張り床材、接着剤および床下地 水分量が張り床の耐動荷重性におよぼす影響

INFLUENCE OF TYPES OF FLOOR COVERING SHEETS AND ADHESIVE AND WATER CONTENT IN CONCRETE SLAB ON FLOOR DURABILITY AGAINST DYNAMIC LOADS

藤井佑太郎 — * 1 林 拓真 — * 2
高山博樹 — * 2 竹本喜昭 — * 3
福田真太郎 — * 4 横山 裕 — * 5

Yutaro FUJII — * 1 Takuma HAYASHI — * 2
Hiroki TAKAYAMA — * 2 Yoshiaki TAKEMOTO — * 3
Shintaro FUKUDA — * 4 Yutaka YOKOYAMA — * 5

キーワード：
耐動荷重性、ふくれ、床下地の水分量、張り床材、接着剤

Keywords:
Durability of dynamic load, Wrinkling, Water content in concrete slab,
Floor covering sheet, Adhesive

Dynamic loads by various equipment running on actual building floors are causes of flaws of floor surface. In this research, influence of types of floor covering sheets and adhesive and water content in concrete slab on floor durability against the dynamic loads was examined experimentally. As a result, although there is a limited range, combinations of the floor covering sheets and the adhesive and the water content in concrete slab to prevent the flaw were organized according to each characteristic of the dynamic loads by running casters, dragging of caster locked and twist involved with turn of caster.

1. はじめに

コンクリート床下地に高分子系の張り床材を接着剤で張り付けて仕上げる“張り床”は、様々な用途の床に幅広く用いられている。張り床で近年発生例が増加している不具合として、床上で各種機器が稼働した際に作用する動荷重により張り床材にふくれや剥れが発生し、問題となる事例が挙げられる。これらの動荷重の性状は、機器の重量化および高機能化にともない、より増大かつ複雑化する傾向にある。また、自動搬送車などによる動荷重は、同じ場所で繰り返し作用することも特徴として挙げられる。

本報は、医療施設や物流施設、生産施設などにおいて実際に不具合発生が報告されているいくつかの動荷重を対象に、張り床材、接着剤の種類、および張り床材施工時の床下地の水分量が張り床の耐動荷重性におよぼす影響について、実験的に検討した経過、結果を報告するものである。ここで、本報では、張り床材と接着剤に関しては、一般的な方法にしたがって分類したうえで、分類ごとに全体的な傾向を把握することとし、個々の張り床材や接着剤の評価は対象外とする。

張り床の耐動荷重性について体系的に検討した既往の研究例として、床に作用する動荷重の1つである医療施設の電動ベッドによる引きずり荷重を対象に、床下地の水分量と発生するふくれの高さの関係について検討した、横山ら¹⁾が挙げられる。この研究では、水分の影響によるふくれの増大を防ぐための床下地の乾燥度合の目標値を提示している。ただし、対象とした張り床材、接

着剤の種類は限定されている。本報では、対象とする動荷重、および張り床材、接着剤の種類を多様化し、これらの条件ごとに水分の影響について検討する。なお、この他に、張り床材、接着剤や下地補修材の開発や評価を目的として、個々の材料の耐動荷重性を比較、検討した研究例がいくつか報告されている^{例えば2)}ことを付け加える。

2. 研究方法

本報の研究方法を、以下に示す。

- 1) 床スラブを模擬した型枠にコンクリートを打ち込み、所定の方法で上面仕上げ作業および養生を行って、床下地試験体を作製する。
- 2) 1) で作製した試験体の表層部の水分量を適宜測定し、所定の値まで乾燥した段階で張り床材を施工する。
- 3) 張り床材施工後、十分な養生期間を経た後、床に機器稼働時を模擬した動荷重を作用させることができる各種試験機を用いて耐動荷重試験を実施し、ふくれ発生の有無や発生したふくれの高さを測定する。
- 4) 3) の測定結果と、張り床材、接着剤の種類、および張り床材施工時の水分量の関係を検討する。

ここで、3) で実施する耐動荷重試験は、ローリングロード試験、引きずり荷重試験、ひねり荷重試験の3種とした。各試験の概要は、4. で述べる。

¹⁾ 東京工業大学環境・社会理工学院建築学系 研究員・博士（工学）
（〒152-8550 東京都目黒区大岡山2-12-1）

²⁾ 当時、東京工業大学環境・社会理工学院建築学系 修士（工学）

³⁾ 清水建設㈱技術研究所 博士（工学）

⁴⁾ 東京工業大学環境・社会理工学院建築学系 助教・博士（工学）

⁵⁾ 東京工業大学環境・社会理工学院建築学系 教授・工博

¹⁾ Researcher, Dept. of Architecture and Building Eng., School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

²⁾ Dept. of Architecture and Building Eng., School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, M. Eng.

³⁾ Shimizu Corporation, Dr. Eng.

⁴⁾ Assist. Prof., Dept. of Architecture and Building Eng., School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

⁵⁾ Prof., Dept. of Architecture and Building Eng., School of Environment and Society, Tokyo Institute of Technology, Dr. Eng.

3. 試験体の作製

3.1 試験体の概要

図1に、本報で作製した試験体の概要を示す。試験体の大きさは、コンクリート打ち込み後の上面仕上げ作業が無理なく行えること、および耐動荷重試験が実施できることなどを条件に、以下の通りとした。

- ・ローリングロード試験用：300×500mm
- ・引きずり荷重試験用：300×300mm
- ・ひねり荷重試験用：300×300mm

また、コンクリートの厚さは、横山ら¹⁾を参考に、いずれも75mmとした。

3.2 コンクリートの打ち込み

使用するコンクリートは、床スラブに一般的に用いられている、以下の普通コンクリートとした。

- ・呼び強度：36
- ・スランプ：15cm
- ・粗骨材の最大寸法：20mm
- ・混和剤：高性能AE減水剤

また、コンクリート打ち込み後の上面仕上げ作業の方法および養生方法は、以下の通りとした。

- ・上面仕上げ作業の方法：木鏝によるむら直し1回
金鏝による押え2回
- ・養生方法：5日間散水養生後、気中養生

このうち、上面仕上げ作業の方法は、横山ら³⁾が上面仕上げ作業担当者を対象に実施したヒアリング調査結果に基づいて、施工現場における標準的な条件として設定したものである。一方、養生方法は、今後耐動荷重性が要求される床下地の施工では散水養生が一般的になると想定し、JASS5「鉄筋コンクリート工事」⁴⁾を参考に設定したものである。

以上の条件でコンクリートを打ち込み、気温20±2℃、湿度60±10%に管理された実験室にて養生した。

3.3 張り床材の施工

床下地試験体の気中養生開始後、コンクリート表層部の水分量を高周波静電容量式水分計（㈱ケット科学研究所製 HI-520-2）で適宜測定し、指示値が6となった時点、および5となった時点で張り床材を施工した。ここで、指示値6は、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」^{5),6)}に規定されたグレードⅡbとⅢの境界値に、指示値5は、グレードⅡaとⅡbの境界値に該当する。張り床の施工に携わる多くの関係者は、経験上、不具合を発生させないための上限値として、指示値5を挙げている¹⁾。また、前述の横山ら¹⁾が提示した水分の影響によるふくれの増大を防ぐための乾燥度合の目標値も、指示値5である。

表1に、本報で対象とした張り床材を示す。表に示す通り、張り床材はJIS A 5705「ビニル系床材」⁷⁾の分類によるFS(複層ビニル床シート(発泡層なし))4種と、HS(発泡複層ビニル床シート)3種の、計7種とした。張り床材の厚さは、FS4種(No.1～4)とHS1種(No.5)が2.0mm、HS2種(No.6, 7)が2.8mmである。また、対象とした張り床材のメーカーは、複数にわたっている。一方、接着剤は、いずれの張り床材でも、アクリル樹脂系、ウレタン樹脂系、エポキシ樹脂系の3種とした。また、接着剤は、張り床材と同一のメーカーの推奨品を使用した。したがって、同じ樹脂系でも、使用した接着剤はすべての張り床材で同一ではない。

張り床材は、各メーカーの施工要領にしたがい、床下地上に接着剤を櫛目ごてを用いて規定量塗布し、所定のオープンタイム経過後に張り床材を張り付け、専用ローラーで圧着する方法で施工した。張り床材を施工した試験体は、気温23℃の実験室にて28日以上養生した後、4. で述べる耐動荷重性試験を実施した。なお、試験体数は、耐動荷重性試験3種×水分計指示値2種×張り床材7種×接着剤3種＝126体である。

4. 耐動荷重性試験の概要

4.1 ローリングロード試験

ローリングロード試験には、JIS A 1450「フリーアクセスフロア試験方法」⁸⁾に規定されたローリングロード試験機を用いた。図2、写真1に、ローリングロード試験機の概要を示す。本試験機は、機器のキャスターが直進および発進、停止する際の荷重を再現したもので、所定の鉛直荷重を載荷したキャスターを試験体上で直線状に往復させ、ふくれを発生させるものである。試験条件の詳細は、図に示す通りである。本報では、キャスターに載荷する鉛直荷重は、医療施設における大型の配膳車や手術台などを想定し3000Nとし、5000往復終了時点で、キャスターの停止位置端部、および走行位

図は引きずり荷重試験用およびひねり荷重試験用
ローリングロード試験用は300mm×500mm

図1 試験体の概要

写真1 ローリングロード試験機⁸⁾

表1 張り床材の概要

	No. 1	No. 2	No. 3	No. 4	No. 5	No. 6	No. 7
JIS ⁷⁾ による分類	FS ^{※1}				HS ^{※2}		
厚さ	2.0mm	2.0mm	2.0mm	2.0mm	2.0mm	2.8mm	2.8mm
記号	●	▲	▼	■	◆	◆	●

※1 FS：複層ビニル床シート（発泡層なし）

※2 HS：発泡複層ビニル床シート

キャスター載荷荷重：3000N
キャスターの走行速度：10～12m/min、往復範囲：300mm
キャスターの直径：150mm、幅：40mm、硬さ：85HS
ふくれ測定箇所：停止位置端部、走行位置側面

図2 ローリングロード試験機の概要⁸⁾

置側面に発生したふくれの高さを測定した。それぞれの位置で測定したふくれの高さのうちの最大値を、“ふくれ高さ”として求めた。測定は、1 試験体につき 1 回実施した。

4.2 引きずり荷重試験

引きずり荷重試験には、筆者らと建築床特殊性能研究会が開発した引きずり荷重試験機⁹⁾を用いた。図 3、写真 2 に、引きずり荷重試験機の概要を示す。本試験機は、医療用電動ベッドのベッド面昇降時にキャスターがロックされたまま床上で引きずられる際の荷重を再現したもので、可動台上に設置した試験体に所定の鉛直荷重を載荷したキャスターを載せ、可動台を押し出すことでふくれを発生させるものである。試験条件の詳細は、図に示す通りである。本報では、キャスターに載荷する鉛直荷重は、一般的な医療用電動ベッドに患者が乗った状態での一輪あたりの荷重を模擬した 700N とした。また、可動台押し出し後、水平荷重が作用した状態でキャスターを静置する“後置時間”は 1 分とした。この後置時間は、ふくれ高さと後置時間の関係に関する予備的検討の結果、ふくれ高さは後置き開始直後に大きく増大し時間の経過とともに一定の値に収束すること、ふくれ高さの相対的序列は後置時間により大きくは変化し

図 3 引きずり荷重試験機の概要⁹⁾

写真 2 引きずり荷重試験機⁹⁾

ないことが明らかとなったことから、時間的な制約を考慮して設定したものである。後置時間終了後、引きずられたキャスターの停止位置端部に発生したふくれの高さを“ふくれ高さ”として求めた。測定は、1 試験体につき 3 回実施し、その平均値を試験結果とした。

4.3 ひねり荷重試験

ひねり荷重試験には、筆者らと建築床特殊性能研究会が開発したひねり荷重試験機¹⁰⁾を用いた。図 4、写真 3 に、ひねり荷重試験機の概要を示す。本試験機は、キャスターが曲折する際の荷重を再現したもので、回転台上に設置した試験体に所定の鉛直荷重を載荷したキャスターを載せ、回転台を回転往復させることでふくれを発生させるものである。試験条件の詳細は、図に示す通りである。本報では、キャスターを載荷する鉛直荷重は、医療施設における大型の配膳車や手術台などを想定した 3000N と、物流施設、生産施設における自動搬送車などを想定した 5000N の 2 種とし、3000N の場合 10, 20, 30, 50, 70, 100, 150, 200 往復終了時点、5000N の場合 1, 2, 3, 5, 7, 10, 15, 20 往復終了時点で、キャスターの回転位置内側に発生したふくれの高さを“ふくれ高さ”として求めた。測定は、1 試験体につき 1 回実施した。

図 4 ひねり荷重試験機の概要¹⁰⁾

写真 3 ひねり荷重試験機¹⁰⁾

図 5 ローリングロード試験結果

図 6 引きずり荷重試験結果

5. 試験結果および考察

5.1 ローリングロード試験

図5に、ローリングロード試験結果を示す。図の縦軸はふくれ高さ、横軸は張り床材であり、棒グラフの濃淡（黒、灰、白）は接着剤により分類したものである。

図より、張り床材ごとに3種の接着剤でのふくれ高さを比較すると、アクリル樹脂系が最も大きく、続いてウレタン樹脂系が大きく、エポキシ樹脂系が最も小さい傾向が明確に把握できる。特に、アクリル樹脂系とウレタン樹脂系でのふくれ高さの差が大きく、ウレタン樹脂系とエポキシ樹脂系での差は比較的小さい。ただし、張り床材 No.2 のように、アクリル樹脂系でもほとんどふくれが発生していない張り床材も存在する。

また、張り床材施工時の水分計指示値で比較すると、アクリル樹脂系とウレタン樹脂系で、上段に示した指示値6の方が下段に示した指示値5より、ふくれ高さが大きい傾向が把握できる。特に、アクリル樹脂系ではこの傾向が顕著になっており、他の接着剤と比較

して水分の影響を受けやすいことがわかる。

なお、張り床材の種類、すなわち FS と HS の比較からは、明確な傾向はみられない。

以上より、ローリングロードに対する耐動荷重性を確保するためには、エポキシ樹脂系接着剤を使用するか、アクリル樹脂系もしくはウレタン樹脂系接着剤を使用する場合、床下地を水分計指示値5以下まで乾燥させることが重要であること、特に、アクリル樹脂系接着剤では、指示値5以上ではふくれが発生する可能性が高いことが、明らかとなった。

5.2 引きずり荷重試験

図6に、引きずり荷重試験結果を示す。結果の表示方法は、図5と同一である。

図より、ふくれ高さは、いずれの水分計指示値でも、張り床材の種類が HS、接着剤がアクリル樹脂系の組み合わせで、大きくなっていることがわかる。また、張り床材 No.7 では、ウレタン樹脂系でも、ふくれ高さが大きくなっている。これらの試験体では、張り床材を構成する複数の層のうち、発泡層のふくれもしくは破壊がみられた。さらに、全体的傾向として、いずれの接着剤でも、FS より HS の方がふくれ高さが大きくなる傾向が把握できる。引きずり

図7 ひねり荷重試験結果
(キャストー載荷荷重 3000N,
ふくれ高さと往復回数の関係)

図9 ひねり荷重試験結果
(キャストー載荷荷重 5000N,
ふくれ高さと往復回数の関係)

図11 ひねり荷重試験結果
(キャストー載荷荷重 3000N,
ふくれ発生回数)

図8 ひねり荷重試験結果
(キャストー載荷荷重 3000N,
200 往復終了時点でのふくれ高さ)

図10 ひねり荷重試験結果
(キャストー載荷荷重 5000N,
20 往復終了時点でのふくれ高さ)

図12 ひねり荷重試験結果
(キャストー載荷荷重 5000N,
ふくれ発生回数)

荷重試験では、ローリングロード試験と比較して、張り床材の面内方向に作用する荷重が大きく、かつ後置時間を設けているため荷重の作用時間も長い。このため、HSの張り床材では発泡層のふくれや破壊が生じやすく、FSよりふくれ高さが大きくなる傾向が表れたものと思われる。

また、HSでは、ローリングロード試験でみられた水分計指示値によるふくれ高さの差も明確になっていない。これも、上述の通り、荷重が大きくかつ作用時間が長い引きずり荷重試験では、発泡層のふくれや破壊が支配的となるため、水分による張り床材と床下地の接着力低下の影響が相対的に表れにくいことによるものと思われる。なお、1.で述べた横山ら¹⁾の研究では、HSに分類される厚さ2.8mmの張り床材5種をアクリル樹脂系接着剤で床下地に張り付けた試験体を用いて水分の影響を検討し、5種中3種の張り床材で、指示値が5から6になるとふくれ高さが増大することを明らかにしている。ただし、この研究では、本報と異なり後置時間を設けていない。このため、発泡層のふくれや破壊が生じにくく、水分による接着力低下の影響が表れたものと考えられる。

一方、発泡層のないFSでは、水分計指示値6、張り床材No.1, 3のアクリル樹脂系でふくれ高さが比較的大きくなっているが、指示値5では他の張り床材、接着剤と同程度となっている。

以上より、引きずり荷重に対する耐動荷重性を確保するためには、張り床材はFSとし、ウレタン樹脂系もしくはエポキシ樹脂系接着剤を使用するか、アクリル樹脂系接着剤を使用する場合、床下地を水分計指示値5以下まで乾燥させることが重要であることが、明らかとなった。

5.3 ひねり荷重試験

図7～10に、ひねり荷重試験結果を示す。図7はキャストカー載荷重3000Nの場合の200往復までのふくれ高さと往復回数の関係を表し、図8は200往復終了時点でのふくれ高さを表す。また、図9はキャストカー載荷重5000Nの場合の20往復までのふくれ高さと往復回数の関係を表し、図10は20往復終了時点でのふくれ高さを表す。なお、キャストカー載荷重3000Nの場合、図8に×で示す一部の試験体で試験途中で材料破壊が発生した。この場合、破壊が確認された時点の1回前の測定時点におけるふくれ高さを図8に示した。

図8, 10より、いずれの試験条件でも、水分計指示値5の張り床材No.2を除き、アクリル樹脂系でのふくれ高さが非常に大きくなっていることがわかる。これらの試験体でのふくれ高さは、他の2種の耐動荷重試験結果と比較して著しく大きい。これに対し、ウレタン樹脂系およびエポキシ樹脂系では、張り床材No.7を除き、ふくれ高さは大きくはなっていない。すなわち、ひねり荷重試験では、他の耐動荷重試験と比較して、接着剤による差がより顕著に表れている。これは、キャストカーが曲折する動作の特性上、ふくれ発生箇所の一部の上をキャストカーが走行するため、一度ふくれが発生すると、動作の繰り返しとともにふくれ高さが増大してゆくことによるものと思われる。なお、張り床材No.7では、発泡層が大きく変形もしくは破壊しており、これによりふくれ高さが大きくなったことが確認された。

一度ふくれが発生すると、動作の繰り返しとともにふくれ高さが増大してゆく現象は、ふくれ高さの往復回数による変遷を示した図7, 9

からも確認できる。よって、ひねり荷重試験ではふくれが発生する往復回数による評価も重要と考え、試験体ごとにふくれ高さが0.3mmに達するのに要した往復回数を“ふくれ発生回数”として求めた。ここで、0.3mmは、数名の検査員を用いた予備的検討結果に基づき、人間が目視でふくれを認識できるおおよその限界値として設定したものである。結果を、図11, 12に示す。

図より、キャストカー載荷重3000Nの場合も5000Nの場合も、張り床材ごとに3種の接着剤でのふくれ発生回数を比較すると、アクリル樹脂系がウレタン樹脂系およびエポキシ樹脂系と比較して少ない傾向が明確に把握できる。また、FSとHSを比較すると、HSの方がふくれ発生回数が少ない傾向が把握できる。さらに、水分計指示値で比較すると、上段の指示値6の方が下段の指示値5より、ふくれ発生回数が少ない傾向が把握できる。ただし、指示値5でも、アクリル樹脂系ではすべての張り床材で、試験終了前にふくれが発生している。また、HSの張り床材では、ウレタン樹脂系、エポキシ樹脂系でもふくれが発生している場合がある。なお、キャストカー載荷重3000N、指示値5、張り床材No.1のウレタン樹脂系での結果は、これまで述べた傾向から大きく乖離していることから、想定外の何らかの原因でふくれが発生したもののみなし、考察の対象から除外した。

以上より、ひねり荷重に対する耐動荷重性を確保するためには、張り床材はFSとし、ウレタン樹脂系もしくはエポキシ樹脂系接着剤を使用し、床下地を水分計指示値5以下まで乾燥させることが重要であることが、明らかとなった。

6. おわりに

ローリングロード、引きずり荷重、ひねり荷重の3種の動荷重を対象に、張り床材、接着剤の種類、および張り床材施工時の床下地の水分量が張り床の耐動荷重性におよぼす影響について、実験的に検討した本報の結果をまとめると、以下の通りである。

- ・ローリングロードに対する耐動荷重性を確保するためには、エポキシ樹脂系接着剤を使用するか、アクリル樹脂系もしくはウレタン樹脂系接着剤を使用する場合、床下地を水分計指示値5以下まで乾燥させることが重要である。特に、アクリル樹脂系接着剤では、指示値5以上ではふくれが発生する可能性が高い。
- ・引きずり荷重に対する耐動荷重性を確保するためには、張り床材はFSとし、ウレタン樹脂系もしくはエポキシ樹脂系接着剤を使用するか、アクリル樹脂系接着剤を使用する場合、床下地を水分計指示値5以下まで乾燥させることが重要である。
- ・ひねり荷重に対する耐動荷重性を確保するためには、張り床材はFSとし、ウレタン樹脂系もしくはエポキシ樹脂系接着剤を使用し、床下地を水分計指示値5以下まで乾燥させることが重要である。

ただし、以上の結論はあくまでも試験結果の全体的な傾向から導いた一般論であり、個々の張り床材、接着剤ごとにみると、上記の傾向と異なり優れた耐動荷重性を有するものも存在することに、留意が必要である。また、荷重の大きさ、作用時間や繰り返し回数などが本報と大きく異なる場合には、別途耐動荷重性試験を実施する必要があることを付け加える。

謝辞

引きずり荷重試験機およびひねり荷重試験機の開発に御協力いただいた、建築床特殊性能研究会の関係各位に、謝意を表します。

参考文献

- 1) Yutaka Yokoyama, Hirotaka Fujii, Takeshi Yokoi, Shintaro Fukuda, Yutaro Fujii and Yoshiaki Takemoto : Effect of Moisture Content of Concrete Substrate on Wrinkling of Conering Floor by Dragging Load, Journal of Stractural and Construction Engineering (Transactions of AIJ), Vol.81, No.724, pp.929-935, 2016.6 (in Japanese)
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.926-935, 2016.6
- 2) Takuya Mizukami, Kazuo Fukuda and Atsushi Morita : Durability Evaluation of Covering Floor on Rapid-type Floor Repair Mortar, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, pp.867-868, 2019.7 (in Japanese)
水上卓也, 福田一夫, 森田 敦 : 速硬型床補修モルタル下地における張り床仕上の耐久性評価, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.867-868, 2019.7
- 3) Yutaka Yokoyama and Takeshi Yokoi : Concept of Quality Index on Surface Layer of Concrete Ground Work, Journal of Stractural and Construction Engineering (Transactions of AIJ), Vol.69, No.580, pp.15-22, 2004.6 (in Japanese)
横山 裕, 横井 健 : コンクリート床下地の表層部品質に関する指標のあり方, 日本建築学会構造系論文集, 第 69 巻, 第 580 号, pp.15-22, 2004.6
- 4) Architectural Institute of Japan : Japanese Architectural Standard Specification JASS5 Reinforced Concrete Work 2018, 2018.7 (in Japanese)
日本建築学会 : 建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 2018, 2018.7
- 5) Hidenori Ono, Yutaka Yokoyama, Susumu Nagahashi, Shigeo Kajiura, Takeshi Yokoi, Noboru Yuasa, Naoto Hashi and Kazuo Omata :

Proposal of Rapid Measurement and Evaluation Method on Quality of Surface Layer of Concrete Ground Work, AIJ Journal of Technology and Design, Vol.18, pp.11-16, 2003.12 (in Japanese)

- 小野英哲, 横山 裕, 永橋 進, 梶浦茂男, 横井 健, 湯浅 昇, 端 直人, 小俣一夫 : コンクリート床下地表層部の諸品質の簡易測定, 評価方法の提案, 日本建築学会技術報告集, 第 18 号, pp.11-16, 2003.12
- 6) Japan Research Conference of Floor Construction Technology : Measurement and Evaluation Method on Quality of Surface Layer of Concrete Ground Work, 2014.8 (in Japanese)
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, 2003.12 制定, 2014.8 改訂
 - 7) Japanese Industrial Standards Committee : JIS A 5705 : 2016 Polyvinyl Chloride Floorcoverings, 2016.3 (in Japanese)
日本規格協会 : JIS A 5705 : 2016 ビニル系床材, 2016.3 改訂
 - 8) Japanese Industrial Standards Committee : JIS A 1450 : 2015 Test Methods for Raised Access Floor, 2015.7 (in Japanese)
日本規格協会 : JIS A 1450 : 2015 フリーアクセスフロア試験方法, 2015.7 改訂
 - 9) Yutaka Yokoyama, Tomonori Sugiura, Yoshiaki Takemoto and Hiroki Takahashi : 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 Stractural and Construction Engineering (Transactions of AIJ), Vol.80, No.709, pp.369-377, 2015.3 (in Japanese)
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
 - 10) Takuma Hayashi, Yutaro Fujii, Shintaro Fukuda, Takeshi Yokoi and Yutaka Yokoyama : Fundamental Study on Test Method of Wrinkle Durability of Floor Covering, Part 1 Outline of Experiment and Result, Summaries of Technical Papers of Annual Meeting, Architectural Institute of Japan, pp.1055-1056, 2018.9 (in Japanese)
林 拓真, 藤井佑太郎, 福田眞太郎, 横井 健, 横山 裕 : 張り床の耐ふくれ性の試験方法に関する基礎的研究, その 1 実験概要および実験結果, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.1055-1056, 2018.9

[2020 年 5 月 11 日原稿受理 2020 年 7 月 7 日採用決定]