

# 実際の R C 造建物の超音波法による厚さ測定の検討

Study on Measurement of Thickness of RC Structure by Ultrasonic Method

池ヶ谷 靖

柳瀬 高仁

SEI IKEGAYA

TAKAHITO YANASE

株式会社ジャスト

JUST Co.,Ltd.

## 概 要

鉄筋コンクリート造（RC造）の建築構造物では、施工精度をするために壁・床等のコンクリート厚さを調査する場合があります。超音波法によってコンクリートの厚さ測定が行われている。本報告では、実際に行われているRC造の躯体の厚さ測定方法について紹介する。実際の測定ではコンクリートが200mm程度の厚さでも測定できない場合や、測定が出来た場合でも $\pm 5\%$ 程度の誤差が確認された。これらの原因はコンクリート内部の性状が関係していると考えられるため、より高い信頼性でもって測定を行うための方法として内部性状を確認して測定を行うことを提案した。

キーワード：超音波探傷，垂直探傷法，コンクリート，厚さ測定

### 1. まえがき

RC造構造物の壁・床等のコンクリート厚さは超音波法で測定されることが少なくないが、必ずしも容易な測定ではない。さらに、現状で用いられている手法では種々の理由で厚さが200mm程度でも測定できない場合がある。

そこで、実際のRC造の壁・床等のコンクリートの超音波法による厚さ測定方法を紹介するとともに、その際の問題点とその対策について報告する。

### 2. コンクリート躯体の厚さ測定法

超音波法によるRC造の壁・床等におけるコンクリート厚さ測定方法を図1に、構造物の測定フローを図2に示す。

コンクリート厚さ測定に用いた超音波測定法は、周波数50kHz～500kHzの超広帯域探傷システムであり、径が76mmの振動子による1探触子反射法で、Aスコープ表示により厚さを求める方法である。Aスコープ超音波波形は200回の加算平均によって求め、さらに探触子を空中に置いた状態での探触子自身による超音波波形を引き算して求めた。

また、厚さ測定の手順の中でフローに示すように、予め設計コンクリート厚や鉄筋等の埋設物の有無とその位置を確認した。それは、鋼材の厚さを測定するときのように高いSN比で底面

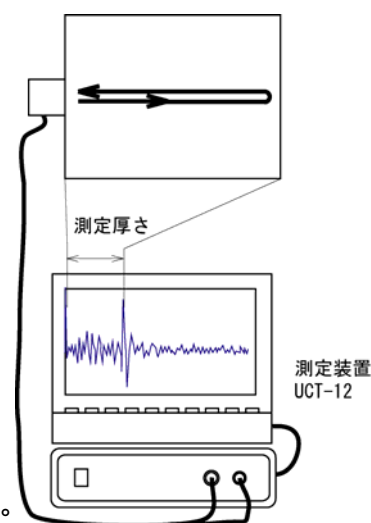


図1 厚さ測定方法

エコーを得ることができないためである。

例えば、探触子の直下に鉄筋が存在する場合は、鉄筋での反射によって底面エコーが得られなくなる場合が少なくない。また、粗骨材の大きさに比べて探触子のサイズが十分に大きくなければ粗骨材での反射によって底面エコーが検出されない場合がある。

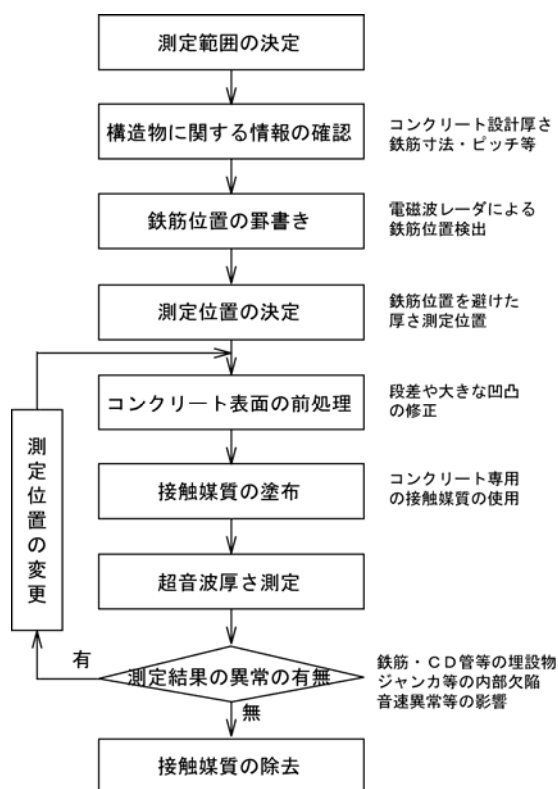


図 2 厚さ測定フロー

超音波測定装置の音速設定は 4000m/sec とした。その理由は、通常の建築構造物では 4000m/sec とし、多くの場合、誤差はそれほど大きくないためである。この測定の際にも、写真 2 に示すように、測定可能な箇所では 2 探触子透過法によって音速測定を行い 4000m/sec 程度の音速であることを確認している。

測定対象の部材の一部を用いて、コンクリートの音速を予め測定する方法もあるが、あとで述べるように測定する位置で音速のばらつきがあるため、その音速が実際の測定位置を代表する値とはならない。

測定のフローで測定結果の異常とは、底面エコーがまったく得られない・底面エコーの SN 比が悪い・設計厚さと測定厚さが著しく異なる場合であり、そのときには測定位置を縦・横方向にずらして再測定を行う。（測定箇所の背面が確認できる場合は、増し打ちや背面への何らかの部材の取り付け及びハツリ等が行われているかどうかの確認を行う必要がある）

この理由は、異常の原因が電磁波レーダに反応しない何らかの埋設物（例えば CD 管）、ジャンカ・割れの欠陥、背面の形状等があり、縦・横に移動することによって正常な底面エコーが得られ、厚さが測定できる場合があるためである。



写真 1 鉄筋位置の検出



写真 2 透過法による音速測定



写真 3 超音波厚さ測定後

### 3. 厚さ測定結果

#### 3.1 壁厚さの測定例

この壁厚の測定例は新築RC造の建物を対象としたものであり、やや広い範囲にジャンカが見られたが、測定可能な端部や開口部でのコンクリート厚さはほぼ設計値と一致しており、施工精度はそれほど悪くなかった。

鉄筋位置が水平・鉛直方向とも 200mm ピッチであるため、厚さ測定の探触子位置が鉄筋の直上にならないように、鉄筋間のほぼ中央部でそのピッチで測定を行った。また、底面エコーが検出されなかった場合はその近傍で位置をずらして再測定を行わず、そのまま測定不可とした。

主要な壁（壁 01～壁 07）で 365 箇所の測定を行ったうち、測定不可は 224 箇所であり（測定不能率 = 6.1%）、それ以外の箇所では底面エコーが明瞭に検出され設計値に近い数値が得られた。

壁厚さが設計値と等しいと仮定し、測定した壁厚から音速値を推定したものを図 3～図 9 に示す。

図に示すように、推定音速の分布は 4000m/sec 程度を中心とした正規分布となり、音速設定を 4000m/sec として測定を行っても誤差はそれほど大きくないものと考えられる。

推定した音速について鉛直方向の分布状況を図 10 及び図 11 に示す。壁の鉛直方向の音速分布は壁の上方になるほど遅い値となっている。

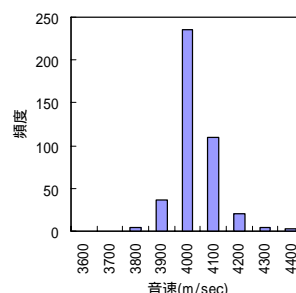


図 3 壁 01 の音速推定値

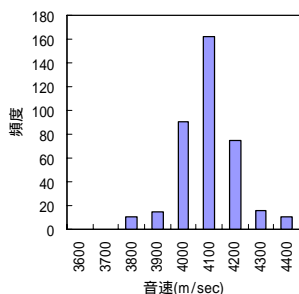


図 4 壁 02 の音速推定値

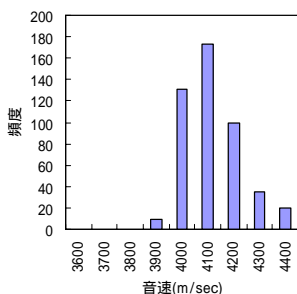


図 5 壁 03 の音速推定値

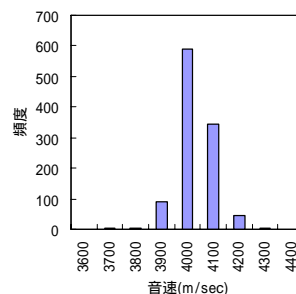


図 6 壁 04 の音速推定値

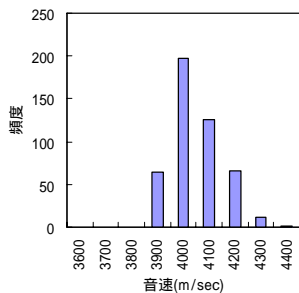


図 7 壁 05 の音速推定値

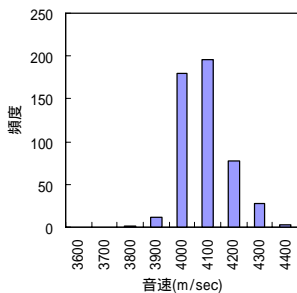


図 8 壁 06 の音速推定値

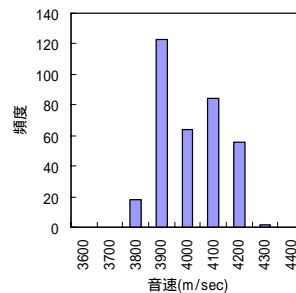


図 9 壁 07 の音速推定値

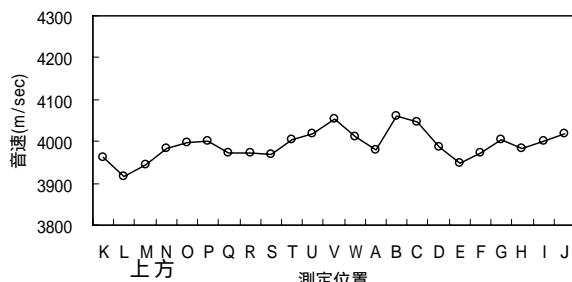


図 10 鉛直方向位置と音速推定値(壁 01)

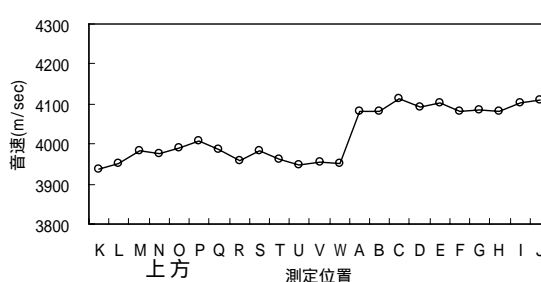


図 11 鉛直方向位置と音速推定値(壁 07)

壁の音速分布を、壁の水平方向について比較したものを図 12 に鉛直方向について比較したものを図 13 に示す。図より音速の平均値からの差の最小値及び最大値のばらつきは、水平方向と比べ鉛直方向が 2 倍程度となっている。これは、コンクリートの打設によって、水平方向のコンクリート密度がほぼ一定であり、鉛直方向が下層部で密度が上昇<sup>1)</sup>するためであると考えられる。

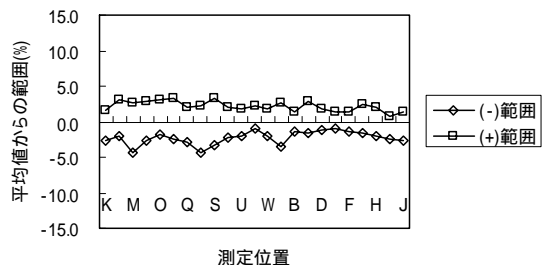


図 12 水平方向位置と音速範囲(壁 07)

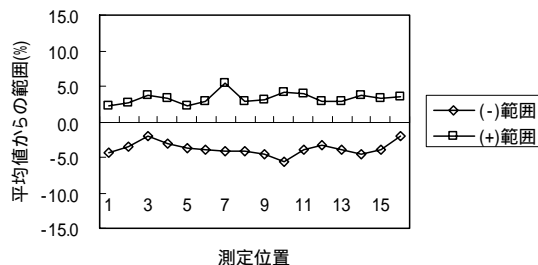


図 13 鉛直方向位置と音速範囲(壁 07)

壁 01 で測定された超音波 A スコープ波形例を図 14 ~ 図 19 に示す。

図 14 に示すような底面エコーとして確実に判断できる健全部の波形は、壁 01 の測定箇所 415 に対して 321 箇所であった。他の壁の場合もほぼ同程度の比率であった。

それに対して、ジャンカ部では図 15 に示すように底面エコーが明確に確認できず、表面から底面エコー位置までの間で特定の反射源からの単峰に近いエコーは確認されなかった。なお、表面に段差がある箇所では測定した場合には、図 16 に示すようにジャンカ部に似たようなエコーとなった。(ただし、エコーの S/N 比は小さいが底面エコーが確認された)

また、健全部でも図 17 に示すように底面エコーとそれより前のエコーで高さが変わらず(極端な場合は前のエコー高さが大きい場合もあった)、予め設計値が既知のため底面エコーとして確認できるものもあった。

さらに、CD 管理設部では図 18 及び図 19 に見られるように、CD 管による超音波の反射及び散乱によって、底面エコーが消失したり、著しく低くなる場合があった。

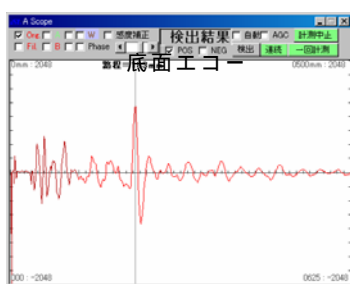


図 14 健全部での波形

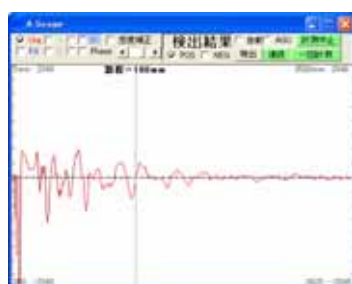


図 15 ジャンカ部での波形

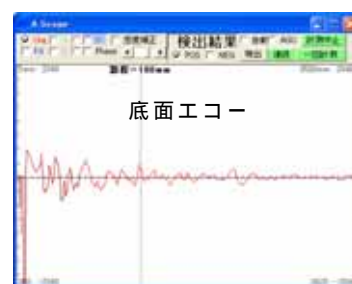


図 16 表面段差位置での波形

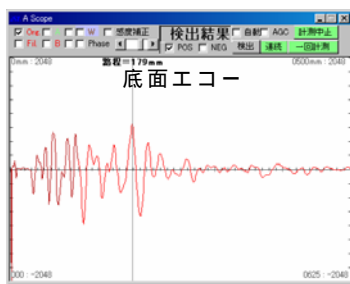


図 17 健全部での波形

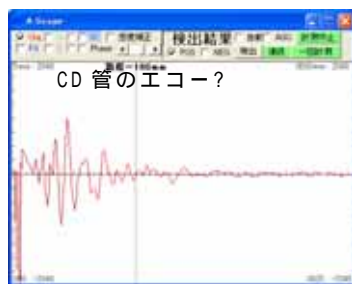


図 18 CD 管理設部での波形

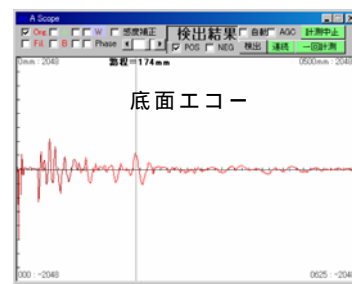


図 19 CD 管理設部での波形

### 3.2 透過法による音速測定例

壁厚の測定例にしめしたように測定する鉛直方向の位置により音速に差があると考えられることから、別なRC造の建築構造物（新築）で、2探触子透過法を用いて柱の鉛直方向の測定位置の違いによる音速の変化を測定した（壁や床で測定を行わなかったのは、コア抜きをしない限り厚さの実測値を精度よく求めることが出来ないためである）。

測定方法は、図 20 に示すように、柱の柱脚・中間・上部・最上部と梁の位置で、スケール等で部材の厚さを測定し、透過法による測定値から音速を求めた。

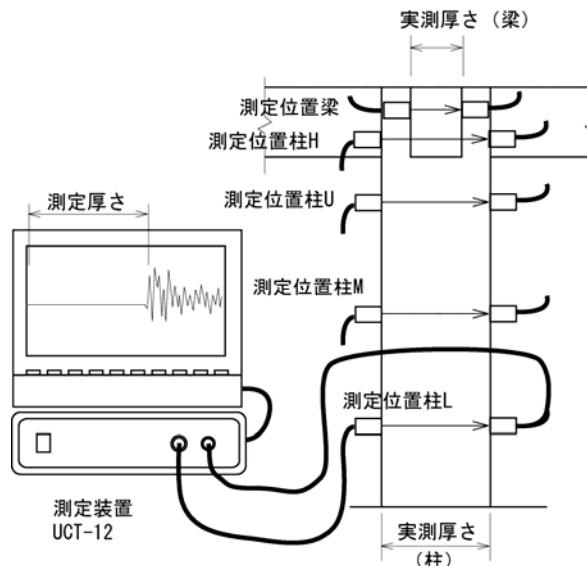


図 20 透過法による音速測定

図 21 及び図 22 に A 棟（632 点測定）及び B 棟（78 点測定）の音速測定結果を示す。平均値は両者ともほぼ同様であったが、最小値及び最大値のばらつきは B 棟の方が小さかった。

柱脚部の音速は頭部に向かって減少していった。この傾向は反射法の場合と同じである。

図 23 ~ 図 26 に各測定位置での測定音速の分布を示す。

図に示すように、各測定点で測定された音速の分布はほぼ正規分布となる。

図 23 ~ 図 26 に各測定位置での測定音速の分布を示す。

図に示すように、各測定点で測定された音速の分布はほぼ正規分布となる。

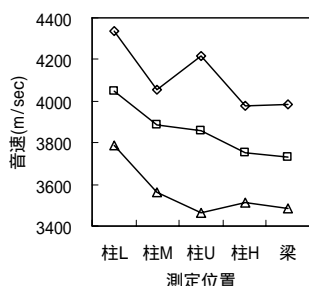


図 21 測定位置と音速（A 棟）

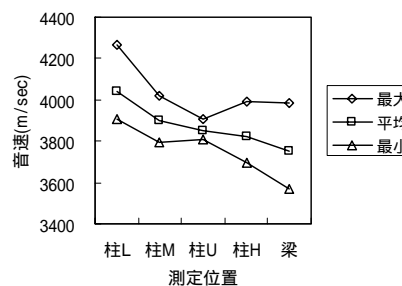


図 22 測定位置と音速（B 棟）

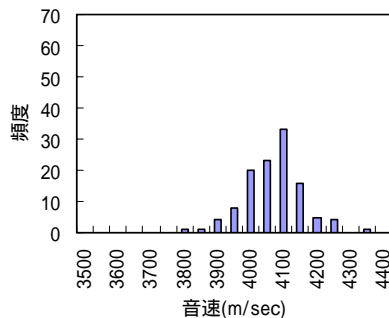


図 23 測定音速分布（位置柱 L）

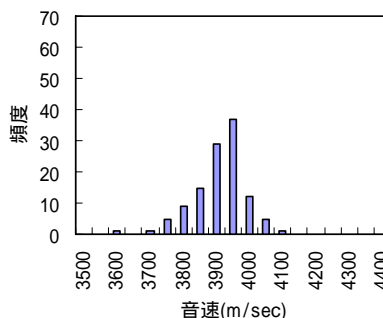


図 24 測定音速分布（位置柱 M）

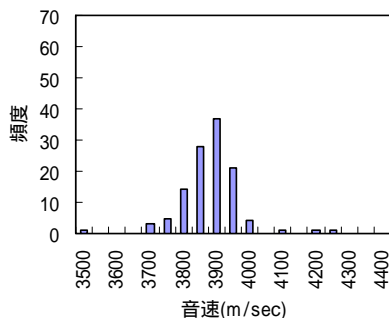


図 25 測定音速分布（位置柱 U）

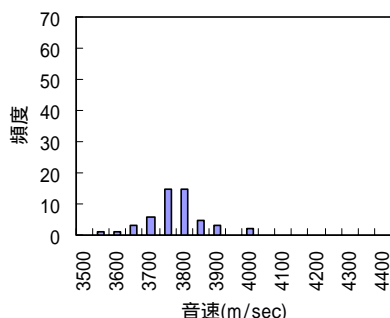


図 26 測定音速分布（位置柱 H）

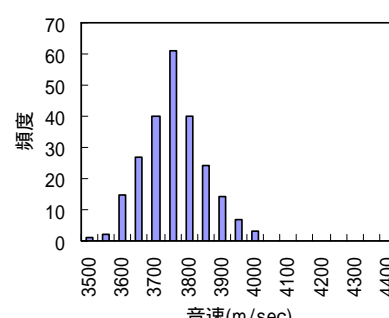


図 27 測定音速分布（位置梁）

この音速測定は、実測厚さがある程度精度よく測定されていることから、コンクリートの密度の違いによって音速が異なっている。これは壁厚測定の結果と同じである。

また、同じ鉛直方向の位置でも、コンクリートの音速は、各測定位置で平均値から±5%程度の範囲にある。

#### 4. まとめ

RC造の新築建物又はあまり劣化していない建物を対象に、超音波法によってコンクリートの厚さを測定する場合、以下の問題点がある。

- (1) 背面の形状・埋設物の存在・コンクリートのジャンカや割れ等の欠陥の影響により、反射法による場合、底面エコーが得られないため測定できない場合がある。
- (2) 探触子が十分にコンクリート面に接していないと十分な底面エコーが得られない。
- (3) 超音波法によるコンクリートの厚さ測定には5%程度の誤差を含む
- (4) 鉛直方向の位置によりコンクリートの音速が異なる。今回の測定では柱の場合の音速は脚部に比べて頭部では10%程度遅くなった。

これら問題に対応して、信頼性のある厚さ測定を行うためには以下の方法による必要がある。

- (1) 図2に示すフローに従って測定を行う
- (2) 底面エコーが得られない場合は(3)～(6)の確認を行った上で測定位置を変えて再測定を行う
- (3) コンクリート表面の凹凸を除去し探触子が十分に接触するようにして測定を行う
- (4) コンクリート内の埋設物を予め確認する(通常を電磁波レーダ等で鉄筋位置を確認するがCD管に関してはコンセントの位置等から推定し必要なら他の方法でその位置を確認する)
- (5) ジャンカ・割れ等の欠陥の有無について必要な場合はドリル削孔を行いファイバースコープでその有無を確認する
- (6) コンクリートの背面の形状が確認できる場合は確認する
- (7) 実際の厚さを確認できる箇所を用い、厚さ測定のための音速設定を4000m/secとし、実際の厚さをスケール等により測定し校正を行う。ただし、測定結果には5%程度誤差を含む。また、測定する位置が鉛直方向にずれる場合、それと同等の鉛直方向の位置で音速の校正を行う必要がある。
- (8) (7)の音速確認で4000m/secから大きく異なった数値となった場合は測定可能な位置での平均音速に設定して測定を行い、可能ならばドリル等で測定箇所の実測厚さを確認する

コンクリートの厚さを非破壊試験で測定することは超音波反射法による測定に限らず、いかなる方法を適用した場合でも誤差が生じることを認識することが重要である。その原因は、コンクリート自体がセメントペースト、粗骨材、気泡、鉄筋等から構成される複合材であるためである。さらに、超音波法では、単に超音波減衰や散乱だけでなくモード変換も影響するため、厚さ測定だけでも容易な測定ではなくなる。

#### 参考文献

- 1) 日本建築学会編：構造体コンクリート強度に関する研究の動向と問題点，pp.81