非破壊診断技術資料

調査診断技術者のための
非破壊診断技術情報

北海道立北方建築総合研究所

2006.4
2010.12(2010 年度版)

目　　次

はじめに … 1

第１章　ＲＣ造建築物の非破壊診断手法

１．１　既存の診断フロー … 2

１．２　非破壊診断手法の活用実態 … 3

１．３　非破壊診断手法の提案 … 4

１．３．１　診断手法の位置付け … 6

１．３．２　個別診断手法の紹介 … 7

(1) 弾性波法 … 7

(2) 小径コア採取 … 11

(3) 超音波法 … 15

(4) マイクロクラック観察 … 17

(5) 凍害の構造影響評価 … 20

１．３．３　総合的評価 … 21

第２章　ＣＢ造建築物の非破壊診断手法

２．１　診断の概要 … 22

２．２　非破壊診断の提案 … 23

２．２．１　臥梁・基礎コンクリート部分の調査 … 24

(1) 反発硬度(リバウンドハンマー)による圧縮強度調査 … 25

(2) その他(標準コア、はつり)の調査 … 28

２．２．２　コンクリートブロック部分の調査 … 32

(1) 反発硬度(リバウンドハンマー)による圧縮強度調査 … 33

(2) 小径コアによる圧縮強度調査 … 36

(3) はつりによる中性化深さ・鉄筋腐食状況の調査 … 39

２．３　記録用紙 … 42

おわりに … 48

はじめに

既存建築物の劣化や諸性能を調査診断する場合、調査期間中の建築物使用者への制約が少なく、調査実施後の復元コストがかからない非破壊診断技術へのニーズは高く、現在、様々な非破壊診断技術が提案されています。

多くの非破壊診断法は、基本原理が確立し、多くの優位性と高いポテンシャルを持っているにもかかわらず、実用に際してのデータ的蓄積や診断精度等に未だ不十分な点もあることから、一般的に活用されているとはいえない状況にあります。

ここでは、鉄筋コンクリート造(以下、「ＲＣ造」という)建築物に対する劣化診断技術の向上と、小さな採取片での材料の複合劣化診断を可能とすることを目指した弾性波法、小径コア採取、超音波法、マイクロクラック観察及び凍害の構造影響評価について提案します。

併せて、道内の公営住宅等で多用されている補強コンクリートブロック造(以下、「ＣＢ造」という)建築物で既に提案実施されている構造材料劣化診断方法も掲載します。

なお、本技術資料において非破壊診断は、調査段階の仕上げや躯体に小さな損傷を与えて行う微破壊診断までを含めたものとしています。

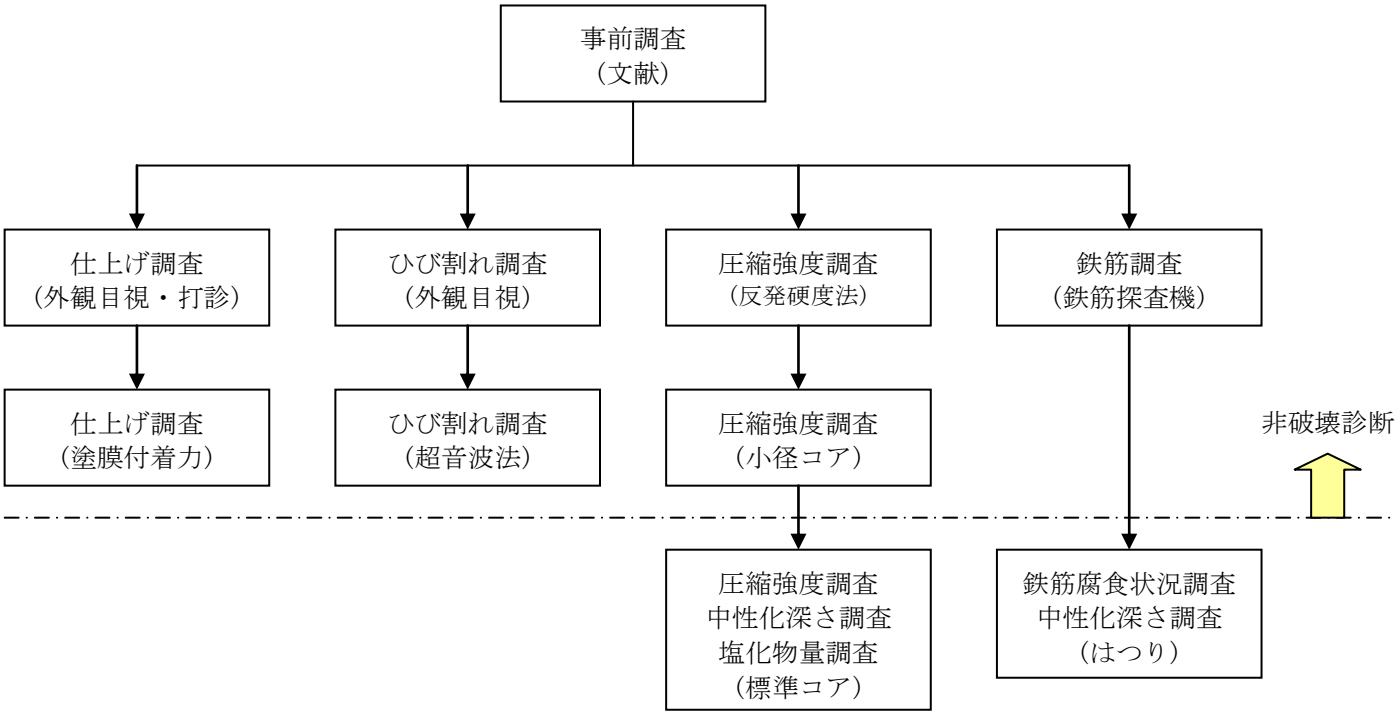
本技術資料は、調査診断業務を行う方々に使っていただくため、具体的な調査方法だけではなく、使用する際のポイントや留意点も示しています。

第１章　ＲＣ造建築物の非破壊診断手法

１．１　既存の診断フロー

ＲＣ造建築物の診断の流れは、まず、建築物の設計図書や建築時の法令等の文献による事前調査を行い、外観目視等による建築物表面に顕在化した劣化(仕上げの劣化やひび割れ)の調査、反発硬度法(リバウンドハンマー)による圧縮強度の調査、鉄筋探知機による配筋状況やかぶり厚さの調査を行います。

これらの調査により詳細診断が必要と判断された場合は、次に、仕上げの塗膜付着力の測定や超音波法によるひび割れ深さの測定、小径コアによる圧縮強度の調査等の非破壊診断と、標準コアによる圧縮強度、中性化深さ、塩化物イオン量(以下、塩化物量)調査や局部破壊(以下、はつり)による鉄筋腐食状況調査、中性化深さ調査を、それぞれ必要に応じて行います。



１．２　非破壊診断手法の活用実態

平成 15 年度に北海道内 20 社(施工 15 社、診断 3 社、設計 1 社、コンサルタント 1 社)を対象に行った非破壊診断手法の使用状況の調査結果によると、打診法や赤外線法による仕上げの浮き調査、反発硬度法による圧縮強度調査、小径コアによるその他の調査が、過半数で使用されていますが、内視スコープや打音法、超音波法は半数以下での使用、打撃音法や弾性波法は使用されていない状況にあります。

調査対象箇所	調査項目	使用状況	非破壊診断手法
仕上げ	浮き	過半数	打診法、赤外線法
		半数以下	内視スコープ、打音法
		使用なし	打撃音法
コンクリート	ひび割れ深さ	半数以下	超音波法
		使用なし	弾性波法
	内部欠陥	半数以下	超音波法
		使用なし	弾性波法
	圧縮強度	過半数	反発硬度法
		使用なし	超音波法
	その他	過半数	小径コア

１．３　非破壊診断手法の提案

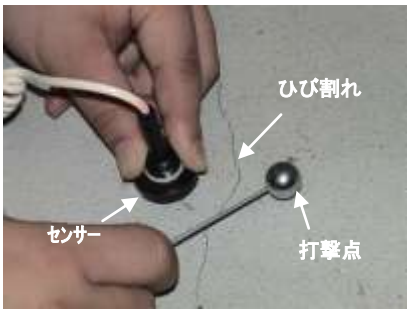
現在、使用されている非破壊診断手法ではコンクリートの表面劣化(凍害等)を適切に評価することが難しいこと、現状での劣化程度は把握できますが劣化の進行予測ができないこと、材料劣化の視点が全てであり構造耐力に及ぼす影響が不明確なこと、等の課題があります。

ここでは、これらの問題解決に向けて、既存の非破壊診断技術の応用方法や、劣化進行予測までを含めた評価方法、構造影響評価について提案します。

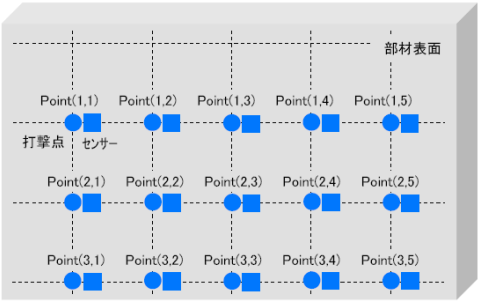
(1) 弾性波法

弾性波法とは、コンクリート表面をハンマーや鉄球で打撃した時に発生する、表面波や内部を伝わる縦弾性波などで構成される構造体の応答加速度を記録し、目的に応じた波形の考察・周波数解析を行う非破壊検査手法です。

土木構造物の表面劣化、部材厚さ、内部欠損及び強度等を推定する技術として実績のある診断手法ですが、今回、建築物へ適用するための測定方法等を提案します。



弾性波測定



表面劣化の測定状況

(2) 小径コア採取

小径コアとは、50φ以下(ここでは 20φ程度)の小径のコアのことで、100φ標準コアに比べ躯体コンクリートへの損傷が小さく、せん断補強筋等に損傷を与えずに採取することができます。

既に、ソフトコアリングの名称で圧縮強度調査方法として標準化されていて、中性化深さ調査や塩化物量調査等にも活用されていますが、今回、表面劣化の診断手法として提案します。

固定式ドリルによる小径コアの採取

手持式ドリルによる小径コアの採取

(3) 超音波法

超音波法とは、発信端子から 20kHz 以上(ここでは 50kHz)の超音波縦波パルスをコンクリート中に発信し、受信端子で受信するまでの伝播時間から得られる伝播速度によりコンクリートの品質を評価する方法です。

従来、試験体等の凍害劣化に関する診断手法として直接法と呼ばれる測定方法が提案されていますが、今回、実建築物でも診断可能な表面劣化の診断手法として間接法による測定方法を提案します。

超音波測定装置

超音波測定

(4) マイクロクラック観察

マイクロクラックとは、乾燥収縮や凍害によりコンクリートに発生する幅数μmの微細なひび割れのことで、任意断面のマイクロクラックを蛍光塗料で着色し、顕微鏡観察することでコンクリートの劣化程度等を把握することができます。

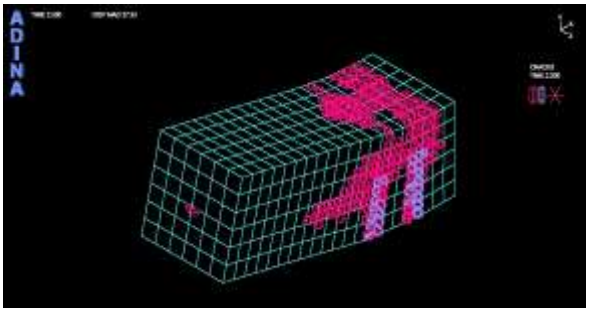
ここでは、弾性波法や小径コア、超音波法による表面劣化確認後の詳細診断手法として、表面劣化程度及び劣化原因の評価方法や劣化の進行予測方法を提案します。

マイクロクラック観察装置(顕微鏡)

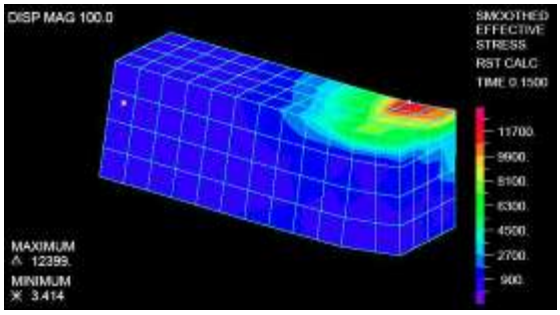
マイクロクラック観察

(5) 凍害の構造影響評価

従来、凍害劣化は材料劣化の視点のみで評価されていましたが、構造的な視点で材料劣化が構造耐力に及ぼす影響について、非線形三次元有限要素法解析結果に基づき検討し、応力状態と部材形状の違いによる凍害劣化の影響評価の考え方を提案します。



有限要素法解析によるひび割れ図

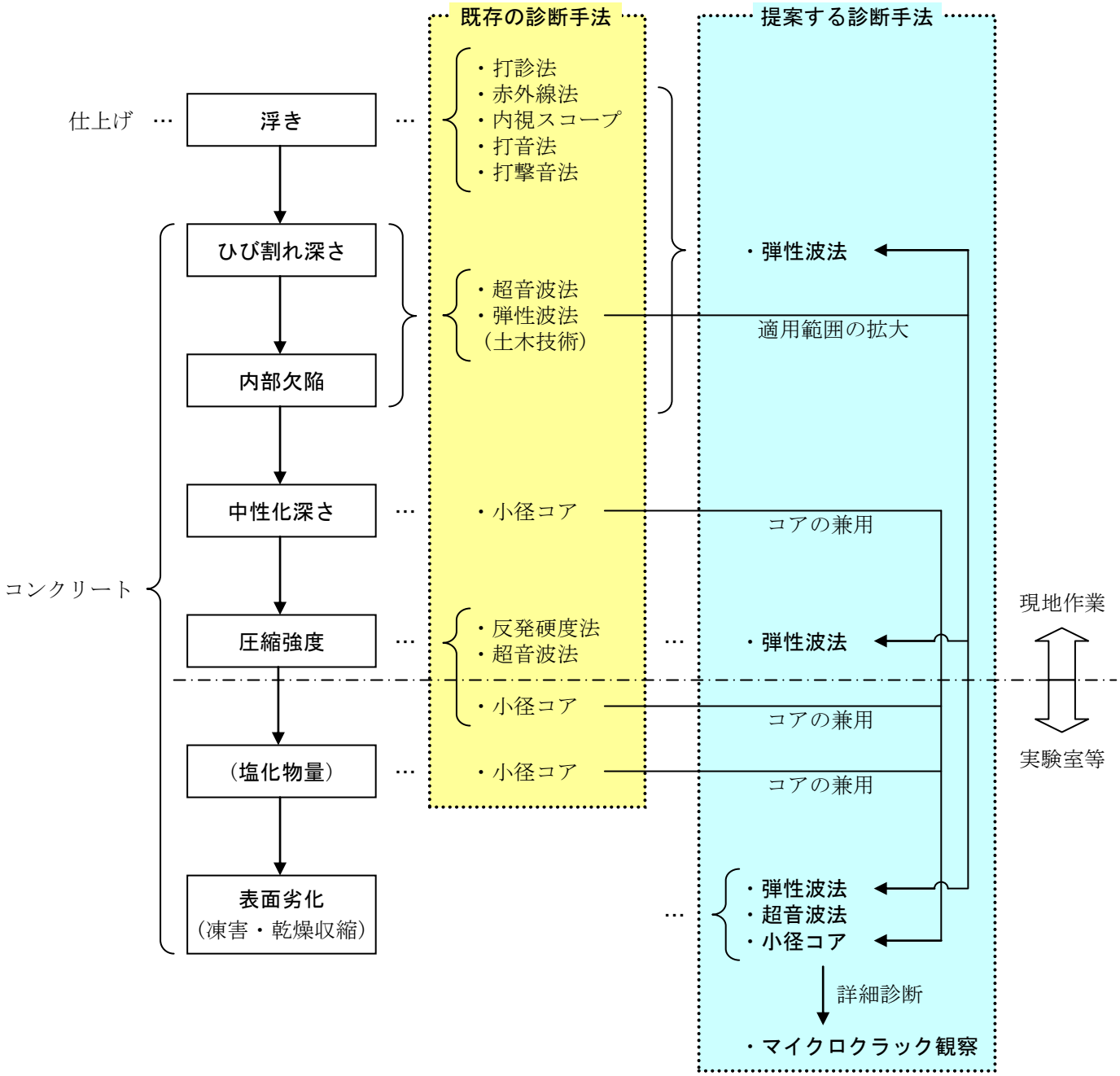


有限要素法解析による応力図

１．３．１　診断手法の位置付け

現在、仕上げやコンクリートの診断は、個別項目毎にそれぞれの診断手法を活用して行われていますが、コンクリートの表面劣化については適切に評価している状況とはなっていません。

今回提案する診断手法では、これまでの診断項目に加えて表面劣化の診断も含めたデータやコアを兼用することで、複数項目の同時診断が可能になります。



１．３．２　個別診断手法の紹介

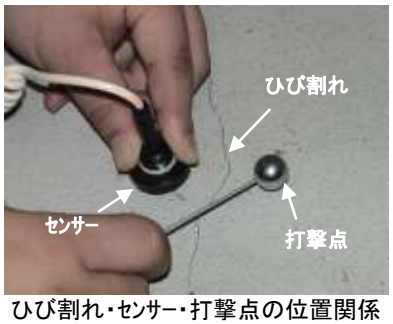
(1) 弾性波法

(1-1) ひび割れ深さの測定

(a) 事前調査

【RC レーダなどによる鉄筋位置の確認】

・弾性波によりひび割れ深さを推定する場合、鉄筋の有無によって推定値が変わってきますので、RC レーダなどにより、鉄筋の位置を確認しておくことが必要です。



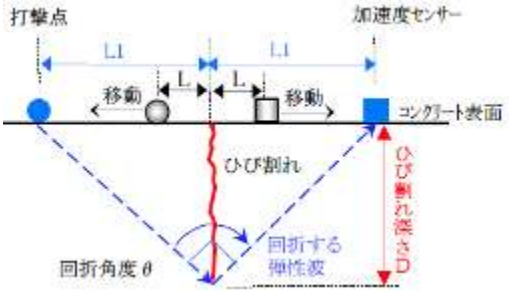
ひび割れ・センサー・打撃点の位置関係

(b) 測定方法の選択

・右の写真のように、ひび割れをまたぐように加速度センサーと打撃点を設置し、打撃した時にひび割れの先端を回折してくる応答波形を収録します。

・ひび割れ深さの推定方法には次の２つの方法があります。

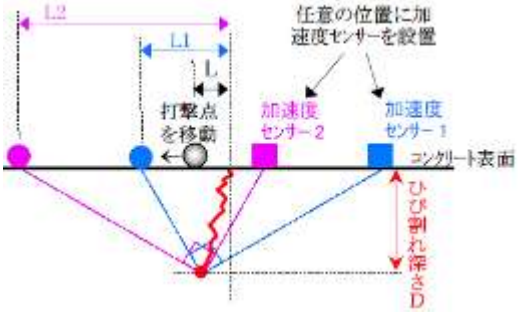
Ａ法



・予想するひび割れ深さ D よりも L を小さくとり、徐々に L を大きくして行き、時刻歴応答波形の位相が変わる※距離 L１を見つけます。

・簡便で計測時間も短い方法ですが、ひび割れが斜めの場合は若干大きく評価されます。

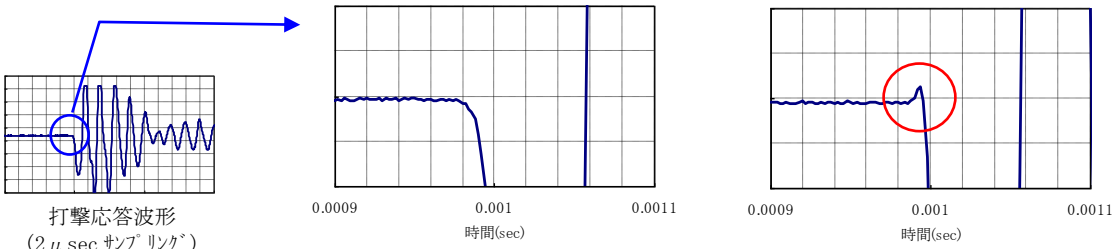
Ｂ法



・加速度センサー1 と 2 を、ひび割れから任意の距離をおいて設置し、徐々に L を大きくして行き、時刻歴応答波形の位相が変わる※距離 L１と L2 を見つけます。

・A 法よりも時間を要しますが、A 法よりも精度は高く、斜めのひび割れに対しても有効です。

※回折角度 90 度を境に時刻歴応答波形の位相が変わります。



打撃応答波形
(2μsec ｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ)

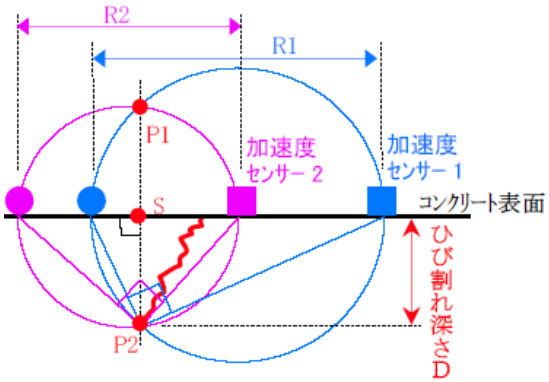
①回折角度 θ ＜90 度の時の応答波形

②回折角度 θ ＞90 度の時の応答波形

(c) 打撃応答波形によるひび割れ深さの推定

Ａ法
Ｂ法

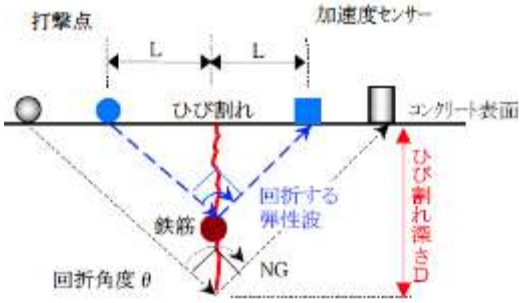
(b) で見つけたＬ1 がひび割れ深さＤとなります。



(b) で見つけたそれぞれの打点と加速度センサーまでの距離 (R1 及び R2) を直径 (R1 及び R2) とする円を作図します。両円の交点 P1 または P2 からコンクリート表面までの最短距離 (P1―S または P2―S) がひび割れ深さ D となります。

Memo

ひび割れの直下に鉄筋が有る場合、鉄筋までのかぶり厚さに相当するひび割れ深さまでしか計測することはできません(下図参照)。



(1-2) 部材の厚さ・強度推定

(a) 事前調査

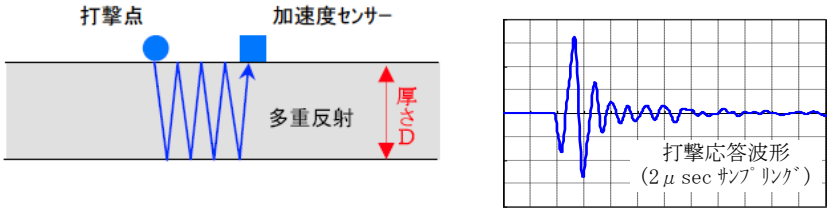
【設計図より、部材厚さや、部材厚さを実測できる箇所などを確認】

・おおよその目安となる部材寸法を事前に確認しておくことができれば、(b)の弾性波速度の測定が楽になります。

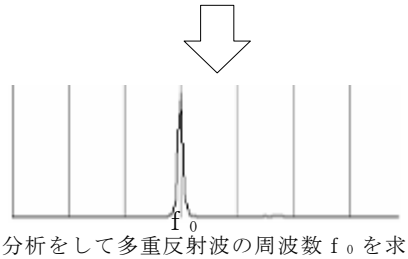
(b) 弾性波速度の測定

・弾性波速度の測定方法には次の２つの方法があります。

Ａ法 実際の部材の厚さがわかっている場所で精度良く求めることができます。



①部材厚さＤがわかっている場所で多重反射している打撃応答波を記録します。

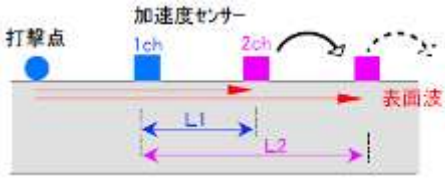


②周波数分析をして多重反射波の周波数 f_0 を求めます。 f_0 を求めるためには高度な演算処理が必要です。

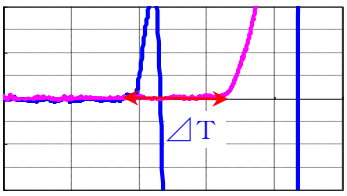
$$V_p = 2Df_0$$

③部材厚さＤと時間 f_0 との関係で弾性波速度 V_p を決定します。

Ｂ法 同一点から発信した波を 2 つのセンサーで受信したときの時間差を利用します。部材の厚さが全くわからないときに有効です。測定回数・測定場所を増やすことにより精度は上がります。



①打撃点と２つのｾﾝｻｰを一直線上に配置して打撃応答波を記録します。



②衝撃応答波形が立ち上がる時の時間差⊿Ｔを求めます(0.5μ sec ｻﾝﾌﾟﾘﾝｸﾞ)。

$$V_p = L/\Delta T$$

③時間差⊿Ｔと距離Ｌの関係から弾性波速度 V_p を決定します。

(c) 厚さの推定

・(b)のＡ法と同じ原理・方法で、任意の場所の多重反射波の周波数 f_0 を求めて、その部分の部材厚さＤを推定します。推定式は次の通りです。

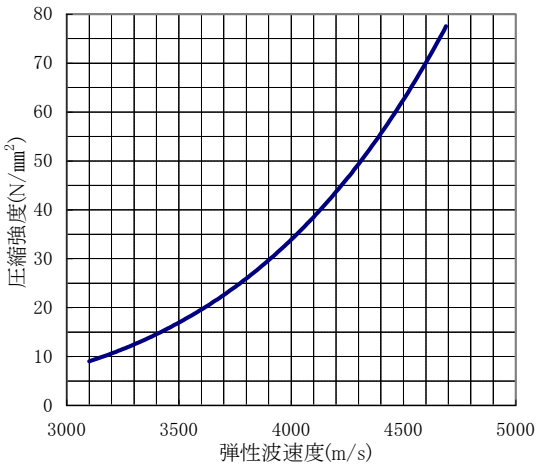
$$D = V_p / 2f_0$$

・弾性波速度 V_p が著しく異なると推察されるような場所では、弾性波速度 V_p を再測定する必要が有ります。

(d) 強度の推定

・圧縮強度 F_c と弾性波速度 V_p は、次の経験式で関連付けられています(右図参照)。

$$F_c = 6.3 \times 10^{-18} \times V_p^{5.2}$$



(1-3) コンクリート表面の剥離および劣化

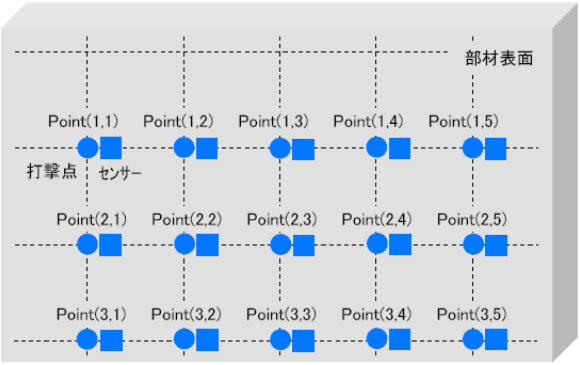
(a) 事前調査

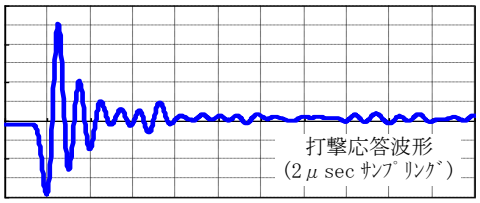
【打音による評価】

・打音による診断と併用することにより、調査効率と診断結果の信頼性は高まります。

(b) 測定方法

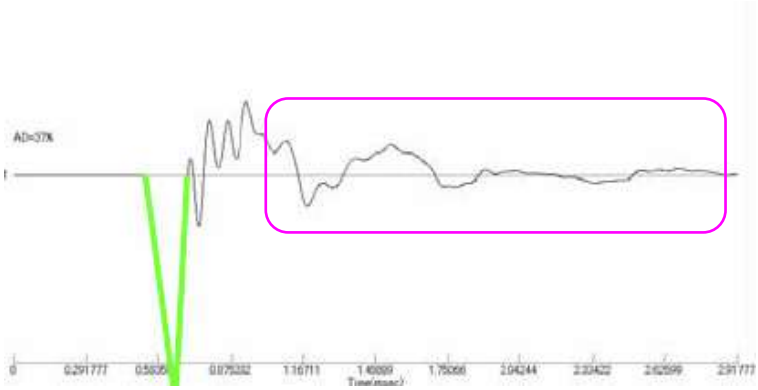
・評価したい場所から 50mm 程度離れた場所に加速度センサーを設置して、評価したい場所を打撃し、打撃応答波を記録します。この時、健全と思われる場所の打撃応答波形も記録しておきます。





診断したい部材表面に任意のメッシュを切り、各交点の打撃応答波を記録することによって、劣化の分布を表現することもできます。データ量も増えますので、判断も行いやすく、信頼性も高まります。

(c) 表面剥離の推定

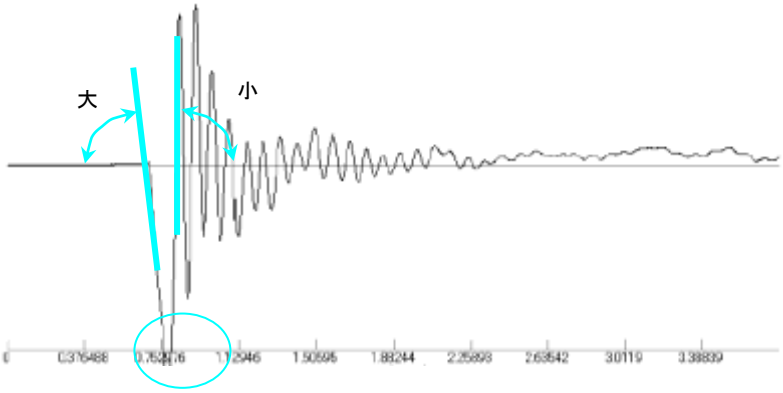


① 波形の減衰部分に周期性の無い場合(コンクリート内部からの応答が不明瞭)、表面剥離の生じている可能性は高いと判断します。

② 応答波形の最初の半周期が、健全部分の半周期と比較して明らかに長い場合、剥離が生じている可能性が高いと判断します(打撃接触時間が長くなる)。この場合、健全部分と比較しての相対的な評価となります。

(d) 表面劣化の推定

・応答波形の最初の波形の傾斜角に着目し、健全部分の波形の傾斜角と比較して明らかになだらかになっている場合(打撃接触時間が長い)、表面が劣化している可能性が高いと判断します。剥離が生じていなければ、減衰部分は健全時とあまり変わりません。この場合、健全部分と比較しての相対的な評価となります。



(1-4) 内部欠陥の推定

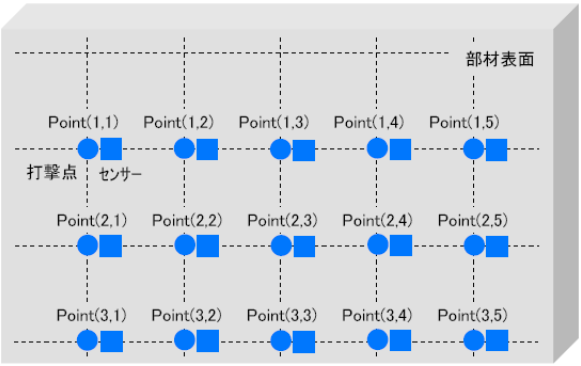
(a) 事前調査

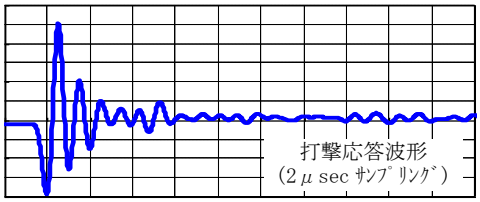
【弾性波速度の計測】

・「(1-2) 部材の厚さ・強度推定」の「(2) 弾性波速度の測定」により、弾性波速度を測定しておきます。

(b) 測定方法

・評価したい場所から 50mm 程度離れた場所に加速度センサーを設置して、評価したい場所を打撃し、打撃応答波を記録します。この時、健全と思われる場所の打撃応答波形も記録しておきます。

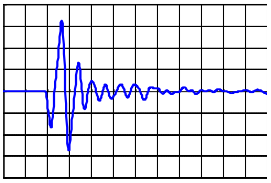




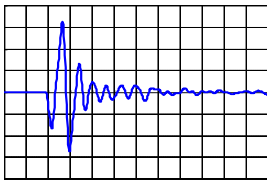
診断したい部材表面に任意のメッシュを切り、各交点の打撃応答波を記録することによって、劣化の分布を表現することもできます。データ量も増えますので、判断も行いやすく、信頼性も高まります。

(c) 内部欠陥の推定

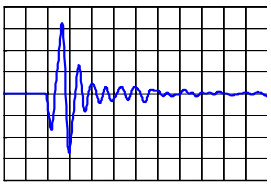
・内部欠陥(空隙)の有無により、測定ポイントの部材厚さ推定値が変わってきます。



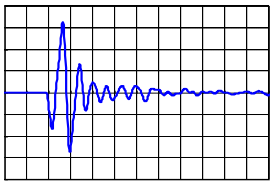
Point(1,1)の打撃応答波形



Point(1,2)の打撃応答波形



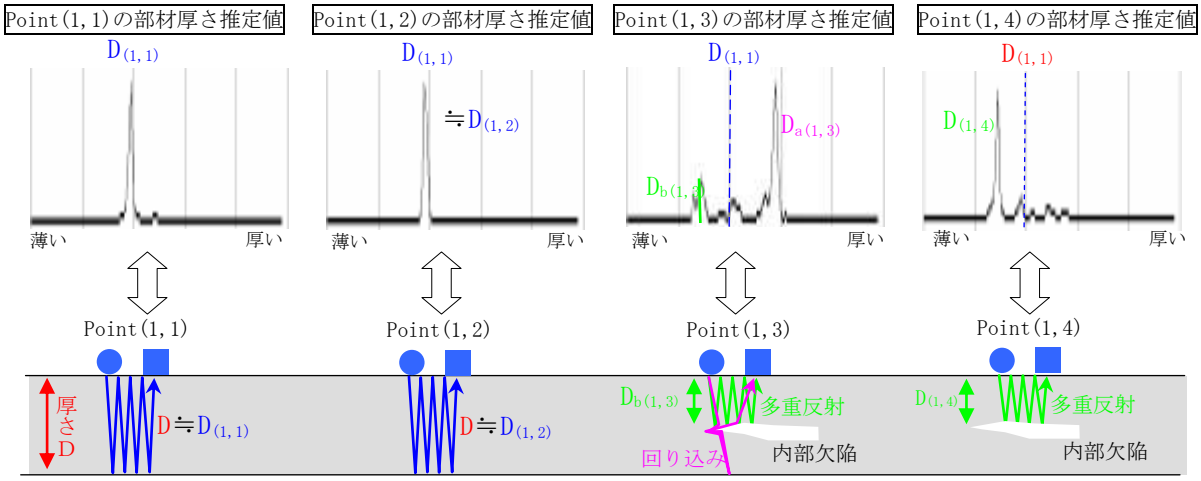
Point(1,3)の打撃応答波形



Point(1,4)の打撃応答波形

周波数分析をして多重反射波の周波数 f_0 を求めます。
f_0 を求めるためには高度な演算処理が必要です。

部材厚さD＝弾性波速度 V_p／２ f_0



$D_{a(1,3)}$：内部欠陥(空間)を回折することにより厚く評価。

$D_{b(1,3)}$：内部欠陥(空間)上面が反射面となり薄く評価。

$D_{(1,4)}$：内部欠陥(空間)上面を反射面とした多重反射が最も卓越し、薄く評価。

・測定ポイント数が多いほど、比較データが増えますので、判断し易くなります。

(2) 小径コア採取

(2-1) 診断フロー

・小径コアによる診断は下図の流れで行います。

鉄筋位置のマーキング

↓

小径コア採取位置のマーキング

東西南北面のうち 3 面から各 1 箇所
最上階・中間階・最下階(異なる強度区分)から各 1 箇所
1 箇所から平面的に　3 コア
1 コアから深さ方向に　2 本
計 3 箇所×3 コア×2 本＝　18 本

↓

小径コアの採取

↓

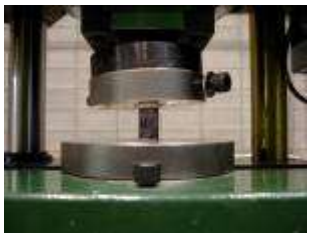
小径コア採取箇所の補修

↓

中性化深さの測定

↓

圧縮強度試験 *



＊：特許により圧縮強度試験の実施はソフトコアリング協会会員に限定されています。

↓

塩害地域

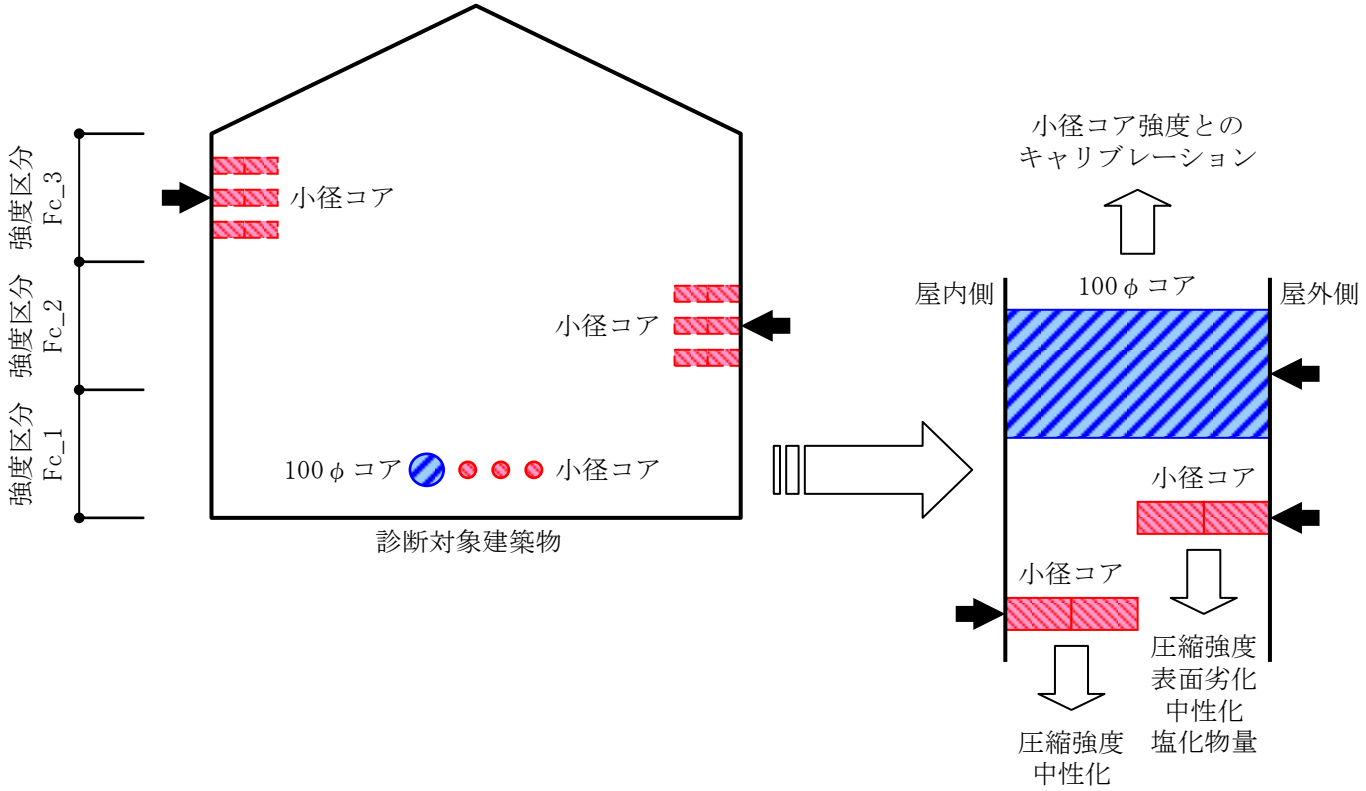
YES → 塩化物量の測定

NO ↓

調査結果の評価

(2-2) 調査方法

・小径コアの採取は下図の要領で行います。



調査項目(信頼性)

・圧縮強度：躯体コンクリートの材料強度
(100φコア1本とのキャリブレーションにより100φコアと同程度の信頼性)

・表面劣化：躯体コンクリートの材料劣化
(強度を指標とした劣化程度が判定でき信頼性は健全な場合と同程度)

・中性化　：躯体コンクリートの材料劣化
(骨材が偏っていなければ100φコアと同程度の信頼性)

・塩化物量：躯体コンクリートの材料劣化
(骨材が偏っていなければ100φコアと同程度の信頼性)

調査箇所

・一般的な100φコアの採取と同様の箇所の調査を行い、1箇所当たりの採取本数のみ増やします。

・100φコアが1箇所当たり1本(計3本)採取するところ、小径コアは1箇所あたり平面的に3本、深さ方向に各2本(計6本)採取します。

コア採取のポイント

・建物全体が同一強度区分の場合、最下階のみから採取してもかまいません。
(経年劣化の把握を主目的としているため、上下階での違いより水分供給の影響の方が大きいからです。)

・中性化深さも測定する場合、コアは乾式で採取します。

・コアが折れないようにドリル刃をゆっくりと貫入します。

留意点

・強度試験の実施については、特許によりソフトコアリング協会会員に限定されています。

コア採取箇所の補修方法
・コア採取箇所は、セメント：砂の割合を 1：2.5(容積比)と同等以上の強度を持つモルタルを充てんします。
・仕上げ補修の要否は予め診断依頼者と協議します。

コアの運搬方法
・写真撮影後、速やかに新聞紙等で包み、段ボール箱等に収納して室内に保管します。
・運搬中の振動等によるコアの破損等がないよう十分注意して運搬します。

コアの処理方法
・コアの高さは、両端面の研磨またはキャッピング後に直径の 1～2 倍以内でできるだけ 2 倍に近くなるように切断します。
・コアの両端面は、樹脂石こうキャッピングにより平滑に仕上げます。

コアの寸法測定
・コアの直径は、上下端面付近及び高さの中央付近で、互いに直交する 2 方向について、それぞれ±1%以内の精度で測定します。
・コアの高さは、最大値及び最小値について、それぞれ±1%以内の精度で測定します。
・これらの値の平均値を、それぞれコアの平均直径及び平均高さとします。

中性化深さの測定
・コアに付着しているコンクリートやモルタルの粉末をブロア等で完全に取り除いた後、速やかにフェノールフタレイン 1%溶液を噴霧します。
・赤紫色の呈色が鮮明になった後、コンクリート表面(屋外または屋内側)から赤紫色に呈色した部分までの距離を、ノギス等により 0.5㎜ 単位で測定します。
・測定箇所は 1 本のコアにつき 5 測定箇所とします。

(2-3) 評価方法

(a) 圧縮強度

・強度推定式(建築学会)または JIS A 1107 の補正係数のみによる強度は 1 割程度過大な値となるため、0.9 を乗じる(略算)か、100φコアとのキャリブレーションにより適正に評価します。

・強度推定式①(略算式)

$fc' = 0.9 \times c \times fc$

fc'：推定強度[N/mm^2]

c：JIS A 1107 の補正係数

fc：小径コア強度[N/mm^2]

・強度推定式②

$fc' = c^3 \times fc \times e$

e：標準コアとの補正値(＝標準コア強度／小径コア強度)

ここで、補正は健全な箇所から採取したコアにより行います。

(b) 表面劣化

・劣化を受けたコンクリートの強度推定は②式により行います。

・コンクリート表面(屋外側)のコアとコンクリート内部のコアの強度比較により表面劣化の有無を判定します。

・表面と内部の強度に有意な差がある場合は、表面劣化しているものとして、補修または詳細診断(マイクロクラック観察)を行います。

(c) 中性化深さ

・圧縮強度・表面劣化診断に使用するコアを兼用します。

・JIS A 1152 に準じて測定を行い、5 測定値の平均値を四捨五入で小数点以下 1 桁に丸めます。

・中性化深さの判定基準

$$\begin{cases} X < 2 \\ X^2 < t/7.2 \end{cases}$$

X[cm]：中性化深さ

t[年]：経過年数

(d) 塩化物量

・圧縮強度・表面劣化診断に使用したコアを兼用します。

・JIS A 1154 に準じて強度試験後のコアから分析試料を採取します。

(e) 他との連携

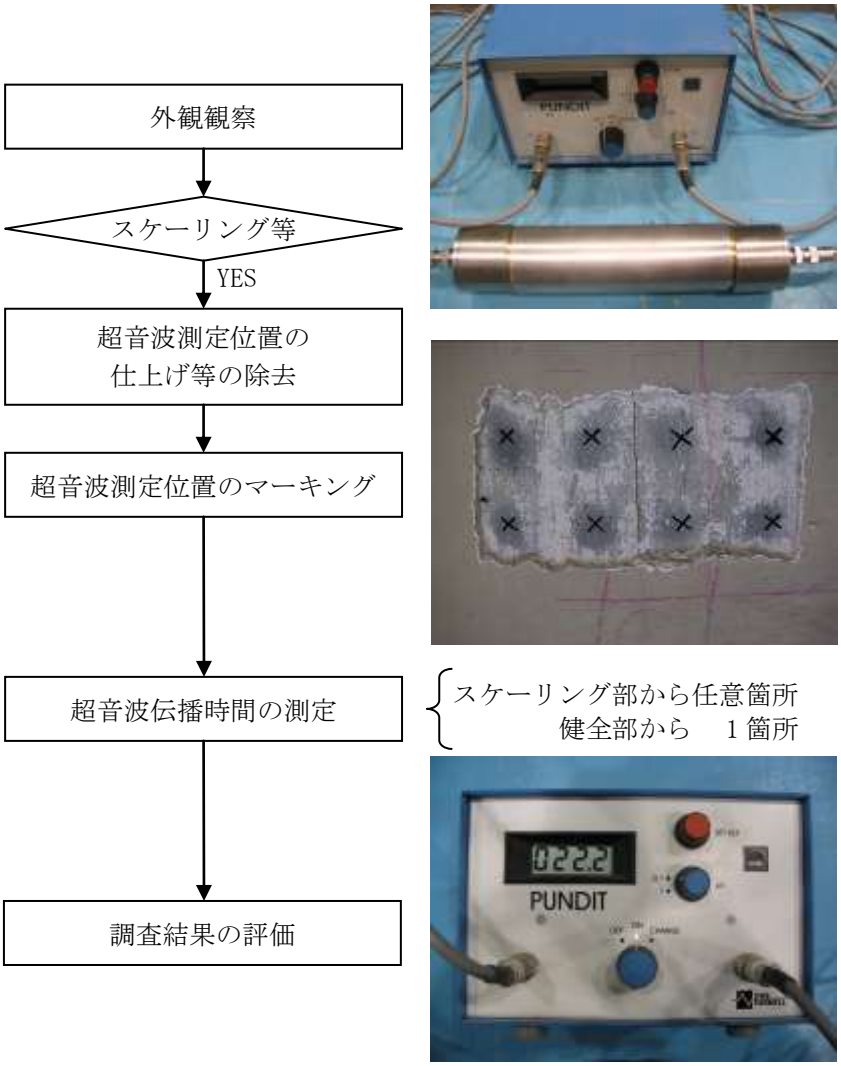
・表面劣化していると判定し、原因を特定したい場合は、マイクロクラック観察を行います。

・凍害による表面劣化の程度の診断により、部材への構造影響評価ができます。

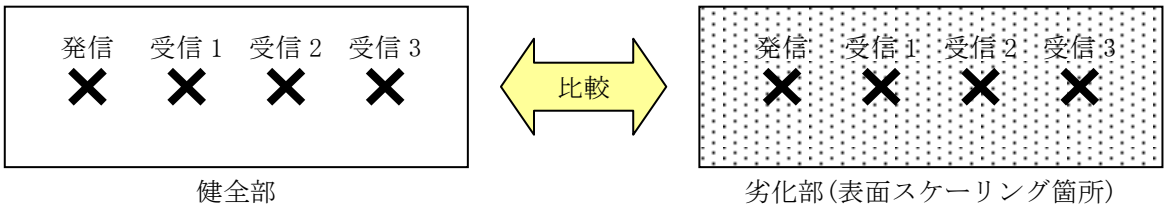
(3) 超音波法

(3-1) 診断フロー

・超音波法による診断は下図の流れで行います。



(3-2) 調査方法
・超音波の測定は下図の要領で行います。



調査項目(信頼性)
・表面劣化：躯体コンクリートの材料劣化(表面劣化しているか否かの判定のみ)

調査箇所
・表面にスケーリング等の劣化現象が見られる箇所及び健全箇所で比較測定を行います。

測定のポイント
・グリース等を躯体の測定面と測定端子の間に塗ることにより、安定した測定結果が得られます。
・グリース等をビニール袋等に入れることにより、躯体表面の汚れを防ぐことができます。
・測定結果の絶対値が不要な場合(相対値のみで評価する場合)、躯体の測定面にテープを張り、テープと測定端子間にグリース等を塗ることにより、躯体表面の汚れを防ぐことができます。

留意点
・グリース等により躯体表面が汚れてしまいますので、測定後に躯体表面の清掃をするか、測定時に躯体表面を汚さない工夫(ビニール袋やテープ等)をします。
・ひび割れ深さの調査に使用されることもありますが、ひび割れ内部でのひび割れ面同士の接触等により正しく評価されない場合もありますので注意して下さい。

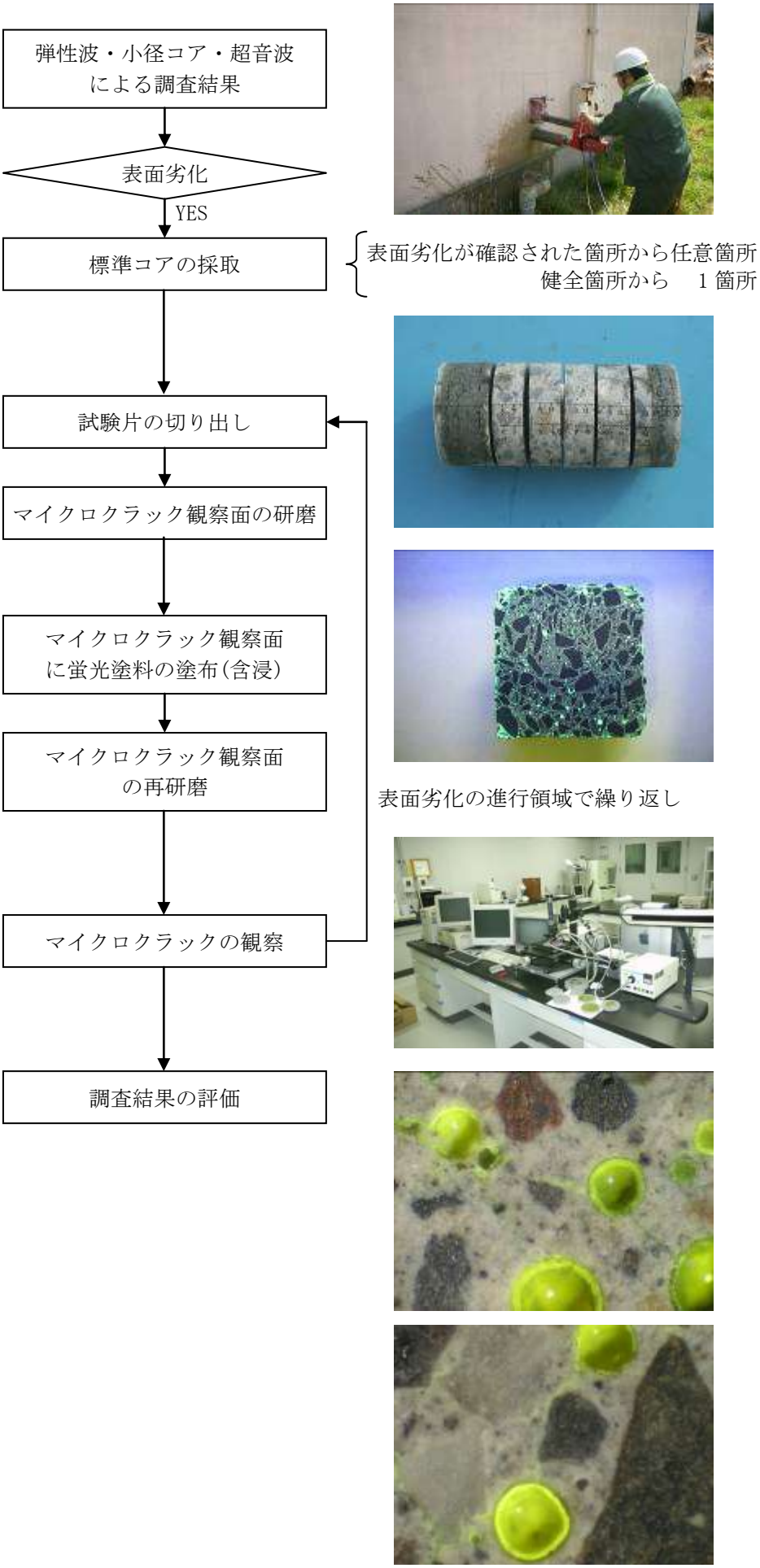
(3-3) 評価方法
(a) 表面劣化
・健全部とスケーリング部の相対値により、表面劣化の有無を判定します。

(b) 他との連携
・表面劣化していると判定し、劣化程度を把握したい場合は、小径コアの採取を行います。
・表面劣化していると判定し、原因を特定したい場合は、マイクロクラック観察を行います。

(4) マイクロクラック観察

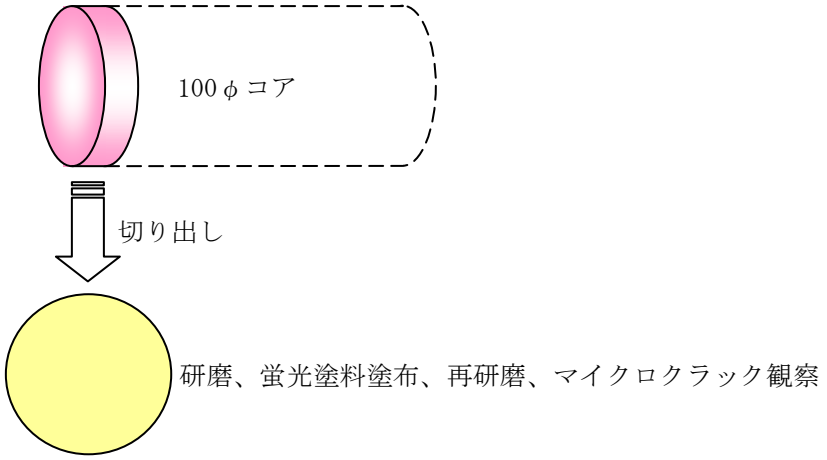
(4-1) 診断フロー

・マイクロクラック観察による診断は下図の流れで行います。



(4-2) 調査方法

・マイクロクラックの観察は下図の要領で行います。
・マイクロクラック観察用試験片は、圧縮強度試験用 100φコアから切り出し、または、マイクロクラック観察用100φコア(コア長さ４～５cm 程度)から切り出します。



調査項目

・表面劣化：躯体コンクリートの表面劣化原因(凍害劣化なのか乾燥収縮なのか)の推定
・凍害劣化：躯体コンクリートの凍害劣化程度の評価と進行予測
・乾燥収縮：躯体コンクリートの乾燥収縮程度の評価

調査箇所

・表面劣化している箇所から 100φコアを 1 本採取し、マイクロクラック観察するための試験片を切り出します。

マイクロクラック観察のポイント

・他の診断手法により表面劣化していると判断され、原因を特定したい箇所からコアを採取します。
（採取したコアを圧縮強度等の用途に使用しない場合は、コア長さは４～５cm で十分です。）
・採取コアを深さ方向に切断研磨し、蛍光塗料を塗布し、再研磨後、顕微鏡でマイクロクラック本数を測定します。
・切断研磨の際には、荒い研磨砂から順(#80,#320,#800 程度)に湿式研磨を行った後、超音波洗浄機で研磨面を洗浄し、洗浄面を拭き取らずに室内で乾燥させます。
・蛍光塗料塗布の際には、観察面に刷毛で蛍光岩石検知薬をよく含浸するように塗布し、直ちに減圧チャンバー内で減圧します。
・再研磨(#800 研磨砂)の際には、ブラックライト(紫外線ランプ)で試験面に残った蛍光塗料を確認しながら、粗骨材表面の塗料がなくなる程度まで少しずつ研磨を行います。
・マイクロクラック観察の際には、紫外線を照射してひび割れに残った蛍光塗料を際立たせ、顕微鏡(倍率 400 倍程度)で測線上を横切るひび割れ本数を測定します。

留意点

・試験片を北総研等、マイクロクラック観察設備を有した施設に持ち込む必要があり、観察者により結果にばらつきが出る可能性がありますが、熟練者が観察することにより、より詳細な診断が可能となります。

(4-3) 評価方法

(a) 凍害劣化

・深さ方向のマイクロクラック本数により、深さ方向の凍害劣化程度を評価します。

・マイクロクラック本数

$Cn = N / L$

Cn：単位長さあたりのマイクロクラック本数(本／mm)

N：測線上を横切ったマイクロクラックの本数(本)

L：総測線長(mm)

・相対動弾性係数

$DM = 10^{(2+RD)} / (1 + 10^{RD}) \times 100$

DM：相対動弾性係数(%)

RD：相対動弾性係数のロジット変換値(＝－2.3625Cn＋1.3142)

・診断時の建築物の経過年数と相対動弾性係数から、所定の相対動弾性係数に低下するまでの凍害劣化進行予測ができます。

・凍害劣化進行予測(精度 68%)

$m_i = m / n \times n_i \pm 10.15$

m_i：相対動弾性係数 i(%)に低下するまでの年数(年)

m：建築物の経過年数(年)

n：相対動弾性係数に対応した標準化凍結融解回数(回)

$= ((100 - DM) / 2.08)^2$ (DM＞85%)

$= 215.4 - 1.923DM$ (DM≦85%)

n_i：相対動弾性係数 i(%)に対応した標準化凍結融解回数(回)

(b) 表面劣化

・深さ方向のマイクロクラック本数により、表面劣化原因が、凍害劣化なのか乾燥収縮なのか推定します。

・表面から５mm 以下のマイクロクラックを乾燥収縮、５mm 以上のものを凍害によるものと推定します。

(c) 他との連携

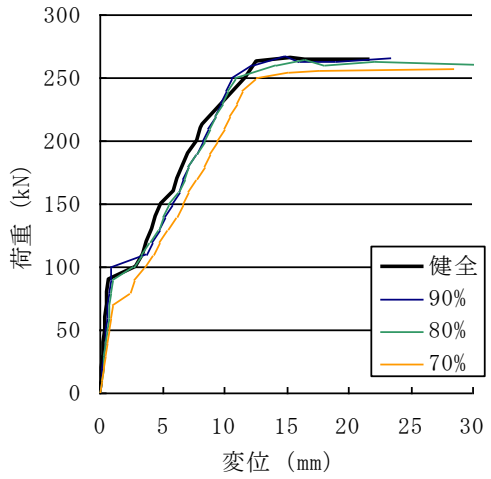
・弾性波、小径コア、超音波等により表面劣化していることが判定され、原因を特定したい場合に実施します。

・凍害による表面劣化の程度の診断により、部材への構造影響評価ができます。

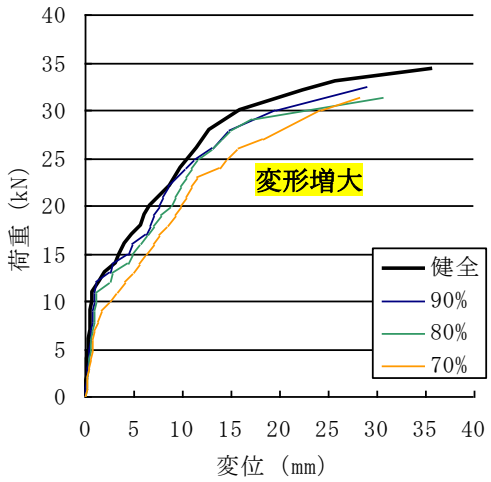
(5) 凍害の構造影響評価

・凍害劣化の構造耐力に及ぼす影響は、応力状態及び部材形状の違いから評価します。

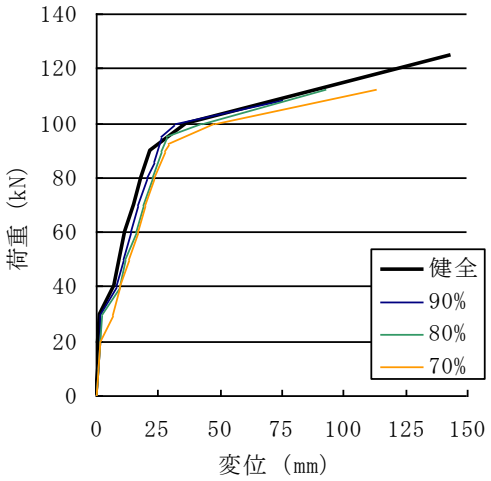
① 応力状態(圧縮・曲げ・せん断)と部材形状により荷重－変形挙動を支配的なのは鉄筋かコンクリートか判断
② 鉄筋により支配的な場合は凍害以外の劣化要因により補修・改修工法の選定や時期を診断
③ コンクリートにより支配的な場合は凍害劣化程度により補修・改修工法の選定や時期を診断



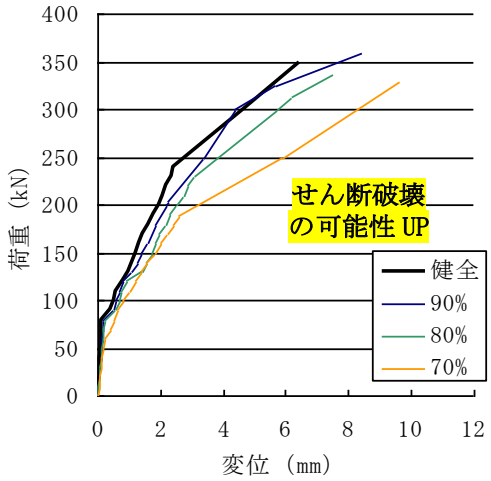
(a) 梁(300×700×5500)の曲げ解析結果
・鉄筋により荷重－変形挙動が支配的
・凍害による影響は小さい



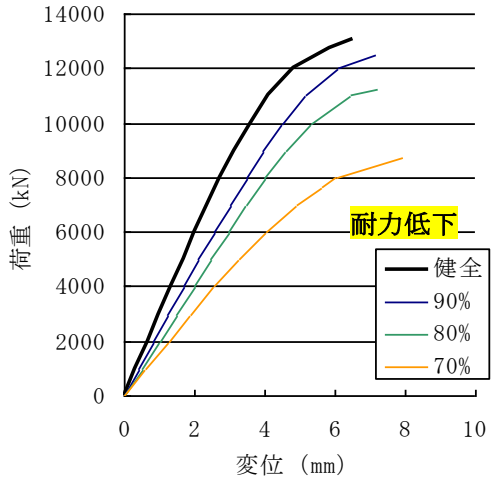
(b) バルコニー(1500×180×単位幅)の曲げ解析結果(せいの低い曲げ材)
・鉄筋及び圧縮側コンクリートにより荷重－変形挙動が支配的
・凍害による影響はやや大きい(変形)



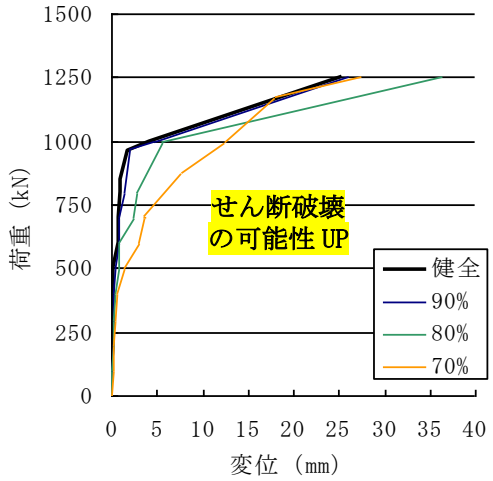
(c) 柱(600×600×3550)の曲げ解析結果
・鉄筋により荷重－変形挙動が支配的
・凍害による影響は小さい



(d) 短柱(600×600×1150)の曲げ解析結果
・コンクリートにより荷重－変形挙動が支配的
・凍害による影響は大きい



(e) 柱(600×600×3550)の圧縮解析結果
・コンクリートにより荷重－変形挙動が支配的
・凍害による影響は大きい



(f) 壁(5500×3550×200)のせん断解析結果
・コンクリートにより荷重－変形挙動が支配的
・凍害による影響は大きい

１．３．３　総合的評価

(1) 弾性波法を活用した診断方法

・仕上げの浮きやコンクリートのひび割れ、内部欠陥、圧縮強度、表面劣化、部材厚さの調査を一つの機械で行うことができるため、中性化深さの測定や鉄筋腐食状況、塩化物量の調査を他の診断手法で行います。
・標準コアや小径コアにより圧縮強度のキャリブレーションを行うと、より信頼性の高い圧縮強度の推定ができます。
・小径コアやマイクロクラックにより詳細診断を行うと、表面劣化の程度や原因の推定ができます。

(2) 小径コアを活用した診断方法

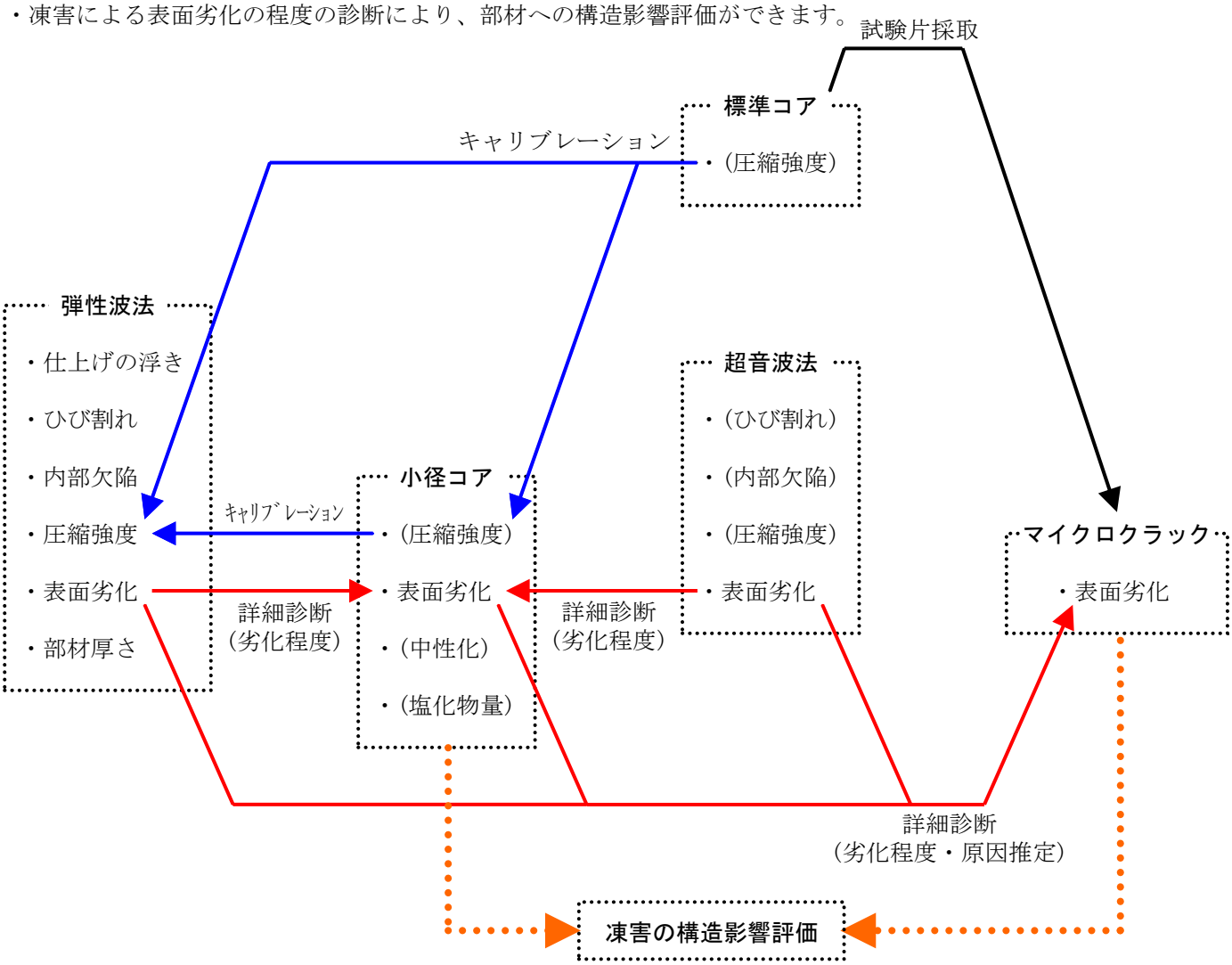
・コンクリートの圧縮強度、表面劣化、中性化深さ、塩化物量の調査を兼用コアで行うことができるため、仕上げの浮き、鉄筋腐食状況を他の診断手法で行います。
・凍害による表面劣化の程度の診断により、部材への構造影響評価ができます。
・標準コアにより圧縮強度のキャリブレーションを行うと、より信頼性の高い圧縮強度の推定ができます。
・マイクロクラックにより詳細診断を行うと、表面劣化の原因の推定ができます。

(3) 超音波法を活用した診断方法

・間接法による測定では、コンクリートのひび割れと表面劣化の調査、直接法による測定では、コンクリートの内部欠陥、圧縮強度の調査を一つの機械で行うことができるため、仕上げの浮き、中性化深さの測定、鉄筋腐食状況、塩化物量の調査を他の診断手法で行います。
・小径コアやマイクロクラックにより詳細診断を行うと、表面劣化の程度や原因の推定ができます。
・表面劣化の調査を除き、弾性波法や小径コアに比べて調査結果の信頼性が低いため、他の診断手法を併用することが望まれます。

(4) マイクロクラック観察を活用した診断方法

・弾性波法や小径コア、超音波法により表面劣化していると診断された場合、キャリブレーション用の標準コアを使用して表面劣化の深さや程度、原因の診断ができます。
・凍害による表面劣化であると診断された場合、建築後年数と劣化程度から凍害劣化進行予測ができます。
・凍害による表面劣化の程度の診断により、部材への構造影響評価ができます。



第２章　ＣＢ造建築物の非破壊診断手法

２．１　診断の概要

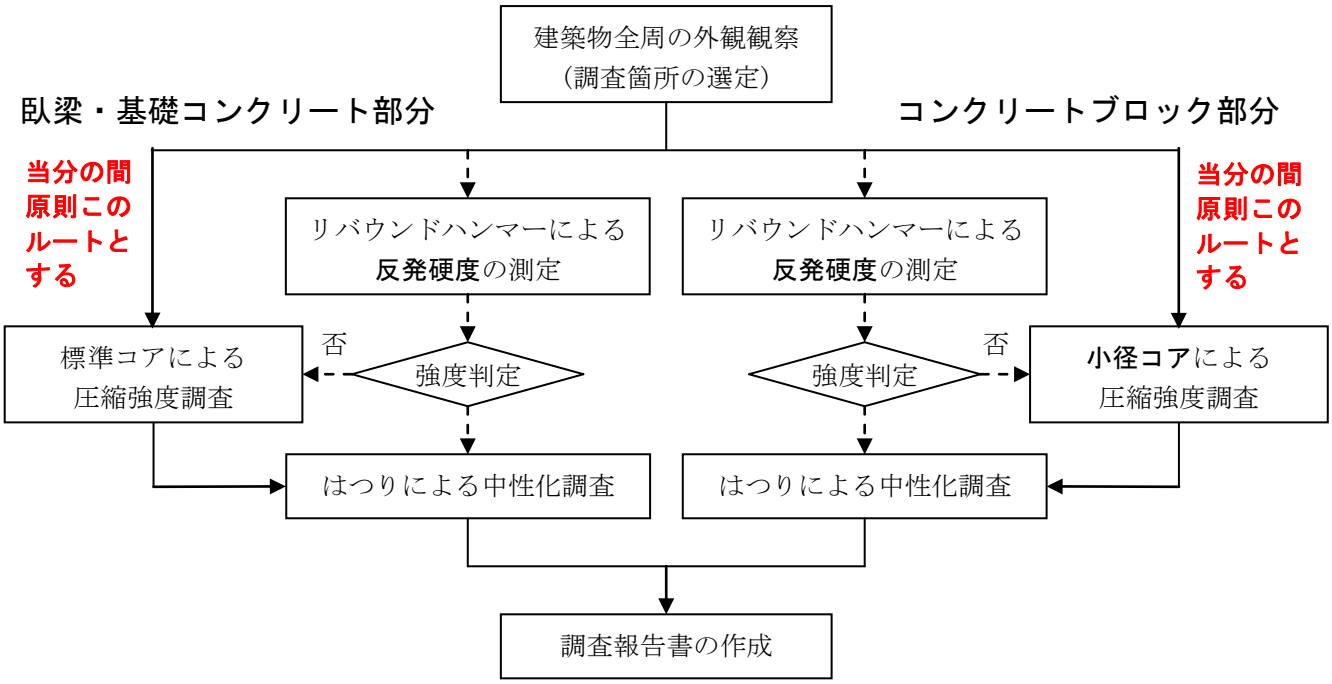
ＣＢ造建築物の診断は、臥梁・基礎コンクリート部分及びコンクリートブロック部分の反発硬度法(リバウンドハンマー)による圧縮強度の調査と、はつりによる中性化深さ及び鉄筋腐食状況の調査により行います。もし、反発硬度法により圧縮強度不足の可能性が確認された場合は、コア採取による詳細調査を行います。

診断基準の一例として、BELCA((社)建築・設備維持保全推進協会)の「公営住宅改善手法選択マニュアル」(以下、BELCA マニュアル)を紹介します。BELCA マニュアルでは、診断基準をグレード A～C に分類し、グレード A は「現状または現実に取り得る改善により長期耐用が可能」、グレード C は「長期耐用に問題あり」、グレード B は「グレード A と C の中間程度の性能」としています。また、「強度と、中性化または塩化物量が、同時にグレード B に該当する場合はグレード C 扱いとする」ともしています。

注：ここでは反発硬度法(リバウンドハンマー)による圧縮強度の調査方法を掲げていますが、当分の間コア採取による方法を原則とします。

診断基準と診断手法

	グレード A	グレード B	グレード C	診断手法
圧縮強度	設計基準強度以上	建築基準法規定強度以上 設計基準強度未満	建築基準法規定強度未満	反発硬度法 コア
中性化深さ	設計かぶり厚さ未満	設計かぶり厚さ以上		はつり
鉄筋腐食	無視できる程度のさび 明らかな施工当初のさび 部分的なさび	全面的な浮きさび	断面欠損に至るさび	はつり
ひび割れ	幅 0.5mm 未満	幅 0.5mm 以上		外観目視
欠損・剥落	無し	有り		外観目視
塩化物量	1.2kg/m^3 以下	1.2kg/m^3 を超える		コア



２．２　非破壊診断の提案

ＣＢ造建築物を長期供用が可能か否か(一例として BELCA マニュアルではグレード C)の診断を目的としてコンクリート及びコンクリートブロックの圧縮強度、コンクリート及び充てんモルタルの中性化深さ及び鉄筋腐食状況の診断手法を提案します。

(1) リバウンドハンマーによる圧縮強度調査

リバウンドハンマーによる反発硬度の測定方法と評価方法を提案します。

リバウンドハンマー

校正用アンビル

マーキング用プレート

(2) 小径コアによる圧縮強度調査

コンクリートブロック部の小径コアによる診断手法を提案します。

小径コアの採取

小径コアの圧縮強度試験

(3) はつりによる中性化深さと鉄筋腐食状況

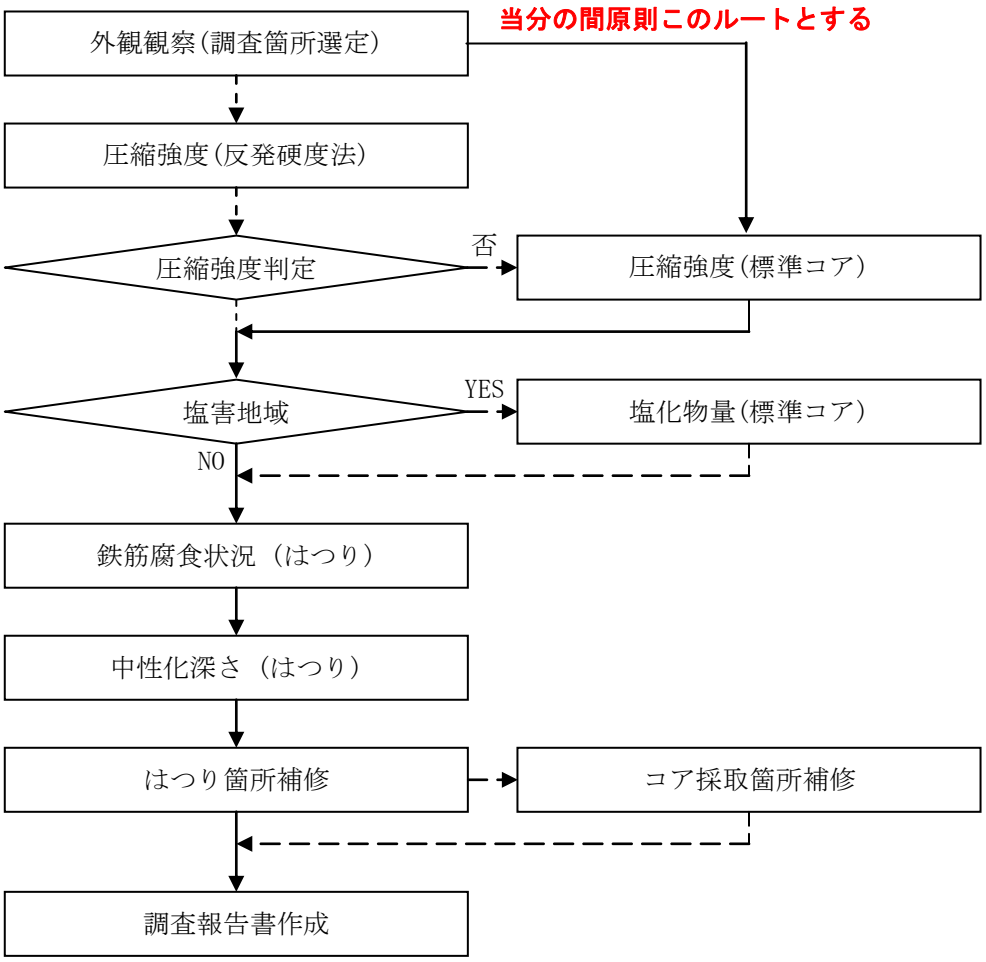
100φコアドリルによる躯体への損傷を低減するはつり方法を提案します。

通常のはつり調査

コアドリルによるはつり調査

２．２．１　臥梁・基礎コンクリート部分の調査

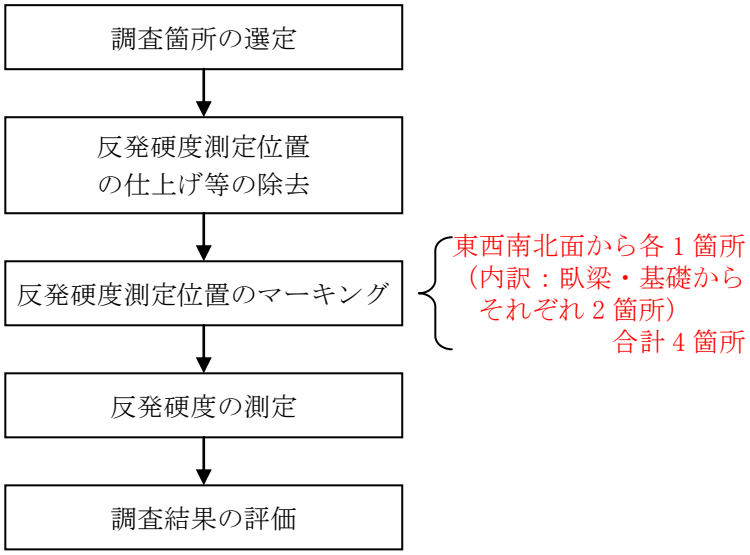
臥梁及び基礎コンクリート部分の調査は下図の流れで行います。



(1) 反発硬度(リバウンドハンマー)による圧縮強度調査

(1-1) 診断フロー

・リバウンドハンマーによる圧縮強度調査は下図の流れで行います。

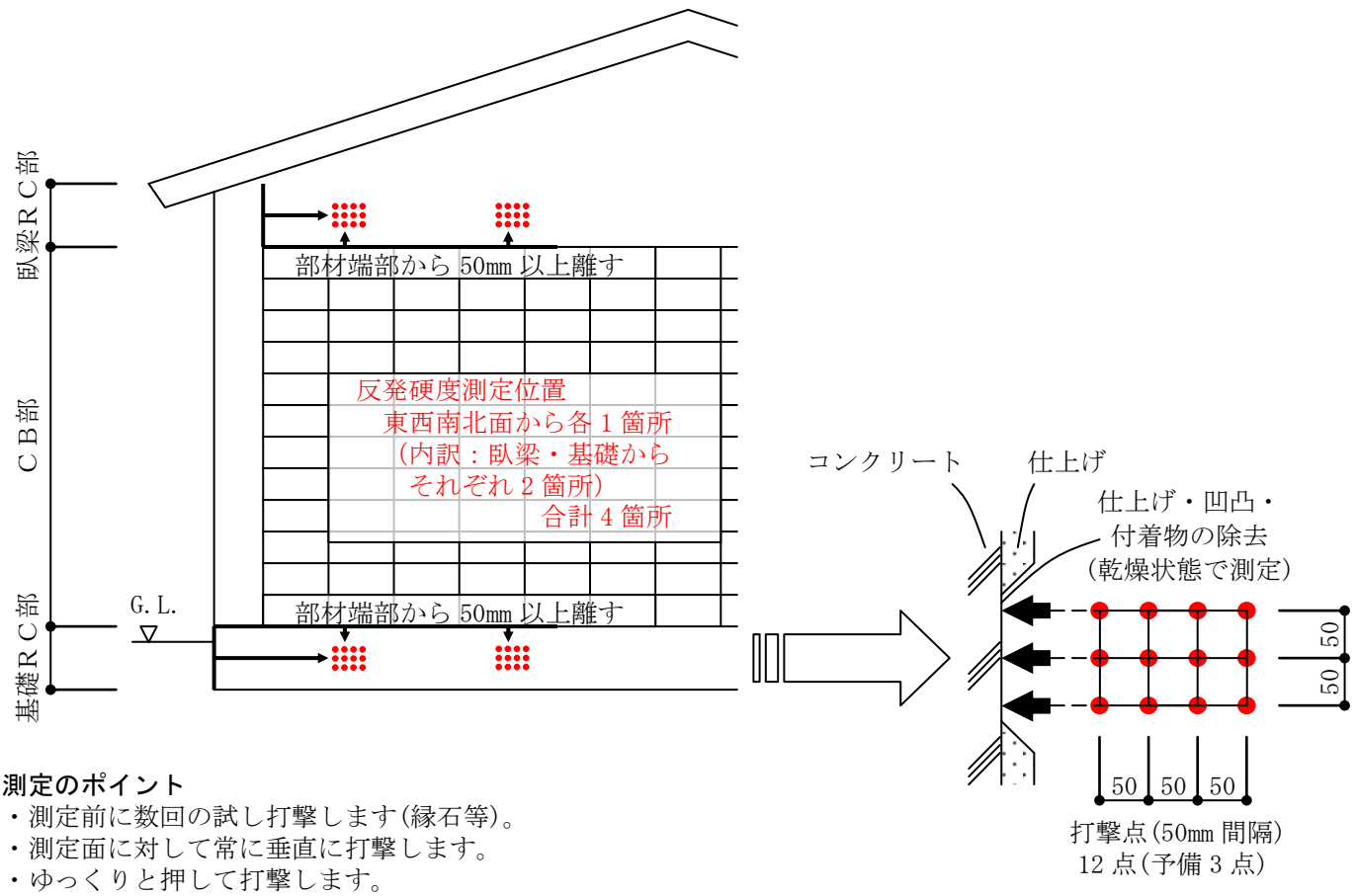


リバウンドハンマー

校正用アンビル

(1-2) 調査方法

・リバウンドハンマーによる測定は下図の要領で行います。



測定のポイント

・測定前に数回の試し打撃します(縁石等)。
・測定面に対して常に垂直に打撃します。
・ゆっくりと押して打撃します。
・測定面が持続的に湿っている場合は測定値に+5 の補正をします(地中等)。
・測定面が一時的に湿っている場合は測定値に+3 の補正をします(雨上がり等)。
・測定段階で明らかに測定値がばらついている場合は予備の測定値を増やします。

基準値(12N/mm²)を満足するのに必要なリバウンドハンマー反発硬度

	アンビル検査値	必要反発硬度
リバウンドハンマーのアンビル検査値が右記値の時の基準値(12N/mm²)を満足するために必要な反発硬度	82.0	29.9
	81.5	29.7
	81.0	29.5
	80.5	29.4
	80.0	29.2
	79.5	29.0
	79.0	28.8
	78.5	28.6
	78.0	28.4

(1-3) 評価方法

(a) 測定値 R

：1 箇所当たり 12 点の測定値(×4 箇所)

↓

(b) 1 箇所の測定平均値$\bar{R}$

：測定開始から 9 点目までの測定値の平均(＝ΣR/9)

↓

(c) 1 箇所の有効測定値 Re

：測定平均値$\bar{R}$±20%以上の値を捨て、予備測定値で補った 9 個の有効な測定値

↓

(d) 1 箇所の反発度 Rb

：9 個の有効測定値の平均(＝ΣRe/9)

↓　　四捨五入により有効数字 2 桁に丸めます(以下、同様)

(e) 4 箇所の平均反発度 Rc

：n 箇所の反発度の平均(＝ΣRb/4)

↓

(f) アンビル反発度 Ra

：測定前後の点検におけるテストアンビルの反発度

↓

(g) 基準反発度 Ro

：リバウンドハンマー自体の物理的測定誤差の校正(＝80/Ra×Rc)

↓

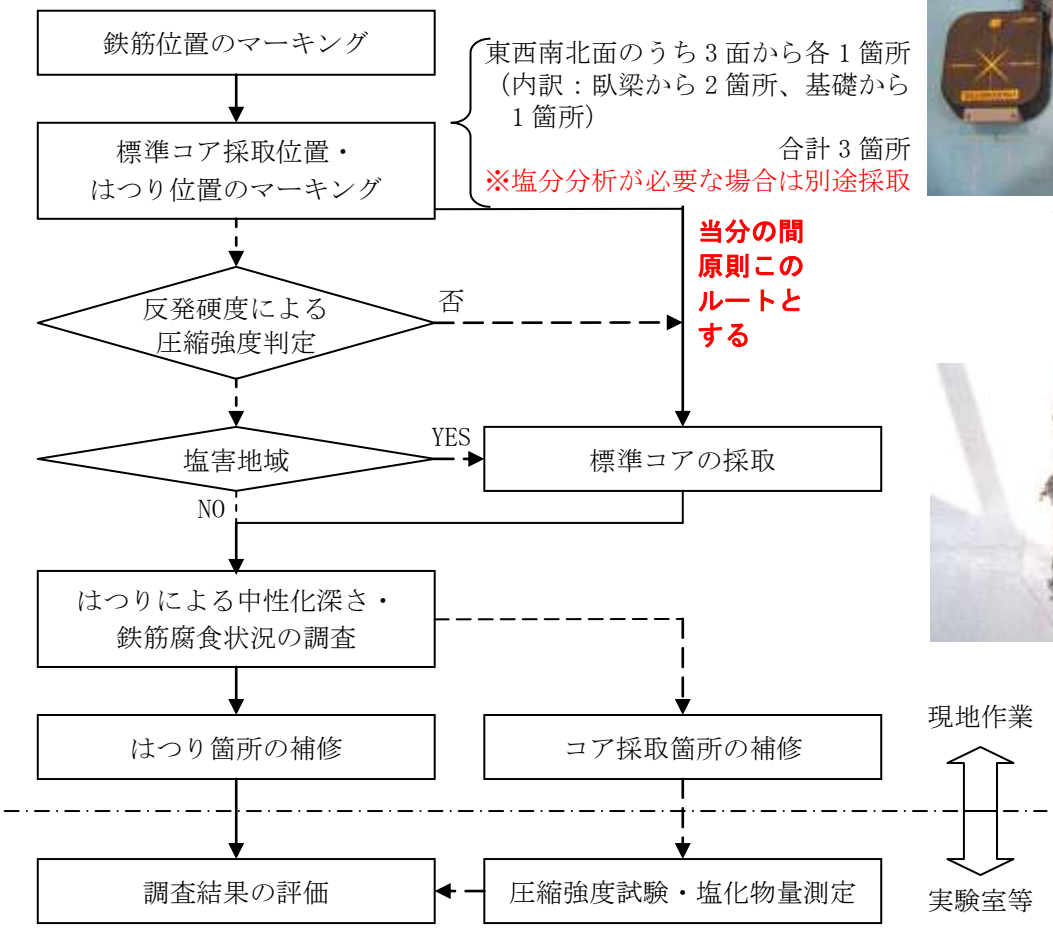
(h) コンクリートの圧縮強度の推定値 F

＝0.63×(1.27Ro-22.9)　(中性化していないコンクリート(地中部分等)は 0.63 を乗じません)

(2) その他(標準コア、はつり)の調査

(2-1) 診断フロー

・標準コア及びはつりによる調査は下図の流れで行います。

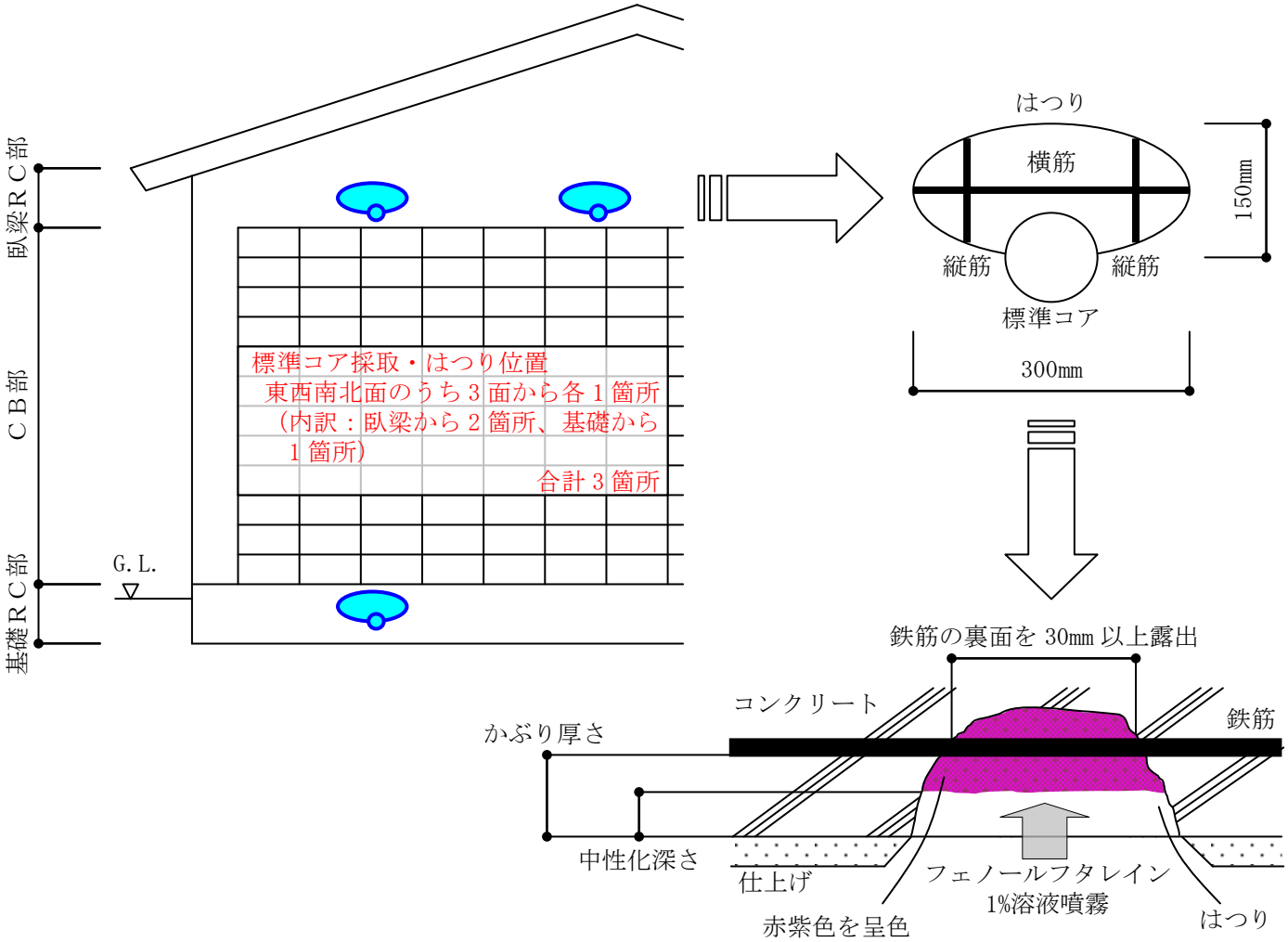


鉄筋探知機

はつり調査

(2-2) 調査方法

・標準コア及びはつりによる調査は下図の要領で行います。



コンクリートの中性化深さ及び鉄筋かぶり厚さの測定

コア採取箇所及びはつり箇所の補修方法
・コア採取箇所及びはつり箇所は、セメント：砂の割合を 1：2.5(容積比)と同等以上の強度を持つモルタルを充てんします。
・仕上げ補修の要否は予め診断依頼者と協議します。

コアの運搬方法
・写真撮影後、速やかに新聞紙等で包み、段ボール箱等に収納して室内に保管します。
・運搬中の振動等によるコアの破損等がないよう十分注意して運搬します。

コアの処理方法
・コアの高さは、両端面の研磨またはキャッピング後に直径の 1～2 倍以内でできるだけ 2 倍に近くなるように切断します。
・コアの両端面は、研磨またはキャッピング(石こうキャッピング等)により平滑に仕上げます。

コアの寸法測定
・コアの直径は、上下端面付近及び高さの中央付近で、互いに直交する 2 方向について、それぞれ±1%以内の精度で測定します。
・コアの高さは、最大値及び最小値について、それぞれ±1%以内の精度で測定します。
・これらの値の平均値を、それぞれコアの平均直径及び平均高さとします。

鉄筋の観察
・はつり面に付着しているコンクリートやモルタルの小片や粉末を、ブロア等で完全に取り除きます。
・測定面が濡れている場合は、自然乾燥またはドライヤー等で乾燥させます。
・鉄筋の種類、径、方向、かぶり厚さ、腐食状況を測定します。

中性化深さの測定(コンクリート・コンクリートブロック部分共通)
・鉄筋の観察後、速やかにフェノールフタレイン 1%溶液を噴霧します。
・赤紫色の呈色が鮮明になった後、コンクリート表面から赤紫色に呈色した部分までの距離を、ノギス等により 1mm 単位で測定します。
・測定箇所は 1 調査箇所につき 5 測定箇所とします。

(2-3) 評価方法

(a) コンクリートコアの圧縮強度

・強度 X　：φ100mm のコア強度(高さ/直径による補正後の値)

↓

・平均強度$\bar{X}$　：3 本の強度の平均(＝ΣX/3)

↓

・標準偏差σ　＝　$\Sigma\sqrt{(X-\bar{X})^2/(n-1)}$　：n はコア本数

↓

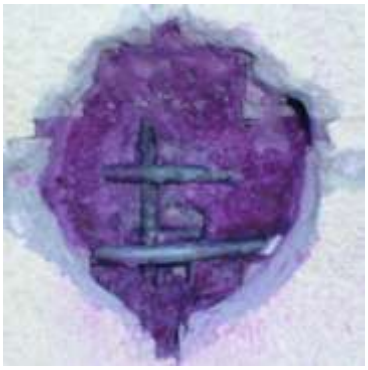
・圧縮強度 F ＝$\bar{X}$－0.5σ

(b) 鉄筋腐食グレード

A：
- 無視できる程度のさび
- 明らかな施工当初のさび
- 部分的なさび

B：全面的な浮きさび

C：断面欠損に至るさび



鉄筋腐食グレード A(鉄筋腐食なし)

鉄筋腐食グレード A(部分的なさび)

鉄筋腐食グレード B(全面的な浮きさび)

鉄筋腐食グレード C(断面欠損に至るさび)

(c) 中性化深さの判定基準

・JIS A 1152 に準じて測定を行い、5 測定値の平均値を四捨五入で小数点以下 1 桁に丸めます。

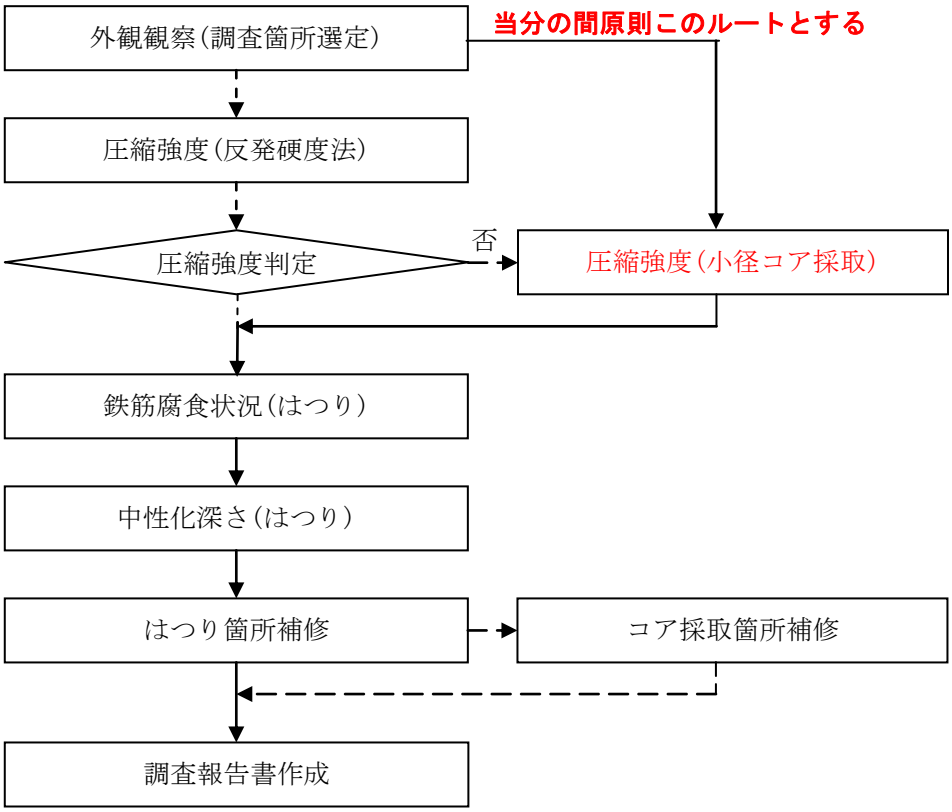
$$\begin{cases} X < 2 \\ X^2 < t/7.2 \end{cases}$$

X(cm)：中性化深さ

t(年)：経過年数

２．２．２　コンクリートブロック部分の調査

コンクリートブロック部分の調査は下図の流れで行います。



(1) 反発硬度(リバウンドハンマー)による圧縮強度調査

(1-1) 診断フロー

・リバウンドハンマーによる圧縮強度調査は下図の流れで行います。

鉄筋位置のマーキング
(標準形ブロックの選定)

↓

反発硬度測定位置
の仕上げ等の除去

↓

反発硬度測定位置のマーキング

東西南北面から各 1 箇所
(内訳：上部・下部から
それぞれ 2 箇所)
合計 4 箇所(標準形ブロック)

↓

反発硬度の測定

↓

調査結果の評価

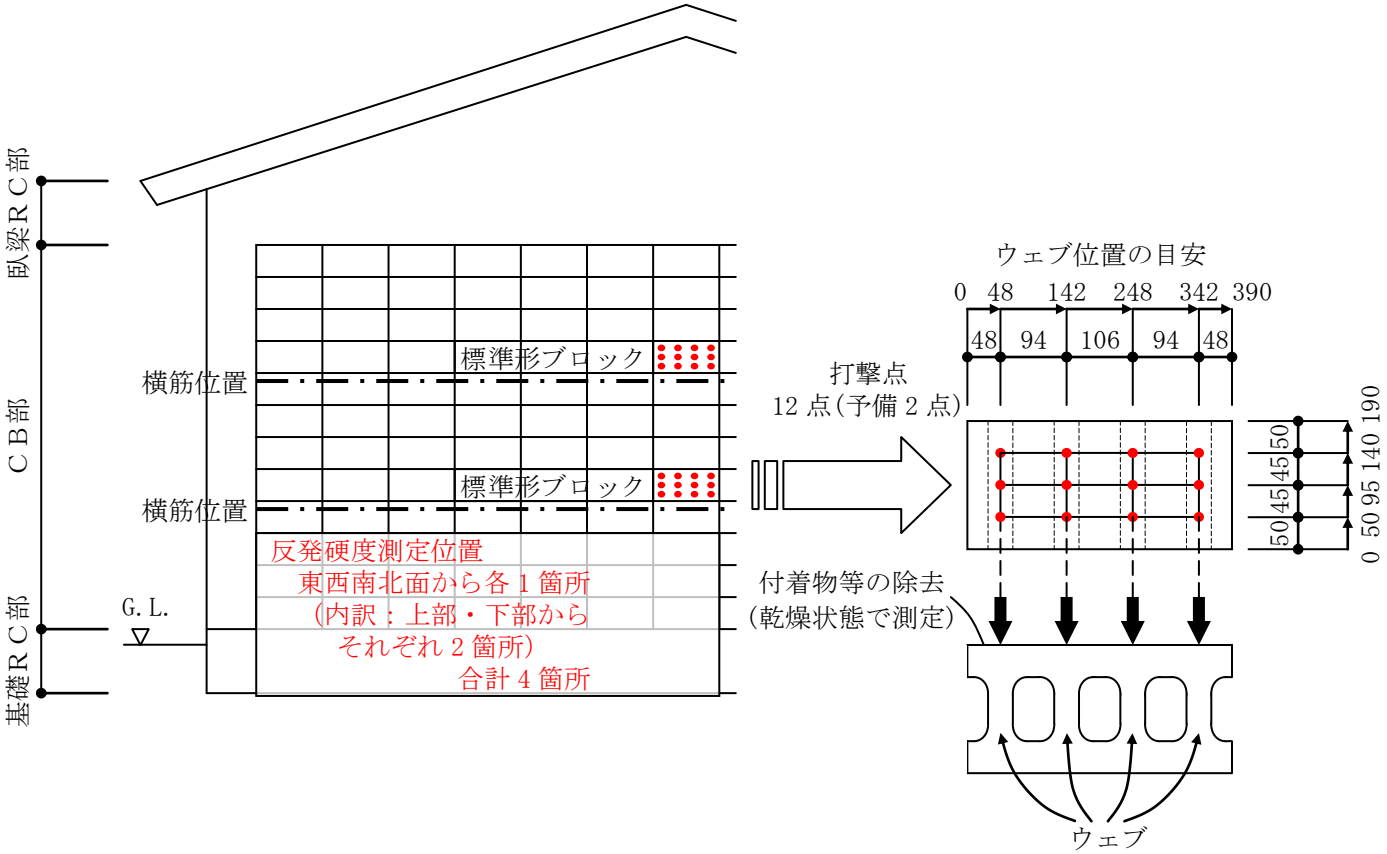
マーキング用プレート

リバウンドハンマー

校正用アンビル

(1-2) 調査方法

・リバウンドハンマーによる測定は下図の要領で行います。



測定のポイント

・測定前に数回の試し打撃します(地面等)。
・ウェブ位置で打撃します。
・測定面に対して常に垂直に打撃します。
・ゆっくりと押して打撃します。
・測定面が一時的に湿っている場合は測定値に+3 の補正をします(雨上がり等)。
・測定段階で明らかに測定値がばらついている場合は予備の測定値を増やします。

基準値(4N/mm²)を満足するのに必要なリバウンドハンマー反発硬度

	アンビル検査値	必要反発硬度
リバウンドハンマーのアンビル検査値が右記値の時の基準値(4N/mm²)を満足するために必要な反発硬度	82.0	19.8
	81.5	19.7
	81.0	19.6
	80.5	19.5
	80.0	19.3
	79.5	19.2
	79.0	19.1
	78.5	19.0
	78.0	18.9

(1-3) 評価方法

(a) 測定値 R

：1 箇所当たり 12 点の測定値(×8 箇所)

↓

(b) 1 箇所の測定平均値$\bar{R}$

：測定開始から 10 点目までの測定値の平均(＝ΣR/10)

↓

(c) 1 箇所の有効測定値 Re

：測定平均値$\bar{R}$±20%以上の値を捨て、予備測定値で補った 10 個の有効な測定値

↓

(d) 1 箇所の反発度 Rb

：10 個の有効測定値の平均(＝ΣRe/10)

↓　　四捨五入により有効数字 2 桁に丸める(以下、同様)

(e) 8 箇所の平均反発度 Rc

：8 箇所の反発度の平均(＝ΣRb/8)

↓

(f) アンビル反発度 Ra

：測定前後の点検におけるテストアンビルの反発度

↓

(g) 基準反発度 Ro

：リバウンドハンマー自体の物理的測定誤差の校正(＝80/Ra×Rc)

↓

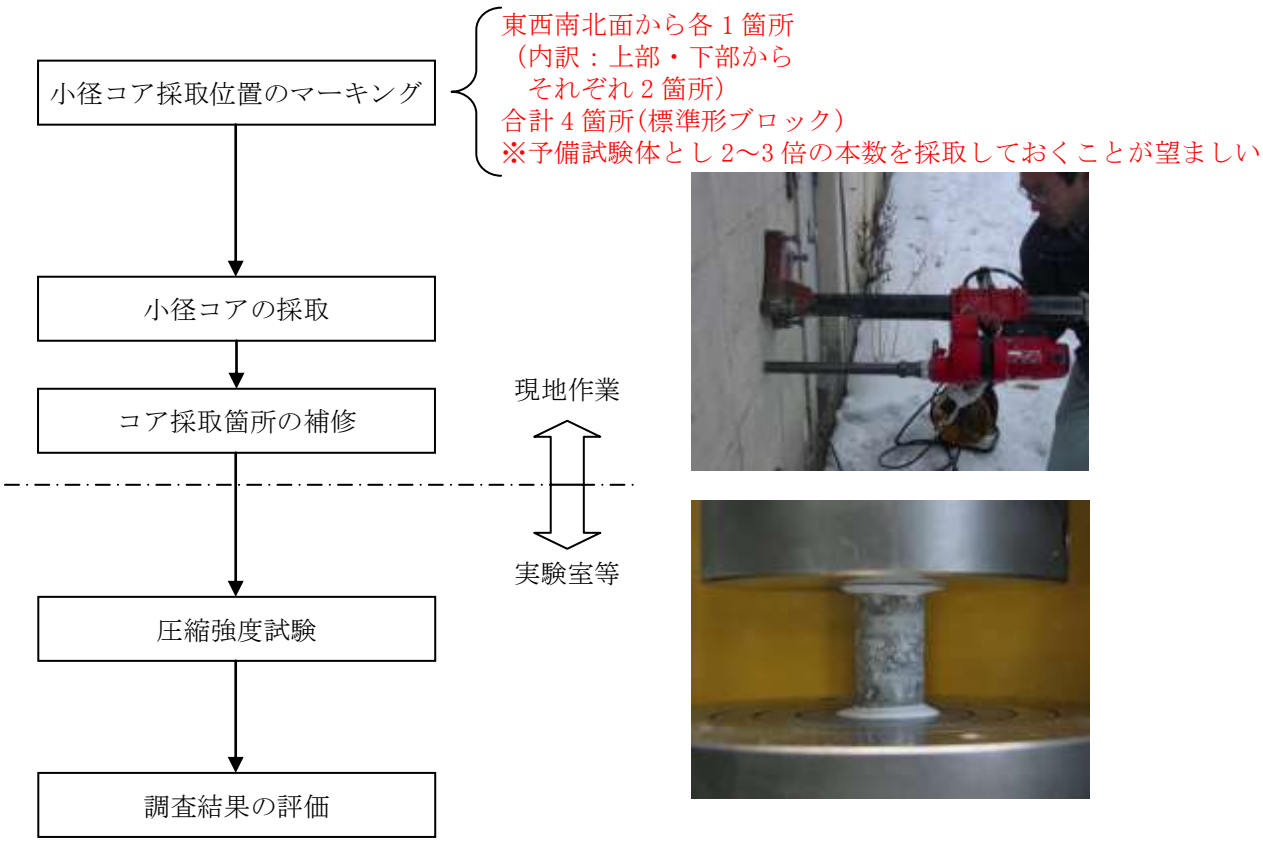
(h) コンクリートブロックの全断面積に対する圧縮強度の推定値 F

＝0.5×(0.6Ro-2.3)

(2) 小径コアによる圧縮強度調査

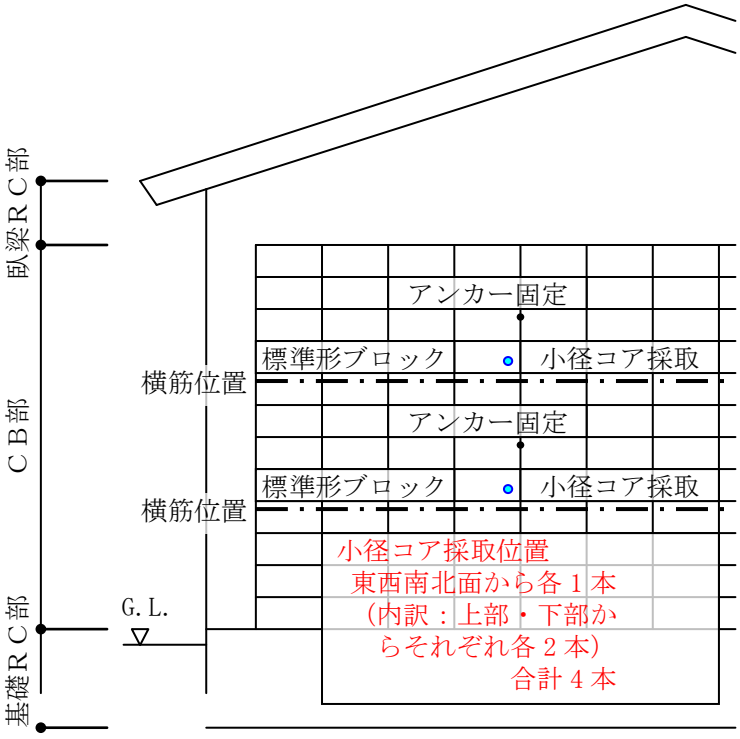
(2-1) 診断フロー

・小径コアによる圧縮強度調査は下図の流れで行います。



(2-2) 調査方法

・小径コアの採取は下図の要領で行います。



小径コア採取のポイント

・アンカーを目地部分にしっかりと固定します。
・コアは乾式で採取します。
・コアが折れないようにドリル刃をゆっくりと貫入します。
※予備試験体とし 2～3 倍の本数を採取しておくことが望ましい。

コンクリートブロックコアの処理方法

・コアの高さは、両端面のキャッピング後に直径の約 2 倍(1.9～2.1 倍以内)となるように切断します。
・コアの両端面は、樹脂石こうキャッピングにより平滑に仕上げます。

コアの寸法測定

・コアの直径は、上下端面付近及び高さの中央付近で、互いに直交する 2 方向について、それぞれ±1%以内の精度で測定します。
・コアの高さは、最大値及び最小値について、それぞれ±1%以内の精度で測定します。
・これらの値の平均値を、それぞれコアの平均直径及び平均高さとします。

(2-3) 評価方法

(a) コンクリートブロックコアの圧縮強度の推定

・強度 X　：φ21mm のコア強度

↓

・平均強度$\bar{X}$　：4 本の強度の平均(＝ΣX/4)

↓

・有効強度 Xe ：平均強度$\bar{X}$±30%以上の値を捨て、予備で補った 4 本の有効な強度

↓

・平均値$\bar{Xe}$　：4 本の有効強度の平均(＝ΣXe/4)

↓

・標準偏差σ　＝　$\Sigma\sqrt{(Xe-\bar{Xe})^2/(n-1)}$

↓

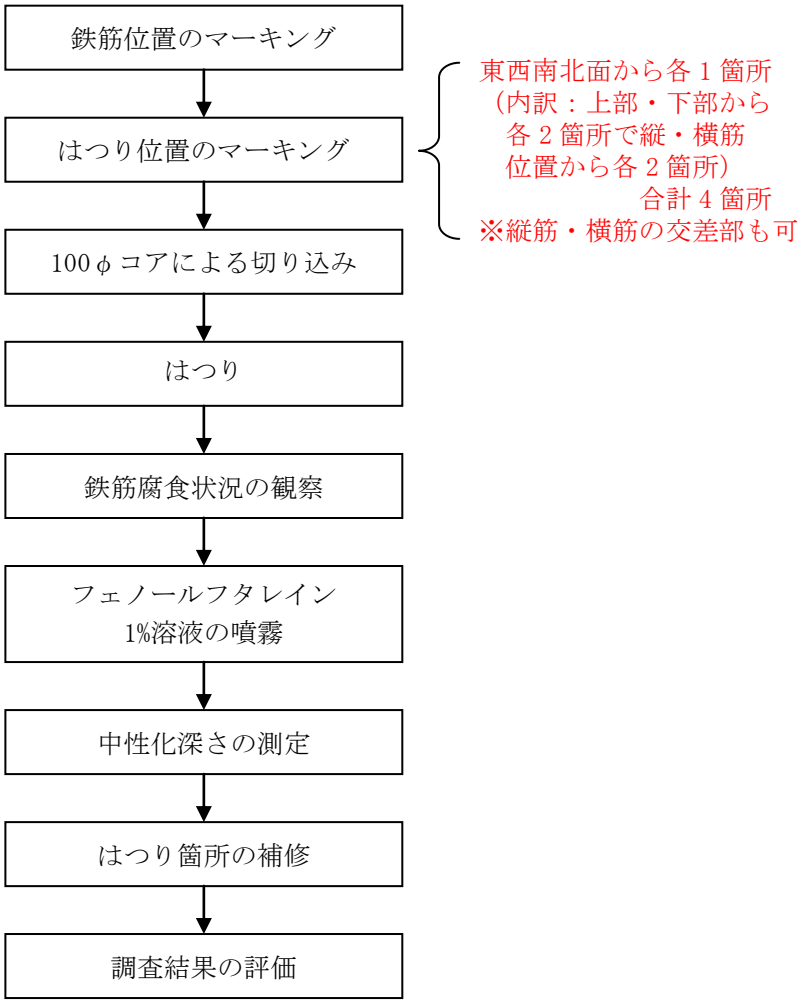
・コンクリートブロックの全断面積に対する圧縮強度の推定値 F

＝0.5×($\bar{Xe}$－0.5σ)

(3) はつりによる中性化深さ・鉄筋腐食状況の調査

(3-1) 診断フロー

・はつりによる中性化深さ及び鉄筋腐食状況の調査は下図の流れで行います。

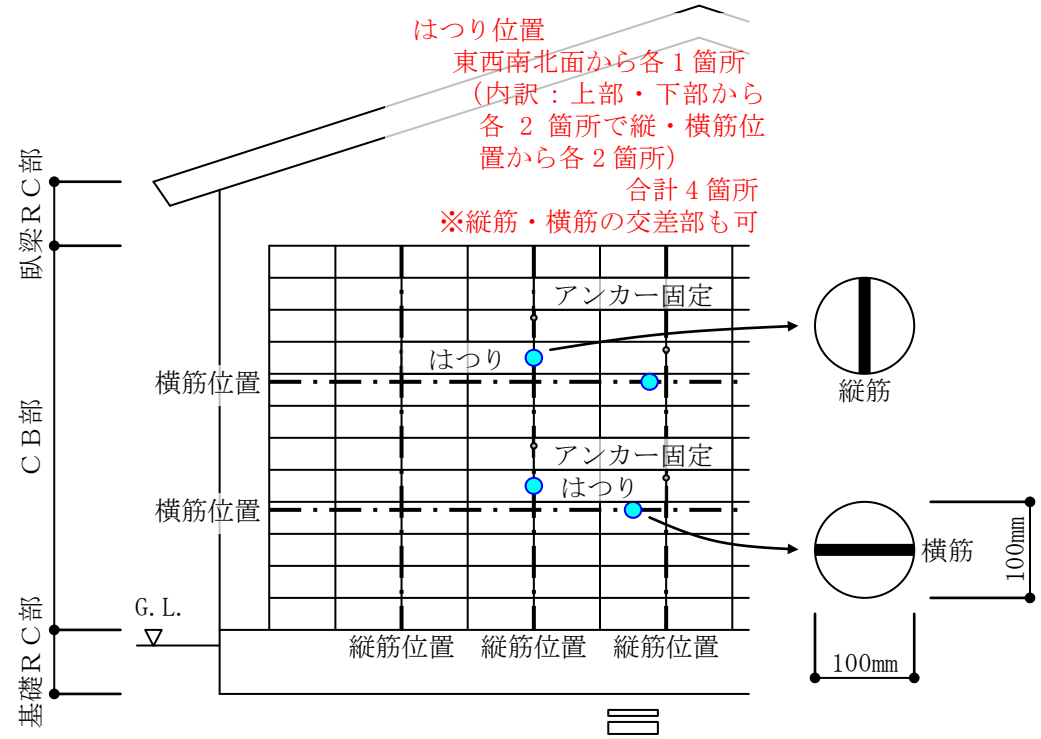


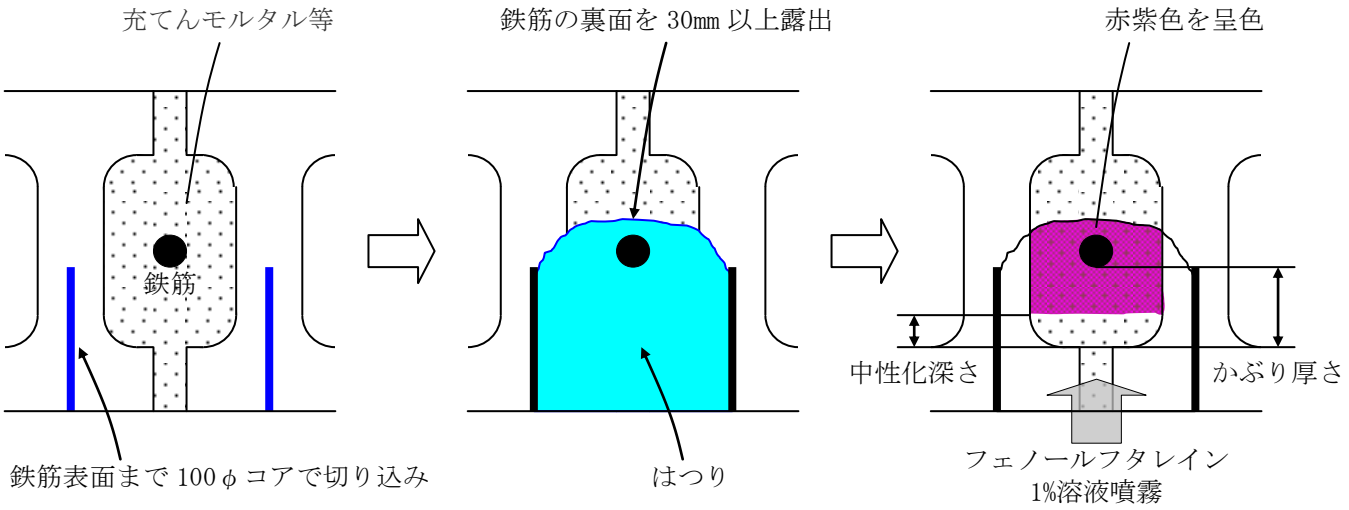
鉄筋探知機

はつり調査

(3-2) 調査方法

・はつりによる中性化深さ及び鉄筋腐食状況の調査は下図の要領で行います。





はつり調査のポイント

・乾式で切り込みを入れます(水を使いません)。
・切り込みを入れる際、鉄筋断面を欠損させないように注意します。
・中性化深さ等は充てんモルタル部で測定します(目地モルタル部の厚さは中性化深さ等に含めません)。

鉄筋の観察

・はつり面に付着しているコンクリートやモルタルの小片や粉末を、ブロア等で完全に取り除きます。
・測定面が濡れている場合は、自然乾燥またはドライヤー等で乾燥させます。
・鉄筋の種類、径、方向、かぶり厚さ、腐食状況を測定します。

中性化深さの測定

・鉄筋の観察後、速やかにフェノールフタレイン 1%溶液を噴霧します。
・赤紫色の呈色が鮮明になった後、コンクリート表面から赤紫色に呈色した部分までの距離を、ノギス等により 1mm 単位で測定します。
・測定箇所は 1 調査箇所につき 5 測定箇所とします。

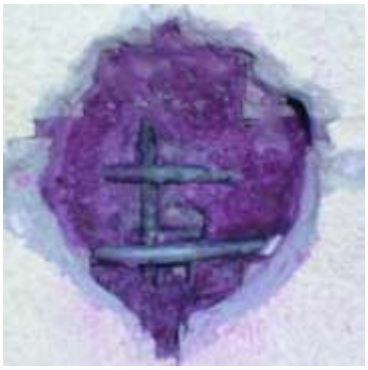
(3-3) 評価方法

(a) 鉄筋腐食グレード

A：
- 無視できる程度のさび
- 明らかな施工当初のさび
- 部分的なさび

B：全面的な浮きさび

C：断面欠損に至るさび



鉄筋腐食グレードA(鉄筋腐食なし)

鉄筋腐食グレードA(部分的なさび)

鉄筋腐食グレードB(全面的な浮きさび)

鉄筋腐食グレードC(断面欠損に至るさび)

(b) 中性化深さの判定基準

JIS A 1152に準じて測定を行い、5測定値の平均値を四捨五入で小数点以下1桁に丸めます。

$$\begin{cases} X < 2 \\ X^2 < t/7.2 \end{cases}$$

X(cm)：中性化深さ

t(年)：経過年数

２．３　記録用紙

調査表　1

リバウンドハンマーによるコンクリートの圧縮強度の推定

建物名		調査者		調査日	年　月　日
リバウンド ハンマー(N型)	製造メーカー		製造番号	測定前の点検における反発度	
			No.	Ra＝ (ｱﾝﾋﾞﾙ値)	C(＝80/Ra)＝

測定箇所	面 臥梁	面 臥梁	面 基礎	面 基礎	備　考
仕上げ					
番　号	反発度 (R)	反発度 (R)	反発度 (R)	反発度 (R)	
1					1．反発度は互いに25～50mmの間隔をもった12点について測定する 2．偏差が平均値の20%以上になる値があればその反発度を捨て、これに代わる測定値を補う。
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10（予備）					
11（予備）					
12（予備）					
計					
Rb(Rの平均)					
Rc(Rbの平均)					
Ro(＝Rc×C)					
F＝0.63×(1.27Ro－22.9)					

調査表 2

はつりによるコンクリートの中性化調査

建物名		調査者		調査日	年　月　日	経過年数(t)　　年

調査位置	はつり前の状態	仕上げ		鉄筋			コンクリートの中性化深さ(mm)						
		種類	厚さ(mm)	種類・径方向	かぶり厚(mm)	鉄筋腐食グレード	1	2	3	4	5	最大	平均
面 臥梁													
面 臥梁													
面 基礎													
面 基礎													
平均中性化深さ X (mm)													

コンクリートの中性化・鉄筋の腐食状況	コンクリートの中性化・鉄筋の腐食状況
コンクリートの中性化・鉄筋の腐食状況	コンクリートの中性化・鉄筋の腐食状況

備　考	鉄筋腐食グレード　A:無視できる程度のさび、明らかな施工当初のさび、部分的なさび B:全面的な浮きさび C:断面欠損に至るさび 中性化の進行状況の計算　t/7.2＝　　,　$(X/10)^2$＝
コメント	

調査表 3

コアによるコンクリートの圧縮強度試験

建物名		試験機関名		試験日	年　　月　　日

調査位置	仕上げ		直径(D:mm)				高さ(H:mm)			H/D	断面積 (mm^2)	最大荷重 (kN)	圧縮強度 (N/mm^2)	H/D による低減率	鉄筋を切断した補正係数	補正強度(N/mm^2)		
	種類	厚さ(mm)				平均			平均								平均(X)	標準偏差(σ)
面 臥梁			上端面1	中央1	下端面1		最大値											
			上端面2	中央2	下端面2		最小値											
面 臥梁			上端面1	中央1	下端面1		最大値											
			上端面2	中央2	下端面2		最小値											
面 基礎			上端面1	中央1	下端面1		最大値											
			上端面2	中央2	下端面2		最小値											
F＝X－0.5×σ　(N/mm^2)																		
備　考																		

調査表 4

リバウンドハンマーによるコンクリートブロックの圧縮強度の推定

建物名		調査者		調査日	年　　月　　日

リバウンドハンマー(N型)	製造メーカー	製造番号	測定前の点検における反発度	
		No.	Ra＝ (ｱﾝﾋﾞﾙ値)	C(＝80/Ra)＝

測定箇所	東面 上部	下部	西面 上部	下部	南面 上部	下部	北面 上部	下部	備　考
仕上げ									
番　号	反発度 (R)	反発度 (R)	反発度 (R)	反発度 (R)	反発度 (R)	反発度 (R)	反発度 (R)	反発度 (R)	
1									1. 反発度は互いに25～50mmの間隔をもった12点について測定する。 2. 偏差が平均値の20%以上になる値があればその反発度を捨て、これに代わる測定値を補う。 3. コンクリートブロックの正味断面積が既知の場合はFの右辺に乗じている0.5を正味断面積/全断面積とする。
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11 (予備)									
12 (予備)									
計									
Rb(Rの平均)									
Rc(8個のRbの平均)									
Ro(＝Rc×C)									
F＝0.5×(0.6×Ro－2.3) (N/mm^2)									

調査表 5

はつりによる充てんモルタル等の中性化調査

建物名		調査者		調査日	年　月　日	経過年数(t)　　年

調査位置	はつり前の状態	仕上材		鉄筋			充てんモルタル等の中性化深さ(mm)						
		種類	厚さ(mm)	種類・径方向	かぶり厚(mm)	鉄筋腐食グレード	1	2	3	4	5	最大	平均
面 縦目地													
面 縦目地													
面 横目地													
面 横目地													
平均中性化深さ X (mm)													

充てんモルタル等の中性化・鉄筋の腐食状況	充てんモルタル等の中性化・鉄筋の腐食状況
充てんモルタル等の中性化・鉄筋の腐食状況	充てんモルタル等の中性化・鉄筋の腐食状況

備　考	鉄筋腐食グレード　A:無視できる程度のさび、明らかな施工当初のさび、部分的なさび B:全面的な浮きさび C:断面欠損に至るさび 中性化の進行状況の計算　t/7.2＝　　,　$(X/10)^2$＝
コメント	

調査表 6

コアによるコンクリートブロックの圧縮強度試験

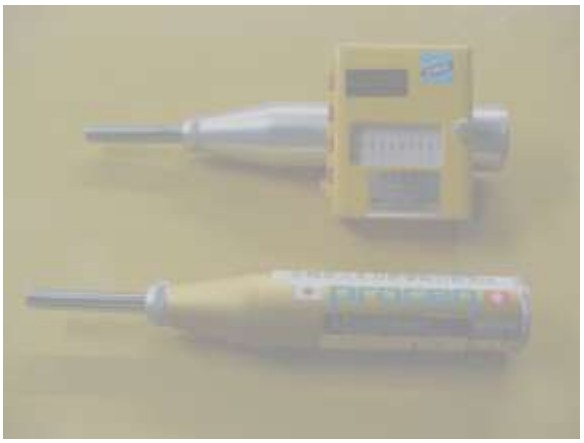
建物名		試験機関名		試験日	年　　月　　日

調査位置	直径(D:mm)			平均	高さ(H:mm)		平均	H/D	断面積 (mm2)	最大荷重 (kN)	圧縮強度(N/mm^2)	平均(X)	標準偏差(σ)	備　考
東面上部	上端面1	中央1	下端面1		最大値									1. H/Dは1.9～2.1の範囲内とする。 2. 偏差が平均値の30%以上になる値があればその強度を捨て、これに代わる強度を補う。 3. ブロックの正味断面積が既知の場合はFの右辺に乗じている0.5を正味断面積/全断面積とする。
	上端面2	中央2	下端面2		最小値									
下部	上端面1	中央1	下端面1		最大値									
	上端面2	中央2	下端面2		最小値									
西面上部	上端面1	中央1	下端面1		最大値									
	上端面2	中央2	下端面2		最小値									
下部	上端面1	中央1	下端面1		最大値									
	上端面2	中央2	下端面2		最小値									
南面上部	上端面1	中央1	下端面1		最大値									
	上端面2	中央2	下端面2		最小値									
下部	上端面1	中央1	下端面1		最大値									
	上端面2	中央2	下端面2		最小値									
北面上部	上端面1	中央1	下端面1		最大値									
	上端面2	中央2	下端面2		最小値									
下部	上端面1	中央1	下端面1		最大値									
	上端面2	中央2	下端面2		最小値									
F＝0.5×(X－0.5×σ)(N/mm^2)														

おわりに

この資料では、平成 15～17 年度に実施した「既存建築物の保全及び長期活用を目的とした診断・改修技術に関する研究」において提案した既存鉄筋コンクリート造及び既存補強コンクリートブロック造建築物に適用可能な非（微）破壊診断手法を技術資料として示しました。

非破壊診断手法は、建築物に損傷を与えないという点から、今後、ますます求められる技術であり、ここに示した診断手法等を活用することで、補修・改修手法の選定や対応時期の決定を適切に行いながら、建築物を長期に活用していくことを期待します。



北海道立北方建築総合研究所