

# [57] コンクリート構造に接着した仕上部材の耐震安全性

正会員 ○ 馬場 明生 (建設省建築研究所)  
伊藤 弘 (建設省建築研究所)

## 1. まえがき

コンクリート系建築物には各種仕上部材が取付けられ、美観、躯体の耐久性・防水性等の性能を向上することに役立っている。これらの部材は主としてコンクリートに接着によって取付けられており、通常における下地としてのコンクリート構造のうごきおよび地震時の水平方向変形によっては落・ひびわれし、安全性はもちろん居住性、耐久性上問題となっている。ここでは実大のコンクリート構造物の壁体に各種の仕上材料を取付けて、静的に水平加力したときの仕上部材の破壊状態に関する実験結果について、特に壁体の層間変位との関連でコンクリート躯体に接着によって取付けられる仕上部材の耐震安全性について報告することを目的としており、さらに仕上部材の躯体への接着強度、仕上厚さ等の仕上部材の諸元の影響についても概括的に述べる。

## 2. 実験の概要

実験では図1、2に示す5層(実際の荷重は11層および8層を想定)のコンクリート構造物の壁体に各種の仕上材料を取付け、地震荷重を想定した水平加力を行い、各荷重レベルにおける仕上材料のひびわれ・はく離状態を計測する方法を採用した。ここでひびわれ・はく離は仕上表面を一定間隔のメッシュに分割し、特製の金物で打診して、その一部がひびわれ・はく離したメッシュの数を求めることによって定量化した。<sup>1)</sup>加力方法、試験体仕上材料・工法の詳細、計測方法および概括的な実験結果については既に報告している。<sup>1) 2)</sup>

仕上材料の破壊状態に対応する躯体の水平変形の尺度としては、各階上下床レベルの水平変位の差から、下階部分の曲げ変形による回転成分を引いた値を階高で除した値を層間変位角として採用した。

仕上材料・工法としては表1に示すように、過去の震害で問題となっている陶磁器質タイル、セメントモルタル

表1 実験の概要

実験名	実験部分の階数	スパン(縮尺)	加力サイクル	仕上材料取付け箇所概要	仕上材料取付け壁面の寸法(cm)	仕上材料・工法
シリーズ1 11階建SRCラメン構造	5	2×2 (1/2)	設計荷重*1回 変位角 1/600 5回 1/300 3回 1/150 0.5回	加力方向の2つの構面にインフィルされた鉄筋コンクリート壁の片面に取付けた。	102.5×180.0	磁器質47モザイクタイル圧着張り、同接着材張り、珪器質小口平タイル積上げ張り、同圧着張り、同型わく先付けれんが積張り、テラゾーブロック張り、セメントモルタル塗り、複層模様吹付材RS(ウレタン系、エポキシ系)
シリーズ2 8階建RC壁式構造	5	3×2 (1/2)	設計荷重*/2 1回 設計荷重*1回 1回 1/600 1回 1/300 3回 1/150 3回 1/60 1回	加力方向の1つの構面内の2つの耐力壁の片面に取付けた。	210.0×180.0	磁器質小口平タイル直張り、同改良圧着張り、珪器質2丁掛けタイル直張り、同改良圧着張り、珪器質小口平タイル直張り、同改良圧着張り、れんが積張り、テラゾーブロック張り、セメントモルタル塗り

\*田施行令に基づく

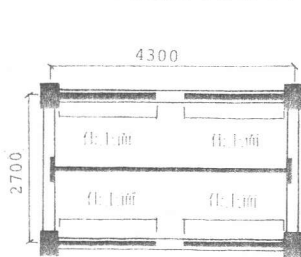


図1 11層SRC試験体平面図

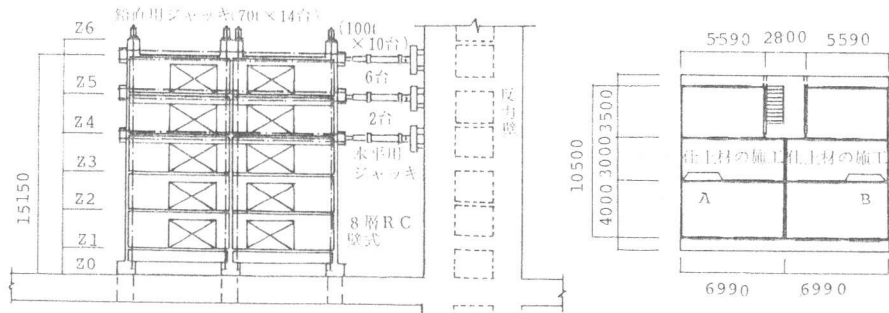


図2 8層RC壁式平面図

ル塗り、さらに比較のために仕上厚さが小さい吹付材、仕上厚さが大きく裏面を金物で躯体に定着する石張り、れんが積張りとした。また、タイルは磁器質および炻器質とし、各種の寸法のもを現行の各種の工法で取付け施工方法の差の影響について確認できるようにした。ここで、躯体に対する接着強度は建研式接着力試験機を用いて確認した。仕上厚さ、接着強度は表2に示した。

### 3. 実験結果

#### 3.1 実験結果の概要

図3、4に示すように躯体および仕上材料の破壊は概括的には下階ほど試験体の水平変形量が増大するほど著しくなった。図3は、頂部の水平変位角で $\frac{1}{600}$ 程度から躯体のひびわれは急速に増大する傾向となり、それに伴って仕上部材はひびわれ・はく離することを示している。しかし、仕上構法を個々にみれば、図4に示すように躯体のひびわれ量と比較して仕上のひびわれ・はく離の量は仕上構法によって大きく異なった。ここで、ひびわれ・はく離の定量的な評価は、仕上部材表面および裏面のコンクリート表面を5cmのメッシュで分割し、ひびわれ・はく離したメッシュの数のメッシュ全数に対する百分率すなわちひびわれ率・はく離率によった。

#### 3.2 層間変位角と仕上材料の破壊状態

仕上部材を取付けた壁体の層間変位角と躯体のひびわれ率、仕上部材のひびわれ率・はく離率との関係の例を図5、6に示した。同図に示すように、取付けた壁の変形量が増大するに従って、躯体のひびわれ率が大きくなり、それに伴って仕上部材のひびわれ・はく離率が大きくなる傾向となった。しかし、層間変位角に対する破壊の程度は仕上部材の構法によって異なり、接着性の良好なものは躯体のひびわれによってもはく離を全く生じず、一方、躯体にひびわれを生じないような小さな変位角においてはく離するものもあり、この傾向は仕上部材のひび割れ率についても同様であった。表2に示すように、コンクリート構造に接着される部材は層間変位角 $\frac{1}{600}$ 以下ではく離するものが多く、 $\frac{1}{200}$ では50%以上はく離するものもあった。陶磁器質タイルと比較すると、接着強度が小さいものほど、同一の水平変形時におけるはく離率が大きく、接着強度が $5\text{ kg/cm}^2$ 程度以下では層間変位角が $\frac{1}{600}$ 以下においても一部はく離を生じるという結果となった。しかし、接着強度の大きい型わく先付けタイルはひびわれを生じることがあっても、殆どはく離を生じなかった。一方、仕上厚さが小さく、剛性の小さい吹付材は接着強度の割に全くはく離を生じなかった。逆に、石・れんがのように仕上厚さが比較的大きく、剛性の大きい仕上部材は、打診により判定できないが、タイルより早期にはく離すると考えられる。すなわち、このような仕上部材は接着によって支持することは不可能であり、躯体と金物によって緊結する必要があると考えられ、この報告では接着部が破壊してもはく離したと評価しなかった。

#### 3.3 仕上部材のひびわれ・はく離傾向

躯体が水平方向に変形したときに発生する仕上部材の破壊は一般にひびわれまたははく離である。ひびわれ率・はく離率と躯体の層間変位角との関係を図9に示すように、仕上材料の破壊のパターンは、ひびわれのみ発生するものからはく離のみ発生するものまで様々であり、それぞれの量の変化も多様である。これは同図に示した仕上部材の接着強度と仕上厚さの他に仕上材料の弾性係数等が影響すると考えられるが、概括的には接着強度が大きいほどはく離傾向が小さく、一方、仕上厚さが大きいほどひびわれ傾向が小さい。図7は仕上厚さ、材質が大きく異なるれんが、石および吹付材を除く仕上部材について躯体の層間変位角 $\frac{1}{600}$ 、 $\frac{1}{400}$ 、 $\frac{1}{200}$ の各段階でのはく離率と接着強度との関係を示した。同図は、接着強度を大きくすることによって、躯体の面内変形に対する追従性が大きく改善されることを示している。同様に図8はひびわれ率と仕上厚さとの関係について示した。実験でははく離がひび割れより先行するときにはひびわれ率が小さくなる傾向があり、ひびわれ率の多少ははく離と独立して検討できないが、一般的には仕上厚さが大きいほどひびわれ率が小さい傾向となった。これは仕上部材に加わる曲げ、せん断力による応力が仕上厚さが大きいほど小さいことによって説明できる。ここで、接着強度が大きい型わく先付けタイルのひびわれ率が躯体との密着性が良好である割合に小さいことは総合性能の秀れた鉄筋コンクリート用仕上構法の開発の方向を暗示しているようである。また、れんが、石張りのような仕上厚さ

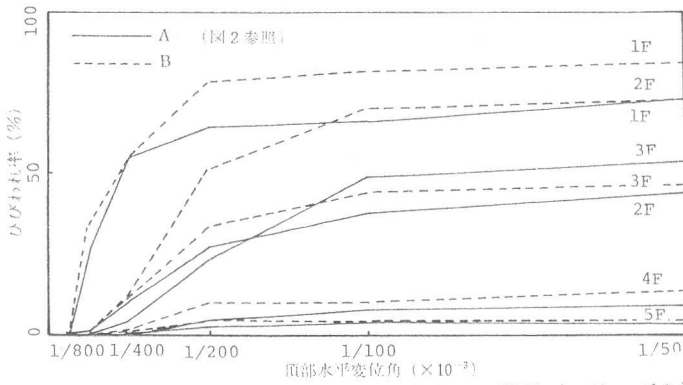


図3 躯体のひびわれ率と頂部水平変位角との関係 (シリーズ2)

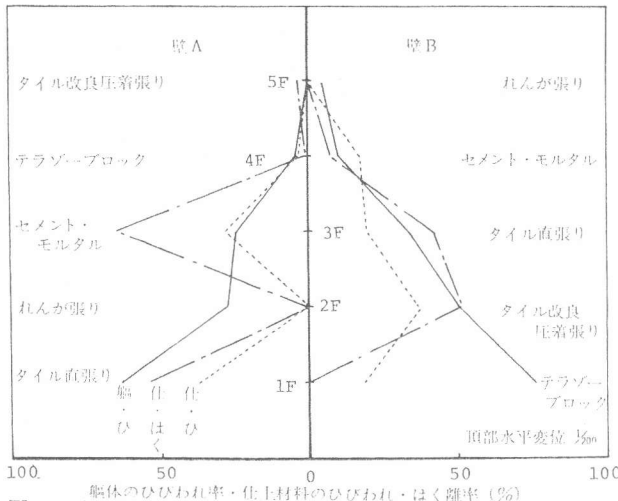


図4 各階における躯体のひびわれ、仕上のひびわれ・はく離分布 (シリーズ2)

表2 層間変位角と仕上材料のひびわれ・はく離との関係

仕上材料・工法	仕上げ 厚さ (cm)	接着強度 (kg/cm <sup>2</sup> )	ひびわれ率 (%)				はく離率 (%)			
			1/800	1/400	1/200	1/100	1/800	1/400	1/200	1/100
シリーズ1	磁器質小口平タイル積上げ	23.2	5.2	16.0	26.8	—	5.6	(18.5)	(38.2)	—
		15.2	7.4	12.8	31.6	—	0	0	8.4	—
		29.8	7.0	12.0	19.2	—	0	1.2	2.3	—
	磁器質47モザイクタイル圧着	2.3	13.3	11.6	22.4	32.0	—	5.2	13.4	23.2
	セメントモルタル	2.0	7.1	9.2	28.0	—	—	1.4	4.8	—
	れんが積張り	9.0	—	0	0	0	—	0	0	0
	複層吹付材RS	エポキシ系	0.1	8.7	11.6	27.8	40.8	—	0	0
	ウレタン系	0.1	5.9	6.8	10.2	32.0	—	0	0	0
シリーズ2	磁器質小口平タイル2丁掛け改良圧着	16.0	0	5.3	26.6	44.9	0	2.5	34.5	50.5
		12.1	4.9	15.1	21.7	38.3	9.9	20.3	27.0	62.8
		16.9	0	0	9.3	26.0	5.2	5.6	12.9	26.8
	磁器質小口平タイル改良圧着	2.4	6.4	0	4.0	32.1	52.8	10.4	29.7	53.7
	直張り	1.4	8.0	7.6	17.8	29.8	37.9	17.4	35.0	54.7
	れんが積張り	12.5	—	0	0	0	0	0	0	0
	セラゾーブロック	5.0	—	14.4	18.4	18.4	18.4	0	0	0
セメントモルタル	2.0	0	1.2	3.2	17.8	43.6	33.8	45.6	56.8	

(注) ( ) は躯体の圧壊によるもので、他の部分と著しく異った破壊状態となったもの。

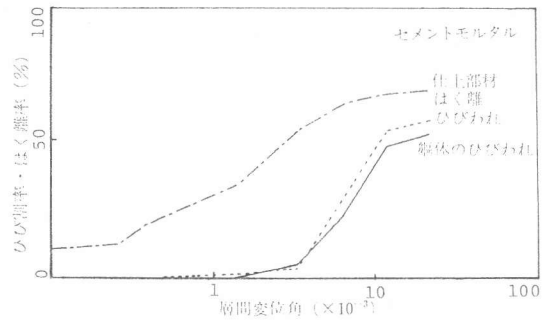


図5 躯体の層間変位角と仕上部材のひびわれ率・はく離率との関係の例1

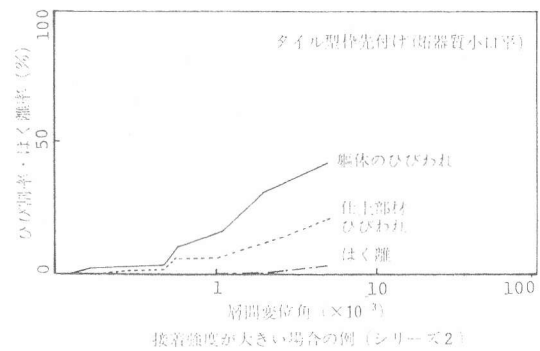


図6 躯体の層間変位角と仕上部材のひびわれ率・はく離率との関係の例2

の大きい仕上構法は金物等によって躯体に対して緊結することによって、ひびわれ・はく離のない仕上構法として評価できる。

また、仕上厚さの小さい吹付材ははく離に関連する人命安全性において良好であり、ひびわれに対してもヤング係数の小さい材質では良好な成績となった。しかし、躯体の変形が著しくなると、この効果は小さくなった。初期の躯体のひびわれを隠蔽する効果を生かした使用法が期待される。

#### 4. 結論と今後の話題

以上の考察から以下のことが結論できる。

- (1) コンクリート構造に接着された仕上部材は躯体の層間変位角  $\frac{1}{800}$  以下の小さな変形に対してもはく離するものがある。
- (2) 構造設計上重要な層間変位角  $\frac{1}{200}$  では殆どの仕上部材は大規模なはく離・ひびわれを生じる。
- (3) はく離を防止するには仕上部材と躯体との接着強度を大きくすることが有効であり、はく離を完全に防止できる限界値があると考えられる。
- (4) 仕上層さの大きい仕上部材ほど躯体の変形のひびわれによるひびわれが小さくなる。
- (5) 仕上厚さの大きい仕上部材を金物によって取付けることによって、はく離・ひびわれの少ない仕上構法が実現できる。

以上において実大構造物による地震時の仕上部材の破壊および安全性の概括的な傾向について述べたが、今後安全な仕上構法を開発するためには、安全性向上のための仕上構法の諸元についての詳細な知見を得るための基礎的な研究が必要となろう。

(謝辞)

この研究は建設省建築研究所と日本住宅公団との共同研究として実施されたものであり、実験に当って、諸々の御協力を戴いた諸氏、およびたえず御指導、御助言を戴いた建設省建築研究所上村克郎所長、広沢雅也第3研究部長および窪田敏行室長に謝意を表します。

(参考文献)

- 1) 上村克郎, 馬場明生, 伊藤弘他 / 地震時における外装仕上材料・工法の安全性に関する実大実験(その1, その2) 昭和53年度日本建築学会関東支部研究報告集
- 2) 馬場明生, 伊藤弘 / 地震時における外装仕上材料・工法の安全性に関する実大実験(その3, その4) 昭和55年度日本建築学会関東支部研究報告集

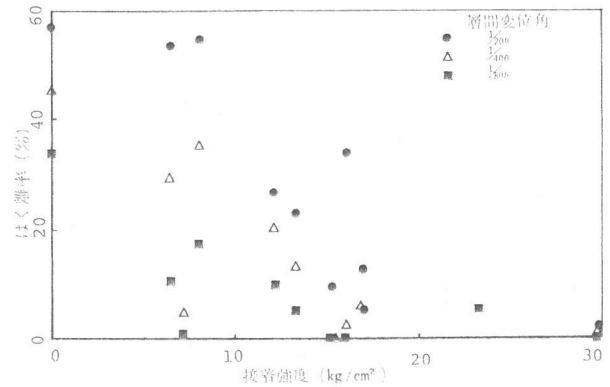


図7 仕上材料の接着強度とはく離量との関係

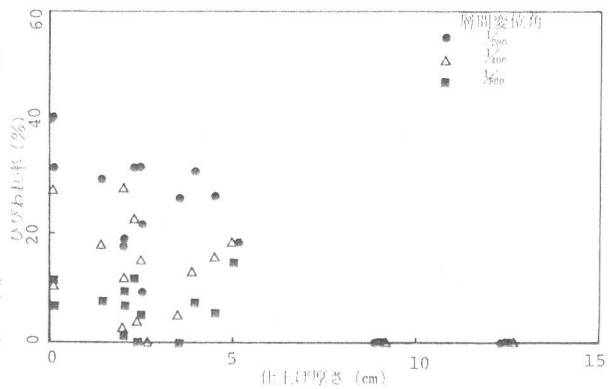


図8 仕上材料の仕上厚さとひびわれ量との関係

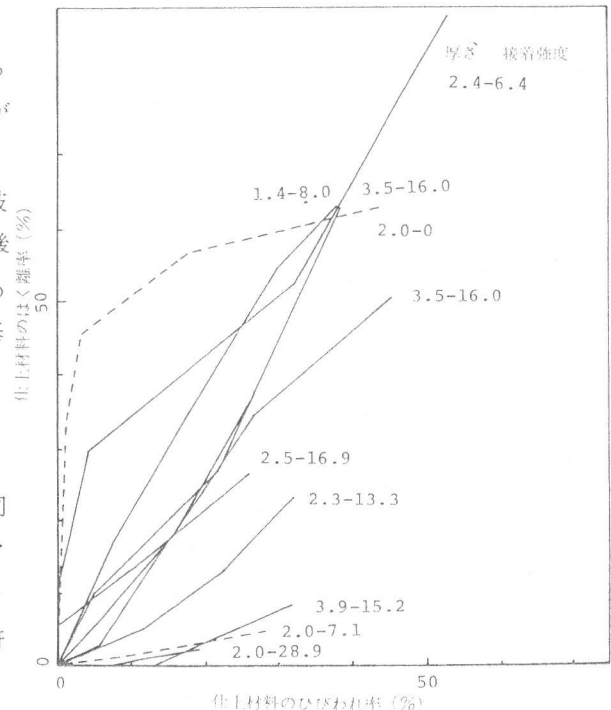


図9 仕上材料のひびわれ量とはく離量との関係