高分子系張り床材の接着力と床下地表層部の 水分量に関する基礎的検討

BASIC STUDY ON RELATIONSHIP BETWEEN BOND STRENGTH OF RESILIENT FLOOR COVERING AND WATER CONTENT OF SLAB SURFACE

横井 健^{*1}, 藤井 佑太郎^{*2}, 横山 裕^{*3}, 福田 眞太郎^{*4}

*Takeshi YOKOI, Yutaro FUJII, Yutaka YOKOYAMA
and Shintaro FUKUDA*

While drying specimens those were modeled on concrete slabs, floor covering materials were adhered on specimens. Then, water content of slab and bond strength of covering were measured.

Bond strength has decreased by growing of water content. However, at a certain sort of adhesive, bond strength has rather decreased in the very dry specimen. Even though surface water contents were the same, there was a difference in bond strength by internal water contents. Also there was a difference between two kind of physical properties examinations of different force application method.

Keywords: Resilient floor covering, Bond strength, Water content of slab surface, Management index, Drying period, Execution circumstance

高分子系張り床材, 接着力, 床下地表層部の水分量, 管理指標, 乾燥期間, 施工条件

1. はじめに

コンクリート床下地(以降、単に“床下地”と記す)表層部の水分は、床下地に直接塗布、接着する仕上げ材の剥離の原因になることが、経験的に知られている。しかし、水分量と剥離の定量的関係は明確になっておらず、工期圧縮にともない十分な乾燥期間が確保できずに不具合が発生する事例が頻発している。本研究では、剥離防止の観点から床下地表層部の水分量管理指標を提示することを、最終的な目的とする。

高分子系張り床材(以降、単に“張り床材”と記す)は、施工事例が非常に多いため、剥離発生件数も多い。さらには、一般的に剛性が小さくかつ熱膨張率が大きい製品が多いため、剥離時に、めくれ、膨れ、突き上げ、引きずり膨れ(Photo 1 参照)などといった、目立つ不具合となりやすい。

これらの背景から、本報では、水分量管理指標提示に関する研究の基礎的段階として、張り床材を対象に、床下地と張り床材との接着力と床下地表層部の水分量との関係を定量的に検討した。

なお、本報は、日本建築学会2014年度大会(近畿)での発表^{1), 2)}を再構成し、加筆、修正したものである。

2. 目的・範囲

本報では、張り床材の接着力と床下地表層部の水分量に関する基礎的知見を得ることを、目的とした。

仕上げ材は、基礎的段階である本報では、張り床材のみを対象とした。ただし、床下地上に直接塗布、貼付される仕上げ材は、種類や材質が異なっても剛性や熱膨張率などの基本的物性が似通っていれば、同様のメカニズムで剥離すると考えられる。したがって、将

Photo 1 Situation of detachment [剥離の様子]

^{*1} 東海大学工学部建築学科 准教授・博士(工学)

^{*2} 東京工業大学環境・社会理工学院建築学系
修士(工学)

^{*3} 東京工業大学環境・社会理工学院建築学系
教授・工博

^{*4} 東京工業大学環境・社会理工学院建築学系
助教・修士(工学)

Assoc. Prof., Dept. of Architecture and Building Eng., School of Eng., Tokai University, Dr.Eng.
Dept. of Architecture and Building Eng., School of Environment and Society, Tokyo Institute of
Technology, M.Eng.

Prof., Dept. of Architecture and Building Eng., School of Environment and Society, Tokyo
Institute of Technology, Dr.Eng.

Assist. Prof., Dept. of Architecture and Building Eng., School of Environment and Society,
Tokyo Institute of Technology, M.Eng.

来的には、仕上げ材の種類や材質に関わらず共通に適用できる管理指標の提示を目指す。

仕上げ材の剥離には表面強度^{3)~6)}や吸水性^{7), 8)}なども大きく影響するが、水分管理指標の提示を目的とする本研究では、他の要因は考察の範囲外とする。なお、水分量過多による張り床材の剥離の場合、接着剤の硬化不良や硬化しても強度不足のため、接着剤内部での凝集破壊を起こす事例が大多数であり、コンクリート表層部が材料破壊するのは稀である。

接着力の測定方法は、本報では、JIS A 5536(床仕上げ材用接着剤)に規定された『引張接着強さ』と『90度剥離接着強さ』を適用した。これらは、主に引張り荷重が作用する方法である。一方、Photo 1に例示した不具合の発生状況からは、接着剤内のせん断力やねじり荷重も作用して破壊に至った様子が、容易に想像される。これに関し、本報では、水分量により接着力が変化する実態の把握を一義とし、他の荷重作用方式に基づく検討は、実状に即した試験方法の開発も含めて、次報以降で詳細に実施することとした。

3. 既往の研究

床下地の水分による仕上げ材の不具合に関しては、塗り床材の膨れに関する研究が代表的である。中でも、田中、内田らは、コンクリート試験体の表面から10mm以下の部分を30℃の水に浸すことによる膨れの促進試験を提案している⁹⁾。また、湯浅らは、この膨れ促進試験を適用して、膨れの発生しやすいコンクリートの調査や塗り床材の種類の条件を検討する報告を多数行っている¹⁰⁾など。この試験は、コンクリートに水を意図的に供給するため、現場での床下地の水分管理指標には直接適用できないが、剥離メカニズムの一端を明確にした貴重な研究例であり、本研究で大いに参考にしている。

一方、残留しているコンクリート中の水分による不具合を対象とした検討例は、筆者の一部らの先行研究以外には見当たらない。

筆者らは、SL材を対象に、不具合の発生状況と床下地表層部の吸水性、水分量、表面強度との関係を検討している⁵⁾。ここでは、他の要因の影響がなければ、水分量が多くなるにつれひび割れが発生する可能性が高くなり、さらに水分量が多い場合は広範囲に剥離しかえってひび割れが起きないことを示している。

また、病院などで電動ベッドが導入されている部屋には張り床

Fig. 1 Overview of specimen [試験体の概要]

材が施工されている場合が多いが、電動ベッドを昇降させる際の反動で、ロックされたキャスタが床材を強く引きずり、膨れとなる場合がある(Photo 1参照)。筆者らは、キャスタの床材への载荷状況および動きを再現する装置を試作したうえで¹¹⁾、床下地の水分量と張り床材の膨れの関係を示し、引きずり膨れ防止の観点からの管理指標を示した¹²⁾。

本報は、張り床材を対象に接着力と水分量の間関係を検討するものであるが、得られる基礎的知見は、これら具体的な不具合を対象とした先行研究結果の考察としても適用できものと考えている。

4. 研究手順

- 本報での研究手順は、以下のとおりである。
- ① 床下地を模擬した試験体を数体作製し、気中で乾燥させる。
 - ② ①で作製した試験体の水分量を測定し、経日変化を把握する。
 - ③ ②での水分量が所定の値となった段階で、張り床材を施工する。
 - ④ ③で施工した張り床材を所定の期間養生した後、接着力試験を実施する。
 - ⑤ ④で測定した接着力と③で把握した張り床材施工時の水分量との関係を考察する

5. 実験の概要および経過

5.1. 概要

5.1.1 試験体の作製

Fig. 1に、試験体の概要を示す。大きさは、張り床材の接着力試験に支障がないこと、用いる接着剤の種類分すべて施工できること、

Table 1 Summary of concrete [コンクリートの概要]

Binder type [セメント]	Target slump [スランプの呼び値] (cm)	Target compressive strength [呼び強度]	Water-to-binder ratio [水セメント比] (%)	Fine aggregate ratio [細骨材率] (%)	Water quantity [単位水量] (kg/m ³)
N※	18	27	51.5	45.1	184

※ N: Ordinary portland cement [普通ポルトランドセメント]

Table 2 Summary of working technique [施工条件の概要]

Items [項目]	Details [内容]※
Concrete pour [生コン投入]	Pour uniformly by the whole of the form [型枠の全体に均一に投入]
DOKOU Spreading [土工 荒ならし]	Scoop, Hoe [スコップ, ジョレン] No time limit [時間設定せず]
DOKOU Compaction [土工 締固め]	Concrete vibrator [バイブレータ] 29 s (36 s/m ²)
DOMAKOU Screeding [土間工 ならし]	The specially made ruler that can slide on the form as a rail [型枠をレールとしてスライドさせることができる特製定規]
DOMAKOU Screeding [土間工 ならし]	Leveling [レベル調整] Ruler leveling [定規ずり] No time limit [時間設定せず]
DOMAKOU Finishing work [土間工 仕上げ]	Smoothing [むら直し] 29 s (36 s/m ²)×Once [1回] Troweling [押え] Steel trowel [金ごて] 19 s (23 s/m ²)×Twice [2回]
Curing method till covering construction [床材施工までの養生]	Nothing, drying in air naturally [気中養生]

※ The upper line from the dotted line shows usable tools and the lower line shows the working time that can be spent. [点線より上段は使用した道具を、下段は費やす作業時間を表す]

施工時に行うむら直しや押えなどの作業に支障がないことなどに留意し、900×900mmとした。また、厚さは、床下地で一般的な150mmとした。試験体ごとに乾燥期間を変えることで水分量を5段階(5.1.3参照)変化させる目的で、同一のものを5体作製することとした。また、デッキプレート型枠のように、透気性が極めて小さく、かつコンクリート硬化後も脱型されない場合は、水分が長期間保持されることが考えられる。このことから、在来工法で一般的な合板製型枠を模擬した“普通型枠”のほか、接合部をシーリング材でふさぎ底面に塩ビ板を貼付した“デッキ模擬型枠”を用いることとした。

試験体に用いるコンクリートは、Table 1に示すとおり、現場で床下地にごく一般的に用いられる、普通27-18-20Nとした。

試験体施工時の各作業の概要(用いる道具、費やす時間など)を、Table 2に示す。ここで、土間工のならし作業は、水分量への影響が小さいことから、接着力測定を円滑に実施するため表面を平滑にすることを一義に設定した。一方、仕上げ作業は、水分量への影響が大きいことから、現場で一般的なむら直し1回、押え2回とし、時間も実状に即して規定した。また、養生は、気中養生とした。

5.1.2 水分量の測定

水分量の測定は、日本床施工技術研究協議会^{注1)}が規定する、高周波静電容量式水分計(ケット科学社製HI-520^{注2)}、Photo 2 参照)を用いて指示値を得る方法¹³⁾とした。指示値は、表層部から40mm程度の範囲の水分に応じて変化し、大きいほど水分量が多いことを示す。なお、同会が設定した『コンクリート床下地表層部の諸品質の測定方法、グレード』では、指示値に応じてⅠ(CONモード指示値4.0未満)、Ⅱa(4.0～5.0)、Ⅱb(5.0～6.0)、Ⅲ(6.0～8.0)、Ⅳ(8.0以上)の5段階のグレードを設けている。

測定は、表層部に加え底面でも実施することとし、型枠底面には、水分計を接触させるため測定時に取り外せる窓を設けた。

5.1.3 高分子系張り床材の施工

5.1.2で述べた水分計指示値のグレードに応じて、張り床材を施工することとした。具体的には、水分計指示値が9.0、7.0、5.5、4.5、3.5となったタイミングで施工することとした。

張り床材は、塩化ビニル複層タイルおよびシートの代表的なもの1種ずつを、5.1.4に後述する接着力の測定に供する大きさにあらか

Table 3 Types of adhesives and measurement items of bond strength [接着剤の種類と接着強さの測定項目]

Abbreviation [略称]	Type [種類]	Measurement item ^{※1} [測定項目]	Prescribed cure time from covering construction [床材施工からの 規定養生期間] (JIS A 5536)	Measurement result of bond strength ^{※2} [接着力の測定結果]	
				Tensile strength [引張接着強さ] (N/mm ²)	90 degree peel strength [90度剥離接着強さ] (N)
Acrylic [アクリル]	Acrylic resin emulsion [アクリル樹脂系 エマルジョン形]	Tensile strength, [引張接着強さ] 90 degree peel strength [90度剥離接着強さ]	7 days [7日]	0.47	16.5
Urethan [ウレタン]	Urethan resin [ウレタン樹脂系]	Tensile strength, [引張接着強さ] 90 degree peel strength [90度剥離接着強さ]	2 days [2日]	0.63	20.7
Epoxy [エポキシ]	Epoxy resin [エポキシ樹脂系]	Tensile strength, [引張接着強さ] 90 degree peel strength [90度剥離接着強さ]	2 days [2日]	0.75	36.7
Vinyl [ビニル]	Vinyl copolymer resin solvent [ビニル共重合 樹脂系溶剤形]	Tensile strength [引張接着強さ]	2 days [2日]	0.56	—
Gum [ゴム]	Gum latex [ゴム系 ラテックス形]	90 degree peel strength [90度剥離接着強さ]	7 days [7日]	—	22.6

※1 Refer to Table 4 [表4参照]

※2 Results of measurement 28 days after floor covering construction by specimens of wooden form of moisture meter reading 3.5 (Refer to text 6.2.)

[水分計指示値3.5の普通型枠の試験体での床材施工から28日後に測定した結果(本文6.2.参照)]

Photo 2 Concrete moisture meter
[水分計]

Table 4 Summary of measuring method of bond strength [接着力の測定方法の概要]

Measurement item [測定項目]	Measuring method [測定方法]
Tensile strength [引張 接着強さ]	The floor covering which size is 40 × 40 mm is pulled entire surface vertically by Tensile tester by Building Research Institute. The maximum load was measured. Reference to Photo 3. [40×40mmに切断した張り床材を、建研式接着力試験器を用いて全面一斉に垂直方向に引張り、剥離時の単位面積あたりの荷重の最大値を測定。写真3参照]
90 degree peel strength [90度剥離 接着強さ]	The zonal floor covering cut into a width of 25 mm was peeled vertically by 90 degree peel tester. The average load when peeling speed of 200 mm/min and length of 150 mm was measured. Reference to Photo 4 and Fig. 2. [幅25mmの帯状に切断した張り床材の端部を治具でつかみ、めくり上げるように垂直方向に約200mm/分で引張り、長さ150mm剥離する間の平均荷重を測定。写真4および図2参照]

じめ切断して貼付することとした。また、接着剤は、現場で使用例の多い製品から、Table 3 に示す5系の代表的なもの1種ずつを選定した。これらの接着剤は、接着剤中の水分が蒸発するものや、含まれる成分が化学反応するものなど、硬化のメカニズムが種々異なるものであり、接着剤ごとに水分の影響も異なることが予想された。

5.1.4 接着力の測定

JIS A 5536に準じ、引張接着強さおよび90度剥離接着強さを測定することとした。Table 4 に、概要を示す。引張接着強さは、Photo 3 に示す建研式接着力試験器を用いて、剥離時の最大荷重を測定することとした。一方、90度剥離接着強さは、JISでは、張り床材を厚さ5～8mmのフレキシブル板に接着のうえ、2本のローラをまたぐように上下反転させて設置し、ローラ間から床材端部をつかんで鉛直に引き下げることで、角度を制御している。しかし、本報では床下地を模擬した試験体を用いること、将来的には実際の現場で測定を実施する可能性があることから、Fig. 2 に示す装置を自作のうえで測定を行った。本装置では、厳密には角度が剥離の進行とともに変化するが、十分な長さのワイヤ(約2m)を用いているため、角度変化の影響は小さいと考えられる。また、ジャッキを手動操作すること

Photo 3 Tensile tester by Building Research Institute
[建研式接着力試験器]

Fig.2 Summary of method for measurement of 90 degree peel strength [90度剥離接着強さの測定方法の概要]

Fig.3 Change with time in moisture meter reading of slab surface and bottom [床下地の表層部と底面の水分量の経時変化]

やワイヤの振動の影響も、荷重-時間曲線には多少認められる。しかし、予備実験を繰り返した結果、接着剤を引き剥がす荷重と比較して十分に小さく、荷重が安定している部分の平均値を算出することにより影響を無視できると見なした。

いずれの接着強さの測定も、Table 3 に示した接着剤の種類ごとのJISに規定された養生期間経過後に加え、床材施工から28日養生後に実施した。

5.2. 経過

一連の実験は、すべて気温 $21 \pm 1^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $55 \pm 5\%$ の実験室内で実施した。試験体の作製時には、プラントより購入したフレッシュコンクリートを用いた。こてを用いた作業は、熟練上面仕上げ作業担当者の指導を受けた者1名が行った。なお、デッキ模擬型枠では、普通型枠と比較して、ブリーディング水が引く時間が遅くなり、むら直し後に押えを開始できる時間も延びる傾向にあった。

水分量の測定は、初期は3時間ごとに実施したが、急激には変化しなくなった打設後10日以降は、表層部は8時間ごと、底面は1日に1回実施した。なお、普通型枠の試験体は、打設後28日で底面のみ脱型した。

張り床材の施工時には、Fig. 1 に示すとおり、試験体上を接着剤の種類ごとに養生テープであらかじめ区切った。この塗布範囲に、接着剤を200mm程度の間隔で盛り、くし目ごてを用いて直線的に均等に引き伸ばした。接着剤に規定されたオープンタイムをおいた後、張り床材を配置し、タイルは重錘で、シートはハンドローラで、それぞれ圧着した。なお、5.1.2で述べた水分計指示値に達するまでに要した日数は、普通型枠では打設後3, 5, 9, 29, 98日、デッキ模擬型枠では4, 7, 12, 30, 107日であった。

接着力の測定は、5回ずつ実施し、異常値を除いた平均値を求めた。非常に強い接着力を示した試験体では、シートが引張り破壊さ

れる場合もあったが、基本的には接着剤、床下地表層部またはその界面が破壊された場合の荷重を採用し、考察に用いた。

6. 結果および考察

6.1. 水分量の経時変化について

Fig. 3 に、水分計指示値の経日変化を示す。図は、それぞれ5体の試験体の平均値である。図より、普通型枠の表層部の水分量は、初期に急速に乾燥が進んだが、4日経過後からは乾燥速度が小さく

なり、その後水分が漸減していることがうかがえる。デッキ模擬型枠も同様であるが、初期の乾燥速度は普通型枠より若干小さく、乾燥速度の変化がみられたのも10日程度であった。なお、両者の値の差は、打設後28日程度で0.3以下となった。

一方、底面の水分量は、初期は長らく水分過多により測定範囲を逸脱していたが、打設後28日程度経過すると指示値12以下まで低下した。特に、普通型枠は、打設後28日で底面を脱型し気中養生としたので、以降の乾燥速度はデッキ模擬型枠に比べ大きくなっている。

なお、表層部と比較して底面の乾燥速度が小さいのは、型枠でドライアウトが防がれ水と和が十分に進行しており細孔構造が緻密になったことに加え、重力によりコンクリート内部の水分が底面近くに移動したためと考えられる。また、表層部と底面の水分計指示値の差は、コンクリート内部の水分分布の不均一を意味するが、普通型枠と比較してデッキ模擬型枠では内部に多くの水分が残留していることが、明確にうかがえる。

6.2. 接着力と水分量の関係について

6.2.1 引張接着強さ

Fig. 4 に、引張接着強さと水分計指示値の関係を、接着剤ごとに示す。左列は、JIS規定の養生期間後に測定した接着強さを、右列は28日養生後に測定した接着強さを表す。なお、接着強さは、水分計指示値3.5(グレードⅠ)の普通型枠の試験体を用いて床材施工から28日養生後に測定した結果を1とした場合の比で示している。

図より、エポキシのJIS規定養生期間では、水分計指示値の大きい試験体で接着強さが低下する様子がうかがえるが、そのほかはいずれの接着剤と養生期間でも、接着強さと水分計指示値に明確な関係はみられない。

ここで、接着のメカニズムは、分子間力に起因する吸着とアンカー効果とに大別される¹⁴⁾。このとき、床下地の水分は、接着剤と床下地の界面に

Fig. 4 Relationship between tensile bond strength and moisture meter reading [引張接着強さと水分計指示値の関係]

Fig. 5 Example for Difference of tensile strength by cure time [異なる床材施工後の養生期間での引張接着強さの関係の例]

介在することにより分子間力に起因する吸着に大きく影響し、一方アンカー効果には大きくは影響しないと想定できる。引張接着強さでは、全面を一斉に引張ることからアンカー効果が十分に発揮され、結果として水分の影響があまりみられなかったものと推察される。

ただし、エポキシは、硬化剤の主成分をアミンとする2液式のものが一般的であるが、主剤はアミン以外に水をはじめとする様々な分子と反応する¹⁵⁾。このため、硬化後は水と不活性であり一般的に『水に強い』とされているが、硬化中に湿気を受けると所期の反応ができない。すなわち、水分量の多い床下地では、JIS規定の養生期間内に十分硬化できず、アンカーとして作用する部分の接着剤自体の強度不足となったものと思われる。Fig. 5 に、異なる床材施工後の養生期間での接着強さの関係を、エポキシを例に示す。図より、28日養生後に比べて、JIS規定養生期間後の接着強さが小さくなっており、特に水分計指示値9.0(グレードIV)は著しく小さいことがわかる。一方、水溶性のアクリルでも、床下地の水分により硬化遅延や再乳化などが起こると想像されるが、JIS規定の養生期間内に十分硬化できたものと考えられる。

なお、いずれの結果でも、同じ指示値では普通型枠よりデッキ模擬型枠の接着強さが小さくなる傾向がうかがえた。これは、コンクリート内部に残留している水分の影響と考えられる。

6.2.2 90度剥離接着強さ

Fig. 6 に、90度剥離接着強さと水分計指示値の関係を示す。図の構成は、Fig. 4 と同様である。

図より、いずれの接着剤と養生期間でも、水分計指示値の大きい試験体では接着強さが低下する関係がみられる。この原因としては、端部をめくり上げるように少しずつ剥離させていく場合、アンカー効果の影響を小さく抑えることができ、分子間力に起因する吸着に水分が直接影響したものと推察される。また、下地の水分が界面の接着剤の硬化不良を引き起こし強度不足になったことも、相乗的に作用していると考えられる。

なお、引張接着強さの結果と同様、同じ水分計指示値では普通型枠よりデッキ模擬型枠の接着強さが小さくなる傾向がうかがえた。

また、ゴムは、乾燥が進んでいる水分計指示値3.5(グレードI)の試験体よりも、水分の多い試験体の方が、接着強さ大きくなる場合が多かった。通常ゴムは、接着強さの測定時に接着剤が数十mmまで弾性的に伸び強く粘着する様子がみられるが、指示値3.5の試験体では粘着せず数mm伸びたところで脆くちぎれた。この原因として、床下地の水分が著しく少ない試験体ではラテックス中の水分が床下

Fig.6 Relationship between 90 degree peel strength and moisture meter reading
[90度剥離接着強さと水分計指示値の関係]

地に吸収されて貼り合わせ可能時間が極端に短くなり、規定のオーブンタイムを守った結果所定の粘着力が発揮できなかったことなどが考えられる。この結果は、床下地の水分量は少ないほど良いとは限らず、用いる接着剤によっては最適範囲が存在する場合があることを、示唆するものである。

7. おわりに

本報では、床下地を模擬した試験体を乾燥させつつ、所定の水分

量となった段階で張り床材を施工し、接着強さを測定した。本報の結論は以下のとおりである。

- ① 床下地の水分量は、打設後7日前後までは急激に低下するが、その後はゆっくり減少する。また、同一のコンクリートであっても、型枠の透気性などが原因で、乾燥にともなう水分量変化には差が生じる。表層部と底面でも水分量は大きく異なり、内部の水分分布は不均一となっている。
- ② 多くの接着剤で、水分量が大きくなるほど接着力が低下する傾向が、明確にみられた。すなわち、剥離を防止するためには、床下地の乾燥期間を長く取るのが非常に有効であるといえる。ただし、接着剤によっては、非常に乾燥している試験体でかえって接着力が低下する場合もあり、水分量の最適値が存在する。
- ③ 表層部の水分量が同程度でも、コンクリート内部の水分量が多い試験体では、少ない試験体と比較して接着強さが小さくなる。
- ④ 張り床材の全面を一斉に引張る引張接着強さ試験と、張り床材端部をめくるように引張る90度剥離接着強さ試験では、荷重の作用の仕方の違いから、接着強さの評価が大きく異なった。

以上であるが、③は、本報で用いた水分計指示値を張り床材施工直前に測定するだけでは、水分量管理指標として不十分である可能性を示唆するものである。今後は、水分計指示値の変化速度や、他の水分量測定方法との併用を、検討する予定である。

また、④は、実状に即した接着強さの評価方法を設定するためには、Photo 1 に例示した実際の剥離発生時に張り床材にかかる荷重作用方式を分析し、それらを反映させた試験方法を開発する必要があることを示唆するものである。

謝辞

本研究の着想から手法の立案、結果の考察に至るまで、有益な御助言を多数いただいた張り床材メーカーの関係各位に厚く御礼申し上げます。また梶浦茂男第1部会長、小林 諱第3部会長をはじめとする日本床施工技術研究協議会各位に、深く感謝いたします。なお、実験の一部は、田中成和君(当時 東海大学卒論生)が担当しました。

注

- 注1) 日本床施工技術研究協議会(会長：小俣一夫)：床施工に関する技術を調査、研究することを目的に1994年に設立された任意団体で、主たる床関係工業会が法人会員、床関係技術者、研究者が個人会員の2017年9月現在会員数46の協議会である。
- 注2) 現行はHI-520-2。ただし、旧型(HI-520)と現行とで同等の測定値が得られることは、確認済み¹³⁾である。

参考文献

- 1) Takeshi Yokoi, Yutaro Fujii, Yutaka Yokoyama, Yushiro Yasuda: Relationship between adhesive strength of resilient floor covering and water content of slab concrete, Part 1 Outline and progress of adhesive strength test by slab specimens with different amount of water content, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, Materials and construction, pp. 879-880, 2014. 9
横井 健, 藤井佑太郎, 横山 裕, 安田雄志郎: 高分子系張り床材の接着力と床下地の水分量の関係, その1 水分量が異なる床下地試験体での接着力試験の概要および経過, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, pp. 879-880, 2014. 9
- 2) Takeshi Yokoi, Yutaro Fujii, Yutaka Yokoyama, Yushiro Yasuda: Relation between adhesive strength of resilient floor covering and water content of slab concrete, Part 2 Result and consideration of adhesive strength test by slab specimens with different amount of water content, Summaries of Technical

Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, Materials and construction, pp. 881-882, 2014. 9

- 横井 健, 藤井佑太郎, 横山 裕, 安田雄志郎: 高分子系張り床材の接着力と床下地の水分量の関係, その2 水分量が異なる床下地試験体での接着力試験の結果および考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, pp. 881-882, 2014. 9
- 3) Yutaka Yokoyama, Takeshi Yokoi, Doo-Ho Kim, Hitoshi Matsushita, Kou Tomita, Satoshi Ogawa: Providing index indicating relation between adhesion of resin coating material and strength of floor groundwork surface, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, A-1, pp. 1057-1058, 2006. 9
横山 裕, 横井 健, 金 兜鎬, 松下仁士, 富田 洸, 小川 慧: 塗り床の付着性とコンクリート床下地の表面強度の関係を表す指標の例示, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 1057-1058, 2006. 9
 - 4) Hidenori Ono, Yutaka Yokoyama, Masanori Komatsu, Takeshi Yokoi: Presentation of quality index on surface layer of concrete groundwork from viewpoint of adhesive property of free-access floor, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, A-1, pp. 1057-1058, 2006. 9
小野英哲, 横山 裕, 小松真徳, 横井 健: フリーアクセスフロア支持脚の接着性からみたコンクリート床下地表層部品質に関する指標の提示, 日本建築学会大会学術講演梗概集, A-1, pp. 1059-1060, 2006. 9
 - 5) Yutaka Yokoyama, Doo-Ho Kim, Takeshi Yokoi, Soo-Kyung Choi: Outline of defect prediction method for self leveling material, Evaluation method about surface layer quality of concrete floor groundwork corresponding to defect in self-leveling material (Part 3), Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ), No.616, pp. 17 - 24, 2007.6
横山裕, 金 兜鎬, 横井 健, 崔 寿昊: SL材の不具合の予測方法の枠組みの提示, SL材のひび割れからみたコンクリート床下地の表層部品質の評価方法 その3, 日本建築学会構造系論文集, 第616号, pp. 17-24, 2007. 6
 - 6) Yutaka Yokoyama, Hitoshi Matsushita, Takeshi Yokoi: Experimental investigation about slab surface strength and durability of resin floor coatings against rolling-load and thermal-shock, Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ), Vol. 75, No. 647, pp. 41-47, 2010. 1
横山 裕, 松下仁士, 横井 健: 塗り床のキャスター走行および熱衝撃に対する耐久性とコンクリート床下地の表面強度に関する実験的研究, 日本建築学会構造系論文集, 第75巻, 第647号, pp. 41-47, 2010. 1
 - 7) Takeshi Yokoi, Junichi Ihara, Yutaka Yokoyama: Evaluation method of slab surface quality for self-leveling underlayment, Part 8 Spreading amount of primer corresponding to absorption of slab, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, Materials and construction, pp. 1067-1068, 2013. 8
横井 健, 伊原純一, 横山 裕: SL材施工の適否の観点からみた床下地の表層部品質の評価方法, その8 床下地表層部の吸水性とプライマの塗布量および不具合の関係, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, pp. 1067-1068, 2013. 8
 - 8) Takeshi Yokoi, Junichi Ihara, Yutaka Yokoyama: Fundamental consideration of influence of slab absorption on finishing materials adhered to slab directory, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, Materials and construction, pp. 875-876, 2014. 9
横井 健, 伊原純一, 横山 裕: コンクリート床下地表層部の吸水性が接着を要する各種仕上げ材におよぼす影響の基礎的考察, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, pp. 875-876, 2014. 9
 - 9) Osamu Ohmori, Kyoji Tanaka, Masahiro Uchida: Study on blister of epoxy coating floor constructed on concrete slab (author translation), Proceeding of the 65th architectural research meetings (Structural and construction engineering), Kanto Chapter, AIJ, pp. 169-172, 1995. 3
大森修, 田中享二, 内田昌宏: 下地コンクリートに施したエポキシ樹脂系塗り床のふくれに関する研究, 日本建築学会関東支部第65回研究報告集<構造系>, pp. 169-172, 1995. 3
 - 10) Noboru Yuasa, Masahiro Uchida, Takashi Sasaki, Isamu Matsui: Study on resistance of floor coatings for blister Part 1, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, Materials and Construction, pp. 299-300, 2008. 9
湯浅昇, 内田昌宏, 佐々木隆, 松井勇: 各種塗り床材のふくれ抵抗性に

- 関する検討 その1, 日本建築学会大会学術講演梗概集, 材料施工, pp. 299-300, 2008. 9
- 11) Yoshiaki Takemoto, Tomonori Sugiura, Hiroki Takahashi, Yutaka Yokoyama: Development and verification of appropriateness of measurement equipment, Evaluation method of covering floor about dynamic dragging load capacity by electric bed Part 1, Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ), Vol. 80, No. 709, pp. 369-377, 2015. 3
横山裕, 杉浦友則, 竹本喜昭, 高橋宏樹: 試験装置の設計, 試作および妥当性の検討, 電動ベッドによる引きずり荷重に対する張り床の耐動荷重性の評価方法 その1, 日本建築学会構造系論文集, 第80巻, 第709号, pp. 369-377, 2015. 3
- 12) Yutaka Yokoyama, Hirotaka Fujii, Takeshi Yokoi, Shintaro Fukuda, Yutaro Fujii, Yoshiaki Takemoto: Effect of moisture content of concrete substrate on wrinkling of covering floor by dragging load, Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ), Vol. 81, No. 724, pp. 929-935, 2016. 6
横山 裕, 藤井宏孝, 横井 健, 福田眞太郎, 藤井佑太郎, 竹本喜昭: コンクリート床下地の水分量が引きずり荷重による張り床のふくれにおよぼす影響, 日本建築学会構造系論文集, 第81巻, 第724号, pp. 929-935, 2016. 6
- 13) Japan Research Conference of Floor Construction Technology: Method for measurement of the quality of the concrete slab surface, grade (Ver. 3), 2014. 11
日本床施工技術研究協議会: コンクリート床下地表層部の諸品質の測定方法, グレード(第3版), 2014. 11
- 14) Masahiro Uchida, Kyoji Tanaka: Evaluation of adhesive strength between epoxy resin floor coatings and cement mortar substrate, Unified evaluation of specific adhesion and mechanical adhesion, Journal of Structural and Construction Engineering (Transactions of AIJ), No. 540, pp. 19-25, 2001. 2
内田昌宏, 田中享二: エポキシ樹脂塗り床と下地セメントモルタルとの付着強さの評価, 吸着的付着力と機械的付着力の統一的評価, 日本建築学会構造系論文集, 第540号, pp. 19-25, 2001. 2
- 15) Hiroshi Kakiuchi: Shin epoxy-Jushi, Shokodo, pp. 18-28, 1985. 5
垣内 弘 編著: 新エポキシ樹脂, 昭晃堂, pp. 18-28, 1985. 5

BASIC STUDY ON RELATIONSHIP BETWEEN BOND STRENGTH OF RESILIENT FLOOR COVERING AND WATER CONTENT OF SLAB SURFACE

*Takeshi YOKOI^{*1}, Yutaro FUJII^{*2}, Yutaka YOKOYAMA^{*3}
and Shintaro FUKUDA^{*4}*

^{*1} Assoc. Prof., Dept. of Architecture and Building Eng., School of Eng., Tokai University, Dr.Eng.

^{*2} Dept. of Architecture and Building Eng., School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, M.Eng.

^{*3} Prof., Dept. of Architecture and Building Eng., School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, Dr.Eng.

^{*4} Assist. Prof., Dept. of Architecture and Building Eng., School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, M.Eng.

Finishing materials which are bonded to wet slabs peel off at a high probability (reference to **Photo 1**). We are researching to propose the moisture management index of slab surface. In this paper, targeting at resilient floor coverings as a basic stage, the relation among bond strength and water content of slab surface was quantitatively examined. While drying specimens those were modeled on concrete slabs, floor covering materials were adhered on specimens (reference to **Fig. 1**). Then, water content of slab and bond strength of covering were measured.

Concrete was very generally used one on construction sites, 27 N/mm² in compressive strength and 18 cm in slump value (reference to **Table 1**). Surface finishing work was typical condition of construction sites, once of wood trowel and twice of steel trowel. Special curing was not done, and specimens were dried in the air naturally (reference to **Table 2**).

Water content was measured using a high-frequency capacitance moisture meter (reference to **Photo 2**). Floor coverings were adhered according to timing that the moisture meter reading becomes 9.0, 7.0, 5.5, 4.5 or 3.5.

Two kinds of floor coverings were used, a vinyl chloride tile and a vinyl chloride sheet. Bond strength is grasped by 'tensile strength' (reference to **Photo 3**) and '90 degrees peel strength' regulated JIS A 5536 (Adhesives for resilient, textile and laminate floor coverings). The original method of 90 degrees peel strength could not apply to an actual slab, therefore we made ourselves the device that was able to be measured equal bond strength at them (reference to **Fig. 2**).

Finally, bond strength of coverings and water content of slabs were compared (reference to **Fig. 4** and **6**). Bond strength has decreased by growing of water content. However, at a certain sort of adhesive, bond strength has rather decreased in the very dry specimen. This result suggests the possibility that each adhesive has an optimal value in water content of slab.

It is also turned out that, even though surface water contents were the same, there was a difference in bond strength by internal water contents. Also there was a difference between two kind of measurement method. They are very important suggestions.

Moisture meter reading measured immediately before construction of the floor covering is insufficient as the moisture management index. We will have to examine to combine the change speed of the moisture meter reading or some other measurement method of water content with it.

We also should do a deeper examination about the bond strength. To set the adaptable method of evaluating bond strength, several physical properties by different force application method should be selected and be combined appropriately. From **Photo 1**, force besides tension which can be measured by 'tensile strength' or '90 degrees peel strength' are obviously applied to coverings in some situations. We will have to set measurement method of other physical properties, and examine the relation between their physical properties and actual force of detachment situations.

(2017 年 9 月 10 日原稿受理, 2018 年 2 月 6 日採用決定)