

非加硫ゴムシートの動的性能とその保護層に関する研究

松本 洋一
丸一 俊雄

§ 1. まえがき

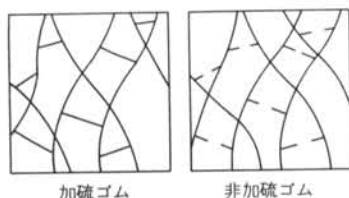
合成高分子ルーフィングによるシート防水は、日本工業規格および日本建築学会標準仕様書も制定され、漸く定着した防水工法になりつつある。このシート防水の最大の欠点は、シート相互の接合部においてその一体性を確保することが難しいことである。これを克服する材料として非加硫ゴムシートが出現した。従来のシートは接着剤という異質の層を介して接合しその一体性を計ったが、この非加硫ゴムシートはプライマーを用いて重ね張りすれば、化学的に全く一体化するという大きな特徴もっている。しかし「非加硫」という化学的に不安定な状態にあり、防水層として用いる場合は必ず保護層を設けなければならない。

本研究は、この非加硫ゴムシートの保護層を対象として、下地および保護モルタルとの接着性に焦点を絞り、実験的に検討を与え、設計・施工上の指針を得ようとするものである。

§ 2. 非加硫ゴムシートの保護層に関する問題点

2.1 非加硫ゴムシートの保護層に関する問題点

合成高分子ルーフィングの一種として非加硫ゴムシートは昭和43年頃に市場に出てきた。この非加硫ゴムシートの開発目的は、従来のシート防水の最大の欠点がシート相互間の接着不良であったことに着眼し、その改良を



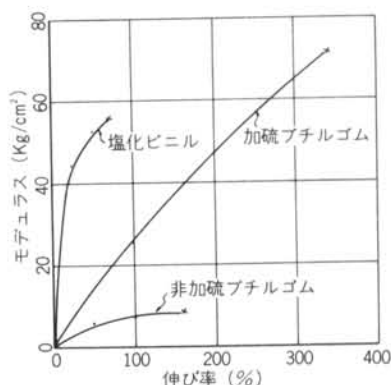
図一 ゴムの分子構造

計ることにあった。すでにゴム製履物工業において知られている通り、加硫ゴムより非加硫ゴムの方がゴム相互の接着が容易であり、かつ一体となる。

非加硫ゴムシートは主として自動車タイヤのチューブを再生して製造されており、いわゆる再生ゴムの類である。

非加硫ゴムの基本的な特徴はその分子構造が加硫ゴムと異なることにあり、図一に示すごとく非加硫ゴムは架橋が行なわれていない。したがって化学的には不安定な状態にある。また架橋が無いので引張力をかけた場合に元に戻らずそのままの状態にとどまり、防水層として施工する場合に、加硫ゴムのごとく引張による内部応力は残留しない。

参考までに合成高分子ルーフィングとして主に用いられている塩化ビニル樹脂、ブチル系加硫ゴムおよびブチル系非加硫ゴムシートの応力-歪曲線を示せば図二のごとくである。各シートの50%モデュラスを比較すると塩化ビニル 55kg/cm²、加硫ゴム 14kg/cm²、非加硫ゴム 6kg/cm²であり、非加硫ゴムのモデュラスは極端に小さいことがわかる。一方、非加硫ブチルゴムの伸び性能は図三に示すごとく、20℃以下の温度では加硫ゴムと同等であるが、40℃以上の高温になると約1/2程度に低



図二 合成高分子ルーフィングのモデュラス

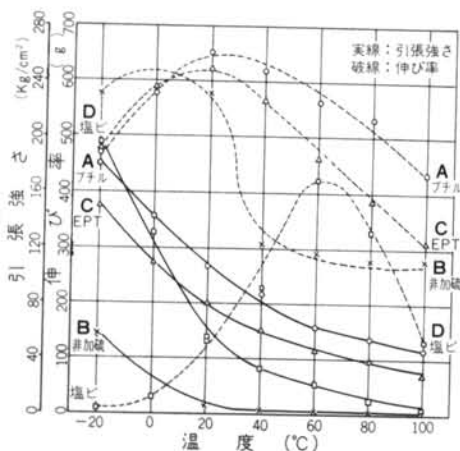


図-3 引張時の温度と引張強さ・伸び率の関係¹⁾

くなる特徴をもっている。この点に関しては筆者らが既に非加硫ゴムシートは低温地域での使用に適することを報告している¹⁾。

2.2 非加硫ゴムシートの保護層

非加硫ゴムシートは2.1で検討を与えたごとく、化学的に非常に不安定であり、塩化ビニルあるいは加硫ゴムの合成高分子ルーフィングのように露出防水層として使用できない。たとえ保護塗料(トップコート)を塗布しても、シート面に劣化によるクラック等の故障を生ずる危険がある。したがって非加硫ゴムシートを防水層として用いる場合は何らかの保護層が必要となる。

防水層の保護層としては一般に経済性等の理由から、普通ポルトランドセメントを粘結材としたセメントモルタルが用いられる。モルタルで保護層を施す場合、大別して密着工法と絶縁工法の2種類がある。しかし次の2点の理由により密着工法が適当であると考えられる。

(i) 非加硫ゴムシートに空気を直接に触れさせることは劣化を促す。

(ii) 絶縁工法とした場合、保護モルタルはフリーの状態になり、乾燥収縮による反り上りおよび暴れを導き、これを防ぐためにはかなりの厚さが必要である。

このように密着工法をとる場合、構造的な荷重に関する配慮からも、保護モルタルはできる限り薄いことが望ましい。しかし保護モルタルを薄くすることは、経験的に見ると割れ等の化粧上の問題を生じる。したがってそれらを最小限にするためには保護モルタルの接着拘束が必要となる。本研究の焦点は、非加硫ゴムシートのモデュラスを重視して、この接着拘束に関する問題をいかに解決するかにある。

2.3 保護層に関する問題点

非加硫ゴムシートを防水層として用いた事例は未だ数多くないが、いくつかの実例のなかで、保護モルタルの浮きが問題となっている。写真-1はその一例であり、保護モルタルの浮き(白チョークと目地の間の部分)が認められる。この建物の防水仕様は、コンクリート下地に非加硫ブチルゴムシートを張り、その上に厚さ40mmの保護モルタルを打設し、中にワイヤメッシュが入っており、目地の間隔は2.7mである。施工してから約6カ月後に行なった実態調査では、浮きが確認されただけであり、防水層の事故には至っていない。しかし今後化粧上の問題等を生ずる危険は多分にある。



写真-1 保護モルタルの浮き(K製菜屋上, 東京)
(目地と白線の間が浮いている)

2.1および2.2で検討してきた点を併せまとめ、非加硫ゴムシートの保護層に関して、主としてその接着性について研究を進めるべき問題点を順次示せば次のごとくである。

(i) 保護層を伴った非加硫ゴムシートの下地に対する追従性およびクラック幅の繰返しによるシートの耐疲労性について、動的な評価を与える。

(ii) 保護層の厚さと浮きの関係を明らかにする。

(iii) 目地の間隔と保護層の浮きとの関係および浮きの防止に対して有効に働く目地材の選択を行なう。

(iv) 非加硫ゴムシートを下地に張付ける際に用いるプライマーと保護層の浮きの関係を明らかにする。

(v) 非加硫ゴムシートの張付前および張付後の下地の水分が接着性に及ぼす影響を明らかにする。

§ 3. 非加硫ゴムシートの動的性能(実物大定歪繰返し実験)

非加硫ゴムシートの基本的性質については、前章で検討を与えたごとく他の合成高分子ルーフィングと異なる。なかでも低モデュラスであることが、非加硫ゴムシ

ートを防水層として用いる場合、下地のムーブメントに追従できるかどうか懸念される。本章では筆者らが開発した電熱式繰返し試験装置を用いて、実物大定歪繰返し実験を行ない、非加硫ゴムシートに防水層としての評価を与える。

3.1 実験方法

実験に用いた非加硫ゴムシートは表-1に示すごとくである。

試験器として用いた電熱式繰返し試験装置の機構等については付録を参照されたい。繰返しを行なうクラック幅は最大3.0mm、最小1.5mmとし、シートに異常が認められない限り、繰返し回数は1000回を目標とする。

記号	シート	プライマー	会社
B	非加硫ブチルゴム	ブチルゴム溶剤型	HG社

表-1 実験に用いた材料(定歪繰返し実験)

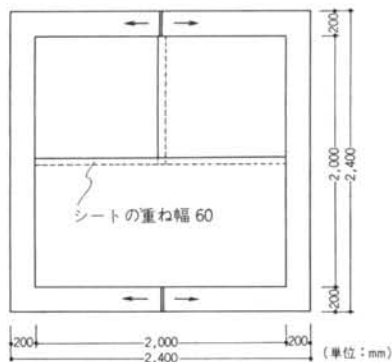


図-4 シートの接合部

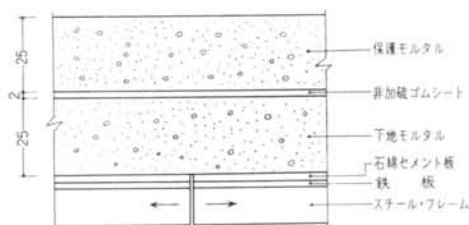


図-5 試験体の断面

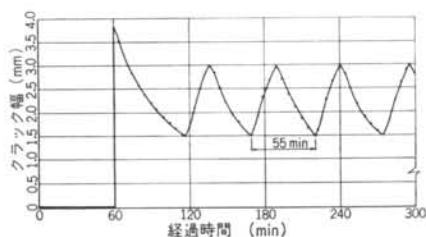


図-6 クラック幅の変化

試験体の作製は次の順序によって行なった。

(i) 下地モルタル——試験装置の最上層にある石綿セメント板の上に、合成ゴム(SBR系)ラテックス混入のセメントペーストをこすり込み、1:3(容積比)のモルタルを厚さ25mmで打設し、表面を金ごてで数回押えた。

(ii) シートの張付け——下地モルタルを打設してから21日後に、下地面にプライマーを塗布して非加硫ゴムシートを張付けた。張付時の下地モルタルの含水率は誘電率式水分計で6%を示していた。なお、シート相互の接合部は図-4に示すごとく配置した。

(iii) 保護モルタル——シートを張付けてから、直ちにシートの養生材であるポリエチレンシートを剝し、1:3(容積比)のモルタルを打設した。なお、中央部60×60cmの正方形には、保護モルタルを打設しないでシート面を露出させておいた。

以上の方法で作製した試験体の断面は図-5に、外観は写真-2に示すごとくなる。

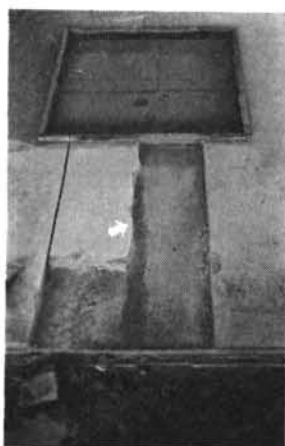
3.2 実験結果と考察

保護モルタルを打設してから1カ月後に通電し実験を開始した。クラック幅と時間の関係は図-6に示すごとくであった。すなわち、通電後60分で下地および保護モルタルにクラックが生じた。その時のクラック幅は3.8mmであった。所定の最大クラック幅3.0mmを超えたので通電を停止して徐冷し、1.5mmまでクラック幅を閉じさせ、再び通電し3.0mmまで開かせた。このように1.5(最小)~3.0(最大)mmの範囲で1000サイクル(39日間)まで繰返した。定常状態に入ってから1サイクルは55分間を要した。なお、繰返し時の環境温度は、15~20℃、湿度は60~75%R.H.であった。

最初のサイクルにおけるクラックの発生は衝撃的であ



写真-2 試験体の外観(矢印は下地・保護モルタルにはさまれた非加硫ゴムシート)



写真一3 定歪繰返し実験後のシート
(矢印はクラックの位置を示す)

り、また3.8mmまで開いたが、非加硫ゴムシートは追従した。さらに1.5~3.0mmを1000サイクル繰返した後でも露出したシート面にはピンホール等の故障は起らなかった。保護モルタルが覆っている部分は、繰返し実験中にシートの性状を観察することができない注)ので、終了後ていねいに保護モルタルを取除いて調べたが、やはり露出した部分と同様に故障は認められなかった(写真一3)。

この結果から、保護モルタルを打設した非加硫ゴムシートは3.0mm程度のクラック幅であれば軀体のムーブメントに充分追従し得ることが分った。この実験に採用した3.0mmのクラック幅は実際の建築物に発生するクラックといかなる関係にあるかは不明であり、今後研究を進めなければならない重要な事項であるが、一応かなり大きな(発生頻度の少ない)クラック幅であると考えられる。したがって§4.で実験的に検討を与えるごとく、非加硫ゴムシートを防水層として使用する場合、保護モルタルの浮きやクラックを防止する方法が確立し、接着拘束が充分にできるならば、施工性等の面において大きな長所をもつ故に、すぐれた防水材料として実用性が認められる。

§ 4. 保護層の接着性に関する実験

前章で検討を与えたごとく非加硫ゴムシートに密着して保護層を設けることは、防水下地(軀体)にムーブメ

注) その後、防水層の破断を検出する機構を開発した。付録を参照。

ントが生じた場合においても、シートに悪影響を及ぼさないことが分った。したがって本章では、非加硫ゴムシートと防水下地および保護層との接着性を確保する工法を目指して、次に示すシリーズ実験を行ない、検討を進める。

- シリーズ・1：保護層の厚さと接着性
- シリーズ・2：目地間隔と接着性
- シリーズ・3：プライマーの種類および工法と接着性
- シリーズ・4：下地との接着性

なお、シリーズ・1~3は実物大、4は実験室的な規模の実験である。

4.1 シリーズ・1の実験

4.1.1 実験の計画

実験に用いた非加硫ゴムシートは表一2に示すごとく4種類である。

試験体の配置は図一7に示すごとくであり、保護モルタルの厚さは20, 30, 40mmの3種類とした。

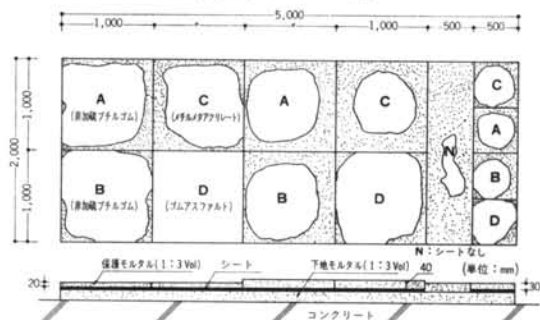
試験体の作製は次の順序によって行なった。

(i) 下地モルタル——土間コンクリートの上に合成ゴム(SBR系)ラテックスを混入したセメントペーストをプランでこすり込み、その上に1:3(容積比)モルタルを厚さ50mmで打設し、表面を金ごてで数回押えて防水下地とした。

(ii) シートの張付け——下地モルタルを打設してから21日後に、各メーカーの仕様に基づいてシートを張付けた。

記号	シート	プライマー	会社
A	非加硫ブチルゴム	ブチルゴム溶剤型	OU社
B	非加硫ブチルゴム	ブチルゴム溶剤型	HG社
C	メチルメタアクリレート	アクリル溶剤型	ON社
D	ゴムアスファルト	タールウレタン	SA社

表一2 実験に用いた材料(シリーズ・1)



図一7 試験体の配置と保護モルタルの浮き(シリーズ・1)

(iii) 保護モルタル—シートを張付けた翌日に養生シートを剥し、その上に1:3(容積比)モルタルを厚さ20, 30, 40mmで打設した。なお目地棒は10mm幅のワラン材を用いた。

本実験に関する測定項目とその方法は次に示すごとくである。

(i) 保護モルタルの浮きとクラック—浮きは保護モルタル表面を金属製テストハンマーで叩き、その反射音で判断した。ただし浮いた(剝離した)部分がシートの上か下かは不明確である。クラックは視覚観察によりクラックスケールを用いてその幅を測定した。

(ii) シートの接着強度—保護モルタルを打設してから50日後に引張接着強度試験を行なった。保護モルタル表面にエポキシ樹脂系接着剤を用いて鋼製アタッチメント(80×80×10mm)を張り付け、接着剤が硬化した翌日にモルタルカッターを用いて下地に達するまでアタッチメントの周囲を切込み、図-8に示す治具によって引張り、ロードセルからレコーダーへ引張荷重を記録させた。また剝離箇所を位置を観察した。

(iii) 非加硫ゴムシートの材料試験—日本工業規格JIS A 6008(合成高分子ルーフィング)に準拠して、引張強度、伸び率および引裂強度を長手、幅方向について測定した。試験機としては島津社製オートグラフIS 5000を用いた。なお、伸び率はチャック間距離を60mmとして(1)式によって求めた。

$$\text{(破断時のチャック間距離-60)}/60 \times 100 \dots (\%) \dots (1)$$

(iv) その他—下地および保護モルタルの含水率の変化はKETT社製誘電率式水分計を用いて測定した。また下地および保護モルタルの強度試験を日本工業規格JIS R 5201(セメントの物理試験方法)に準じて行なった。

4.1.2 結果と考察

(i) 保護モルタルの浮きとクラックの観察結果は図-7に示すごとくであった。いずれのシートも保護モル

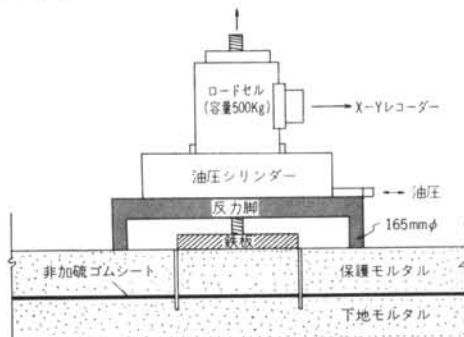


図-8 清水式接着強度試験器

タルに、各区画周辺部より浮きが認められた。保護モルタルの浮きをもっとも多かったシートはC(メチルメタアクリレート)であり、次にAおよびB(非加硫ブチルゴム), もっとも少なかったのはD(ゴムアスファルト)であった。また、保護モルタルの厚さと浮きの関係は明確ではないが、4種のシートとも保護モルタルの厚さ40mmのものが浮きが多く、20mmのものが少ないという傾向が認められる。これは保護モルタルの厚さが薄いほど、防水層にかかる力が小さいためであると考えられる。

この浮きに関する測定はテストハンマーによる反射音で行なっており、浮いている箇所が防水層の上か下かは判断できない。したがって浮いた箇所について試験体を壊して調べたところ、次項に述べる引張接着強度試験の破断箇所と同一であり、AおよびB(非加硫ブチルゴム), C(メチルメタアクリレート)はシートの下側, D(ゴムアスファルト)は上側で浮いていた。このことからA, B, Cは保護モルタルとシートの接着力が下地との接着力に優り、Dは逆であることが分かった。

保護モルタルのクラックはいずれのシートの場合についても発生しなかった。これはシートと上下モルタルの接着力が保護モルタルの収縮を拘束できず、前述のごとく浮いてしまったので、保護モルタルはフリーになってしまったためと考えられる。ただし、シートの張付けを行なわなかった部分(下地面に直接、保護モルタルを塗った部分)はクラックが発生した。またそのクラックが原因となって浮いてしまった。

(ii) シートの接着強度試験に関する結果は図-9に示すごとくであった。この試験は浮いていないことを確かめた箇所に対して行なっており、また測定結果が大きばらついており、明確な判断は与えにくい。

シート別については、D(ゴムアスファルト)がもっとも大きく、次いでAおよびB(非加硫ブチルゴム),

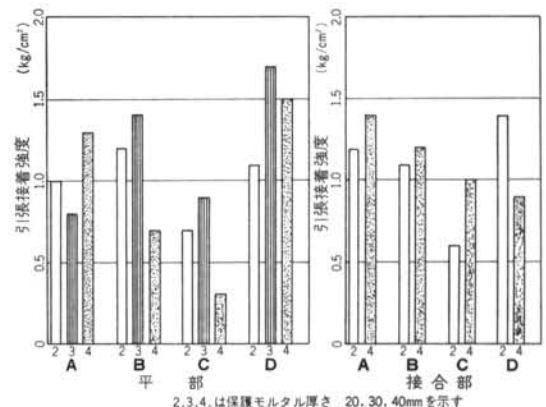


図-9 シートとモルタルの接着強度(シリーズ・1)

シート	方向	引張試験					引裂試験	
		破断荷重 (kg)	強度 (kg/cm ²)	伸び (mm)	伸び率 (%)	100%モデュラス (kg/cm ²)	破断荷重 (kg)	強度 (kg/cm ²)
A	長手	0.42	4.69	163	271	3.66	0.67	3.83
	幅	0.28	3.11	221	370	2.12	0.55	3.15
B	長手	0.36	3.67	185	309	3.11	0.58	2.97
	幅	0.29	2.94	240	400	2.11	0.54	2.78
C	長手	1.21	22.68	252	420	6.21	0.54	5.64
	幅	1.11	24.80	258	430	6.17	0.55	5.64
D	長手	0.36	2.70	119	199	2.48	0.92	3.52
	幅	0.54	4.07	43	74	—	0.99	3.72

表-3 シートの材料試験結果

C (メチルメタアクリレート) の順であった。この傾向は保護モルタルの浮きの傾向と一致している。すなわち、接着強度の大きいものは保護モルタルの浮きも少ない。また破断箇所を観察した結果、A, B, Cはシートの下側、Dは上側であった。

保護モルタルの厚さと接着強度の関係は測定結果のばらつきからみて認められない。

シート相互の接合部 (重ね) と平部の接着強度にも差異が認められない。

(iii) シートの材料試験に関する結果は表-3に示すごとくであった。

AおよびB (非加硫ブチルゴム) の引張強度は3~4 kg/cm²であり、加硫ゴムシートに比べるとかなり小さい。C (メチルメタアクリレート) は20kg/cm²以上と大きい値を示した。D (ゴムアスファルト) は長手、幅方向で各々2.7, 4.1kg/cm²と異なっていたが、これは骨材として用いているガラス繊維の方向性によるものと思われる。

伸び率についてはD (ゴムアスファルト) は小さいが、A, B, Cともに300~400%と大きな値を示した。

引裂強度はC (メチルメタアクリレート) が5.0kg/cm²と他の3種に比べ大きな値を示した。

(iv) 下地モルタルの含水率は図-10に示すごとく変化したが、約5%になった時点でシートを張付けた。保護モルタルの含水率に関しては、一例としてB (非加硫ブチルゴム) について示せば図-11のごとく変化した。保護モルタルの厚さが乾燥速度に影響を及ぼしていることが認められる。

下地および保護モルタルの強度試験の結果は表-4に示すごとくであった。

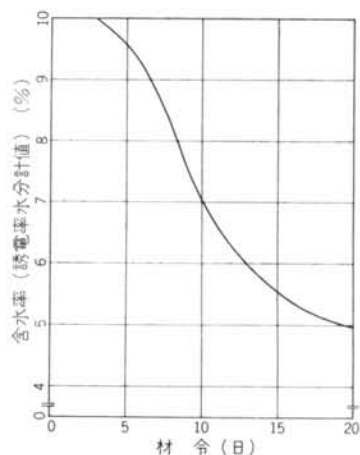


図-10 下地モルタルの含水率

モルタル	養生	曲げ	圧縮
下地	水中	45.5	218
	空中	25.3	91
保護	水中	35.6	215
	空中	24.1	84

表-4

モルタルの強度 (kg/cm²)

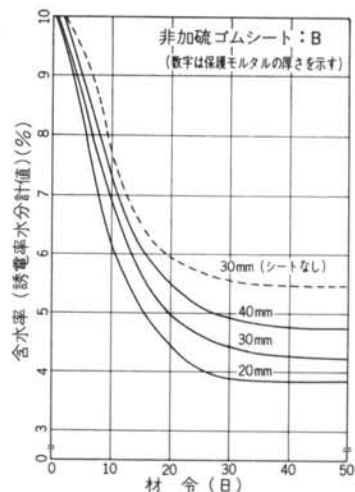


図-11 保護モルタルの含水率

記号	シート	プライマー	会社
B	非加硫ブチルゴム	ブチルゴム溶剤型	HG社

表-5 実験に用いた材料 (シリーズ・2)

4.2 シリーズ・2の実験

4.2.1 実験の計画

実験に用いた非加硫ゴムシートは表-5に示す1種類である。

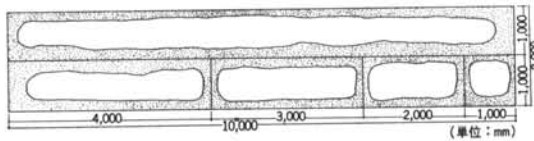
試験体の配置は図-12に、また詳細は図-13に示すごとくである。

試験体の作製は4.1.1に示す方法および順序と同じである。

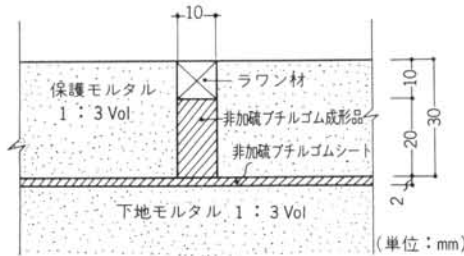
実験の測定項目および方法は4.1.1に示すものと同じである。

目地間隔 (m)	浮き率 (%)		
	材令14日	材令18日	材令28日
1	41.1	42.5	材令18日と変化なし
2	31.5	38.4	"
3	35.0	43.0	"
4	27.3	34.7	"
10	33.1	39.5	42.6

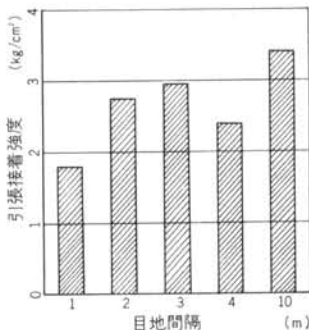
表一六 保護モルタルの浮き率 (%)



図一十二 試験体の配置と保護モルタルの浮き (シリーズ・2)



図一十三 試験体の断面 (シリーズ・2)



図一十四 シートとモルタルの接着強度 (シリーズ・2)

4.2.2 結果と考察

(i) 保護モルタルの浮きに関する観察結果は図一12に示すごとくであった。観察は保護モルタルを打設してから14, 18, 27, 34日目に行なった。その結果、浮きは14日までに著しく、それ以後は徐々に進行している。保護モルタルの浮き率を示せば表一六のごとく、かなりの面積にわたって浮いてしまった。目地間隔の大小は浮きの速さには影響を及ぼしているが、最終的には関係が無く、約40%の面積が浮くことが分かった。シリーズ・2

の実験は目地間隔を変えることにより、保護モルタルの浮きを少なくする構造的な解決を目指したが、充分な解答は得られなかった。すなわち、シリーズ・1および2で採用したごとく、非加硫ブチルゴムシートをブチル系溶剤型プライマーで充分に接着させることが不可能であることが明らかになった。

保護モルタル面のクラックは、シリーズ・1と同様に発見できなかった。

(ii) 接着強度に関する結果は図一14に示すごとくであった。前シリーズの結果と同様にばらつきが大きく、一概に判断することは難しいが、平均値をもって考察すれば、前シリーズに比べ大きな値を示し、概ね 2 kg/cm^2 以上であった。

目地間隔と接着強度の関係は、目地間隔が大きいほど接着強度が大きくなる傾向が認められる。これは目地間隔が大きくなるほど接着界面に及ぼす保護モルタルの収縮応力が、中央部の場合は小さくなるために接着強度が大きくなるものと推測される。なお、試験は浮いてないことを確かめてから、ほぼ中央部を対象として行なっている。

シートの材料試験、下地および保護モルタルの含水率、モルタルの強度試験の結果はシリーズ・1と同様なので省略する。

4.3 シリーズ・3の実験

4.3.1 実験の計画

シリーズ・2の実験結果から、プライマーとしてブチル系溶剤型を用いた場合、充分な接着拘束ができないことが分かった。したがってプライマーの選択が焦点となり、次に示す簡単な予備実験を行なった。

プライマーとして表一七に示すものを選び、約30°角の非加硫ブチルゴムシートをモルタル金ごて押え面に張った。1週間後にシートを手で剝離(ピーリング)させシートの接着性を確かめた。

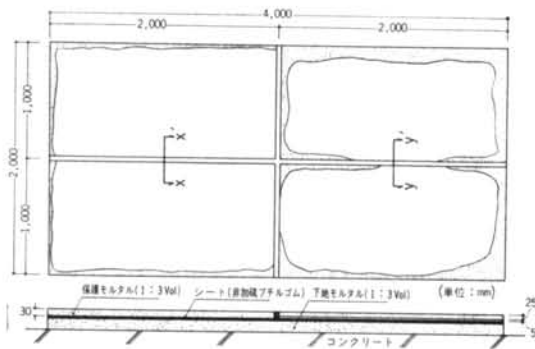
その結果、ネオプレン系を塗布し、指触乾燥を待つて

材 質	観 察	判定
タールエポキシ系	界面剝離	×
タールウレタン系	界面剝離	×
ネオプレン系およびブチル系	シート破壊	○
SBRラテックス混入セメントペースト	界面剝離	×

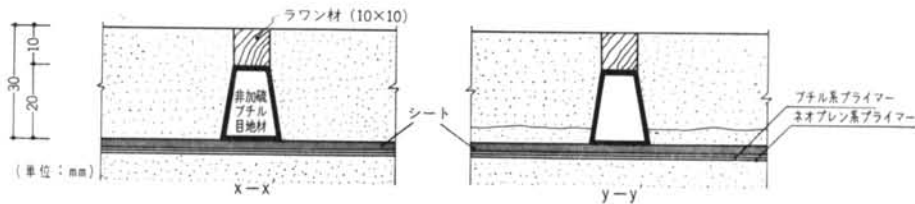
表一七 予備実験に用いたプライマーと結果

記 号	材 質	プ ラ イ マ ー	会 社
B	非加硫ブチルゴム	ネオプレンゴム溶剤型、 ブチルゴム溶剤型	HG社

表一八 実験に用いた材料 (シリーズ・3)



図一15 試験体の配置と保護モルタルの浮き
(シリーズ・3)



図一16 試験体の断面 (シリーズ・3)

ブチル系を塗布した場合が、もっともすぐれた接着性を示した。

シリーズ・3の実験計画はこの予備実験の結果に基づいて行なう。

実験に用いた非加硫ゴムシートは表一8に示すごとく1種類である。

試験体の配置は図一15に、また詳細は図一16に示すごとくであり、試験体の半分は保護モルタルを初め厚さ5mm打設して、1週間経ってから残りの厚さ25mmを打設した。

試験体の作製は4.1.1に示す方法および順序と同じである。ただし前述のごとく保護モルタルを2度打ちする点が一部異なる。目地材としては非加硫ブチルゴムの成形品(台形断面)を用いた。なお、シリーズ・2では長方形断面の目地材を用いたが、保護モルタルの充填が不良であったので、このシリーズでは台形断面に改良して使用した。

実験の測定項目および方法は4.1.1に示すものと同じである。

4.3.2 結果と考察

保護モルタルの浮きに関する観察結果は図一15に示すごとくであった。シリーズ・1および2の結果に比べて保護モルタルの浮きは極めてわずかであった。とくに目地材(非加硫ブチルゴム)に接した部分には浮きは全く

記号	シート	プライマー	会社
A	非加硫ブチルゴム	ブチルゴム溶剤型	OU社
B ₁	非加硫ブチルゴム	ブチルゴム溶剤型	HG社
B ₂	"	ネオプレンゴム溶剤型、ブチルゴム溶剤型	"
B ₃	"	ゴムアスファルトエマルジョン	"
B ₄	"	ゴムアスファルトエマルジョン、ブチルゴム溶剤型	"
C	メチルメタクリレート	アクリル溶剤型	ON社
D	ゴムアスファルト	ネオプレン溶剤型	SA社

表一9 実験に用いた材料 (シリーズ・4)

観察されず、目地材が有効に働いたものと思われる。一方2度打ちを行なった部分は従来と同じようなパターンで浮きが認められた。試験体を壊して調べたところ、1度目と2度目のモルタルの打継ぎ界面で剝離していた。

その他の測定項目に関する結果は、シリーズ・1および2と大きな差異が認められなかったので省略する。

以上の結果から、非加硫ブチルゴムシートを下地に張付けるプライマーとして、ネオプレン系とブチルゴム系の塗重ねが、予備実験の推測通りシートを下地に接着拘束するのに充分有効であることが明らかになった。

4.4 シリーズ・4の実験

4.4.1 実験の計画

実験に用いた非加硫ゴムシートは表一9に示すごとく4種類であり、B(非加硫ブチルゴム)については4種類のプライマーを使用し、計7種類の組合せとした。

試験体の形状・寸法は図一17に示すごとくであり、下地として石綿セメント板を用いて、剝離(ピーリング)試験によって接着性を判定した。

シートの張付前および張付後の下地条件は表一10に示すごとくである。張付前は気乾放置のものと水中浸漬のもの2種類である。また張付後は各々4種類の養生を14日間行なった。

試験機としては島津社製オートグラフ IS5000(ロー

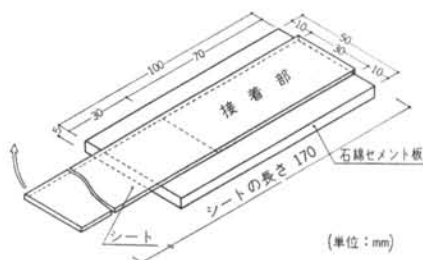


図-17 試験体の形状・寸法

	記号	日				
		0	10	3	7	14
気乾下地	Dy-I	[Pattern]				
	Dy-II	[Pattern]				
	Dy-III	[Pattern]				
	Dy-IV	[Pattern]				
湿潤下地	Wt-I	[Pattern]				
	Wt-II	[Pattern]				
	Wt-III	[Pattern]				
	Wt-IV	[Pattern]				

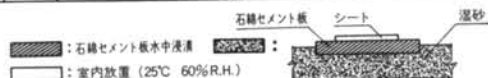


表-10 張付前・後の下地条件

シート・プライマー	A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	C	D
Dy-I	2.12	2.87	2.19	1.96	1.73	3.29	4.65
Wt-IV	1.83	2.44	2.52	1.54	2.36	2.63	5.27

表-11 剝離接着強度 (kg/3cm幅)

ドセル 100kg) を使用し、シートを 180° 回転させて上下チャックに装填して剝離させた。なお、引張(剝離)速度は 50mm/min で、温度は 24°C 湿度は 60% の室内で行なった。測定は 3cm 幅当りの剝離接着強度(単位: kg/3cm 幅)をチャート紙から直読した。また破断箇所の割合を肉眼で観察した。

4.4.2 結果と考察

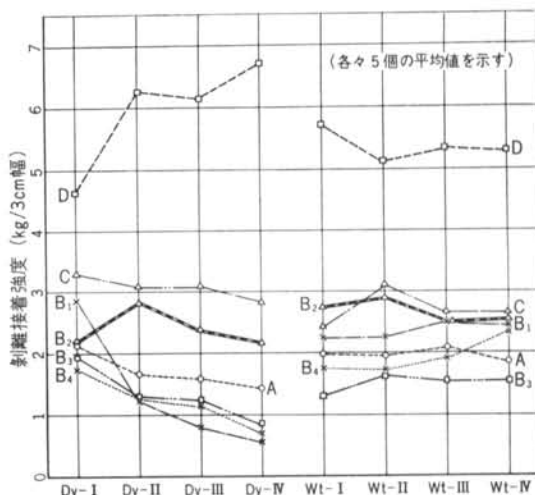
下地条件と剝離接着強度の関係は図-18に示すごとくであった。

張付前の下地条件は Dy (気乾放置) と Wt (水中浸漬) の 2 種であり、張付時における含水率は Dy は 12%、Wt は 21% である。条件としては Dy の方が Wt より有利であったと考えられる。また、養生期間中の下地条件は湿砂の上に置かれている期間が短いものほど有利であるとされる。したがって経験的に見ると、

Dy については I > II > III > IV

Wt については IV > III > II > I

の順に良好な接着性を示すものと推測される。



下地の条件

凡例	記号	シート	プライマー
	A	非加硫ブチルゴム (O社)	ブチル溶
	B ₁	非加硫ブチルゴム (H社)	ブチル溶
	B ₂		ネオプレン溶+ブチル溶
	B ₃		ゴムアスエマルジョン
	B ₄		ゴムアスエマルジョン+ブチル溶
	C	メチルメタクリレート	アクリル
	D	ゴムアスファルト	ネオプレン溶

図-18 下地条件と剝離接着強度の関係

張付前の下地条件に関しては Dy-I と Wt-IV を比較することによって、気乾下地と湿潤下地の差異を見ることが出来る。表-11は Dy-I と Wt-IV を抽出したものであり、B₂ (非加硫ブチルゴムシートとネオプレンおよびブチル系プライマー)、B₄ (非加硫ブチルゴムシートとゴムアスファルトおよびブチル系プライマー)、D (ゴムアスファルトシートとネオプレン系プライマー) の 3 種を除いて、Dy の方が Wt より大きな剝離接着強度を示した。すなわち、気乾下地の方が概ね良好な接着を得られることが分かった。

張付後の下地(養生)条件に関して気乾下地の場合は、Dy-I から IV へ湿砂の上に置かれる期間が長くなるに伴い、B₂、D を除いて剝離接着強度は小さくなる傾向を示した。A および B₁ (いずれも非加硫ブチルゴムシートとブチル系プライマー) はその傾向が著しい。湿潤下地の場合は、Wt-I から IV へ湿砂の上に置かれる期間が短くても、剝離接着強度に大きな差異は現れていない。いずれの下地条件についても D は他に比べて大きな剝離接着強度を示しており、4.1.2 に示した保護モルタ

ルの浮きに関する結果と一致している。

破断箇所を観察結果からみると、張付後の下地水分の影響が大きくなるに伴い、下地表面での剝離が多くなる傾向が認められた。

4.5 保護層の接着性に関する実験の総括

シリーズ・1の実験においては、非加硫ゴムシートに保護モルタルを施した場合、ゴムアスファルトシートを除いて、非加硫ブチルゴムおよびメチルメタアクリレートシートは、保護モルタルの浮きが認められることが分かった。

シリーズ・2の実験においては、非加硫ブチルゴムを対象として、保護モルタルの目地間隔を変えて浮きを測定したが、いずれも約40%浮くことが分かった。すなわち非加硫ブチルゴムシートを下地に張付けるプライマーとしてブチルゴム溶剤型は不相当であることが判明した。

シリーズ・3の実験においては、ネオプレンゴム溶剤型およびブチルゴム溶剤型プライマーを塗重ねて非加硫ブチルゴムを張付けたが、保護モルタルの浮きはほとんど認められなかった。この結果から、このシリーズで採用した目地間隔2mは適当と思われる。また保護モルタルの2度打ちは適当でないことが分かった。目地材として非加硫ブチルゴムの成形品(台形断面)は保護モルタルの浮きを防止するのに有効に働くことを確かめた。

シリーズ・4の実験においては、シートの張付前および張付後の下地条件が接着性に及ぼす影響を剝離接着強度によって調べた。その結果、一般的に下地水分の少ない方が接着性を良くし、とくに張付後の養生期間における下地水分の影響は大きいことが分かった。しかし、非加硫ブチルゴムシートのプライマーとしてネオプレン溶剤型と、ブチルゴム溶剤型を塗重ねた場合は、シートの張付前および張付後においても下地水分の影響は小さかった。

§ 5. 非加硫ゴムシートの保護層に関する提案

非加硫ゴムシートの保護層に関し次に示す事項を提案する。

1. 非加硫ゴムシートには必ず保護層を設けなければならない。
2. 非加硫ゴムシートのモデュラスが小さいために、保護層の浮き上りを完全に防止することは不可能であるが、下地に対して接着拘束することは有効である。
3. 保護層のモルタル塗厚さは20mmが適当である。
4. 保護層における伸縮目地の間隔は2mが適当であり、その材料は非加硫ブチルゴムの成形品(台形断面)が良い。
5. 非加硫ゴムシートを下地に張付ける際、乾燥下地であることが望ましい。また張付後の養生期間に下地水分の影響が大きいので、養生の管理にも留意しなければならない。
6. 非加硫ブチルゴムシートの場合、シートを下地に張付けるプライマーとして、ネオプレン溶剤型と、ブチルゴム溶剤型を塗重ねることが必要である。

§ 6. あとがき

本研究は非加硫ゴム(主としてブチルゴム系)シートを建築物の防水層として使用する場合の幾多の問題点を多角的に論及し、その中から保護層の接着性を取上げて実験的に究明した。その結果として非加硫ゴムシートの保護層に関する提案を行なった。また、本研究の一部(4.1および4.4)は日本建築学会高分子防水研究委員会の分担研究²⁾であることを付記する。

実験の遂行にあたり、終始協力を頂いた清水建設研究所小野正、佐藤憲栄両君に謝意を表す。

<参考文献>

- 1) 丸一、松本：“合成高分子ルーフィングの破断に関する考察”日本建築学会大会学術講演梗概集 昭和45年9月
- 2) 日本建築学会高分子防水研究委員会：“合成高分子材料による建築防水工法の基準に関する研究”(その1)昭和45年4月(その2)昭和46年4月

付録：電熱式繰返し試験装置

防水層の破断は、躯体（下地）のムーブメントと大きな関係があることが一般に知られている。なかでも躯体にクラックが発生した場合の防水層の追従性、および発生後のクラック幅の繰返し変化に伴う防水層の疲労など、躯体のムーブメントと防水層の性能との関係において、明らかにしなければならない事項が多い。これらの観点から防水層の動的性能を研究する際に、躯体のムーブメントを実験的に再現する試験装置が求められている。また size effects の問題もあり、実物大模型実験であることも必要である。

以上の背景から、当社研究所が試作に着手し、幾多の試行錯誤を繰返した後に実用化に成功した。まだ多少の改良を進める必要があるが、研究報告の一部として紹介する。

この装置の基本原理は鋼管の熱膨脹を利用することである。すなわち、鋼管にニクロム線を巻き通電し、その熱膨脹によってスラブにクラックを発生させたり、あるいはクラック幅を広げる。また通電を停止し自然冷却により鋼管を収縮させクラック幅を縮める。これら電気的な ON-OFF を繰返し、スラブに生じたクラックの幅を繰返し変化させる。

電熱式繰返し試験装置の機構は図-19に、電気回路は図-20に示すごとくである。写真-4は試験装置の全景であり、写真-5は駆動機構を、写真-6はクラック幅の制御機構の詳細を示したものである。

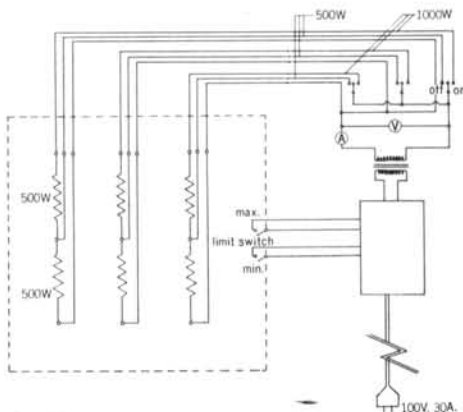


図-20 電気回路

電熱式繰返し試験装置の使用に関し必要事項を示せば次のごとくである。

(i) ムーブメントの速度はコントロールボックス内に装填したスライダックトランスを用いた電圧調整で行なう。

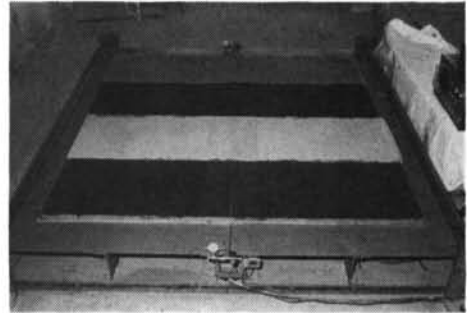


写真-4 電熱式繰返し試験装置全景

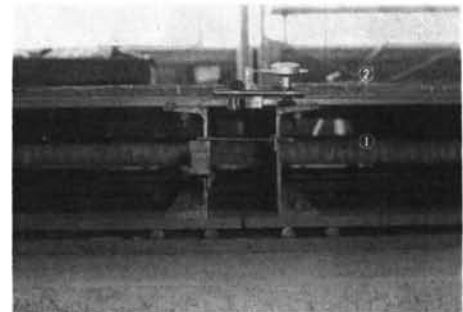


写真-5 駆動機構（電熱棒①に通電し、モルタル②にクラックを発生させたり幅を広げる）

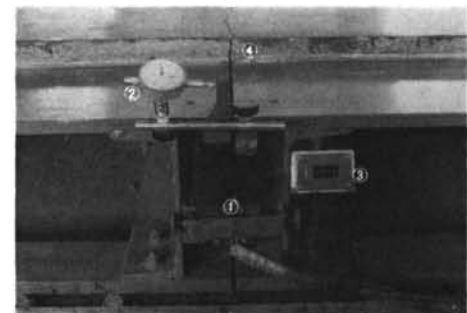


写真-6 クラック幅の制御部とカウンター

- ① マイクロスイッチ
- ② ダイアルゲージ
- ③ 電磁カウンター
- ④ 発生したクラック

(ii) 3本のニクロム線は別系統になっており、1kw 0.5kw, OFF に各々をセットすれば、引裂ムーブメントを繰返すこともできる。

(iii) 下地および保護モルタルの厚さに制限があるが、計50mmまでは可能である。

防水層に保護モルタルを打設した場合、防水層の破断を確認することができない。そこで防水層の破断を検出する方法を開発した。この機構の原理は電気抵抗式含水率計を応用したものであり、図-21に示すごとく端子を下地モルタル中に埋込んでおき、保護モルタルのクラックから注水し、防水層の破断に伴ない下地モルタルの含水率が急激に変化することをもって検出を行なう。

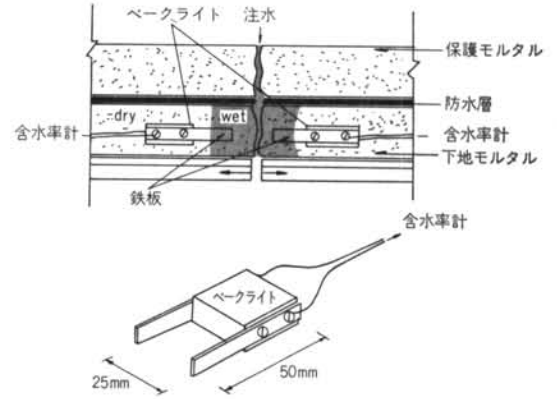


図-21 防水層の破断検出機構

以上述べたごとく、この電熱式繰返し試験装置は実用化に成功したが、今後さらに改良を進める方向は次に示すごとくである。

(i) 試験体の製作時間を短縮するために、スラブのプレキャスト化を計る。

(ii) 試験体の上に箱をかぶせて、防水層の環境を低温あるいは高温にして、その中で繰返す。

(iii) 装置を縦型にして、面積を縮小し、さらに壁材等の研究にも利用できるようにする。

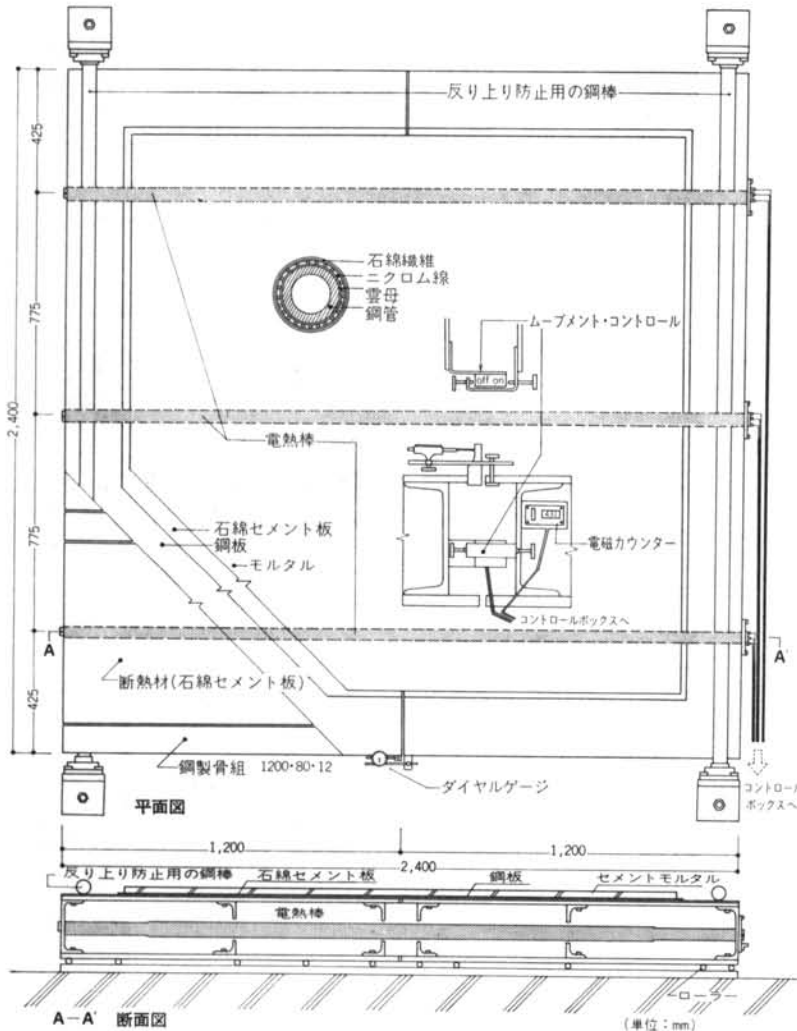


図-19 電熱式繰返し試験装置