

マンションリフォームのための調査診断方法

10年前に比べると、大規模なマンションのリフォーム工事は比較にならないほど活発化しており、その内容も高度化、多様化している。

外壁を例にとれば、10年前には単純な仕上材の塗替えや、ひび割れ、欠け部分の補修が中心の、応急処置かつ表面上の工事が主流であったのに対し、現在ではコンクリート躯体の劣化改修をはじめ開口部まわり、庇、パラペットなど各部位にわたって抜本的なリフォーム工事が大規模に実施されるケースが多くなっている。

これは、コンクリート建造物の劣化に対する認識が一般に高まり、より長期的な耐久性を求め、なおかつ新築時以上にグレードアップしたリフォームを求められることが多くなっているからである。

この背景には建築物の劣化程度を診断し、劣化原因を判定する調査診断技術の進歩と普及があると言える。リフォーム需要の増大とともに調査診断の必要性とその手法についても一般の認識は高まっている。

しかし、ともすれば調査診断がリフォーム工事受注のための営業手段として利用されたり、発注者が経費を惜しむあまり、おざなりな調査診断で済まされるケースも現実には多い。そこで当稿ではマンションのリフォームのために必要な調査診断について、各種の手法と考え方について、できるだけ平易なかたちで一般のマンション関係者にも理解頂けるよう改めて述べてみた。

なぜ調査診断が必要か

半永久的と信じられていたコンクリート系建築物も徐々に劣化していくことは、最近では常識となっている。

建物は、風雨、光、熱、地震等の自然要因や人的要因により、経年とともに老朽、劣化が進行する。イオウ酸化物等の大気汚染物質の多い現在では、コンクリートの中性化や雨水の浸入によって想像以上に建物が傷んでいることが少なくない。しかし専門家による的確で総合的な建物調査が行われないと大きな問題を残してしまう。仕上材の脱落、亀裂、漏水、鉄筋露出等の故障や躯体劣化の要因が補正されないまま改修工事が行われ、美観上の処理のみに止まっているケースも残念ながら多く見うけられる。

改めて、調査診断の目的を述べるならば、究極的には建物の劣化の程度が、どのレベルであるかを判定し、原因を特定することにある。この結果に基づいて、改修工事をいつ、どのような方法で実施するかが決定されるべきである。現実的な調査診断のメリットをあげると次のようになる。

経済的な改修設計(工事)ができる

科学的調査方法により故障の原因を究明し、対象建物各部位ごとに傷み具合にあわせたオリジナルな改修仕様や、改修工事の優先順位を決めることができるため、効率的、経済的な改修工事が可能になる。過剰な品質性能仕様や低品質(手抜き)の改修工事がなくなる一般に施工業者やメーカーによる調査診断は無料サービスで行われているが、科学的で正確な調査診断は投資金額に対して経済効率の高い改修工事ができるため、結果的に調査診断に費用がかかっても、割安となる。むしろ、過剰な品質性能や低品質(手抜き)工事も発生しない。

中・長期修繕計画の確立が容易になる

科学的調査により、建物の劣化度が明らかになれば、その時点での改修工事に役立つだけでなく、中・長期修繕計画も作成が容易となる。

故障箇所の早期発見ができる

民法 717 条により建物所有者や使用者に課せられている損害賠償責任を生ずる建物災害(タイル、モルタルの落ドなど)の予防や暇疵(欠陥)の早期発見ができる。

公平な入札や業者選定の資料になる

中立的専門的立場での調査に基づき作成された改修工事仕様書や数量内訳書により、入札を行うと公平で経済的な入札ができる。また改修工事仕様書に基づく正確な工事監理ができる。

あえて理解しやすい例をあげれば、人間の身体(建物)と医者(診断技術者)による健康診断の関係である。身体のどこかに異常を感じた時に診断を受けることによって病気であるかないか、病気だとすればどの程度の病気でどの程度進行しているか、治すためにどういう治療(改修工事)をすればよいのかがはっきりする。

問題は、人体に対する健康診断が手法としてほとんど確立されているのに比べ、建物診断はそこまで至っていないという点である。これは、治療法(改修工事)についても同じことが言える。

調査診断のポイントと各種調査診断手法の概要

調査診断が確実に実施され、建物の劣化状態、レベル、劣化原因が明確になれば、前述のように改修工事の実施にあたって大きなメリットがあることはもちろん、その後の修繕計画(積立金も踏まえて)策定も容易になり、総合的に建物の寿命が延びることになる。

さらに、究極的には、調査診断によって得られたデータを蓄積、分析し、その教訓を活かレフィードバックすることによって、新築の設計時、施工時に役立てることができる。改修時に問題を残さないような建築物が可能となる。したがって、調査診断への取り組みと技術開発、データの蓄積は今以上に積極的に行うべきである。

具体的な個々の調査診断技術について述べる前に、基本的な考え方についてふれておきたい。

建物の各部位・部材に発生する不具合、故障の類の発生原因は単純なものでないことが多く、地盤、建物の構造に起因するものもあれば、材料や施工に起因するものもあり、これら各種の原因が重なり合って生じていることも多い。

したがって、調査診断にあたる技術者は、間違った判断を下さないために建築全般を網羅した総合的知識を必要とする。

とかく技術的分野では、専門家が専門領域の事柄の説明に専門用語を駆使して行い、一般の人たちの理解を妨げている光景がしばしば見受けられる。建物の調査診断・改修関係の世界でも同様であって、同業者にも理解しがたいような報告書や見積書を、素人の顧客に提出しているのを見かけることがある。このことは、常々他山の石として受け止めなければならないと考えている。

最近、実際にお金を支払う側(顧客)の意識や知識も徐々に向上してきているので、専門家と素人との垣根を取り払った客観的でわかりやすい科学的な調査結果に基づいた資料の提出を求められるようになってきている。調査診断業務にたずさわる者として、いわゆる専門馬鹿に陥らないように留意するとともに、技術的向上に努める必要があると自戒している。

調査診断の実施にあたって注意すべき点は、まず建物をできるだけ幅広い視野でトータルに見ることである。例えば外装仕上げの診断であっても、建物の構造、材質はもちろん履歴、環境条件、使用形態をも考えたうえで判断を下すべきである。と同時に劣化の進行が集中しやすい末端部分(庇、パラペット天端、手すり付け根)などには細心の注意を払わなければならない。

調査診断にあたっては、常にマクロとミクロの両方の眼を持たなければならない。

また、診断技術者は、建物をゆっくり、じっくり、数多く見て、建物の劣化の法則性を体験や五官を含む体感を通して知ることや、その建物固有の変状、故障等を把握し解決できるような豊富な改修設計の知識をもつことが必要である。

建物調査のポイントとなる箇所について述べると次のようになる。

- ①パラペット部、斜め壁と壁の交差部付近など太陽の放射エネルギーによる熱膨張の影響を受ける部位
- ②地震などの外力により建物躯体に生じる変形に追従できない外装材(モルタル、タイル等)や大きい拘束力を受ける部位
- ③雨水が乾きにくい形状をしている部位
- ④設計上、施工上の無理がある部位等

③、④の故障原因については特に説明を要しないと思われるので事例紹介の写真で見て頂くことにして、ここでは①および②の故障原因について述べる。

太陽熱の影響による故障の発生と成長

パラペット部、斜め壁と壁の交差部付近などに生じる故障の要因は、太陽の放射エネルギーによる受熱が、水平面と垂直面あるいは斜め面とで大きい差があるためと考えられる。真夏には関東地区での太陽高度は最大 80 度近くにもなり、ほとんど真上から太陽光が当たることになる。このため外壁面と水平面の受熱量には非常な格差を生じる。その結果、それぞれの面の伸び量に差が生じ、ひび割れ、浮き等の故障を発生させる。

また、すでにパラペットの笠木裏面に空隙があるような場合や、タイルやモルタルが浮いている場合には、表面材だけが熱せられて高温になり、その熱が躯体コンクリートへなだらかに伝わらなくなる。表層だけの温度が上昇し膨張する結果、躯体との間に面内せん断的な力が働き剥離を助長する。

このような故障の発生・成長を防止するためには、表層仕上げ材の膨張を逃がしたり吸収したりするような措置が必要である。

パラペットの笠木裏面の空隙に外壁の改修で行われているエポキシ樹脂注入を行った場合、エポキシ樹脂は熱を伝えにくいいため、故障原因としてはそのまま残されていることになる。毎年夏が来るとともに水平面の表層が熱せられて膨張するがその量は躯体の膨張に比べ格段に大きく、この結果生じる面内力に対してエポキシ樹脂の接着力ではもたないので故障が再発することになる。

直達日射量

太陽高度による水平日射量鉛直日射量と屋上平面図

(日本においては、夏季において水平日射量と鉛直日射量が著しく異なり、建築故障発生の大きな原因の1つになっている)

温度変化による長さの伸び

●熱膨張率 = $\frac{\text{温度変化による長さの伸び}}{\text{もとの長さ} \times \text{温度変化}}$

●体膨張率 個体の体膨張率は線膨張率×3と考えるとよい

図-1 直達日射量

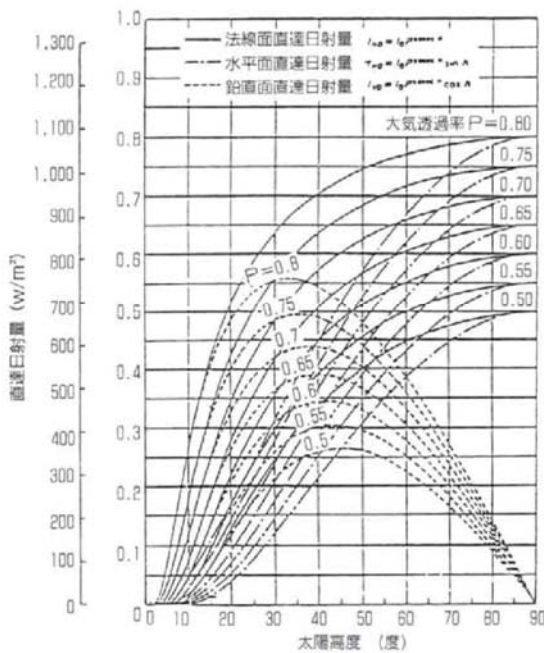


図-2 屋上平面

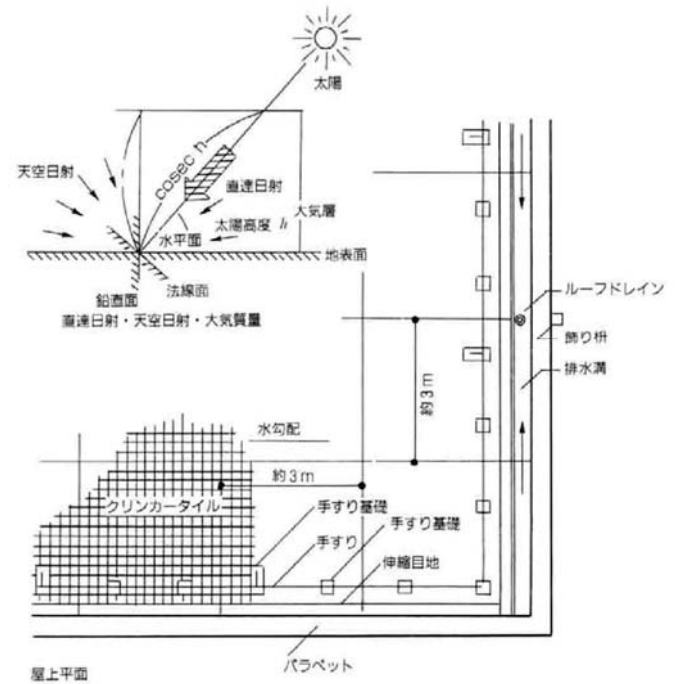


図-3 バラベット廻りの屋上笠木や屋上土間の線膨張による故障のメカニズム

屋上土間に伸縮目地が有効に設けられていない場合は、簡単にバラベット立上りは、押し出される。この場合、バラベットがはね出汁となっていて外壁が仕上モルタルの場合、特に危機となる。

屋上 PC 笠木、モルタル笠木、コンクリート躯体笠木の大半は、有効な伸縮目地が設けられていない場合が多い。

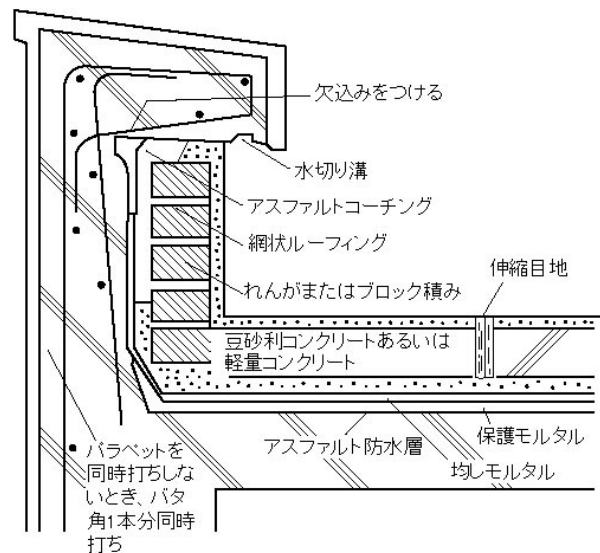
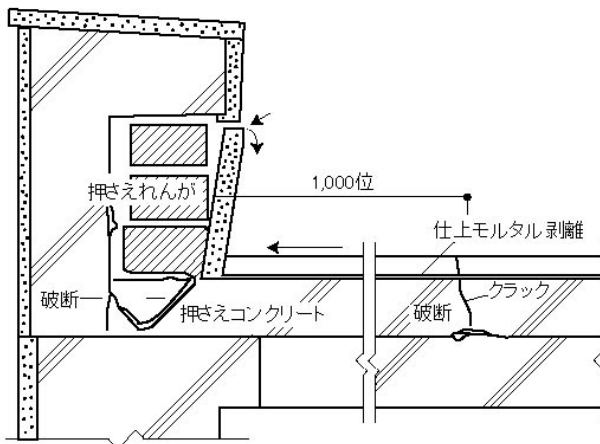


図-4 盤内の温度分布の時間変化

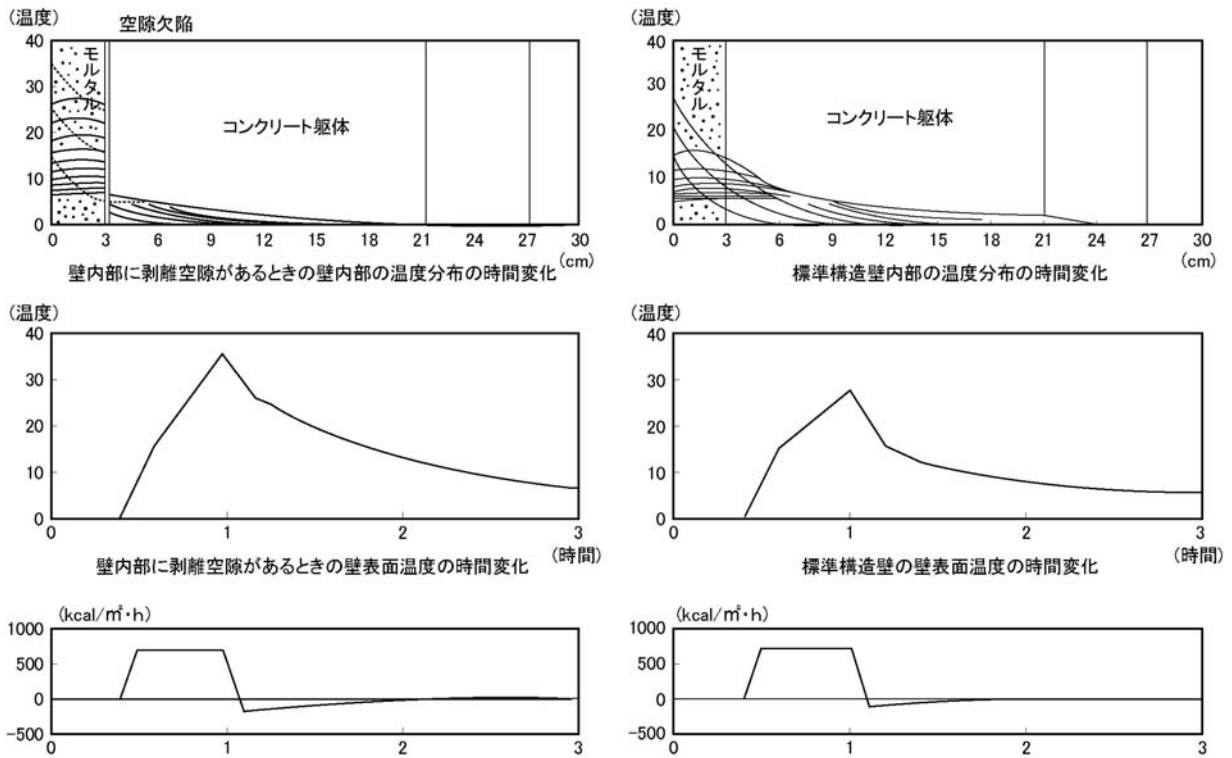


図-4 壁体内に剥離故障がある場合(左側)と標準構造の場合(右側)の壁内の温度分布の時間変化(剥離故障部は、蓄熱の過程で剥離した仕上材と躯体との間に著しい温度差が生じ、結果的に剥離故障部の線膨張は健全部や躯体より多くなる。) 図-5 外力により建物が水平面で変形した場合、外壁側柱深型より外部に突出している連続した腰壁などは、変形量が大きくなるため、仕上材が厚塗りされているケースでは、仕上材が躯体変形に追従せず剥離故障が再発する恐れがある。 図-6 建物が不同沈下により変形している場合仕上材が躯体変形に追従せず剥離故障が再発する恐れがある。

図-5

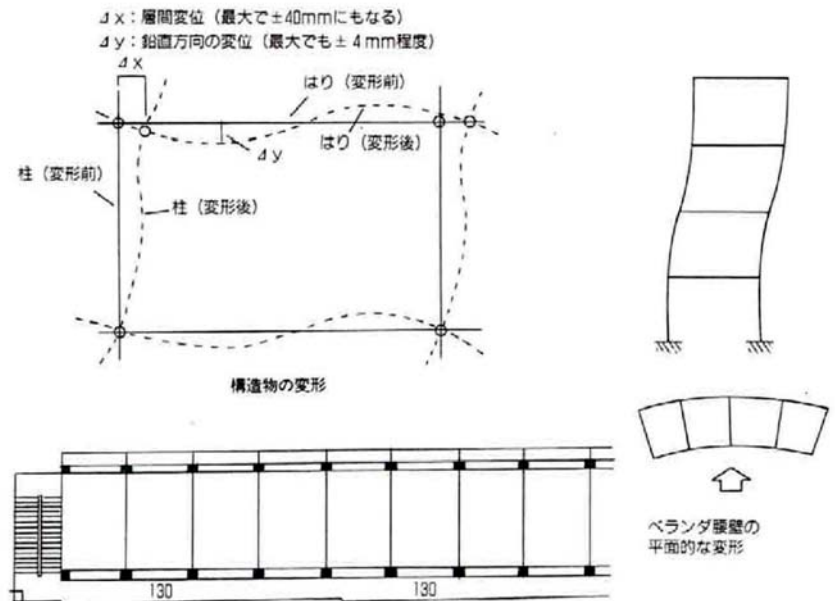
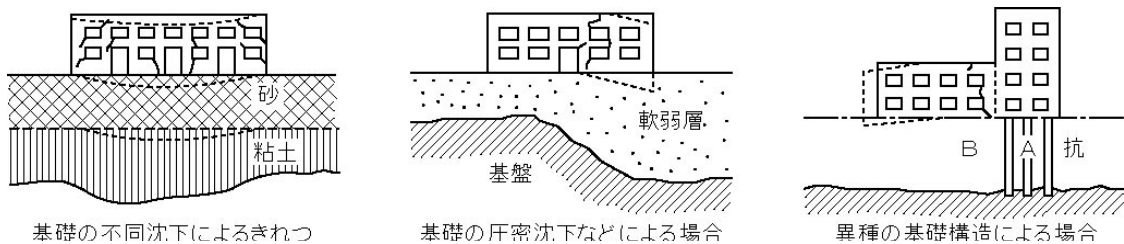


図-6



建物の変形による外装材の故障発生

地震などの外力や不同沈下等により、建物躯体に変形が生じる。この変形にほとんど追従できない外装材(モルタル、タイル等)や、大きい拘束力を受ける部位には浮き、剥がれ、ひび割れ等の故障が発生する。建物の剛性、強度や部位の納まり等により故障発生の程度は異なるが、改修の際に例えば適当な間隔に外装材に目地を設けるとか、エキスパンションジョイント、伸縮目地等を設けるなどして建物の変形や変形に伴う強制力を吸収できるようにディテールを工夫することにより改善を図ることができる。

マンションの調査診断(主として内装、設備機器を除いた共用部分)を実施するにあたって、主な部位と劣化現象を並べると別表のように非常に複雑多岐にわたる。ほとんど同じ現象を各部位で起こす場合もあるが、別な条件が働く場合もあるので診断にあたってはできるだけ細かくチェックすべきである。

最も一般的な劣化現象と部位は、外壁における仕上げの汚れ、タイルやモルタルの浮き、ひび割れ、欠損、鉄筋露出、屋上における漏水(防水層の不具合)などであるが、それぞれが種々雑多な原因、様相を呈している(これらの現状は別稿の「写真で見る集合住宅の劣化見本帳」を参照していただきたい)。例えば、汚れ1つをとってみても、通常の大気汚染によるものから、シーリング材からの汚染、エフロレッセンス、錆、苔、藻などさまざまであり、屋上からの漏水でも単純な防水層の劣化では片付けられない複雑な要素がからみ合っている。

したがって、正確な診断結果を得るためには科学的な手法も交えて、各部位に生じる原因を想定した診断を実施しなければならない。

次に現状の診断手法について述べていきたい。

予備調査

設計図書および建物履歴等の調査

予備調査は改修設計の基礎的な情報を収集するための、いわば初期の調査である。

調査対象建物の概要・設計・施工者・規模・履歴・関係図書・内外部の環境など、現地に出かけなくても資料や関係者からの聞き取り等で済ませられる調査もかなり多い。予備調査の段階では、調査対象建物に関する設計図書(図面、仕様書)のほか、地盤調査関係資料(地質柱状図、載荷試験結果等)、構造計算書、施工計画書、施工記録(施工図、材料検査・試験記録等)、設計変更・修繕・改修・被災等の記録等の収集に努める。併せて、建物名称、所在地、用途、建設年、設計者、施工者、建物規模、構造種別、基礎形式、環境条件、調査・診断の動機等も調査記録する。

特に、設計図書(特に平面図、立面図、断面図等の一般図)は調査結果を記録するために欠かすことができない。しかも、その有無は以後の調査や改修設計に要する労力、期間、経費等に大きく影響するので、着手に先だって最初に確認する。

現況調査

予備調査段階での現況調査では、足場やゴンドラを用いなくて目視または簡単な器具等を用いて調査対象建物の外観状態を観察し、劣化・異常現象の有無とその程度、仕上材の種別等からその原因を調べ、それを基に修繕・改修工事の計画・設計を行う。

この予備調査結果だけでは修繕・改修設計ができない場合には、必要な事項について当調査を実施する。

調査方法は目視調査を主とするが、スケール(巻尺、コンベックスルール、スタッフ、柵目等)、クラックスケールなどを用いた簡単な寸法測定や、簡単な器具を使用して表面硬度、傾斜、打診等の調査も行う。近づきにくい部位の故障の観察には双眼鏡や望遠鏡が有効な場合がある。

異常現象の種類にかかわらず、次の調査を行う。

①異常現象の種別は、これを生じている建物の平面上、立面上の位置および大きさ、範囲を記録する

②関係者からの事情聴取を行い、異常現象の発生時期やその進行速度を判断する

③異常現象部分を写真記録(カラー)する

④異常現象ごとの調査方法も記録しておく

さらに、それぞれの異常現象に関しては、次に示すような点を調査する

1) ひび割れ

ひび割れの方向・長さ・幅を図面(平面図、立面図)上に記録する。ひび割れ発生の原因推定ができるものには、それぞれのひび割れに次のようなコメントを付記する。

①鉄筋発錆時の膨張圧によるもの

②コンクリートの収縮によるもの

③コンクリートの膨張によるもの

④建物の形状(構造的にバランスの悪い建物、建物の一辺が極端に長い等)

⑤地震力により躯体と仕上げ材の挙動の差により生じたもの

⑥太陽放射エネルギーの受熱量が面によって異なるために生じたもの

⑦過荷重・不同沈下によるもの

2) 豆板、コールドジョイント

豆板、およびその補修箇所については、そのおおよその面積または体積がわかるように寸法測定し、コールドジョイントについては長さを測定する。

3) 断面欠損

a)断面欠損している部分の形状や発生位置の特殊性を調べ、次のようなコメントを付記する。

①形状の特殊性

②不定型、定型(円錐状、Vカット状、層状など)

③位置の特殊性(隅角部に多い、屋上面に多い、北面に多い、仕上げのない部分に多い、廃ガスや液をかぶる部分に多いなど)

b)断面欠損部のディメンション(直径、長さ、深さ、体積など)がわかるように寸法測定する

c)断面欠損の原因を推定し、次のようなコメントを付ける

①外力によるもの(過荷重、衝撃、振動など)

②内力によるもの(鉄筋発錆、凍結、膨張性骨材、化学作用等)

建物のひび割れ、浮き等の調査(目視、打診)

目的、概要

既存建物のコンクリート躯体に生じたひび割れは、建物の耐久性・構造耐力の低下につながる深刻な劣化現象であり、しかも克明に観察すれば程度の大小はあるにせよ、大抵の建物にはひび割れは発生している。

ひび割れが、タイル、モルタル等の仕上げ材に単独で生じている場合もあるが、躯体のひび割れに伴い仕上げ材とともに発生していることも多い。躯体のひび割れが不同沈下、過荷重等の原因で成長・進行状態にある場合は、外装仕上げの補修を行っても故障の再発は避けられない。したがって、コンクリート躯体のひび割れの発生原因を推定し、その対策を検討しておくことは、躯体・仕上げを含めた建物全体の保全上重要なことである。

最近、タイル、モルタル等の仕上げ材が剥落して人身事故に至った事例をしばしば耳にする。このことは、事故発生にまでは至っていない建物にも、故障箇所が潜在している可能性が高いことを意味している。また、仕上げ材の浮きには、ひび割れを伴わない場合も想定されるので、ひび割れの調査にあたっては予備調査の段階から打診を併用して、浮きの有無も調べる。

予備調査段階での現況調査で、タイル、モルタル等の仕上げ材にひび割れ、浮き等の故障が認められる場合や懸念される場合には、足場やゴンドラ等の仮設を利用してなるべく広い麗囲にわたって調査することが望まれる。

この調査の際に仕上げ材の浮きの程度によっては、危険防止のために除去、剥落防止ネットの必要性の有無等を判断し措置する。

躯体コンクリートや仕上げ材に生じるひび割れ等の故障は、構造物の種類、環境条件、使用材料などによってさまざまなパターンを示すが、単一の原因であることは少なく、複合して発生することが多いので、構造・材料・施工等建築全般にわたる広い目で判断する必要がある。

1) 調査項目

- ①ひび割れの現状(パターン、幅、長さ、貫通の有無、異物充填の有無など)
- ②ひび割れ部周辺の状態(表面の乾湿、汚れ、剥がれ、剥落など)
- ③その他の故障状況(仕上げの浮き・剥がれ等の範囲など)
- ④故障発生の経過(発生または発見時期、成長経過など)
- ⑤発生障害と経過(漏水、エフロレッセンス、鉄筋の錆、部材のたわみなどの発生と経過)
- ⑥設計図書等(設計図、構造計算書など)
- ⑦施工記録等(使用材料、調合、打ち込み・養生法、工程、管理試験データ、地盤・基礎、型枠、環境条件など)
- ⑧建物の使用・環境状態(載荷状態の履歴、環境変化、地震・火災等の被災歴など)

2) 測定方法

ひび割れ・浮き等故障箇所の記録は、建物の平面図、立面図上に方眼目盛りを記入しておいたものに記入していくと正確に能率よく調査を進めることができる。

建物表面に、格子状のマークをいれることができれば、図面状のそれと対比できるので精度を一層高めることができる。ひび割れ先端の位置は、コンクリートの応力状態の推定やひび割れの成長・停止を推定するために重要であるので、十分観察し記録する必要がある。

ひび割れ幅の測定は、クラックスケール、ルーペなどを用いて行う。ひび割れ幅の変動を測定する場合には、コンタクトゲージ、クリップゲージ、ストレインゲージ等を用いて行う。コンタクトゲージは、建物表面に貼付した評点間の距離をメカニカルに測定する測定具であり、後の2者は、建物に取り付けたゲージにより電氣的に測定する測定具である。ひび割れ箇所近づける場合は別として、足場を設けなければ近づけない箇所のひび割れ測定は大がかりな調査になる。

補修・改修工事の規模・工事費の算出を目的に行うひび割れ長さの調査では、ひび割れ幅が0.05mm程度以上のものが対象になるが、1本の連続したひび割れを補修する部分と補修しない部分に区別することもないので、目視で確認できるひび割れを記録し集計する。

ひび割れが貫通しているかどうかは、漏水の有無。両面のひび割れパターンなどで確認できる。また、超音波を利用して、ひび割れの深さを測定することもできる。

ひび割れ部周辺の表面の乾湿、汚れ、剥がれ、剥落、鉄筋のさび汁の有無などの状況も併せて観察・記録する。

これらは見落としがちな微細なひび割れの存在を示したり、故障発生の前ぶれを示している場合がある。

ひび割れがどの時期に発生したかも、原因推定の要素となるので情報収集に努めることが望まれる。特に、型枠の取り外し時期に発生していたかどうかは大きなチェックポイントである。

ひび割れの認められる箇所について、漏水、エフロレッセンス、鉄筋露出、部材のたわみ等の障害が出ているのかも観察し、設計図書、施工記録、建物の使用状態、環境状態等と併せて総合的に原因を推定し、対策を検討する。

仕上げ材の浮きの有無については、打診法とともに赤外線熱画像装置(次章参照)を併用して、範囲・程度等を調査する。打診調査には一般にテストハンマー、球形テストハンマーを用いる。タイル仕上げの場合には、打音波形解析装置を備えた剥離検知器を利用することができる。

これらの調査には必ず状況を写真を撮影して記録する。

外装材の赤外線映像による診断

目的、概要

建物の外装材(タイル、モルタル等)の落下に伴う人身事故が間々報道されている。こうした事故を防止するために、外装材を調査して剥落の恐れのある箇所を補修しておく必要がある。

外装材の浮きの有無を調べるために、打診法、反発法、超音波法、表面温度測定法等の調査法が従来、開発・実用化されてきた。このうちで、表面温度測定法に属する赤外線映像装置を用いて外装材の浮きを調査する方法が脚光を浴びている。

建物の外壁面に、太陽光の照射や天空輻射があると外装材の温度が上昇する。外装材に浮きの生じている部分があると、躯体との間に熱の不良導体である空気層が存在することになるため、この部分の外装材の温度上昇速度は早くなり、結果として外壁表面の温度分布が一樣ではなくなる。このことを利用し、赤外線映像装置を用いてリモートセンシングにより壁面の温度分布を熱画像として捕らえ、浮き・剥がれ部分の分布を診断することができる。この方法は、広い壁面を比較的短時間に調査・診断することができる。

また、赤外線熱画像装置を用いて、四季それぞれに建物の各面、各部位の受けている太陽の輻射熱による熱的影響を知ることで、熱伸縮に起因して発生する応力や変位を考慮した的確な改修のための診断を下すこともできる。

1) 適用

建物外壁の浮き・剥がれの調査に適用するほか、気象の変化や人工加熱、摩擦熱、冷暖房などによって生じる表面温度の変化や分布を解析することにより、調査対象を破壊することなく下記のような調査、探査が可能である。

- ①外壁タイル、モルタルの剥がれ・浮き調査
- ②コンクリートのひび割れ・内部空隙等の異常探査
- ③漏水箇所・屋上露出防水雨水浸入範囲の探査
- ④表面結露・壁体内結露の分布調査、原因探査
- ⑤カビ発生域分布調査・原因探査
- ⑥冷蔵・冷凍庫等の熱損失調査
- ⑦断熱状況の診断・ヒートブリッジの探査
- ⑧建築設備・プラントの熱損失・異常過熱調査
- ⑨冷暖房空調域バランス・空内環境快適域調査
- ⑩埋設管位置・埋設管破損探査
- ⑪材料の性能調査・外装工事の改修後の診断
- ⑫その他あらゆる表面温度を利用した非破壊調査

2) 適用上の注意

a) 気象条件

天候は晴天で風の弱い状態が望ましい。曇天であっても、外壁の健全部と故障部の温度差が明瞭に現れる場合には測定は可能である。

雨天、および降雨後で壁面が濡れている場合、湿度が高く外壁が結露している場合は測定不可能である。冬季は、外壁健全部と故障部の温度差が最も明瞭に現れる。夏季の夜間の温度が下がらない地域では、コンクリート躯体や外壁の健全な部分が蓄熱により温度が下がらず、太陽の輻射熱や風などの自然気象条件の変化に伴い変化するタイル剥離部やモルタルの浮き故障部の温度差が明瞭に出ないため、測定ができない場合がある。

b) 基準点の確認

気象の変化や時間の経過ごとに、赤外線画像装置でとらえた画像が現実の外壁面のタイル剥離部やモルタルの浮き故障部と一致しているかどうかを確認しながら調査を進めることが重要である。

外壁の健全部と故障部の表面温度は、直達日射の有無や太陽の位置、気温の変化、風(風の温度、相対湿度、速度)等により、壁面の表面温度の分布はリアルタイムに変化する。この変化の中には、健全部と故障部の温度が同じになったり、健全部より高かった故障部の温度が低くなるような変化も含まれている。このことは、故障部として設定した診断基準温度領域が、気象条件の変化に伴い健全部にまで及ぶことや、現実の故障部より小さい範囲として赤外線映像に表示される場合があることを意味する。

C) 基準点の設定

基準点は、外壁の受けている条件の違うごとに、タイル剥離部やモルタルの浮き故障部に設定する。赤外線映像装置で探知したタイル剥離部やモルタルの浮き故障部を打診確認したうえ、基準点としてその位置を外壁上にマーキングする。マーキングは、窓、ベランダ、開放廊下などを利用して行うが、必要な場合は吊り足場を使用して行う。また、建物に近接している樹木、塀、建物などの影響により赤外線調査システムを使用できない場合には、吊り足場を用いるなどして打診調査を実施し補完する。

次の各場合について、外壁面のタイル剥離部やモルタルの浮き故障部を打診確認の上、基準点を設ける。

- ①外装仕上げ材の異なるごと、あるいは面の異なるごと
- ②同じ仕上げ材であってもその色(明度、彩度、色相、艶)が異なる場合は、色の異なる面ごと
- ③日当り面、日陰面ごと
- ④建物の面の違い、部位の違いごと
- ⑤屋内側で空調が行われている場合は、空調されている範囲と、されていない範囲ごと
- ⑥外壁と受熱量、蓄熱量の異なるパラペット、斜め壁等、およびそれらの互いに接する部位
- ⑦その他、季節や立地条件、風などの気象条件、対象部位の位置等により表面温度が異なると想定される部位

内視鏡による嬉物診断(浮き, 中性化,

目的、概要

鉄筋コンクリート造の建物で、躯体の表面にモルタルを施したうえモルタル塗り、タイル張り等の外装仕上げを行っているものが多く見かけられる。この種の外装の建物では、経年による老朽化に伴ってモルタルやタイルに浮きやひび割れを生じがちで、外装材の剥落を防止するために外側からエポキシ樹脂接着材等を注入する等の補修工事が行われている。

このような補修工事を行うにあたっての事前調査として、仕上げ背面の浮き、ひび割れの深さ・幅・長さ、あるいは接着材選定のための被接面の湿潤状態や、躯体コンクリートの中性化深さ等を補修の必要性を含めて診断する必要がある。

今までこうした目的の診断には、故障と思われる部分の外装材表面から内部へ向け、ダイヤモンドカッターを用いた採取コア試料(直径 5~10cm 程度)、あるいはその部分を直接はつり出しての目視観察により調査が行われてきた。しかし、コア抜き作業が大がかりであったり、調査孔の痕跡の修復も実際上なかなか困難である等の難点があった。

また、このような診断は、補修工事の際に注入、接着等の施工確認や監理の手段としても必要であるが、上記と同様の理由で実施を困難なものにしていた。

この種の診断へ内視鏡(ボアスコープ)を活用することにより、補修工事の事前調査や施工確認に必要な調査を、従来のような破壊調査に近く、大がかりでかつ修復困難な大径孔を穿孔する方法に代わり、容易かつ正確に実施することができる。

1) 調査方法

この調査方法の概略は、あらかじめテストハンマー等により外装材の浮き、剥がれ部分を確かめた後、

- ①外装材の表面からあとで容易に修復できる実質上非破壊に近い 10mm 内外の調査孔を内部に向かって穿孔する

②この調査孔内面に、外壁表面側からひび割れの深さや幅を測定するための内視鏡を挿入する。調査孔内での内視鏡の移動と回転をできるようにするためのアダプター筒内に側視型内視鏡を挿入し、調査孔内壁を観察・記録することにより剥離、欠損、漏水補修等の事前の調査や、施工後の確認をすることができる。アダプター筒には、内視鏡の孔内への挿入深さを知るためのスケールを付してある以下に内視鏡で可能な調査と補修工事実施上の注意を述べる。

2) タイル、モルタル背面の浮き間隙の位置調査

タイル、モルタル背面の浮きを補修する際、アンカーピンニング・注入併用工法が採用されることが多い。この工法は、ステンレスピンを挿入してタイルやモルタルの浮き部分を躯体コンクリート部に固着させる工法である。

注入接着補修に先だち、タイル、モルタル背面の浮き間隙幅や浮きの発生位置・面数を確認しないまま推定でアンカーピンの長さを決定しているために、アンカーピンがコンクリート躯体とタイルや、モルタル各浮き層等相互や有効に定着していないケースが見られる。また、

タイル下地モルタルが薄い場合には、注入によるタイル下地モルタルのはらみ出しが顕著となり、注入中にタイルの剥離させてしまうこともあるので、浮き層、浮き間隙幅を事前に確認しておくことが必要である。

タイル、モルタル背面の浮きを内視鏡を用いて確認し、アダプター筒内面のスケールでその位置を読み取るとともに写真撮影して記録する。

3) タイル、モルタル背面の浮き間隙幅の調査

タイル、モルタル背面の浮き間隙幅や、補修工事時に施工温度への配慮がなされていなかったために、下部接着材が流出してしまっていたり、注入接着不良となっているケースが多数見られる。

なお、エポキシ接着剤のタイプには、夏用・冬用・高粘度タイプ、低粘度タイプ等数種類あり、その中から現場の躯体の温度や、浮き間隙幅に応じた粘性のものを選んで使用することが必要である。

タイル、モルタル背面浮き間隙幅は、内視鏡を用い確認された浮きの間隙幅をアダプター筒内面のクラックスケールで読み取るとともに写真撮影により記録する。

4) タイル、モルタル等の背面の乾湿状態調査

接着工法や接着剤の選定、工程管理のため、被接着面の乾燥・湿潤状態を確認しておく必要がある。湿潤状態の確認には、塩化コバルト混合試薬粉を孔内に吹き込み、湿潤状態であれば試薬粉が変色するのを観察する方法がある。また、湿潤計を用いることもできる。内視鏡を用いて調査・記録する。

タイル、モルタル背面の浮き部分が湿潤している場合には、エポキシ樹脂を注入しても十分な接着効果が得られない。湿潤用エポキシ樹脂を使用した場合でも、水と反応して白濁したエポキシは、接着力が落ちるのでバイパス孔を設けて白濁したエポキシを排出する必要がある。

5) 被接着面の接着障害要因の調査

被接着面に泥、カビ等が存在すると注入剤の接着障害が生ずる、泥やカビは、加湿すると変色するので、内視鏡により調査・記録する。

6) アンカーボルト等の定着用孔の粉塵清掃状況調査

アンカーボルト等の定着用孔内に切削粉塵が残されていると、定着不良を生じさせるので孔内の清掃状況を内視鏡で調査・記録する。

7) 注入剤の分布状況の調査

注入口から単位距離ごとに調査孔をあけ、内視鏡を用いて外装材裏面の浮き部分への注入剤の注入状況を確認・記録する。

8) ひび割れの深さ、幅の調査

壁等のひび割れに添って調査孔をあけ、アダプター筒内面のスケールによりひび割れの深さ、幅を内視鏡で調査・記録する。

9) コンクリート欠損補修箇所の界面剥離調査

躯体コンクリートの欠損補修箇所に、一度に大きな欠損補修を行って生じただけ、収縮により、躯体部分と補修部分の界面に隙間を生じていることが多い。この隙間を伝って浸入する雨水により、遠からず鉄筋が発錆膨張して躯体の故障が再発することが予想される。タイル、モルタル背面の浮き間隙幅の調査に準じて調査・記録する。

10) 防水保護モルタル背面水の調査および記録

タイル、モルタル等の背面の乾湿状態の調査に準じて調査・記録する。

11) サッシまわりの漏水調査

漏水原因となっている箇所へ調査孔を設け、ひび割れの有無、ひび割れ幅、サッシまわり空隙の大きさ等を内視鏡を用いて確認し、充填材(発泡型,無収縮型等)選定のための事前調査、補修後の確認を行う。

12) その他

内視鏡は拡大鏡としての機能も備えているので、カーテンウォール等の孔食、外壁の表面ひび割れ幅の記録、塗膜劣化状況等の記録にも応用できる。

タイル・塗膜の付着力試験

目的、概要

建物外装のタイル張りは、躯体を保護し建物の美観を長期にわたって保つ特色をもつ優れた仕上げ方法である。

しかし、最近タイルの剥落事故やこれに伴う人身事故がしばしば発生して一般の関心を集めていることでも分かるように、同じような事故発生の可能性を秘めたタイル張りの建物は意外に多い。

タイル張りは、手張り・先付け等で躯体と一体化をはかる工法であるため、基本的に躯体の変形に追随できる能力が乏しいため、剥離、脱落、浮きを生じやすい欠点をもっている。

また、建物外装に用いられている塗装仕上げは美粧を主な目的としているが、経年による劣化は避けられない。塗膜の劣化は変退色、光沢度低下、白亜化、汚れなどのほか、ふくれ、われ、剥がれ等を生じてその機能を失う。

タイルや塗膜の劣化を測る尺度として、躯体との接着強さがあり、タイルや塗膜の躯体との接着強さ(付着力)を調査するために用いられる試験器には、「建研式」と呼ばれているものと、軽量の「準建研式」と呼ばれている接着力試験器がある。塗膜の付着力調査用には、「準建研式」が適している。いずれも油圧式の加力器である

1) タイルの接着力試験

調査箇所は建物の面別と対象建物の規模により定める。タイルの劣化が一様に進行していない場合には、劣化の程度に従ってランク分けして測定する。

a) 試験方法

- ①アタッチメントのタイル面へ接着する側の面を紙やすりで磨き、シンナーで拭いて油脂分を除去する。アタッチメントは試験対象タイルと同サイズのものを使用する(40mm 角未満のタイルについては、4枚一組として試験を行う)。
- ②タイル全周の目地中央をコンクリート面に達するまでディスクサンダー等を用いて切断する。
- ③上記アタッチメントを測定箇所に強力な接着材で接着し、押し付けた後ガムテープ等で固定・養生する。
- ④接着力試験機とアタッチメントを、取付け用ねじで結合する。
- ⑤油圧ハンドルを回転させて、アタッチメントに引張力をかける。
- ⑥メーターの指示値を記録し、アタッチメントの面積で割算し $c \text{ m}^2$ 当りの接着強度を求める。なお、タイルが大きくなると単位面積当りの接着強度は低くなる傾向がある。
- ⑦破断・剥離面の状態を確認・記録する。なお、タイルの接着力にはバラつきがあるので、判断を誤らないためできるだけ多くの試験を行って、平均値の大小だけでなく、バラツキの程度を確かめることが望まれる。

タイルの浮きの補修を、アンカーピンニング・注入併用工法で補修した場合等に、上記の試験方法のうちの②を省き目地を存置したままで引張り試験を実施し、面としての強度を測定することによりその補修効果を確認する方法がある。この場合ジャッキの反力枠をあつらえてスタンスを広くしてやる必要がある。

b) 旧塗膜の付着力試験

調査箇所は建物の面別と、対象建物の規模により定める。塗膜の劣化が一様に進行していない場合には、劣化の程度に従ってランク分けして測定する。

c) 試験方法

- ①アタッチメントの旧塗膜へ接着する側の面を紙やすりで磨き、シンナーで拭き油脂分を除去する。
- ②上記アタッチメントを測定箇所に強力な接着材で接着し、押し付けた後ガムテープ等で固定・養生する。
- ③ガムテープを取ってもずれない状態に接着剤が硬化するのを見計らってガムテープを除去し、アタッチメントの周辺沿いに下地に達するまでカッターを入れる(接着剤が完全に硬化してしまうとカッターが入りにくくなる)。
- ④接着力試験機とアタッチメントを、取付け用ねじで結合する。
- ⑤油圧ハンドルを回転させて、アタッチメントに引張力をかける。
- ⑥メーターの指示値を記録し、アタッチメントの面積(通常 $4 \times 4 \text{ cm} = 16 \text{ c m}^2$)で割算し $c \text{ m}^2$ 当りの接着強度を求める。
- ⑦破断・剥離面の状態を確認・記録する。

⑧塗膜の付着力や劣化の総合判断をする場合は、付着力試験の結果に、塗膜をカット(クロス、柵目等)を入れ、粘着テープを用いて塗膜のむける状態や破断状態を確認・記録する。弾性塗膜の場合には、このピーリング試験を必ず併用する。

⑨旧塗膜の材質を特定する場合は、成分分析を行う。

⑩補修工事で旧塗膜上にシーラーを塗布する場合は、あらかじめ旧塗膜との適合性確認試験を行う。溶剤系シーラーを用いる場合は、シーラー塗布後溶剤による旧塗膜の膨潤・ちぢれ・剥離等の発生の有無を調べる。また、シーラー塗布・乾燥後について①～⑦の試験を実施する。

⑪塗膜の付着不良は、旧塗膜下地の風化やプラスタリシン等、シーラーの浸透しない下地材の未撤去や、旧塗膜とシーラーや塗膜材が適合しない場合に顕著に生じるこのような事態を未然に防ぐために、旧塗膜の付着力試験や破断状況の観察、旧塗膜の櫛別を調査する必要がある。

軟質膜の厚さ測定

目的、概要

最近、ウレタンゴム系塗材やアクリルゴム系塗材の建築への普及は目ざましく、外装材、屋上防水材、床材として欠かせないものとなっている。ウレタンゴム系塗材やアクリルゴム系塗材の耐候性や耐摩耗性は、塗膜の厚さと膜厚の均一性によるところが大きく、塗膜厚の監理は施工監理上の重要事項である。

現在では、この塗膜厚は、間接的な確認法として出庫伝票による材料の出庫置の確認、使用済み缶数のチェックによる塗布量の確認による監理、また直接的な施工塗膜の確認法として塗膜の切取り試験や超音波膜厚計による計測監理が行われている。

前者は、標準塗布量からの塗膜厚さの推定であって、塗膜厚の均一性についての確認方法としては疑問が残る。後者の切取り試験では、切取箇所が漏水の原因となる恐れがあるため検査箇所や箇所数が限定される。また、超音波膜厚計は、高価であるほか、検知部の接触状態により大幅に測定数値が変わるため測定に熟練を要する。

ここで紹介する貫入式の軟質膜厚計「マックゲイジ」は、塗膜等被覆材の表面と貫入量検出針の先端間の変位量をダイヤルゲージの目盛やデジタル計で表示するように構成してあるので、熟練を要することなく、誰にでも容易に、确实かつ迅速に被覆材の膜厚を測定することができるだけでなく、切取り検査のように被覆材を傷めることがないので漏水事故の発生につながる恐れもない。

1) 測定方法

a) 測定器のゼロ調整

①ダイヤルゲージ式の場合

- 機枠にある目盛盤の固定ボルトをゆるめる。
- 測定器を付属の定盤の上に置き、機枠の目盛盤を回転して目盛盤のゼロ点と表示針を合わせる。
- 目盛盤の固定ボルトを締めて機枠に固定する。

②デジタル式の場合

●測定器を付属の定盤の上に置き、リセットボタンを押す。

b) 軟質被覆材厚さの測定

①ダイヤルゲージ式の場合

ヘッドレバーにより被覆当接部(スライド軸)を持ち上げ、測定する軟質被覆材に検出針を貫入したのち、測定する軟質被覆材上に静かに下ろし検出針と被覆材の先端間の変位量を小目盛盤、大目盛盤の目盛りから読み取る。(小目盛盤：1目盛り 1mm、大目盛盤：1目盛り百分の1mmを表示)

②デジタル式の場合

ヘッドレバーにより被覆当接部(スライド軸)を持ち上げ、測定する軟質被覆材に検出針を貫入したのち、測定する軟質被覆材上に静かに下ろし検出針と被覆材の先端間の変位量をデジタル計の表示値から読み取る。

なお、測定値を記録・印刷できる装置を取り付けることもできる(オプション)。

防水材・シーリング材の劣化度調査と漏水調査

目的、概要

「雨・露をしのぐ」ということは、建物の基本的な要求性能であるにもかかわらず、実際問題として屋根、ベランダの防水仕舞、防水層の劣化から雨水の浸入・浸透に悩まされている建物が多い。屋根・シーリング防水の耐用年数は、躯体の耐用年数より短い場合が多いため、防水部分の保全は建物の長寿命化のために欠かせないことである。

「建築防水の耐久性向上技術」(建設大臣官房技術調査室監修)では、防水を

①屋根メンブレン防水(アスファルト防水・シート防水・塗膜防水)

②シーリング防水(建築用シーリング材,建築用コーキング材)に分類している。

防水部分の調査では、これらについての故障の発生原因を把握し、補修・改修のための資料を得る。

1) 屋根メンブレン防水の調査

防水関係の劣化現象としては、ふくれ、損傷、立ち上がり入隅底部の浮き、表面のひび割れ、ルーフィング相互の接合部の剥離、立ち上がり部のずり落ち、立ち上がり端部の劔離・口あき、防水層の破断(押え・下地のムーブメントによる)表層の減耗があげられる。

これらについての調査では、漏水箇所の確認、防水納まりの確認、漏水発生条件、漏水程度、被害状況のほか、植物の繁茂、粉塵、異物などによるドレーンの詰まり、押え層の劣化(ひび割れ、せり上がり、欠損、凍害等)、伸縮目地部の異常等について目視にスケールを併用して調査・記録する。

必要に応じ、試料採取による防水層の健全度確認試験、押え層の裏面状況の確認等の調査を付加する。試料採取による物性試験は一種の破壊試験であることから、原則として期待耐用年数を経過した防水層、漏水を生じている防水層について実施する。また、すでに漏水を起こしている建物には、漏水部分を特定する調査を実施する必要がある。

特殊なガスや臭いを室内側の漏水出口から送り込んで、屋上等外部側でガスまたは臭いを検知するものが効果が高い。この結果、漏水の原因が、明確になれば改修も容易になる。

2) シーリング防水の調査

シーリング材には、シリコーン、変成シリコーン、ポリサルファイド、ポリウレタン、アクリル、SBR、ブチルゴム、油性コーキング等非常に種類が多く、既存建物のいろいろな部分で多様な使われ方をしている。

シーリング施工の際の接着面の乾燥状態や、シーリング材の断面形状、清掃や材料の攪拌等の施工不良によって、経年劣化とは無関係な故障も生じる。

また、その使用目的や単価により材質の異ったシーリング材が使用されているため、改修の際、既存シーリング材の撤去や清掃を十分に行うのはもちろんのこと、既存シーリング材と相性のよい材料を選んで重ね打ち、打ち増しをしないと簡単に剥離・故障を生じる。

シーリングの調査は、目視観察にスケールを併用して行うほか、試料採取を行って、充填材の付着状況、活性状況、目地の形状測定、シーリング材の種別判定、硬化率測定等を行い改修工事仕様決定の資料とする。

結露調査

目的、概要

気密性が高く暖房設備の整った建物では、室内外の温度差によって壁表面に結露を生じることが多く、この湿気や結露に起因してカビが発生する。これに伴い、カビの孢子による小児や老人のぜんそく、カビを食うダニや発癌性のカビの発生、畳、壁紙、天井ボード等の室内仕上げの汚染等が多発して社会的問題としても取り上げられている。

現在、結露を防止するために断熱工法が行われているが、これだけでは目的を達するには限度がある。人が生活することによって発生する水蒸気は、夜間に室温が下がって露点温度に達すると、室内の壁、天井、床に結露水として付着してしみこむ。昼間留守となる住居では、日中太陽の輻射熱や外気温の上昇に伴い、水分が室内の床、壁、天井から室内の空气中に蒸発する。日没となり外気温が降下するに伴って、室温は下がり露点温度に達すると再び室内の床、壁、天井に結露水として付着してしみこむことが繰り返される。このため昼間留守となる住居の室内は、帰宅後換気しても十分湿気を排出することはできない。

また、燃焼部開放型の暖房器等を使用した場合も、ガスや石油の燃焼に伴って発生する水蒸気が室内空気を加湿する(露点温度:空気中の水蒸気が不飽和の時、この空気の温度を次第に下げてゆくとある温度で飽和状態に達し、さらに下げると水蒸気の一部が凝縮して物体の表面に露を結ぶ。この初めて露を結ぶ温度をいう)。

ビルの空調に伴う暖気も加湿されて送られている。この水蒸気も、室温の低下にともない床、壁、天井、サッシ等にしみ込んだり、表面結露したりする。こうした状態のもとでは、室内に水分を生じることが防止することは非常に困難であるといえる。

建物に生じる結露は、「表面結露」と「内部結露」に分けられる。表面結露は、室内の湿った空気が飽和温度以下の壁・天井等に触れたときに水蒸気が水滴に変わって付着する現象である。内部結露とは、室内外の水蒸気圧の差によって壁体、屋根等の中を通過する水蒸気が、低温部分でせき止められる現象をいう。

既存建物で実施する結露調査は、結露生成の原因をつきとめ防止対策をたてるために行うもので、現場での実測調査は結露が発生している状態の時を選んで実施すると能率がよい。

対象建物での結露発生メカニズムを把握するための調査項目としては、

- ①対象建物の概要(平面図、立面図、断面図、各部詳細図等)
- ②対象建物の床・壁・天井・屋根など各構成部位の構造、材料、寸法、熱伝導度等の把握
- ③建物内外の温湿度、風向、風速、気流分布
- ④壁、床、天井等の表面および内部の温湿度分布
- ⑤水蒸気発生源の把握

1) 調査方法

結露調査にあたっては、調査の目的・程度に応じてつぎの測定器を組み合わせ実施する。測定は、結露の認められる時期に、24時間以上継続して行うことを原則とする。

電子式の測定器ではセンサーで得た各種の計測情報をデータログに収録し、コンピュータで処理することもできる。また、温度計、湿度計、水分計等各種の測定器を組み込んでセットにしたものも提供されている。その他、調査には次の機器・方法等も併用されている。

2) 内視鏡

調査対象の壁面等に、径10mm程度の孔をあけ、対象物の実際の構造や湿潤状態を内視鏡で観察するとともに、湿度、水分等の測定にあてる。

3) 赤外線映像装置

赤外線映像装置を用いて、断熱材の効果、熱橋(ヒートブリッジ)の有無、表面温度分布等を調査する。

4) 炭酸ガスによる換気回数の調査

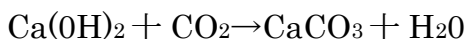
対象室内に炭酸ガスを放出し、その濃度低下状況を測定することにより該当室の換気回数を調査する。この方法で換気ファンの能力評価をすることもできる。[JIS A 1406 屋内換気量測定方法(炭酸ガス法)の準用]

コンクリートの中性化深さと鉄筋の発錆状況調査

目的、概要

鉄筋コンクリート構造物の寿命は、コンクリートの中性化深さが内部鉄筋の表面に及んだ時点とする炭酸化説が支配的である。コンクリートは打設された時点では、セメントの水和生成物である水酸化カルシウム Ca(OH)_2 などにより、強いアルカリ性(pH12~13程度)を示している。このような状態のコンクリート内部の鉄筋は、その表面が不動態化しており、腐食から免れている。

しかしコンクリート中の水酸化カルシウム Ca(OH)_2 は、経年するうちに、表面からしだいに空気中の炭酸ガス CO_2 と反応して炭酸カルシウム CaCO_3 となり、アルカリ性を失っていく。



炭酸化が鉄筋の表面まで達すると、鉄筋表面の不動態化の条件がくずれ、腐食しやすい状態となる。鉄筋が腐食(錆)すると著しい体積膨張を伴うため、コンクリートにひび割れや剥落を生じさせる。そして、この部分から水や空気が侵入することにより一層鉄筋の腐食(錆)は促進され、鉄筋コンクリート造建物の構造耐力低下を促進させる。

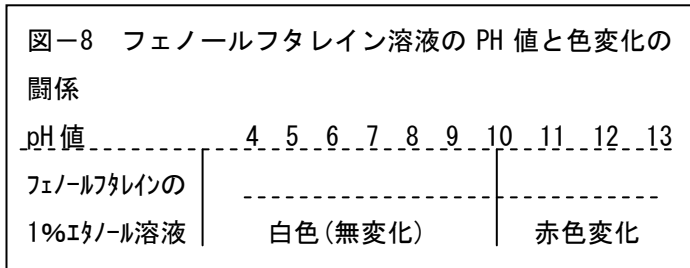
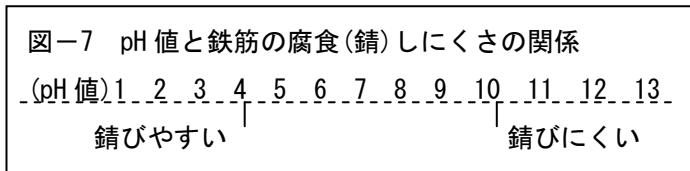


表-1 鉄筋腐食のグレード

| グレード | 鉄筋の状態 |
|------|---|
| A | 黒皮の状況、または錆は生じているが全体的に薄い緻密な錆であり、コンクリート面に錆が付着していることはない。 |
| B | 部分的に浮き錆があるが、小面積の斑点状である。 |
| C | 断面欠損は目視観察では認められないが、鉄筋の全周または全長にわたって浮き錆が生じている。 |
| D | 断面欠損を生じている。 |

したがって、コンクリートの中性化深さと鉄筋の発錆状況を調査することは、鉄筋コンクリート構造物の耐久性を判断するための資料として重要な意味を持っている。

1) 調査方法

a) 中性化深さの調査

- ①小径のダイヤモンドコアドリルを用いて、躯体からテストピースを抜き取る。
- ②抜き取ったテストピースを、水洗い等によりコンクリート粉を丁寧に清掃する。
- ③フェノールフタレインの1%エタノール溶液を抜き取ったテストピースに散布する。
- ④コンクリート表面から着色境界線までの距離を、中性化深さとしてスケールで測定する。

2) 鉄筋の錆

a) 目視調査

鉄筋位置と考えられる部分に鉄筋に沿った規則的なひび割れが発生しているかどうかを目視観察する。規則的なひび割れの発生が認められるときは、鉄筋を傷めないように注意しながら鉄筋の位置までかぶり部分のコンクリートをはつり取り、鉄筋の発錆状態を確認する。

はつり出された鉄筋を目視観察するとともに、ノギスを用いて鉄筋の直径を測定する。鉄筋が錆びている場合には、ワイヤブラシで錆を落してから測定する。

3) 自然電位測定による鉄筋腐食調査

自然電位の測定によりコンクリート内部の鉄筋の腐食状況を推定する方法は、ASTM C876-77 に規定されている。躯体内の一部の鉄筋とコンクリート表面との電位差を測定し、内部鉄筋の腐食状況を検出する方法である。

①ASTM では次のように鉄筋腐食の確率を定義しているが、あまり絶対視することは危険である。

-200>測定電位 E(mV):90%以上の確率で腐食が生じていない

-350 ≥ E ≥ -200:不確定

E > -350 190%以上の確率で腐食が生じている

②経年して乾燥の進んだコンクリートでは測定精度が低くなるケースがある

③測定には、電位が一定になるまでに1点当り10~20分程度見込む必要があるので注意する

4) 構造物の余命判定基準算定式(参考)

建物の外部側で実測した各点での中性化深さ x を用いて、次式に従い構造物の余命を推定する。

$$T = t_0 / x^2 \cdot D^2 - t_0 = t_0 (D^2 / x^2 - 1)$$

ここに T: 構造物の余命(年)

t_0 : 試験時の材令(年)

x : 試験時の中性化深さ(cm)

D: 鉄筋のかぶり厚さ(cm)

上式は、新築後の躯体コンクリートの実際の中性化の進行速度を基にした、調査後の余命の推定式である。鉄筋のかぶり厚さやコンクリートの中性化深さによって算定結果が大きく左右されるので、大きな影響を与える鉄筋露出故障箇所、ジャンカ箇所、故障箇所と健全部の比率、工期の別等を勘案したうえでかなり密度の高い調査が必要である。

参考文献 1

- 1) 「ひびわれ調査、補修・補強指針」(日本コンクリート工学協会)
- 2) 「大規模修繕、改修措置判定方法」(建設省大臣官房宮庁営繕部)
- 3) 「寒地技術シンポジウム 85 講演論文集」(田代)
- 4) 「建築資料集成 1 環境」(日本建築学会)

表-2 予備調査項目表

| 部位 | | 調査項目・注意慧事項等 | | | |
|---------------------------------------|---------|-------------|-----------------------------------|--|--|
| 大分類 | 小分類 | | 調査項目 | 主な分類 | 補足および注意事項 |
| 外壁 | 一般面 | 種別の確認 | 構造躯体 | SRC・RC・PC・鉄骨・組積ほか | 使用材料および構造形式の種別を確認することは、改修計画を立案する上欠かせない事項である。 |
| | | | 仕上下地 | コンクリート・モルタル ALC 各種ボード類ほか | |
| | | | 仕上材 | 無し・仕上塗材(塗装・吹付)・タイル・天然石・人造石・パネル・シーリング材ほか | |
| | 故障現象の調査 | ひび割れ | 構造主体・仕上下地・仕上材ほか | 構造的にも重大な故障現象は、ほとんどの場合表層に劣化・故障として現れる。また、外気から各種の劣化要因も表層からの劣化・故障を即すことになる。したがって、表層の注意深い観察は、重要である各故障の位置的な規則性、故障数量の単位面積当りの発生比率などを調査記録し、その建物の固有状況を知り、改修計画を立案する。 | |
| | | 汚れ | 漏水・錆汁・雨垂れ・エフロレッセンスほか | | |
| | | 断面欠損 | 鉄筋露出・ジャンカ・素穴・欠けほか | | |
| | | 浮き・剥離 | 仕上材、仕上下地材ほか | | |
| | | 表層劣化 | 変色・退色・光沢度低下・白亜化・ふくれ・剥がれほか | | |
| | | その他 | 既存補修部の仕様、劣化・異物の混入ほか | | |
| | パラペット | 笠木 | 種別の確認 | 取付方法 | 一体型(張付け型・塗付型ほか)・機械結合型(嵌合式・固定式)ほか |
| 仕上下地 | | | | コンクリート・モルタル・スチール・アルミ・ステンレスほか | |
| 仕上材 | | | | 無垢・表面処理材(塗装・吹付)・タイル・天然石・人造石ほか | |
| 故障現象の調査 | | ひび割れ | 出隅入り隅・柱上部・モルタル層各所ほか | パラペット笠木は、防水機能上非常に量要な部位であり、鉄筋露出や浮き、ひび割れの発生によって外壁仕上材背面や防水層内へ雨水の浸入する原因となる。また外壁面の美観上の問題である雨垂れ汚れを起こす可能性も非常に大きい部位でもある。各故障の位置的な規則性、故障数量の単位面積(または長さ)当りの発生比率などを調査記録し、その建物の固有状況を知り、改修計画を立案する | |
| | | 汚れ | 漏水・さび汁ほか | | |
| | | 断面欠損 | 腐食・鉄筋露出・ジャンカ・素穴・欠けほか | | |
| | | 表層劣化 | 孔食・腐食・変色・退色・白亜化ほか | | |
| | | その他 | ジョイントシーリングの劣化(または断面不足)破断・勾配不良ほか | | |
| 立上り壁 立上り打継廻り 下り壁 軒天 斜壁、斜屋 | | 種別の確認 | 構造躯体 | SRC・RC・PC・鉄骨ほか | 使用材料および構造形式の種別を確認することは、改修計画を立案するうえで欠かせない事項である。 |
| | | | 仕上下地 | コンクリート・モルタル・各種ボード類ほか | |
| | 仕上材 | | 無垢・表面処理材(塗装・吹付)・タイル・天然石・人造石・パネルほか | | |
| | 故障現象の調査 | ひび割れ | 構造主体・仕上下地・仕上材。防水押え層の膨張による押し出しほか | パラペット立上り、下り壁、斜壁、斜麗横、軒天および打継廻りは、防水機能上非常に重要な部位であり、また落下危険性が非常に大きい部位でもある。各故障の位置的な規則性、故障数量の単位面積(または長さ)当りの発生比率などを調査記録し、その建物の固有状況を知り、改修計画を立案する。 | |
| | | 汚れ | 漏水・さび汁・雨垂れ・エフロレッセンスほか | | |
| | | 断面欠損 | 鉄筋露出・ジャンカ・素穴・欠けほか | | |
| | | 浮き | 仕上材・仕上下地ほか | | |
| | | 表層劣化 | 変色・退色・光沢度低下・白亜化・ふくれ・剥がれほか | | |
| | | その他 | 既存補修部の仕様、劣化・異物の混入ほか | | |

表-3

| | | | | | | |
|-----------|--------------------------------------|---------------------------------|---|--|--|---|
| 建具 開口部 | 窓 ドア ガラリ 換気口 ウエザー カバー | 種別の確認 | 取付方法 | 打ち込み・埋め出し・はめ込みほか | 使用材料および取り付け方式の種別を確認することは、改修計画を立案するうえで欠かせない事項である。 | |
| | | | 構成材料 | アルミ・スチール。ステンレス・木・ガラス・シーリング・ガスケットほか | | |
| | | 故障現象の調査 | 建てつけ不良 | 歪み・枠内への雨水浸入・室内への雨水の浸入ほか | | |
| | | | 部材劣化 | 金物類の変形、破損・ガラス取付部材の脱落・ガラスの破損・枠材の腐食ほか | 建具・開口部は、軍内環境の調整、および設備機器の正常運転に重要な部位であり・また外壁面の美観上の問題である雨垂れ汚れを起こす可能性も非常に大きい部位でもある。 | |
| | 目地 | 種別確認 | 構成材料 | 弾性シーリング・塑性シーリング・モルタル。コンクリート・成形目地ほか | | 使用材料および構造形式の種別を確認することは、改修計画を立案するうえで欠かせない事項である各故障の位置的な焼則性。故障数量の単位面積当りの発生比率などを調査記録し、その建物の固有状況を知り、改修計画を立案する。 |
| | | 故障現象の調査 | 汚れ | 漏水・錆び汁・雨垂れ・エフロレッセンスほか | | |
| | | | 断面欠損 | 鉄筋露出・ジャンカ・素穴・欠けほか | | |
| | | | 剥離 | 剥離・破断・脱落ほか | | |
| | | | 表層劣化 | 硬化・ひび割れ・白亜化・ふくれ・剥がれほか | | |
| | その他 | 既存補修部の仕様、劣化・異物の混入ほか | | | | |
| 面台 | 種別確認 | 構成材料 | モルタル・コンクリート・PC・天然石・人造石・アルミ・スチール・ステンレスほか | 使用材料および取付方式の種別を確認することは、改修計画を立案するうえで欠かせない事項である。 | | |
| | 故障現象の調査 | ひび割れ | 構造躯体・仕上材ほか | | 各故障の位置的な規則性、故障数量の単位面積(または長さ)当りの発生比率などを調査記録し、その建物の固有状況を知り、改修計画を立案する。 | |
| | | 汚れ | 水切り性能の不良による壁面の汚染・漏水・雨垂れ・エフロレッセンスほか | | | |
| | | 取付不良 | 漏水・変形ほか | | | |
| 外壁 | 張り出し壁 | 種別の確認 | 構造躯体 | SRC・RC・PC・鉄骨・組積ほか | 構造躯体、仕上下地および仕上材の種別は、基本的には一般面と同様の場合が多いしかし、パラペット立上り・下り壁と同様に落下危険性が高い部位であるので特に注意深く観察する必要がある。 | |
| | | | 仕上下地 | コンクリート・モルタル・各種ボード類ほか | | |
| | | | 仕上材 | 無垢・表面処理材(塗装・吹付)・タイル・天然石・人造石・パネルほか | | |
| | 故障現象の調査 | ひび割れ | 構造主体・仕上下地・仕上材ほか | 各故障の位置的な規則性、故障数量の単位面積当りの発生比率などを調査記録し、その建物の固有状況を知り、改修計画を立案する。 | | |
| | | 汚れ | 漏水・錆び汁・雨垂れ・エフロレッセンスほか | | | |
| | | 断面欠損 | 鉄筋露出・ジャンカ・素穴・欠けほか | | | |
| | | 浮き | 仕上材・仕上下地ほか | | | |
| | | 表層劣化 | 変色・退色・光沢度低下・白亜化・ふくれ・剥がれほか | | | |
| | その他 | 既存補修部の仕様、劣化・異物の混入ほか | | | | |
| | 庇 下屋 屋上 開放廊下 バルコニー | 笠木 | 種別の確認 | 取付方法 | 一体型(張り付け型・塗付型ほか)・機械結合型(嵌合式・固定式)ほか | 使用材料および取付方式の種別を確認することは、改修計画を立案するうえで欠かせない事項である。 |
| | | | 仕上下地 | コンクリート・モルタル・スチール・アルミ・ステンレスほか | 使用材料および取付方式の種別を確認することは、改修計画を立案するうえで欠かせない事項であるモルタル笠木の下端のひび割れは、外側からしか見えないので鏡等を用いて点検する。 | |
| | | | 仕上材 | 無垢・表面処理材(塗装・吹付)・タイル・天然石・人造石ほか | | |
| 故障現象の調査 | | ひび割れ | 出隅入隅・柱上部・モルタル層各所ほか | 開放廊下やバルコニー付け根の発錆に伴う部材断面の減少は、安全上問題となるので改修仕様に反映されるよう十分な調査が必要である。 | | |
| | | 汚れ | 漏水・さび汁ほか | | | |
| | | 断面欠損 | 腐食・鉄筋露出・ジャンカ・素穴・欠けほか | | | |
| | | 表層劣化 | 孔食・腐食・変色・退色・白亜化ほか | | | |
| その他 | | ジョイントシーリングの劣化(または断面不足)破断・勾配不良ほか | | | | |
| 天端 水平面 | | 種別確認 | 構造躯体 | RC・PC・鉄骨ほか | 使用材料および構造形式の種別を確認することは、改修計画を立案するうえで欠かせない事項である。 | |
| | | | 仕上下地 | コンクリート・モルタルほか | | |

| | | | | | |
|---------------|--|---------------------------|-------------------------------|---|---|
| | 故障現象の調査 | 仕上材 | 無帽・表面処理材(防水塗装)タイル・天然石・人造石ほか | これらの部位は、普通の仕上げでは、モルタル防水程度に終わっていることが多い。 | |
| | | ひび割れ | 構造主体・仕上下地。仕上材ほか | 片持ちスラブ付け根の天端付近に長手方向にひび割れの発生がある場合は、構造的な検討が必要な場合がある。 各故障の位置的な規則性、故障数量の単位面積(または長さ)当りの発生比率などを調査記録し、その建物の固有状況を知り、改修計画を立案する片持ち支持である。 庇や開放廊下等は降雨後に水勾配について調査を行うことが必要で、排水口等の位置が不正になっている場合は、位置の変更を要する構造検討が必要な場合もある。 | |
| | | 汚れ | 漏水・錆び汁・エフロレッセンスほか | | |
| | | 断面欠損 | 鉄筋露出・ジャンカ・素穴・欠けほか | | |
| | | 浮き | 仕上材・仕上下地ほか | | |
| | | 表層劣化 | 変色・退色。白亜化・ふくれ・剥がれほか | | |
| | その他 | 既存補修部の仕様、劣化・異物の混入ほか | | | |
| | 立上り壁 立上り打 継廻り 下り壁 軒天 鼻先 | 種別の確認 | 構造躯体 | SRC・RC・PC・鉄骨ほか | 使用材料および構造形式の種別を確認することは、改修計画を立案するうえで欠かせない事項である。 |
| | | | 仕上下地 | コンクリート・モルタル・各種ボード類ほか | |
| | | | 仕上材 | 無垢・表面処理材〔塗装・吹付け〕・タイル・天然石・人造石・パネルほか | |
| | | 故障現象の調査 | ひび割れ | 構造主体・仕上下地・仕上材、防水押え層の膨張による押し出しほか | 立上り、下り壁、鼻先、軒天および打継廻りは、落下危険性が非常に大きい部位である。 各故障の位置的な規則性、故障数量の単位面積(または長さ)当りの発生比率などを調査記録し、その建物の固有状況を知り、改修計画を立案する。 |
| | | | 汚れ | 漏水・錆び汁・雨垂れ・エフロレッセンスほか | |
| 断面欠損 | | | 鉄筋露出・ジャンカ・素穴・欠けほか | | |
| 浮き | 仕上材・仕上下地ほか | | | | |
| その他 | 表層劣化 | 変色・退色・光沢度低下・白亜化・ふくれ・剥がれほか | | | |
| | その他 | 既存補修部の仕様、劣化・異物の混入ほか | | | |
| 屋外階段 | 種別の確認 | 構造躯体 | RC・PC・鉄骨ほか | 使用材料および構造形式の種別を確認することは、改修計画を立案するうえで欠かせない事項である。 | |
| | | 仕上下地 | コンクリート・モルタル・綱ほか | | |
| | | 仕上材 | 無垢・表面処理材(壁装・吹付)・タイル・天然石・人造石ほか | | |
| | 故障現象の調査 | ひび割れ | 構造主体・仕上下地・仕上材ほか | 踊り場や階段踏み面の水溜りが大きな劣化原因となるしたがって、降雨後の調査が必要である。 | |
| | | 汚れ | 漏水・さび汁・雨垂れ・エフロレッセンスほか | | |
| | | 断面欠損 | 鉄筋露出・ジャンカ・素穴・欠けほか | | |
| | | 浮き | 仕上材・仕上下地ほか | | |
| その他 | 表層劣化 | 変色・退色・光沢度低下・白亜化・ふくれ・剥がれほか | | | |
| | その他 | 既存補修部の仕様、劣化・異物の混入・ほか | | | |
| 設備配管 ラッキング | 種別の確認 | 構成材料 | 塩化ビニル・鋼・ステンレスほか | | |
| | | 仕上材 | 無垢・表面処理材(塗装)ほか | | |
| | 故障現象の調査 | 漏水 | 躯体貫通部廻り・接続部の破損・変形・腐食・断熱性能低下ほか | | |
| | | 汚れ | 湖水・雨垂れ・錆びほか | | |
| | | 表層劣化 | 変色・退色・光沢度低下・白亜化・ふくれ・剥がれほか | | |
| その他 | 支持金物の腐食・破損ほか | | | | |
| 屋上 | 押え層 排水溝 目地 | 種別の確認 | 主構成材料 | コンクリート・モルタル・プロ・ブロックタイル・断熱材ほか | 押え層の種別とともに目地材の材質および形状寸法(幅・深さ)および目地間隔は、重要な点検項目である。 |
| | | | 副構成材料 | アスファルト・成形型1伸縮・無伸縮)・弾性シーリング・塑性シーリングほか | |
| | | 押え層破損 | 段差・盛り上がりほか | | |

| | | | | | |
|--|---------|---------------------|----------------------------------|---|--|
| | | 故障現象の調査 | 汚れ | エフロレッセンス・カビ・苔・泥・植物の繁殖ほか | |
| | | | 目地劣化 | 伸縮性能の低下・損失・つぶれほか | |
| | | | その他 | ジョイントシーリングの劣化(または断面不足)破断・勾配不良・ドレーン廻りの漏水ほか | |
| 屋上 | 防水押えアゴ | 種別の確認 | 主構成材料 | コンクリート・モルタルほか | 押えアゴの種別と共に伸縮目地の有無、材質および形状寸法(幅・深さ)は、重要な点検項目である。 |
| | | | 副構成材料 | 弾性シーリング・塑性シーリングほか | |
| | 故障現象の調査 | ひび割れ | 構造躯体・仕上下地・仕上材ほか | | |
| | | 汚れ | 漏水・錆び汁・雨垂れ・エフロレッセンスほか | | |
| | | 断面欠損 | 鉄筋露出・ジャンカ・素穴・欠けほか | | |
| | | 浮き | 仕上材・仕上下地ほか | | |
| | | その他 | 既存補修部の仕様、劣化・異物の混入ほか | | |
| 防水押え立上り | 種別の確認 | 主構成材料 | コンクリート・モルタル・煉瓦・ブロックほか | 押えアゴの種別とともに伸縮目地の有無、材質および形状寸法(幅・深さ)は、重要な点検項目である。 | |
| | | 副構成材料 | 弾性シーリング・塑性シーリングほか | | |
| 露出防水 | 故障現象の調査 | ひび割れ | 構造躯体・仕上下地・仕上材ほか | | |
| | | 汚れ | 漏水・さび汁・雨垂れ・エフロレッセンスほか | | |
| | 断面欠損 | 鉄筋露出・ジャンカ・素穴・欠けほか | | | |
| | 浮き | 仕上材・仕上下地ほか | | | |
| | その他 | 既存補修部の仕様、劣化・異物の混入ほか | | | |
| | 種別の確認 | 主構成材料 | アスファルト・合成高分子ルーフィング(シート)・塗膜ほか | | |
| 付属物フェンス手すり設備基礎 | 種別の確認 | 副構成材料 | 弾性シーリング・塑性シーリング・アルミアングルほか | | |
| | | 故障現象の調査 | 防水層劣化 | 破断・浮き(膨れ)・しわ・摩耗ほか | 埋込み部の故障は、熱膨張によるものか、拘束力によるものかを見極める必要がある。 |
| | | 表層劣化 | 表面保護塗料の劣化・ゴミ溜りほか | | |
| | | 雨仕舞 | 防水周立上りの漏水・端末押えの破断・ドレーン廻りの漏水・破断ほか | | |
| | | その他 | 勾配不良ほか | | |
| | 種別の確認 | 主構成材料 | スチール・ステンレス・アルミほか | | |
| 勾配屋根 | 種別の確認 | 仕上材 | 無垢・表面処理材(塗装)ほか | | |
| | | 故障現象の調査 | 埋め込み部 | 腐食・欠損・ひび割れほか | |
| | | 表層劣化 | 表面保護塗料の劣化・さびほか | | |
| | | その他 | 手すり子、ネットの破損、変更ほか | | |
| 外構 | 種別の確認 | 構成材料 | 長尺鉄板・アスファルトシングルほか | | |
| | | | 構造躯体 | RC・PC・鉄骨ほか | |
| | 故障現象の調査 | 漏水 | 張り仕舞の変形・めくれ・剥がれ・穴ほか | | |
| | | 表面劣化 | 保護塗装の膨れ・めくれ・剥がれ・汚れの付着ほか | | |
| | その他 | 勾配不良・排水計画不良・谷戸舞不良ほか | | | |
| 地盤沈下、土間のひび割れ、U字溝ジョイントのモルタルの脱落、ブロック塀のたおれ、万年塀の鉄筋露出ほか | | | | | |