

# 論文 塗床の耐剥離性からみた下地モルタルの健全性の評価に関する研究

坂井映二<sup>\*1</sup>・三上貴正<sup>\*2</sup>・東山純也<sup>\*3</sup>

**要旨:** 床の諸性能に対する下地コンクリートの健全性の影響やその評価に関しては不確かな点が多い。本研究では塗床の剥離を対象とし、下地モルタルの性状が異なる塗床試料にキャスターの走行による負荷を与えた場合の剥離の程度から、下地の健全性を評価することを試み、同時に、下地モルタルの圧縮強度、建研式接着力試験による塗床試料の接着引張強度、皮剥式試験による剥離接着強度を測定し、既存の試験方法による下地の健全性の評価について検討した。その結果、本研究の範囲では、これらの試験方法では下地の健全性を評価できず、新たな試験方法を検討する必要があることを示した。

**キーワード:** 塗床、耐剥離性、下地モルタル、健全性、建研式接着力試験、皮剥式試験

## 1. 序論

床下地コンクリートの状態は、仕上げの良否に影響を及ぼし、床の耐久性に大きく関わっていると考えられ、床仕上げ材の耐剥離性・耐膨れ性に及ぼす下地コンクリートの含水状態や細孔構造の影響[1]、下地コンクリート表層の水和状態[2]に関する研究がなされている。しかし、様々な負荷が作用する下地コンクリートの表面から表層内部の健全性が床の諸性能に及ぼす影響やその評価に関しては未だ不確かな点が多い。本研究では、工場や病院において、機器の走行性や歩行性、美観や衛生上問題となる、キャスター走行などの動的荷重による床仕上げ材の剥離[3]を対象とし、下地モルタルの性状が異なる塗床試料を設定し、キャスターの走行による負荷を模擬的に与えた場合の剥離の程度から、下地モルタルの健全性を評価することを試み、同時に、下地モルタルの圧縮強度、建研式接着力試験による塗床試料の接着引張強度、皮剥式試験[4]による剥離接着強度を測定し、既存の試験方法による下地の健全性の評価について検討する。

## 2. 試料床

試料床は、表1～3に示す条件で35×35×5cmの板状の下地モルタルを作成し、1kg/m<sup>2</sup>相当のエポキシ系塗床材を塗布したものを用いた。下地モルタルは、塗床の耐剥離性からみた健全性に影響すると思われるモルタルの強度、表面の性状、表層内部の性状を表1に示す条件により変化させ、また、表3に示す高温の気中養生により下地の含水率を3%前後に十分小さく制御し、下地の健全性の評価に及ぼす水分の影響を排除した。

表1 下地モルタル

試料名	調合(wt.%) <sup>*1</sup>			塗り 重ね	下地表面処理	
	W/C	S/C	AE剤		打設時	塗床材塗布前
405N	40	50	0	なし	均し	靴ブラシで レイターンス 除去
620N	60	200	0	なし		
405A	40	50	0.1	なし		
605A	60	50	0.1	なし		
630G	60	300	0	なし	均し・	研磨により 脆弱層除去
950G	90	500	0	なし	鍛押さ	
935W	90	350	0	3mm <sup>*2</sup> え		

\*1: AE剤はセメントに対する割合(%)

\*2: 上層3mm下層47mmの2層

表2 使用材料

セメント	普通ポルトランド	打設 ← 2日20°C気中
骨材	2.5mm以下	脱型 ← 8日40°C気中
塗床材	エポキシ系	塗床材塗布 ← 3日20°C気中 測定

表3 試料床の養生条件

\*1 東京工業大学助手 工学部建築学科、修士（工学）（正会員）

\*2 東京工業大学助教授 大学院情報理工学研究科情報環境学専攻、工博（正会員）

\*3 東京工業大学大学院 総合理工学研究科環境物理工学専攻

### 3. 下地モルタルの健全性の評価

#### 3. 1 キャスター負荷型剥離促進装置

##### (1) 概要

塗床の剥離の原因となるキャスターの走行による動的負荷を試料床に作用させるため、図1に示すキャスター負荷型剥離促進装置を設計・試作した。本装置は、回転板にセットした試料床を回転させ、その試料床上面に所定の載荷条件にてキャスターを接触させ、試料床にキャスター走行による動的負荷を連続的に作用させるものである。

##### (2) キャスターの材質・接触条件

キャスターは、床材が剥離を起こす前に摩滅してしまわぬように、検討した内で最も塗床材が摩耗しにくい材質の表4に示すものを使用した。キャスターは、車輪幅の中央が試料床の回転中心から17.5mm離れる位置で試料床上に接触させ、車輪の回転は自由だが、水平方向の首振り回転を拘束して、キャスターの接触軌道円の接線方向に対するキャスターの振れ角を30°に固定した。このことにより、試料床に鉛直方向の圧力だけではなく、水平方向のねじり力も、より効果的に作用させた。

##### (3) キャスターへの載荷条件

キャスターへの載荷は、この原理を用いて表5に示す条件で行った。設定した接地面積および接地圧力は、無人搬送車、医療機器（アイソトープ）などの比較的床への負荷の大きい機器のものに相当する。[3]

##### (4) 試料床の回転条件

試料床は、図2に示すように20rpmで回転させ1分(20回転)毎に回転方向を反転させた。

#### 3. 2 試料床の剥離の判定

##### (1) 判定方法

塗膜の破れ、浮き上がり等の明白な剥離に加え、外見上の変化を伴わない程度の内在的な剥離も劣化とらえるべきと考え、図3に示す9個の判定箇所に高さ1cmから直径1cmの鋼球を落とさせ、各判定箇所ごとに反発音の音感により剥離の有無を判定した。

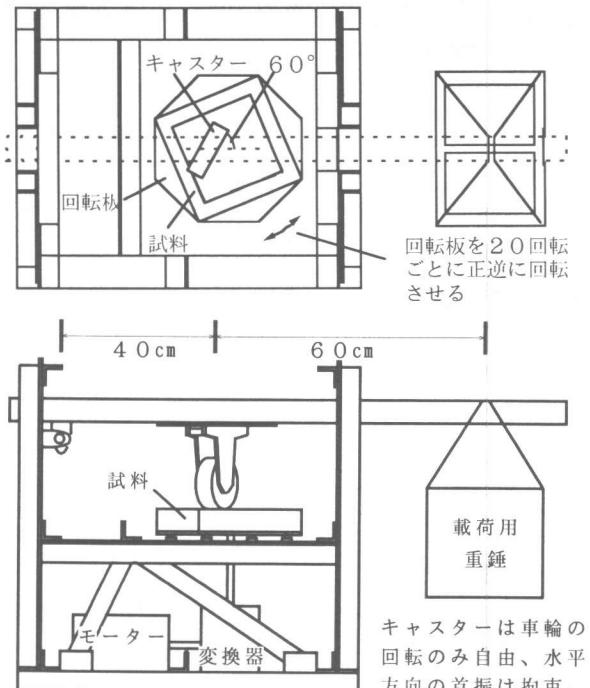


図1 キャスター負荷型回転式剥離促進装置の概要

表4 キャスター 表5 負荷条件

素 材	ナイロン	荷 重 (kgf)	200
直 径 (mm)	125	接 地 面 積 (cm <sup>2</sup> )	1.95
幅 (mm)	38	接 地 圧 (kgf/cm <sup>2</sup> )	103

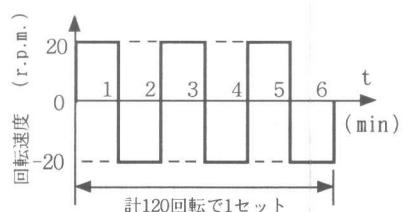


図2 試料床回転板の回転サイクル

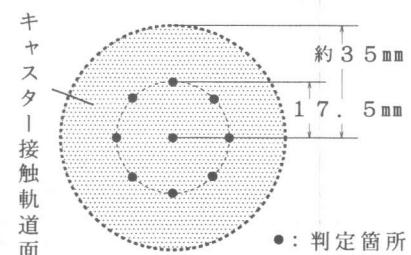


図3 反発音による剥離判定箇所

## (2) 反発音による判定方法の検証

この判定方法の有効性を確認するため、一部の試料床について同時に鋼球の反発音の音圧波形を測定し、また、実際に剥離しているかどうかを試験終了後に試料床を切断して確認した。

剥離にともない音圧波形のピーク値が増大し、初期値に対する比は図4に示すようになり、剥離の有無による違いは明らかである。また、実際に確認した剥離の有無と反発音による判断の対応は、表6に示すとおりであり、反発音による判定方法は十分有効であることが確認できる。

### 3.3 剥離促進試験による試料床の下地モルタルの健全性の評価

#### (1) 剥離促進試験における剥離箇所判定結果

以上の方針により、2.に述べた試料床に剥離促進装置により負荷を作らせ、120回転ごとに1200回転まで剥離箇所の判定を行った。試料床の剥離箇所数の回転数による推移を図5に示す。試料床ごとに剥離箇所数の推移の仕方は異なり、塗床の耐剥離性に及ぼす下地モルタルの影響を確認することができる。

#### (2) 下地モルタルの健全性の評価

図5に示す剥離箇所数の推移をもとに、判定箇所数X、総判定回数N、各回の剥離箇所数x<sub>i</sub>とし、塗床の耐剥離性からみた下地モルタルの健全性レベルを次の式により算出することとした。

$$\text{健全性レベル} = \sum_{i=1}^N \left\{ \frac{(X - x_i) \times 100}{N X} \right\}$$

今回は、X=9、N=10である。

各試料床の下地モルタルの健全性レベルを図6に示す。図5から判断される耐剥離性の序列を良好に表現していることがわかる。

405Nと405A、620Nと605Aの比較から、同じ表面処理を行った下地であってもその健全性は大きく異なる場合があることがわかる。また、モルタルを塗重ね2層とした935Wは最低の健全性レベルを示しているが、試験後に切断し確認したところ、モルタルの上層と下層の界面で剥離しており、下

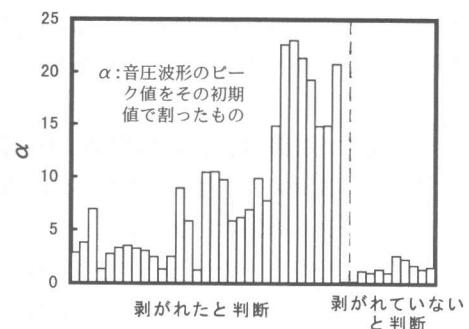


図4 剥離による音圧波形のピーク値の変化

表6 実際の剥離と反発音による判断の対応

実際	剥がれている		剥がれていない	
	31	9	1	8
反発音による判断	剥がれている	剥がれていない	剥がれている	剥がれていない
	30	1	1	8

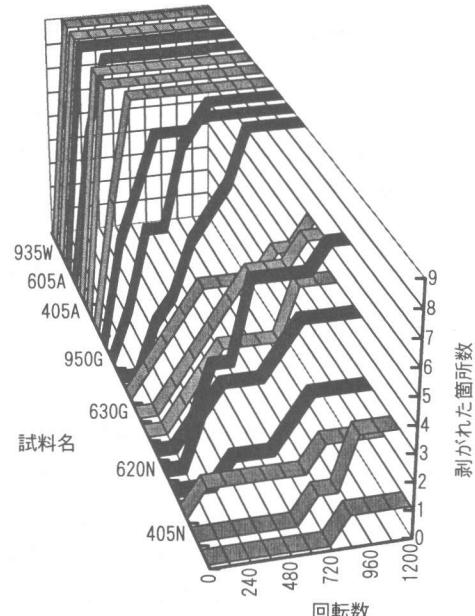


図5 促進装置による剥離箇所数の推移

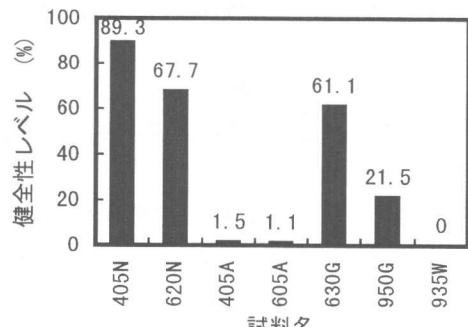


図6 塗床の耐剥離性からみた下地モルタルの健全性レベル

地モルタルの表面だけではなく内部の性状も健全性の評価に影響を及ぼすことがわかる。

#### 4. 既往の試験方法による試料床の各強度

##### 4. 1 試料床の下地モルタルの圧縮強度

下地モルタルの基本的な品質項目として、試料床打設時に分け取った同一パッチのモルタルを、 $\phi 5 \times 10\text{cm}$ の円柱供試体に成形し、試料床と同一条件で養生の後、その圧縮強度を測定した。

図7に試料床の下地モルタルの圧縮強度を示す。A E剤により空気量の多い605Aが620N、630Gに比べ低く、同様に405Aも405Nに比べやや低い。405N、620N、405A、630Gはキャスター接地圧からみて十分な圧縮強度であると思われる。[3]

##### 4. 2 建研式接着力試験器による試料床の接着引張強度

塗床材の接着の度合いおよび下地モルタルの表層の引張強度の代表的試験として、塗床材表面に $44 \times 44\text{mm}$ 、厚 $10\text{mm}$ の鋼片をエポキシ接着剤により接着し、鉄片周辺に下地モルタルに届く深さの溝を切り、建研式接着力試験器を用いて接着引張試験を行った。載荷速度は、約 $10\text{kgf/s}$ とした。なお、試験機の両脚の下に水平方向のスライダーを置き試験時のせん断力の影響を極力排除した。

図8に、試料床の接着引張強度を示す。405N、620N、405Aはいずれも下地モルタルの塗床材との界面のごく薄い脆弱層から剥がれており、圧縮強度が異なるにもかかわらず接着引張強度はほぼ等しいことがわかる。下地モルタルを2層に塗重ねた935Wはモルタルの上層と下層の界面から剥がれており、接着引張強度は低い。605A、630G、950Gはモルタル表層の凝集破壊により剥がれており、これらの序列に圧縮強度が反映しているといえる。

##### 4. 3 皮剥式接着強さ試験機による試料床の剥離接着強度

下地モルタルの表層の引張強度をも反映する建研式接着力試験とは異なり、主に床材の接着界面での接着強さをみる試験として、図9に示す皮剥式接着強さ試験機により、外周に下地に届く深さの溝を切った $3\text{cm} \times 5\text{cm}$ の長方形の範囲の剥離接

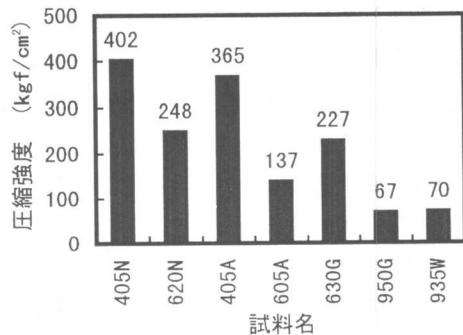


図7 下地モルタルの圧縮強度

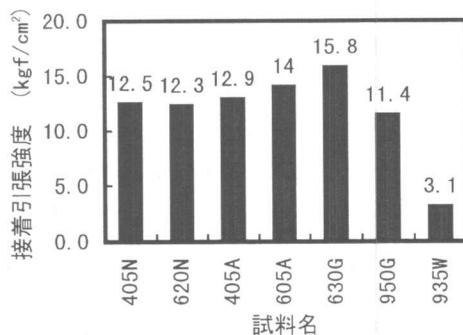


図8 建研式接着力試験による接着引張強度

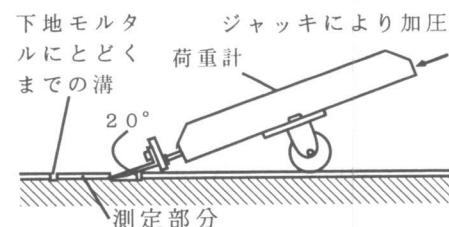
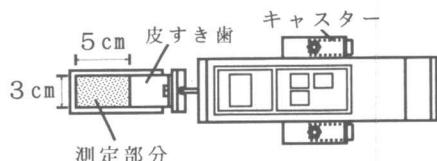


図9 皮剥式接着強さ試験機の概要

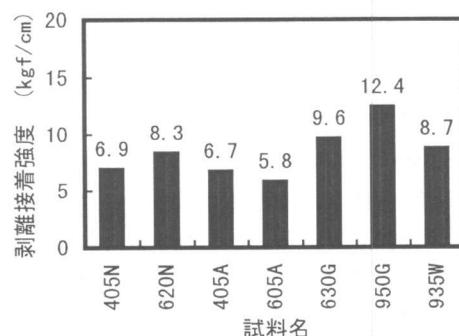


図10 皮剥式試験による剥離接着強度

着力を幅3cmで除した剥離接着強度を測定した。なお、本試験機はロードセル式の荷重計による荷重測定、角度を一定に保つためのキャスターの設置、ジャッキによる安定した加圧、などの点において既往のもの[4]に変更を加えている。

試料床の剥離接着強度を図10に示す。下地の表面処理として靴ブラシでレイタンスを除去しただけの405N、620N、405A、605Aに比べ、研磨により脆弱層をも除去した630G、950G、935Wは剥離接着強度が大きいことがわかる。

## 5. 健全性レベルと各強度との関係

### 5.1 健全性レベルと圧縮強度の関係

図11に健全性レベルと圧縮強度との関係を示す。全体的にみると両者には良好な対応はみられないが、圧縮強度により健全性レベルの上限が決まるであろうことがうかがえる。これは、今回用いたような硬質の樹脂を塗床材とする場合は、キャスターによる力学的負荷のうち圧縮力が相対的に下地面に強く作用するためと考えられる。

のことから、圧縮強度により最大に発揮できる健全性の限界を推定できる可能性がうかがえるが、下地の表面から表層内部の脆弱層の存在により健全性は大きく低下しうることもわかる。従って圧縮強度のみでは、本研究における下地の健全性を評価するには不十分といえる。

### 5.2 健全性レベルと接着引張強度の関係

図12に健全性レベルと建研式接着力試験による接着引張強度の関係を示す。両者には良好な対応はみられない。接着引張強度は下地の表面表層の丈夫さを反映していると考えられるが、キャスター走行による負荷とは異なる負荷による試験であり、下地の性状の影響の度合いが異なるものと考えられる。接着引張強度のみでは、本研究における下地の健全性を評価するには不十分といえる。

### 5.3 健全性レベルと剥離接着強度の関係

図13に健全性レベルと皮剥式試験による剥離接着強度の関係を示す。両者には対応はみられない。3.で明らかとなったように、下地モルタルの表面だけではなく内部の性状も下地モルタルの

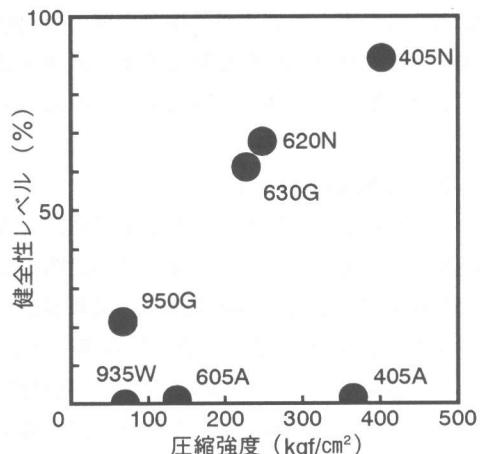


図11 健全性レベルと下地圧縮強度の関係

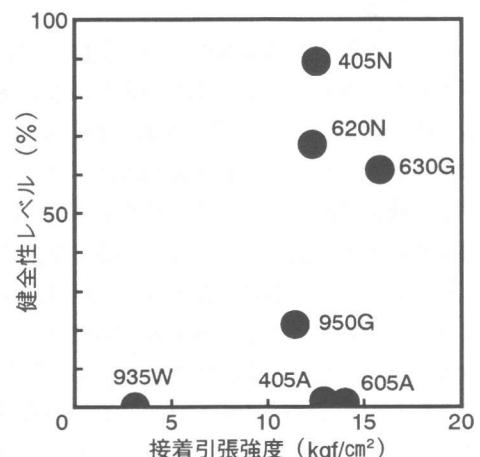


図12 健全性レベルと接着引張強度の関係

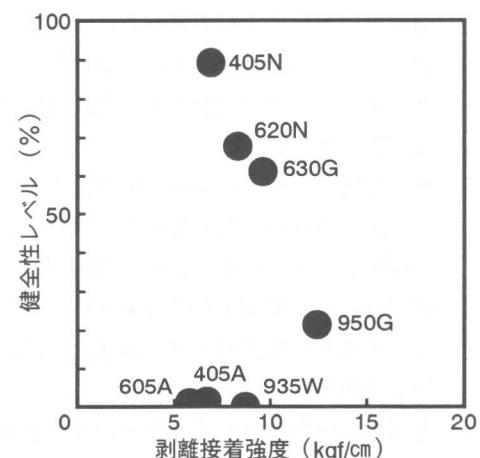


図13 健全性レベルと剥離接着強度の関係

健全性に影響を及ぼすが、接着界面での剥離接着強度では内部の性状を反映できず、本研究における下地の健全性を評価するには不十分といえる。

## 6. 各強度同士の関係

図14～16に圧縮強度、接着引張強度、剥離接着強度相互の関係を示す。いずれの強度間にも対応はみられず、これらの結果から、試験方法・条件が異なれば強度の序列も全く異なること、従つて、ある観点から下地モルタルの性状を把握する際には十二分に試験方法・条件を検討する必要があることがわかる。

## 7. 結論

実際と近似した負荷条件下で、塗床の耐剥離性からみた下地モルタルの健全性を評価し、関連する3種の試験結果との関係を明らかにした結果、以下の結論を得た。1) 塗床の耐剥離性からみた下地の健全性の序列は、仕上材を介して下地に作用する負荷の性状により異なり得る。2) 本研究の範囲では、圧縮強度試験や建研式試験、皮剥式試験それ単独では塗床の耐剥離性からみた下地モルタルの健全性を評価できない。3) 下地の健全性を正しく評価するためには実際の使用状況を十分反映した試験方法を開発する必要がある。

## 参考文献

- [1]湯浅昇ほか：仕上材のはがれに及ぼす下地コンクリートの含水率細孔構造の影響、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.18、No.1、pp.573-578、1996.6
- [2]浅見勉ほか：仕上げを施す床コンクリートの養生条件の検討、日本建築学会大会学術講演梗概集A-1、pp.1389-1390、1995.8
- [3]高岡秀樹：耐動荷重性張り床材の評価、日本大学生産工学部第24回学術講演会、pp.117-120、1994.12
- [4]佐藤宏和ほか：皮剥式仕上材接着強さ試験方法の提案、日本大学生産工学部第27回学術講演会、pp.13-16、1994.12

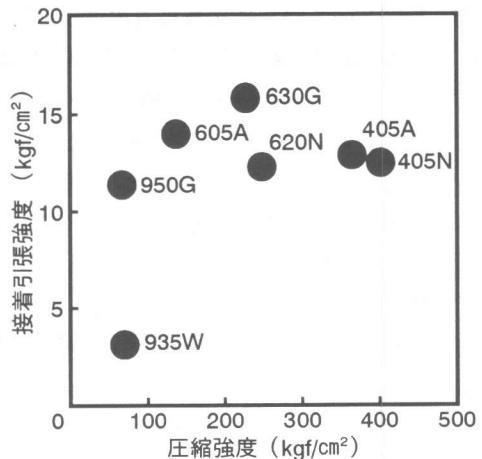


図14 接着引張強度と下地圧縮強度の関係

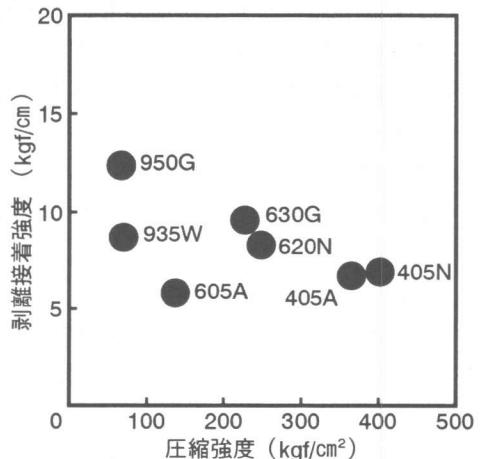


図15 剥離接着強度と下地圧縮強度の関係

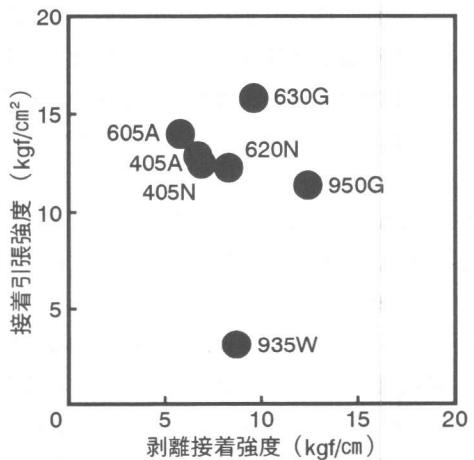


図16 接着引張強度と剥離接着強度の関係