

内視鏡を利用した建築物の診断法

1. はじめに

現在の修繕改修工事のほとんどは、建物所有者の側に立った改修工事に必要な各分野の専門家による総合的な建物調査や、建築界の縦割社会を反映して、改修に必要な各分野の相互の十分な技術情報交換がなされておらず、数々の問題が起こっている。

例えば欠損や接着補修を例にとると

(1)モルタルの浮き故障をエポキシピンニング注入接着工法で修繕されているが、背面ひび割れ位置やひび割れ幅が調査されていないために、ひび割れ幅と注入エポキシの粘度が合わず全部下部に流れていたケース

(2)湿潤面に湿潤面でないエポキシが使用されていたためまったく接着力がなかったり、モルタルが複層にわたって浮いているのに単層浮きの長さのピンが使用され、躯体へ有効にアンカーされておらず、ピンニング注入接着の意味をまったく果たしていないケース

(3)外力や自重による建物変位挙動、太陽の輻射熱によるその建物のモルタルの異常熱膨張、含水膨張がチェックがされないで補修され再び同じ原因で故障が再発しているケースなどがみられる。

特に建築ブーム後の仕上げモルタルは工期短縮のため各塗工程ごとに必要な養生期間がとられず、それまで下塗り豊調合で中塗り・上塗り貧調合と仕上げられていたものが、下塗りから上塗りまで豊調合の傾向を持つようになり、熱膨張率の大幅な増大や仕上げモルタル過剰強度も相乗して、剥離、ひび割れ故障が多く発生しており、今後落下事故や補修不良落下事故が多発するのではなかろうかと推察される。

そのためこれからは、剥離、欠損、漏水補修等、技術の信頼性を高め、広く普及していくには、故障補修の仕様決定に必要な適切な事前調査、工事中や外壁仕上げ後の簡便で施工精度の正確な確認方法の確立が必要であろう。

2. 内視鏡による構造物診断法

一般にビル等のコンクリート構造物は、コンクリート躯体の表面に仕上げモルタルを施し、さらにその表面にタイル等の外装材を張り付けた構造となっているのが普通である。このような建造物では、老朽化に伴い、仕上げモルタルの背面浮きやひび割れを生じるため、外部にエポキシ接着材等を注入して接着する等の補修工事が必要となってくる。そしてこのような補修工事を行なうにあたりその事前調査として、補修の必要性およびモルタル背面浮きひび割れの深さや幅、或いは接着材選定のための被接着面の湿潤状態や、躯体の中酸化深度等を診断する必要がある。

このような建造物の診断方法としては、従来から補修部の内部に向けてダイヤモンドカッターを用いて直径10cmのコアを抜き取り、そのサンプリング供試体を目視により調査したりハツリ出した部位を目視によって調査している。

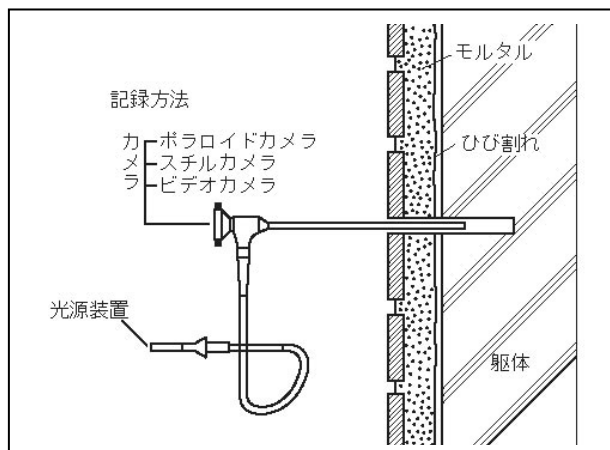
しかしながらこのような従来の方法では、調査孔が大径であるために、コア抜き作業が大掛りとなり、また補修後の調査孔の修復も実際上困難である等難点があった。またこのような建造物の診断は、建造物補修工事の際の工事監理のうえでも、人身事故につながるおそれのある接着不良や手抜き工事を発見防止するために必要であるが、従来の方法では、補修工事の事前調査の場合と同様の理由から、その実施が難しかった。



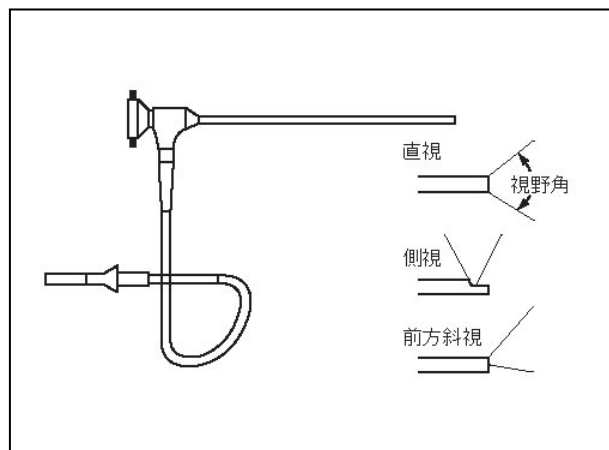
ボアスコープ(工業用内視鏡)

左……フレキシブル内視鏡：(●柔軟性に富んだ光学硝子繊維を使用、●画像伝達用に光ファイバーが使われている、●長さが6mまでOK)
 右……硬性内視鏡：(●光学レンズを使用、ヒズミのない鮮明な画像が得られる、●拡大写真もOK)

外壁診断に用いるボアスコープは照明装置とのセッティングが必要



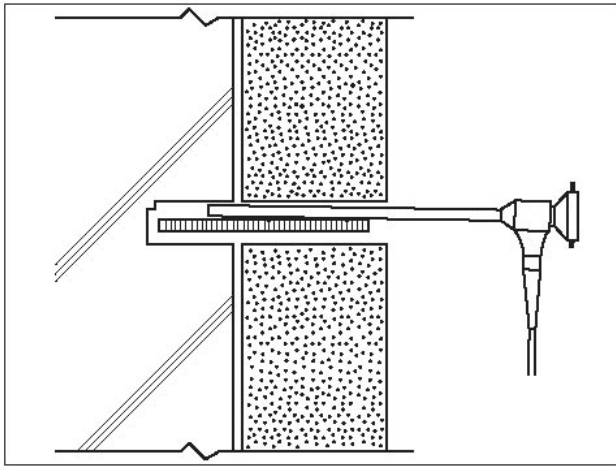
ボアスコープによる外壁診断



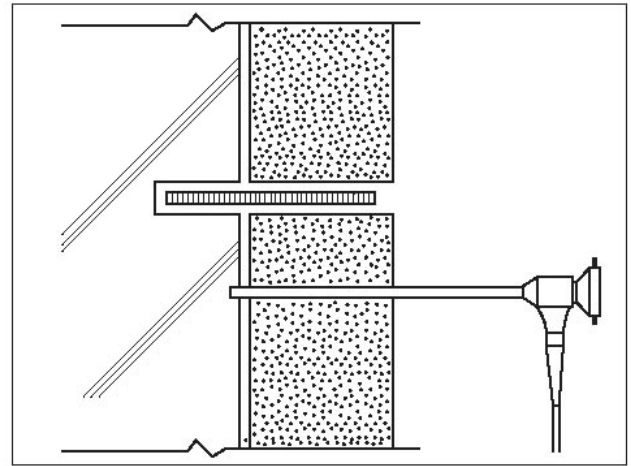
ボアスコープ視野タイプ

内視鏡の構造物診断への活用は、このような従来の難点を解消するためになされたもので、補修工事の事前調査や：工事完了後の施工精度確認に必要な諸調査を、従来の方法のように破壊調査に近い大掛りでかつ修復困難な大径孔を穿孔することなく容易に実施でき、しかも正確に診断できる方法を確認しようとするものである。

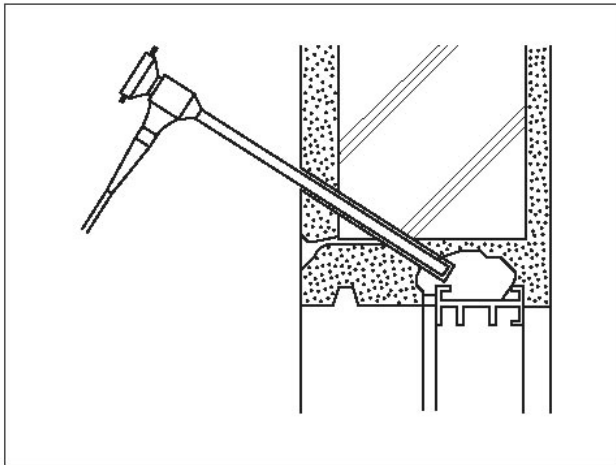
この調査の概略は、外壁表面から外壁仕上げ後も容易に修復可能な10mm内外の内部に向かってキリであけた実質上非破壊に近い調査孔を内部に向かって穿孔し、この調査孔内面に壁表面からひび割れの深さや幅を測定するためにスコープ外套管に縮尺1/1の深さ目盛やひび割れ幅を比較するスケール(クラックスケール)を用いて検査を行なう。また、内視鏡を挿入するにあたってその焦点調節は固定焦点方式により容易にレンズのピントが常に盲孔の内面に結ばれるように設定されており、また、照明方式では調査孔光ファイバーによる均一な調査孔内にて、側壁に対して同心円に上下動および回転可能なアダプター側視型内視鏡等を挿入し、調査孔内壁を観察、記録することで剥離、欠損、漏水補修等の事前調査や施工後の施工精度を確認する方法である。



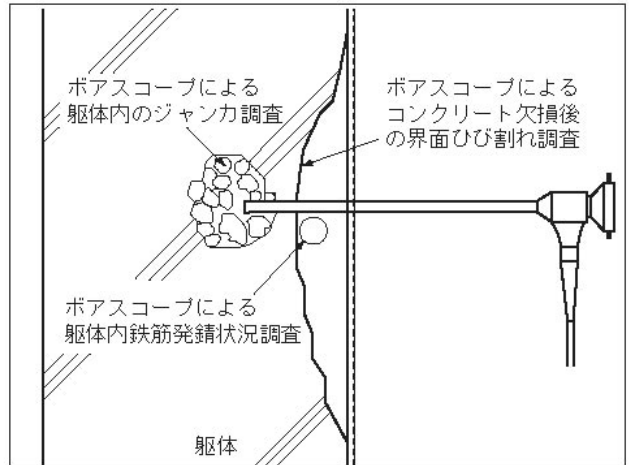
ボアスコープによるピンニング位置の確認



ボアスコープによる注入剤分布状況の確認



ボアスコープによるサッシ周り漏水原因調査



以下に内視鏡で可能な検査項目と検査方法を紹介する。

1) タイル、モルタル背面浮きひび割れ層の深さ測定と記録

タイルやモルタルの背面浮き補修の際、エポキシピンニング注入接着が併用されており、ステンレスアンカーピンを、躯体とタイルやモルタル等相互に定着させて接着精度を高める工法であるが、現在注入接着補修に先だってタイル、モルタル背面浮きひび割れ層の深さや浮き背面ひび割れ層数が確認されずに、アンカーピンの長さが指定されているためにアンカーピンがコンクリート躯体とタイヤや、モルタル各浮き層等、相互に有効に定着していないケースがみられる。

またタイル下地モルタルが薄い場合は、注入によるタイル下地モルタルのハラミが顕著で、注入中の剥離もあるので浮き層の事前の確認が必要である。

この調査は、モルタル背面浮きひび割れ層の深さ測定および記録するピン長さ設計のため、前述調査法概略どおり、調査タイル目地やモルタル表面から内部に向かってあけた孔背面浮きひび割れをアダプター筒内面に外壁表面からの距離が表示された縮尺 1μ スケール該当数値とともに内視鏡撮影により記録する。

内視鏡による外壁診断の実際例



写真1 斜壁に太陽のふく射熱による繰返し伸縮や笠木下端からの雨水の浸入によりコンクリート塵体の剥離が起きている。放置すると落下事故につながるおそれがある。

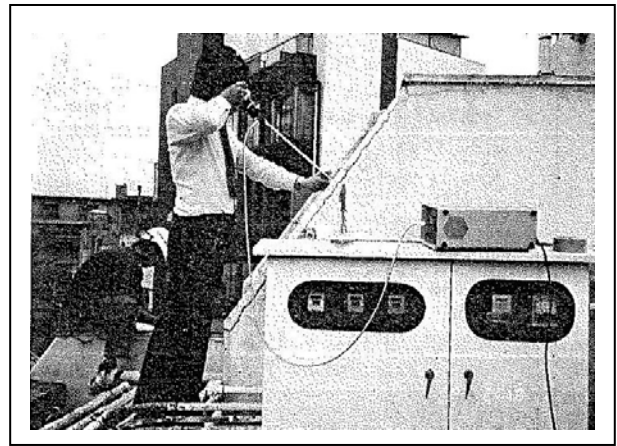


写真2 斜壁背面ひび割れ調査(スチールカメラによる記録)。コンクリート背面ひび割れ補修仕様およびエポキシ注入接着材の適正粘度設計のため、外壁に10mmの穴をあけ内視鏡により写真撮影を行なった。

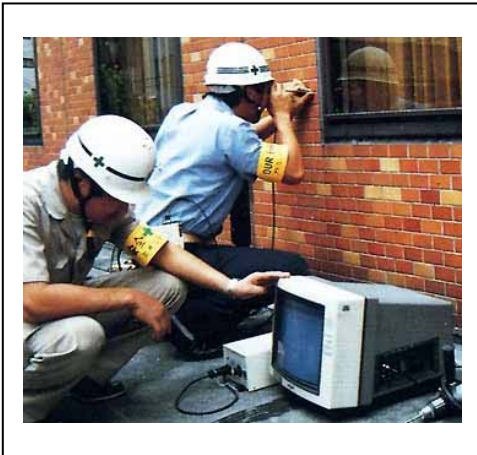


写真3 ビデオモニターテレビ



写真4 ひび割れ補修仕様およびエポキシ注入適正粘度設計のため、前方斜視野タイプの内視鏡により調査を行なった。

2) タイル、モルタル背面浮きひび割れ幅の測定および記録

タイル、モルタル背面浮きひび割れ幅や施工温度を配慮されていないため、下部接着材が全部流れ落ちていたり、粘性が高く注入接着不良となっているケースが多数みられる。

現在エポキシ接着剤の粘性タイプは、夏用、冬用、高粘度タイプ、低粘度タイプ等数種類しかないが、現場の躯体温度や調査ひび割れ幅に合った粘性のものを使用しなければならない。

タイル、モルタル背面浮きひび割れ幅の測定および記録は、前述調査法どおり、内視鏡で確認されたモルタル背面浮きひび割れをアダプター筒内面に表示されクラックスケールと比較し、ひび割れをクラックスケールに表れた該当ひび割れ幅数値とともに内視鏡撮影により記録する。

3) 躯体およびモルタル等の中性化深測定および記録

躯体およびモルタル等の中性化は、躯体老朽化と仕上げモルタルの付着力に相關している。調査孔内を十分に清掃したうえ、フェノールフタレン 1%アルコール溶液を流し込み、アルカリ反応した鮮紅色境界をアダプター筒内面に外壁表面からの距離が表示された縮尺 1/1 スケール該当数値とともに内視鏡撮影で記録する。

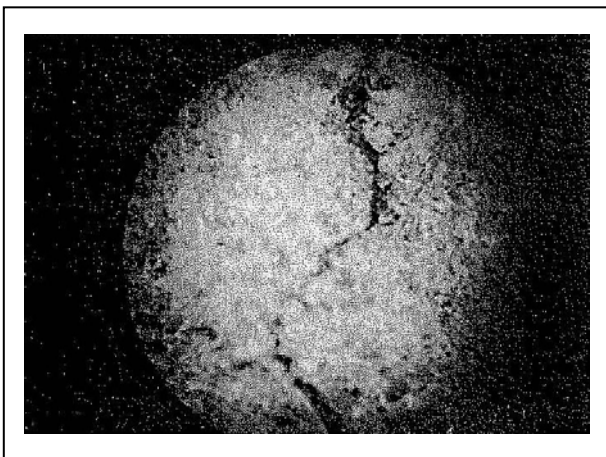


写真 5 斜壁コンクリート躯体背面ひび割れ被接着面に接着不良となる泥、エフロレッセンスは生じていない。



写真 6 仕上げタイルの下地モルタルの浮き、タイル背面ひび割れ補修使用およびエポキシ注入接着剤の適正粘度設計のため、外壁に 10mm の穴をあけた。



写真 7 内視鏡によるタイル浮部背面ひび割れ調査
タイル剥離は、躯体とタイル下地モルタル間において 3mm~6mm のひび割れ幅が生じていた。



写真 8 改修工事の際は、高粘度のエポキシペンニング接着注入が必要である。

4) モルタル背面浮きひび割れ被接着面の湿潤調査および記録

モルタル背面浮きひび割れ被接着面の湿潤している場所に湿潤エポキシでないエポキシを使用した場合はまったく接着しない。湿潤エポキシ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を作り白濁したエポキシを流し出す必要がある。接着工法や接着材選定、工程管理のため、被接着面の湿潤状態を確認する必要がある。

塩化コバルト混合試薬粉を吹き込み、鮮紅色試薬粉が青色に変色した際、内視鏡撮影により記録する。または、湿潤計により記録する。塩化コバルト混合試薬粉はいま試作の段階である。

5) 被接着面エフロレッセンスによる接着障害要因調査

被接着面エフロレッセンスにより接着障害が起きる。エフロレッセンスは、湿潤すると強アルカリ性を示すが乾燥状態では、中性を示す。この性質を用いてタイル、モルタル背面浮きひび割れにフェノールフタレン 1%アルコール溶液を流し込み、鮮紅色アルカリ反応しない白色層を内視鏡撮影により記録する。

6) 被接着面カビ、泥等の接着障害要因調査

被接着面のカビ、泥等により接着障害が起きる。カビは異常色、泥は薄褐色が加湿により黒褐色に変色した際、内視鏡撮影により記録する。

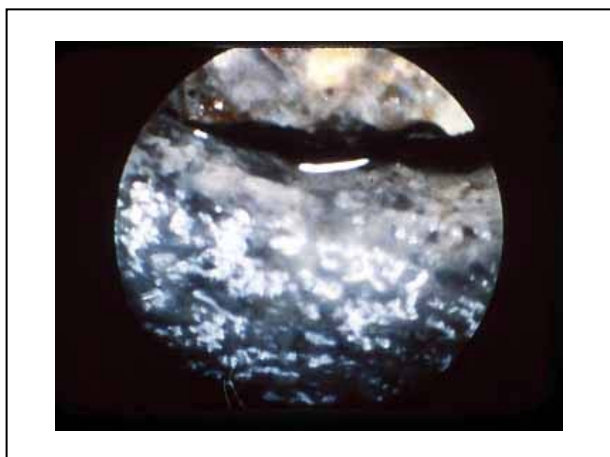


写真 9 ひび割れ被接着面に水の存在確認

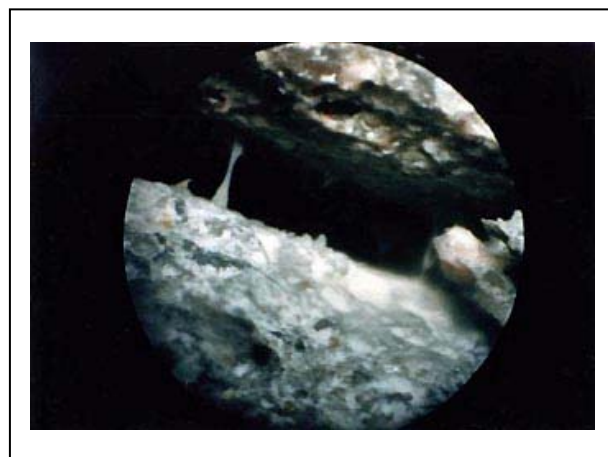


写真 10 タイル背面ひび割れ

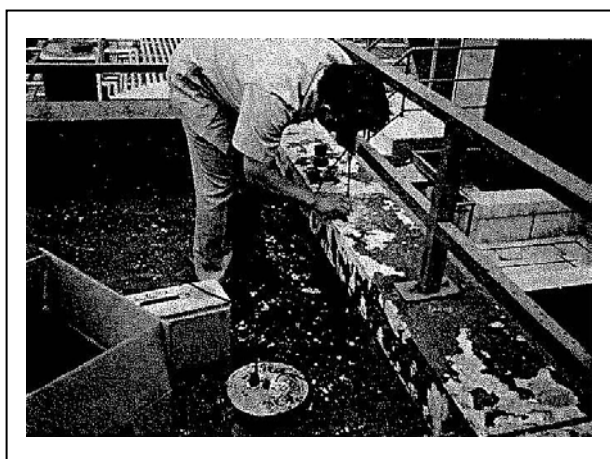


写真 11 内視鏡による笠木モルタル浮き部背面のひび割れ調査

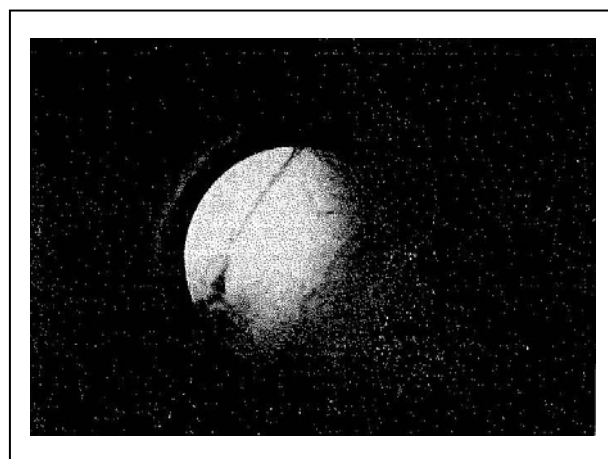


写真 12 笠木モルタル浮き部背面ひび割れ

7) 注入口コンクリート粉塵清掃状況の調査および記録

注入口のコンクリート粉塵により注入材充てん不良やアンカー不良が起こる。エポキシ注入口の粉塵清掃状況を内視鏡撮影により記録する。

8) ピンニング注入接着ピン断面位置の調査および記録

施工後のピンニング注入接着ピンが、コンクリート躯体に有効に定着しているか確認するため、金属探知器で面上の位置確認後ピンに添って前記調査穴をあけ、ピンの先端とタイル、モルタル背面浮きひび割れをアダプター筒内面に外壁表面からの距離が表示された縮尺 1/1 スケール該当数値とともに内視鏡撮影により記録する。

9) 注入接着材の濁り汚れによる接着有効調査および記録

エポキシ注入接着は水と反応して濁り、一般用では接着不良を起こし湿潤用でも付着強度が低下する。コンクリート粉塵清掃不良汚れ・気泡の混入により付着強度が低下する。

注入エポキシ層に濁り汚れ・気泡の混入が生じている際、エポキシ注入層を内視鏡撮影により記録する。

10) 背面浮きひび割れ注入接着材分布状況の調査および記録

注入口から単位距離ごとに前記調査穴をあけ内視鏡観察により背面浮きひび割れ注入接着材注入範囲を確認する。

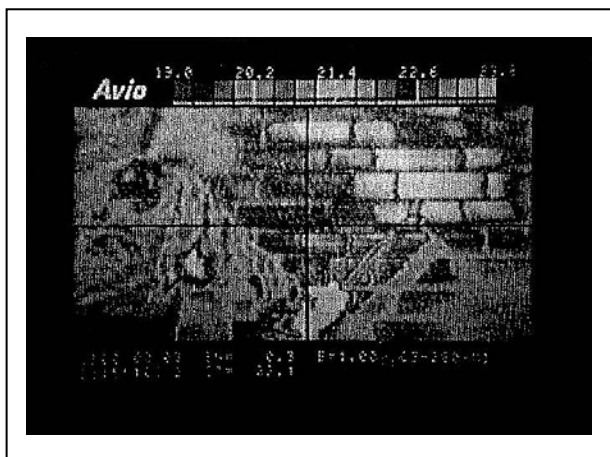


写真 13 赤外線映像装置によるタイル浮き調査

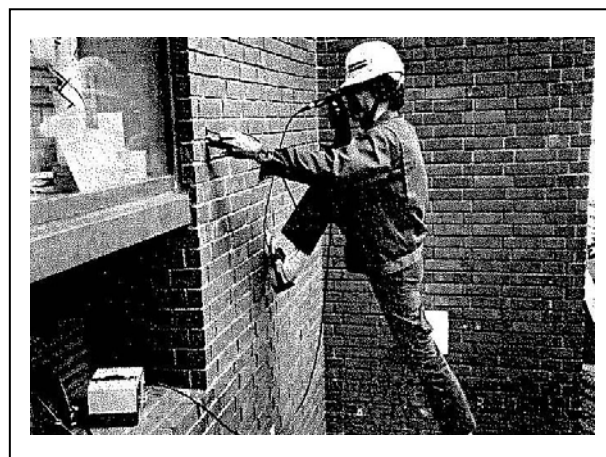


写真 14 ファイバースコープ(内視鏡)外壁診断調査赤外線映像装置により温度表示が一般外壁と異なる部位においてテストハンマーによる打診により浮き部として、判断できない部位で、背面にわずかな剥離ひび割れが認められた。

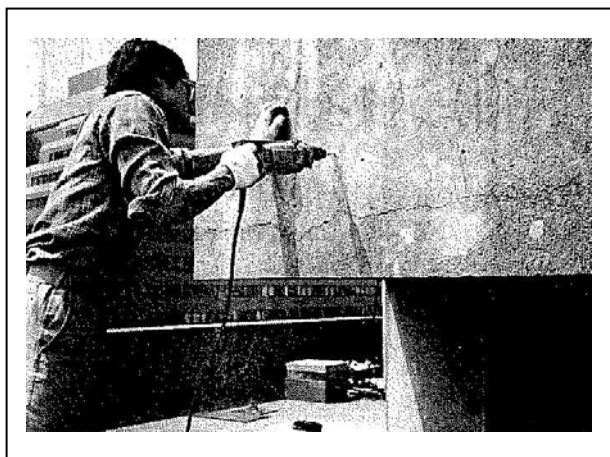


写真 15 調査用盲孔あけ
内視鏡によるモルタル浮き背面ひび割れ幅、補修エポキシの調査のための孔あけ。

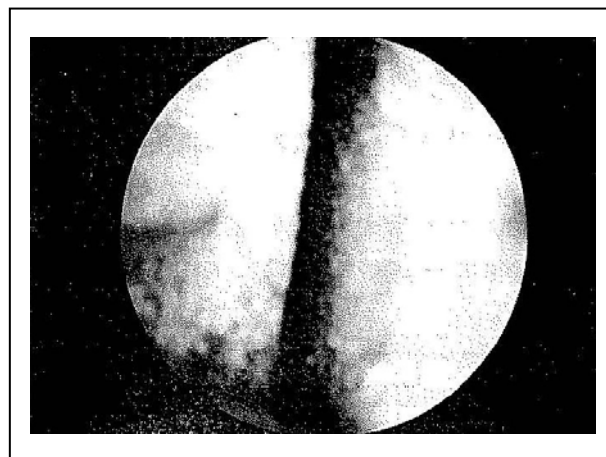


写真 16 内視鏡(側視)によるモルタル背面ひび割れ外壁に多数の注入接着補修跡がみられるが内視鏡による外壁調査によれば広い背風ひび割れにあわせた高粘度のエポキシが注入されておらず、エポキシ接着剤は、すべて下部に流れまわった接着補修不良となっている。

11) 表面に発生したひび割れの深さ、幅の測定および記録

表面に発生したひび割れに添って、前記調査穴をあけアダプター筒内面に外壁表面からの距離が表示された縮尺 1/1 スケール該当数値や、フレキシブルクラックスケールと比較し、ひび割れをクラックスケール該当幅数値とともに内視鏡撮影により記録する。

12) 浸透性防水材、澆水材等の含浸深さ測定および記録

浸透性防水材、澆水材等の実際の効果や深さを測定するため浸透性防水材、澆水材等を塗布し、その乾燥後前記調査穴をあけ水で薄めた水性赤色インク液を流し込み、浸透性防水材、澆水材等の含浸範囲には、水性赤色インクが着色しない性質を用いて、着色境界をアダプター筒内面に外壁表面からの距離が表示された、縮尺 1/1 スケール該当数値とともに内視鏡撮影により記録する。

13) コンクリート欠損補修箇所界面剥離ひび割れ測定記録

躯体の吸水防止処理等の工程が抜けたり、一度に大きな欠損補修を行なうと、だれを生じて欠損補修箇所界面に背面隙間を生じる。隙間を伝わって入る雨水により、短期間に発錆膨張による故障の再発が予想される。これは、タイル、モルタル背面浮きひび割れ幅の測定および記録に準ずる。

14) 弾性仕上材背面コンクリートの結露水、浸入水による含水状況調査

モルタル背面浮きひび割れ被接着面の湿潤調査および記録に準ずる。

15) コンクリート欠損補修箇所背面の結露水、浸入水による含水状況調査

モルタル背面浮きひび割れ被接着面の湿潤調査および記録に準ずる。

16) 鉄筋コンクリート鉄筋位置測定の調査および記録

ピンニング注入接着ピン断面位置の調査および記録に準ずる。

17) 防永保護モルタル背面水の調査および記録

タイル、モルタル背面浮きひび割れ層の深さ測定および記録に準ずる。

タイル、モルタル背面浮きひび割れ幅の測定および記録に準ずる。

18) サッシ周り漏水の調査

サッシ周り躯体からサッシ周り詰めモルタル充てん箇所に向かって穴を開け、内視鏡によりひび割れの有無や幅、サッシ周り空隙の大きさを確認し、発泡止水材、セメントスラリー止水材等の止水材の選定のための事前調査、補修後の確認を行なう。

19) その他内視鏡は、拡大鏡としての機能も備えており、カーテンウォール等金属仕上材孔食、外壁の表面ひび割れ幅の記録や塗膜劣化状況の記録にも応用できる。

また、透明の亚克力アダプタをジャンカのできやすい箇所に仮枠工事の際取り付けておけば、内視鏡によりコンクリート打設工事の際の生コンの回り具合を確認することができる。

3. おわりに

外壁診断の専用内視鏡はまだ試作段階であるが、近い将来構造物の診断や改修工事において大きな役割を果たしていくと思われる。

大規模修繕改修工事は、今後ますます増加するだろうが、その場合中立的機関による赤外線非破壊診断システム(熱の移動の違いを表面温度で探査し、従来の打診法にはない、専門家でなくとも故障範囲がわかる方法)や内視鏡診断システムなどの科学的調査方法を用いて建物の調査を行ない、その調査に基づき修繕改修工事の仕様を決定したり、修繕改修工事の見積書の内訳数量を定量化することや、建物の傷み具合や見積書の一つひとつの項目がだれでも分かりやすいようにシステム化した現況写真報告書・建物調査診断報告書・工事施工計画書・工事概算見積書の作成や、修繕改修工事の公正な業者選定や工事監理上重要になってくるであろう。建物所有者のためのよりベターな修繕改修工事を行なうには、このような科学的調査方法によることが最良の方法なのである。