	C			B	B		
	H-6	6%含水	B	C			B	B		
D	D-0	気 乾	C	A	ボンドE使用の供試体とほとんど似た色で、3%, 6%含水ともボンドEと同様に色がやや薄くなる。		C	A	- 内部は表面よりやや薄い骨材含水状態の色である。 3%含水骨材使用の供試体は気乾状態よりもやや薄くなる。 6%含水の供試体は、3%含水よりもさらに薄くなる。	
	D-3	3%含水	B	B			C	A		
	D-6	6%含水	B	B			C	B		
E	E-0	気 乾	C	A	- 気乾骨材を使用した場合、ポリセット、ポリクリートと同じで骨材含水した色で茶色の濃い色となる。 1%含水の供試体はやや気乾のものよりも薄くなる。		C	A	気乾骨材使用の供試体は表面よりもやや薄い色になる。	
	E-1	1%含水	C	A			C	A		
コン クリ ット	C		A	C	乾燥した状態で比較した。		A	C	乾燥した状態で比較した。	

注] 現地の岩は状態が気乾状態と水浸状態で色相が著しく異なるので、気乾供試体の色相を気乾骨材、水浸骨材と比較した。

表中A, B, CはA・非常に似ている。B・やや似ている。C・似ていない。に分類したもの。

なお、A, B, Cでは、表現が十分でないため所見で観察結果を簡単に表現した。

は容易であった、しかし棒状バイブレーターでの締固めでは、スランプ1 cm程度でもバイブレーターの効果は得られなかった。また表-19に示すスランプ測定は、コーンを引き抜いてすぐ測定した結果であり、セメントコンクリートのスランプとは異なり、スランプが3~5 cm以上のものは時間の経過に伴ってスランプ値は大きくなる。WW-3, CAレジン は前記の6種類のレジンに比べて、レジン自身の粘性が高く、特にCAレジン はスランプコーンを引き上げるとコンクリートも伴って引き上がるように付着力が大きく、気乾、3%含水骨材では測定できなかったが感じとしてスランプ0 cmとした、またこの2種類はレジンの骨材比を1:5としたが、それでもかなり固く型枠内へ完全に詰めるのにかなりの時間を要した。

(C) コンクリートの色調

現地骨材とレジンコンクリートの色調の比較を表-20に示す。評価はABCの三段に分けた。

3.2.7 暴露試験

レジンコンクリート供試体の1部を現地に設置し、自然状態での暴露試験を行なった。試験結果は次年度以降になる。

(1) 位置の選定

暴露施設は富士山5合目御中道沿いの富士大沢のお助け小屋付近に、予定されたが、この予定地付近には木造平家建てのお助け小屋の他に、建設省富士砂防工事事務所建造の気象観測小屋がある。本予定地は風および雪崩れの影響の安定した地点と考えられる。

そこで、現地を踏査の上、図-24写真-1に示す比較的平坦な立木の少ない場所に暴露台を設置することにした。

又供試体一覧表を表-21に、供試体の配列を図-25に示した。



写真-1

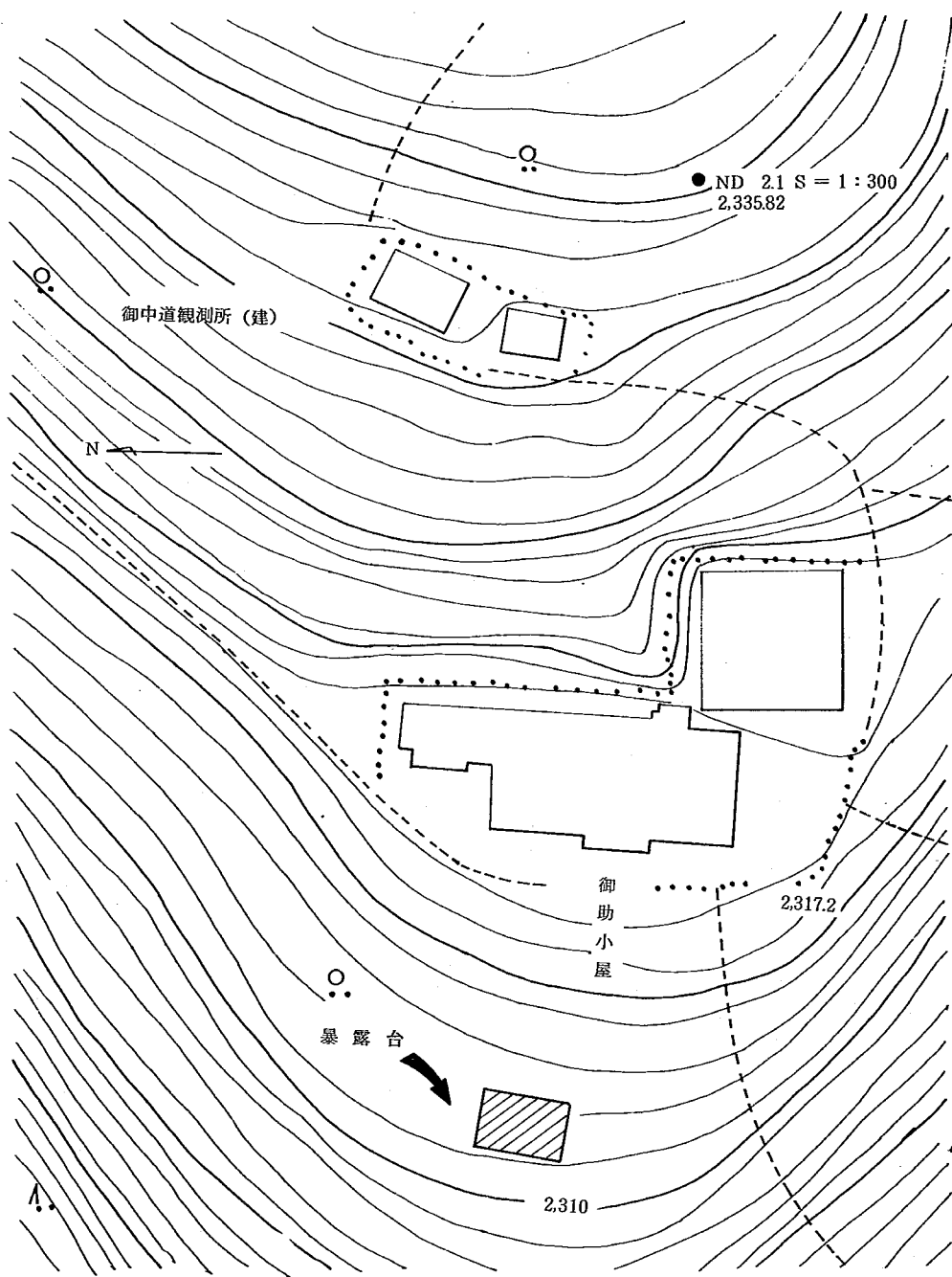


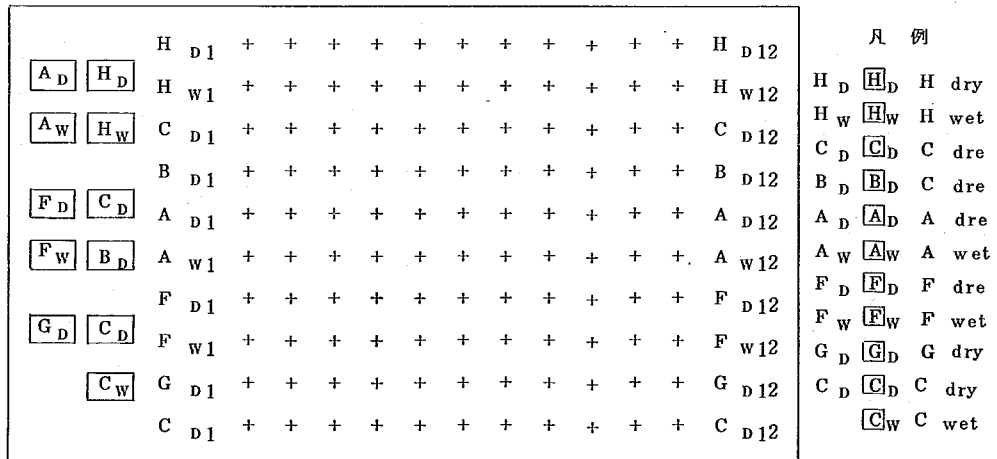
図 - 24 暴露施設位置図

表 - 21 供 試 体 一 覧 表

コンクリート 名	骨材の状態	数 量	モルタル 名	骨材の状態	数 量	摘 要
H	気 乾	12	H	気 乾	6	コンクリートにつ いては圧縮試験用 圧裂試験用供試体 とする。 モルタル供試体は じん性とする。
H	湿 潤	12	H	湿 潤	6	
C	気 乾	12	C	気 乾	6	
B	気 乾	12	B	気 乾	6	
A	気 乾	12	A	気 乾	6	
A	湿 潤	12	A	湿 潤	6	
F	気 乾	12	F	気 乾	6	
F	湿 潤	12	F	湿 潤	6	
G	気 乾	12	G	気 乾	6	
セメント	(湿潤養生)	12	セメント	湿潤養生	6	
			"	気乾養生	6	
計		120	計		66	

- (注) 1. コンクリート供試体形状寸法 $\phi 100 \times 200$ 一軸, 圧裂用
2. モルタル供試体形状寸法 $\phi 25 \times 25$ じん性用

図 - 25 暴露試験用供試体配置図



○ 円筒型コンクリート供試体

 じん性試験モルタル供試体

4. 昭和47年度実施内容

4.1 試験内容

46年度試験を実施した8種類のレジコンクリートのうち、物理的機械性質が優れかつ色調が使用骨材に近似する、4種類のレジンを選定し、それらのレジンを改良して46年度と同様な試験を行った。また前年度から実施している暴露供試体の試験を併せて行った。なお今年度新たに凍結融解試験を実施した。

4.1.1 試験項目

改良したレジンの特性を表-22に示す。試験項目は前年度と同様であるが、凍結融解作用によるレジコンクリートの劣化及び凍結融解による剥離等の調査を追加した。

レジコンクリート試験の一覧表を表-23に示す。

4.1.2 試験方法

前年度と同様であるが、凍結融解試験はASTMC-666(水中における急速凍結融解試験方法)に準じて行った。

表-22 レジンの特性値

(20℃~25℃)

商 品 名		A	F	D	H
会 社 名		三井東圧株式会社	小西義助商店	昭和高分子株式会社	保土谷化学工業株式会社
配 合	種 類	主剤, 硬化剤	主剤, 硬化剤	主剤, 硬化剤	主剤・硬化剤
	重量比	1:0.02	3:1	1:0.01	1:2
主 剤	色 相	乳褐色	半透明黄褐色	半透明淡紫色	暗褐色
	比 重	1.12	1.20	1.20	1.24(温合)
	粘 土 (CPS)	700~1000	1,700	300	約9,000(混合)
硬化剤	色 相	無色透明	赤褐色透明液	無色透明	白 色
	比 重	—	1.10	—	1.24(温合)
	粘 土 (CPS)	—	130	—	約9,000(混合)
そ の 他			○ 硬化剤が強度の悪臭を放す。		硬化剤の粘性がたかく、主剤と硬化剤の混合に時間を要した。

注) 1. A, Dの硬化剤は使用量が少ないため比重, 粘土は無視した。

注) 2. Hの粘土は, 主剤と硬化剤を混合したものである。

表-23

室内試験内容一覧表（1種類当り）

	試験項目		試験時の状態	供試体寸法	試験体個数又は重量		備考	
					気乾骨材	3%含水		
コンクリート	圧縮強度	一軸圧縮	室温	φ10×20cm	3	6		
			-10℃		3	6		
			-20℃		3	6		
		材令と強度		室温	φ10×20cm	9	-	示様書では5種類（スランブ一定）、追加、スランブ一定1種とレジン骨材比一定を1種
		細骨材率（s/a）の変化		室温	φ10×20cm	15⑤	15③	
		細骨材の粒度変化		室温	φ10×20cm	21	-	
	引張強度		室温	φ10×20cm	3	6		
	比 重		室温	φ10×20cm	③	3		
	凍 結 融 解	-	10×10×40cm	-	3	単体（レジンコンクリートのみ）		
-		10×10×20cm	3	3	張合せ（AEコンクリートとレジン） コンクリートの水平打継			
モルタル	じん 性	室温	φ2.5×2.5cm	3	3			
		-10℃		⑤	3			
		-20℃		⑤	3			
	摩 耗（ド リ ー）		室温	φ2.5×10cm	-	3		
	摩 耗（ロサンゼルス）		室温	4×4×4cm	-	5		
	吸 水 量	室温	4×4×4cm	-	5	7日水中放置		
		室温		-	5kg	2kg/cm ² 加圧（昨年度と比較のため）		

注○印は前年度との比較を主たる目的としたもの。凍結融解試験にともなう測定を、下表に示す。

	供試体の種類	測定または試験内容	気乾	3%	備考
凍結融解試験を実施したもの	単体	1次たわみ振動数を測定し、動弾性係数を求めた。	-	3	50サイクル毎に測定
		重量の測定	-	3	500サイクルまで
		曲げ圧縮強度試験	-	3	
	張合せ	任意の共鳴振動数の測定	3	3	50サイクル毎に測定
		重量の測定	3	3	300サイクルまで
		超音波伝播速度の測定	③	③	
		接着強度（圧縮せん断試験による）	3	3	
凍結融解試験を実施したもの	単体	曲げ、圧縮強度試験	-	③	
	張合せ	超音波伝播速度の測定	①	①	
		接着強度（圧縮せん断試験による）	①	①	

凍結融解試験の供試体は次の2種に分けて試験を行った。

凍結融解試験(A)は、 $10 \times 10 \times 40$ cmのレジンコンクリート供試体を用い、1日8サイクルで500サイクルの凍結融解試験を行い、50サイクル毎に重量変化と動弾性係数を測定し500サイクル終了後強度試験を行った。

凍結融解試験(B)は、図-26に示すような、AEコンクリートにレジンコンクリートを打ち継いだ供試体を用い、1日8サイクルで300サイクルの凍結融解試験を行った。50サイクル毎に外見観察を行い、300サイクル終了後に打ち継面のせん断試験を行った。試験機及び供試体形状は図-26に示す。

4.1.3 使用骨材

前年度採取した富士山大沢大滝の下流数100mの溪床石礫を採取したものである。骨材の粒度分布及び骨材の試験結果一覧表を表-24、25に示す。

表-24 ふるい分け試験結果

ふるいの呼び寸法 (mm)	粗 骨 材		細 骨 材		現地採取の骨材	
	各ふるいにとどまる重量百分率(%)	各ふるいを通過する重量百分率(%)	各ふるいにとどまる重量百分率(%)	各ふるいを通過する重量百分率(%)	各ふるいにとどまる重量百分率(%)	各ふるいを通過する重量百分率(%)
25	0	100			0	100
20	16	84			5	95
15	21	79			6	94
10	53	47			16	84
5	100	0	0	100	30	70
2.5			16	84	41	59
1.2			35	65	55	45
0.6			35	45	68	32
0.3			71	29	80	20
0.15			83	17	88	12
0.074			90	10	93	7
粗粒率(F.M)	6.69		2.60	—	3.83	—

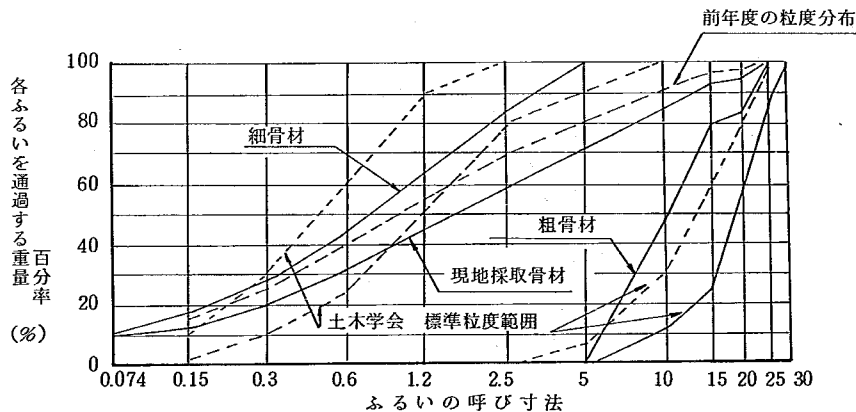
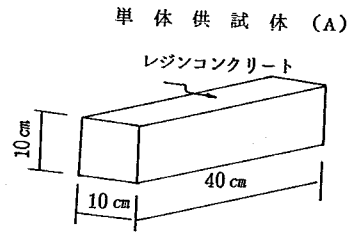
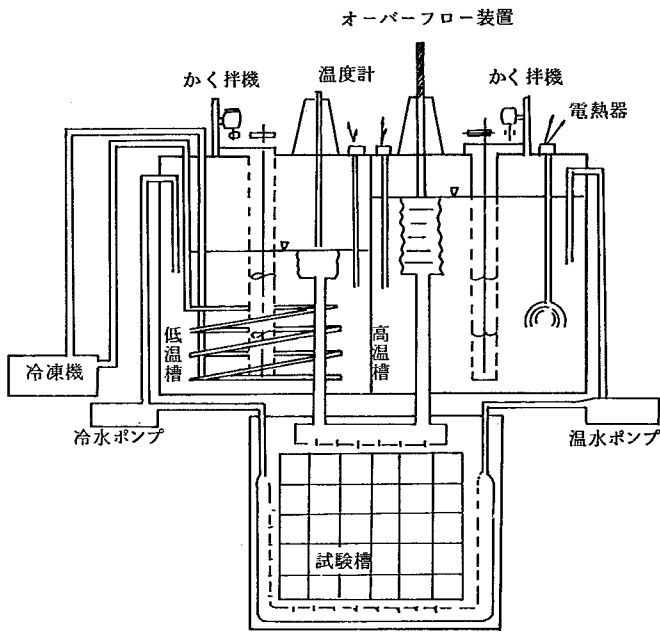


図-26 凍結融解試験装置および供試体形状



張り合せ供試体 (B)

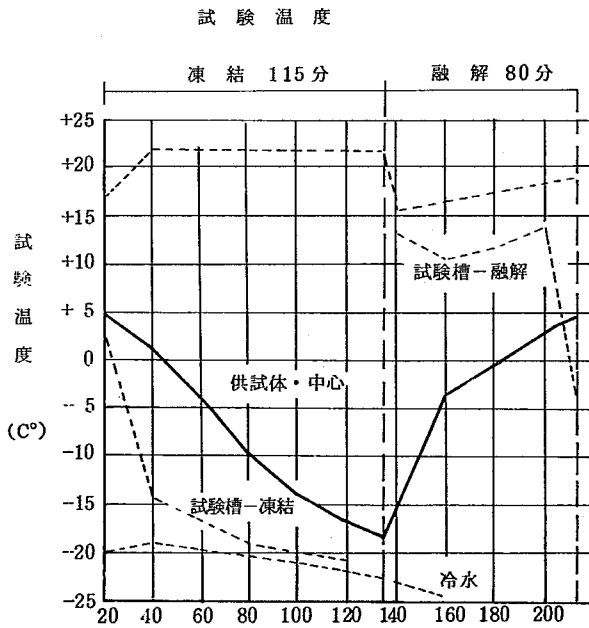
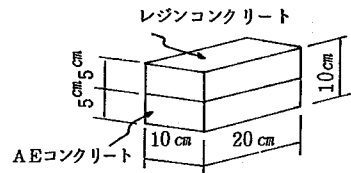


表 - 25 骨材の試験成績表

試験項目		粗骨材	細骨材	
			粗砂	細砂
比重	絶乾	2.90	—	2.90
	表乾	2.60	2.85	
吸水量 (%)	表乾	2.04	0.81	
	気乾	0.20	0.10	0.10
単位容積	密充	1.493	1.627	1.976
	軽装	1.377	1.487	1.633
重量(kg/m³)				
空隙率 (%)	密充	48.5	43.9	31.9
	軽装	52.5	48.7	43.7
ロサンゼルス によるすりへり減量 (%)	B 区分	26.0	—	
	C 区分	25.4	—	

- 注] 1. 比重のうち絶乾はセメント試験と同様に行なった。粗骨材は細砂と同じになるよう粉末にした。
- 注] 2. 単位容積重量の密充はジッキングの方法で行なった。
- 注] 3. ロサンゼルスによるすりへり減量は、5～25mmの骨材でB区分とC区分があるため両方を実施した。

4.1.4 配合

(1) レジンコンクリートの配合

本試験に用いたレジンコンクリートの配合は、レジンメーカーに使用する骨材を支給し、各メーカーで検討したうえ土木研究所と打合せて最終的に決定した。その配合を表-26に示す。

表 - 26 レジンコンクリートの配合 (メーカー指定)

レジン名	レジン 骨材比 R : A	骨材の内訳 細砂 : 粗砂 : 粗骨材	単位量 (Kg/m³)				
			レジン (R)	細骨材 (S)		粗骨材 (G)	
				細砂	粗砂	5~10 mm	10~25 mm
A	1 : 7	4 : 3 : 3	302 (27.0)	847 (29.2)	635 (21.9)	318 (11.0)	318 (11.0)
F	1 : 7	4 : 4 : 2	308 (25.7)	862 (29.7)	862 (29.7)	216 (7.4)	216 (7.4)
D	1 : 7	4 : 3 : 3	308 (25.7)	862 (29.7)	646 (22.3)	324 (11.2)	324 (11.2)
H	1 : 5	3 : 2 : 5	395 (31.9)	593 (20.4)	395 (13.6)	494 (17.0)	494 (17.0)

表中の()は容積を表わし数字は百分率を示す。

骨材の比重は2.9として重量、容積を算出した。

(2) レジンモルタルの配合

レジンモルタルの配合はレジンコートの配合から粗骨材を除いたものとした。(表-27)。

表-27 レジンモルタルの配合

レジン名	レジン 骨材比 R : A	単 位 量 (kg/m³)		
		レジン R	細 砂	粗 砂
A	1 : 4.9	387 (34.6)	1,084 (37.4)	813 (28.0)
F	1 : 5.6	362 (30.2)	1,013 (34.9)	1,013 (34.9)
D	1 : 4.9	396 (33.0)	1,108 (38.9)	831 (28.7)
H	1 : 2.5	599 (48.3)	899 (31.0)	599 (20.7)

4.1.5 試験結果

試験結果の一覧を表-28に示す(凍結融解を除く)次に個々の試験項目につき報告する。

表-28 試験結果一覧

	レジン の 名 称	骨材の 含水状 態	配 合		色 相		ス ラ ン プ SI (cm)	圧縮強度 (kg/cm ²)			引 張 強 度 (室温) (kg/cm ²)	単 位 体 積 重 量 t/m ³	モ ル タ ル 試 験									
			レジン 骨材 比A	細砂 粗砂 砂利	表面 気 乾	内 部 気 乾		常 温	-10 ℃	-20 ℃			レジン 骨材 比A	フロ ー 値 (%)	ロス 率 (%)	硬さ の 変 化 (%)	ドリ リー 硬さ (%)	ベージ試験 によるじん性			モルタルの 吸水量	
																		室 温	-10 ℃	-20 ℃		
ポリ エス テル 系	A	気乾	1:7	4:3:3	B	A	31	675	878	931	569	23	1:4.9	138	-	-	20	22	24	-	-	
		3% 含水	1:7	4:3:3	B	B	49	432	550	592	474	224	1:4.9	144	3.9	16.9	17	20	21	3.0	3.7	
	D	気乾	1:7	4:4:2	B	A	33	1,140	1,330	1,390	1,130	232	1:5.6	135	-	-	22	19	24	-	-	
		3% 含水	1:7	4:4:2	B	A	46	227	417	461	232	221	1:5.6	140	5.0	16.8	15	25	16	1.0	2.9	
ポリウ レタ ン 系	H	気乾	1:7	4:3:3	C	B	-	689	908	1,000	839	219	1:4.9	140	-	-	25	25	37	-	-	
		3% 含水	1:7	4:3:3	C	C	-	316	433	469	37.6	21.6	1:4.9	145	1.9	18.1	31	16	32	0.7	0.8	
エポ キシ 系	F	気乾	1:5	3:2:5	B	A	2.8	1,070	1,290	1,370	1,150	224	1:2.5	128	-	-	22	30	31	-	-	
		3% 含水	1:5	3:2:5	B	A	0.9	484	717	815	65.0	22.0	1:2.5	132	3.1	16.8	19	19	21	0.3	0.6	

(1) 一軸圧縮試験

気乾骨材を用いたレジンコンクリートの圧縮強度の関係を図-27に示す。

骨材含水率の違いによる圧縮強度変化を図-28に示し 気乾骨材を用いた各レジンコンクリートの強度を100とした場合の強度変化率を図-29に示す。

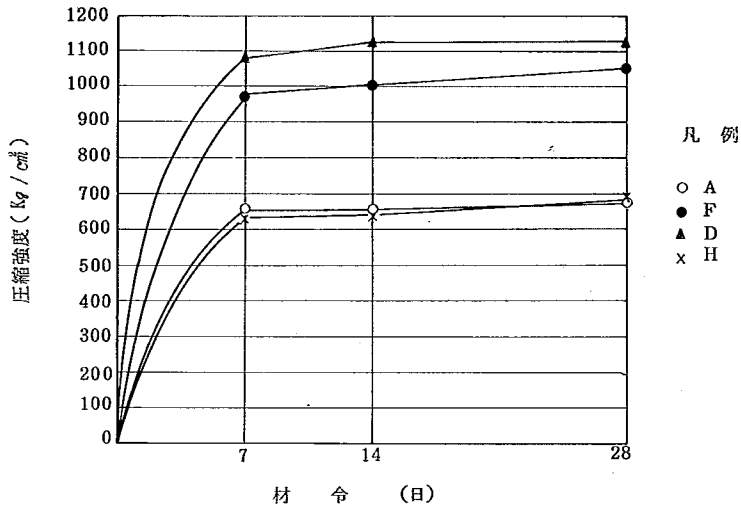


図-27 気乾骨材を用いた各レジンコンクリートの材令と強度の関係

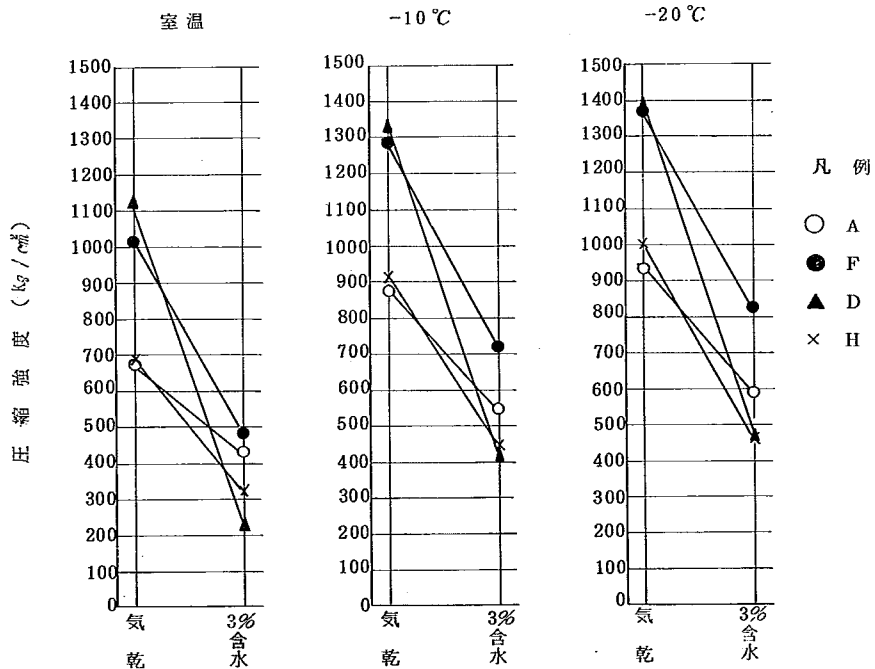


図-28 骨材の含水状態と圧縮強度との関係

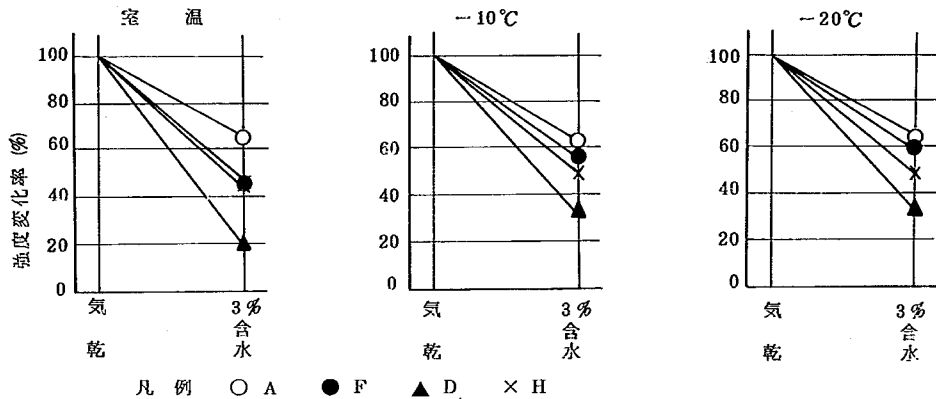


図-29 含水状態の違いによる圧縮強度比

(各々気乾骨材を用いたものの強度を100とした場合)

試験時の温度の違いによる圧縮強度の変化を図-30に示し室温の強度を100とした場合の強度比を図-31に示す。

ポリエステル系Dについては3%含水の骨材を使用した場合、レジン(薬剤)と骨材が分離する傾向を示し、結果的には前年度のレジコンクリートの方が、高い強度を示した。

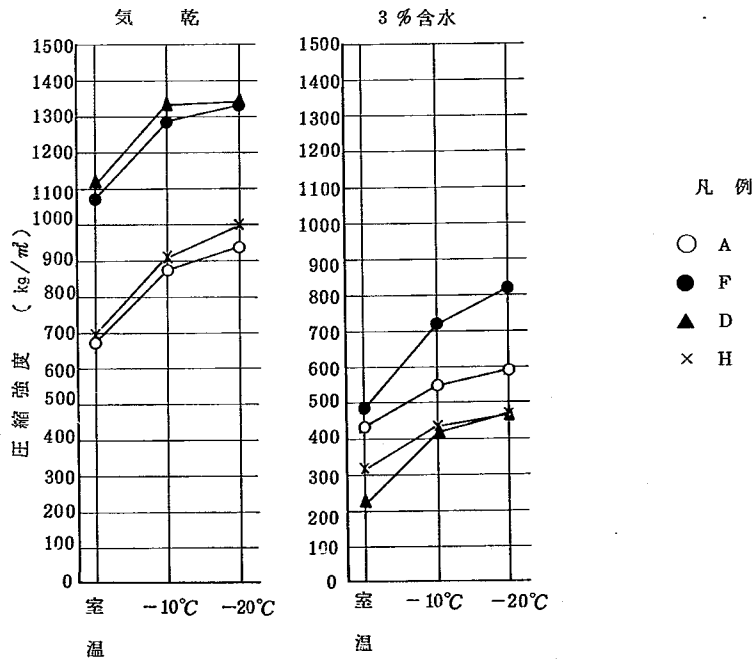


図-30 試験時の温度と圧縮強度の関係

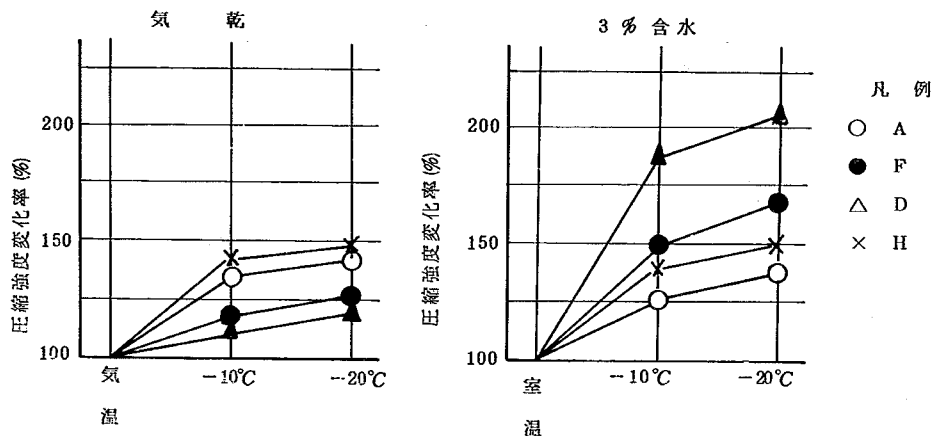


図-31 低温状態の違いによる圧縮強度比
(室温状態を100とした場合)

(2) 引張強度

4種のレジコンクリートについて、骨材の含水状態と引張強度の関係を示す。

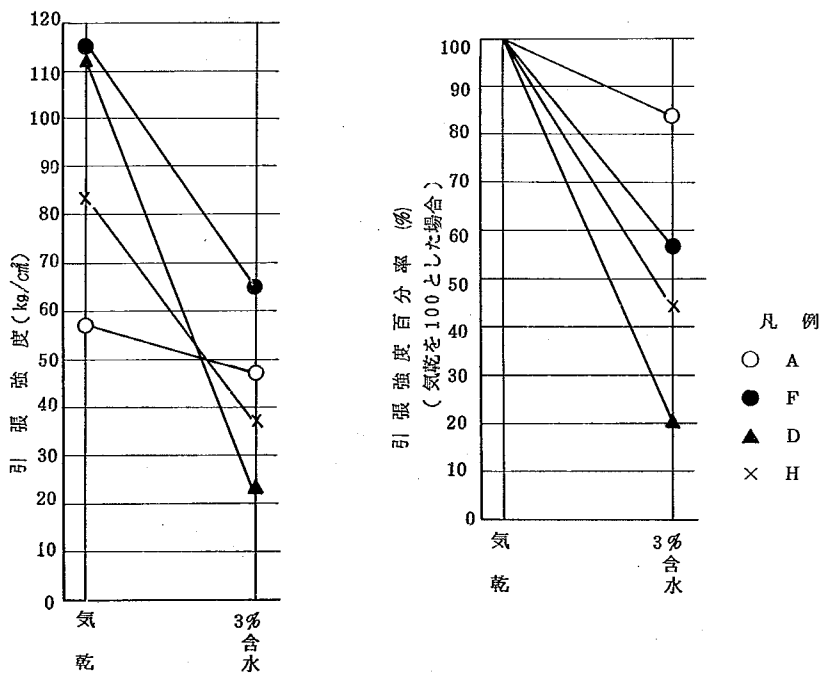


図-32 骨材の含水状態と引張強度の関係

(3) じん性

骨材の含水率の違いによるじん性を図-33に示し、試験時の温度の違いによるじん性の変化を図-34に示した。

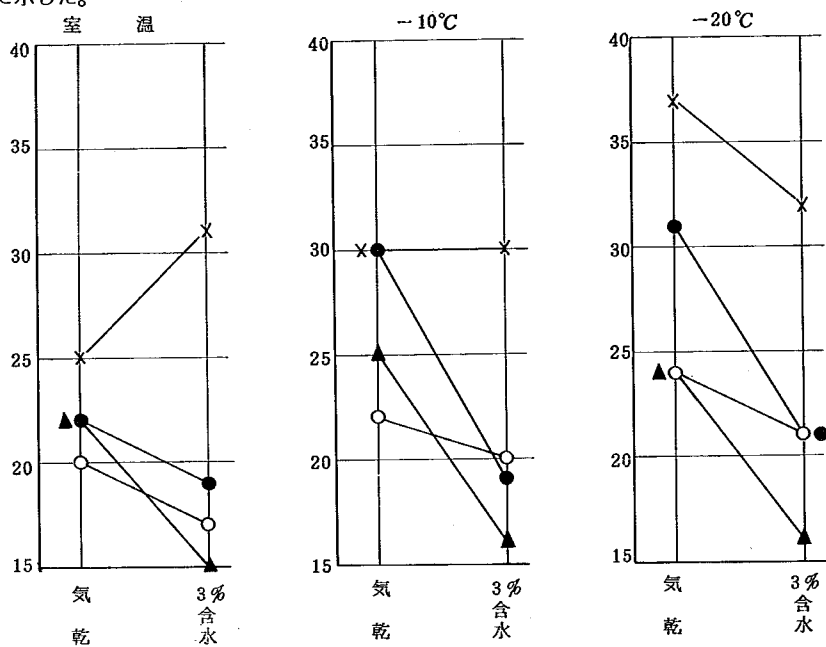


図-33 骨材の含水状態とじん性の関係

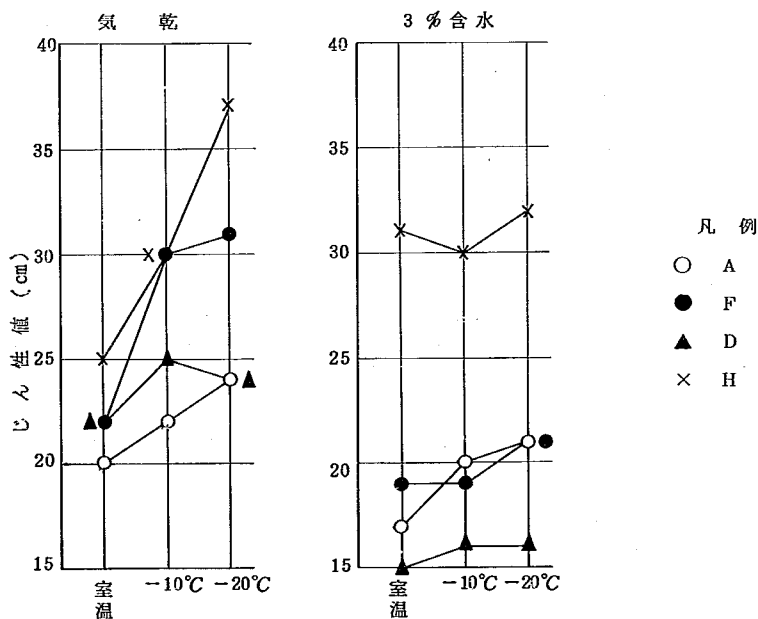


図-34 試験温度とじん性の関係

(4) 摩耗試験

すり減量及びすりへり硬さを図-35(a)(b)に示す。

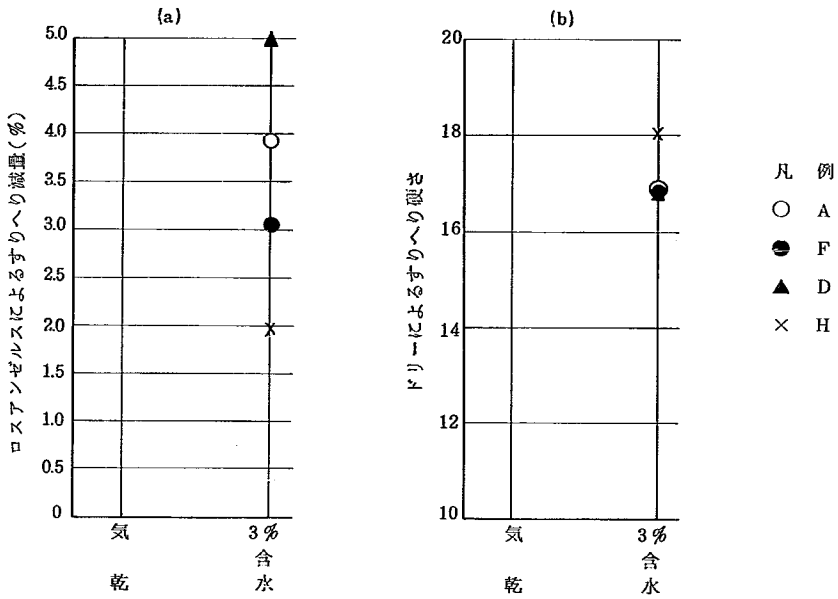


図-35 摩耗(すりへり減量, すりへり硬さ)試験結果

(5) 単位体積重量

骨材含水率の違いによるレジンコンクリートの単位体積重量の変化を図-36に示す。

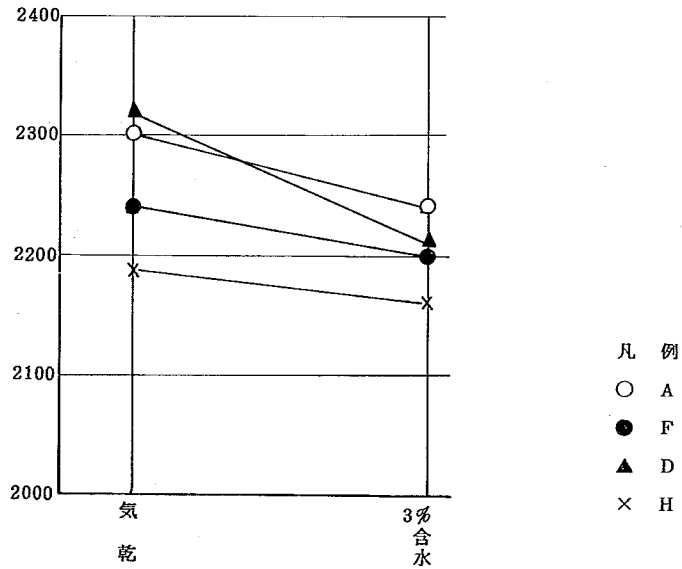


図-36 骨材の含水状態とコンクリートの単位体積重量の関係

(6) 吸水量

吸水量を図-37に示す。

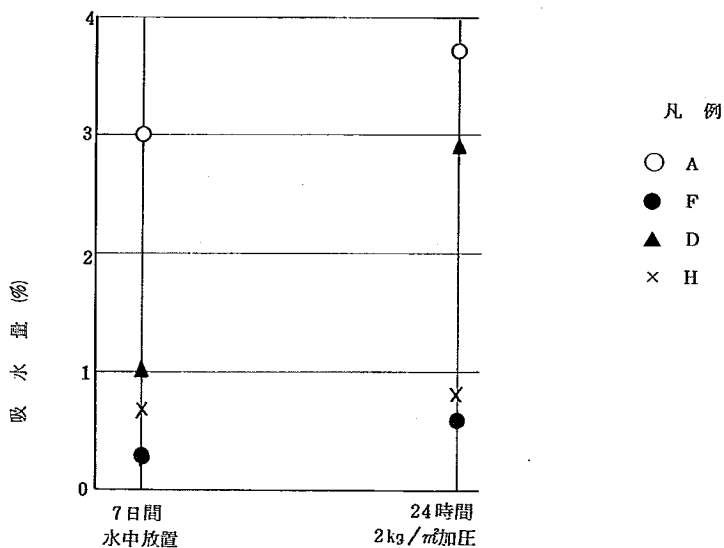


図-37 吸水量試験結果

(7) 凍結融解試験

(7)-1 凍結融解試験(A)(10 cm × 10 cm × 40 cm の単位供試体を使用)

相対動弾性係数、重量変化、曲げおよび圧縮強度を図-38, 39, 40に示す。

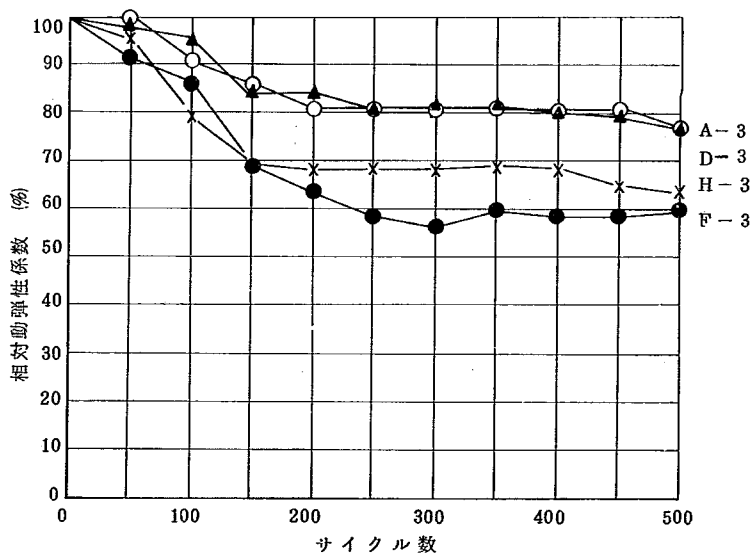


図-38 単体供試体の相対動弾性係数の変化

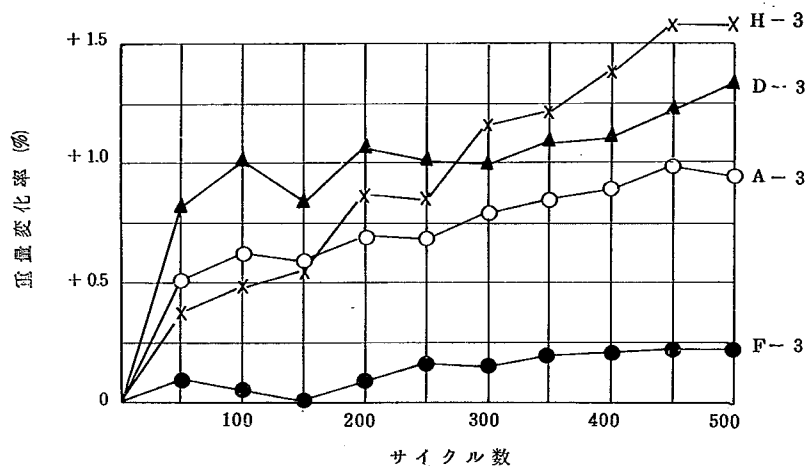


図-39 単体供試体の重量変化

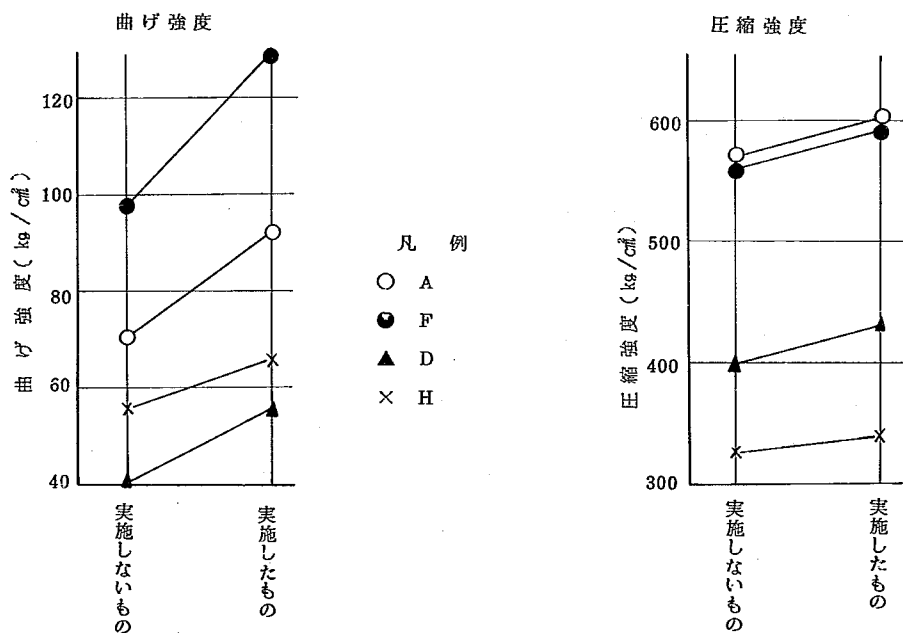


図-40 単体供試体の曲げおよび圧縮強度
(凍結融解試験を実施したものと、しなかったものの関係)

(7)-2 凍結融解試験(B) (10×10×20cmのはり合せ供試体を使用)

超音波伝播速度, 共鳴振動数, 重量変化, 及び接着強度の試験結果をそれぞれ図-41, 42, 43, 44に示す。

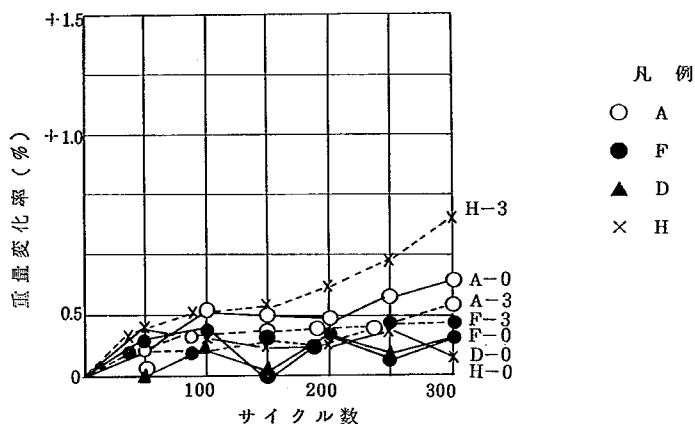


図-41 張合せ供試体の重量変化

(a) 骨材含水率の違いによる接着強度 (b) 凍結融解を実施したものと、しないものとの関係 (凍結融解を実施したもの)

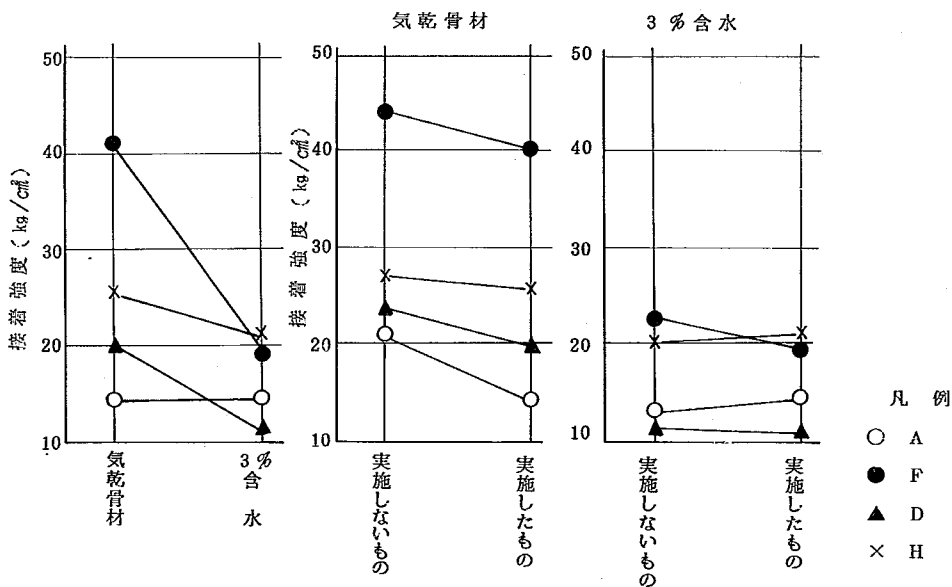


図-42 張合せ供試体の接着強度

(a) 骨材含水状態の違いによる伝播速度
(凍結融解を実施したもの)

(b) 凍結融解を実施したものと、しないものとの関係

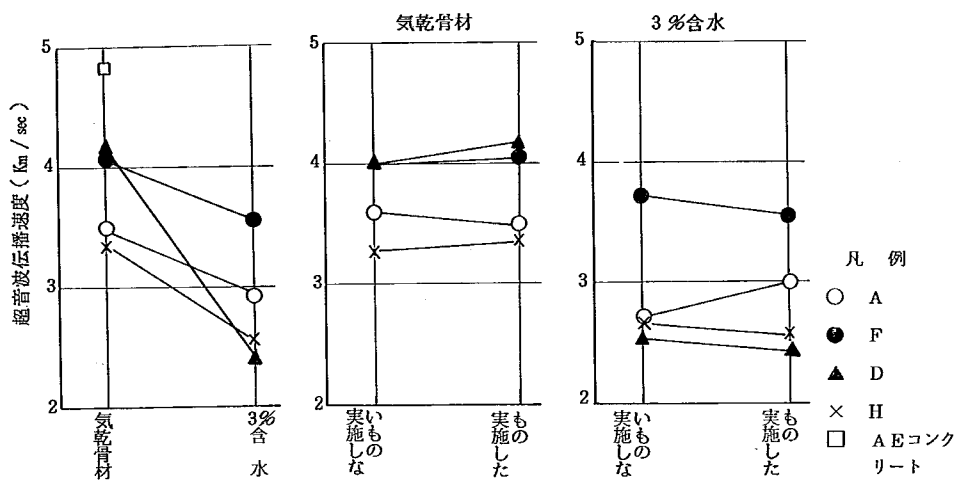


図-43 張合せ供試体の超音波伝播速度 (レジコンクリートのみ)

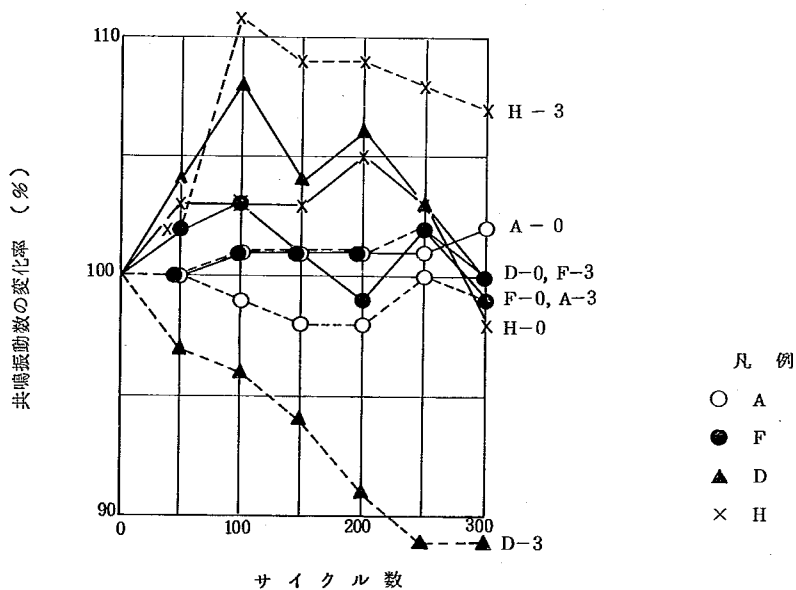


図-44 張り合せ供試体の共鳴振動数の変化

4.1.6 供試体製作時の観察

レジンコンクリート練りませ時の状況を表-29に示す。

表-29 レジンコンクリートの練りませ時の観察

レジ ン名	配合名	レジ ン骨材比 R:A	骨 材 状 態	スラン プ (cm)	観 察 状 況
A	A-0	1:7	気 乾	3.1	- 練りませおよび型わく内への填充は良好である。 3%含水の骨材を用いた場合には、若干軟らかくなる傾向を示した。
	A-3		3 %	4.9	
F	F-0	1:7	気 乾	2.8	- 気乾の骨材を用いたものは型わく内への填充は良好である。 3%の骨材を用いると練り上りは若干硬くなる傾向を示し型わく内への填充には気乾に比べて時間を要した。
	F-3		3 %	0.9	
D	D-0	1:7	気 乾	3.3	- 気乾の骨材を用いたものの填充は良好である。 3%骨材を用いたものは練りませ時は気乾に比べて若干軟らかくなる傾向を示したが、型わく填充の際、硬化するまでの時間内でレジンが分離し、型わく継手から一部のレジンが漏洩した。
	D-3		3 %	4.6	
H	H-0	1:5	気 乾	-	- 気乾、3%骨材とも練り上りは他のレジンに比べ粘性性が高いため、型わく内への填充に時間を要した。 - 特に3%骨材は粘性が高く、ゴム手袋、ハンドスコップ等にモルタルがよく付着し、容易にはがれないため取扱いが困難であった。
	H-3		3 %	-	

注] CAレジンは粘性がたかく、スランプの測定は不可能であった。

4.1.7 供試体の色調

供試体の色調は、レジンコンクリートの選定に関して重要であり、現地骨材と比べてどの程度似ているかに主眼を置いてそのランクづけを行なった。

現地骨材が乾燥している場合と湿っている場合、また、レジンコンクリートが乾いている場合と湿っている場合および供試体内部（供試体の割装面）、供試体側面（型わくに接している面）、供試体表面（自由面）の3者でそれぞれの色調が異なり、また、判定する者の主観が入ることもあり、厳密な比較はむずかしい。レジンコンクリートの色調は4種類とも骨材が湿った場合の色調に近くなり、骨材が乾いている場合、骨材とレジンコンクリートの色調の差が大きくなり、実際にレジンコンクリート措置物を現地に建造する際には、この場合の方が問題となる。供試体の内部、側面、表面の色調の違いについては、離ケイ剤のぬりぐわい及び骨材とレジンの分離の影響を考慮して、供試体内部（供試体の割装面）の色調を重視し、側面、表面の色調については、供試体内部の色調との差を問題とした。

レジンコンクリート供試体と現地産骨材との色調比較を表-30に示す。

表 - 30 レジンコンクリートと現地産骨材の色比較

レジン名	配合名	レジンコンクリート供試体の骨材の状態	現地産骨材(乾燥状態)と供試体の内部との色調比較	供試体内部と表面及び型わく面の比較	供試体の色相所見
A	A - 0	気 乾	B	A	○ 供試体の表面と内部の色相はほとんど変わらない。
	A - 3	3 %	B	B	○ 気乾骨材のものに比べてやや薄い色になる。
F	F - 0	気 乾	B	A	○ 表面と同様に含水骨材の色相に近い色を呈す。
	F - 3	3 %	B	A	○ 気乾に比べてやや色がうすくなる。
D	D - 0	気 乾	B	A	○ Fと同じく含水骨材の色相に近い色を示す。
	D - 3	3 %	B	A	
H	H - 0	気 乾	C	B	○ レジンの色が強く現われる。 ○ 砂利が内部で破壊しないため、砂利の部分だけが黒く他の部分は黄色がかった灰色を呈した。
	H - 3	3 %	C	C	

(注) A 非常に似ている
B 似ている

C やや似ている
D 似ていない

4.1.8 供試体の暴露試験

46年度暴露した供試体の一部を一年暴露の強度試験を行った。試験の内容を表-31に示す。

表 - 31 暴露試験の内容

試験項目		レジン名 供試体 試験時 骨材の 状態	A		B		C		F		G		H		セメント	
			気 乾	6 %	気 乾	6 %	気 乾	6 %	気 乾	6 %	気 乾	6 %	気 乾	6 %	気 乾養生	水中養生
			乾	%	乾	%	乾	%	乾	%	乾	%	乾	%		
コンクリート	一軸圧縮	10×20cm	室温	1	1	1	—	1	—	1	1	1	—	1	1	①
			-10℃	1	1	1	—	1	—	1	1	1	—	1	1	①
			-20℃	1	1	1	—	1	—	1	1	1	—	1	1	①
	引 張	10×20cm	室温	3	3	3	—	3	—	3	3	3	—	3	3	③
モルタル	じん性 (ページ)	2.5×2.5cm	室温	1①	1①	1①	—	1①	—	1①	1①	1①	—	1①	1①	②
			-10℃	1	1	1	—	1	—	1	1	1	—	1	1	①
			-20℃	1	1	1	—	1	—	1	1	1	—	1	1	①

注) ① 前年との比較を主な目的としたもの。

7-2 試験結果

試験結果の一覧を表-32に示す。

表-32 一年暴露の一軸圧縮、引張の試験結果

レジン名	配 合 名 称	レジン 骨材比 R : A	骨 材 状 態	スランブ Sl (cm)	圧 縮 強 度 (Kg/cm ²)						引張強度 (Kg/cm ²)			
					暴 露 前			1 年 暴 露			暴 露 前		1 年 暴 露	
					試 験 時 間 の 状 態						試 験 時 間 の 状 態			
					室 温	-10℃	-20℃	室 温	-10℃	-20℃	室 温	室 温		
A	A	1 : 7	気 乾	1.0	573 (510)	669	705	562	643	671	50.3	50.1 52.1 49.5	50.6	
	A		6%含水	13.0	340	406	415	300	381	400	39.3	39.3 35.4 37.3	37.3	
B	B	1 : 7	気 乾	0.5	772 (1080)	1060	1070	1200	1390	1400	86.1	105.3 105.5 105.5	105.0	
C	C	1 : 7	気 乾	4.0	886 (776)	1230	1240	922	1290	1300	105.0	90.7 94.5 92.9	92.7	
F	F	1 : 7	気 乾	18.0	574 (643)	890	877	688	918	942	80.9	84.2 96.2 88.9	89.8	
	F		6%含水	18.0	142	276	366	227	341	380	25.3	31.6 32.9 31.4	32.0	
G	G	1 : 5	気 乾	0	308 (390)	779	786	566	791	882	44.3	74.2 80.7 68.6	74.5	
H	H	1 : 5	気 乾	0	681 (696)	1010	1040	716	1020	1050	85.4	87.3 87.8 82.5	85.9	
	H		6%含水	0	201	274	303	216	283	310	24.0	30.0 27.9 29.7	29.2	

早 強	配 合 名 称	水セメ ント比 W/C(%)	細 骨 材 S/a (%)	スランブ Sl (cm)	空気量 (%)	上 記 標 題 と 同 じ								
セメント	C350D	55.5	46	4.7	3.0	374	499	588	618	690	711	31.4	41.5 38.7 43.1	41.1

(1) 圧縮試験

骨材の含水状態の違いによる圧縮強度の変化を図-45に示し、試験時の温度の違いによる圧縮強度の変化を図-46に示した。

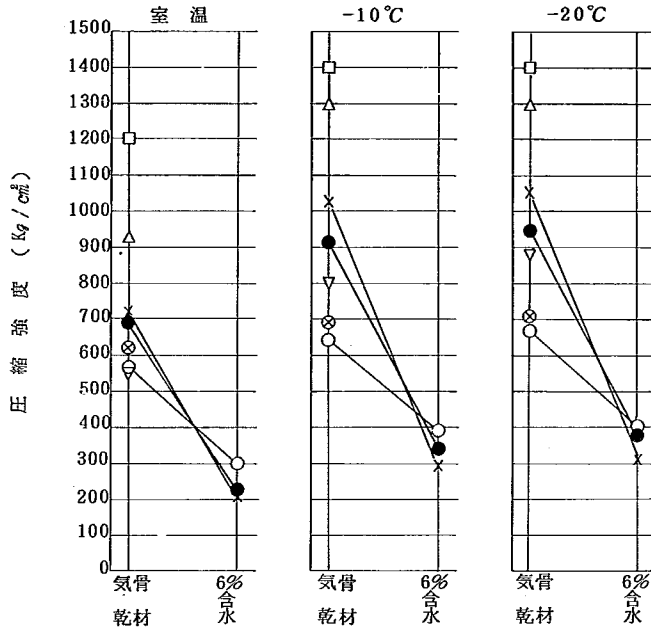


図-45 一年暴露供試体の骨材含水状態と圧縮強度の関係

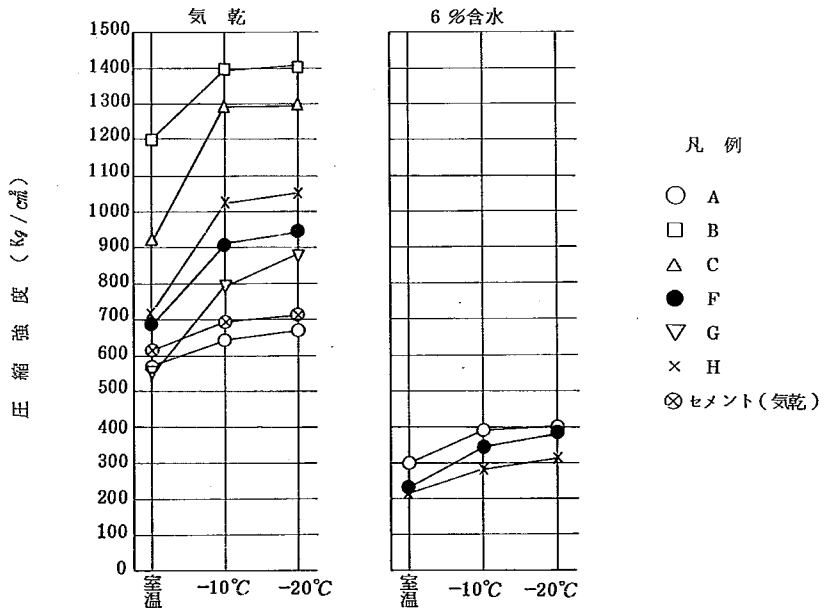


図-46 試験時の温度と圧縮強度の関係

また図-47 に一年暴露の圧縮強度と暴露前の圧縮強度の関係を示す。

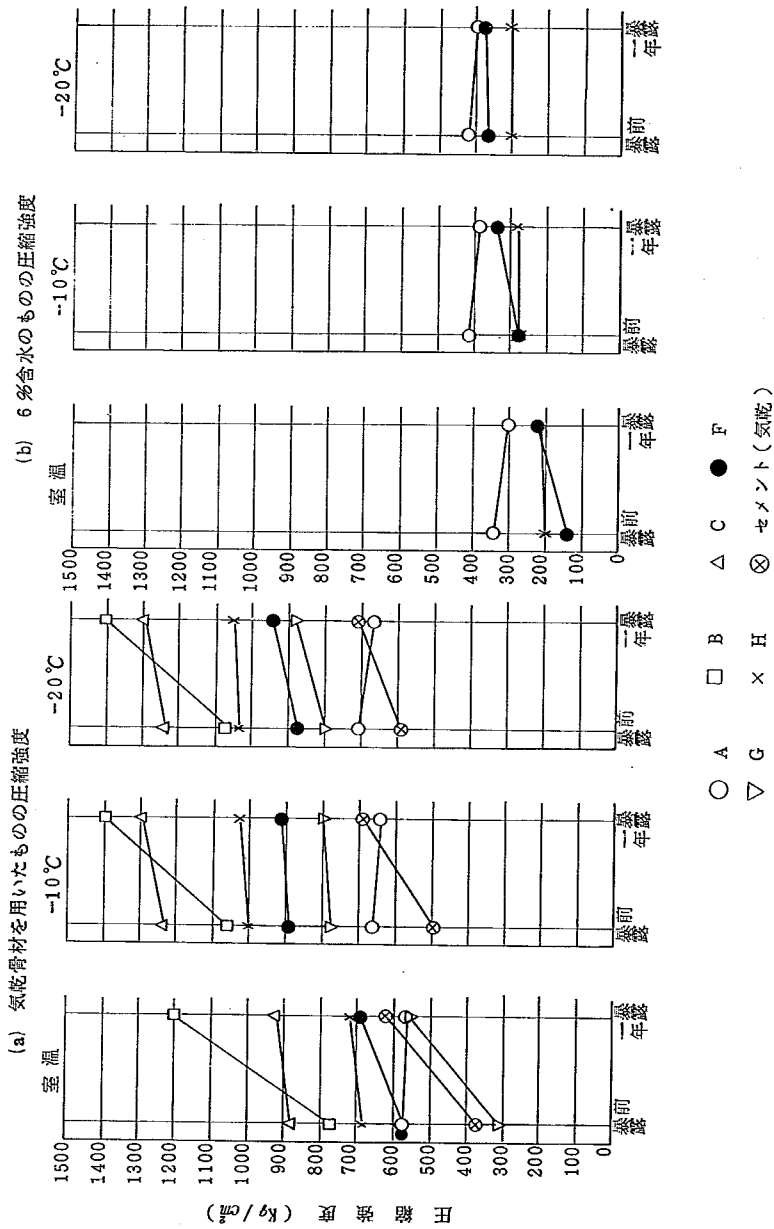


図-47 一年暴露の圧縮強度と暴露前の圧縮強度の関係

(2) 引張強度

骨材の含水状態の違いによる引張強度の変化を図-48に示し、暴露前の引張強度と暴露後の引張強度の関係を図-49に示す。

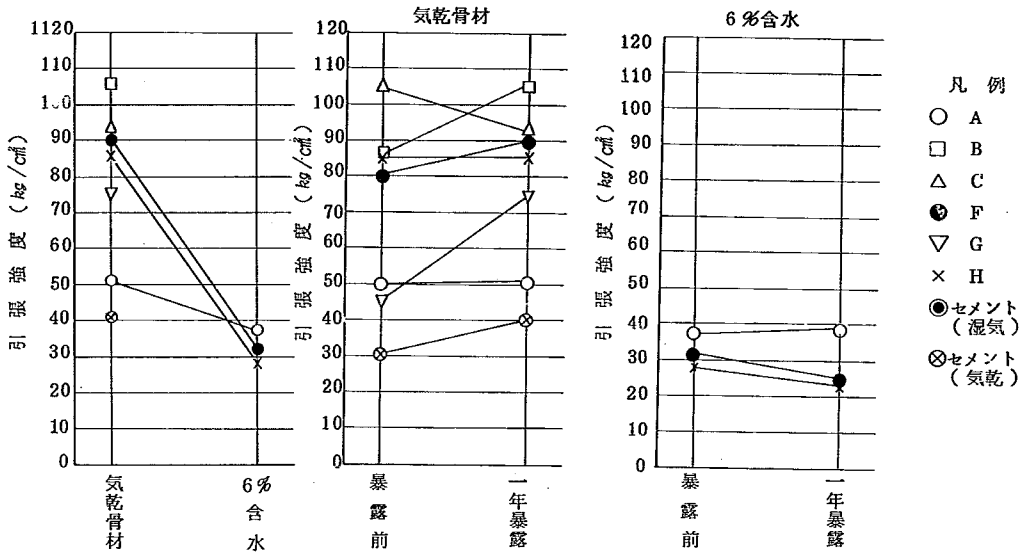


図-48 一年暴露の引張強度

図-49 一年暴露の引張強度と暴露前の引張強度の関係

(3) じん性試験

骨材の含水状態の違いによるじん性の変化を図50に示し、試験時の温度の違いによるじん性の変化を図51に示す。また暴露前のじん性と一年暴露のじん性を図-52に示す。

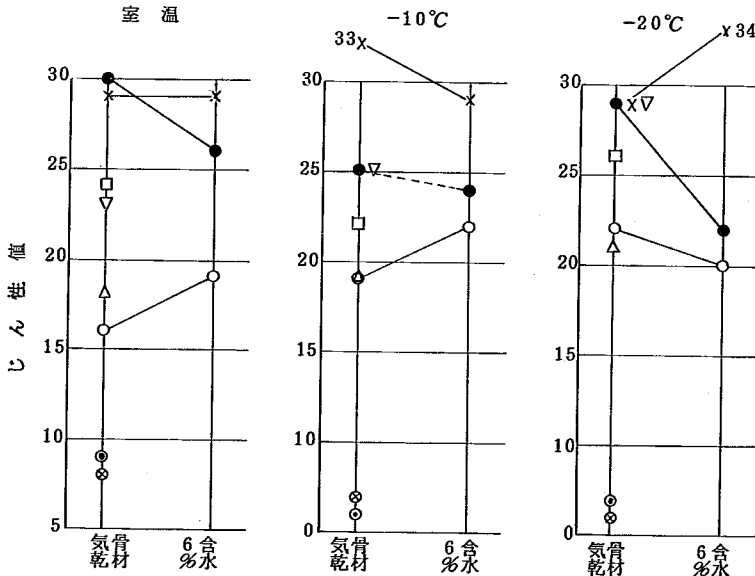


図-50 一年暴露骨材の含水状態とページ試験結果との関係

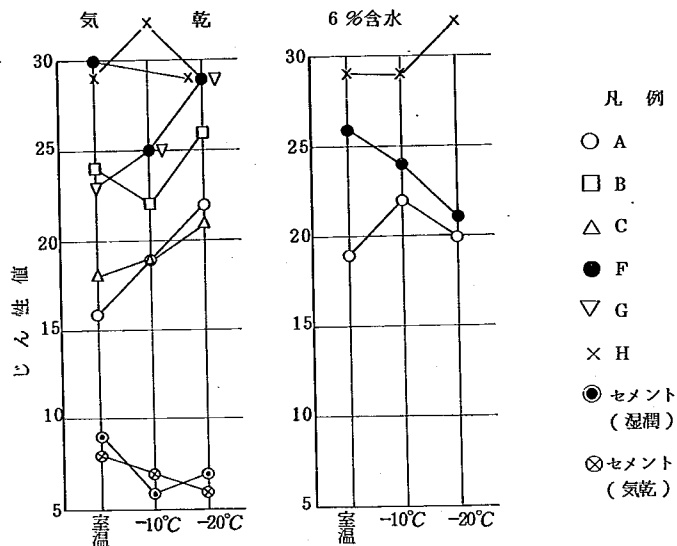


図 - 51 一年暴露試験温度とページ試験の結果との関係

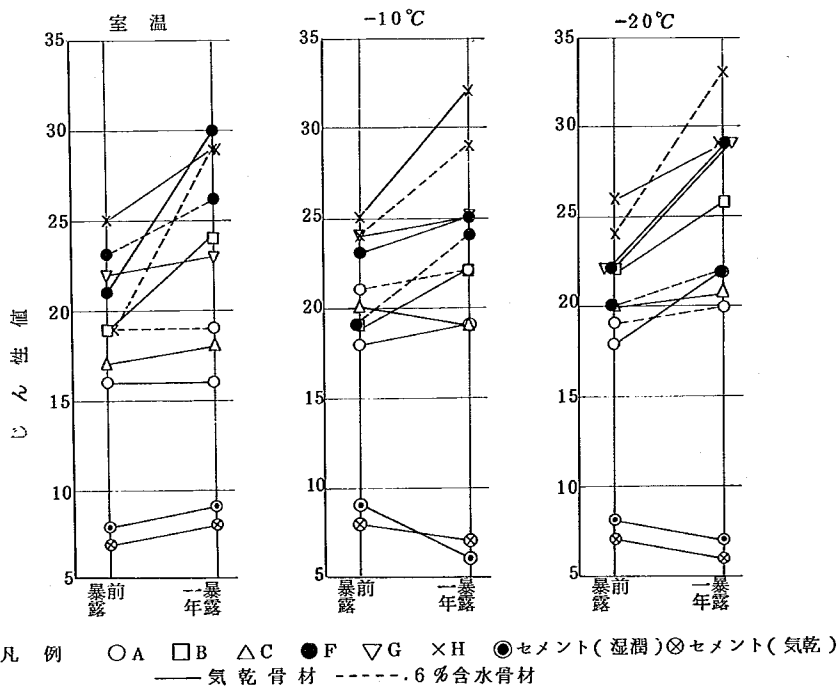


図 - 52 暴露前と一年暴露のじん性の関係

5. まとめ

1. 大沢崩れを防止するためには、縦方向及び横方向の浸食を防ぐことが必要であり、谷止工、が主要な対策工の一つと考えられる。自然の景観をなるべくそなわないため、従来のコンクリート構造物に代って、現地の骨材を高分子の材料（レジン）でかためた構造物が考慮されており、このため出来上りの色調、耐候性、化学的安定性、毒性、強度及び施工性などに関して、市販されているレジンを用いて、レジンコンクリートを作った際の問題を検討した。

2. 昭和45年度は、既存の高分子材料（レジン）の分類とそれぞれの特性を主に文献によって調べ、ポリエステル系、エポキシ系、ウレタン系のレジンが有望であるとした。

3. 昭和46年度はまず市販のレジンのアンケート調査を行ない、色調、耐候性、毒性、強度、施工性、価格を考慮して、ポリエステル系5種、エポキシ系2種、ウレタン系1種の計8種類のレジンを選定した。次に、選定した8種類のレジンを用いて、レジンコンクリート供試体を製作し、室内試験（色調、一軸圧縮、引張摩耗、じん性、吸水）と現地暴露試験（富士山御中道）を行なった。試験一覧を次表に示す。

レジンコンクリート試験一覧

レジン の名称	骨材の 含水状態	配 合		色 相				ス ラン プ SI (cm)	圧縮強度 (kg/cm ²)			引張強度 (室温) (kg/cm ²)	単位体積 重量 (g/cm ³)	モ ル タ ル の 試 験										現 地 暴 露 (個 数)
		レジン 骨材比 R:A	細砂・粗砂・砂利	表面		内部			常 温	-10 ℃	-20 ℃			レジン 骨材比 R:A	フロー 値 (%)	ロスア ンゼルの 硬さ (%)	すりへ り試験に よる	ページ試験に よるじん性			モルタルの吸水 量(%)			
				気 乾	水 浸	気 乾	水 浸											室 温	-10 ℃	-20 ℃				
ポ リ エ ス テ ル 系	A	気乾	1:7	4:3:3	B	C	B	B	1.0	573	669	705	503	229	1:4	159	365	160	16	18	18	125	36	
		3%含水	同上	同上	A	C	A	C	8.0	404	529	557	450	223										
		6%含水	同上	同上	A	C	A	C	13.0	340	406	415	393	217	1:4	192	375	149	19	21	19	0.83		
	B	気乾	1:7	4:3:3	C	A	C	A	0.5	772	1,064	1,069	861	230	1:4	136	334	177	18	19	22	0	18	
		3%含水	同上	同上	B	B	B	B	0	165	270	317	228	219										
	C	気乾	1:7	4:3:3	C	A	C	A	4.0	886	1232	1240	1045	234	1:4	203	329	176	17	20	20	0	18	
		3%含水	同上	同上	B	B	B	B	0	200	265	271	230	219										
	D	気乾	1:7	4:3:3	C	A	C	A	2.7	821	1,094	1,196	963	228										
		3%含水	同上	同上	B	B	C	A	3.3	357	496	588	345	219										
		6%含水	同上	同上	B	B	C	B	3.8	202	-	-	225	213										
	E	気乾	1:7	4:3:3	C	A	C	A	1.5	914	1,079	1,222	1,057	230										
		1%含水	同上	同上	C	A	C	A	1.4	399	605	611	436	225										
エ ポ キ シ 系	F	気乾	1:7	4:3:3	C	A	C	A	18.0	574	890	877	809	199	1:4	188	189	181	21	23	22	0.14	36	
		3%含水	同上	同上	C	A	C	A	13.0	178	358	423	307	202										
		6%含水	同上	同上	B	B	B	B	18.0	142	276	366	253	201	1:4	201	228	168	23	19	20	139		
	G	気乾	1:5	4:3:3	B	C	B	C	0	308	779	786	443	233	1:3	139	236	166	22	24	22	0.06	18	
		3%含水	同上	同上	A	C	A	C	0	44	321	430	57	227										
ウ レ タ ン 系	H	気乾	1:5	4:3:3	B	C	C	A	0	681	1,009	1,039	854	222	1:3	130	168	184	25	25	26	0.12	36	
		3%含水	同上	同上	B	C	B	B	0	315	424	465	367	215										
		6%含水	同上	同上	B	C	B	B	1.0	201	274	303	240	208	1:3	134	142	177	19	24	24	269		
コ ン ク リ ー ト	水中養生	w/c % 495	s/a % 46	A	C	A	C	4.8	材令 7日 455	-	-	材令 7日 321	241	65 w/c %	241	1175	138	8	9	8	0.96	12		
		気乾	w/c % 495	s/a % 46	A	C	A	C	4.8	材令 7日 447	-	-	材令 7日 321	236	65 w/c %	241	1145	127	7	8	7		3.82	

4. 昭和47年度は、前年度試験結果が良好であったポリエステル系2種、エポキシ系1種、ウレタン系1種の計4種類のレジンに改良を加え、これを用いて、レジンコンクリート供試体を製作し、室内試験（色調、一軸圧縮、引張摩耗、じん性、吸水、凍結融解）を行なった。現地暴露試験（富士山御中道）は前年度より引き続いて実施中である。

供試体試験の一覧を次表に示す。

レジンコンクリート試験一覧

レジン の名称	骨材の 含水状態	配 合		色相		スラ ン プ SI (cm)	圧縮強度 kg /cm ²			引張強度 (室温) kg /cm ²	単位体積 重量 kg /m ³	モ ル タ ル の 試 験										張り合せ 供試体試験	
		レジン 骨材比 R:A	細砂粗砂 砂利	表面 気乾	内 部 気 乾		常 温	-10 ℃	-20 ℃			レジン 骨材比 R:A	フ ロ ー 値	すり へり ロザン ゼルス による (%)	ドシリ 1へり 試験に よる	ページ試験による じん性			モルタルの 吸水率 (7日間水放置) %	せん断強度 kg /cm ²	凍結 融解 前	凍結 融解 後	
																常 温	-10 ℃	-20 ℃					
ポリエステル系	A	気乾	1:7	4:3:3	A	B	3.1	675	878	931	569	2300	1:49	138	-	-	20	22	24	-	208	144	
		3%含水	1:7	同上	B	B	4.9	432	550	592	474	2240	同上	144	3.9	16.9	17	20	21	3.0	127	144	
	D	気乾	1:7	4:4:2	A	B	3.3	1140	1330	1390	1130	2320	1:49	135	-	-	22	25	24	-	237	201	
		3%含水	1:7	同上	A	B	4.6	227	417	461	232	2210	同上	140	5.0	16.8	15	16	16	1.0	121	111	
エポキシ系	F	気乾	1:7	4:3:3	A	B	2.8	1070	1290	1370	1150	2240	1:56	128	-	-	22	30	31	-	435	406	
		3%含水	1:7	同上	A	B	0.9	484	717	815	650	2200	同上	132	3.1	16.8	19	19	21	0.3	212	195	
ウレタン系	H	気乾	1:5	3:2:5	B	C	-	689	908	1000	839	2190	1:25	140	-	-	25	30	37	-	271	261	
		3%含水	1:5	同上	C	C	-	316	433	469	376	2160	同上	145	1.9	18.1	31	30	32	0.7	201	215	

(注) 張り合せ供試体とはレジンコンクリートとA Eコンクリートを張り合せたものである。

ポリエステル系Dについては、結果的には前年度のレジン（薬剤）の方が供試体試験結果は良好であった。

現地暴露試験の結果を次表に示す。

一年暴露の一軸圧縮、引張、じん性

レジン名	骨材の状態	圧縮強度 (kg/cm^2)			引張強度 (kg/cm^2)	ページ試験によるじん性		
		室 温	-10℃	-20℃		室 温	-10℃	-20℃
A	気 乾	562	643	671	506	16	19	22
	6%含水	300	381	400	373	19	22	20
B	気 乾	1200	1390	1400	1050	24	22	26
C	気 乾	922	1290	1300	927	18	19	21
F	気 乾	688	918	942	898	30	25	29
	6%含水	227	341	380	320	26	24	22
G	気 乾	566	791	882	745	23	25	29
H	気 乾	717	1020	1050	859	29	33	29
	6%含水	216	283	310	292	29	29	34

5. 暴露試験は引続いて現地（富士山御中道）で実施中であり，昭和51年迄，5カ年間継続する予定である。暴露後2カ年経過の昭和48年度においても，外見上，変化はほとんど認められない。

6. 気乾状態の骨材を使用した場合，圧縮強度がコンクリートの2倍，湿潤度3%の骨材を使用した場合，圧縮強度がコンクリートと同程度で，耐候性，耐摩耗性，耐衝撃性がコンクリートより優れているレジンコンクリートを開発すると言う当初の目標は一応達せられた。

7. 3カ年間に，我々が実施した調査試験のデータによると価格を考慮するとポリエステル系のAが，価格を考慮しないとエポキシ系のFが良いと言う結果になる。（エポキシ系，ウレタン系はポリエステル系に比して，価格は2～3倍である）。

8. 調査試験のデータは主に供試体に関するものであり，大量のレジンコンクリートを用いる現場施工時の問題は残っている。

6. あとがき

富士山の沢崩れ対策に使用するレジンコンクリートを開発する目的で、文献及び資料調査、メーカーのアンケート、供試体試験、改良したレジン剤での供試体試験の順序で調査試験を実施したが、関連するすべてのメーカーにあらがじめ開発目的、条件を提示して協力を求めた方が良かったわけだが、経費及び時間の制約でこれは不可能であった。

レジンコンクリートは日新月异であり、報告をまとめた時点ですでに、他に優れたものがあるかも知れないと言う懸念は残る。

調査試験を進める上で、建設省砂防部及び中部地建、富士砂防工事事務所の方々に御援助をいただいた。

技術面では、建設省建築研究所の大浜主任研究員にレジンの選定、供試体の試験項目、方法などについて、その都度いろいろ御教示をしていただいた。

また実際の作業は八千代エンジンヤリング株式会社に、資料の提供その他、特にレジン剤の改良を三井東圧化学株式会社、昭和高分子株式会社、株式会社小西儀助商店、保土谷化学工業株式会社にそれぞれ御願いした。

この報告書をまとめるに当っては、建設省土木研究所の柳田コンクリート研究室長及びケミカルグラウト株式会社の高井技師長に御教示を御願いした。

文末ではあるが、これらの方々に心より感謝の意を表わす次第である。