

CHAPTER 3

かぶり厚さの確保は 品質維持の生命線



かぶり厚さの確保が さび防止に効く理由

➡ 鉄筋腐食のメカニズムから重要性を検証

鉄筋の腐食によるひび割れは、建物の耐久性を損なう深刻なトラブルだ。それを避けるには、何よりもかぶり厚さを十分に確保することが大切だ。その理由とメカニズムを解説する。

ここでは、鉄筋の腐食によるひび割れを取り上げる。鉄筋腐食によるひび割れは、これまで説明してきた収縮ひび割れ以上に、建物の耐久性に直接かつ深刻な影響を与える。これを防止することは建物を長く供用するうえで、非常に重要である。

図1は、「住宅の品質確保の促進等に関する法律」（品確法）に関連し、ひび割れと瑕疵の関係について規定した国土交通省告示1653号の内容

をまとめたものである。この表は2-2で掲載した表の一部だが、さび防止の観点からも非常に重要な表なので、もう一度よく見てほしい。さび汁を伴うひび割れは瑕疵の可能性が高いと明記してある。鉄筋腐食ひび割れは、一般にさび汁を伴うことから、トラブルに発展するリスクが高い。

典型的な鉄筋腐食ひび割れを生じたコンクリート構造物を写真1に示す。最外縁の鉄筋に沿ってひび割れが生

じ、赤茶色のさびやさび汁が表面に浮き出ているのが分かる。こうした事例を、海岸近くのコンクリートで目にしたことがある読者も多いと思う。このような鉄筋腐食ひび割れは、どのようなメカニズムで生じるのか。まずは、そこから説明したい。

特に塩化物の侵入に要注意

コンクリートは健全であればアルカ

図1 ひび割れの状況と瑕疵の関係

仕上げの種別	レベル	ひび割れの状況	耐力上主要な部分に瑕疵が存在する可能性
構造材による仕上げ	1	レベル2およびレベル3に相当しないひび割れ	低い
	2	幅0.3mm以上0.5mm未満のひび割れ	一定程度ある
	3	(1) 幅0.5mm以上のひび割れ (2) さび汁を伴うひび割れ	高い

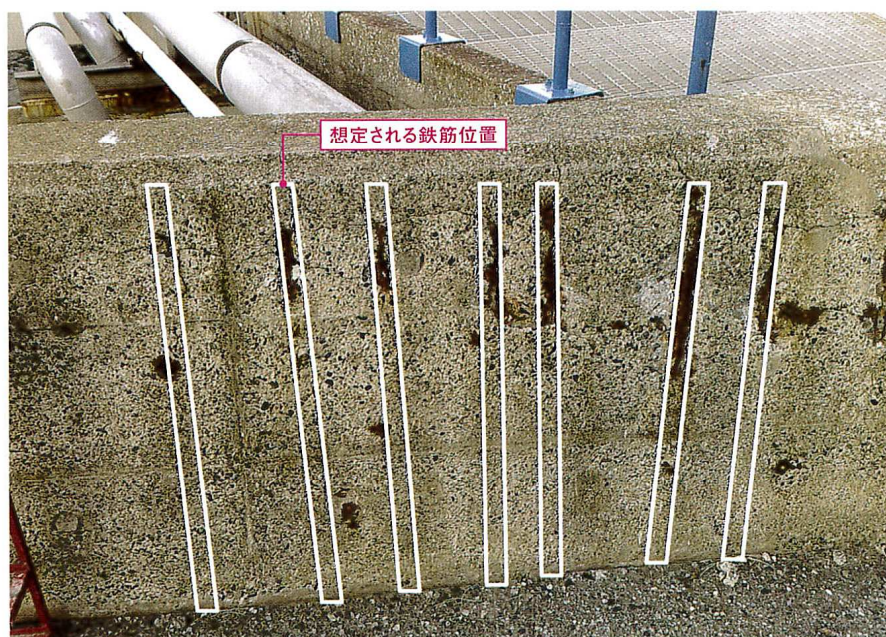
国土交通省告示1653号では、さび汁を伴うひび割れは瑕疵の可能性が高いと明記してある
(資料：国土交通省告示1653号をもとに筆者が作成)

写真1

かぶり厚さの不足が 鉄筋腐食ひび割れを招く

最も外側に配置した鉄筋に沿ってひび割れが生じ、赤茶色のさびやさび汁が見られる。かぶり厚さの不足が原因だ

(写真：写真3まで鹿島)



り性が強く、鉄筋を腐食から守る保護機能がある。しかし、外部からの二酸化炭素の侵入により、表面から徐々に中性化が進行すると保護機能が失われる。

また、沿岸地域に建物がある場合には、同じく表面から塩化物が浸透することで保護機能がなくなる。中性化の進行や塩化物の侵入が鉄筋位置まで到達し、さらに十分な水分と酸素が存在すると鉄筋腐食が始まる。

さらに、鉄筋が腐食すると、鉄筋の体積が膨張し、コンクリート中に図2に示すような膨張圧が発生する。この膨張圧に起因する引張応力がひび割れ強度を超えると、鉄筋腐食ひび割れが生じる。

注意したいのは、この鉄筋腐食ひび割れが、かぶり厚さの小さいコンクリートで発生する確率が高いことである。理由は2つある。1つは、かぶり厚さが小さいと、中性化や塩化物が早期に鉄筋に達し、鉄筋を保護する機能が失われるからである。

2つ目は、いったん保護機能が失われて鉄筋の腐食が始まると、かぶり厚さが小さいほど、容易にひび割れを起こすからである。かぶり厚さが小さいと、引っ張りに抵抗する断面積も小さくなる。つまり、比較的小さな膨張力で簡単にひび割れが入ってしまう。以上の理由から、かぶり厚さの不足が、鉄筋腐食ひび割れの引き金になることが分かる。

根本の原因は収縮ひび割れ

ところで、塩化物の浸透や中性化の進行は、収縮や曲げによるひび割れが起点となって引き起こされることも多い。

図3は、収縮や曲げによるひび割れが生じた後、中性化や塩分浸透が生じる様子を示している。中性化や塩分浸透は、まずひび割れに沿って縦向きに進み、その後、鉄筋に沿って横向きに進む。

中性化や塩分浸透が鉄筋に沿

て進行する理由は、収縮や曲げによるひび割れが生じると、ひび割れ面で鉄筋が引っ張られ、コンクリートと鉄筋の付着が失われて、相互に隙間が生じるからだ。これらが二酸化炭素や塩化物の通り道となる。

図3のように中性化や塩分浸透が進むと、屋外であれば同時に水分も供給されるから、鉄筋腐食が進行しやすい状況となる。一般に、収縮ひび割れが耐久性を損なうと言われるのは、以上のメカニズムによる。

屋内側はリスクが小さい

中性化は、一般的な建物では耐久性を損なう最も注意すべき事象であるが、室内の部材で生じた中性化は深刻とならないことも多い。

写真2は、築50年の鉄筋コンクリート(RC)造で中性化と鉄筋腐食について調査した例である。左は、外壁の屋外側のコンクリートをはつり、中性化の進行範囲を調べる薬剤を塗布し

たものだ（中性化していない部分は紫色に変色する）。鉄筋位置まで中性化は及んでいないし、鉄筋にも腐食は生じていない。

一方、右は外壁の屋内側の調査結果だ。鉄筋位置の奥まで中性化が進んでいるが、鉄筋腐食は生じていない。中性化した後、鉄筋腐食が実際に生じるには水分が必要である。しかし、屋内では腐食に必要な水分が供給されないため、中性化している部分でも鉄筋が腐食しなかったと考えられる。

コンクリートの中性化の進行は、外気や雨などに触れる屋外側で進行するイメージが強いが、実際には、室内側のほうが顕著だ。屋外側の進行が遅い理由は、雨水などでコンクリート中の水分が多いと中性化の進行が遅れる性質があることに加え、仕上げ材で保護されることが多いからだ。

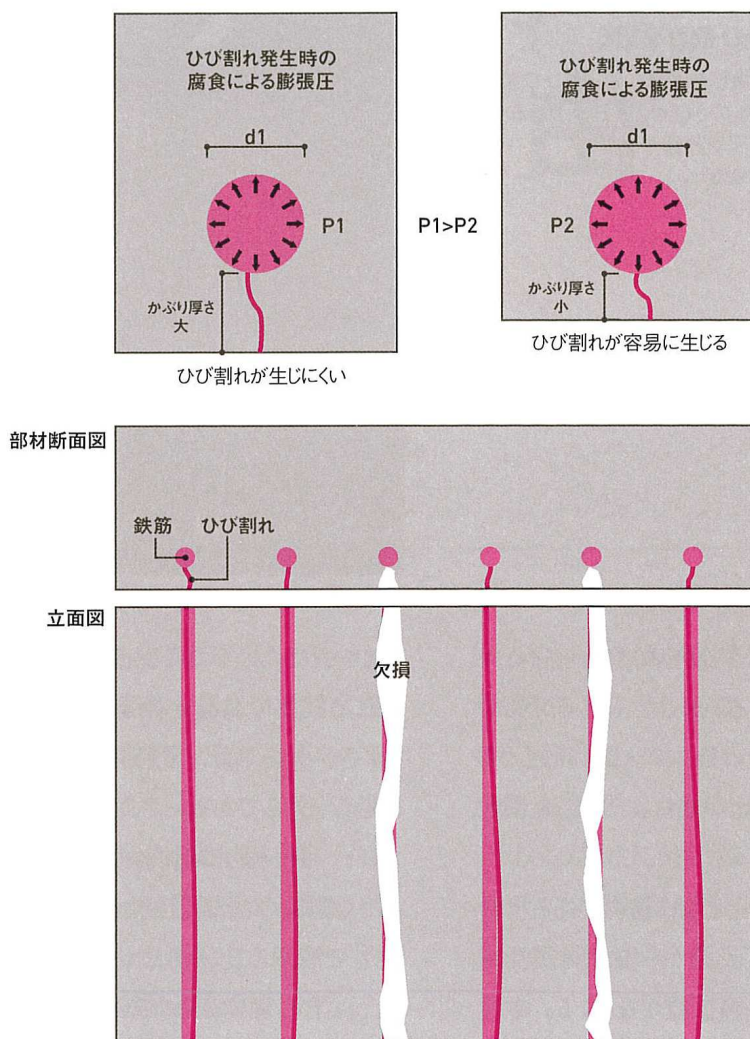
しかし、この例に見られるように、屋内側で生じる中性化は鉄筋腐食を誘発するに至らず、耐久性上の問題は小さいことも多い。

かぶり厚さは打設前に確認

かぶり厚さ不足は鉄筋腐食ひび割れを誘発するうえ、建築基準法で定められた値を下回る場合には、それ自体が明確な法律違反となる。従って、かぶり厚さの確保には、施工時に十分な注意を払う必要がある。

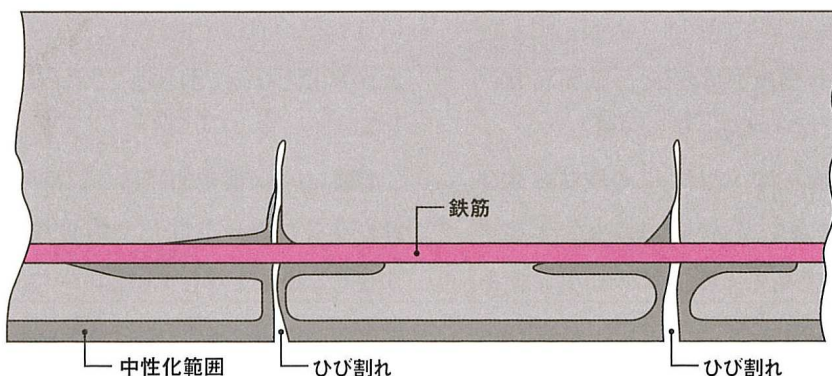
かぶり厚さを確保するための最も簡易で確実な施工管理の方法は、コンクリート打設前に、スペーサーなどに

図2 鉄筋の腐食によって膨張圧が増大する



鉄筋の腐食によってコンクリート内部に膨張圧が発生し、引張応力がひび割れ強度を超えたところで鉄筋腐食ひび割れが発生する
(資料：図4まで筆者)

図3 収縮ひび割れを起点に中性化や塩分浸透が進行



中性化や塩分浸透は、まずひび割れに沿って進行し、その後、鉄筋に沿って進む。収縮ひび割れによって、鉄筋とコンクリートの間に隙間が生じ、それが二酸化炭素や塩化物の通り道になる



写真2 中性化が進んでも屋内側の鉄筋は腐食しにくい

築50年のRC造で中性化と鉄筋腐食の関係を調べた例。左は、外部の壁をはつたもの。鉄筋位置まで中性化が進んでいないし、鉄筋にも腐食は生じていない。右は屋内の壁をはつたもの。鉄筋位置の奥まで中性化が進んでいるが、鉄筋腐食は生じていない

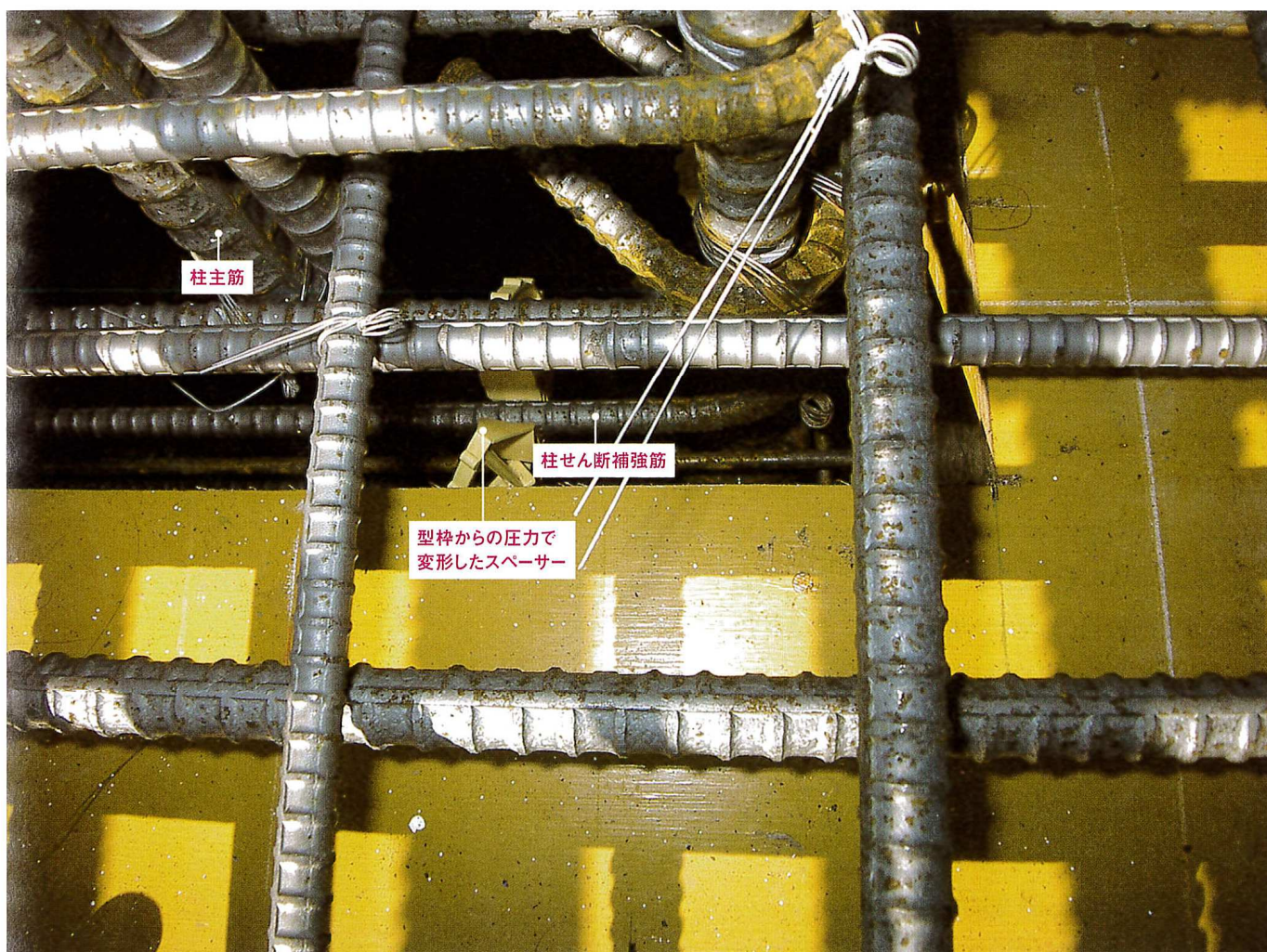
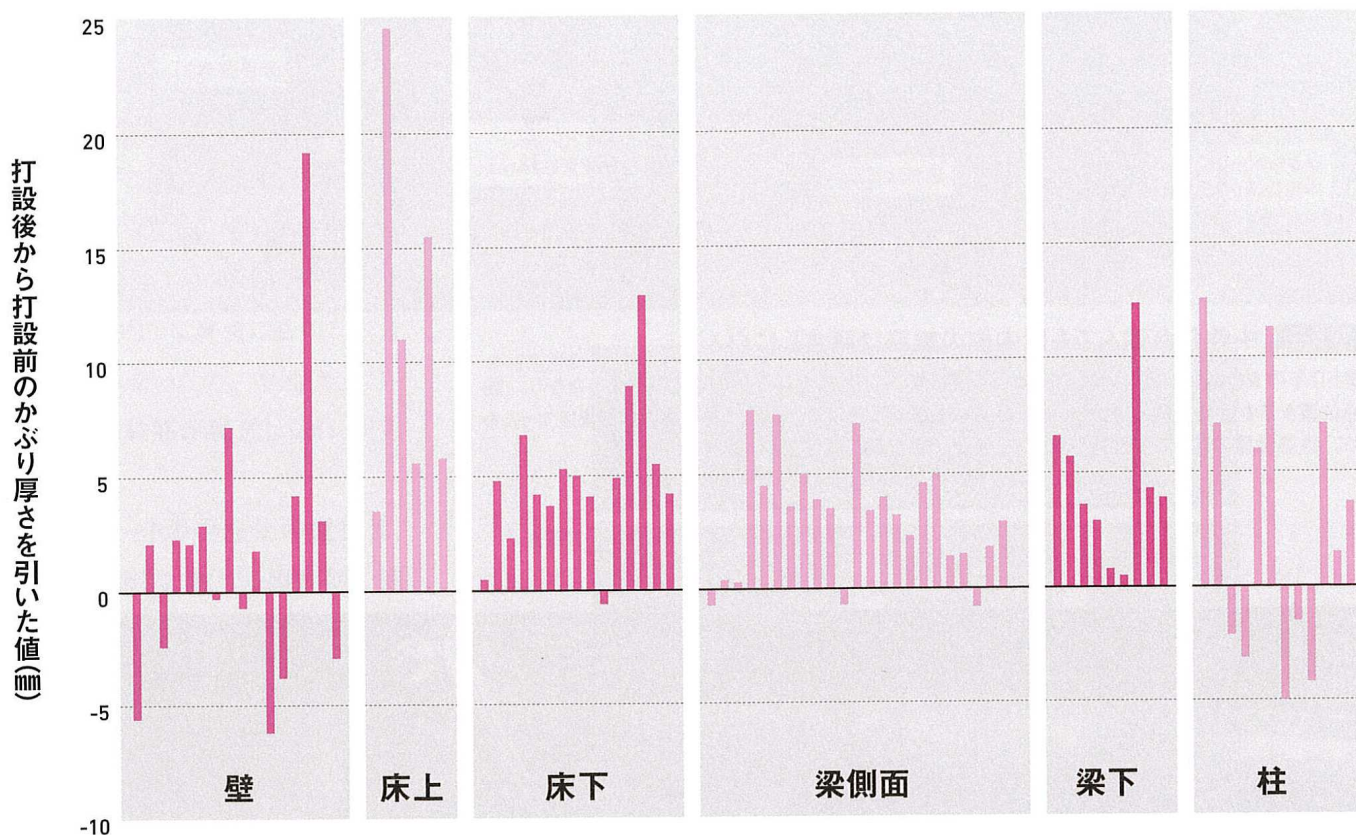


写真3 スペーサーの変形には要注意

かぶり厚さを確保するための確実な施工管理の方法は、打設前にスペーサーで鉄筋と型枠の距離を一定以上確保しておくこと。ただし、鉄筋径が大きいと、スペーサーが変形する場合があるので注意したい

図4 打設前にかぶり厚さを確認しておけば安心

部位ごとに、打設後から打設前のかぶり厚さを引いたもの。ほとんどが、正の値になっている。つまり、打設後にかぶり厚さが大きくなる傾向があるので、打設前に確認しておけばまず安心だ



より鉄筋と型枠の距離（打設前のかぶり厚さ）を一定の値以上にしておくことである。

ただし、スペーサーを設置していても、鉄筋径が大きい場合には、組み上げた鉄筋の剛性が高く、写真3のようにスペーサーが変形し、打設前のかぶり厚さを確保できない場合がある。これらはコンクリート打設前に発見し、是正する必要がある。

コンクリート打設前の鉄筋と型枠の距離のチェックにおいて、是正をするしきい値は、設計かぶり厚（最小かぶり+10mm）でなく、最小かぶり+5mm程度でよいと筆者は考えている。

理由は、コンクリート打設後にかぶり厚さが増大する傾向があるからだ。

図4は、打設後のかぶり厚さを非破壊試験で調査し、打設前のかぶり厚さに対する変化をまとめたものである。多くの場合、打設後から打設前のかぶり厚さを差し引いた数値は正の値となり、打設後のほうがかぶり厚が大きくなることが分かる。

これを統計的に処理したところ、前

述のしきい値で施工管理すれば、かぶり不足はほとんど生じないことが分かった。

大きなトラブルの原因となる鉄筋腐食ひび割れを生じさせないためには、かぶり厚の確保が最も重要だ。コンクリート打設前によく確認して、信頼性の高い施工をしてほしい。

ここがポイント

**鉄筋の腐食によるひび割れは、
建物の耐久性に直接かつ深刻な影響を与える**

**かぶり厚を確保するには、
スペーサーなどで鉄筋と型枠の距離を取ることなども
有効である**

標準仕様の施工でも かぶりの不良が発生

➡ 最小かぶり厚さには許容されるバラツキがある

かぶり厚さの確保は、ひび割れ防止の観点からも極めて重要だ。
しかし、かぶり厚さの定義や規定を正確に理解することは意外と難しい。
かぶり厚さには複数の定義があるので、その違いを押さえておきたい。

3-1で、鉄筋腐食によるひび割れを防止するには、かぶり厚さの確保が重要であることを述べた。しかし、かぶり厚さの定義を正しく理解し、適切に施工することはそう簡単ではない。

第1の難関は、用語の複雑さにある。かぶり厚さには「法令かぶり厚さ」「最小かぶり厚さ」「設計かぶり厚さ」など複数の定義がある。まず、これらの違いを正確に理解しなくてはなら

ない。

第2は、かぶり厚さを規定する仕様書の分かりにくさである。かぶり厚さの規定は、建築基準法施行令や建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事（以下、JASS5）などにまとめてある。しかし、コンクリート工事のバイブルとして使われている JASS5 は、専門性の高い記述が多いうえ、内容も多岐にわた

る。一般の建築技術者が、JASS5 の意図するところを正確に理解することは容易ではないと思われる（写真1）。

JASS5 の規定で、特に誤解を招きやすいのが最小かぶり厚さに関するものである。建築主のなかには、JASS5 の仕様に従って施工すれば、目標とする最小かぶり厚さを100%確保する必要があると誤解している人も多い。しかし、仕様通りの施工をしても、理論的には最大15%の不良率が発生することが JASS5 に示してある。これは許容される誤差であって、瑕疵ではないと考えることも可能である。

これらの疑問を解消するために、ここでは、かぶり厚さの定義を正確に理解するとともに、建築基準法や JASS5 で規定されているかぶり厚さの意味を詳しく解説したい。

かぶり厚さには複数の定義

はじめにかぶり厚さの定義と規定について説明する。かぶり厚さとは、

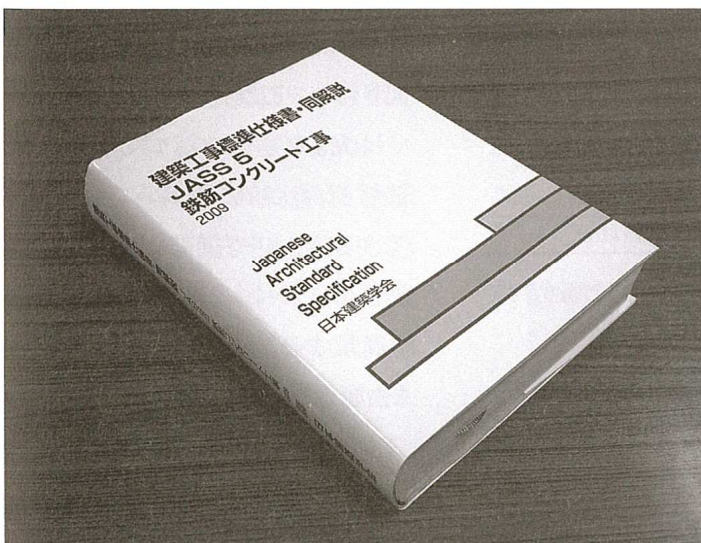
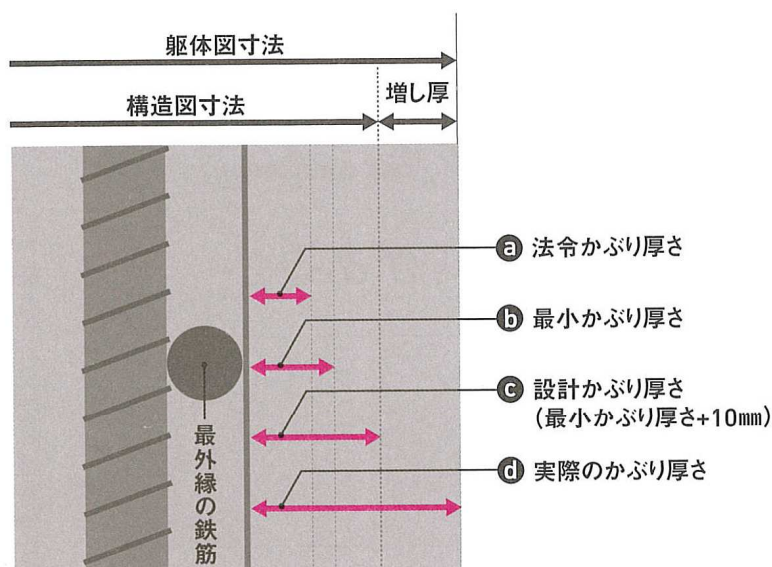


写真1 JASS5はコンクリート工事のバイブル

「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事」の内容は多岐にわたり、理解するのがなかなか容易ではない（写真：日経アーキテクチュア）

【図1】 かぶり厚さには複数の定義がある



$$\text{法令かぶり厚さ} \leq \text{最小かぶり厚さ} \leq \text{設計かぶり厚さ} \approx \text{実際のかぶり厚さ}$$

かぶり厚さには4種類の定義があり、明確に区別されている。
これらを正しく理解することが重要だ（資料：【図5】まで特記以外は筆者）

【図2】 建築基準法施行令と JASS5 でかぶり厚さを規定

(1) JASS5 の規定

部材の種類	最小かぶり厚さ (mm)		設計かぶり厚さ (mm)	
	屋内	屋外	屋内	屋外
柱、梁、耐力壁	30	40	40	50
床スラブ・屋根スラブ	20	30	30	40
直接土に接する柱、梁、壁、床 および布基礎の立ち上がり部	40		50	
基礎	60		70	

(2) 建築基準法施行令の規定

適用される鉄筋コンクリート造の構造部分		法令かぶり厚さ
直接土に接しない部分	床、耐力壁以外の壁	20mm 以上
	柱、梁、耐力壁	30mm 以上
直接土に接する部分	柱、張り、壁、床 布基礎の立ち上がり部分	40mm 以上
基礎（布基礎の立ち上がり部分を除く）		60mm 以上

法令かぶり厚さは建築基準法施行令で、最小かぶり厚さと設計かぶり厚さは JASS5 で規定されている。違いを理解することが重要だ

（資料：建築基準法と JASS5 をもとに筆者が作成）

【図1】にあるように、主筋、せん断補強筋の区別を問わず、鉄筋コンクリート (RC) 部材の最外縁の鉄筋表面からコンクリート表面までの距離を表す。

かぶり厚さは、目的によっていくつかの用語を定義して使い分けている。最も重要なのが、建築基準法に定められている「法令かぶり厚さ」である。こ

れは全ての建築物で満足されている必要がある。そうでない場合は法令違反であり、瑕疵とされる（【図1】のa）。

個別の工事では、設計図書に「最小かぶり厚さ」を明記する。最小かぶり厚さは、法令かぶり厚さ以上の値を確保しなくてはならない。その標準値は JASS5 に明示してある。最小かぶり厚さが満足されていない場合は契約違反となり、これも瑕疵と判断されることが多い（【図1】のb）。

設計かぶり厚さは目標値

さらに「設計かぶり厚さ」という用語もある。これは、規定値である前述の法令かぶり厚さ、最小かぶり厚さと異なり、施工における目標値である。従って、この値を下回る箇所を不良とすることは誤りである。

設計かぶり厚さは、最小かぶり厚さ +10mm とすることが JASS5 の標準である（【図1】のc）。この10mmは、施工のばらつきを補うための余裕代と^{よゆうしろ}考えてよい。

設計かぶり厚さは、設計図書に明記されないことも多いが、施工段階では大きな意味を持つ。なぜなら、部材断面リストに基づいて鉄筋を加工する際、柱や梁部材のせん断補強筋の寸法は、この設計かぶり厚さを満足するように定めるからである。また、通常、スパーサーの寸法は、設計かぶり厚さと同一とする。

【図2】は、JASS5 と建築基準法施行令のかぶり厚さの規定をまとめたものである。JASS5 の規定では、屋内における最小かぶり厚さは、(2) に示す

法令かぶり厚さと同じであり、屋外では10mm大きくなっている。

かぶり厚さのばらつきは許容

工事では、設計かぶり厚さを目標に配筋と型枠を施工するが、現場作業であるため、施工後の部材のかぶり厚さには相当のばらつきが生じる。この点について、JASS5 の考え方を整理する。

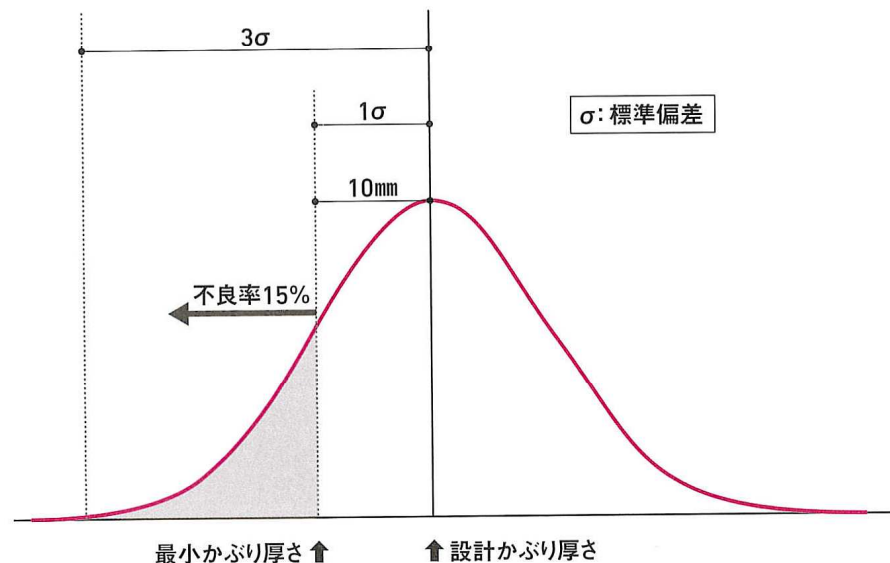
研究者による過去の調査結果を総合すると、施工後のかぶり厚さのばらつきを表す標準偏差は、部材種類などにより異なるが、最大10mm程度である。これは、設計かぶり厚さの設定で、最小かぶり厚さに上乗せした10mmとほぼ同じである。

施工後のかぶり厚さの分布が標準分布に従うと仮定したとき、最小かぶり厚さに安全のため上乗せした10mmが標準偏差と同じであれば、そのかぶり厚さを満足できない確率（不良率）は容易に計算でき、15%となる（**図3**）。

つまり、標準的な仕様に基づいて施工した場合、最小かぶり厚さを下回る不良箇所が最大15%の確率で発生する（以下、不良率の理論値）。

ただし、不良率の理論値は、実際の工事における不良率よりかなり大きい。これは、施工においてかぶり厚さを確保する工夫を行っていることに加え、実際の建物にはさまざまな理由から増し打ちがあることなど、かぶり厚さが自然と大きくなる要因があることによる。筆者らの調査によれば、不良率は最大でも5%程度で理論値の3分の1であった。

図3 最小かぶり厚さに対して最大15%の不良率が発生



JASS5 の標準仕様に基づいて施工しても、理論上、最小かぶり厚さに対して最大15%の不良率が発生する。これは瑕疵ではないと考えられる

しかし、低い値とはいえ不良率が存在するにもかかわらず、建築主は、最小かぶり厚さが100%満足されていると期待する。この点で、建築主と建築技術者との間に大きな認識ギャップがあるのは確かである。技術者側は専門家でない建築主に対して、一定の不良率が存在することは避けがたい事実であることを丁寧に説明する必要がある。

非破壊試験機器で測定

JASS5では、コンクリート工事後にかぶり厚さを検査するフローについても定めている（**図4**）。電磁誘導法という方式の非破壊試験機器を用い、コンクリートの表面にセンサーを接触させてかぶり厚さを測定する（**写真2**）。

この検査フローでも、前述した不良率の理論値15%が大きな意味を持つ。不良率が15%以下であれば、標準的な施工品質を満足していると判断する。**図4**の第1段階では、抜き取り検査の要領で、同一工区中の10%の部材数を選んでかぶり厚さを測定し、「最小かぶり厚さ>測定値」となる不良率が15%以下であれば合格と見なす。

15%を超えた場合、第2段階として対象部材数を20%に増やして同様に測定し、同じく不良率15%以下であれば合格とする。ここでも不合格の場合、第3段階として部材全数に対し検査を行い、同じく15%以下であれば合格となるが、不合格の場合には耐久性、耐火性、構造性能が設計図書の条件を満たすよう全面的

図4

判定基準は

「最小かぶり厚さに
対する不良率 $\leq 15\%$ 」

JASS5に規定されている、
かぶり厚さを検査するときの
フロー。ここでも、不良率の
理論値15%が大きな意味を
持つ。不良率が15%以下
であれば標準的な品質を満た
していると判断する

(※1) 検査箇所は、同一打ち込み日、同
一工区の柱、梁、壁、床または屋
根スラブから、かぶり不足が懸念さ
れる部材をおのおの10%選択し、
測定可能な面についておのおの10
本以上の鉄筋のかぶり厚さを測定
する。測定結果に疑義がある場合
は、破壊検査によって確認する

(※2) 第一段階での判定基準を満たしな
い場合は、かぶり不足が懸念され
る部材からおのおのさらに20%選
択してかぶり厚さを測定する

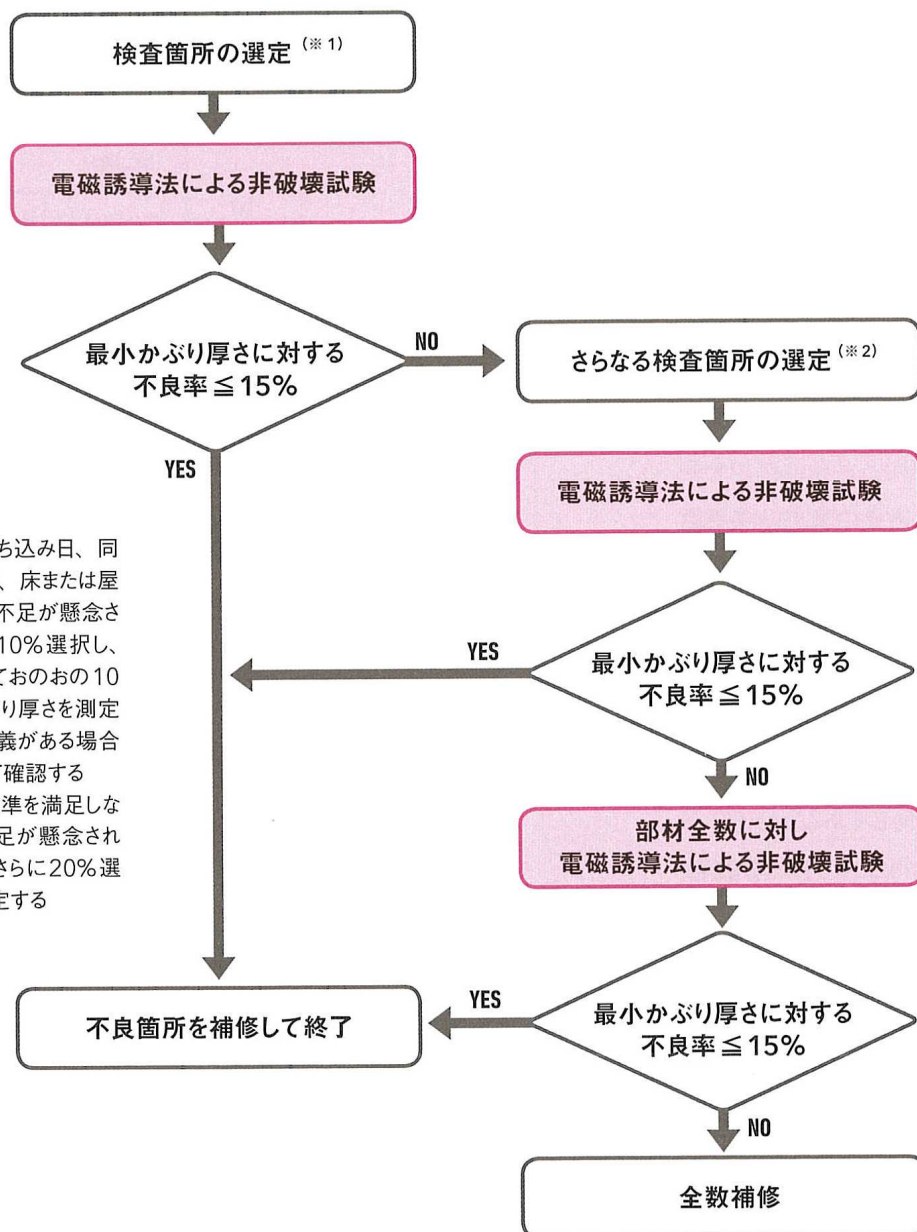


写真2 非破壊試験機器でかぶり厚さを測定

コンクリート内のかぶり厚さの測定には、電磁誘導法による非破壊試験機器を用いることが多い。これは、かぶり厚さが変化すると、交流電流による磁束が変化する原理を応用したもの。最初に鉄筋位置の間隔を確認したあと、かぶり厚さを測定する。かぶり厚さは、機器本体のディスプレイに表示される
(写真：鹿島)



1 鉄筋位置の間隔を確認

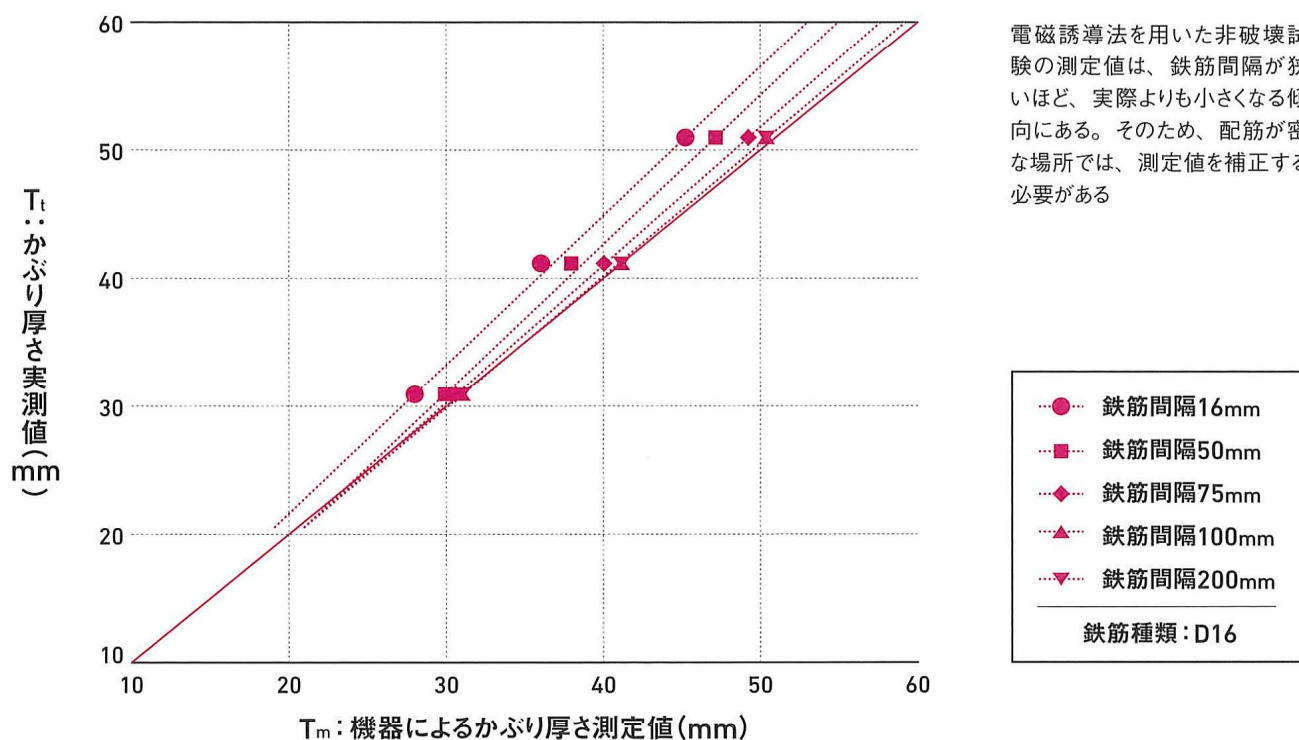


2 電磁誘導法によりかぶり厚さを測定



3 機器本体に結果を表示

図5 鉄筋間隔が狭いほど測定値が小さくなる



な補修が必要となる。

なお、第1、第2段階で合格の判定であっても、最小かぶり厚さが確保されていないことが判明した箇所については、補修によりかぶり厚さを回復する必要がある。また、かぶり厚さの非破壊試験に用いる電磁誘導法の機器が表示する測定値にも注意が必要である。

については、事前によく配筋状況を把握し、密な場合には適切に測定値を補正することが安全である。補正方法については、JASS 5付録のJASS5T-608に定められている。

かぶり厚さの重要性は社会的にもよく知られるようになっており、その不足をめぐってトラブルとなる事例も増えている。トラブルの根幹には、不良率を

ゼロにすることが工学的にほぼ不可能であるにもかかわらず、契約面では不良率ゼロが期待されているという、大きな認識ギャップがあると思われる。このギャップを埋めていくことが必要である。ここで述べた規定、検査方法などをよく理解し、設計と施工において、かぶり厚さ確保の信頼性を向上すべく、できる限りの努力をしてほしい。

測定値の補正も必要に

図5に、電磁誘導法の機器を用いた測定値と、実際のかぶり厚さの傾向を示した。測定値は鉄筋間隔が狭いほど小さい値を示す。すなわち、配筋が密な箇所は実際よりも小さな測定値となるリスクがある。測定箇所

ここがポイント

建築基準法上の「**法令かぶり厚さ**」を
満たしていないものは法令違反であり、瑕疵となる
 「**最小かぶり厚さ**」には**許容されるバラツキ**がある。
 これは発注者に丁寧に説明する必要がある。

かぶり不足の補修材は 防火性と耐久性で選ぶ

➡ 爆裂しない PCM 材料で剥落を防止

かぶり厚さの不足を発見した場合には適切な補修が必要だ。

ここでは、2013 年に公表された建築研究所と日建連の共同研究の成果に基づき、効果的な補修方法について解説する。

鉄筋腐食によるひび割れを防止するには、かぶり厚さの確保が極めて重要である。しかし、仕様書通りの標準的な施工をしても、かぶり厚さが必ず規定値を上回るとは限らない。施工後の部材のかぶり厚さには、どう

してもばらつきが生じる。そのため、標準的な施工をしても、最小かぶり厚さを下回る不良箇所が、最大15%の確率で理論上発生する。これは、既に述べた通りである。

大切なことは、施工時に躯体のか

ぶり厚さの不足を発見しとき、適切な補修方法によって是正することだ。ここでは、2013年に建築研究所と日本建設業連合会（日建連）がまとめた共同研究の成果なども踏まえながら、かぶり厚さ不足を効果的に補修する

図1

かぶり厚さ不足の 補修材料には防火の 具体的な規定がない

かぶり厚さ不足の補修の規定には、材料強度を規定した告示第1372号と、防火性能を規定した第1399号がある。しかし、1399号には具体的な仕様の記述がない

（資料：国土交通省および建設省告示をもとに筆者が作成）

補修に関する規定

補修材料の 強度に関する規定

平成13年国土交通省
告示 第1372号

規定の内容

補修に使用する樹脂（ポリマー）が、JIS A 6203（セメント混和用ポリマーディスページョンおよび再乳化形粉末樹脂）に適合するか、または同等以上の品質を有するものであること

JIS A 1171（ポリマーセメントモルタルの試験方法）に規定する曲げ強度、圧縮強度、接着強度、接着耐久性の試験結果が、下記に示す値以上であることが確かめられたもの

- ・曲げ強度 $\geq 6\text{N/mm}^2$
- ・圧縮強度 $\geq 20\text{N/mm}^2$
- ・接着強度 $\geq 1\text{N/mm}^2$
- ・接着耐久性 $\geq 1\text{N/mm}^2$

具体的に
記述されている

補修材料の 防火に関する規定

平成12年建設省
告示 第1399号

かぶり厚さが、告示1372号第2項の基準によるものにあつては、防火上、支障のないものに限る

具体的に記述されていない

方法について解説したい。

曖昧な補修材料の耐火規定

かぶり厚さの補修を規定したものには、国土交通省告示第1372号と建設省告示第1399号の2つの告示がある。

1372号は、補修の材料に関する規定である。コンクリートに代わり、かぶりとして認められる材料は、ポリマーセメントモルタル（以下、PCM）もしくはエポキシ樹脂モルタルと明記している。これらの材料性能として、曲げ強度、圧縮強度、接着強度、接着耐久性に関し、必要な値が具体的に定められている（図1）。

例えば、JIS A 1171（ポリマーセメントモルタルの試験方法）に規定する曲げ強度の試験結果が、 6N/mm^2

以上であることを確かめるように求めている。同様に、圧縮強度は 20N/mm^2 以上、接着強度は 1N/mm^2 以上、接着耐久性は 1N/mm^2 以上と具体的に記述されている。

このことから、かぶり厚さの補修に使用できる材料はPCMかエポキシ樹脂モルタルのみであり、従来の工事で慣用的に用いられてきたモルタルを使用した補修は、かぶり厚さとしては認められない。

もう一方の1399号は、防火に関する規定をまとめたものだ。ここには、補修後の部材が耐火構造としての性能を満たす必要があると規定されている。PCMかエポキシ樹脂モルタルを用いる場合であっても、それらが防火上支障のないものに限定と定められている。

しかし、どのような条件を満たせば

防火上支障がないと見なされるのか、具体的な記述がない。

1399号で防火上支障がない材料に限定するとすると、1372号でPCMとエポキシ樹脂モルタルがコンクリート代替のかぶり材料として採用できると明記されていても、その通りにはいかない。なぜなら、局所的な場合を除き、防火性能に問題があるエポキシ樹脂モルタルは採用できないと考えられるからだ。特に部材を面で補修する場合には採用が難しく、PCMしか使えないことになる。

さらに、防火だけでなく、耐久性の問題もある。かぶり補修後の部材が、補修の必要がない鉄筋コンクリート（RC）部材と同等の耐久性を有しているか確認する必要がある。これは、補修後の部材の耐久性が、採用する補修材料の性能により影響を受けるためである。

建研と日建連が共同研究

防火性と耐久性の問題を解決すべく、建築研究所と日建連は共同で研究を進め、2013年3月、その結果を「建築研究報告 No.147」にまとめた（図2）。筆者もこの報告書の取りまとめに関わったので、ここで内容を詳しく解説したい。

研究では、第一の課題である防火性を、耐火実験により確認している。図3のように、市販のPCM製品を使って、RC壁部材を補修した模擬部材を製作し、 1000°C を超える範囲まで加熱した。

耐火実験では、部材断面の鉄筋

図2
共同研究の成果を報告書に

防火性と耐久性の問題を解決するために、建築研究所と日建連は共同研究を進め、その成果を報告書にまとめた
（資料：建築研究所）

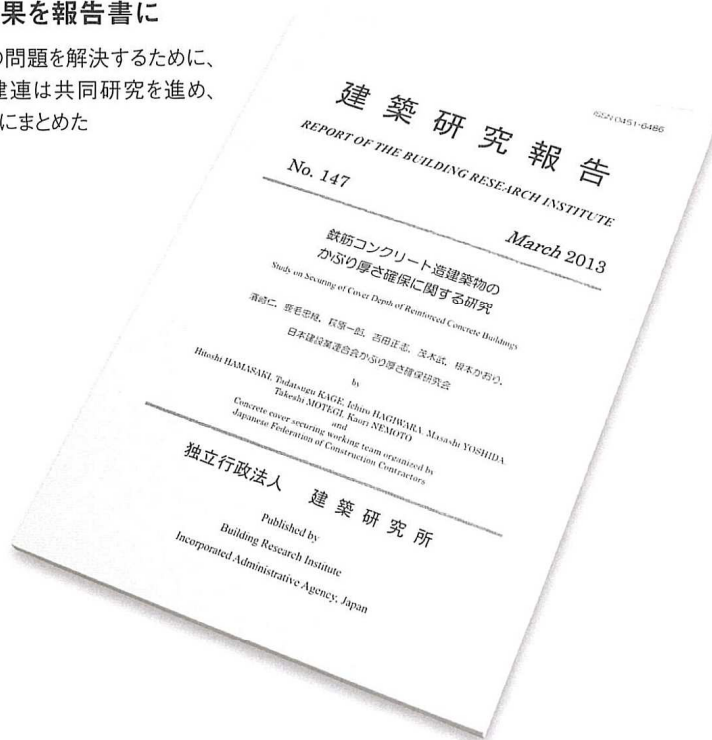
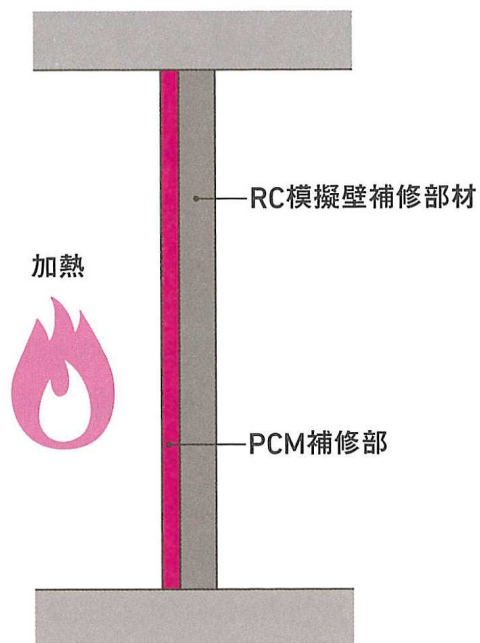
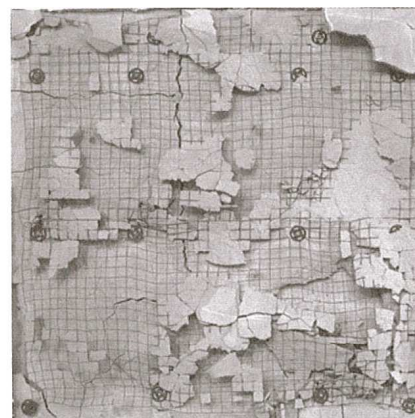


図3

市販のPCMで耐火性能に差



問題なし

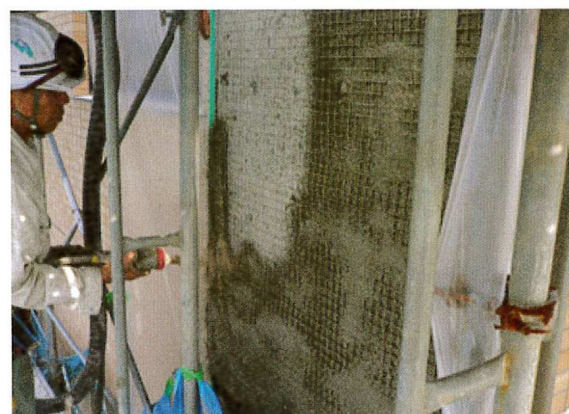
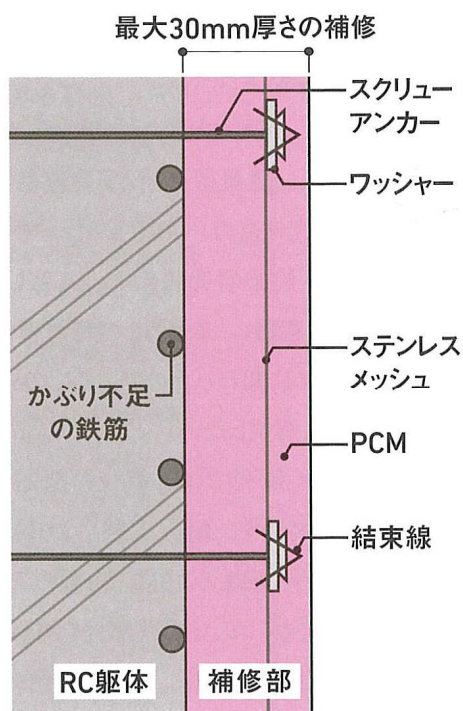


爆裂が発生

上図のような耐火実験を実施したところ、市販PCMの多くが爆裂を起こしたが、6製品は爆裂がなく使用可能と分かった
(資料と写真：図6まで「建築研究報告 No.147」をもとに筆者が作成)

図4

剥落防止措置を講じた工法



ここで示したのは、爆裂しないPCM材料を選定したうえで、補修部の剥落防止措置を講じた工法だ。この方法なら崩落の心配は少ない

写真1

メッシュとアンカーを緊結して固定

まず、下地処理として躯体表面を高圧洗浄。続いてドリルで削孔してアンカーを設置した後、ステンレスメッシュと緊結する。最後に、躯体表面にPCMを吹き付ける

1 下地処理（超高压洗浄など）



2 アンカー用削孔（ドリル）



3 メッシュとアンカーの緊結



4 吹き付け施工



温度を測定するとともに、加熱中の爆裂の有無、加熱後の表面状況を調べた。この実験で防火上支障がないことの条件は、鉄筋温度が550℃を超えないこと、PCMが爆裂しないこと、PCMによる補修部が既存部から剥離、剥落しないことである。

実験の結果、一部の製品を除いて、多くのPCM製品で爆裂が発生。過半のPCM製品はかぶり補修材料として適していないことが明らかとなった。また、加熱中に補修部と既存部の一体性が保たれていれば鉄筋温度を550℃以下にできるが、補修部の剥落が発生した場合には550℃以下を維持できなくなるので、確実な剥落防止措置が必要であることも分かった。

かぶり厚さ補修の施工法

これらの結果から、爆裂しないPCM材料を選定し、剥落防止措置を施した工法を図4のように提案した。具体的材料については日建連のウェブページに公開されている報告書を参照してほしい (<http://www.nikkenren.com/publication/search.html?current=2>)。

この工法は、既存躯体にスクリー式アンカーを設置し、このアンカーとステンレスメッシュをワッシャーと結束線で固定した方式である。

これらの研究成果は、「建築工事監理指針」（公共建築協会発行）の平成25年版のかぶり補修に関わる解説記述（6章9節）でも引用されていることから、標準的な工法として認知されたとみてよいだろう。

この工法の詳細な施工手順を、

写真1に示す。まず、既存躯体の表面を高圧洗浄などで目粗して下地処理を行う。次に、スクリーアンカー用の下穴をドリルで開け、アンカーを設置した後、これをステンレスメッシュと緊結する。続いて、既存躯体表面へPCMを吹き付けるか、こて塗りをして、最後に表面をこてで仕上げる。図5に、剥落防止措置に用いる材料の詳細をまとめておいた。

これらの仕様は、前記の耐火実験で効果が確認された組み合わせであり、これと異なる仕様を採用する場合には、耐火実験による確認が原則として必要となる。

補修部材の耐久性も検討

もう1つの課題である耐久性の検討も重要である。かぶりをPCMにより補修した部材は、コンクリートによるかぶりの場合と同等以上の耐久性を有している必要がある。この耐久性を確認するため、ポリマーセメントモルタルの中性化抵抗性を中心に、乾燥収縮特性、凍結融解抵抗性などについても実験で確かめた。

かぶりを補修した部材の耐久性のうち、最も重要な中性化抵抗性について述べる。図6は、市販のPCMを対象に実施した中性化促進試験の結果である。縦軸の中性化速度係数は中性化の速さを表しており、この値が小さいほど中性化への抵抗性が高く、高品質であることを示している。図中に破線で示した値は、標準的なコンクリートの中性化速度係数を表し

図5

剥落防止工事に用いる材料の仕様

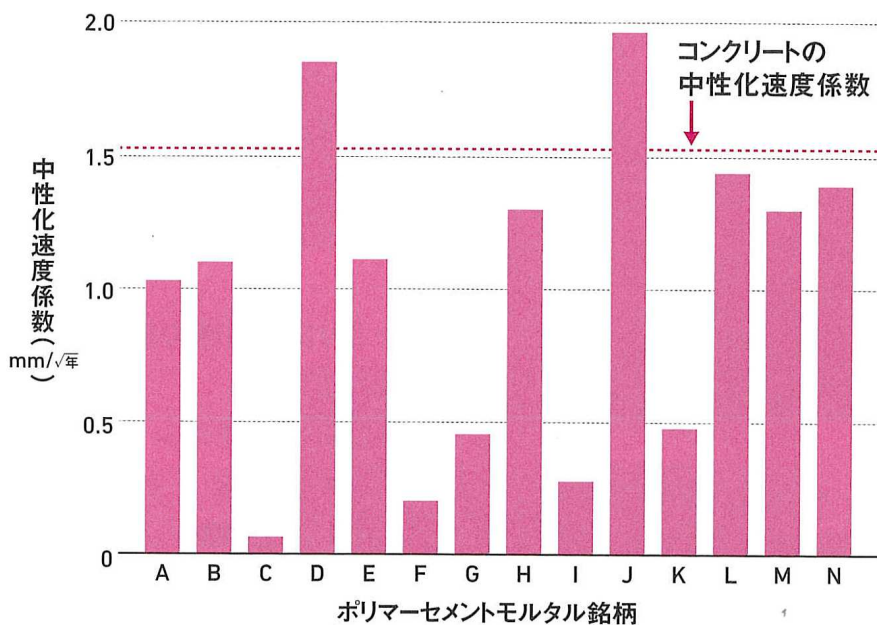
上記仕様は、耐火実験で効果が確認されたもの。異なる仕様を採用する場合は、耐火実験による確認が原則として必要となる

種別	適用
アンカー	ネジ固定式（スクリュー）アンカー （ステンレス製、埋込み深さ 30mm 以上）
ワッシャー	吹き付け工法用 ステンレス製丸ワッシャー（φ 20mm 程度）
	こて塗り工法用 ステンレス製丸ワッシャー（φ 20 ～ 40mm 程度）
補強用メッシュ	ステンレス製メッシュ （線径φ 1.0 ～ 1.2mm、メッシュ間隔 25mm 程度）
ステンレス結束線	ステンレス製 #20 程度

図6

ポリマーセメントモルタルの 銘柄別の中性化速度

市販 PCM の中性化促進試験の結果をまとめた。縦軸の値が小さいほど中性化抵抗性が高い。図中の破線は、コンクリートの中性化速度係数。大半の PCM がコンクリートの耐久性を上回っている



ており、少なくともこのレベルよりも PCM の値が小さいことが望ましい。14 銘柄のうち、2 つを除いてはコンクリートの性能を上回っており、ほとんどの PCM 材料で耐久性上の問題は少ないことが分かる。

かぶり厚さを高い信頼性で確保することは施工者の責任であるが、補修が必要となった場合には、補修が必要でない部材と同等の性能を確保するため、ここで示した内容を参考に補修をしてほしい。

ここがポイント

規定のかぶり厚さを下回る不良箇所が発見されたときは、
適切な補修方法によって是正する

**補修材は、防火・耐久性の両面で
問題のない性能を備えていることが
必要である**