

合成樹脂系塗り床材のひび割れ追従幅測定方法の検討

伊藤秀太郎 日村みのり
飯田 康介 添田 智美

概 要

塗り床材は、コンクリート床下地に塗布することで、薬品や摩耗からのコンクリートの保護や、用途に応じた各種性能の付与、美観の向上といった効果を発揮する。クリーンルームや生産施設においてはコンクリートからの発塵の防止が要求され、したがってコンクリートの収縮に伴って塗り床に有害なひび割れを生じないことが特に求められる。

塗り床のひび割れ防止のためには、コンクリートスラブのひび割れの予測・低減と、適切なひび割れ追従性を持った塗り床仕様の選定の双方が必要と考えられる。本報告では塗り床のひび割れ追従性能の評価方法に関する検討と、考案した方法による代表的な塗り床仕様の評価結果を示した。

短時間で塗り床を破断させる即時載荷試験と、長時間に亘り一定荷重を加えて塗り床材を引っ張る長期載荷試験とを組み合わせた試験による、塗り床のひび割れ追従性評価の可能性を確認した。

Examination of an Evaluation Method for Crack-Following Behavior of Synthetic Resin-Coated Flooring

Abstract

Floor coating systems are applied to concrete substrates to provide protection against chemicals and abrasion, impart functional properties required for specific applications, and improve appearance. In cleanrooms and manufacturing facilities, suppression of dust generation from concrete substrates is particularly important. Therefore, it is essential to prevent cracking in the floor coating caused by shrinkage in the underlying concrete.

To prevent cracking in floor coating systems, prediction and mitigation of cracking in concrete slabs is necessary, alongside selection of coating formulations with the appropriate crack-bridging performance. This report examines a method for evaluating the crack-bridging performance of floor coating systems and presents results obtained for representative coating formulations using the proposed method.

The study confirmed the feasibility of evaluating crack-bridging performance through a testing procedure that combines an immediate loading test, in which the floor coating is loaded to failure within a short period, and a long-term loading test, in which a constant load is applied for an extended duration to subject the coating material to tensile stress.

キーワード：合成樹脂系塗り床材、コンクリート床下地、
ひび割れ追従性、即時載荷試験、長期載荷
試験、クリープ

§1. 背景・目的

合成樹脂系塗り床（以下、塗り床材）に生じる不具合の防止のためには、下地コンクリートと塗り床材双方の適切な計画および施工が必要である。

ひび割れの防止においては、コンクリート床下地に生じるひび割れの予測と、塗り床材のひび割れ追従性の把握の両方が必要となると考えられるが、塗り床材のひび割れ追従性についての統一的な試験方法は未整備である。

そこで、塗り床材のひび割れ防止の観点からコンクリート床下地の設計および塗り床材の仕様選定を行うため、塗り床材のひび割れ追従性の評価方法について検討した。

§2. 試験概要

試験は、塗り床とその下に生じた下地のひび割れを模擬した試験体を作製して行い、即時的な試験と、長期的な試験を組み合わせる実施した。

2.1 試験体の作製方法

コンクリート床下地に施工した塗り床材を模擬するため、表1に示す手順で試験体を作製した。試験体の概要を図1に示す。手順3と5にて計測した厚みの差分を図1に示す2箇所の膜厚測定箇所にて測定し、その平均値を塗り床材の膜厚とした。

表1 試験体作製手順

1	モルタル下地（150mm×34mm×20mm）の作製 ※今回は150mm×70mm×20mmのモルタル板を分割
2	塗り床施工面、および治具等の接着面目荒らし ※#40サンドペーパーを使用
3	下地厚さの計測
4	塗り床の施工
5	試験体厚さおよび幅の計測
6	切れ込みの加工

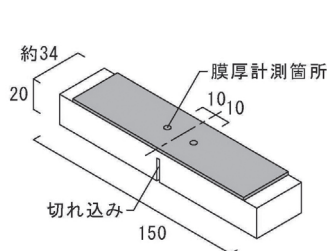


図1 試験体の概要

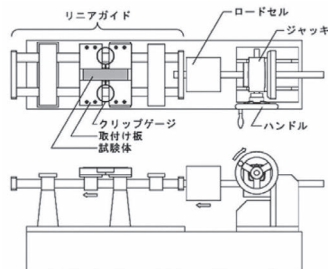


図2 即時載荷試験装置の概要

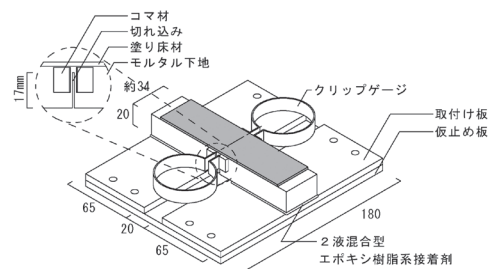


図3 試験体の取付け方法

2.2 試験水準

試験体に用いる塗り床材仕様として、様々な用途を網羅する形で代表的な仕様を表2の通り選定した。

表2 選定した塗り床仕様

材質	ライニング	工法	標準膜厚(mm)	記号
エポキシ樹脂系	汎用形	なし	流しのペーティング	0.8 E08
		なし	流しのベペースト	2 E20
		1プライ	ライニング (ガラスクロス)	1.2 EL12
		1プライ	ペーストラインング (ガラスクロス)	2.5 EL25
	可とう形	なし	流しのベペースト	3 EF30
硬質ウレタン系	なし	流しのペーティング	1.5	U15
	なし	流しのベペースト	2.3	U23
水性硬質ウレタン系	なし	平滑	4	WU40
ビニルエステル系	1プライ	ライニング (ガラスマット)	1	VL10

2.3 即時載荷試験の概要

即時載荷試験装置を写真1に、試験装置の概要を図2に、試験体の試験装置への取付け方法を図3に示す。リニアガイドをジャッキで押すことで、ひび割れ部分に曲げを生じずに載荷できる機構とした。モルタル下地両側の2箇所のひび割れの開き幅を、クリップゲージを用いて直接測定し、この平均値をひび割れ追従幅とした。塗り床に破断が確認されるまで測定した。

試験は気温23℃湿度60%の恒温恒湿室にて行った。載荷速度の管理は、タイマーを確認しながらジャッキを手動操作することで行った。本試験では載荷速度を3mm/minとした。

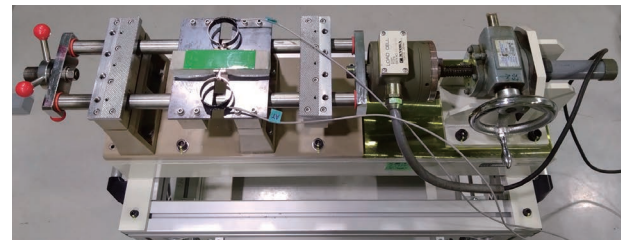


写真1 即時載荷試験装置

2.4 長期載荷試験の概要

長期載荷試験装置を写真2に、試験装置の概要を図4に、試験手順を表3に示す。

長期載荷試験の計画にあたっては、変位制御と荷重制御の2種類の方法を検討したが、試験装置の簡易さおよび試験安定性を考慮して本試験では荷重制御による載荷手法とした。

載荷手法について、材質によっては大きな載荷荷重が必要となることから、ばねをナットで締めつけることで所定の弾性力を軸に導入する方式とした。この載荷手法は、塗り床材が伸びることで荷重低下が起こるため、定期的に載荷荷重を確認する必要がある。ひび割れ追従幅に対して十分大きな変位で所定の荷重を与えられるばねを、塗り床材に応じて選定することで、荷重の変化を最小限に抑えた。



写真2 長期載荷試験装置

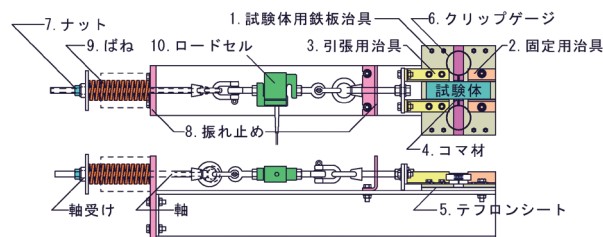


図4 長期載荷試験装置の概要

表3 長期載荷試験の試験手順

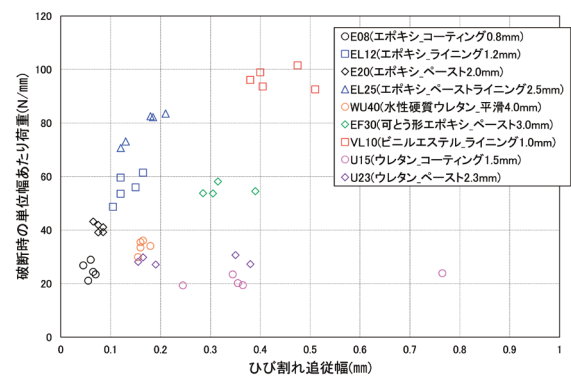
1	「1.試験体用鉄板治具」に試験体を張り付ける。 ※張り付け材：2液混合型エポキシ樹脂系接着剤
2	試験体側面に「2.固定用治具」、「3.引張用治具」を張り付ける。 ※張り付け材：2液混合型エポキシ樹脂系接着剤
3	試験体裏面の切込みをまたがないように、「4.クリップゲージ用のコマ材」を切込みの左右に張り付ける。 ※張り付け材：シアノアクリレート系接着剤
4	試験体裏面の切込みを起点にモルタル板のみひび割れを貫通させる。
5	試験装置と「1.試験体用鉄板治具」の固定前に、引張試験時の摩擦緩和として「5.テフロンシート」を固定する。
6	「1.試験体用鉄板治具」を試験装置に固定する。
7	「6.クリップゲージ」をコマ材に固定する。
8	「7.ナット」と「8.振れ止め」の間に適切なばね定数の「9.ばね」を目標の荷重をもとに選定して取り付ける。
9	「7.ナット」を回すことで「10.ロードセル」で載荷荷重を確認しながら所定荷重まで載荷する。
10	塗り床材の破断まで、所定荷重をかけ続ける。 載荷途中で荷重が低下した場合、「7.ナット」を所定の荷重に到達するまで回して載荷する。

塗り床材破断までの時間が未知であることから、本試験では即時載荷試験結果で得られた最大荷重に対し50%で長期載荷を行った後に、この結果を参考に破断までの載荷期間約7日を目安とし、各材質に応じて最大荷重の20~80%の割合で載荷荷重を設定し、長期載荷試験を実施した。

§3. 試験結果

3.1 即時載荷試験

図5に即時試験で得られた最大荷重と、ひび割れ追従幅を示す。



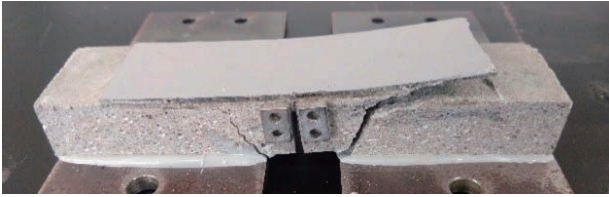


写真3 ビニルエステル系塗り床材の破壊状況

なった。ひび割れ部分に破壊を集中させることができた場合のひび割れ追従幅は、本試験での計測結果よりもさらに大きくなるものと推察されるが、参考のため、また長期載荷試験での載荷荷重の基準とする目的もあり、記録を行った。

(5) 硬質ウレタン系 (U15、U23)

硬質ウレタン系塗り床材は大きなひび割れ追従幅を發揮しており、またひび割れ追従幅のばらつきの大ささに対して破断時応力のばらつきは小さい。即時試験の時間的オーダーであっても、良好なひび割れ追従性を發揮していると考えられる。

硬質ウレタン系塗り床材をはじめとして、即時試験で大きなひび割れ追従幅を發揮した仕様がある一方で、エポキシ樹脂系のように比較的硬質な材料では、広く用いられる材料であるにもかかわらず、コンクリート床下地に実際に生じるひび割れ幅を鑑みて小さなひび割れ追従幅となっており、要因として実際のひび割れの進展速度に比べ試験の載荷速度が速く、本来のひび割れ追従性を再現できていない可能性が考えられる。

3.2 長期載荷試験

即時載荷および長期載荷によるひび割れ追従性試験結果を図6に示す。長期載荷試験結果の横軸は、対数軸で表記した。凡例の末尾の数値は、即時試験の最大荷重に対する荷重割合を示す。

(1) 汎用形エポキシ樹脂系 (E08、EL12、E20、EL25)

ライニングなしのE08とE20は、荷重割合が下がるほど破断までの載荷時間が長くなり、ひび割れ追従幅も大きくなる傾向が確認された。ライニング仕様のEL12およびEL25は、ライニングなしのE08およびE20と比較して、即時載荷のひび割れ追従幅が伸長する結果となったが、長期載荷の荷重割合が高い状態では、即時載荷時よりもひび割れ追従幅がライニングなしと同程度まで低下した。また、荷重割合が低くなるにつれて、ライニングなしと同様にひび割れ追従幅が大きくなる傾向を示した。即時載荷のライニングありのひび割れ追従幅が大きくなるのは、載荷速度が速いことなどの影響が考えられ、実状よりも過大に評価していることも考えられる。特に硬質の塗り床材を評価する場合は、実際の挙動に近い長期載荷による評価が望ましいと思われる。

(2) 水性硬質ウレタン系 (WU40)

WU40は、長期載荷において荷重割合が低くなるほど破断までの載荷期間が長くなる傾向があるものの、ひび割れ追従幅は荷重割合の違いによる差が生じにくいことが確認された。一部の試験体では、破断せずに伸長するものもあった。

(3) 可とう形エポキシ樹脂系 (EF30)

EF30は、即時載荷においても比較的良好的なひび割れ追従幅であったが、長期載荷で荷重割合が低くなる

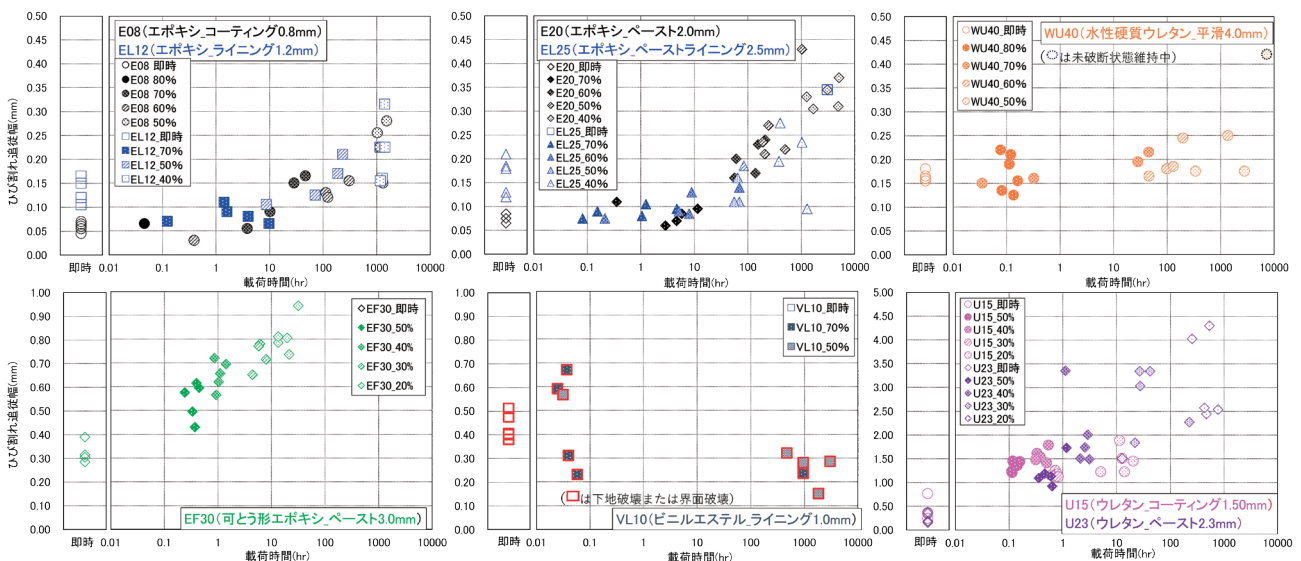


図6 長期載荷試験の結果

ほど、破断までの載荷期間が長くなり、それに伴いひび割れ追従幅が伸長することが確認された。

(4) ビニルエステル系 (VL10)

VL10は、長期載荷においても、下地破壊や界面破壊が顕著に生じ、ひび割れ部の破断が起こりにくかった。

(5) 硬質ウレタン系 (U15、U23)

U15およびU23は、他の材質と比較して非常にひび割れ追従性が高く、長期載荷で荷重割合が小さくなるにつれてひび割れ追従幅がさらに大きくなることが確認された。また、膜厚が大きなU23の方が、荷重割合が低い時のひび割れ追従幅が大きくなる傾向が確認された。

§4. まとめ

様々な塗り床材を対象として、即時載荷および長期載荷によりひび割れ追従性を評価した。

長期載荷によるひび割れ追従試験により、即時載荷よりもひび割れ挙動の実状に即したひび割れ追従性を評価できるものとする。

謝辞

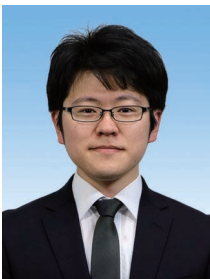
これらは株式会社エービーシー建材研究所との共同研究の成果です。

対象とする塗り床材仕様の選定や結果の解釈など実験の全般にわたってご助言を頂いた他、試験体への塗り床の施工もご担当頂きました。

深く謝意を表します。

ひとこと

今後は大きな試験体や実物件におけるひび割れの発生状況と机上検討結果との比較を通じて予測精度を高め、床の適切な設計・施工に資する知見として、より役立つものになりたい。



伊藤 秀太郎