



003

土 木 研 究 所 資 料

第 6 5 6 号

試験道路における試験調査報告書(その15-1)

橋床版舗装に関する長浦試験舗装における試験調査

エポキシ樹脂モルタルの比較試験結果

昭和45年3月

建設省 土木研究所

道路部 舗装研究室

月 成 稔・小 島 逸 平

真 田 輝 臣・石 川 勝 海

目 次

ま え が き	
1 目 的	1
2 試験方法	1
2-1 試験項目	1
2-2 試験片の作成要領	5
2-3 試験機械の概要	5
2-3-1 耐候性試験機	5
2-3-2 載荷試験機	5
2-3-3 衝撃試験機	5
2-3-4 耐摩耗試験機	5
3 試験要領	7
3-1 耐候性試験	7
3-2 体膨脹率	7
3-3 付着試験	7
3-4 たわみ試験	7
3-5 耐摩耗試験	7
3-6 繰返し曲げ疲労試験	17
3-7 吸水性および曲げ圧縮試験	17
3-8 衝撃試験	17
4 エポキシ樹脂の特性	17
4-1 エポキシ樹脂の性状	17
4-2 力学的性状	22
5 施工上の注意事項	35
6 考 察	36
あ と が き	43
付 録	45

ま え が き

昭和45年度の道路事業調査費による研究“試験道路における試験調査”の1課題として、橋床版の構造と橋床版上の薄層舗装とに関する試験調査が、関東地方建設局千葉国道工事々務所、土木研究所構造橋梁部橋梁研究室ならびに道路部舗装研究室の協同研究として計画され、実施に移された。

試験舗装に取上げられる薄層舗装用材料には、従来の実績に豊富なグースアスファルトやゴム入りアスファルト混合物のはかに、エポキシ樹脂モルタルが加えられている。しかし橋面舗装へのエポキシ樹脂モルタルの利用例は乏しいため、その力学的性状や供用性がまだ十分に明らかにされていない。

今回はエポキシ樹脂のメーカー、フォームレータなど17社に試料の提供を依頼し、また試験の種類、供試体の大きさなどについても意見を徴集し、エポキシ樹脂モルタルの比較試験あるいは実態調査というものの実施に踏切った。

本報告書は、その比較試験の結果を羅列し、エポキシ樹脂モルタルの力学的性状をある程度明らかにし、かつ試験舗装に採用されるところとなったモルタルの選定に至る経緯などを取りまとめたものである。

昭和45年3月

建設省土木研究所道路部舗装研究室

1 目 的

現在わが国で用いられている橋面舗装の多くは歴巻系材料によるものであり、これらの殆んどは最低5 cm以上の厚さを必要としている。橋床面の舗装は特に長大橋の場合、橋梁の死荷重をできるだけ軽減することが設計上経済的であるため舗装厚が問題とされる。

従来の厚さ5～8 cm程度の歴巻舗装と同等以上の性状を有し、しかも橋面舗装の軽量化を可能とするものの選定を主眼に舗装の薄層化の可能性および実用性を求め新しい橋面舗装形状を開発することを本試験調査の目的としている。

昭和38、39年度にわたり本州、四国連絡橋橋面舗装調査研究の一環として、コンクリート舗装面に10 cm厚の薄層試験舗装を舗装研究室が実施した。それに引き続き今回は道路事業調査費により実際の橋床版に20 cmの舗装厚で実施することになった。

橋床版はコンクリート鋼格子床版と鋼床版(幅8.00×長さ12.00 m)の2種類でこれらを架設する延長24 mのテストピットを現地に施工した。

場所は千葉県長浦町、建設省千葉国道工事々事所管内国道16号線長浦地区の埋立地内にある。

本試験舗装では舗装材料として、従来橋床版舗装に使用実績があるグーサスファルトおよびゴム入りアスファルト混合物をえらび、また耐摩耗と耐久性にすぐれるエポキシ樹脂モルタルの3種類を取り上げた。これらのうちエポキシ樹脂モルタルは橋床舗装材料としては比較の実績に乏しいためその特性を明らかにすることを目的に2、3の力学的性状試験と耐久性試験を行なった。それらは材料のたわみ性、接着性、摩耗性および曲げ疲労特性などに関するものである。

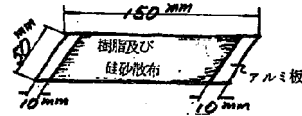
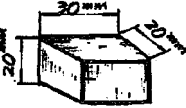
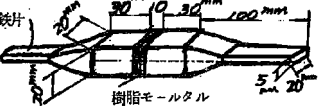
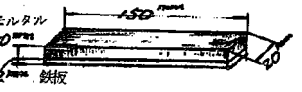
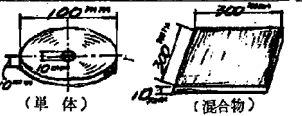
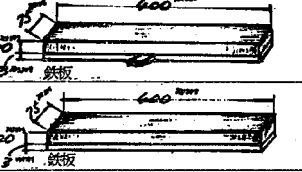
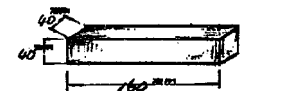
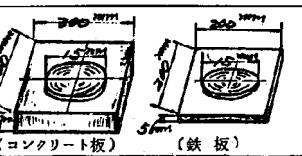
エポキシ樹脂モルタルのサンプルは今回は17社のメーカー、フォームレータに提供を依頼し各試験の結果により各々の性状を比較検討した。

2 試験方法

2-1 試験項目および試験片の形状寸法

舗装材料の力学的性状として、たわみ性、接着性、摩耗性、それに曲げ疲労等の特性を取り上げ外的環境として耐候性、膨脹性等を考慮に入れ試験項目および形状寸法を表1に示す通りに決めた。

表-1 試験片の形状寸法および作成要領

試験項目	供試体の種類	首 機	作成後1週間の養生温度(°C)	試験時の温度(°C)	数量	形状寸法(mm)	形 状	作 成 要 領
耐 候 性 試 験	樹脂単体	—	20	60	3 枚	50×150×13		1. 樹脂単体: アルミ板に膜厚0.2mm(13~15φ)均等に気泡が入らぬよう刷毛塗りする。 2. 珪砂散布: アルミ板に樹脂を均等に塗った後、珪砂(12~0.6mm)を散布する。
	混合物	珪砂(12~0.6mm)表面散布	20	60	3 枚			
膨 脹 係 数 試 験	樹脂単体	—	20	5, 60	2 個	20×20×30		樹脂単体および混合物(2.0~0mm珪砂)について、形状寸法の型枠に流し込み硬化後脱型する。 養生: 20°Cにおいて1週間行なう。
	混合物	珪砂(20~0mm)	20	5, 60	2 個			
付 着 試 験	混合物	珪砂(20~0mm)	20	※ 常温	10本	断面 20×20 長さ 270		左図の鉄片を型枠に入れ10mmの間隔を取りその間に樹脂混合物を流し込み硬化後脱型 養生: 20°Cにおいて1週間
た わ み 試 験	混合物	珪砂(20~0mm)	20	-10	10本	20×15×12		左図の鉄板(20×150×2)を型枠に入れ10mm厚さに樹脂混合物を流し込み整形硬化後脱型する。 養生: 20°Cにおいて1週間
耐 摩 耗 試 験	樹脂単体	—	20	常温	3 枚	Ø100×10		1. 樹脂単体: Ø100mm、厚さ10mmの型枠に流し込み中央に10mmの穴を開け、硬化後脱型する。 2. 混合物: 300×300×10mmの型枠に流し込み硬化後脱型 養生: 20°Cにおいて1週間
	混合物	珪砂(20~0mm)	20	常温	3 枚	300×300×10		
繰返し曲げ疲労試験	混合物	珪砂(20~0mm)	20	20	3 本	75×400×30		左図の鉄板(75×400×3)の2種類を型枠に入れ20mm厚さ樹脂混合物を流し込み整形、硬化後脱型する。 養生: 20°Cにおいて1週間
					2 本			
吸 水 量 試 験	混合物	珪砂(20~0mm)	20	水温 60	3 本	40×40×160		jisr-5201 セメントモルタル用型枠に樹脂混合物を流し込み整形、硬化後脱型する。 養生: 20°Cにおいて1週間
圧 縮 曲 げ 試 験	混合物	珪砂(20~0mm)	20	常温	3 本			
衝 撃 試 験	混合物	珪砂(20~0mm)	20	常温	2 枚	300×300×60 Ø150×10		左図のコンクリート板および鉄板にØ150×10mmの型枠に樹脂混合物を流し込み硬化後脱型する。 養生: 20°Cにおいて1週間
		珪砂(20~0mm)	20	常温	2 枚	200×200×5 Ø150×10		

※載荷試験前-10°C、60°Cの繰返養生を行なう。

2-2 試験片の作成要領

試験片は表-1に従って作成したものを表-2に示すエポキシ樹脂メーカーなどに提供を依頼した。

表-2 共通試験参加会社名

№	会 社 名	№	会 社 名
1	旭電化工業 株式会社 化成品事業部	10	日立化成 株式会社 樹脂部
2	ショーボンド株式会社	11	味の素 株式会社 化成品部
3	花王石鹼 株式会社 化学品第3部	12	東邦天然ガス株式会社 合成樹脂部
4	サンエレジソ株式会社	13	ボスチックジャパン株式会社
5	大日本インキ株式会社 G,技術グループ	14	住友ゴム工業株式会社 特品部
6	東都化成 株式会社	15	大日本塗料 株式会社 塗料事業部
7	昭和高分子 株式会社 樹脂開発部	16	山宗化学 株式会社
8	ABC商会 株式会社	17	三井東圧化学株式会社
9	日本光研 株式会社 エポキシ販売部		

管材は珪砂(2.0~0.075mm)で表-3に示す粒度範囲のものの使用を予定したが、各社の特色を生かす意味から配合比等は各社に一任した。試験片は樹脂単体および樹脂モルタルによるもの、それに耐候性の場合珪砂1.2~0.6mmを散布したもの計3種類である。これらに必要な鉄板、鉄片およびコンクリートブロック等は舗装研究室が提供した。

試験片は作成後に20℃の恒温室内で1週間養生を行ないその後舗装研究室に送付された。

2-3 試験機械の概要

2-3-1 耐候性試験機

建設省土木研究所化学研究室に所属する紫外線カーボン促進耐候性試験機(ウェザーメーター)を使用、その諸元は表-4に示す。

2-3-2 載荷試験機

化学研究室、コンクリート研究室および舗装研究室にそれぞれ設置のアムスラー型20t、テンシロン型載荷試験機およびオルセン型5t繰返し曲げ疲労載荷試験機を使用した。その諸元は表-5、6に示す。

2-3-3 衝撃試験機

舗装研究室にあるCBR試験用自動突固め試験機を使用、その諸元は表-7に示す。

2-3-4 耐摩耗試験機

日本舗道KKが所有するテーバー摩耗試験機およびサンドブラスト摩耗試験機を使用、その諸元は表-8、9に示す。

表-3 予定粒度

フルイ目(mm)	粒度範囲(%)
2.0	100
1.2	95~100
0.6	65~95
0.3	25~55
0.15	5~30
0.075	0~5

表-4 耐候性試験機の諸元

項 目	諸 元
光 の 強 さ	光度試験紙20時間照射 22.8~23.9 Y ₆
老化促進温度	60℃
老化促進時間	1年相当 200時間
ドラム形状および回転速度	800mmφ 1rpm
スプレー週期および時間	60min 12min
スプレー水量	ノズル4個 2,100±100ml
カーボンランプ	2灯 密閉型
カーボン	φ13×305mm有芯 無芯の上下交互組合
試験容量	試験片 50枚

表-5 テンシロン型載荷試験機の諸元

項 目	諸 元
名 称	テンシロン型5t万能引張圧縮試験機
記 録 計	XYレコーダ型式
ロードセル	5,000kg~0.1kg
ジョー及び継手	5t用クサビ型ダブルカットフェンス付
"	500kg~0.1kg 手行締付型フラットフェンス付
伸び検出装置	SG型伸び計 GL=50, E=5
載荷速度	500~0.5mm/min

表-6 繰返し曲げ疲労試験機の諸元

項 目	諸 元
名 称	オルゼン型曲げ疲労試験機
荷 重	5t~500kg
載荷速度	600~200回/minサイクル
荷重載荷	支間300mm, 中央1点載荷式
付 属	支間中央にスプリング支点を設置

表-7 衝撃試験機の諸元

項 目	諸 元
名 称	自動突固め試験機
ランマー	先端10mmRの球面4.5kg
落下高さ	450mm
落下速度	60回/min
試験片受台	自動回転式(テーブル)

表-8 テーパー摩耗試験機の諸元

項 目	諸 元
試料ホルダー	130mmφターンテーブル
ホルダー回転数	70rpm
荷 重	250~1,000g
キャリブレード	H-22摩耗輪

表-9 サンドブラスト磨耗試験の諸元

項 目	諸 元
名 称	テーブル式60L サンドブラスト試験機
投射装置	MR-3型無段変速機
テーブル	2P×4F600mmφ
ブローアー	吸塵装置(2P×4F)
温度調節	-20℃~15℃(±1℃)
ロータ回転数	1,000~5,000rpm

3 試験要領

3-1 耐候試験

紫外線カーボン促進耐候性試験機(写真参照)に樹脂単体(34枚)、珪砂散布(34枚)の試験片を任意に34枚ずつに分けて装置し2回に行なった。老化促進温度は60℃、水のスプレーは60分に1回、老化促進時間は200時間(約8日間、現実には約1ヶ年間に相当)とした。

3-2 体膨脹率

樹脂単体および樹脂モルタルについて、それぞれ5℃、60℃における密度測定(写真参照)により次の式から求めた。

$$\beta = \frac{1}{t} \left(\frac{\omega_{01} - \omega'}{\omega_{02} - \omega} \cdot \frac{1}{\rho} - 1 \right)$$

ここに β :体膨脹率

t :温度差(60-5)=55℃

ρ :60℃における水の密度 0.98324 g/cm³

ω_{01} :60℃の空中重量

ω_{02} :5℃の空中重量

ω :5℃の水中重量

ω' :60℃の水中重量

3-3 付着試験

試験片は表-1に示したように、鉄片の両端面に樹脂のプライマーを塗り鉄片の間隔を10mmに固定して、樹脂モルタルを流し込み、接着させたものである。

試験は作成後2週間の経過後テンシロンにより引張試験を行なった。温度条件は常温(室内温度15℃)および樹脂モルタルと鉄片との膨脹係数の違いの影響をはかる目的により-10℃で2時間、60℃で2時間の加温、冷却の繰返しを4回行なったものについて、載荷条件をそれぞれ1.0mm/min、5.0mm/minの載荷速度に変えて行なった。(写真参照)

3-4 たわみ試験

高分子材料の応力-ひずみ特性は温度に左右され弾性係数、降伏点強度、引張強度など一般に温度の低下とともに増大するが、伸び率は温度の低下とともに減少する。このような温度の影響が顕著に現われることを期待して試験温度を-10℃とした。試験片はあらかじめ-10℃の恒温槽で約1時間冷却しておき、テンシロン載荷試験機にはドライアイスを入れたボックス(写真参照)を設けボックス内に試験片を入れたまゝで載荷を行なった。載荷速度は1.0mm/min、および5.0mm/minとし、荷重-たわみ量をX、Yレコーダーによって記録した。

(写真参照)

3-5 耐摩耗試験

耐摩耗試験は表-1に示した試験片(写真参照)を用い樹脂単体の摩耗をテーバー試験機により、樹脂モルタルの摩耗をサンドブラスト摩耗試験機によりそれぞれ行なった。(テーバー試験機写真参照)

写真-1 付着試験用鉄片

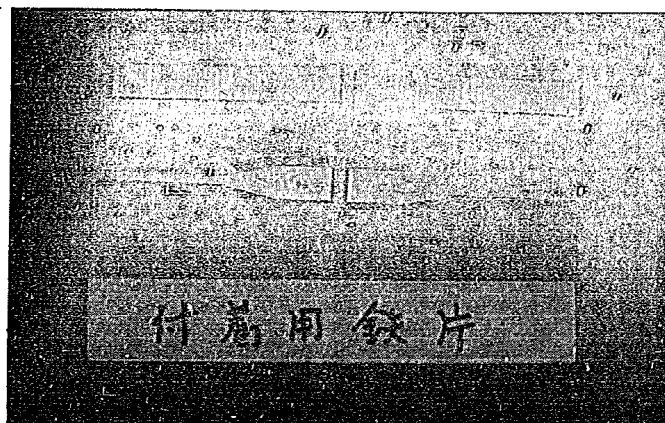


写真-2 付着試験用供試体

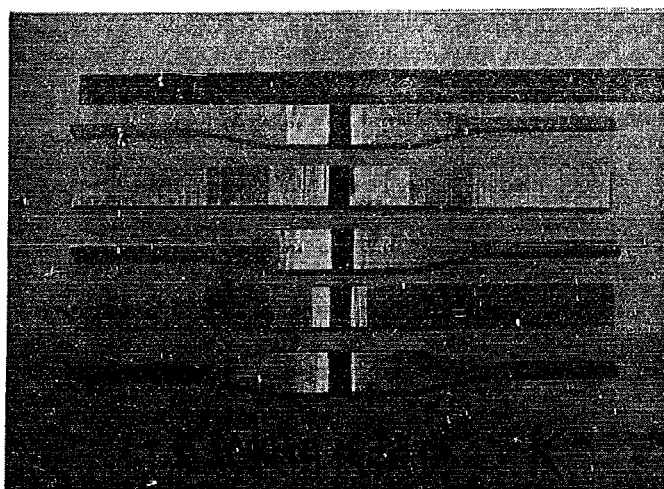


写真-3 付着試験
(テンシロン万能試験機)



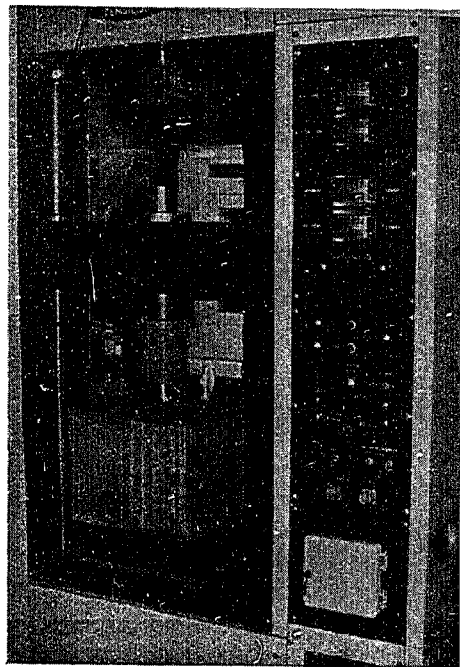


写真-4 たわみ試験
(テンシロン試験機)



写真-5 保温箱とドライアイス



写真-6 保温箱のたわみ試験状態

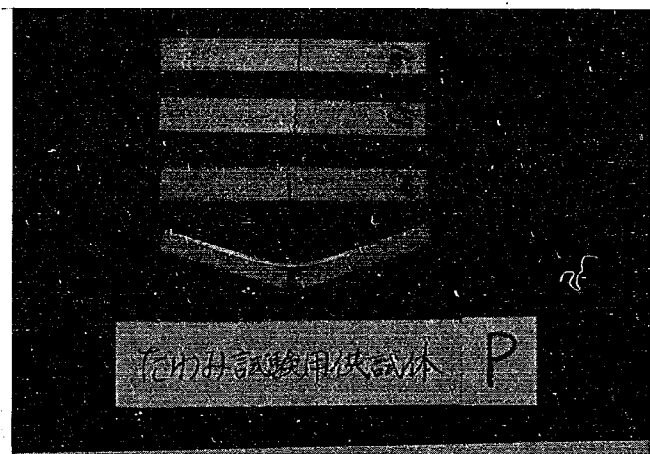


写真-7 曲げ試験後の供試体

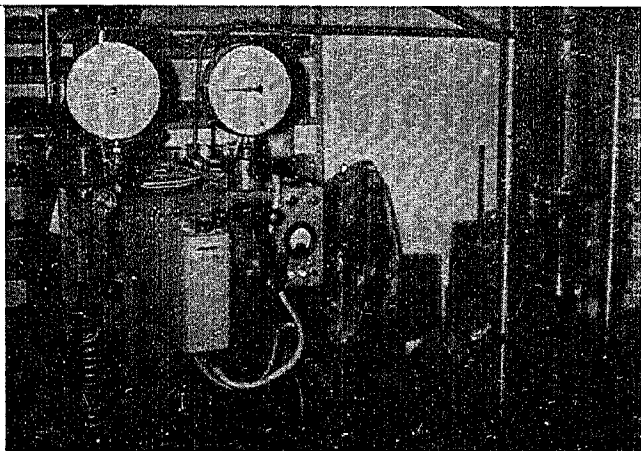


写真-8 5t 繰り返し载荷試験機

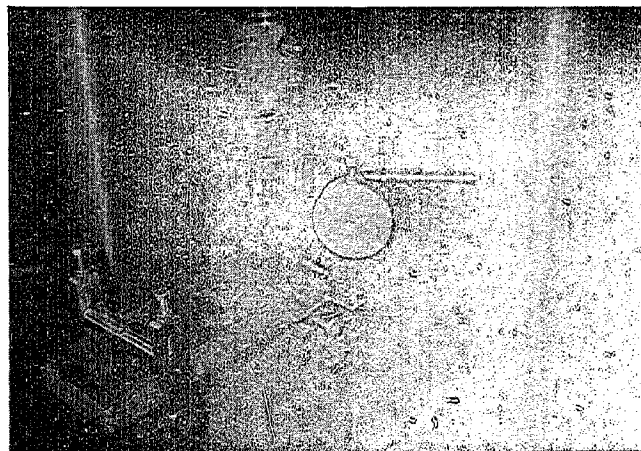


写真-10 動的曲げ試験（繰り返し载荷支点部）



写真-9 動的曲げ試験（繰り返し载荷装置）

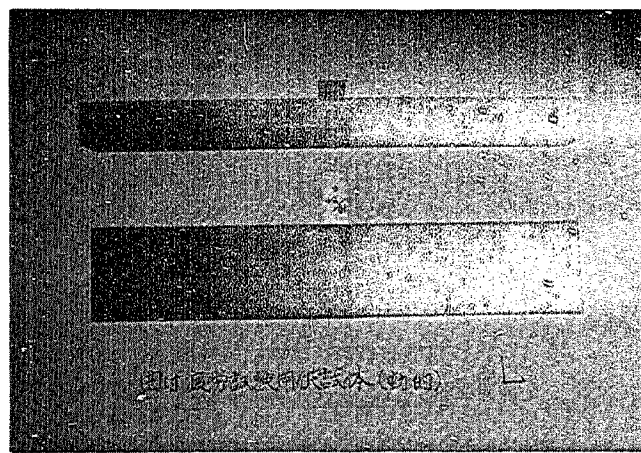


写真-11 曲げ疲労試験用供試体

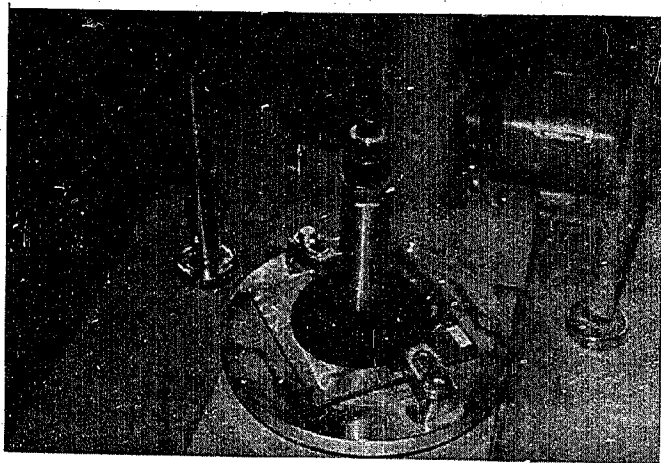
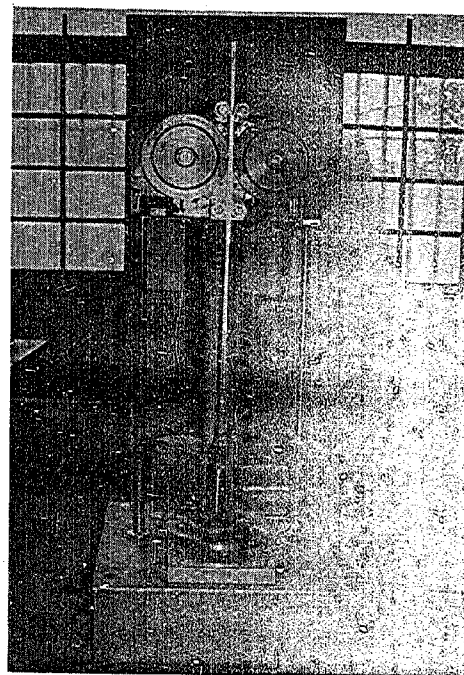
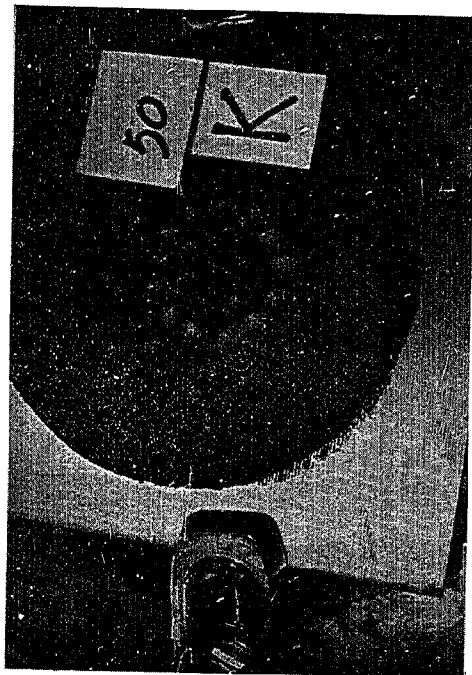


写真-13 衝撃試験
(土の自動突固め試験機)

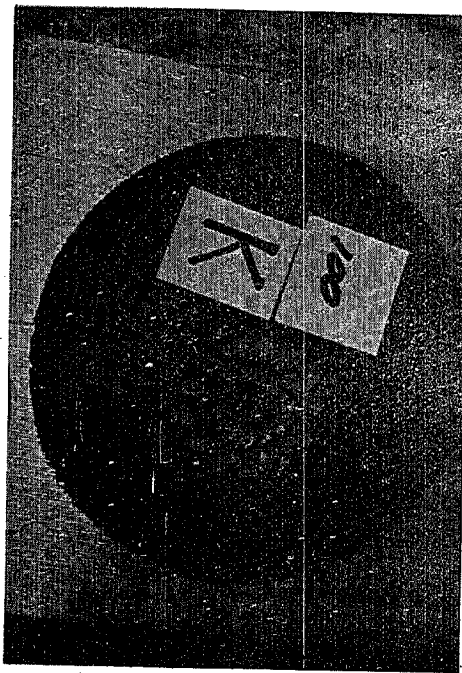


(写真-12 (土の自動突固め試験機))



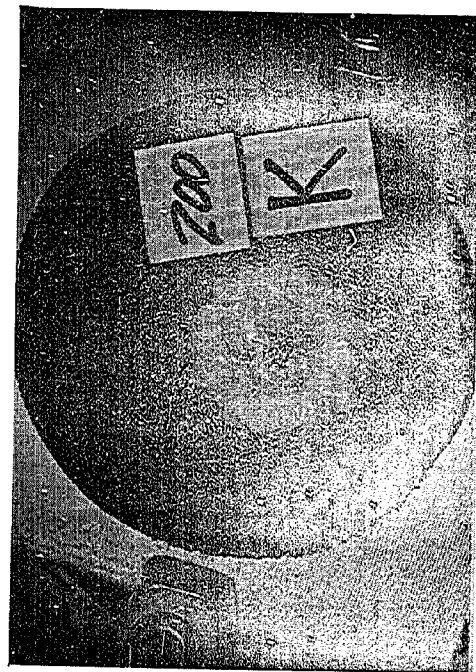
衝擊試験

写真-14 (50回衝撃終了後)



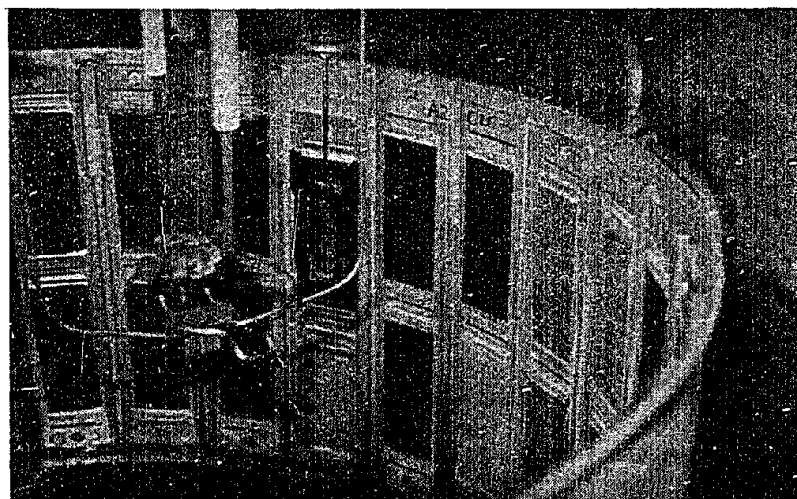
衝擊試験

写真-15 (100回衝撃終了後)

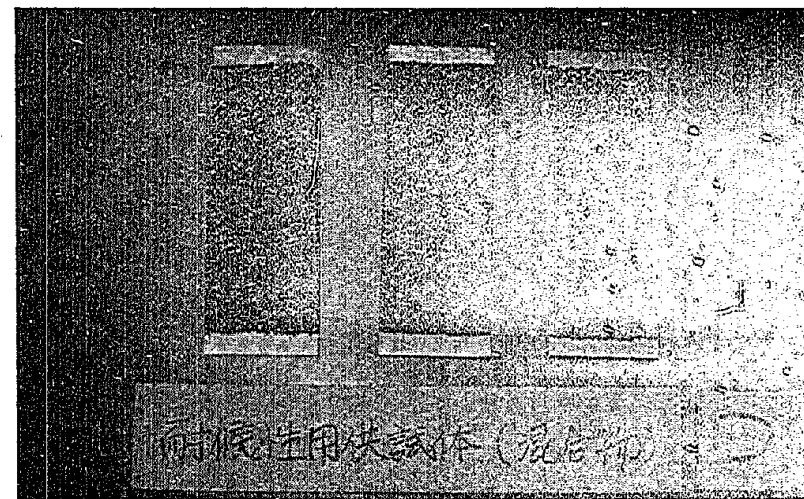


衝擊試験

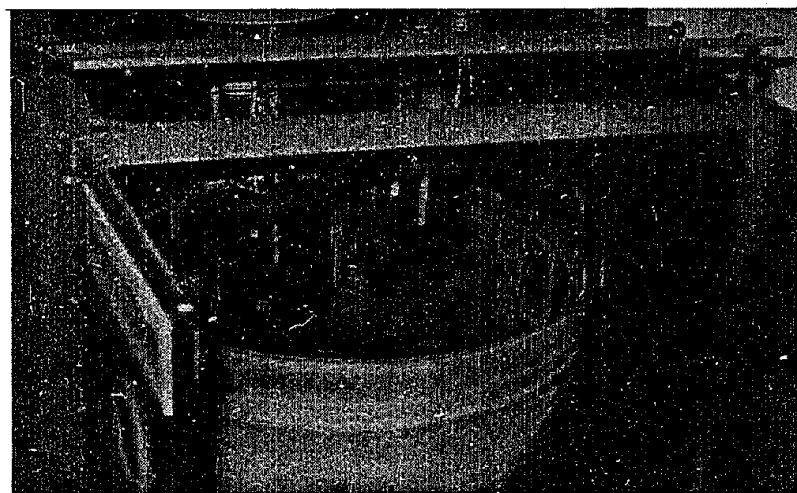
写真-16 (200回衝撃終了後)



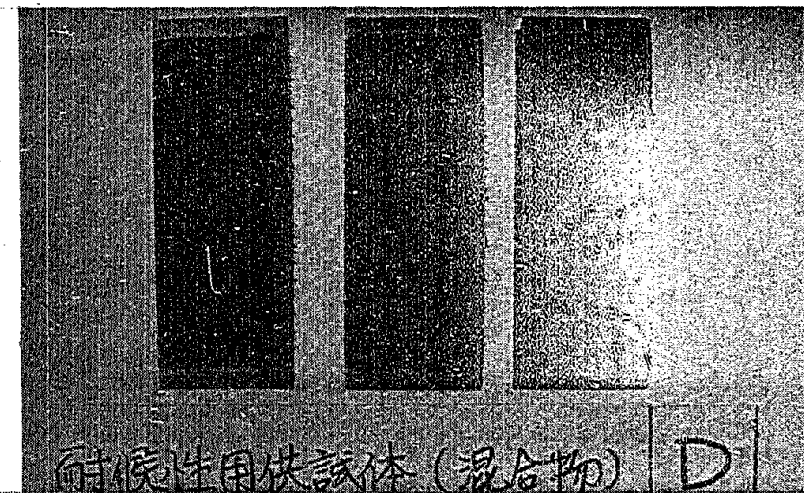
耐候性試験供試体設置



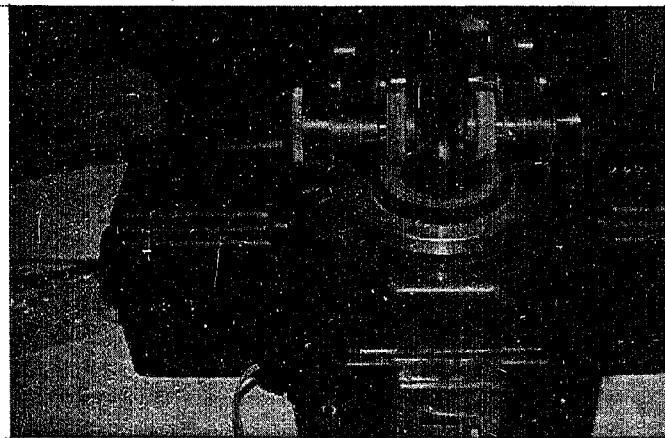
耐候性用供試体（珪砂散布）



写真－17 耐候性試験機



写真－18 耐候性用供試体（珪砂散布）



耐摩耗試験
写真-19 (テーバー試験機)

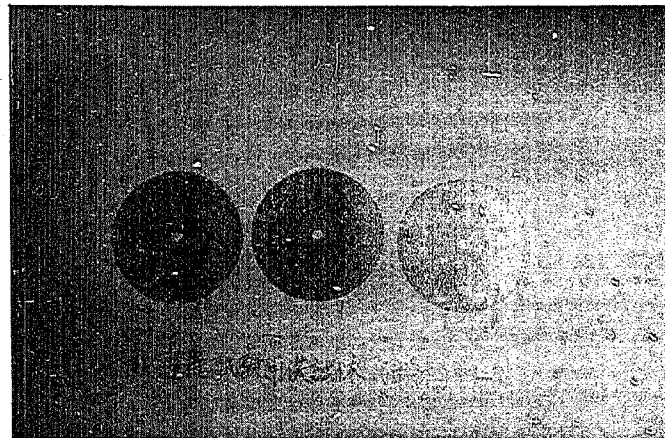


写真-20 耐摩耗用供試体



写真-21 膨張係数測定
(メトラ直示天秤)

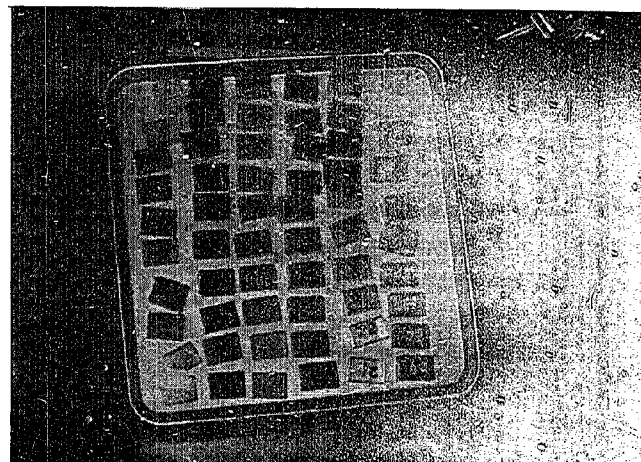


写真-22 膨張係数測定用供試体

テーパー試験では常温（室内温度15℃）で、摩耗輪にH-22を用い、指示荷重を1,000gとした。摩耗輪は回転数500回毎に研摩して目づまりを除き、1,000回回転時における摩耗損量（重量減）をはかった。

サンドブラスト摩耗試験は、日鋳式サンドブラスト試験機により、試験温度5℃、摩耗時間30分とし、研摩材に24#の鋼粒を用い研摩材吐出量を12kg/minとして行なった。

3-6 繰返し曲げ疲労試験

試験片は表-1に示した通り樹脂モルタルを20mm厚（実施工厚）に整形したものである。（写真参照）

載荷装置は支間30cm、両支点ヒンジ固定、中央1点載荷式とし、中央載荷位置にスプリング支点を設けた。はじめ試験片に静荷重（約500kg）を加え、試験片が両支点に接するまで圧縮した後両支点を固定し、繰返し荷重を加える。載荷中はスプリングの反力により供試体中央部が押し上げられるため、両振れの繰返し載荷となる。

載荷時の試験片は鉄板面を上側に、樹脂モルタル面を下側とし、モルタル面とスプリング支点との直接接触をさけるため同形状の鉄板を敷きモルタル部をサンドイッチ状とした。載荷は鋼床版の設計たわみ量が約1/500であることを考慮して±0.5mm（上下振巾1.0mm、実荷重300～800kg）のたわみ制御とし、200回/minのサイクルでモルタルの側面にヒビ割れが認められるまで載荷を継続した。（写真参照）

3-7 吸水性および圧縮曲げ試験

材料の吸水性、および吸水性が圧縮曲げ強度におよぼす影響を確認するため表-1に示したようにJIS R 5201セメントモルタル試験に準じた試験片を作成した。

吸水性は樹脂モルタルの吸水を促進させるため水温を60℃とし24時間水浸後の重量変化から求めた。

圧縮および曲げ試験は60℃水浸後と非水浸（室内温度15℃）の試験片を用いJISに示すように曲げ試験は中央1点載荷法により、圧縮試験はその曲げ試験後の試験片を利用してそれぞれ行なった。

3-8 衝撃試験

舗装厚が薄くなれば、路面に物を落した場合舗装の破損のおそれが生じる。試験片としては表-1に示したコンクリート板および鉄板にプライマー塗布後樹脂モルタルをいずれも10mm厚に接着し整形したものである。

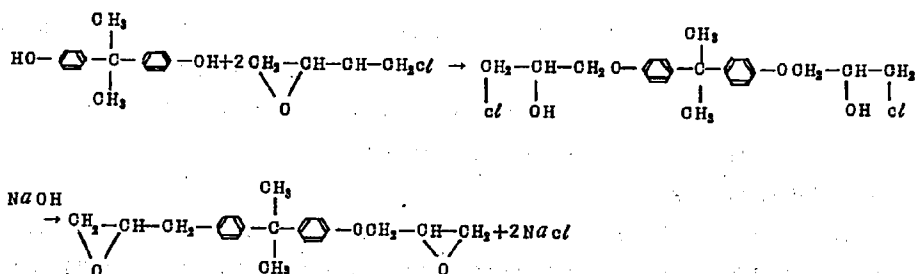
自動突固め試験機のランマーは先端を10mmのRを付けた円錐状にしたもので重量は4.5kg、これを450mmの高さから自然落下させる。落下回数は25、50、75、100、200回としそれぞれの表面の変形状況を観察した。（写真参照）

4 エポキシ樹脂の特性

4-1 エポキシ樹脂の性状

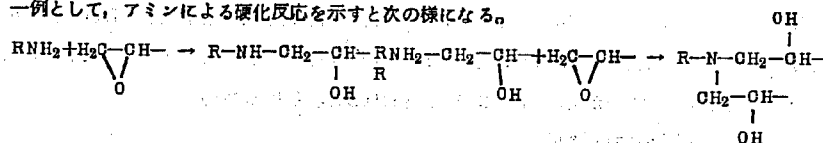
4-1-1 エポキシ樹脂の諸論

エポキシ樹脂は、エピクロルヒドリンと多価アルコールとの縮合反応によってできる。したがって、1分子中に、少なくとも、2個以上のエポキシ基 $\begin{array}{c} \text{—CH—CH}_2 \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{O} \end{array}$ を有する分子量が約300～8000程度の高分子化合物である。一例としてビスフェノールA 1molとエピクロールヒドリン2molを加熱縮合させる反応を示す次の様になる。



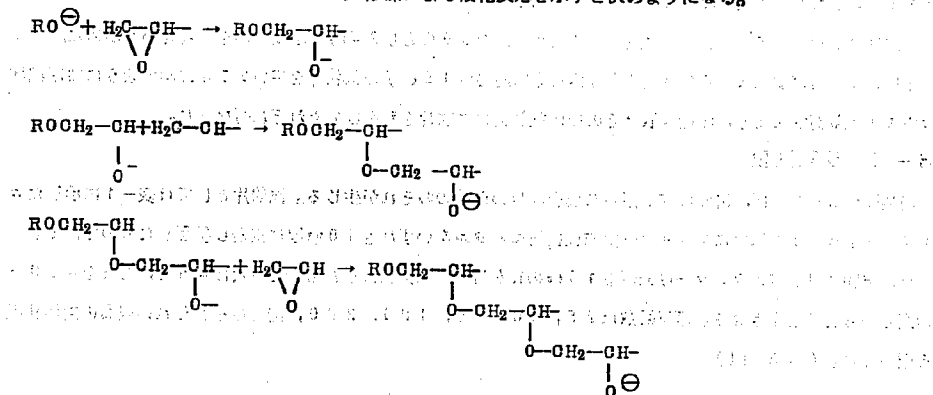
このようにしてできたエポキシ樹脂を、三次元の架橋構造をもった固形物質にするためには、硬化剤や触媒が必要である。ここで、硬化剤とは、エポキシ樹脂のエポキシ基と他の分子中の活性水素間との付加反応を起こす物質で、アミン類、ポリサルフィド類、酸無水物などの種類がある。

一例として、アミンによる硬化反応を示すと次の様になる。



一方、触媒とは、イオン重合をおこさせるものであり、アルカリ類、酸類などがある。

一例として、水酸化カリウム (KOH) 触媒による硬化反応を示すと次のようになる。



4-1-2 エポキシ樹脂の性質

エポキシ樹脂硬化物は、他の熱硬化性樹脂と比較して次のような特徴をもっている。

1) 強力な接着力を持つ

エポキシ樹脂は、その分子構造中の脂肪族水酸基〔 $\text{R}-\text{O}-$ 〕とエポキシリン基 ($\text{O}-\text{O}-\text{O}$) の極性基のために強靱で且つすぐれた接着力を持っている。

2) 低収縮性である

エポキシ樹脂は、他の熱硬化性樹脂と異なり、揮発性成分を含まず、硬化中にも揮発性副生成成分を生じない為、低収縮性である。

3) 不活性である

硬化エポキシ樹脂は、高度の不活性を持った三次元の架橋構造を持つ固形物質に変わる為、耐溶剤性がすぐれている。

4) 取扱いが簡単である

樹脂と硬化剤の選択により常温での作業性に適し、可使時間、粘度、および硬化条件の調整も容易である。

4-1-3 エポキシ樹脂の種類

エポキシ樹脂はメーカーサイドで分類すると、次の六種類に類別できる。

- 1) 国産品
- 2) Shell 社製品
- 3) CIBA 社製品
- 4) DOW Chemical 社製品
- 5) Bakelite DIV of U. C. C. 製品
- 6) Union Carbide Chem. CO. 製品

今回の共通試験に参加した17社のエポキシ樹脂も、上述のいずれかの分類に属するものであるが、調査不備の為個々の類別は明記できなかった。

次に、エポキシ樹脂を製造方法の違いで区別すると、次の二種類に類別できる。

- 1) エポキシ樹脂(アミン系、アミド系、アミンアダクト系)
- 2) 変性エポキシ樹脂(タール変性、ウレタン変性、ポリサルファイド変性)

ここで、1)の部類のエポキシ樹脂は、いずれも、硬化剤の特質によって区別されるものである。アミン系エポキシ樹脂は、エチレンジアミンなどのアミン類で主剤を硬化させたものであり、耐熱性、耐薬性にすぐれた樹脂である。今回の例では、Gの樹脂がこの部類に属する。アミド系エポキシ樹脂は、エポキシ樹脂とポリアミド樹脂の配合樹脂であり、アミン系エポキシ樹脂の耐湿性をおさなう性質や、圧縮強度、付着性にすぐれた樹脂である。

今回の例では、A、C、Fなどがその例である。アミンアダクト系エポキシ樹脂は、アミンとエポキシ樹脂を付加反応させてできるアダクトを硬化に使用した樹脂である。今回の例では、この部類に属する樹脂は認められなかった。

次に、2)の変性エポキシ樹脂とは、エポキシ樹脂の物性を改良する目的で、タールとかウレタンとかポリサルファイドなどを配合して二次加工された樹脂である。今回の例では、タール変性エポキシ樹脂が多く、D、E、H、I、MおよびNがこの部類に属する。その他、B、Lはウレタン系に属し、J、Fはその他の変性エポキシに属するものである。

このように、エポキシ樹脂には多種類のものがあり、それぞれに特徴を持っているので、樹脂を使用する場合には、その使用目的に応じて、特徴ある樹脂を選定すべきである。この意味で、今回の橋面薄層舗装材として使用されるエポキシ樹脂の選定には、殊に、次のような物性のすぐれたものを選ぶことにした。

- A たわみ性(床版に追従可能なたわみ性を持つ事)
- B 付着性(床版への付着性が良い事)
- C 耐繰返し疲労性(主として動的疲労に耐える機械的特性を持つ事)

D 耐すべり抵抗性(骨材との混合による合材のすべり抵抗係数が大きい事)

17社のエポキシ樹脂の一般的性質を整理したものが表-10である。

表-10 エポキシ樹脂の性状

項目 会社	主材粘度 (A) cFS(20°C)	硬化材粘度 (B) cFS(20°C)	エポキシ 当量	アミン価	配合比 (A+B)	比重 (A+B)	可使時間 (20°C) (hr)	硬化時間 (20°C) (hr)	配合比 (樹+ 脂) (珪 砂)	表面の 色調
A	12000	1000	188	380	1:0.8	—	4.0	—	1:4	灰色
B	37500	1420	566	419	1:0.2	1.050	1.0	—	1:4	黄褐色
C	700	4600	190	400	1:0.5	—	1.0	—	1:7	灰色
D	2800	2200	190	34	1:1	1.155	0.3	—	1:5	黒色
E	9400	21500	235	145	1:1	—	0.75	120.0	1:5	黒色
F	1600	2200	185	225	1:0.5	1.110	0.6	—	1:5	黄褐色
G	2200	4800	215	330	1:0.5	—	1.0	10.0	1:6	黄褐色
H	22000	70	170	980	1:0.1	1.100	0.6	1.5	1:4	赤褐色
I	3000	5000	200	325	1:1	—	2.0	—	1:5	茶褐色
J	3000	1200	188	400	1:1	1.150	2.5	6.5	1:5	緑色
K	540	3000	—	509	1:0.3	1.190	0.5	24.0	1:5	黄褐色
L	23900	—	290	539	1:0.2	1.078	2.0	24.0	1:5	黄褐色
M	17000	3600	380	—	1:1	1.100	1.1	120.0	1:3.5	黒色
N	2200	1600	225	174	1:1	1.177	1.1	156.0	1:4.5	黒色
O	13000	17	190	—	1:0.7	1.030	5.5	—	1:9	黄褐色
P	4800	2500	193	350	1:0.4	1.150	1.0	—	1:5	黄褐色
Q	1600	2800	190	—	1:0.4	—	0.9	—	1:4.5	黄褐色

ここで、主剤の粘度は、エポキシ樹脂の分子量と関係するインデックスである。粘度の高い樹脂は分子量も大きく、したがって、低分子量の樹脂にくらべて分子の結晶性は劣るが、反面、ゴム状の粘弾性を持った強靱なプラスチックであるとみなせる。この意味で、A、B、L、M、およびOの樹脂はいずれも、10⁴C. F. S. オーダーの粘度を示しており、他の樹脂と区別することができる。

エポキシ当量とは、エポキシ樹脂の分子量をエポキシ環の数で割ったもの、又は、エポキシ基の1g当量を含んだ樹脂のg数である。この値の大小は、硬化剤添加量の決定の目安を与えるもので、重要である。一般には、

主剤のエポキシ当量が大きければ、硬化剤の配合当量は小さいという逆比例の関係にある。このことは、表-10でも認められることである。硬化剤の配合量の大小は、硬化樹脂の可撓性と密接な関係がある。即ち、エポキシ樹脂とポリアミド樹脂の配合では、ポリアミド樹脂の配合量が多くなれば、可撓性に富み、接着性も良くなる性質がある。この意味で、主剤と硬化剤の配合比が1:1以外のA, B, C, G, H, L, O, FおよびQの樹脂は、特徴ある樹脂であるとみなせる。

可使時間は、樹脂100gで20℃の条件で測定したものである。表-10より大部分の樹脂は、硬化剤添加後1~2時間後に可使時間に達することが認められる。したがって、現場での作業に際しては、2時間程度は外力がおよばない環境を与える必要が認められる。

4-1-4 光劣化の評価

高分子材料は、実用時に物理的、化学的性質が低下することが多い。この現象を一般に劣化(Deterioration, Degradation)という。劣化の原因としては、熱、紫外線、放射線、機械、薬品、微生物などが主で、これに酸素、湿気、ひずみなどが付随して劣化を促進するとされている。³⁾

長浦試験舗装は、新しい高分子材料としてのエポキシ樹脂を橋面薄層舗装材として使用し、その供用変化を調査し、良否を判定する目的がある。

このような利用の立場で前述の劣化原因を検討した場合、光(殊に紫外線)劣化と機械的(殊に疲労)劣化を調査する必要がある。そこで、まず、高分子の光劣化の評価方法について調査することにした。

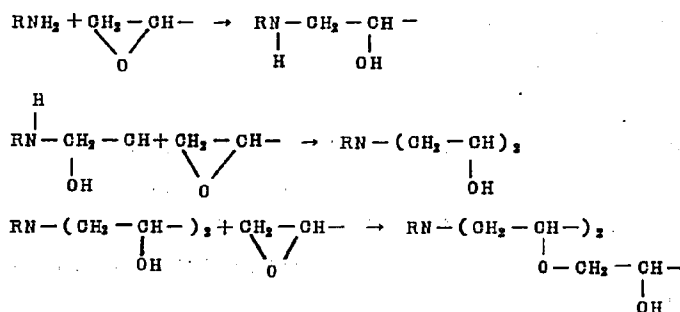
高分子材料の光劣化を評価する試験法の一例としては、人工促進劣化試験であるウェザーメーター(Weather meter)試験法がある。この試験法は、供試法は、供試体に光照射、水スプレー、暗黒の3つの条件の組合わせサイクルを与え、屋外での長期間曝露に似た効果を与え、試料の光劣化を評価するものである。プラスチック材料を劣化させる光の波長は400nm以下の紫外線で可視光線による劣化はあまり問題にされない。日光は、290nm以上の光を含んでおり、このうち、紫外線の占める割合は、5~10%程度とされている。³⁾この意味から屋外で使用されるプラスチック材料は、光劣化環境がシビアであると言える。

プラスチック材料が、この紫外線領域の光量子を吸収すると、まず、高分子の主鎖分子の一部が励起又は解離し、分子量が減少し、破断強度や伸び率が低下する。次に、この励起分子がラジカル再結合、架橋、酸化を起こし、材料が脆化するので、強度低下がおきる。更に、このような変化に関連して収縮がおこり、ひびわれが発生したり、 $>O=O$ 、 $-O=O-$ などの二重結合の生成に基づく着色や極性基の生成に伴う吸湿性変化などがあらわれる。

ウェザーメーター試験法によるエポキシ樹脂の光劣化の結果は表-11に示す通りである。ここで、チーキングとは、塗膜試験に用いられる白亜化の評価を示し、塗膜が表面から分解変化して、粉状になったものをガーゼで圧着スライドさせ、樹脂の損失程度を評価したものである。

樹脂の変性形態とチーキングおよび屈曲試験の結果との関係を調べると次のようなことが言える。まず、第1に、表-11よりチーキングで変化が認められた樹脂は、D, I, M, およびNである。一方、これらの樹脂はいずれも、タール変性エポキシ樹脂か、あるいはそれに類似するものであった。したがって、タール変性エポキシ樹脂は、光劣化を起こす波長領域の光を吸収しやすく、その結果、分子破断などの光酸化を受けやすいと言える。一方、チーキングで変化が無く、更に、屈曲試験でも変化が認められなかった樹脂は、Bのみであった。Bの樹脂は、樹脂の基材粘度が 3.75×10^4 cP, B, エポキシ当量が566と17試料中いずれも最高で

あった。又、Bは、ウレタン変性エポキシ樹脂である。この意味から高分子量エポキシ樹脂（粘度が高い）と尿素樹脂又はイソシアネートを配合して、分子中にウレタンブリッジをもたせた樹脂は、光劣化をおこす波長の光を吸収する度合が極めて小さいものと推定できる。A、CおよびDの樹脂は、ポリアミド系エポキシ樹脂である。これ等の樹脂の光劣化評価は、不規則なあらわれ方をしていることがわかる。このポリアミド樹脂は、一種のアミンであり分子中のアミノ基によってエポキシ基を開環し、網状構造を作ってゆく為に（硬化剤の配合割合も少なくして硬化樹脂を作ることができる。）特徴を持っている。この硬化反応の一例を示すと次のようになる。



このように、反応過程で揮発性物質の生成がない為、収縮もほとんど起きず、不撓性に富んだ物質が得られる。したがって、ポリアミド系エポキシ樹脂のように、分子中に架橋点を多く持っている樹脂は、タール変成エポキシ樹脂に比べて、光劣化の影響を受けにくい特質があるといえる。

以上の結果から、光劣化の評価で最も良い成績を示した樹脂は、Bのものであった。

4-2 力学的性状

エポキシ樹脂モルタルの力学的性状試験の結果は表-1.2に示す通りである。試験結果からエポキシ樹脂モルタルの特性を判断するに便なるよう試験項目毎にヒストグラムを作った。

表-11 耐候性および膨張率

項目 会社	耐 候 性 試 験												体 膨 張 率	
	樹 脂 単 体										珪 砂 散 布		C°・10 ⁻⁵	
	外 観					チョーキング		屈 折		屈 折		珪砂のはがれ 損量率(%)	樹脂単体	樹脂モルタル
	色むら	色つや	しわ	流れ	ふくれ	ややあり	かなりあり	ひびわれ	はがれ	ひびわれ	はがれ			
A									○		○	0.81	39	18
B												0.34	66	26
C		○							○		○	0.69	35	11
D	○	○					○		○		○	1.26	53	20
E	○	○				○		○		○		2.26	66	11
F					○				○	○		0.50	—	13
G									○		○	0.35	36	14
H									○		○	1.46	21	12
I	○	○		○			○		○	○		0.34	45	15
J	○	○	○					○		○		0.45	62	22
K	○	○							○			1.14	56	17
L	○	○			○				○		○	0.63	44	16
M	○	○					○	○		○		1.52	54	—
N	○	○	○	○			○	○		○		3.04	55	18
O	○	○	○	○				○		○		0.47	63	16
F	○	○					○		○	○		0.0	56	19
Q					○				○		○	0.18	30	13

(註) ○印変化あり

表一 1 2 各項目毎の試験結果

試験項目	付着強度 (kg/cm ²)										比例限界内の					たわみ量 (mm)					比例限界内の曲げ強度 (kg/cm ²)										破壊時のたわみ量および曲げ強度 (10×20×150)										曲げおよび																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	室内温度 (15℃) -10℃, 60℃ 繰返養生										10×20×150mm					(鉄板3mm)					10×20×150mm (鉄板3mm)										載荷速度 (1.0mm/min)					載荷速度 (50mm/min)					曲げ強度 (kg/cm ²)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
	載荷速度 1.0mm/min					50mm/min					載荷速度 1.0mm/min					50mm/min					載荷速度 1.0mm/min					50mm/min					載荷速度 1.0mm/min					50mm/min					曲げ強度 (kg/cm ²)					たわみ量					曲げ強度 (kg/cm ²)					たわみ量					水浸 (60℃)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
	n	min	max	min	max	n	min	max	min	max	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min	max	R	√V	X	n	min

(註) ※エポキシモルタル部分より破損

＊試験値が1個

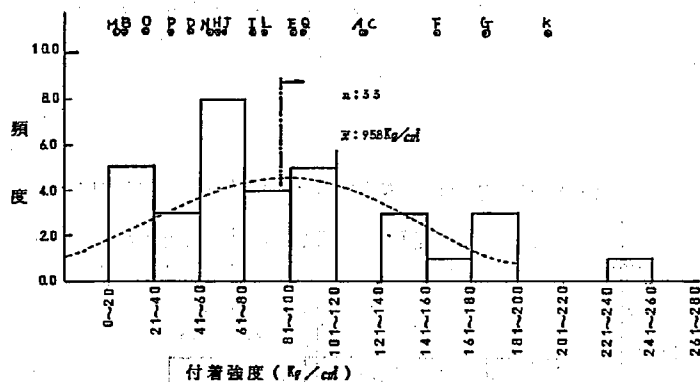
驗結果

げ 強 度 (kg/cm ²) (鉄板3mm)					破 壊 時 の た わ み 量 お よ び 曲 げ 強 度 (10×20×150)										曲 げ お よ び 圧 縮 強 度 (40×40×160)																比 例 限 界 の 弾 性 係 数 (kg/cm ²)					弾性係数 (kg/cm ²) δ=150 kg/cm ² における ε 量	動 的 載 荷 繰返し疲労試験 0.5mm 上下振巾 たわみ制御 (200回/minにおける 回数)							
					載 荷 速 度 (1.0mm/min)					載 荷 速 度 (5.0mm/min)					曲 げ 強 度 (kg/cm ²)								圧 縮 強 度 (kg/cm ²)								20×150×10mm (温度-10℃)													
5.0mm/min					曲 げ 強 度 (kg/cm ²)					たわみ量 (mm)	曲 げ 強 度 (kg/cm ²)					たわみ量 (mm)	水 浸 (60℃)				非 水 浸				X/X ₀ ×100 (%)	水 浸 (60℃)				非 水 浸				X/X ₀ ×100 (%)	載荷速度 (1.0mm/min)			(5.0mm/min)						
n	min max	R	√V	X	n	min max	R	√V	X		n	min max	R	√V	X		n	min max	R	√V	X	n	min max	R		√V	X	n	min max	R	√V	X	n		min max	R	√V	X	n	min max	X	n	min max	X
3	41 314	273	144.8	205	5	290 452	162	58.5	372	2.21	3	71 424	353	220.0	373	1.83	3	221 271	50	25.1	245	271 288	17	8.5	289	86	6	575 751	24	64.4	652	478 753	275	90.3	628	104	5	53,700 93,600	72,800	3	11,300 77,700	46,100	98,400	16,000. 62,900 116,900. —
4	167 198	31	14.2	177	6	101 161	60	21.7	127	2.67	4	167 198	31	14.2	177	2.20	3	41 48	7	3.8	45	89 100	11	5.5	94	48	6	122 150	28	11.3	131	169 188	19	7.3	180	73	6	3,800 5,800	5,300	4	8,300 10,700	9,200	—	150,000以上
5	311 376	65	25.6	333	4	289 334	45	21.1	314	0.51	5	311 376	65	25.6	333	0.89	3	212 283	71	40.2	237	290 360	70	39.1	315	75	6	753 1,008	255	105.1	868	916 1,146	230	103.6	1,001	87	4	78,000 101,900	86,300	5	19,700 82,600	56,400	201,300	500. 1,000 2,000. 2,500
5	266 354	88	36.2	322	4	274 371	97	43.8	308	0.64	5	295 441	146	57.1	361	1.40	3	241 249	8	4.4	246	280 351	71	37.0	323	76	6	923 1,000	77	32.0	962	932 1,008	76	29.9	969	99	4	76,700 106,100	87,500	5	69,000 118,800	97,200	166,700	1,000. 1,000 2,400. —
5	214 318	104	43.4	349	5	230 342	112	46.2	310	1.22	5	323 454	131	55.5	378	2.80	3	26 92	66	26.6	49	191 347	156	82.6	285	17	6	130 511	381	158.9	295	472 744	272	134.8	646	46	5	46,900 74,900	66,300	4	33,300 99,500	60,500	42,900	300. 2,000 8,000. —
5	182 247	65	24.3	223	3	225 284	59	29.7	252	0.39	6	182 247	65	24.3	223	0.38	3	138 161	23	11.9	152	246 266	20	10.3	257	59	6	434 519	85	30.4	469	467 506	39	13.4	488	96	3	75,900 86,600	79,600	6	48,800 94,600	71,700	222,200	900. 1,600 1,800. 4,500
5	278 357	79	30.9	309	5	259 324	65	25.2	290	0.71	5	314 408	94	39.5	369	1.97	3	266 293	27	13.7	280	306 322	16	8.2	313	89	6	822 928	106	41.4	886	883 956	73	28.2	913	97	5	49,500 81,700	71,500	5	60,500 71,500	66,000	181,800	1,000. 2,400 12,500. —
5	262 387	125	44.8	324	5	294 384	90	42.0	338	0.86	5	317 435	118	56.0	352	1.25	3	241 285	44	22.1	264	321 339	18	9.1	329	80	6	816 1,011	195	65.2	920	1,006 1,090	84	37.6	1,051	88	5	75,300 113,400	90,200	5	78,100 115,900	92,200	153,800	1,000. 17,000 — —
5	299 355	56	23.5	323	5	259 328	69	31.8	304	2.00	5	357 480	123	46.2	433	0.53	3	153 222	69	40.0	177	229 285	56	31.0	265	67	6	546 796	250	119.0	634	564 891	327	133.4	741	86	5	48,200 80,600	67,400	5	34,160 612,100	465,100	115,400	800. 1,000 3,800. 10,500
5	303 501	198	80.4	393	5	310 386	76	28.3	339	0.53	5	303 501	198	80.4	393	0.11	3	75 96	21	11.6	83	288 314	26	13.0	300	28	6	478 556	78	27.8	533	631 659	28	11.7	647	82	5	70,700 99,000	82,900	4	361,000 614,500	500,000	—	1,700. 1,700 7,600. 8,200
5	260 373	113	43.0	306	5	384 498	114	50.7	437	2.27	5	355 473	118	48.2	413	2.15	3	80 177	97	50.0	135	374 411	37	44.5	360	37	6	453 748	295	142.5	643	488 866	378	181.0	726	89	5	83,400 107,600	96,500	5	73,300 124,600	98,200	176,500	1,500. 1,500 2,000. 4,200
5	255 281	26	9.7	265	5	243 298	55	21.7	271	0.60	5	306 333	27	11.3	315	1.20	3	163 176	13	7.5	172	254 259	5	2.6	256	67	6	486 588	102	41.9	522	445 474	29	10.4	454	115	5	43,000 57,600	51,500	5	57,300 63,400	60,300	82,900	1,800. 4,000 13,000. —
5	93 147	54	22.8	126	5	91 151	60	22.1	117	0.35	5	93 147	54	22.8	126	0.11	3	15 16	1	0.7	15	129 146	17	8.5	137	11	6	144 231	87	32.9	181	297 322	25	9.2	314	58	5	30,800 46,200	38,800	5	78,900 166,700	141,300	—	1,600. 2,500 5,000. 11,000
5	228 318	90	36.6	261	5	208 270	62	25.6	241	0.68	5	271 371	100	37.2	309	1.15	3	15 18	3	1.6	17	61 85	24	12.7	75	22	6	80 108	28	11.3	90	125 135	10	4.2	131	69	5	36,400 60,700	47,800	5	48,000 70,800	63,700	—	1,000. 1,000 6,500. 10,000
5	194 218	24	10.5	210	4	157 206	49	20.3	184	0.33	5	194 218	24	10.5	210	0.29	3	60 68	8	4.4	65	146 166	20	10.8	158	41	6	266 303	37	13.9	280	272 291	19	7.1	282	99	4	59,000 78,400	66,400	5	64,000 105,500	87,700	53,600	3,500. 4,000 42,000. 64,000
5	250 334	84	37.6	304	5	254 413	159	61.3	320	0.75	5	350 441	91	38.2	407	2.45	3	80 129	49	24.8	102	257 323	66	36.5	299	34	6	510 591	81	29.7	558	569 654	85	30.6	628	89	5	71,800 117,900	87,700	5	72,400 109,400	90,400	77,700	2,500. 4,600 4,800. 7,500
5	219 270	51	23.8	242	4	183 268	85	35.6	231	0.38	5	219 270	51	23.8	242	0.49	3	213 246	33	17.4	226	243 271	28	14.4	255	89	6	826 876	50	18.6	847	746 888	142	46.1	822	103	2	32,000 56,400	44,400	5	40,900 72,500	55,500	141,500	500. 800 — —

図一～四は付着試験の結果である。結果によれば樹脂モルタルの付着力は温度変化を与えないもので平均、 $9.5.8$ および $12.4.2 \text{ kg/cm}^2$ 、温度変化を与えたもので平均 $9.2.9$ および $11.5.6 \text{ kg/cm}^2$ であった。

試験後の試験片を観察して、付着面からはがれたものと樹脂モルタル部分から破壊したものに分けた。その割合は、温度変化を与えた場合、付着面のはがれが約 5.3% 、モルタル部分の破壊が 4.7% 、に対し温度変化を与えた場合、前者が約 7.0% 、後者が 3.0% であった。個々についての結果は、付着が良好でモルタル部分で破断したもののみ表一十二において※印で示している。

図一 常温養生による付着試験のヒストグラム (10mm/min)



図二 常温養生による付着試験のヒストグラム (50mm/min)

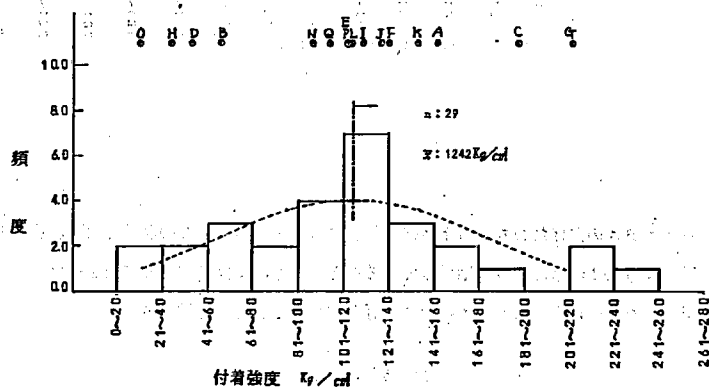


図-3 高60℃、低-10℃繰返し養生による付着試験(1.0mm/min)

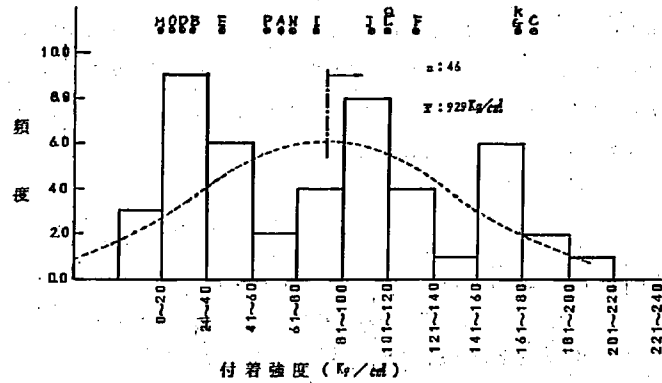


図-4 高60℃、低-10℃繰返し養生による付着試験(5.0mm/min)

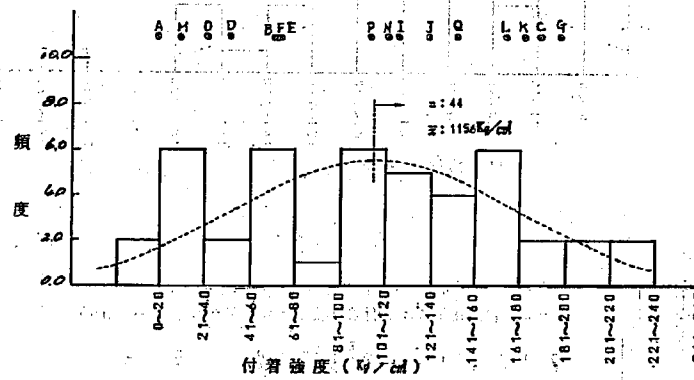
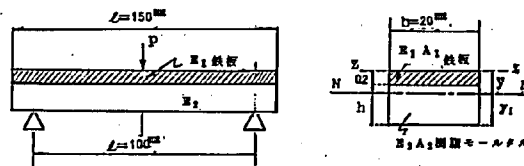


図-5は樹脂モルタルの曲げにわみ量および強度試験の模式図である。この試験で問題が残るのは試験片に補強材として、図のように2mm厚の鉄板が貼付していることであり、鉄板に対する補正を行っていないためここに示すわみ量および強度は樹脂モルタルに対する近似値であることを付言する。

図-5 模 式 図



たわみ量はXYレコーダによる荷重-たわみ曲線から曲げ強度は次の仮定においてそれぞれ求めたものである。
 応力計算は図-5に示す樹脂モルタルと鉄板の組合せ梁として行なった。計算は次の手順に従がい、試験片の
 弾性係数を比例限界の最高値(上部降伏点)に取り、弾性限界内および破壊時の曲げ強度を求めた。

(1) 先づ基準軸(Z-Z)から中立軸(N-N)までの距離 $\bar{y}$ を求める。

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n E_i (S_i) z}{\sum_{i=1}^n (E_i \cdot A_i)} = \frac{E_1 (S_1) z + E_2 (S_2) z}{E_1 \cdot A_1 + E_2 \cdot A_2} \dots\dots\dots (1)$$

ここに E_1 : 鉄板の弾性係数 ($2.1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$)

E_2 : エポキシ樹脂の弾性係数 (kg/cm^2)

$(S_1) z, (S_2) z$: Z-Z軸の断面一次モーメント (cm^3)

(1)に数値を代入すると

$$\begin{aligned} \bar{y} &= \frac{E_1 \times 10^6 \int_0^{0.2} y \times 2.0 \times dy + E_2 \int_{0.2}^{0.2+h} y \times 2 \times dy}{E_1 \times 10^6 \times 0.4 + E_2 \times 2.0 \times h} \\ &= \frac{0.086 \times 10^6 + (h^2 + 0.04h) E_2}{0.84 \times 10^6 + 2.0 \times h \times E_2} \dots\dots\dots (1f) \end{aligned}$$

(2) 中立軸(N-N)に対する断面二次モーメントを求める。

鉄板の断面二次モーメント

$$I_1 = \int_{-\bar{y}}^{\bar{y}+0.2} y^2 \times 2.0 \times dy \dots\dots\dots (2)$$

樹脂モルタルの断面二次モーメント

$$I_2 = \int_{-\bar{y}+0.2}^{\bar{y}+0.2+h} y^2 \times 2.0 \times dy \dots\dots\dots (3)$$

(3) 樹脂モルタルの弾性係数 E_2 を、実測したたわみ量 δ から、(1)式と次式の(4)の連立方程式を
 方程式を解いて求める。

$$\left\{ \begin{aligned} \bar{y} &= \frac{\sum_{i=1}^n E_i (S_i) z}{\sum_{i=1}^n (E_i \cdot A_i)} = \frac{E_1 (S_1) z + E_2 (S_2) z}{E_1 \cdot A_1 + E_2 \cdot A_2} \dots\dots\dots (1) \\ \delta &= \frac{F l^3}{48 \sum_{i=1}^n (E_i \cdot I_i)} = \frac{F l^3}{48 (E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2)} \dots\dots\dots (4) \end{aligned} \right.$$

ここに δ : たわみ量 (cm)

F : 載荷重 (kg)

l : スパン (cm)

E_1 : 合成された弾性係数 (kg/cm^2)

I_1 : N-N軸に関する断面2次モーメント (cm^4)

(1), (4)にそれぞれ数値を代入

$$\begin{cases} \bar{y} = \frac{0.084 \times 10^6 + (h^2 + 0.04h) E_2}{0.84 \times 10^6 + 2.0 \times h \times E_2} \dots\dots\dots (1)' \\ \delta = \frac{F l^3}{2.1 \times 10^6 \times \frac{2}{3} \{y^3 + (0.2 - \bar{y})^3\} + \frac{2}{3} \{(h - \bar{y} + 0.2)^3 - (0.2 - \bar{y})^3\} E_2} \dots\dots\dots (4)' \end{cases}$$

ここに計算上の便から(1)' 式の E_2 を E_B に, (4)' 式の E_2 を E_A にそれぞれおきかえ, はじめ(1)' 式の E_B に弾性係数の推定値を代入し $\bar{y}$ を求めた。この $\bar{y}$ と実測されたたわみ量 (δ_{mm}) から, (4)' 式によって樹脂モルタルの弾性係数 E_A を求めた。ここで E_A , E_B の差が0.5%以内に双方の値が近づくまで電算によって繰返し計算を行なった。更に算出された E_A , E_B の平均値を求め樹脂モルタルの弾性係数 E_2 とした。

(4) 曲げ応力の計算

鉄板と樹脂モルタルを組合せた試験片の曲げ強度は, 前記の数値をそれぞれ次式(5)に代入して, 弾性限界内, および破壊曲げ強度を求めた。

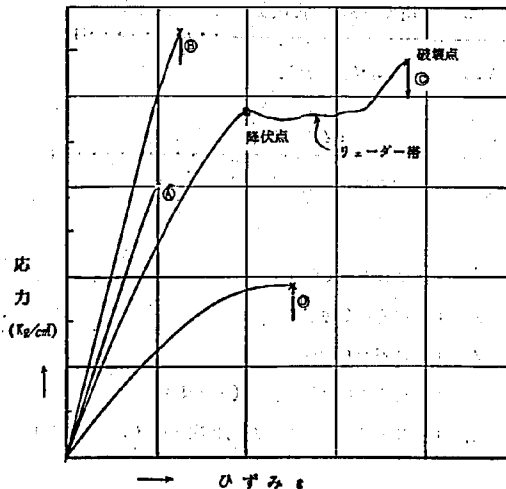
$$\begin{aligned} \delta &= M \cdot \frac{E_1 \cdot y_1}{\sum_{i=1}^n (E_i \cdot I_i)} \dots\dots\dots (5) \\ &= \frac{F l}{4} \times \frac{E_2 (0.2 + h - \bar{y})}{E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2} \\ &= \frac{5 \cdot F \times E_2 (0.2 + h - \bar{y})}{2 (E_1 \cdot I_1 + E_2 \cdot I_2)} \end{aligned}$$

ここに δ : 曲げ応力 kg/cm

M : 曲げモーメント ($kg \cdot cm$)

一般に高分子系では, ひずみ-応力曲線の型を分類すると図-6に示す4種類に分けられる。

図-6 応力~ひずみ曲線



(1) A型 : 硬くてもろい

高い弾性率と、非常に大きい引張強さをもつが降伏点をもたず小さな伸びで破壊する。

(2) B型 : 硬くて強い

高いヤング率、大きい引張強さおよび約5%の伸びをもち、降伏点と予想される付近で破壊する。

(3) C型 : 硬くて粘り強い

弾性率と降伏点あるいはリーダー帯 (Leader's band) が低く、伸びが非常に大きく破壊強さがかなり高い。

(4) D型 : 軟らかくて弱い。

材料の弾性率、引張強さは低く、伸びだけが中程度である。高分子材料の軟らかいゲルまたはチーズ状材料の特徴である。

今回の試験の結果えられたたわみ-荷重曲線は図-6に示したひずみ-応力曲線に非常に類似している。降伏点まではほとんど比例限界にある。

図-7~10のヒストグラムでは上方に試験値の平均を符号で、樹脂の特性分布がわかるように表示した。この分布状況によって、樹脂モルタルのたわみ特性を破壊時 (1.0 mm/min) のたわみ量の大きさから判断してA型に類似するものはO, M, Q, F, ($0.33 \sim 0.39 \text{ mm}$ のたわみ量), B型はG, J, D, N, G, F, L, H ($0.51 \sim 0.86 \text{ mm}$ のたわみ量), C型はE, I, A, K ($1.00 \sim 2.28 \text{ mm}$ のたわみ量), D型はB (2.67 mm のたわみ量) にそれぞれ大別することができる。50 mm/minの場合は変動が大きくなって多少分布が違ってきている。一方降伏点 (比例限界内の最高点) におけるたわみ量についてはあまり顕著な差が現われていない。

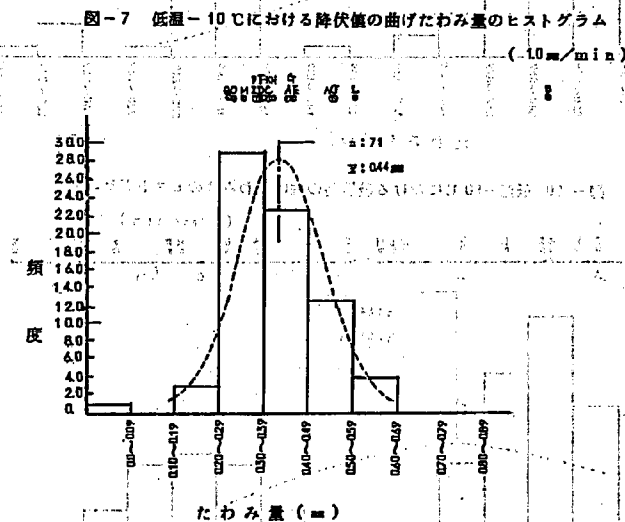


図-8 低温-10℃における降伏値の曲げたわみ量のヒストグラム

(50 mm/min)

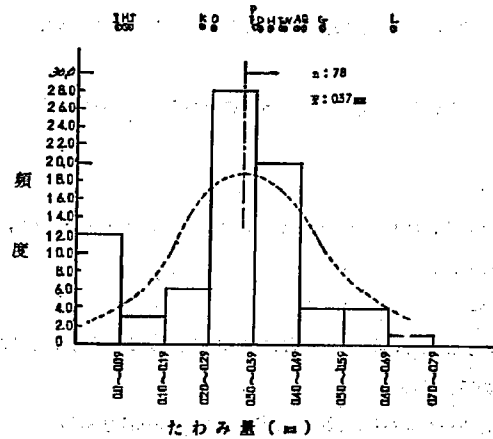


図-9 低温-10℃における破壊時の曲げたわみ量のヒストグラム

(10 mm/min)

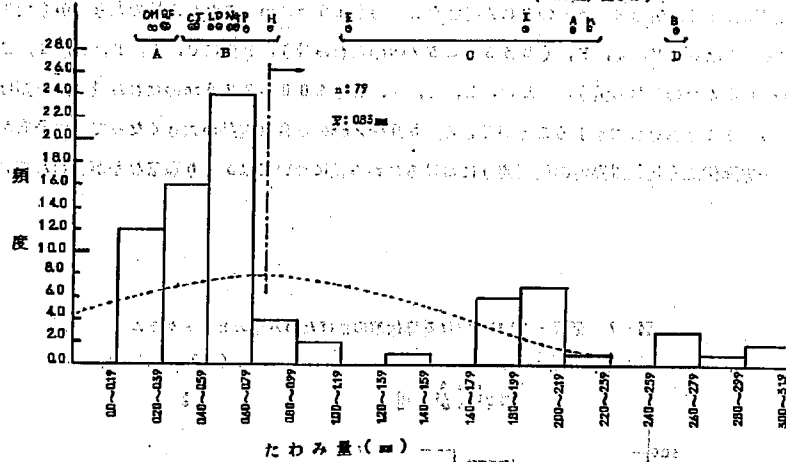


図-10 低温-10℃における破壊時の曲げたわみ量のヒストグラム

(50 mm/min)

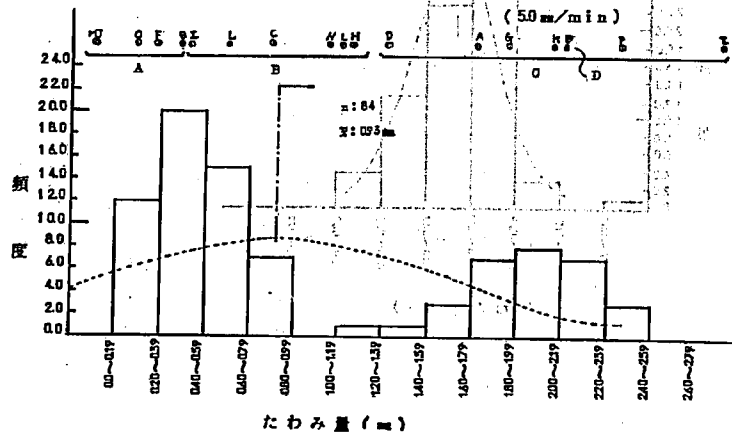


図-11~14 はたわみ試験でえられた破壊時の荷重を用い前述の計算から曲げ強度を求めたものである。

図-11 低温-10℃における弾性限界内の曲げ強度のヒストグラム
(1.0mm/min)

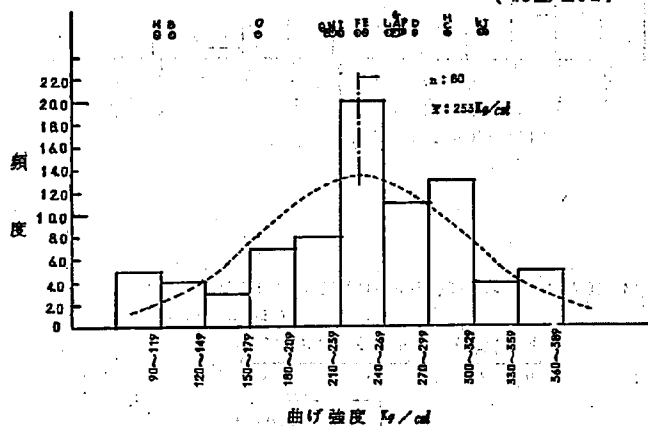


図-12 低温-10℃における弾性限界内の曲げ強度のヒストグラム
(50mm/min)

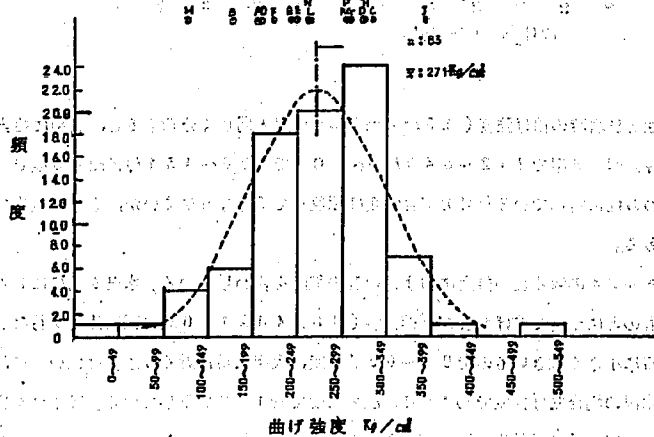


図-13 低温-10℃における破壊時の曲げ強度のヒストグラム
(10 mm/min)

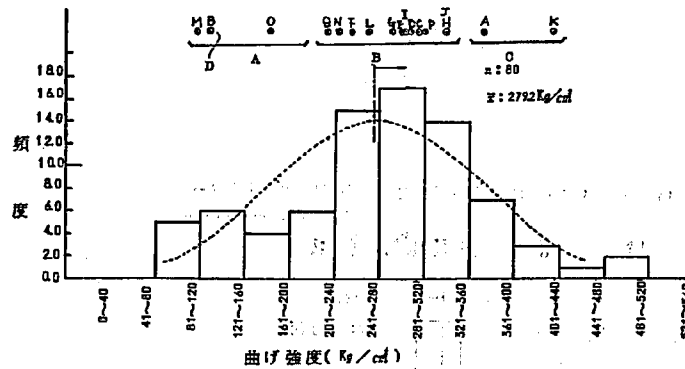
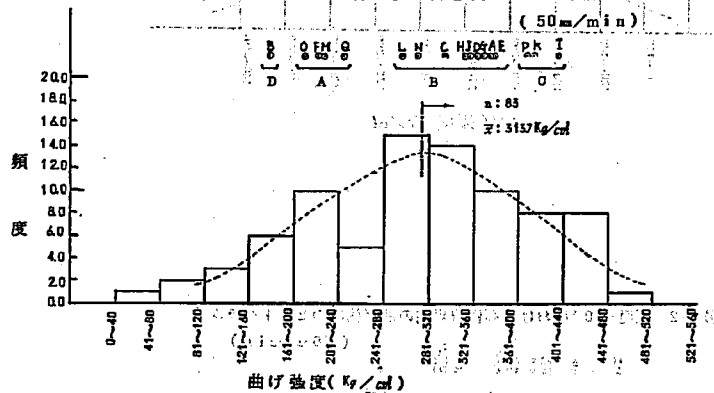


図-14 低温-10℃における破壊時の曲げ強度のヒストグラム
(50 mm/min)



樹脂モルタルの曲げ特性を破壊時の曲げ強度(10 mm/min)から前述と同じく分類すると、A型に相当する曲げ強度は117~253 kg/cm² B型で242~340 kg/cm² O型で300~431 kg/cm² D型で121 kg/cm²であった。一般にたわみ性に富んでいる材料の場合強度は相反して低くなりやすいが、その典型的なものが(B)の樹脂モルタルである。

図-15~18は樹脂モルタルの吸水性が強度におよぶ影響の程度を表わしている。水温60℃に24時間水浸したものと、非水浸のものについて曲げおよび圧縮試験(40×40×160 mmの試験片)を行なった。樹脂モルタルの吸水量は非常に小さく大きいもので0.3~0.5%程度、大半は零に近く吸水性は低い。曲げおよび圧縮強度は非水浸に比べ水浸の場合曲げ強度で約40%、圧縮強度で約10%低下している。吸水性を促進させるため水温を60℃とし、曲げ試験は試験片の温度が大きく下がらない時間内で行なった。しかし圧縮試験では試験片の温度もかなり低下しており、温度の影響によって、曲げと圧縮強度の低下率が違って来たものと思われる。

图-15 曲げ強度 (水浸 6.0℃)
(40×40×160mm)

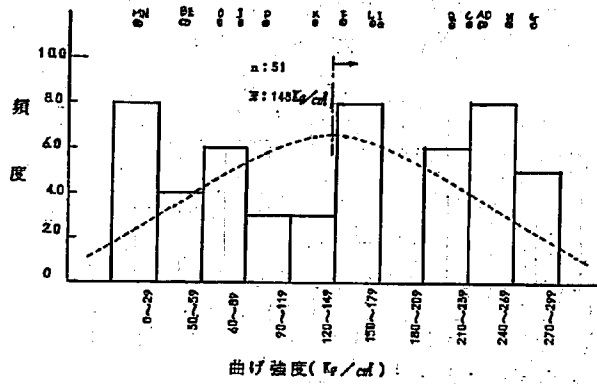


图-16 曲げ強度 (非水浸)
(40×40×160mm)

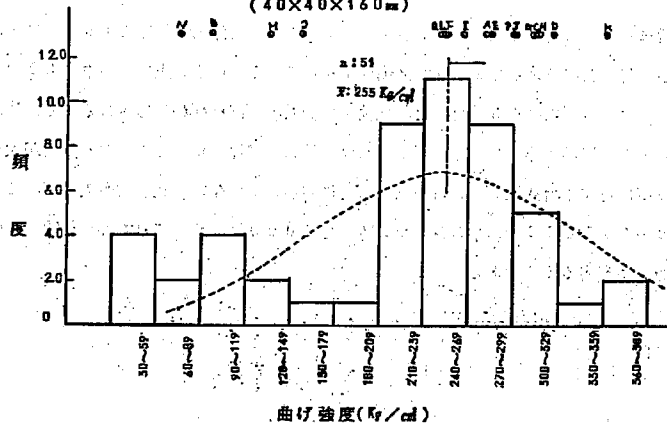
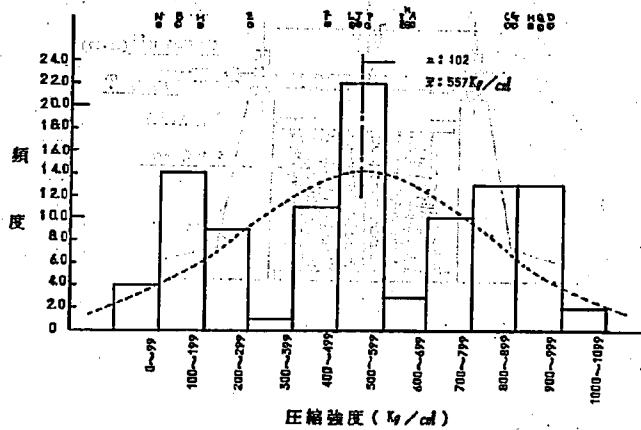


图-17 圧縮強度 (水浸 6.0℃)
(40×40×160mm)



Z
B
H
L
A
K
D
G
C
H

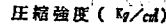


図-19 繰返し載荷試験装置



図-20 弾性係数のヒストグラム 10m/min

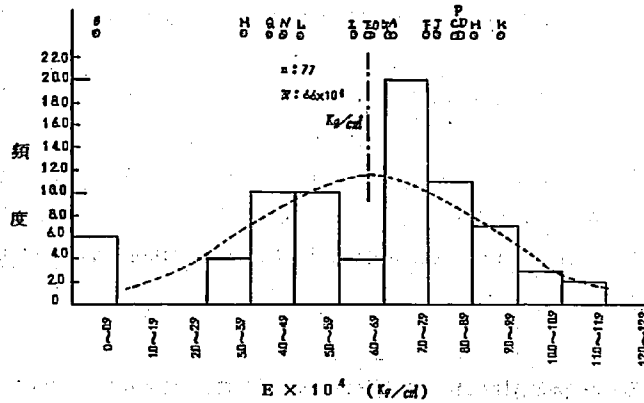
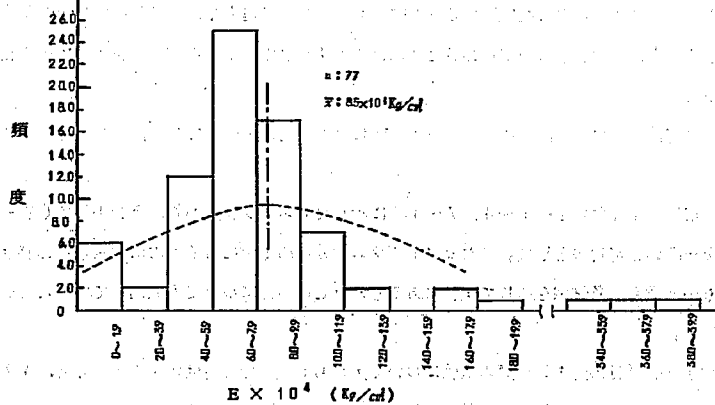


図-21 弾性係数のヒストグラム 50m/min



5 施工上の注意事項

5-1 表面処理

- (1) コンクリートおよび鋼床版面のレイタンス、油脂および錆び等の不純物を有機溶液またはショットまたはサンドブラストにより十分に除去する。
- (2) ブライムコートを施す時点で表面は完全に乾燥させておく。
- (3) エポキシ樹脂モルタル（混合物）を舗設するには必ず同系のエポキシ樹脂によりブライムコートを施す。その標準使用量は 0.2 kg/m^2 、コンクリート床版の場合吸収性があるため約 0.4 kg/m^2 程度、を刷毛ゴムベラ等で均等に塗る。
- (4) ブライムコートを行なった後の養生は 1~2 日が最適である。1 週間を経過すると効果が薄くなる。しかし、外気温に左右されるため気温が低い場合は硬化促進剤を添加するかまたは、保温対策を考える必要がある。

5-2 混合および舗設

エポキシ樹脂においては使用実績が少なかった関係上機械化施工の開発がなされておらず本工事においても人力による外はない。

エポキシ樹脂には可使時間というものがあり、混合から舗設まで時間的に制限される。舗設は人力により金鍬等でき均すなどの方法をとる。従って樹脂の混合量に留意することが必要になる。

エポキシ樹脂の種類によっては、樹脂の使用量いかにによりフィニッシャーの使用が可能な場合もありうる。

施工は気温に非常に左右されるため5℃以下の舗設は好ましくない。硬化促進剤を添加するか保温対策を講じる必要がある。雨天多湿の場合はプライマーの効果が著しく低下するため施工は中止しなければならない。

6 考 察

17社のエポキシ樹脂モルタルの特性を諸試験の結果にもとづいて比較し、特性のすぐれているものから順位を付けて評価したものが表-13である。

今回の試験の目的とする、薄層舗装の試験舗装に使用する材料の選定は、この表-13に示した特性評価による。高分子系のエポキシ樹脂という横面舗装の分野では比較的新しい材料による施工と供用の実績が極めて乏しいため、エポキシ樹脂モルタルの特性に関する基準的なものは全く見当たらない。従って今回の試験舗装では、もっとも成功する確率の高いようにいずれの特性においてもすぐれているエポキシ樹脂の使用を前提に材料を選定することとした。

特に重要視した特性は、付着性、たわみ性、曲げ強度および動的疲労強度であり、これらを中心に検討を加えた。

先ず各試験の結果、すなわち図-1~4、7~18に示したヒストグラムから、その平均値(表-13中の太線表示)以上を一応の選定対象とした。またヒストグラムの分布の上位にあるものは比較的その特性についてはすぐれているものと考え、各試験を通じて上位にあるものはどの特性についても共通してすぐれている材料と判断することとした。

表-13に示す試験項目の内17種類の試験において上から5位までの特性頻度を調べると、17の内、K社が11、A、O社が9、G社では8種類の試験に比較的良好な結果を示している。

次に付着性、たわみ性、曲げ強度および動的疲労強度を取り上げて検討すれば、(1) 付着性にすぐれているものはG、O、K、Aの各社、(2) たわみ性ではB、K、Aの各社、(3) 曲げ強度はK、A、F、Hの各社、(4) 疲労特性についてはB、Aの各社が比較的良好であった。

全体の樹脂モルタルの中で動的疲労強度を除いて最も良好な樹脂モルタルはK社のものであった。しかし動的疲労試験では表-12に示したように1,500~4,000回の繰返し載荷で破壊している。これに反し、B社の樹脂モルタルは動的載荷には非常にすぐれており、150,000回の繰返しにおいても破壊しなかったが、他の特性に比較劣っている。

今回提供されたエポキシ樹脂の種類を分類すると、アミン系エポキシ樹脂と安性エポキシ樹脂の2つに大別されるようである。これら樹脂モルタルの弾性係数の近似値をたわみ量およびワイヤストレンゲージによる曲げひずみからそれぞれ求め表-12に示した。

たわみ量から求めた弾性係数は3,8000~9,6000 kg/cm²であるのに対し、ひずみから求めた場合Bは43,000~222,000 kg/cm²となり、かなりの相違があった。この点については後日改めて検討する必要がある。

表-13 各試験項目に対する評価

試験項目 順位	たわみ性				付着性				曲げ強度				圧縮強度				耐摩耗性		衝撃試験	耐候性試験
	動的繰返し	温度-10℃ 20×10×150mm		室内温度 (15℃)		繰返し温度 -10℃, 60℃		温度-10℃ 20×10×150mm		水浸60℃, 非水浸15℃ 40×40×160mm				サンドブラスト	テーパー					
		※1.0 mm 1回	※5.0 mm 1回	1.0 mm 1回	5.0 mm 1回	1.0 mm 1回	5.0 mm 1回	※1.0 mm 1回	※5.0 mm 1回	水浸	非水浸	水浸	非水浸							
1	B	B	E	K	G	C	G	K	I	G	K	D	H	H	O	A	B			
2	A	K	B	G	G	G	G	A	K	H	H	H	C	K	F	B	Q			
3	O	A	K	F	A	K	K	J	F	D	D	G	D	C	M	F	G			
4	N	I	A	C	K	F	L	H	E	A	C	C	G	Q	N	Q	J			
5	L	E	G	A	F	Q	Q	F	A	C	G	Q	Q	B	Q	K	F			
6	H	H	F	Q	J	L	J	C	G	Q	J	A	I	G	G	C	F			
7	G	L	D	E	I	J	I	D	D	I	F	K	K	L	C	L	H			
8	E	G	H	L	L	I	N	I	J	L	E	I	J	I	A	G	A			
9	F	J	L	I	E	N	F	E	H	F	A	F	E	J	I	F	C			
10	J	F	C	J	F	A	E	G	C	K	I	J	F	O	D	M	O			
11	F	F	N	H	Q	F	F	L	N	F	F	L	A	F	L	O	K			
12	M	N	Q	N	N	E	B	F	L	J	L	F	F	A	H	J	L			
13	K	M	I	D	B	B	D	N	Q	O	Q	E	L	F	J	H	I			
14	C	O	F	F	D	D	O	Q	M	E	O	O	N	E	E	I	E			
15	I	D	O	O	H	O	M	O	F	B	N	N	O	N	F	N	M			
16	D	Q	J	B	O	M	A	B	O	M	B	B	B	C	K	E	D			
17	Q	C	M	M	M	H	H	M	B	N	M	M	M	M	B	D	N			

※ 破壊時におけるたわみ量および曲げ強度による。

図-22は供試体温度が曲げ強度および弾性係数におよぼす影響をあらわしたものである。図から-10℃と常温(15℃)の場合、強度のパラッキを考えると、両者に大きい差はないが、温度が60℃程度になると差は大きくなる。従って夏期の高湿時には強度的な影響が現われるであろう。

図-22 温度変化があるときの曲げ強度と弾性係数

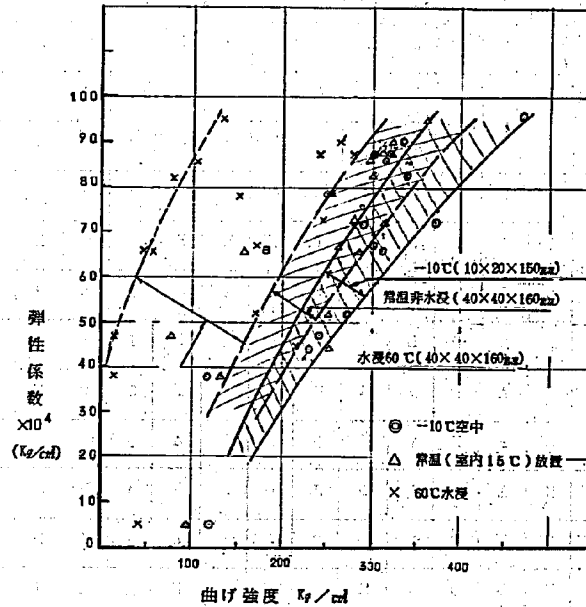
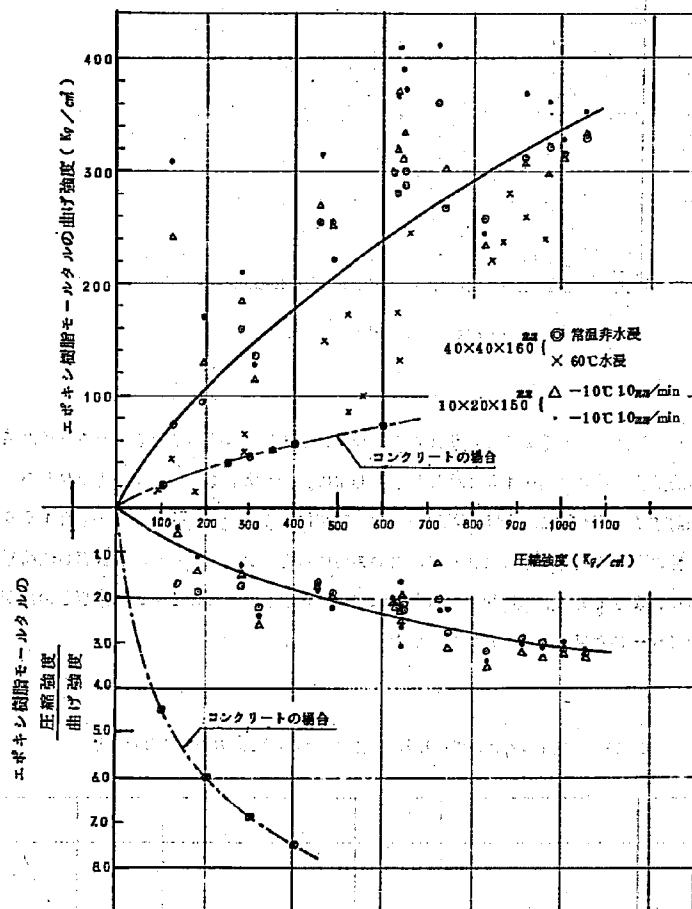


図-23はエポキシ樹脂モルタルの曲げ強度と圧縮強度の関係を示した。セメントコンクリートと比較してもエポキシ樹脂モルタルは強度的に非常に高い。

図-23 エポキシ樹脂モルタルの曲げ強度と圧縮強度の関係



圧縮強度／曲げ強度の比はコンクリートでは6.0～8.0倍に対し樹脂モルタルの場合1.0～2.0倍でコンクリートに比べて非常に小さく樹脂モルタルは曲げに対する抵抗の高いことがわかる。

図-24はエポキシ樹脂モルタル(10×20×150mm)の曲げ強度と破壊時におけるたわみ量との関係を示したものである。たわみ量によって樹脂モルタルをA～Dに分類したが、図からA型は強度的にも劣っており、一般にたわみ性に富むものが曲げ強度においても勝っている傾向がわかる。K, A, Iの各社のものがその例であろう。

図-24 樹脂モルタルの曲げ強度とたわみ量の関係

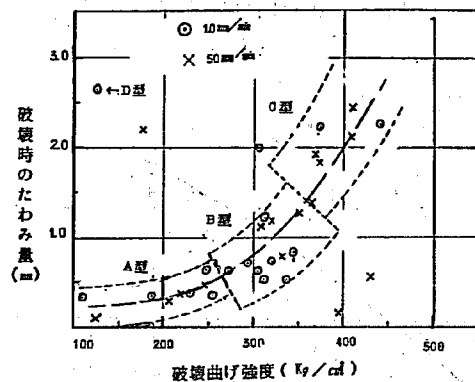


図-25はエポキシ樹脂モルタル(20×75×400mm)の動的疲労試験の結果をたわみ試験の結果と比較したものである。動的試験の結果は表-12に示した通り非常に変動が大きく、試験誤差もかなりあるものと思われる。今回の試験で繰返し載荷に耐える回数はほとんどの場合10,000回以下であり、その耐久性の限界は破線で示した通りで、たわみ性に富んでいる材料でも動的繰返し載荷重に対してはそれほど期待できないようである。試験片の破壊状況はほとんどひびわれによるもので鉄板とのはがれによるものは少なく、プライマーの効果はかなり良好であった。

図-25 樹脂モルタルの繰返し載荷回数とたわみ量試験におけるたわみ量

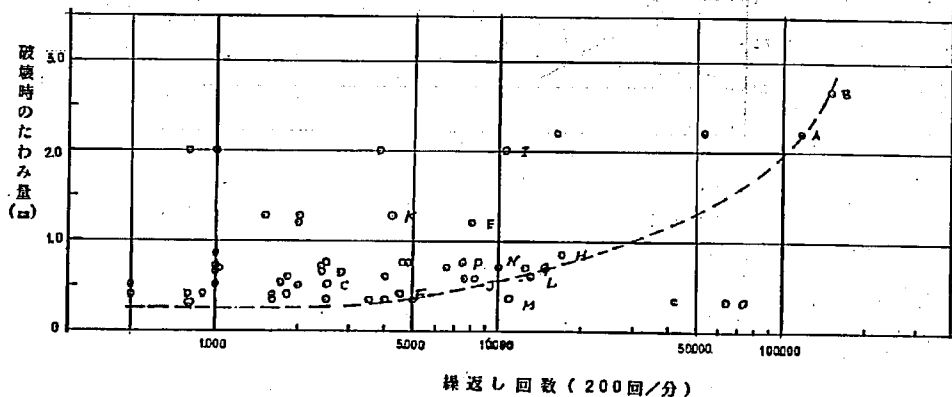


表-14 は耐摩耗性および衝撃試験の結果を示した。衝撃試験については比較的 A 型の変性エポキシに属する樹脂モルタルは表面がはがれ飛び散ってえぐられてしまう、アミン系に属するものは表面の変形は起すがえぐられることなく内部の分離を起している状態であった。

表-14 耐摩耗および衝撃試験

試験 項目 会社	耐 摩 耗 試 験		ス ペ リ 抵 抗 値	衝 撃 試 験				
	テーパー指数 (mmg)	サンドブラスト 損量(g)		25	50	75	100	200
A	146	125	30	○	○	○	△	●
B	226	91	37	○	○	○	△	×
C	140	77	26	○	○	○	●	▲
D	158	162	59	○	●	▲	×	×
E	182	137	45	○	●	▲	×	×
F	209	133	24	○	○	△	●	×
G	140	93	50	○	○	△	●	×
H	172	50	43	○	○	△	●	×
I	149	114	44	○	○	●	▲	×
J	182	115	67	○	○	△	●	×
K	218	74	37	○	○	○	△	×
L	160	98	60	○	○	○	△	×
M	109	439	25	○	○	△	●	×
N	128	162	53	○	△	●	▲	×
O	3	122	39	○	○	△	●	×
P	109	123	56	○	○	○	△	×
Q	140	86	58	○	○	○	△	×

(註) ○: 打撃痕凹み

△: 表面が盛り上り内部分離

●: 表面がはがれ始める

▲: 表面がとび散る

×: はがれ, えぐられ, 内部破損

図-26 はサンドブラストによる摩耗損量を示したもので、樹脂モルタルの場合 50~160 g (4.0~2.0%) 程度の摩耗量であった。特にM社のものは20%と大きい値を示している。

図-26 サンドブラスト試験

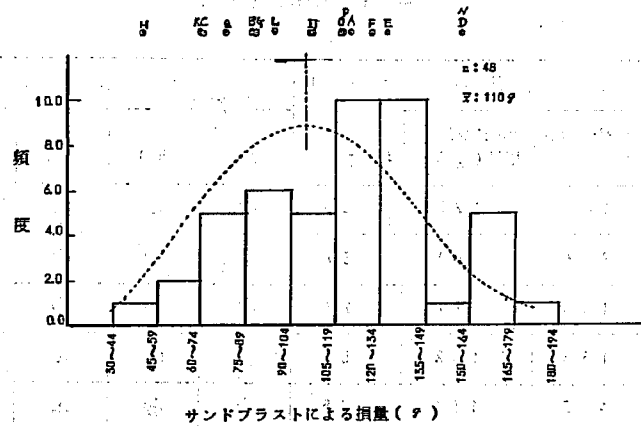
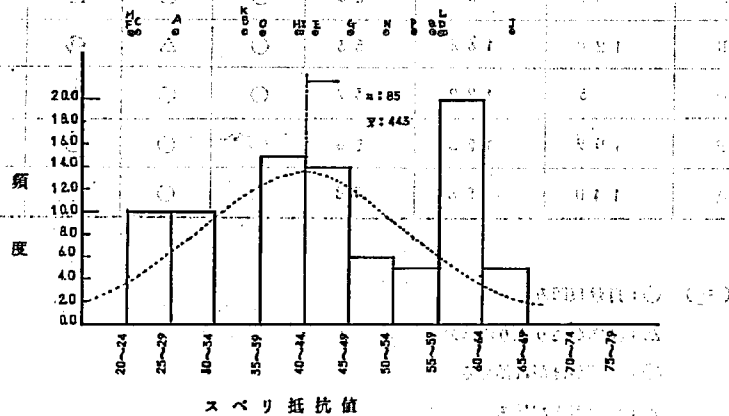


図-27 は樹脂モルタルのスベリ抵抗値をポータブルスキンドテスターにより疲労試験用の試験片を利用して測定したものである。図に示した通り樹脂モルタルの場合スベリ抵抗値が25~65で平均45程度であった。

高分子系エポキシ樹脂モルタルは様々な特質をもっていることが理解されたがそれらの特質を生かし使用目的に応じた使い分けが可能であり一方でどのエポキシ樹脂においても樹脂硬化剤の配合その他の調整によって希望する品質の材料に近づけて使用することが比較的容易であるように思われる。

図-27 スベリ抵抗試験



あ　と　が　き

本比較試験の結果により選定されたモルタルが果して十分な供用性を示すか否かは試験舗装の観測にまたなければならず、様々な力学試験の方法などについても残された問題点は少なくない。今後の研究を進める上において、また、エポキシ樹脂モルタルの性状の現況を把握する上においても、本試験の結果は有用な資料を提供するものとする。

様々な試験を遂行するに際し、試験機器の使用などにおいて化学研究室およびコンクリート研究室に非常に便宜をはかって頂いた。また、試験の計画から実施まで日本舗道株式会社技術研究所には絶大な御協力をたまわった。

下記の17社の各位には、計画時の打合せ会への出席や膨大な供試体の提供を依頼した。ここに厚く御礼を申上げる。

旭電化工業株式会社	東都化成株式会社	味の素株式会社	山宗化学株式会社
ショーボンド株式会社	昭和高分子株式会社	東邦天然ガス株式会社	三井東圧化学株式会社
花王石鹼株式会社	A B C 商会株式会社	ポストックジャパン株式会社	
サンコーレンジ株式会社	日本光研株式会社	住友ゴム工業株式会社	
大日本インキ株式会社	日立化成株式会社	大日本塗料株式会社	

昭和46年3月

建設省土木研究所舗装研究室

参 考 文 献

1. Lawrevoe E Nielsen 著 小野木重治訳
高分子の力学的性質 P 95~100, (1965)
2. 大石直四郎, 館川裕著 エポキシ樹脂 P 13~27, 134~157(1964)
3. 村山三樹男著 高分子材料の光劣化とその対策 (工業材料) 15. 5. 29(1967)
4. 有藤治一著 塗膜の試験法とその評価法 (工業材料) 17. 13. 127(1969)
5. 松野三朋 橋面の薄層舗装材料の現状と問題点 土木技術資料 11. 9. 13(1969)

付 録

ALGOL COMPUTER(FACOM270-20/30)

目 次

1) 曲げ応力および弾性係数のプログラム	47
2) 曲げ応力 (KK_1, KK_2) および弾性係数 (EA) の計算結果	48
3) ヒストグラムのプログラム	51
4) サンドブラスト摩耗量のヒストグラム計算結果	53
5) テーパー摩耗量のヒストグラム計算結果	53
6) 曲げ応力水浸 (WET) のヒストグラム計算結果	54
7) 曲げ応力非水浸 (DRY) のヒストグラム計算結果	54
8) 圧縮応力の水浸 (WET) のヒストグラム計算結果	55
9) 圧縮応力の非水浸 (DRY) のヒストグラム計算結果	55
10) 常温における付着力のヒストグラム計算結果 (1.0mm/min)	56
11) 常温における付着力のヒストグラム計算結果 (5.0mm/min)	56
12) 繰返し養生における付着力のヒストグラム計算結果 (1.0mm/min)	57
13) 繰返し養生における付着力のヒストグラム計算結果 (5.0mm/min)	57

```

begin
  integer I,N,K,T;
  real E2,Y,EE2,A1,A2,R,E1,EA,KK1,KK2;
  array P,D,H,PP,HH(1:250);
  READ(E1,N);
  for I=1 step 1 until N do
    READ(P(I),D(I),H(I));
    for I=1 step 1 until N do
      READ(PP(I),HH(I));
  QUIT(6,'///108'NO',5B'N',9B'Y',8B'E2',8B'EE2',8B'EA',8B'KK1',8B'KK2',////');
  - 10-

  T=0;
  for I=1 step 1 until N do
    begin
      E2=E1;
      K=0;
    ST: K=K+1;
      Y=(0.084+10.016*(H(I)*(H(I)-0.4))=E2)/(0.84+10.016+2*E2*H(I));
      A1=2.1+10.016*((2/3)*(Y13+(0.2-Y)13));
      A2=(2/3)*((H(I)+Y+0.2)13-(0.2-Y)13);
      EF2=(P(I)+10.013-32*D(I)+A1)/(32*D(I)+A2);
      - 20-
      R=ABS((EE2-E2)/E2);
      if R<0.005 then go to SP;
      if K=999 then go to SP;
      E2=EE2;
      go to ST;
    SP: T=T+1;
      if T=30 then T then
        begin
          EJECT;
          QUIT(6,'///108'NO',5B'N',9B'Y',8B'E2',8B'EE2',8B'EA',8B'KK1',8B'KK2',////');
          - 30-
        end;
      EA=(E2+EE2)/2;
      KK1=(EA*P(I)+5*(0.2+H(I)-Y))/(2*(A1+A2*EA));
      KK2=(EA*PP(I)+5*(0.2+H(I)-Y))/(2*(A1+A2*EA));
      QUIT(6,'9R2ZD,3B2ZD,7BD,3D,4B5ZD,D,2B5ZD,2D,2B4ZD,D,2B4ZD,D/','I,K,Y,E2,EE2,EA,KK1,KK2);
    end;
  end;

```

NO	N	Y	E2	EE2	EA	KK1	KK2
1	8	0.246	531941.6	529495.1	530718.32	268.0	268.0*
2	5	0.187	292530.3	292404.1	292467.22	241.6	241.6*
3	32	0.123	40896.3	40904.9	40900.57	227.2	227.2
4	40	0.116	32395.0	32414.3	32404.66	182.8	182.8*
5	26	0.135	60294.8	60588.5	60441.65	227.8	227.8
6	16	0.140	72329.6	72526.7	72428.17	270.3	270.3
7	3	0.124	56444.4	56364.4	56404.41	233.0	233.0*
8	2	0.129	53104.2	52885.9	52995.07	219.2	219.2
9	114	0.122	50709.4	50836.9	50773.13	265.4	265.4
10	2	0.139	93536.5	93975.1	93755.78	326.4	326.4
11	27	0.132	77122.1	77054.4	77088.22	251.5	251.5*
12	10	0.131	75902.5	75808.2	75855.35	246.5	246.5
13	30	0.130	72577.9	72355.3	72466.56	250.0	250.0
14	29	0.145	109966.3	109429.3	109697.80	331.0	331.0
15	9	0.243	99561.2	95982.7	97771.95	334.0	334.0
16	8	0.135	72074.4	71828.8	71951.60	252.0	252.0
17	28	0.139	96087.9	96054.0	96070.92	314.2	314.2
18	53	0.145	118494.7	117916.4	118205.51	360.1	360.1
19	65	0.134	80448.8	80396.5	80422.63	279.3	279.3
20	8	0.127	63856.9	64099.6	63978.22	194.3	194.3
21	16	0.132	85455.8	85513.1	85484.49	215.2	215.2
22	8	0.136	105390.0	105495.2	105442.57	218.1	218.1
23	40	0.130	87862.0	88032.2	87947.08	217.6	217.6
24	14	0.138	94906.2	94983.2	94944.72	203.6	203.6
25	56	0.122	59300.4	59041.6	59170.97	183.1	183.1*
26	35	0.123	68250.9	68542.6	68396.72	206.4	206.4*
27	111	0.123	60009.3	59764.9	59887.15	156.6	156.6*
28	43	0.133	78661.8	78389.4	78525.64	189.2	189.2*
29	5	0.124	48068.1	48173.6	48120.84	108.5	108.5*

NO	N	Y	E2	EE2	EA	KK1	KK2
30	100	0.158	161285.6	162061.2	161673.36	137.0	137.0
31	47	0.114	30775.7	30784.6	30780.14	91.0	91.0*
32	6	0.138	78746.2	79055.2	78900.73	113.1	113.1
33	10	0.160	166477.9	166978.1	166727.99	141.5	141.5
34	66	0.154	180135.5	180637.7	180386.57	146.8	146.8
35	135	0.132	119245.8	118819.5	119032.66	93.0	93.0
36	47	0.116	36674.2	36806.7	36740.43	112.2	112.2*
37	60	0.114	32649.1	32711.9	32680.53	121.6	121.6*
38	2	0.125	45755.6	45748.1	45751.86	150.9	150.9*
39	48	0.130	48025.3	48021.6	48023.44	230.4	230.4
40	103	0.123	48911.9	49151.8	49031.85	248.1	248.1
41	173	0.130	60753.2	60652.0	60702.59	262.0	262.0
42	115	0.129	48222.7	48423.9	48323.29	224.2	224.2*
43	43	0.126	44390.8	44584.3	44487.57	229.4	229.4
44	46	0.141	89781.8	89563.0	89672.39	317.8	317.8
45	19	0.129	48413.2	48541.3	48477.24	228.4	228.4
46	33	0.127	61659.5	61618.5	61638.97	269.3	269.3
47	4	0.137	70714.9	70838.2	70776.53	259.1	259.1
48	33	0.123	36461.2	36375.7	36418.45	208.2	208.2*
49	32	0.104	8727.3	8749.9	8738.64	171.8	171.8
50	7	0.102	5264.4	5263.6	5264.00	130.4	130.4*
51	74	0.102	5046.5	5070.6	5058.53	121.2	121.2*
52	999	0.104	6878.5	7366.8	7122.63	161.4	161.4*
53	3	0.102	3860.9	3845.8	3853.35	100.7	100.7*
54	16	0.103	5831.8	5829.0	5830.43	137.5	137.5*
55	32	0.105	10747.6	10699.6	10723.56	197.8	197.8
56	9	0.104	8353.3	8344.0	8348.62	166.8	166.8
57	47	0.104	8931.9	8938.3	8935.07	170.8	170.8
58	16	0.102	4900.9	4916.7	4908.76	108.4	108.4*
59	152	0.135	89057.8	89200.2	89129.00	304.0	304.0

NO	N	Y	E2	EE2	EA	KK1	KK2	
60	16	0.145	123650.2	123642.1	123646.15	312.9	452.0	
61	52	0.149	124931.9	124383.4	124657.63	373.1	473.0	
62	33	0.134	73207.4	73376.8	73292.14	259.7	355.8	
63	65	0.134	80448.8	80396.5	80422.63	279.3	391.0	
64	28	0.139	94624.0	94692.4	94658.21	343.9	401.2*	
65	48	0.138	107475.1	107629.0	107552.05	367.8	498.4*	K
66	8	0.141	98850.8	99175.8	99013.28	308.3	417.1*	
67	20	0.141	83499.7	83287.7	83393.71	315.9	483.0*	
68	36	0.138	97576.5	97841.7	97709.09	332.6	383.7*	
69	160	0.173	546786.5	547006.9	546896.70	394.6	394.6	
70	38	0.190	613759.2	615293.6	614526.44	500.8	500.8	
71	58	0.125	78845.3	78500.4	78672.65	329.9	329.9*	
72	32	0.116	98865.9	99116.5	98991.22	385.6	385.6*	
73	71	0.188	477670.5	476918.2	477294.35	435.9	435.9	
74	65	0.122	80444.6	80216.1	80330.35	338.9	338.9*	J
75	23	0.121	70815.0	70623.4	70719.22	310.3	310.3*	
76	32	0.120	85725.6	85432.1	85578.85	331.0	331.0*	
77	26	0.171	361883.3	360106.9	360995.10	328.2	328.2	
78	7	0.111	38284.7	38330.1	38307.42	303.1	303.1	
79	58	0.141	59580.1	59706.7	59643.37	194.5	274.1*	
80	40	0.136	48329.9	48110.1	48220.01	231.8	258.5*	
81	6	0.219	522302.8	521409.0	521855.90	335.7	454.2	
82	90	0.247	611015.9	613286.4	612151.17	354.9	479.7	
83	16	0.257	455236.9	455127.8	455162.33	322.2	430.5	
84	37	0.219	395575.1	393855.3	394715.20	299.3	356.9	I
85	25	0.147	78063.1	77674.9	77869.00	221.6	321.0*	
86	17	0.138	80619.5	80626.4	80622.97	279.8	328.2*	
87	120	0.142	70677.3	70931.0	70804.18	268.9	320.2*	
88	11	0.226	340925.2	342377.3	341651.26	301.6	443.5	
89	31	0.125	95526.7	95169.9	95348.30	311.6	311.6*	

NO	N	Y	E2	EE2	EA	KK1	KK2	
90	29	0.129	78240.3	77998.4	78119.33	262.3	304.7	
91	47	0.135	86536.3	86424.4	86480.37	289.8	318.2*	
92	40	0.140	115663.7	116229.6	115946.64	386.6	435.0	
93	14	0.137	80409.9	80111.0	80260.46	311.2	383.9*	
94	12	0.129	75305.9	75308.5	75307.19	293.9	293.9*	
95	19	0.132	89977.8	89971.3	89974.53	336.3	383.3*	
96	35	0.129	113517.8	113383.7	113450.76	361.0	382.2*	
97	143	0.128	86677.5	87017.5	86847.47	317.1	317.1	
98	22	0.124	90198.5	90486.7	90342.62	317.8	317.8	
99	15	0.140	75541.8	75171.5	75356.64	255.9	285.4*	
100	84	0.126	81737.6	81621.5	81679.55	324.4	324.4*	
101	163	0.131	67564.7	67582.0	67573.34	298.4	357.6	
102	13	0.135	63668.9	63545.4	63607.17	294.8	408.2	
103	82	0.123	66905.9	66967.8	66936.83	357.6	357.6	
104	50	0.130	73939.4	73983.1	73961.28	304.0	304.0*	
105	122	0.124	76152.8	76304.2	76228.50	276.4	276.4*	
106	83	0.134	71624.7	71362.8	71493.73	318.5	407.0	
107	48	0.123	49286.2	49253.6	49269.88	234.5	259.3*	
108	83	0.122	60534.2	60556.8	60545.50	277.8	313.9	
109	53	0.132	86469.9	86716.5	86593.18	283.6	283.6*	
110	98	0.123	62067.6	62107.2	62087.38	182.0	182.0	
111	62	0.141	94659.4	94533.5	94596.44	247.2	247.2	
112	47	0.125	76195.0	76236.4	76215.72	247.7	247.7*	
113	108	0.127	87532.4	87171.6	87351.97	244.9	244.9	
114	124	0.122	48859.3	48811.8	48835.58	210.0	210.0	F
115	20	0.124	69754.9	69548.3	69651.62	228.4	228.4	
116	46	0.123	75684.6	76058.5	75871.54	224.5	224.5*	
117	50	0.125	67340.1	67577.7	67458.89	226.0	226.0	
118	9	0.124	33363.6	33244.5	33304.07	213.8	322.8	
119	5	0.131	49362.4	49490.8	49426.62	237.3	383.9	

NO	N	Y	E2	EE2	EA	KK1	KK2	
120	44	0.129	58752.2	58920.2	58836.22	323.7	323.7+	E
121	72	0.138	59539.5	59742.8	59641.14	271.1	341.5+	
122	67	0.131	46922.0	47015.8	46968.92	206.3	230.3+	
123	30	0.147	61328.8	61171.3	61250.08	225.1	339.8+	
124	76	0.140	70540.6	70469.6	70505.11	262.8	404.2	
125	58	0.134	74880.0	74972.2	74926.13	265.2	312.0+	
126	139	0.146	59744.3	59781.4	59762.86	214.0	325.2	
127	9	0.150	99367.9	99586.3	99477.09	317.8	453.6	A
128	134	0.106	11522.1	11567.9	11344.97	40.7	70.7	
129	10	0.138	77761.1	77663.8	77712.45	313.8	423.6	
130	8	0.123	49414.1	49383.3	49398.70	261.3	321.3	
131	66	0.128	68316.7	68191.2	68253.92	286.6	379.3+	
132	29	0.142	74847.4	74649.9	74748.66	251.1	354.4+	
133	164	0.136	78329.4	78495.9	78412.67	263.5	385.3+	
134	100	0.120	53665.5	53653.7	53659.60	269.1	290.0+	D
135	15	0.133	93593.2	93508.5	93550.87	327.2	452.2+	
136	29	0.134	102844.6	102474.9	102659.75	336.4	336.4	
137	35	0.128	69167.0	68920.5	69043.77	265.9	294.9	
138	6	0.133	83049.9	83104.0	83076.94	262.5	282.8+	
139	48	0.137	103047.2	103374.6	103210.93	346.5	395.0	
140	9	0.135	84227.4	84071.5	84149.42	268.7	303.7+	
141	7	0.146	118780.0	118819.3	118799.63	354.1	441.0+	C
142	9	0.132	76855.4	76566.7	76711.01	250.9	274.4+	
143	225	0.134	106241.3	105977.9	106109.56	370.5	370.5+	
144	48	0.131	93046.9	93387.1	93217.02	306.0	339.3	
145	4	0.143	78915.3	79095.0	79005.13	294.0	334.3+	
146	5	0.134	101661.2	102164.4	101912.83	310.3	326.9+	
147	102	0.127	78319.7	78163.2	78241.46	289.3	289.3+	
148	30	0.125	82807.6	82457.3	82632.46	328.4	328.4+	
149	13	0.124	60308.9	60234.7	60271.81	333.8	333.8	

NO	N	Y	E2	EE2	EA	KK1	KK2	
150	69	0.119	49034.8	49228.0	49131.39	310.5	310.5	C
151	38	0.124	70683.4	70395.0	70539.19	375.6	375.6+	
152	26	0.133	86055.5	85791.4	85923.47	304.7	304.7+	
153	73	0.108	19656.8	19700.6	19678.70	316.5	316.5	
154	18	0.122	54305.8	54567.0	54436.38	298.3	298.3+	
155	24	0.127	57335.2	57240.7	57287.98	254.8	305.2	
156	71	0.128	57799.7	57517.1	57658.42	286.7	286.7+	
157	4	0.120	43004.3	42927.5	42965.90	264.5	264.5+	L
158	15	0.125	55118.1	55056.3	55087.17	261.6	261.6+	
159	75	0.126	60309.4	60126.7	60218.05	260.7	306.0	
160	4	0.129	58541.6	58499.0	58520.26	263.4	315.6	
161	4	0.126	61887.2	61939.6	61913.42	267.3	317.4	
162	67	0.129	63249.1	63471.8	63360.44	280.7	332.8	
163	31	0.123	47530.8	47724.7	47627.77	243.0	243.0+	

JOB TIME 6 MIN. 41 SEC

(註) KK₁ : 弾性限界の曲げ応力値

KK₂ : 破壊時における曲げ応力値

* 印 : 1.0 mm/min 載荷

印ナシ : 5.0 mm/min 載荷

```

begin
  array U,FU[1:7];
  READARRAY(U,1,7);
  READARRAY(FU,1,7);
  procedure P(ZA);
  value ZA;
  integer ZA;
  if KEY(15) then OUT1(7,'D/',ZA);
  procedure HISTGRAM(PS,DF,DAA);
  string PS; value DF,DAA; integer DAA; real DF;

  begin
    real S022,MAX,MIN,K,MAA,S,SS,ME,VA,STDA,SFU,NKFU,CFR,CFM,PK;
    integer I,J,N,NN,P,NA,Q;
    integer array NUM[0:50];
    integer array DA1[1:700];
    array DA[1:700],PA[0:52];
    for I=1 step 1 until 700 do
      begin
        READ(DA[I]);
        DA1[I]=DA[I];
        if DA1[I]≤-50 then go to OW;
      end;
    OW:
    P(1);
    S=SS=NN=0.0;
    MAX=1.0e-10;
    MIN=1.0e10;
    for I = 1 step 1 until 700 do
      begin
        if DA1[I]≤-50 then go to ABD;

        if DA1[I]≤-0.5 then
          begin
            NN=NN+1;
            go to ABC;
          end;
        S=S+DA1[I]; SS=SS+DA1[I]*2;
      end;
    P(2);
    if DA1[I]≥MAX then MAX=DA1[I];
    if DA1[I]≤MIN then MIN=DA1[I];
    ABC:
    end;
    ABD:
    NA=I-NN-1;
    ME=S/NA;
    STDA=SQRT((SS-(S*2/NA))/(NA-1));
    K=ENTIER((MAX-MIN)/DF)+3;
    PA[0]=ENTIER(1/DF*MIN)*DF-DF;
    P(3);
    for J = 1 step 1 until K do
      PA[J]=PA[0]+J*DF;

```

- 10-

- 20-

- 30-

- 40-

50-

```

P0(4);
CONT:
  for J = 1 step 1 until K do
    NUM(J)=0;
    for I = 1 step 1 until 700 do
      begin
        if DA(I)<50 then go to ABE;
        for J=1 step 1 until K do
          begin
            if DA(I)<0.5 then go to PEP;
            if DA(I)<PA(J) then
              begin
                NUM(J)=NUM(J)+1;
              end;
            go to PEP;
          end;
        PEP:
        end;
      end;
    ABE:
    CRLF(5);
    PRINTS('DATA=NUMBER='); PRINT(3,DA); SPACE(5); PRINTS('...<<'); SPACE(1); PRINTS(P5); SPACE(1);
    PRINTS('>>...'); CRLF(4); SPACE(3); PRINTS('N='); PRINT(4,NA); CRLF(1); SPACE(3); PRINTS('HEN=');
    PRINT(4,HE); SPACE(3); PRINTS('RV'); PRINT(4,STDA); SPACE(3); PRINTS('MAX='); PRINT(4,MAX);
    SPACE(3); PRINTS('MIN'); PRINT(4,MIN); SPACE(3); PRINTS('R='); PRINT(4,MAX-MIN); SPACE(3);
    PRINTS('K='); PRINT(4,DF); CRLF(2); SPACE(2); PRINTS('I'); SPACE(14); PRINTS('CLASS'); SPACE(14);
    PRINTS('MEDIAN'); SPACE(8); PRINTS('FCY'); CRLF(2);
    for I = 1 step 1 until K do
      begin
        PRINT(2,I); PRINT(5,PA(I)-1); PRINTS('...'); PRINT(5,PA(I)); PRINT(5,(PA(I)-1+PA(I))/2);
        PRINT(4,NUM(I)); CRLF(1);
      end;
    CRLF(4);
    SPACE(2); PRINTS('U'); SPACE(7); PRINTS('FU'); SPACE(5); PRINTS('FU/ST');
    SPACE(8); PRINTS('FU/NK'); SPACE(8); PRINTS('M+US'); SPACE(9); PRINTS('M-US'); CRLF(2);
    for I = 1 step 1 until 7 do
      begin
        SFU=FU(I)/STDA;
        NKFU=SFU*NA*(PA(2)-PA(1));
        CFR=ME+U(I)*STDA; CFH=ME-U(I)*STDA;
        PRINTF(1,1,U(I)); PRINTF(1,3,FU(I));
        PRINT(5,SFU); PRINT(5,NKFU); PRINT(5,CFR); PRINT(5,CFH); CRLF(1);
      end;
    END;
    EJECT;
    end;
    HISTGRAM(' SAND BRST ',40,0,1);
    HISTGRAM(' ABRASION(TABFR)TEST ',30,0,2);
    HISTGRAM(' BENDING(WET)TEST ',30,0,3);
    HISTGRAM(' BENDING(DRY)TEST ',30,0,4);

```

```

HISTGRAM(' COMPRESSION(WET)TEST ',100,0,5);
HISTGRAM(' COMPRESSION(DRY)TEST ',100,0,6);
HISTGRAM(' ADHESION(1mm/min)TEST ',20,0,7);
HISTGRAM(' ADHESION(50mm/min)TEST ',20,0,8);
HISTGRAM(' ADHESION(CYC116(-1mm/min)TEST ',20,0,9);
HISTGRAM(' ADHESION(CYC116(-50mm/min)TEST ',20,0,10);
end;

```

DATA+NUMBER= 1<< SAND BRAST >>....

N= 51
 MEN= .1294E+03 RV .8417E+02 MAX= .4584E+03 MIN .4230E+02 R= .4161E+03 K= .4000E+02

I	CLASS	MEDIAN	FRCY
1	.00000E+00 40000E+02	.20000E+02	0
2	.40000E+02 80000E+02	.60000E+02	10
3	.80000E+02 12000E+03	.10000E+03	19
4	.12000E+03 16000E+03	.14000E+03	16
5	.16000E+03 20000E+03	.18000E+03	3
6	.20000E+03 24000E+03	.22000E+03	0
7	.24000E+03 28000E+03	.26000E+03	0
8	.28000E+03 32000E+03	.30000E+03	0
9	.32000E+03 36000E+03	.34000E+03	0
10	.36000E+03 40000E+03	.38000E+03	0
11	.40000E+03 44000E+03	.42000E+03	1
12	.44000E+03 48000E+03	.46000E+03	2
13	.48000E+03 52000E+03	.50000E+03	0

U	FU	FU/ST	FU/NK	M+US	M-US
0.0	0.399	.47405E-02	.96705E+01	.12941E+03	.12941E+03
0.5	0.352	.41821E-02	.85314E+01	.17150E+03	.87329E+02
1.0	0.242	.28752E-02	.58653E+01	.21358E+03	.45244E+02
1.5	0.130	.15445E-02	.31508E+01	.25567E+03	.31596E+01
2.0	0.054	.64157E-03	.13088E+01	.29775E+03	-.38925E+02
2.5	0.018	.21386E-03	.43626E+00	.33984E+03	-.81009E+02
3.0	0.004	.47523E-04	.96948E-01	.38192E+03	-.12309E+03

DATA+NUMBER= 2<< ABRASION(TABFR)TEST >>....

N= 51
 MEN= .1513E+03 RV .5960E+02 MAX= .2860E+03 MIN .3000E+01 R= .2830E+03 K= .3000E+02

I	CLASS	MEDIAN	FRCY
1	-.30000E+02 00000E+00	-.15000E+02	0
2	.00000E+00 30000E+02	.15000E+02	4
3	.30000E+02 60000E+02	.45000E+02	0
4	.60000E+02 90000E+02	.75000E+02	1
5	.90000E+02 12000E+03	.10500E+03	3
6	.12000E+03 15000E+03	.13500E+03	17
7	.15000E+03 18000E+03	.16500E+03	14
8	.18000E+03 21000E+03	.19500E+03	8
9	.21000E+03 24000E+03	.22500E+03	0
10	.24000E+03 27000E+03	.25500E+03	1
11	.27000E+03 30000E+03	.28500E+03	3
12	.30000E+03 33000E+03	.31500E+03	0

U	FU	FU/ST	FU/NK	M+US	M-US
0.0	0.399	.66952E-02	.10244E+02	.15131E+03	.15131E+03
0.5	0.352	.59065E-02	.90370E+01	.18111E+03	.12152E+03
1.0	0.242	.40607E-02	.62129E+01	.21091E+03	.91719E+02
1.5	0.130	.21814E-02	.33375E+01	.24071E+03	.61921E+02
2.0	0.054	.90611E-03	.13864E+01	.27050E+03	.32123E+02
2.5	0.018	.30204E-03	.46212E+00	.30030E+03	.23259E+01
3.0	0.004	.67120E-04	.10269E+00	.33010E+03	-.27472E+02

DATA+NUMBER= 3<< BENDING(WET)TEST >>....

N= 51
 MEN= .1476E+03 RV .9186E+02 MAX= .2930E+03 MIN .1500E+02 R= .2780E+03 K= .3000E+02

I	CLASS	MEDIAN	FRCY
1	-.30000E+02 00000E+00	-.15000E+02	0
2	.00000E+00 30000E+02	.15000E+02	8
3	.30000E+02 60000E+02	.45000E+02	4
4	.60000E+02 90000E+02	.75000E+02	6
5	.90000E+02 12000E+03	.10500E+03	3
6	.12000E+03 15000E+03	.13500E+03	3
7	.15000E+03 18000E+03	.16500E+03	8
8	.18000E+03 21000E+03	.19500E+03	0
9	.21000E+03 24000E+03	.22500E+03	6
10	.24000E+03 27000E+03	.25500E+03	8
11	.27000E+03 30000E+03	.28500E+03	5
12	.30000E+03 33000E+03	.31500E+03	0

U	FU	FU/ST	FU/NK	M+US	M-US
0.0	0.399	.43436E-02	.66458E+01	.14759E+03	.14759E+03
0.5	0.352	.38320E-02	.58629E+01	.19352E+03	.10166E+03
1.0	0.242	.26345E-02	.40308E+01	.23945E+03	.55730E+02
1.5	0.130	.14152E-02	.21653E+01	.28538E+03	.98006E+01
2.0	0.054	.98786E-03	.89943E+00	.33130E+03	-.36129E+02
2.5	0.018	.19595E-03	.29981E+00	.37723E+03	-.87058E+02
3.0	0.004	.43545E-04	.66624E-01	.42316E+03	-.12799E+03

DATA+NUMBER= 4<< BENDING(DRY)TEST >>....

N= 51
 MEN= .2550E+03 RV .8901E+02 MAX= .4110E+03 MIN .6100E+02 R= .3500E+03 K= .3000E+02

I	CLASS	MEDIAN	FRCY
1	.30000E+02 60000E+02	.45000E+02	0
2	.60000E+02 90000E+02	.75000E+02	4
3	.90000E+02 12000E+03	.10500E+03	2
4	.12000E+03 15000E+03	.13500E+03	4
5	.15000E+03 18000E+03	.16500E+03	2
6	.18000E+03 21000E+03	.19500E+03	1
7	.21000E+03 24000E+03	.22500E+03	1
8	.24000E+03 27000E+03	.25500E+03	9
9	.27000E+03 30000E+03	.28500E+03	11
10	.30000E+03 33000E+03	.31500E+03	9
11	.33000E+03 36000E+03	.34500E+03	5
12	.36000E+03 39000E+03	.37500E+03	1
13	.39000E+03 42000E+03	.40500E+03	2
14	.42000E+03 45000E+03	.43500E+03	0

U	FU	FU/ST	FU/NK	M+US	M-US
0.0	0.399	.44828E-02	.68587E+01	.25502E+03	.25502E+03
0.5	0.352	.39548E-02	.60508E+01	.29952E+03	.21052E+03
1.0	0.242	.27189E-02	.41599E+01	.34403E+03	.16601E+03
1.5	0.130	.14606E-02	.22347E+01	.38853E+03	.12151E+03
2.0	0.054	.60670E-03	.92825E+00	.43303E+03	.77007E+02
2.5	0.018	.20223E-03	.30942E+00	.47753E+03	.32504E+02
3.0	0.004	.44941E-04	.68759E-01	.52204E+03	-.11999E+02

DATA*NUMBER= 5<< COMPRESSION(WET)TEST >>.....

N= 102
 MEN= .5572E+03 RV .2859E+03 MAX= .1011E+04 MIN .8000E+02 R= .9310E+03 K= .1000E+03

I	CLASS	MEDIAN	FRCY
1	-.10000E+03 00000E+00	-.50000E+02	0
2	.00000E+00 10000E+03	.50000E+02	4
3	.10000E+03 20000E+03	.15000E+03	14
4	.20000E+03 30000E+03	.25000E+03	9
5	.30000E+03 40000E+03	.35000E+03	1
6	.40000E+03 50000E+03	.45000E+03	11
7	.50000E+03 60000E+03	.55000E+03	22
8	.60000E+03 70000E+03	.65000E+03	3
9	.70000E+03 80000E+03	.75000E+03	10
10	.80000E+03 90000E+03	.85000E+03	13
11	.90000E+03 10000E+04	.95000E+03	13
12	.10000E+04 11000E+04	.10500E+04	2

U	FU	FU/ST	FU/NK	M+US	M-US
0.0	0.399	.13957E-02	.14736E+02	.55724E+03	.55724E+03
0.5	0.352	.12313E-02	.12559E+02	.70018E+03	.41431E+03
1.0	0.242	.84651E-03	.86144E+01	.84312E+03	.27137E+03
1.5	0.130	.45474E-03	.46383E+01	.98606E+03	.12843E+03
2.0	0.054	.18889E-03	.19267E+01	.11290E+04	-.14553E+02
2.5	0.018	.67964E-04	.64223E+00	.12719E+04	-.15745E+03
3.0	0.004	.13992E-04	.14272E+00	.14149E+04	-.30039E+03

DATA*NUMBER= 6<< COMPRESSION(DRY)TEST >>.....

N= 102
 MEN= .6247E+03 RV .2852E+03 MAX= .1146E+04 MIN .1250E+03 R= .1021E+04 K= .1000E+03

I	CLASS	MEDIAN	FRCY
1	.00000E+00 10000E+03	.50000E+02	0
2	.10000E+03 20000E+03	.15000E+03	12
3	.20000E+03 30000E+03	.25000E+03	7
4	.30000E+03 40000E+03	.35000E+03	5
5	.40000E+03 50000E+03	.45000E+03	16
6	.50000E+03 60000E+03	.55000E+03	4
7	.60000E+03 70000E+03	.65000E+03	15
8	.70000E+03 80000E+03	.75000E+03	8
9	.80000E+03 90000E+03	.85000E+03	13
10	.90000E+03 10000E+04	.95000E+03	13
11	.10000E+04 11000E+04	.10500E+04	7
12	.11000E+04 12000E+04	.11500E+04	2
13	.12000E+04 13000E+04	.12500E+04	0

U	FU	FU/ST	FU/NK	M+US	M-US
0.0	0.399	.13992E-02	.14271E+02	.62467E+03	.62467E+03
0.5	0.352	.12344E-02	.12590E+02	.76725E+03	.48208E+03
1.0	0.242	.84862E-03	.86559E+01	.90984E+03	.33950E+03
1.5	0.130	.45587E-03	.46499E+01	.10524E+04	.19691E+03
2.0	0.054	.18936E-03	.19315E+01	.11950E+04	.54327E+02
2.5	0.018	.63120E-04	.64383E+00	.13376E+04	-.88258E+02
3.0	0.004	.14027E-04	.14307E+00	.14802E+04	-.23084E+03

DATA NUMBER= 7<< ADHESION(1mm/min)TEST >>....

N= 33
 MEN= .9584E+02 RV .5549E+02 MAX= .2412E+03 MIN .2250E+02 R= .2187E+03 K= .2000E+02

I	CLASS	MEDIAN	FRCY
1	.00000E+00 20000E+02	.10000E+02	0
2	.20000E+02 40000E+02	.30000E+02	5
3	.40000E+02 60000E+02	.50000E+02	3
4	.60000E+02 80000E+02	.70000E+02	8
5	.80000E+02 10000E+03	.90000E+02	4
6	.10000E+03 12000E+03	.11000E+03	5
7	.12000E+03 14000E+03	.13000E+03	0
8	.14000E+03 16000E+03	.15000E+03	3
9	.16000E+03 18000E+03	.17000E+03	1
10	.18000E+03 20000E+03	.19000E+03	3
11	.20000E+03 22000E+03	.21000E+03	0
12	.22000E+03 24000E+03	.23000E+03	0
13	.24000E+03 26000E+03	.25000E+03	1

U	FU	FU/ST	FU/NK	M+US	M-US
0.0	0.399	.71903E-02	.47456E+01	.95836E+02	.95836E+02
0.5	0.352	.63433E-02	.41856E+01	.12358E+03	.68091E+02
1.0	0.242	.43610E-02	.28783E+01	.15133E+03	.40345E+02
1.5	0.130	.23427E-02	.15462E+01	.17907E+03	.12599E+02
2.0	0.054	.97313E-03	.64226E+00	.20682E+03	.15146E+02
2.5	0.018	.32437E-03	.21409E+00	.23456E+03	.42892E+02
3.0	0.004	.72083E-04	.47575E-01	.26231E+03	.70638E+02

DATA NUMBER= 8<< ADHESION(50mm/min)TEST >>....

N= 29
 MEN= .1242E+03 RV .5664E+02 MAX= .2490E+03 MIN .3000E+02 R= .2190E+03 K= .2000E+02

I	CLASS	MEDIAN	FRCY
1	.00000E+00 20000E+02	.10000E+02	0
2	.20000E+02 40000E+02	.30000E+02	2
3	.40000E+02 60000E+02	.50000E+02	2
4	.60000E+02 80000E+02	.70000E+02	3
5	.80000E+02 10000E+03	.90000E+02	2
6	.10000E+03 12000E+03	.11000E+03	4
7	.12000E+03 14000E+03	.13000E+03	7
8	.14000E+03 16000E+03	.15000E+03	3
9	.16000E+03 18000E+03	.17000E+03	2
10	.18000E+03 20000E+03	.19000E+03	1
11	.20000E+03 22000E+03	.21000E+03	0
12	.22000E+03 24000E+03	.23000E+03	2
13	.24000E+03 26000E+03	.25000E+03	1

U	FU	FU/ST	FU/NK	M+US	M-US
0.0	0.399	.70442E-02	.40857E+01	.12418E+03	.12418E+03
0.5	0.352	.62145E-02	.36044E+01	.15250E+03	.95858E+02
1.0	0.242	.42724E-02	.24780E+01	.18082E+03	.67537E+02
1.5	0.130	.22951E-02	.13312E+01	.20914E+03	.39216E+02
2.0	0.054	.95336E-03	.55295E+00	.23746E+03	.10899E+02
2.5	0.018	.31779E-03	.18432E+00	.26578E+03	.17426E+02
3.0	0.004	.70619E-04	.40959E-01	.29411E+03	.45747E+02

DATA+NUMBER= 9<< ADHESION(cyclic=1mm/min)TEST >>....

N= 45
MEN= .9295E+02 RV .5758E+02 MAX= .2175E+03 MIN .1300E+02 R= .2045E+03 K= .2000E+02

I	CLASS	MEDIAN	FRCY
1	-.20000E+02 00000E+00	-.10000E+02	0
2	.00000E+00 20000E+02	.10000E+02	3
3	.20000E+02 40000E+02	.30000E+02	9
4	.40000E+02 60000E+02	.50000E+02	6
5	.60000E+02 80000E+02	.70000E+02	2
6	.80000E+02 10000E+03	.90000E+02	4
7	.10000E+03 12000E+03	.11000E+03	8
8	.12000E+03 14000E+03	.13000E+03	3
9	.14000E+03 16000E+03	.15000E+03	1
10	.16000E+03 18000E+03	.17000E+03	6
11	.18000E+03 20000E+03	.19000E+03	2
12	.20000E+03 22000E+03	.21000E+03	1
13	.22000E+03 24000E+03	.23000E+03	0

U	FU	FU/ST	FU/NK	M+US	M-US
0.0	0.399	.69293E-02	.62363E+01	.92947E+02	.92947E+02
0.5	0.352	.61130E-02	.55017E+01	.12174E+03	.64156E+02
1.0	0.242	.42027E-02	.37824E+01	.15033E+03	.35365E+02
1.5	0.130	.22577E-02	.20319E+01	.17932E+03	.65737E+01
2.0	0.054	.93779E-03	.84401E+00	.20811E+03	-.22217E+02
2.5	0.018	.31260E-03	.28134E+00	.23690E+03	-.51008E+02
3.0	0.004	.69466E-04	.62520E-01	.26569E+03	-.79799E+02

DATA+NUMBER= 10<< ADHESION(cyclic=50mm/min)TEST >>....

N= 44
MEN= .1156E+03 RV .6233E+02 MAX= .2340E+03 MIN .2500E+01 R= .2315E+03 K= .2000E+02

I	CLASS	MEDIAN	FRCY
1	-.20000E+02 00000E+00	-.10000E+02	0
2	.00000E+00 20000E+02	.10000E+02	2
3	.20000E+02 40000E+02	.30000E+02	6
4	.40000E+02 60000E+02	.50000E+02	2
5	.60000E+02 80000E+02	.70000E+02	6
6	.80000E+02 10000E+03	.90000E+02	1
7	.10000E+03 12000E+03	.11000E+03	6
8	.12000E+03 14000E+03	.13000E+03	5
9	.14000E+03 16000E+03	.15000E+03	4
10	.16000E+03 18000E+03	.17000E+03	6
11	.18000E+03 20000E+03	.19000E+03	2
12	.20000E+03 22000E+03	.21000E+03	2
13	.22000E+03 24000E+03	.23000E+03	2
14	.24000E+03 26000E+03	.25000E+03	0

U	FU	FU/ST	FU/NK	M+US	M-US
0.0	0.399	.64012E-02	.56331E+01	.11558E+03	.11558E+03
0.5	0.352	.56472E-02	.49695E+01	.14674E+03	.84411E+02
1.0	0.242	.38825E-02	.34166E+01	.17791E+03	.53245E+02
1.5	0.130	.20856E-02	.18333E+01	.20907E+03	.22080E+02
2.0	0.054	.86633E-03	.76237E+00	.24024E+03	-.90862E+01
2.5	0.018	.28878E-03	.25412E+00	.27141E+03	-.40252E+02
3.0	0.004	.64173E-04	.56472E-01	.30297E+03	-.71418E+02