

iTECS

iTECS 法 規格

試験 : 03

コンクリート内部の欠陥探査方法

SIA - T - 03

平成 25 年 7 月制定

一般社団法人 iTECS 技術協会

iTECS 技術協会 規格作成委員会構成表

氏 名	所 属
(委員長) 岩野 聡史	リック株式会社
(委員) 石垣 享一	オリジナル設計株式会社*
内田 美生	株式会社中研コンサルタント
岡崎早出智	株式会社プラグレス
久保 元樹	日東建設株式会社
斉藤 昌稔	株式会社建材サービスセンター
鈴木 拓也	株式会社コサカ技研
炭谷 浩一	株式会社大進コンサルタント
高橋 功	計測技研株式会社
那須 政人	株式会社大進コンサルタント
原 学	株式会社サンテクノス
山下 一樹	株式会社丸福久保田組
山下健太郎	株式会社東洋計測リサーチ
* 前任者 鈴木 克利	前オリジナル設計株式会社

この規格群は、一般社団法人 iTECS 技術協会 規格整備委員会の審議を経て、一般社団法人 iTECS 技術協会が制定した規格群であり、著作権法で保護対象となっている著作物である。

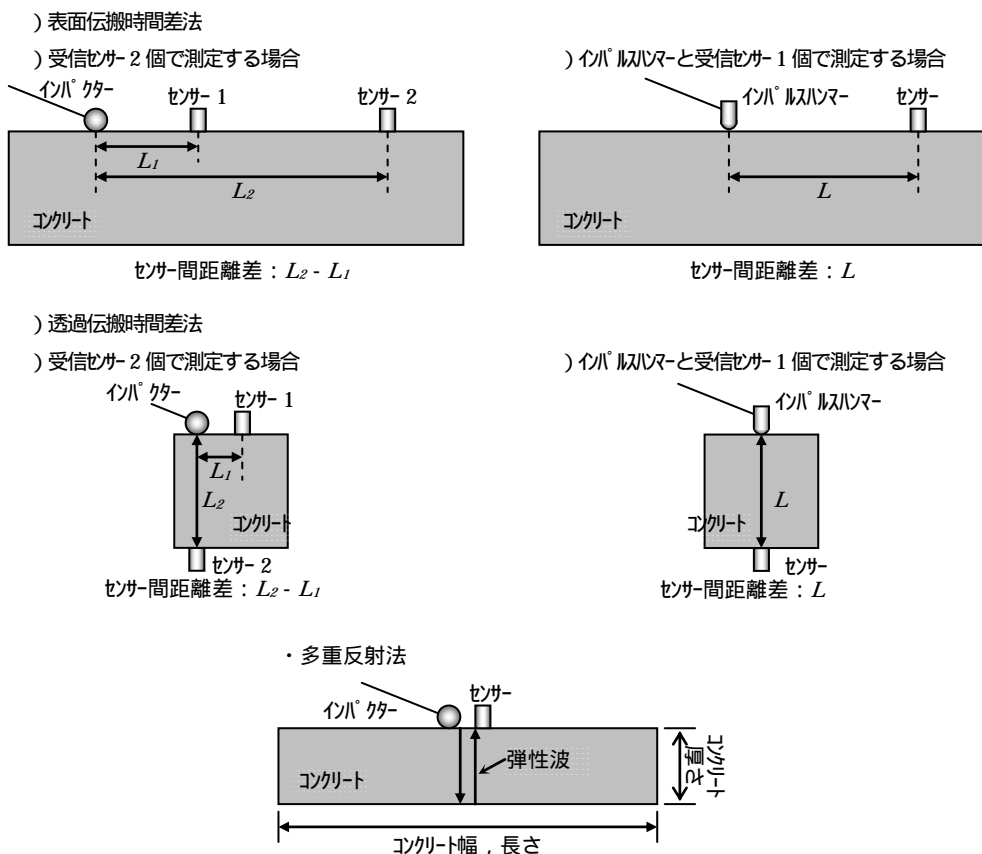
また、この規格群の一部が、特許権、出願交会後の特許出願、実用新案権または出願公開後の実用新案に抵触する可能性があることに注意を喚起する。一般社団法人 iTECS 技術協会は、このような特許権、出願公開後の特許出願、実用新案権または出願公開後の実用新案登録出願に関わる確認について責任は持たない。

1. 適用範囲

iTECS 法により，弾性波の伝搬時間差，および，弾性波の多重反射による 1 次共振周波数を測定し，コンクリート内部の欠陥（ジャンカ，空洞等）を探查する試験方法を規定する。

【解説】

a) 試験方法の特徴，測定原理



解説図1 測定方法

コンクリート中を伝搬する弾性波は，内部にジャンカ，空洞等の欠陥が存在すると コンクリートの弾性係数の低下により伝搬速度が遅くなる，迂回して伝搬経路が長くなる，欠陥表面で反射する，曲げ振動が発生する，これらの性質がある。本法では，これらの性質を利用して内部欠陥の有無，位置を測定する。測定方法を解説図1，以下に示す。なお，PC グラウドの充填状況の評価方法は，本法とは異なる方法であることから，本規格の対象外である。

1)弾性波の伝搬時間差を利用した測定（以下，伝搬時間差法という）による方法

弾性波の伝搬時間は，伝搬経路中にジャンカ，空洞等の欠陥が存在する測定点では，同一部材の健全全部での測定結果と比較して，長く変化することを基本原理としている。伝搬時間差法には弾性波の入力点，受信点を同一表面とする方法（以下，表面伝搬時間差法という）と，弾性波の入力点，受信点を異なる側面として，コンクリート内部を透過した弾性波の伝搬時間差を測定する方法（以下，透過伝搬時間差法という）がある。

2)弾性波の多重反射による1次共振周波数を利用した測定(以下、多重反射法という)による方法

多重反射法では、コンクリート表面から入力した弾性波が、コンクリート版の厚さ方向に多重反射することにより生成される周波数が測定される。つまり、ここで測定される周波数は、弾性波の往復時間の逆数となる。コンクリート内部にジャンカ、空洞等の変状が存在する測定点では、厚さの等しい同一部材での健全部での測定結果と比較して、弾性波の往復時間が異なり、測定される周波数に変化が生じることになる。また、コンクリート表面付近(深さ100mm以浅程度)の内部に空洞が存在すれば、曲げ振動の発生により、弾性波の多重反射により生成される周波数が測定されなくなる。本法では、これら内部欠陥による測定値の変化を基本原理としている。

b)制約条件

1)伝搬時間差法

受信センサー間の距離差が200mm以上となるよう、受信センサーが設置できるコンクリートに対して適用される。なお、伝搬時間差法によるコンクリート内部の欠陥探査では、受信センサー間での弾性波の伝搬時間差を測定し、相対評価により内部欠陥の有無、位置を測定する。正確な弾性波速度を測定する試験ではないことから、受信センサー間の距離差が200mm以上であれば適用可能となる。

2)多重反射法

以下～の条件を全て満たすコンクリートが条件となる。詳細については、「iTECS法規格：測定01 多重反射による1次共振周波数の測定方法 1.適用範囲」を参考にされたい。ただし、本法では各測定点での周波数測定結果を比較して、内部の変状範囲を判断するが、～の条件を全て満たさない場合であっても、健全部と欠陥部での周波数解析結果は大きく異なることとなる。これから、同一条件の複数点での測定結果を比較することにより、試験が可能となる場合もある。

厚さが100mm以上2500mm以下である。

背面が地盤等と完全に密着していない状態である。

測定面と対向反射面が平行とみなし得る形状であり、幅、長さが厚さの0.5倍程度以下、または、6倍程度以上である。

2.測定装置

「iTECS法規格：測定01 多重反射による1次共振周波数の測定方法 2.測定装置」および「iTECS法規格：測定02 弾性波の伝搬時間差の測定方法および伝搬時間差による弾性波速度の測定方法 2.測定装置」を満足する試験機器を使用する。

【解説】

多重反射法により、欠陥までの深さで多重反射する弾性波の周波数を測定する場合には、複数の質量のインパクターでの測定により周波数スペクトルを求め、複数のインパクターで共通して卓越した周波数が欠陥までの深さでの多重反射による周波数であると判断して、この周波数が明瞭に測定できる質量のインパクターを用いる。

3. 装置の点検

(1) 定期点検

装置は定期的に点検する。

(2) 始業前，終業後の点検

測定開始前，終了後には，装置が正常に作動していることを確認する。

【解説】

(1) について，(2) について

点検方法の詳細については，「iTECS 法規格：試験 00 iTECS 法で使用する装置の定期点検方法」に示す手順とする。

4. 内部欠陥の試験方法

(1) 伝搬時間差法による測定

弾性波の伝搬時間差の測定

「iTECS 法規格：測定 02 弾性波の伝搬時間差の測定方法および伝搬時間差による弾性波速度の測定方法 3. 伝搬時間差の測定方法」により，受信センサー1 と受信センサー2 での弾性波の伝搬時間差を測定する。

内部欠陥の有無の判定

測定した伝搬時間差が異常値の場合には内部欠陥が存在すると判断する。

内部欠陥の範囲の判定

内部欠陥の範囲は，内部欠陥が存在すると判断された測定点の周囲に測定点を複数点設定し，異常値が測定される範囲から判断する。

(2) 多重反射法による測定

弾性波の多重反射による 1 次共振周波数の測定方法

「iTECS 法規格：測定 01 多重反射による 1 次共振周波数の測定方法 3. 多重反射による 1 次共振周波数の測定方法」により，弾性波のコンクリートの厚さ方向での多重反射による 1 次共振周波数を有効数字 3 桁で測定する。

内部欠陥の有無の判定

測定した周波数が異常値を示す測定点の直下には，内部欠陥が存在すると判断する。

内部欠陥の範囲の判定

内部欠陥の範囲は，内部欠陥が存在すると判断された測定点の周囲に測定点を複数点設定し，異常値が測定される範囲から判断する。

【解説】

(1) について

受信センサーは、目視で確認される変状や、発生が予想される変状が2つの受信センサー間に位置するように設置する。

内部変状の有無の判定基準値は伝搬時間差法の測定精度から設定することが望ましいが、これまで伝搬時間差法の測定精度が検証された事例は無い。現状では、判定基準値は伝搬時間差法の測定精度を2%程度と考え、設定されていることが多い。これは、以下1), 2)の考えに基づき設定されたものである。

- 1)弾性波の往復時間からコンクリート部材厚さを測定した場合の測定精度は、「iTECS 法規格：試験 02 コンクリート部材厚さの推定方法 1．適用範囲」に示したとおり $\pm 5\%$ である。伝搬時間差法は往復ではなく一方向での弾性波の伝搬時間差の測定結果であることから、5%の平方根を考慮すれば、2%程度と考えられる。
- 2)伝搬時間差法により、弾性波速度を測定し、圧縮強度を推定した場合の測定精度は「iTECS 法規格：試験 01 新設コンクリート構造物の圧縮強度試験方法 1．適用範囲」に示したとおり $\pm 15\%$ である。また、既往の研究により、弾性波速度が1%変化した場合に、圧縮強度は3~7%変化することが確認されている。これらから、弾性波速度の測定精度は2%程度と考えられる。

以上から、伝搬時間差法の測定精度が明確になっていない場合には、健全部での測定結果と比較して、測定値が2%程度以上変化する場合に異常値と判断することができる。

健全部の位置を特定できない場合には、複数点での測定結果の平均値などを健全部での測定値として設定する。

(2)について

内部変状の有無の判定基準値は多重反射法の測定精度から設定する。多重反射法の測定精度は、コンクリート部材厚さの測定精度が「iTECS 法規格：試験 02 コンクリート部材厚さの推定方法 1．適用範囲」に示したとおり $\pm 5\%$ であることから、5%程度となる。以上から、健全部での測定結果と比較して、測定値が5%程度以上変化する場合に異常値と判断することを原則とする。

健全部の位置を特定できない場合には、複数点での測定結果の平均値などを健全部での測定値として設定する。

異常値となる周波数が測定される位置において、コンクリート内部の欠陥までの深さを測定する場合には、質量の小さい複数のインパクターで再度測定する。その結果、健全部で測定される周波数より5%以上高くなる周波数 f_E が、複数のインパクターで共通して測定される場合には、この周波数 f_E は弾性波が欠陥表面で多重反射したことによる周波数であると判断し、欠陥までの深さ D_E を解説式(1)に計算する。

$$D_E = V_p / 2f_E \quad \text{解説式(1)}$$

ここで、 V_p は健全部で測定した弾性波速度である。ただし、コンクリート内部に変状が存在すると、変状までの深さに関係なく、健全部で測定される周波数の2倍の周波数が測定される場合がある。また、完全な空隙でないジャンカ等や断面積の小さい欠陥では、欠陥表面で多重反射する弾性波は発生

しない。これらに注意する必要がある。

また、コンクリート表面付近（深さ 100mm 以浅程度）の内部に空洞が存在すれば、測定波形は多重反射する弾性波ではなく曲げ振動となる。曲げ振動は健全部での測定波形と比較して、周波数のみでなく、測定波形の時間減衰の程度も変化する。従って、測定波形の時間減衰に着目し、曲げ振動が発生していると判断される場合は、質量の小さいインパクトで再度測定することなく、コンクリート表面付近（深さ 100mm 以浅程度）の空洞と判断できる。

5．報告

報告する事項は次のとおりである。

- (a) 試験年月日，試験場所，試験者名
- (b) 構造物とコンクリートに関する記録
- (c) 試験箇所の概要（構造物の概要，試験箇所位置図，配筋図，コンクリートの強度，試験材齢など）
- (d) 測定装置の型式，製造番号
- (e) 各試験結果

SIA-T-03

Standard of the iTECS Association

Test method for detecting the internal defects

SIA - T - 03

Established 2013-7-30

Published by
iTECS association

1-6-6 Tokodai
Tsukuba-city Ibaraki 300-2635, Japan

Printed in Japan