

かぶり厚さ確保のための補修材料・工法選定
マニュアル(案)

目次

1. 本マニュアルの目的	129
2. 補修材料・工法に必要な性能	129
3. 材料・工法の選定の検討内容の組合せ	130
4. 試験方法と基準値	131
4. 1 材料試験の試験方法と基準値	131
4. 2 部材試験および耐火試験の試験方法と基準値	134

1. 本マニュアルの目的

本マニュアルは、かぶり厚さ確保のために行う補修工事において使用するポリマーセメントモルタル等の材料および補修部分の落下防止のために施す落下防止措置の工法について、所要の性能を有することを確認するための、評価方法と評価基準について示すものである。

なお、実際の工事における適用については、設計者、監理者および関係行政機関に確認の上で適用されたい。

2. 補修材料・工法に必要な性能

かぶり補修に用いる材料・工法に求められる性能を表-2.1 に示す。かぶり補修用の材料には、既存躯体との接着力に優れたポリマーセメントモルタルを用い、既存躯体との一体性を確保できることを前提とする。これに加えて、かぶりコンクリートの果たす機能、すなわち経年における鉄筋の保護（防せい）機能と、火災時における鉄筋温度の上昇抑制機能を材料・工法の組み合わせにより担保することが必要となる。定常的な状態に対してはポリマーセメントモルタルが有する高い接着力によって長期的に既存躯体との一体性を確保するとともにコンクリートと同等以上の中性化抵抗性等によって耐久性を確保することとし、火災や地震など万一の場合に対しては、ポリマーセメントモルタルのみの接着力では剥落の防止を担保することが難しいため、機械的な剥落防止対策を施すことによってかぶりコンクリートの果たす機能を確保する。

補修材料・工法の選定では、材料試験、部材試験、耐火試験と様々なレベルでの検討が必要となる。一般的には、まず材料試験で従来から規定されているポリマーセメントモルタルの基本性能に加え、不燃性、耐久性を有するか確認する。次いで部材試験にて剥落防止工法の施工性および補修部の仕上がり性が得られるかの確認を行う。そして最後に耐火試験にて火災時の耐爆裂性、剥落防止工法の妥当性を確認するという手順となる。

材料試験では、ポリマーセメントモルタルが、平成13年国土交通省告示第1372号で規定されている圧縮強さ、曲げ強さ、接着強さおよび接着耐久性を有するかをまず確認する。また、ポリマー含有量が高いと発熱量が大きくなる可能性があるため、材料自体が着火性試験および発熱性試験により、不燃性を有する材料であるかどうかの確認を行う。そして、かぶりコンクリートの重要な機能である鉄筋防せい性に関連して、中性化抵抗性の確認を行う。中性化以外の要因で補修部分の劣化が懸念される部位に適用する場合は、劣化要因を考慮して、例えば寒冷地では凍結融解抵抗性の確認を行ったり、塩害の恐れがある部位に適用する場合には、塩分浸入抵抗性の確認を行ったり、適宜、必要な性能を満足できるかを試験により確認する。

部材試験では、剥落防止工法の留め付けやすさや、ポリマーセメントモルタルの施工性を確認する。補修部の硬化後の仕上がり、すなわち表面に微細ひび割れが無いか、収縮ひび割れが無いか、浮きが無いかを確認する。部材試験は、3.2節に示した小型壁部材を用いてポリマーセメントモルタル、剥落防止工法、およびこの両者が所要の性能を有するかの確認が可能であったことから、小型壁部材で実施することを基本とする。

耐火試験では、部材試験で製作した部材の加熱試験を行い、耐火性を確保できるのか最終確認を行う。試験体は、適用する部位や時期を考慮して、荷重を載荷しない無載荷の耐火試験とするのか、荷重を載荷した載荷加熱試験とするのかを判断する。無載荷の耐火試験の場合は、前述の小型壁部材で実施するとよい。なお、耐火試験を載荷加熱試験とするなど、小型壁部材以外の試験体とする場合には、これを部材試験に代えることもできる。載荷加熱試験を行う場合は、指定性能評価機関の「防耐

火性能試験・評価業務方法書」に従って実施，その合否を判定する。

表-2.1 補修材料・工法に必要な性能

区分	必要な性能	試験項目
材料 試験	ポリマーセメントモルタルの基本性能	圧縮強さ試験，曲げ強さ試験，接着強さ試験， 接着耐久性試験
	不燃性	発熱性試験
	耐久性	促進中性化試験，その他の耐久性*
部材 試験	施工性	剥離工法の施工性，ポリマーセメントモルタルのコテ塗り性または 吹付け施工性
	仕上り性	打音試験（浮き），目視（外観，ひび割れ）
耐火 試験	耐火性	無載荷加熱試験（耐爆裂性，剥落防止工法の効果）または載荷加熱 試験（荷重支持性能，耐爆裂性，剥落防止工法の効果）

*適用部位の環境条件等を考慮して，必要に応じて実施（凍結融解抵抗性，塩分浸入抵抗性など）

3. 材料・工法の選定の検討内容の組合せ

材料・工法の選定では，材料や剥落防止工法が新規のものか，本共同研究もしくはその他の信頼できる試験結果を有する材料（実績材料）や工法（実績工法）であるか，あるいは補修対象の部材が荷重支持部材であるかそうでないかによって異なる。表-3.1 に，材料・工法の新規・実績の組み合わせ別に，確認すべき試験の内容を示す。

ケース1は，ポリマーセメントモルタルが新規材料で剥落防止工法が実績工法の場合で，材料試験で基本性能を確認したうえ，小型部材試験で施工性，仕上げ性の確認を行い，耐火性試験で耐爆裂性の確認を行う。

ケース2は，ポリマーセメントモルタルが新規材料でかつ剥落防止工法も新規工法の場合である。新規の剥落防止工法が，本共同研究の剥落防止工法と使用する材料や留め付けピッチなどの仕様が大きく異なる場合は，本共同研究で実施した小型壁部材試験で評価できない可能性があることから，適切な部材形状を設定して試験する必要がある。材料試験で基本性能を確認し，適切な部材形状の試験体で部材試験を行い，施工性，仕上げ性を確認する。その後，耐火試験で耐火性および剥落防止工法の効果を確認する。耐火性については，荷重の作用条件を考慮し，載荷加熱試験とする必要性がなければ，無載荷での加熱試験により耐火性を確認すれば良い。ここで，長期応力が作用しない場合は，既存構造物に対する補修や非構造部材への補修などが想定される。荷重支持した条件で評価すべき部材を対象とする場合は，小型部材試験で無載荷の耐火試験を実施してその結果を踏まえたうえで，部材の種別を考慮して載荷加熱試験を行うなどして，爆裂防止工法の妥当性を確認するとよい。

ケース3は，ポリマーセメントモルタルが実績材料で，剥落防止工法だけ新規工法の場合であり，材料試験を実施する必要がないことを除けば，ケース2と同じである。

ケース4は，実績材料と実績工法の組み合わせの場合であり，所要の性能は確認されているものとして取り扱う。

表-3.1 材料・工法の検討条件と実施内容

		剥落防止工法	
		実績工法	新規工法
ポリマー セメント モルタル	新規材料	(ケース1) 材料試験 ↓ 小型壁部材試験*2 ↓ 小型壁耐火試験*2	(ケース2) 材料試験 ↓ 部材試験*1 ↓ 耐火試験*3
	実績材料	(ケース4) (不要)	(ケース3) 部材試験*1 ↓ 耐火試験*3

*1：目的・用途を考慮して適切な部材形状を設定して試験する

*2：1,000×1,000 程度の小型壁部材とする。耐火試験は無载荷の加熱試験とする

*3：補修する部材の種別，作用する応力状態を考慮して，無载荷加熱試験または载荷加熱試験とする

4. 試験方法と基準値

4.1 材料試験の試験方法と基準値

ポリマーセメントモルタルの試験項目，試験方法および基準値を表-4.1 に示す。

また，試験方法の概要を表-4.2 に示す。ポリマーセメントモルタル供試体の養生は，JIS A 1171（ポリマーセメントモルタルの試験方法）に規定される養生条件を原則としているが，実施工での養生条件を考慮して一部の試験では養生条件を変更しているので注意されたい。

以下に，試験方法の概要を示す。本項に記載のない内容は，3.1 節または JIS A 1171 を参照されたい。

表-4.1 試験項目，試験方法および基準値（材料試験）

試験項目		試験方法	規準値
PCM として の基本性能	圧縮強さ	JIS A 1171	20N/mm ² 以上
	曲げ強さ	JIS A 1171	6N/mm ² 以上
	接着強さ	JIS A 1171	1N/mm ² 以上
	接着耐久性	JIS A 1171	1N/mm ² 以上
不燃性	発熱性	ISO 5660-1	不燃材料の要件を満たすこと*1
耐久性	促進中性化	JIS A 1153	中性化速度係数が計画供用期間の級に応じた値以下*2

*1 加熱開始後 20 分間の総発熱量が 8MJ/m² を超えないこと，最大発熱速度が 10 秒以上継続して 200kW/m² を超えないこと，および防火上有害な裏面まで貫通する亀裂および穴が生じないこと

*2 中性化促進開始は材齢 28 日とし，それまでの養生方法はメーカーの施工標準による。ただし，特に規定がない場合は，2 日間シート養生後，材齢 28 日まで気中養生とする。計画供用期間の級と中性化速度係数の関係は表-3.1.3.3 参照のこと

表-4.2 試験項目および試験方法の概要

試験項目	試験方法	試験体	養生方法, 試験材齢	
基本性能	圧縮強さ	JIS A 1171	40×40×160mm	
	曲げ強さ	JIS A 1171		
	接着強さ	JIS A 1171	同上	
	接着耐久性	JIS A 1171	70×70×t20mm のモルタル基盤上 ^{*2} に幅40×40×t10mm の被試験体を塗り付けたもの	
不燃性	発熱性	ISO 5660-1 ^{*3}	100×100×t10mm の平板	JIS A 1171 に規定の養生 ^{*1} を終了後, 60°C乾燥器内で3日間乾燥させた後, 試験を実施
耐久性	中性化抵抗性	JIS A 1153	100×100×400mm のコンクリート基盤の側面(型枠面)を補修した試験体(N=2)。補修厚さは10~30mm の範囲とする。図-4.3.1 参照	初期養生はメーカーの施工要領による。中性化促進開始材齢は28日とし, 促進材齢1,4,8,13,26週に試験

*1 打ち込み後湿度90%以上で保管し, 材齢2日で脱型し材齢7日まで20°C水中養生, 材齢28日まで20°C60%RH 気中養生

*2 100×100×t20mm の平板として, 油圧式の簡易引張試験機による試験を行ってもよい

*3 輻射熱量は50kW/m²

1) 圧縮強さおよび曲げ強さ

試験体の形状および寸法は, 原則として JIS A 1171 の規定に準じ, 圧縮強さおよび曲げ強さ試験は, 40×40×160mm の角柱供試体を用いる。

2) 接着強さおよび接着耐久性

接着強さおよび接着耐久性の試験は, JIS A 1171 の規定によるか, 簡易的な方法として油圧式の引張試験機による接着力試験を用い, これにあわせてモルタル基材の大きさを100×100×20mm の平板としたもので試験を行ってもよい。

モルタル基材の下地処理の方法, プライマーの有無, 塗布量は, メーカーの施工標準による。

3) 発熱性

試験体は, 100×100mm の平板で厚さを10mm とする。100mm 角の角柱供試体に打ち込んだ後, 10mm の厚さにの切断したものとしてよい。試験体数は3体を標準とする。

発熱性試験で与える輻射熱量は50kW/m²とする。不燃材料としての要件である, 加熱開始後20分間の総発熱量が8MJ/m²を超えないこと, 最大発熱速度が10秒以上継続して200kW/m²を超えないことおよび防火上有害な裏面まで貫通する亀裂および穴が生じないことを満足するか確認する。試験体の含水率は, 別途求めた吸水率を用いて推定した値で厚さ10mm が5%以下であることを確認して実施する。

4) 促進中性化

試験体は、図-4.1 に示すように、基盤コンクリートをポリマーセメントモルタルで補修した試験体とする。コンクリートは、調合が既知のコンクリートとし、ポリマーセメントモルタルの施工は、下地コンクリートの材齢 14 日以降に実施する。中性化促進試験の開始時には、コンクリートの圧縮強度を測定することとし、また、ポリマーセメントモルタルの促進中性化深さの測定時には、補修と反対面のコンクリート面の中性化深さも測定するものとする。

中性化深さの測定は、試験体は、割裂面の両面を計 10 点測定し、試験体は、コンクリート面とポリマーセメントモルタル面の各 5 点ずつ測定して平均値で評価する。

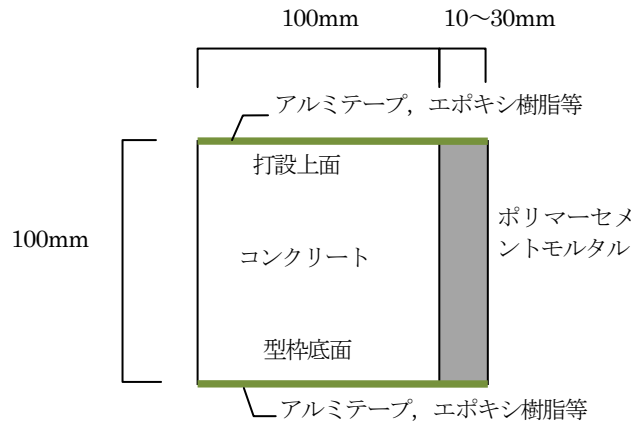


図-4.1 促進中性化試験体の概要

5) その他の耐久性

その他の耐久性の試験方法としては、凍結融解性試験、塩分浸入試験などがある。

凍結融解試験は、ポリマーセメントモルタルの基本特性を把握する目的で行うことから試験体はポリマーセメントモルタル単体とする。JISA 1148 に従い材齢 28 日まで養生後、試験体の水中凍結水中融解を 200 サイクル行い、凍結融解に対する抵抗性を評価するために相対動弾性係数（耐久性指数）を求める。動弾性係数はいずれの方法によっても良いが、市販の測定器により試験体長手方向の縦波超音波の伝搬時間から音速を測定し、(1)式により簡易的に算出しても良い。

$$E_d = \rho V_p^2 \quad (1)$$

ここに、 E_d ：動弾性係数(N/m²)

ρ ：試験体密度(kg/m³)

V_p ：超音波音速(m/s)

塩化物イオン浸透深さ試験は、ポリマーセメントモルタルの基本特性を把握する目的で行うことから試験体はポリマーセメントモルタル単体とする。JISA 1171 に従い材齢 28 日まで養生後、前養生後、温度 20℃で JIS A 6205 の付属書 1 に規定する塩分溶液に浸せきし、28 日、56 日経過した後に取り出し評価する。塩化物イオン浸透深さの測定は、割裂面に 0.1%フルオレセインナトリウム水溶液および 0.1N 硝酸銀溶液を噴霧して、蛍光を発する部分を塩化物イオン浸透域とし、塩化物イオンが浸透した 1 側面から 5 箇所ずつ、計 10 か所を測定する。

4. 2 部材試験および耐火試験の試験方法と基準値

部材試験および耐火試験の試験項目，試験方法および基準値を表-4.3 に示す。また，耐火試験における損傷状態の区分を表-4.4 に示す。

本項に記載していない内容については，本報告 3.2 節を参照されたい。

表-4.3 試験項目，試験方法および基準値（部材試験，耐火試験）

区分	試験項目	試験方法	基準値	
部材試験	施工性	目視	施工性が良いこと，平坦に仕上がる	
	仕上がり性	外観	目視	亀甲ひび割れなど全面に微細なひび割れがないこと
		浮き	打音	部材の内部に浮きがなく，外周部の浮きが生じた場合は10%以下であること（図-4.2 参照）
		ひび割れ	目視	幅 0.2mm を超えるひび割れがないこと，かつ幅 0.1mm 以上のひび割れを対象としてひび割れ係数が 0.2m^2 以下であること
耐火試験	耐爆裂性	加熱試験	表-4.4 の区分の状態 I，もしくは状態 II または III かつ遮熱性があること 剥落防止効果があること（アンカーの抜け出しやメッシュの破断等がないこと）	
	荷重支持性能	載荷加熱試験	部材として必要な耐火時間を有すること	

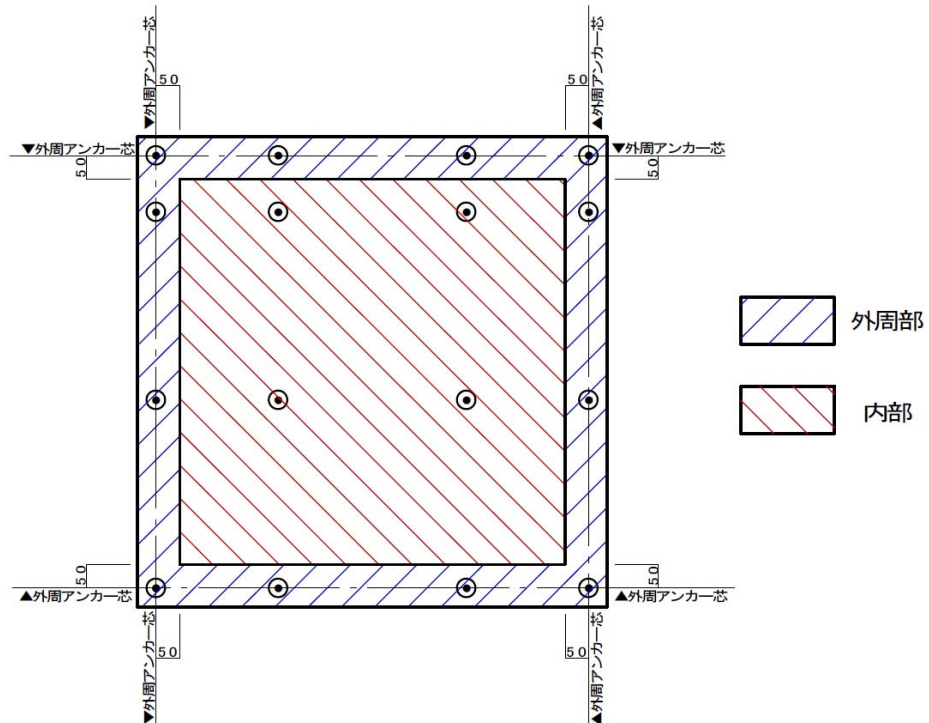


図-4.2 部材の補修面の内部と外周部の区分

表-4.4 耐火試験における損傷状態の区分

区分	損傷状態
状態Ⅰ	ひび割れは発生するが剥落・爆裂がない状態
状態Ⅱ	爆裂がなく剥落防止用メッシュより表層のみに部分的な剥落が発生した状態
状態Ⅲ	表層のみに部分的な剥落・爆裂が発生した状態
状態Ⅳ	部分的に剥落防止用メッシュより内部が爆裂した状態
状態Ⅴ	ほぼ全面的に剥落防止用メッシュより内部が爆裂した状態

1) 小型壁部材試験体の製作

部材試験と耐火試験では、使用する試験体を兼用することができる。このため、試験体の製作時には、両方の試験ができる計画にする必要がある。試験体を耐火試験装置に取り付けられるように計画する必要がある。

本項では部材試験および耐火試験において、基本となる小型壁部材の場合について示す。

試験体の形状、メッシュの割付・留め付け、熱電対の設置位置の例を、図-4.3および図-4.4に示す。

基盤コンクリートの形状寸法は、高さ1100mm×幅1100mm×厚さ120mmとし、PCMによる補修面積は1050×1050mm、補強用メッシュの割付寸法は1000×1000mmとしている。

基盤コンクリートのかぶり厚さとPCM補修厚さの合計が40mmとなるようにし、PCM補修厚さは10～30mmの範囲で設定する。部材試験では、補修厚さによって剥落防止工法の施工性や仕上がり性の評価が異なるため、補修厚さ10mmおよび30mmの場合について確認する。一方、耐火試験は、PCM補修厚さ10mmより30mmのほうが厳しい結果となるため、補修厚さの適用範囲を限定しない場合は、30mm厚で補修したものに対し耐火試験を行う。

耐火試験時には、壁炉内温度および試験体の内部温度を計測する。部材試験体に対し、コンクリートの内部温度を試験体の厚み方向に7箇所、鉄筋温度を2箇所の合計9箇所程度にて計測する。計測位置は加熱面での中央位置とし、加熱表面からの距離を各試験体で合わせる。

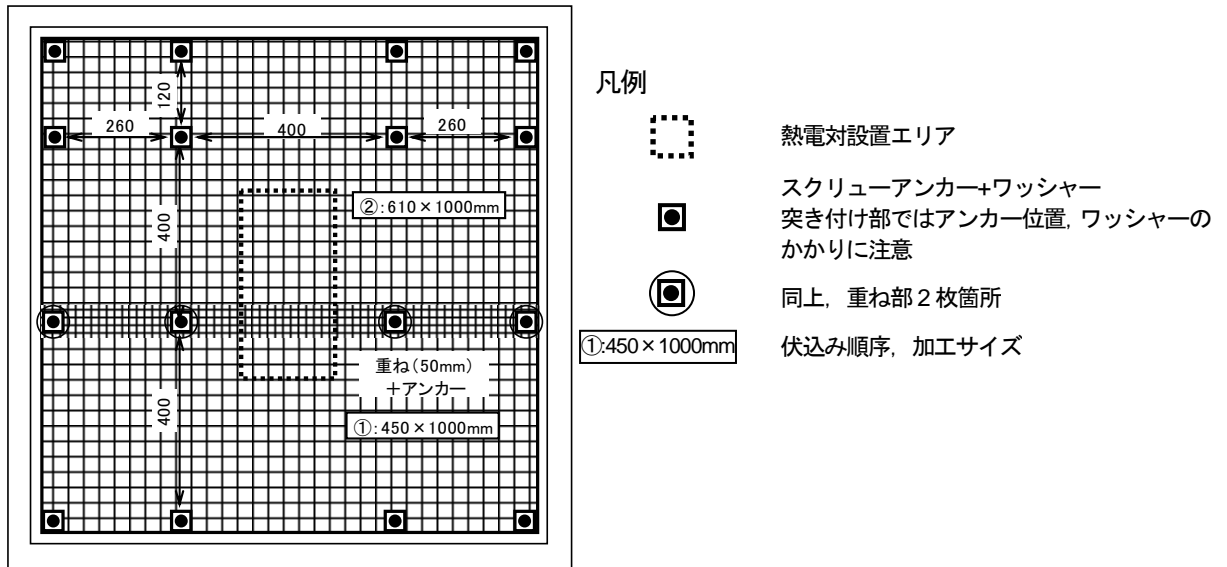


図-4.3 剥落防止メッシュ, アンカーの割付・留め付け

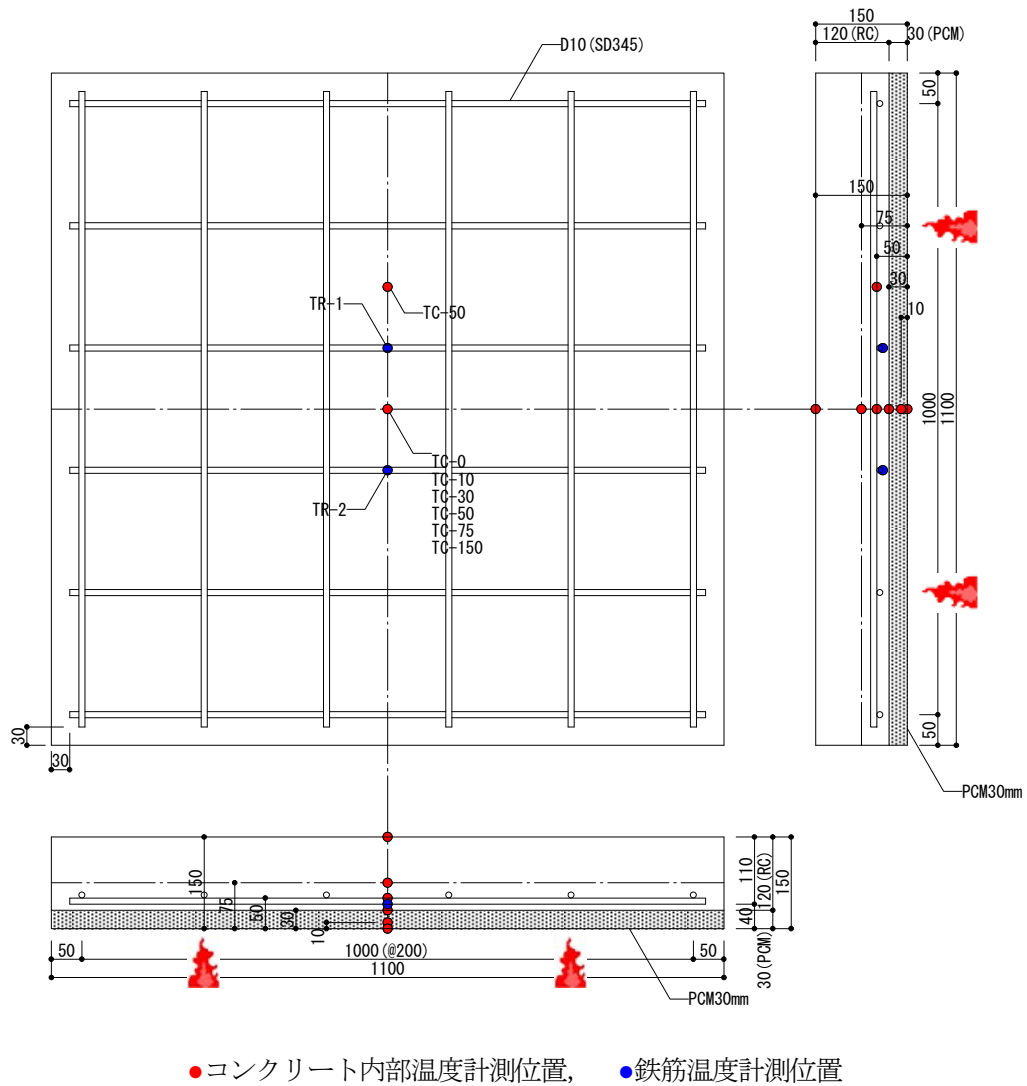


図-4.4 試験体の形状, 配筋, および部材内部の温度計測位置

a) 基盤コンクリート

基盤コンクリートの使用材料，調合は既知のものとする。コンクリートの仕様は，一般的な設計基準強度の範囲とする。

b) アンカーピン，補強用メッシュ，およびワッシャー

本研究会で剥落防止効果を確認したアンカーピン，補強用メッシュ，およびワッシャーの仕様を表-4.5 に示す。新たな補修材料による部材試験および耐火試験を実施する場合は，これらの仕様に基づいて実施する。

アンカーピンは，ステンレス鋼製スクリューアンカーL=75mm(P レスアンカー)，ワッシャーは，ステンレス鋼製φ40mm あるいはφ20mm ワッシャー，補強用メッシュは，ステンレス鋼製のメッシュ(平織金網またはファインメッシュ) とする。ワッシャーは PCM の回り込みをよくするため，切り欠きを設けている。

基盤コンクリートへ留め付る際のアンカーのピッチは400mm 以下とする。

詳細は4.2 節に示したかぶり厚さ確保のための補修要領書(案)による。

表-4.5 剥落防止工法に用いた材料

材料	種類	備考	連絡先
アンカー	スクリューアンカー L=75mm SUS304	P レスアンカー	
ワッシャー	φ40mm SUS304	2種類から選定	サンコーテクノ(株)
	φ20mm SUS304		
補強用 メッシュ	平織金網 φ0.8mm-4 メッシュ SUS304	3種類から選定	(株)奥谷金網製作所
	ファインメッシュ φ1.0mm-P25mm SUS304		
	ファインメッシュ φ1.2mm-P25mm SUS304		

c) PCM の施工

補修方法は吹き付け工法とこて塗り工法から選定する。使用する材料の施工要領に基づき，補修施工を行う。なお，4.2 節に示したかぶり厚さ確保のための補修要領書(案)も参考にする。

例として，以下に，実績工法での施工手順を示す。

■ 塗り厚さ 30mm 時の 3 層目伏せ込み塗りの施工手順

- ① カップ掛けによる目粗しを行う(中央部の熱電対位置の周囲 30mm は避ける)
- ② 下地清掃後，アンカー位置の墨出しを行う
- ③ φ5.3mm のドリルビットで「使用アンカー全長-5mm」の深さまで下孔を穿孔し，孔内の粉を除去する
- ④ アンカー用削孔に養生棒を差し込み養生する
- ⑤ 水湿しによる吸水調整
- ⑥ 2~3mm 程度の下ごすりを，鍔圧を強くかけて行う
- ⑦ 塗り厚 7mm 程度塗りつけて 1 層目を仕上げる(箒引き)

- ⑧水湿しによる吸水調整
- ⑨2～3mm程度の下ごすりを，鍔圧を強くかけて行う
- ⑩塗り厚7mm程度塗りつけて2層目を仕上げる(箒引き)
- ⑪水湿しによる吸水調整
- ⑫2～3mm程度の下ごすりを，鍔圧を強くかけて行う
- ⑬メッシュを伏せ込む
- ⑭養生棒を抜き，ワッシャをはめたアンカーをねじ込みメッシュを固定
- ⑮塗り厚7mm程度塗りつけて仕上げる
- ⑯表面仕上げ後，散水して表面をポリフィルムにて1週間養生

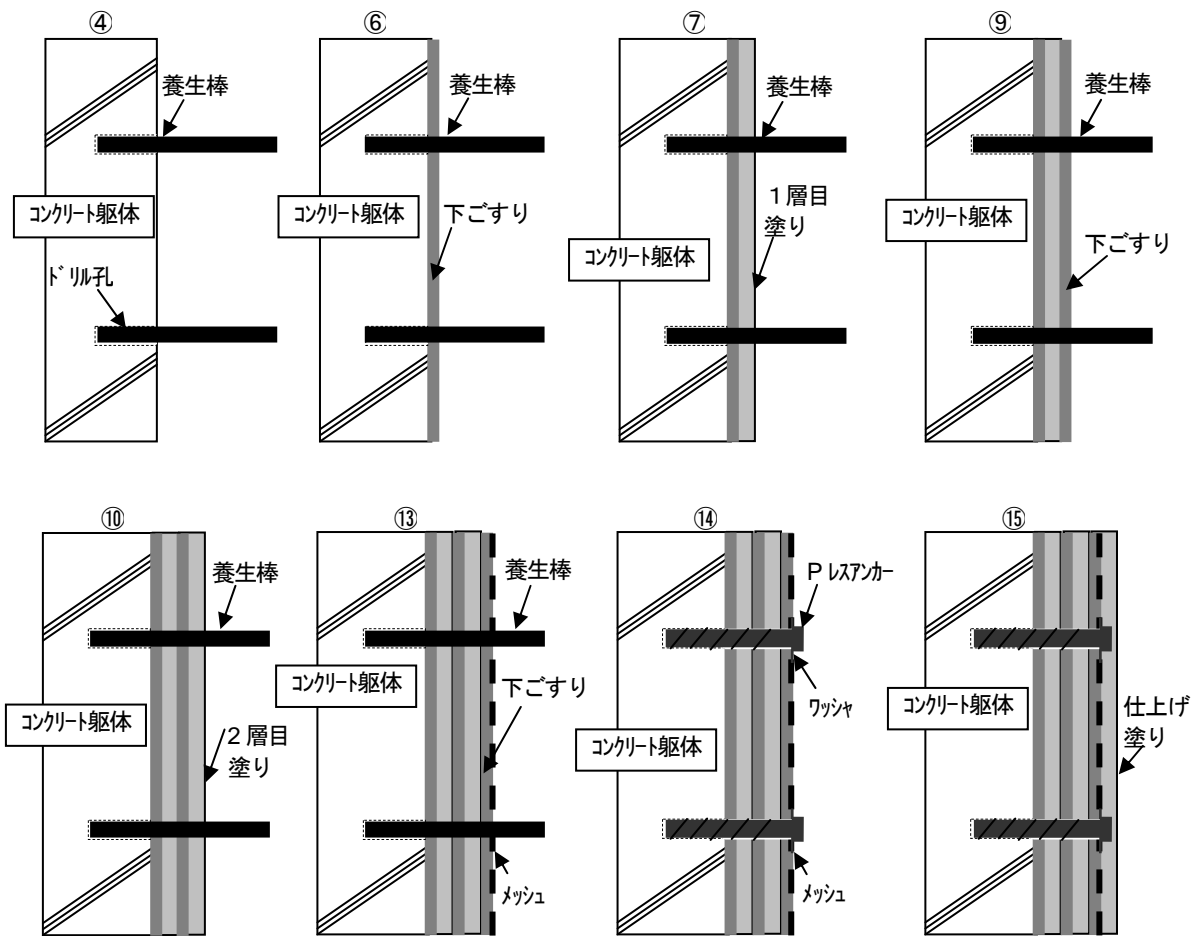


図-4.5 3層施工の場合の施工手順

2) 部材試験方法

補修施工時の施工性と、補修施工後の仕上がりを確認する。剥落防止工法を確認する場合は、ポリマーセメントモルタルの施工厚さを10mmおよび30mmとし、施工性、補修後の仕上がり性を確認する。

a) 施工性

ポリマーセメントモルタルのフレッシュ時のコンシステンシーの評価として、モルタルフロー、スランプ（モルタル用ミニスランプ）試験を実施する。また、空気量は、硬化物性に大きく影響するため、空気圧または重量法にて確認する。

硬化物性の代表値として材齢28日の圧縮強度を確認する。

また、補修施工時のコテ塗りのやりやすさや、経時変化によるコンシステンシーの変化、締まりやすさ、メッシュの収まり、吹き付けの容易さ、最終的なコテ仕上げのしやすさについて評価する。

b) 仕上がり性

補修施工後、約2カ月間自然乾燥させ、目視により表面に微細なひび割れが全面的に発生していないか確認する。

判定は表-4.3に示したとおり、ひび割れについては、クラックスケールにて、幅0.2mmのひび割れが無い確認する。幅0.1mm以上のひび割れについてはスケッチで記録し、ひび割れ係数を求める。

また、打音検査により、浮き部分が無い確認を行う。浮きがある場合には、その範囲を確認し記録する。

3) 耐火試験方法

補修面の仕上がりを確認した後、耐火試験を行う。なお、自然乾燥期間が十分に取れない場合は、60℃程度の部屋等において強制乾燥を行い、ポリマーセメントモルタルの含水率が平衡状態の3～5%になるように調整するとよい。含水率は、試験に供する試験体の一部を切り欠いたもの、もしくは養生および乾燥の条件を同一とした供試体を絶乾状態に加熱して含水率を測定する。

加熱は、ISO834に規定される標準加熱曲線に従った加熱とし、加熱時間は評価の対象となる部材に求められる耐火時間とする。加熱後は加熱時間と同じ時間が経過するまで加熱炉内で自然冷却させる。計測は、加熱開始から自然冷却終了まで計測を行う。

小型部材の無載荷加熱試験の方法の例として、加熱試験のセットアップ状況の例を図-4.6に示す。載荷加熱試験を実施する場合は、対象とする部材に対して種類が荷重レベルを考慮したうえで、3.2節を参照して実施されたい。

判定は表-4.3に示したとおりであり、表-4.4の区分で状態Ⅰの剥落・爆裂が生じない状態であるか、状態ⅡまたはⅢで金網より表層部のみの軽微な損傷がみられた場合は、熱電対による内部温度の測定結果より遮熱性があることを確認する。

耐火試験は、剥落防止工法の妥当性を検証する目的もあるため、耐火試験後に、剥落防止のためのアンカーが抜け出したり、金網等が破断したりしていないか確認する。

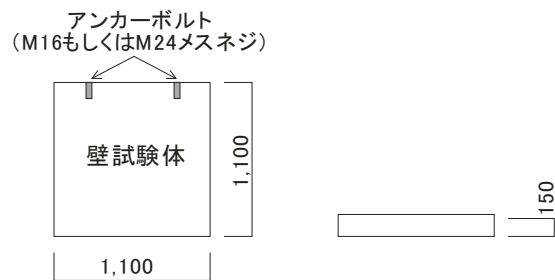
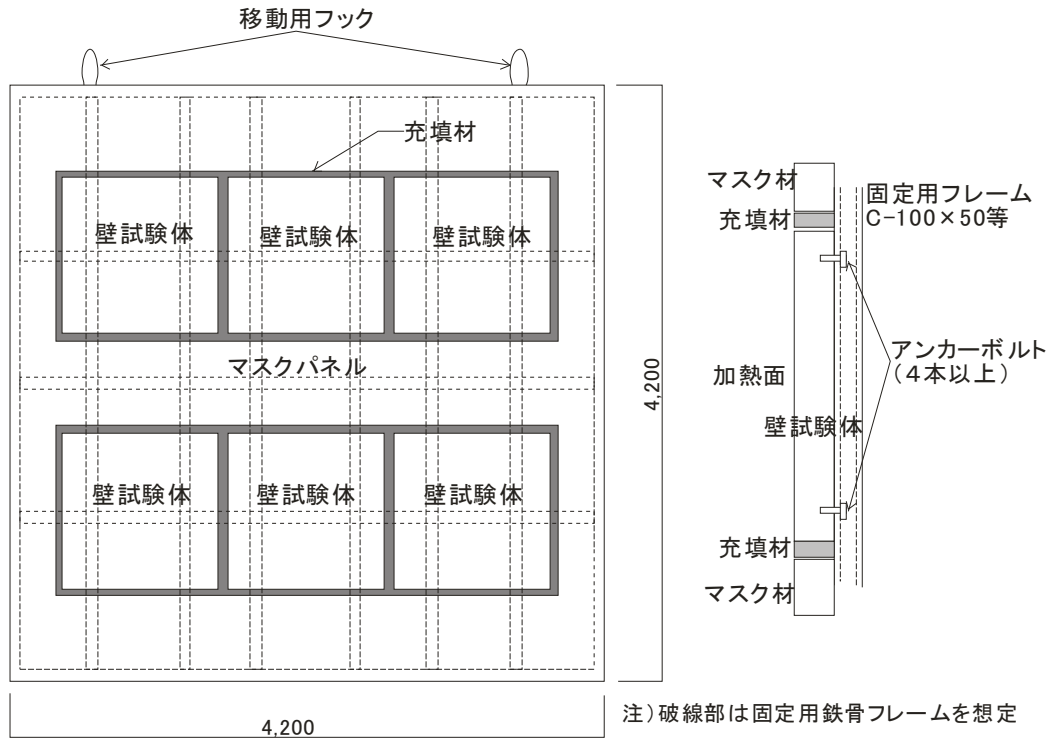


図-4.6 壁試験のセットアップの例