

プラスチック床材の反り変形に及ぼす 下地コンクリートの水分の影響

— 接着施工に関する研究 2 —

丸 一 俊 雄

§1. はじめに

プラスチック床材(以下床材という)の接着施工において、貼付時、下地水分が多いと接着剤の接着力が低下し、床材が剥がれたり、目地に大きな隙間があいてくる。

前報告¹⁾²⁾は、下地水分の影響が接着力にどのように作用するかについて、2種の接着力試験を行い、さらに現場実験を行って確かめた。下地水分の測定にはまだ適当な水分計がなく、この実験では高周波水分計¹⁾²⁾を用いて測定した。しかし、一応経験的な目安が得られ、コンクリート下地で5~6%の含水率の状態ではほとんど事故がなく、接着施工が可能であると考察された。ただし、この場合は下からの毛管水上昇のない場合であって、毛管水上昇のある場合は、ほかにその防止方法を考えねばならない。

このことは床仕上げ施工上、床の位置を次の3つに分けて考察する必要がある。

- (1) On Grade……(その床が地盤に直接設定されている場合で、地盤から上昇してくる湿気の直接的な影響を受ける。例えば土間床など。)
- (2) Below Grade……(その床が地盤面以下にある場合で、(1)の場合よりさらに、はなはだしい湿気の影響を受ける。例えば最地階の床など。)
- (3) Suspend……(1)、(2)に対して、支持床の構成をとり、床の下部に天井や居室などがあって、湿気の影響を受けることがすくない。例えば一般階の床など。)

この場合、Suspendの床では十分乾燥すれば接着施工できるが、On Grade, Below Gradeの床では十分乾燥しても、床材貼付後、下から水分の上昇があるため、完全な防水防湿層がなければ危険であることを示す。

現場実験において、目地あき幅と引張接着力の関係から、接着施工当時の目地幅0.3~0.5mm程度にとどめておくためには、最小5kg/cm²の引張接着力が必要であると考察された。ここに報告するものは、毛管水上昇(または外的水分、例えば結露水、掃除用水などを考慮して)によって、下地に貼付しない床材がどのように変形するかを実験し、一現場を調査して、水分による床材の挙動を調べたものである。この挙動を拘束するために、どの程度の接着力が必要かについて考察を加えた。

§2. 下地水分による各種床材の反り変形

A. 実験方法

前報告¹⁾と同じ10cm×10cm×20cmのコンクリートテストピース(スランブ22cm, 所要強度180kg/cm², 1m³当りのコンクリート調合=セメント321kg, 砂2.5mm以下843kg, 砂利25mm以下952kg, 水212kg)を作成し、一週間空中養生(温度20±3°C, 湿度70~80% R.H.)を行い、以後コンクリート打込底面を上にして、水面より約2cm出るように水中に浸漬養生を行う。このコンクリートは完全に水分の毛管現象を有するもので、吸水率は5.0~6.6%/wtの範囲のものである。

このコンクリート上面に各種床材9cm×9cmのものを載せて、Fed. Spec. SS-T-306bの方法と同じように、

反り試験を行う。反り変形の測定は圧延方向と、圧延に直角方向の2方向の変形をトレスリングし、それを顕微鏡スケールにて反り変形量を求めた。この方法ではダイヤルゲージ測定に比して±0.1mm程度の誤差を生ずる。

また、上記、水中浸漬養生コンクリート面の各種床材が適当な期間を経て、乾燥したコンクリート面（同種のもの）に置いた場合の反り回復変形を観察した。その放置室内の条件は、水中養生の室内の場合と同じ、温度20±3°C、湿度60~70% R.H.の条件である。

B. 結果と考察

この実験で得られた各種床材の反り変形曲線は図-1、図-2、図-3、図-4の通りであって、毛管水分の影響が大きいことが解る。

Fed. Spec. SS-T-306 b の反り試験では、材令を5日

としているが、この実験で、反り変形量の最大値を示すのは約1カ月を要した。

また、床材の初期の吸湿量と変形量との関係は、一般に直線的関係にある。この反り試験で図-4 D-2のように初期から特殊な変形曲線を示すものがあつた。これは床材の圧延による内部応力の緩和によるものであると考えられ、特に水分によって促進されたものと思われる。

反り変形の傾向として、塩ビ・アスベストタイルの変形が一番大きく、軟質塩ビタイルが一般に小さい。ゴムタイルは軟質塩ビタイルに準じ、アスファルトタイルは塩ビ・アスベストタイルの良好なものに準ずる。リノタイルは吸湿率が大きい、反り変形は塩ビ・アスベストタイルの良好なものに準ずる。

また、適当な期間（10週間）反り試験を行った後のものを乾燥した場合（空中に放置）、水中浸漬養生コンクリート面の場合と逆に、上に凸状に変形してくる。軟質塩ビタイルを長期間、水中浸漬養生コンクリート面に放置した場合も、同様な凸状変形を示す。

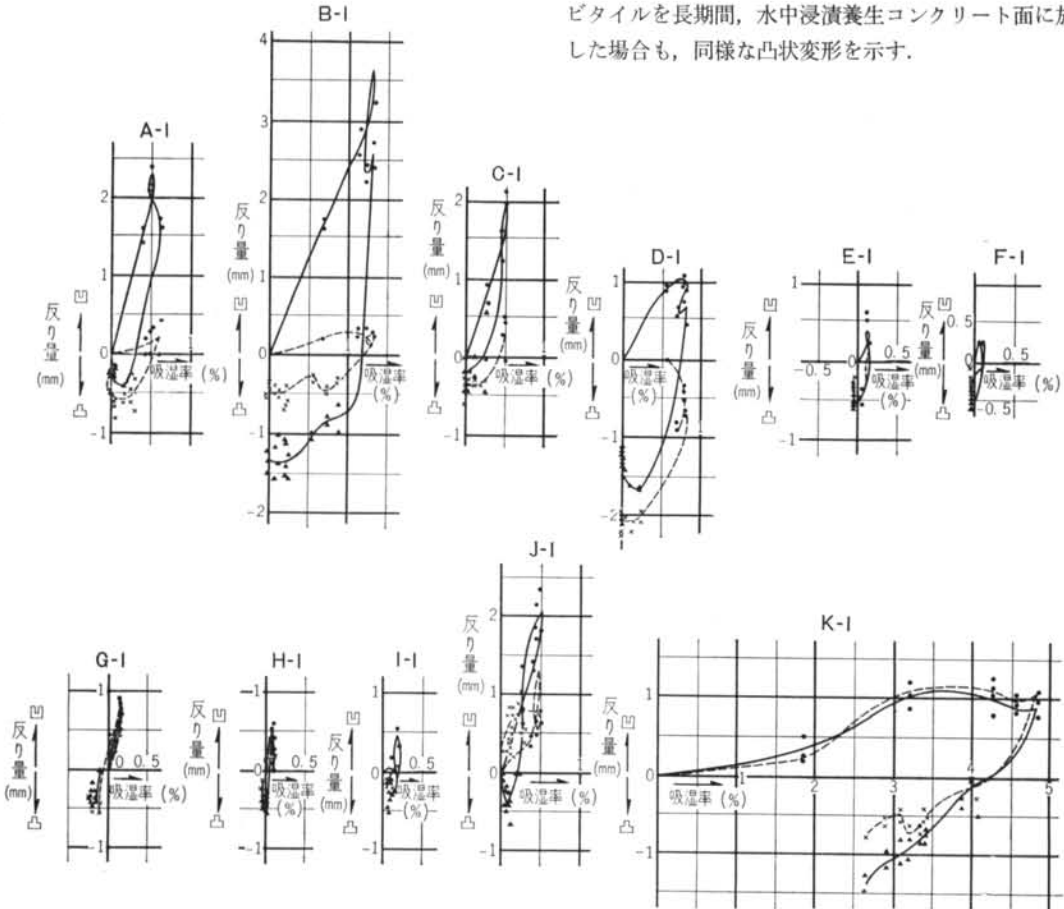
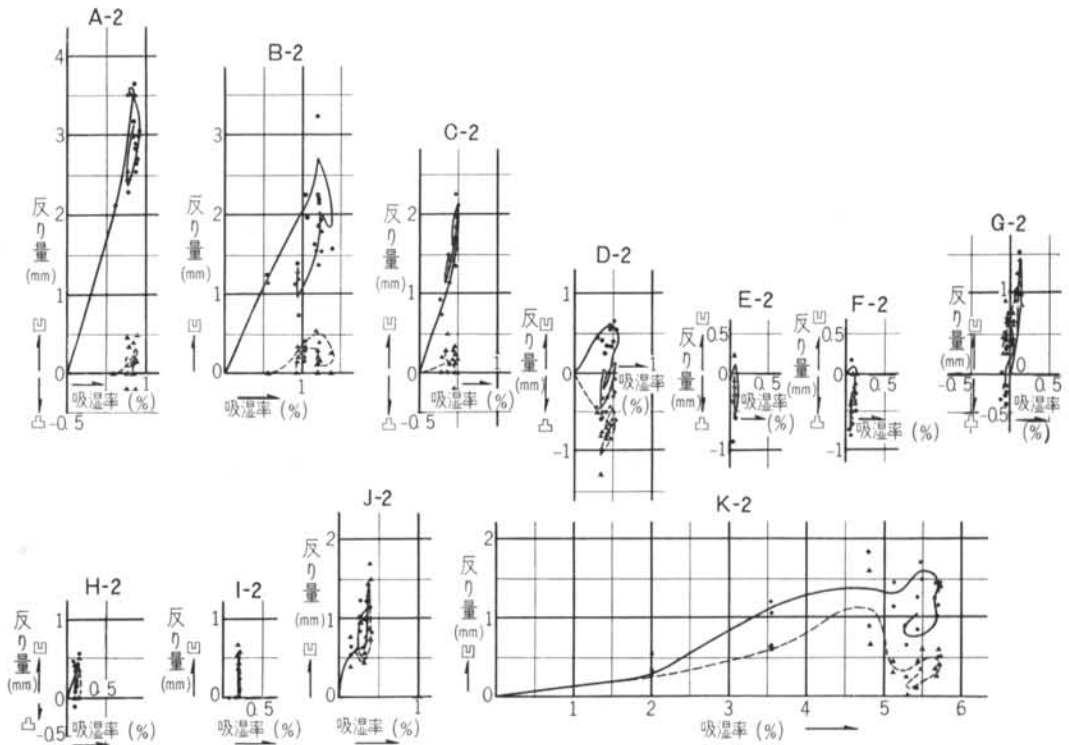


図-1 各種床材の反り変形と吸湿率との関係

下地コンクリートを半分水中養生し、途中下地コンクリートを乾燥状態にしたもの。(実線：圧延に直角方向、点線：圧延方向)



図一 各種床材の反り変形と吸湿率との関係
 下地コンクリートを半分水中養生したもの。

この原因は不明であるが、毛管現象によって上昇してきた水分に含まれているアルカリ性物質、または塩類の影響のため、タイル下部の可塑性が溶解し、その部分が収縮性の大きい状態になって、タイルが乾燥すれば、タイルの上部と下部の収縮差の関係から凸状反り変形を示す。また同時に、塩ビタイルの充填材に石綿繊維を含む場合は、繊維性物質の通性から、その下部が吸湿膨脹状態から脱湿収縮して原長より小さくなり、タイル上部と下部の収縮差から凸状反り変形を示すものと考察される。

塩ビ系タイルの強熱減量を表一に示す。この表から強熱減量の多いものほど、塩ビ、可塑性の含量が多いと考えられ（炭酸カルシウムを充填材とする場合は強熱減量が多くなることに注意しなければならない）、強熱残渣のアルカリ反応から、その充填材の種類が判別できることがある。すなわち、アルカリ性反応を顕著に現わすものは、炭酸カルシウムと考えてよい。この結果から、一般に石綿繊維を充填材としているものは、その充填材の吸湿脱湿による変形が大きく、軟質塩ビタイルの場合は充填材が炭酸カルシウムまたはタルクなどで、かつ塩ビ量が多いため、吸湿による変形が小さいことが解る。

水分による反り変形は接着施工上非常に重要な事柄であって、これの小さいものは、下地乾燥不十分な場合でも比較的事故が起り難い。ただし、この場合は接着剤が下地と床材に十分接着している場合であって、床材に接着し難い接着剤を用いた場合は、下地と接着面で剥がれる。

床材の種類	強熱減量 (%)	強熱残渣のフェノールフタレイン反応	備考
A	54.34	軽 微	石綿繊維系充填材
B	46.49	〃	〃
C	46.80	〃	〃
D	44.86	強	炭酸カルシウム系充填材
E	56.48	〃	〃
F	50.66	〃	〃
G	84.53	軽 微	パーライト系充填材
H	64.48	〃	炭酸カルシウム系充填材
J	39.86	—	—
K	66.83	—	—

表一 床材の強熱減量

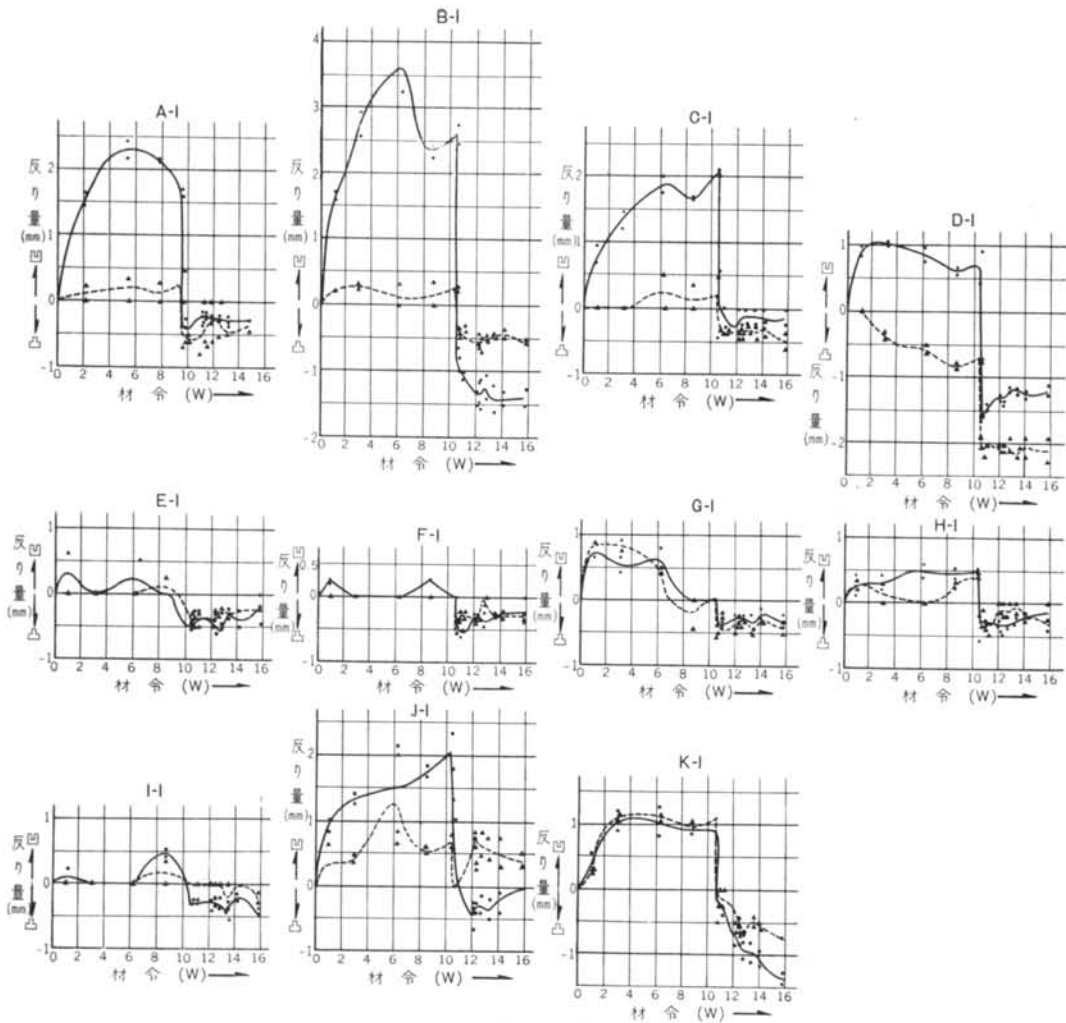


図-3 各種床材の反り変形と試験材令との関係
(記号は 図-1 の場合と同様)

いま、これらの変形によって生ずる床材下部の伸縮率から、変形を拘束する接着力について考察すると、次の場合が挙げられる。

(a) 長期間半分水中養生のコンクリート面上に放置された床材の変形を考える場合。

床材の下部、上部の吸湿率を μ_1, μ_2 とし、床材内部の吸湿曲線が直線的であるとして、この床材の吸湿による線膨脹率を β とすれば、

$$\frac{\Delta}{l} = \frac{l\beta(\mu_1 - \mu_2)}{8d} \quad \dots\dots\dots(1)$$

が成立する。ただし、

Δ : 反り変形量, l : 床材の長さ, d : 床材の厚さ。

(b) 上記の過程を経てコンクリートが乾燥してきた場合の床材の変形を考える場合。

乾燥したコンクリート面上に床材を放置したとき、コンクリート接触面の床材が収縮するから、その線収縮率を ε とすれば、

$$\frac{\Delta}{l} = \frac{l}{8d}(\varepsilon - \varepsilon^2) \quad \dots\dots\dots(2)$$

が成立する。

(1), (2)の曲線は 図-5 の通りとなり、この図より Δ/l を実測することにより、線膨脹率および乾燥による線収縮率を求めることができる。

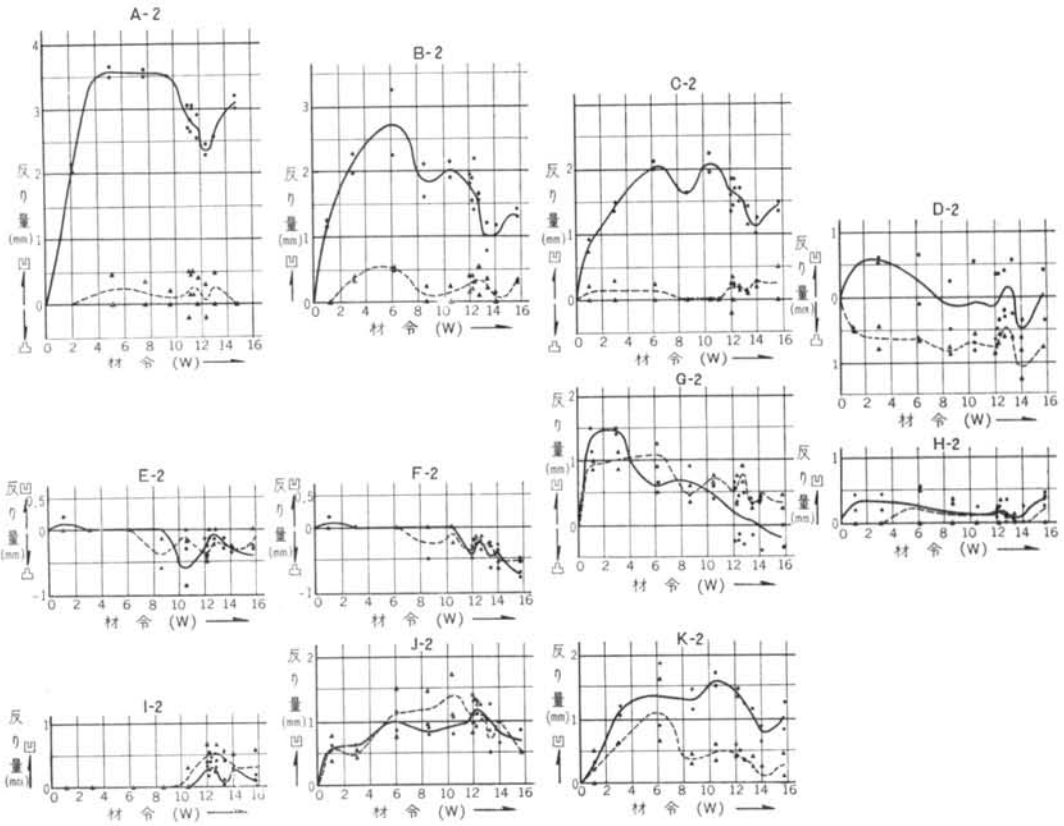


図-4 各種床材の反り変形と試験材令との関係
(記号は図-2の場合と同様)

いま、この変形を拘束するために必要な剪断接着力を (F_a) とし、床材の見掛ヤング率を E とすると、次の式が成立する。

$$(a) \text{ の場合 } (F_a)_1 = E\beta(\mu_1 - \mu_2) \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$(b) \text{ の場合 } (F_a)_2 = E\varepsilon \quad \dots\dots\dots (4)$$

$$(F_a) = (F_a)_1 + (F_a)_2 = E\{\beta(\mu_1 - \mu_2) + \varepsilon\} \quad \dots\dots (5)$$

ただし、この E は吸湿率や温度変化によって変り、測定困難なものである。

表-2 は試験中の最大反り変形量 (凹または凸) と吸湿率を示したものである。

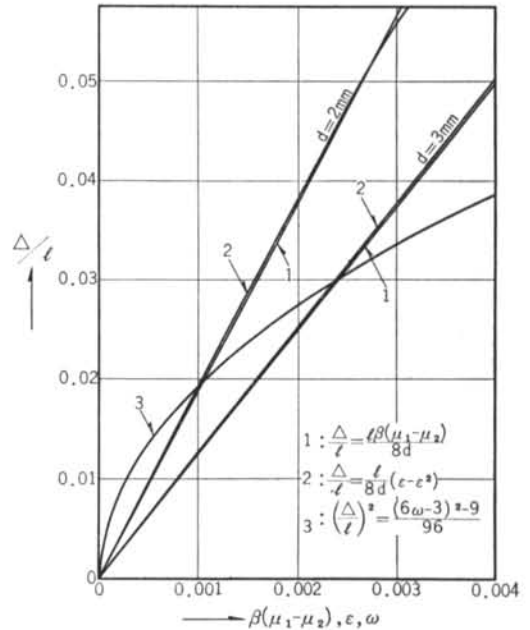


図-5 床材の伸縮率と反り変形との関係

床材の種類		毛管水上昇の有		毛管水上昇の無	
		μ	Δ	μ	Δ
塩ビ・アスベスト系タイル	A-1	0.506	2.40 0.35	0.0486	-0.35 -0.80
	B-1	1.306	4.00 0.30	0.243	-1.60 -0.60
	C-1	0.474	2.10 0.45	0.0388	-0.45 -0.45
	D-1	0.777	1.07 -0.43	0.111	-1.60 -2.20
軟質塩ビ系タイル	E-1	0.125	0.6 —	-0.0298	-0.60 -0.35
	F-1	0.0625	0.25 —	-0.0377	-0.60 -0.45
	G-1	0.143	0.81 0.86	-0.197	-0.55 -0.55
	H-1	0.087	0.6 —	0.0139	-0.55 -0.35
ゴムタイル	I-1	0.181	0.55 0.35	0.0865	-0.55 -0.35
明色アスファルトタイル	J-1	0.484	2.35 0.80	0.119	0.75 -0.65
リノタイル	K-1	4.255	1.25 1.15	2.92	-1.15 -0.60

表-2 各種床材の最大反り変形量

(注) Δ 欄, -記号は凸状変形の場合を示し, 上欄は圧延に直角方向, 下欄は圧延方向の場合である.

μ : 吸湿率(%)

Δ : 反り変形量 (mm)

<備考>

(5)式を用いて, 床材Bについて(F_a)を求めると, 表-2, および図-5から,

$$\beta(\mu_1 - \mu_2) = 2.35 \times 10^{-3}$$

$$\varepsilon = 1.0 \times 10^{-3}$$

となり, 床材のヤング率は筆者の実験結果, および大成建設技研報³⁾から, 大体 $2 \times 10^3 \text{kg/cm}^2$ となるため, これらを用いると

$$(F_a)_1 = 2.35 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^3 = 4.70 \text{kg/cm}^2$$

$$(F_a)_2 = 1.0 \times 10^{-3} \times 2 \times 10^3 = 2.00 \text{kg/cm}^2$$

$$(F_a) = 6.70 \text{kg/cm}^2$$

となり, 前報告¹⁾の現場実験で求めた引張接着力と相似した結果を示す.

§3. 下地コンクリートの処理を異にする場合の床材の反り変形

前節の場合に, さらに1週間水中養生したものと, エポキシ樹脂を表面に塗布して下からの毛管水上昇を遮断したものを, 下地コンクリートとして加え, 塩ビ・アスベストタイルの反り試験を行うと 図-6 のような結果が得られる.

この図から解るように, コンクリートを水中養生して緻密なコンクリートとし, 毛管水上昇量を少なくすれば, 相当, 反り変形を小さくすることができる. また同時に完全な防湿塗膜層を形成すれば, その効果はさらに大きい.

この変形曲線は, 一種の吸湿脱湿によるヒステリシス曲線を呈している. この最大反り変形量は, 床材の種類によって異なることは前節から明らかであるが, 下地の種類, 防湿層の有無によっても, 相当影響されることが解る.

この詳細な研究については, 目下検討中である.

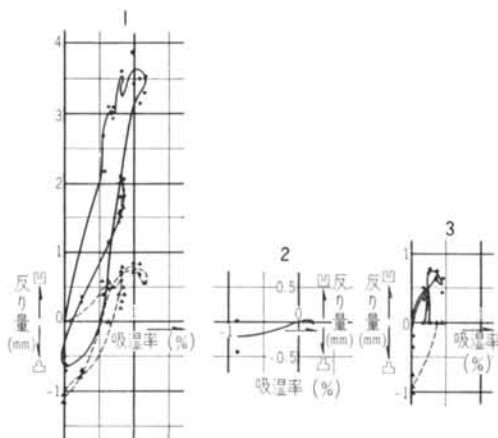


図-6 下地処理を異にする塩ビ・アスベストタイルの吸湿脱湿曲線

1: 毛管水の上昇しやすいコンクリート下地

2: エポキシプライマーを塗布したコンクリート下地

3: 水密性コンクリート下地 (打込後1週間水中養生を行った.)

§ 4. 現場調査の一例

調査した建物は昭和35年6月に竣工したもので、特にその建物の便所にアスファルト接着剤で貼った3mm厚の塩ビ・アスベストタイルの水分による挙動を調査したものである。

この床材が剥がれ始めたのは昭和36年1月頃であり、約1ヵ年、大体同じ現象で上に凹状の反り変形を示しながら変化した。この測定による調査期間は昭和36年12月から昭和37年4月にかけて5回行ったもので、**写真-1** **写真-2** に示すような顕著な反り変形を示している。

表-3 はその測定値である。

この結果から解るように、最初上に凹状に反り変形を示し、これを経て上に凸状に変形しているように観察される。凸状変形を示した床材を剥がしてみると、**写真-3** のように下地は完全に乾燥しており、現在なお下地水分の影響があるとは考えられない。

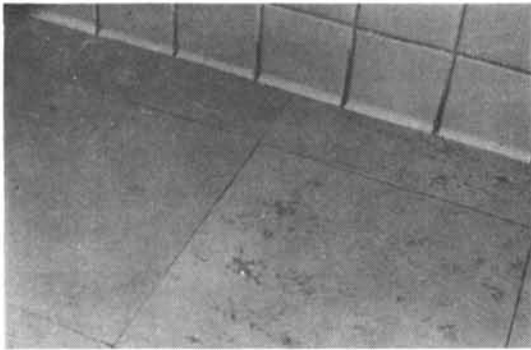


写真-1 塩ビ・アスベストタイルの凹状剥がれ
(Δ : 0.71 mm 途中貼替え)

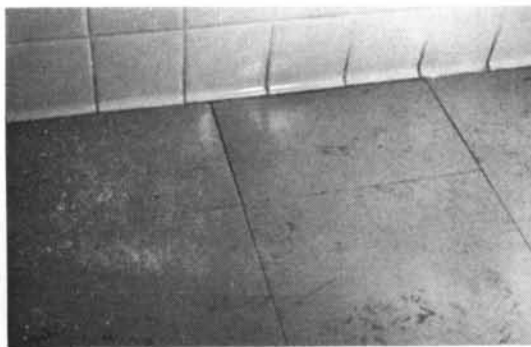


写真-2 塩ビ・アスベストタイルの凸状剥がれ
(Δ : 2.03 mm t : 3.1 mm)

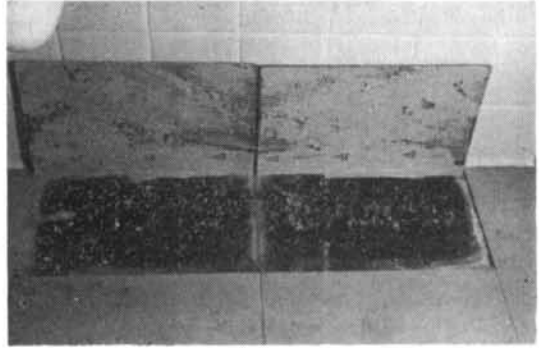


写真-3 凸状剥がれ部分の下地の状態

		竣工後1 年半目に 測定開始 (36.12.16)	1ヵ月目 (37.1.19)	2ヵ月目 (37.2.21)	3ヵ月目 (37.3.14)	4ヵ月目 (37.4.19)
7階	t	3.0	3.7	-3.70	-3.60	3.4
	Δ		-3.45			-3.53
6階	① t	2.0	3.1	-2.72	-2.68	-2.69
	Δ		-2.03			
6階	② t	0	0	0.09	0.20	-0.07
	Δ		0.11			
5階	① t	1.4	0.05	タイル貼替え		
	Δ		0.05			
5階	② t	2.0	1.5	-0.41	-0.44	1.9
	Δ		-0.50			-1.24
5階	③ t		1.8	-3.83	-3.59	1.9
	Δ		-2.80			-2.89
4階	① t	1.0	1.1	-0.50	-0.65	1.1
	Δ		-0.44			-0.49
4階	② t		1.5	-2.37	-2.34	1.5
	Δ		-1.98			-2.77
3階	① t	1.5	1.8	-1.57	-1.52	1.6
	Δ		-1.67			-1.63
3階	② t	1.4	1.4	-0.11	0.64	1.3
	Δ		-0.56			0.45
2階	① t	1.3	1.5	1.06	2.18	2.06
	Δ		2.23			
2階	② t	0	0.7	0.45	0.46	0.8
	Δ		0.54			
1階	① t	1.2	1.3	-1.75	1.94	1.3
	Δ		-1.22			
1階	② t		0.71	タイル貼替え		
	Δ		0.71			
1階	③ t	1.0	1.2	0.08	0.1	0.4
	Δ		0.11			

表-3 床材変形の一現場調査例

(備考) 4階以下の場合には使用回数多く、踏付、掃除用水などのため変形傾向つかみ難い。 t : 目地あき幅(mm)、 Δ : 反り変形量(mm)。一記号は上に凸状を示す。また反り変形の測定はダイヤルゲージを用い、床材の対角線上、端より56.6mmの点を測定したものを。

また、長期間にわたって凹状変形を示しているものも多い。これは使用回数の多い4階以下の便所に限られるようであり、掃除回数の多いことを示している。

いままで、接着施工における浮き上り剝がれの原因は温度上昇による水蒸気圧のみによるものとされていたが、このように下地水分の少ない状態で、かつ、完全に接着しない状態の浮き上り剝がれを説明することはできない。このような場合は、前実験結果の示すように、床材特有の変形によるものであると考えられる。

§ 5. 結 言

以上の実験および調査から総括すると、次の点が挙げられる。

(a) Fed. Spec. SS-T-306 b による反り試験では材令5日としているが、この実験では最大反り量を示すのは4週間以上必要とする。(図-3, 図-4 参照)

(b) プラスチック床材は、一般に下地水分によって床材下部が湿気を吸収し、初期に上に凹状に変形し、下地が乾燥するにつれて上に凸状の変形を示す。これは、床材の浮き上り剝がれの原因については、現在まで水蒸気圧によるものとされていたが、上記のような湿気による床材自身の特有な変形によって、自然に浮き上り剝がれを呈する場合もあることを示す。したがって、剝がれ防

止には、これらの変形を考慮しなければならない。

(c) この床材の変形は、下地からの水分の影響をうけ、吸湿脱湿によって一種のヒステリシス曲線を呈しながら変化する。しかし、この変形はコンクリートの下地処理を行うことによって、湿気の上昇を防止し、小さくすることが可能になり、同時にヒステリシス曲線の動きも小さくすることができる。

(d) このような床材の反り試験から、吸湿脱湿による伸縮率を幾何学的に求め、この変形を拘束するに必要な剪断接着力として、筆者は次式を提示する。

$$(F_a) = E\{\beta(\mu_1 - \mu_2) + \epsilon\}$$

(e) 最大反り変形量は、塩ビ・アスベストタイルが軟質塩ビタイルより大きい。この理由は、塩ビ・アスベストタイルの充填材としての石綿繊維が吸湿脱湿して、大きく働くためである。

(f) 軟質塩ビタイルは、長期間反り試験を行うと、上に凸状に変形してくる。この理由は、床材のコンクリート接触部がコンクリートのアルカリの影響をうけて、床材下部の可塑剤が溶解し、収縮して、床材上部との収縮差から上に凸状に変形するものと考えられる。

おわりに、種々御指導を賜った明大・狩野教授、早大・十代田教授に対し、また、種々実験に御協力くださった清水建設研究所員・市原緑、熊谷敏男両氏に対し、本報告をかりて感謝いたします。

<参考文献>

- 1) プラスチック床材の接着に及ぼす下地水分の影響: 丸一俊雄: 学会論文報告集 No. 69・p 33
- 2) プラスチック床材の接着に及ぼす下地水分の影響について: 丸一俊雄: 清水建設研究所報 第1号, 昭和37年4月・p 23
- 3) 貼床タイルの比較試験 (No. 510): 大成建設技研報, 昭和36年3月・p 20