

# *iTECS*

## iTECS 法 規格

試験：04

コンクリートのひび割れ深さの試験方法

SIA - T - 04

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

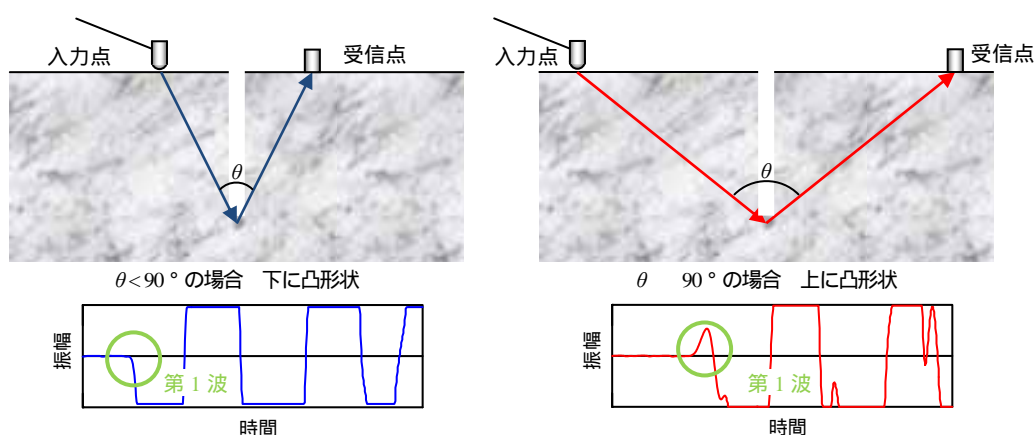
iTECS 法を用いてコンクリート表面のひび割れ深さを試験する方法を規定する。

## 【解説】

## a) 試験方法の特徴，測定原理

コンクリート表面に開口しているひび割れの近傍で，インパクトにより弾性波を入力すると，ひび割れ先端を回折する弾性波が存在する。本法では，(a)直角回折波法，(b)多点測定による伝搬時間差法により，この弾性波を測定して，ひび割れ深さを測定する。ただし，ひび割れ内部に水等が充填されている場合や，内部が一部密着している場合には，測定結果はこれらの影響を受け，これらの位置までの深さが測定される。また，ひび割れ深さが鉄筋のかぶり厚さより深い場合では，鉄筋を經由する弾性波が発生し，測定深さが実際の深さより浅くなる場合がある。これから，(a)直角回折波法，(b)多点測定による伝搬時間差法を併用し，これらの影響の有無を確認することが推奨される。また，実際のひび割れ深さは，測定結果か，それよりも深いということに注意する必要がある。

## 1) 直角回折波法



解説図1 測定方法

測定原理図を解説図1に示す。受信センサーの測定波形の第1波は，弾性波がひび割れ先端を回折する角度によって変化し，回折角度が $90^\circ$ 以下の場合では，第1波は下に凸形状となり，回折角度が $90^\circ$ 以上の場合では，第1波は上に凸形状となる。測定は，ひび割れを挟んで打撃点と受信センサーを設置し，両者の距離を変化させながら測定波形の第1波を観測して，回折角度が $90^\circ$ となる設置点を把握する。この時，ひび割れ先端，打撃点および受信センサーの設置点は同一円弧上の点となることを利用して，ひび割れ深さを算出する。

## 2) 多点測定による伝搬時間差法

ひび割れを挟んだ2点での縦弾性波の伝搬時間差を2点の距離を複数点設定して測定し，2点の距離と伝搬時間差関係からひび割れ深さを算出する方法である。

## b) 制約条件

測定面となるひび割れが開口している面の幅・長さが想定されるひび割れの深さよりも十分に長いことが条件となる。また、本規格により計算されるひび割れ深さは、ひび割れがコンクリート表面から垂直に発生していると仮定した深さである。ひび割れがコンクリート表面に対して垂直でない場合には、誤差要因となることに留意する。

## 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】

## a) インパクトについて

測定するひび割れの深さに対して、入力波長が短すぎる場合には、ひび割れ先端を回折する弾性波を正確に測定できない場合がある。従って、測定時にひび割れ先端を回折する弾性波が明確でない場合には、インパクトの質量を大きくすることにより入力波長を長くして、再度測定をする。

## b) 計測時間長さについて

計測時間長さは入力点および受信センサーとひび割れの先端までの距離から判断される。ひび割れ深さに対して、計測時間が短ければ、ひび割れ先端を回折した弾性波を測定できないこととなる。従って、測定時にひび割れ先端を回折する弾性波が明確でない場合には、計測時間長さの設定を変更して再度測定をする。

## 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. ひび割れ深さの試験方法

##### (1) 直角回折波法

###### 測定表面の処理

測定表面に凹凸がある場合は、ヤスリ・砥石等により測定表面が平滑になるように処理する。

###### 測定点の設置，測定波形の取得

打撃点と受信センサーを、ひび割れ開口部を挟んだ位置に設置し、インパクトで打撃する。

###### 測定波形の記録

測定波形に再現性があることを確認し、受信センサーの測定波形を測定器に記録する。

###### ひび割れ深さの測定

、 の測定を打撃点と受信センサーの距離を変えて行う。なお、測定波形の第1波の向きが上下方向で変化する距離付近では詳細間隔に設定して測定する。

記録した測定波形から第1波の向きが上下方向で変化するときの打撃点からひび割れ開口部までの距離  $L_1$  と、ひび割れ開口部から受信センサーまでの距離  $L_2$  を決定する。

$L_1$  と  $L_2$  からひび割れ深さを算出する。

##### (2) 多点測定による伝搬時間差法

###### 測定表面の処理

測定表面に凹凸がある場合は、ヤスリ・砥石等により測定表面が平滑になるように処理する。

###### 測定点の設置，測定波形の取得

コンクリート表面に打撃点，受信センサー1，受信センサー2を設置し，インパクトで打撃する。

なお，打撃点と受信センサー1にはひび割れを挟んではならない。

打撃点と受信センサー2はひび割れ開口部を挟んだ位置に設置し，両点の midpoint をひび割れ部とする。また，打撃点と受信センサー2の距離は，ひび割れ先端を回折する弾性波の角度が  $90^\circ$  以上となる距離とする。

###### 測定波形の記録

測定波形に再現性があることを確認し，受信センサー1，受信センサー2の測定波形を測定器に記録する。

###### 弾性波の到達時間差の測定

受信センサー1と受信センサー2の波形到達の時間差から弾性波の到達時間差を測定する。

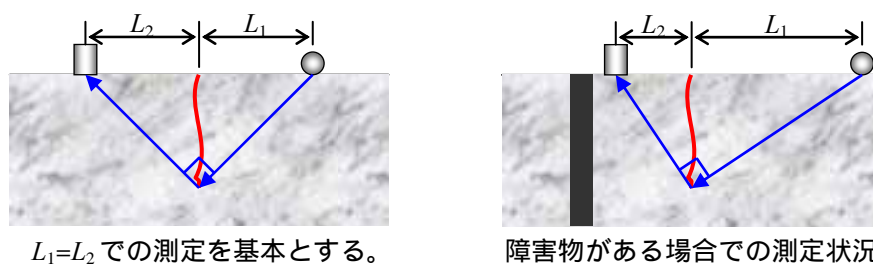
###### ひび割れ深さの測定

～ の測定を打撃点と受信センサー2の距離を変化させた複数点で実施する。各距離で測定した弾性波の到達時間差からひび割れ深さを算出する。

#### 【解説】

##### (1) について

測定波形の第1波は，回折角度が  $90^\circ$  以下の場合では下に凸の形状， $90^\circ$  以上の場合では上に凸の



$L_1=L_2$ での測定を基本とする。

障害物がある場合での測定状況。

解説図2 ひび割れ深さの算出方法の補足

形状となる。これから、第1波の向きが上下方向で変化するときの回折角度は $90^\circ$ であると判断できる。打撃点からひび割れ開口部までの距離 $L_1$ と、ひび割れ開口部から受信センサーまでの距離 $L_2$ から、解説式(1)によりひび割れ深さ $D_C$ を計算する(解説図2参照。)

障害物等が無い限り、打撃点からひび割れ開口部までの距離と、ひび割れ開口部から受信センサーまでの距離は同距離に設定して測定することを基本とする。

$$D_C = \sqrt{L_1 \cdot L_2} \quad \text{解説式(1)}$$

## (2)について

測定方法は「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」と同様の手順とする。

受信センサー1と受信センサー2の波形到達の時間差 $T_{P12}$ を測定し、打撃点から受信センサー1までの距離 $L_1$ と健全部で測定した弾性波速度 $V_P$ から解説式(2)により、打撃点から受信センサー2までの伝搬時間差 $T_P$ を測定する。

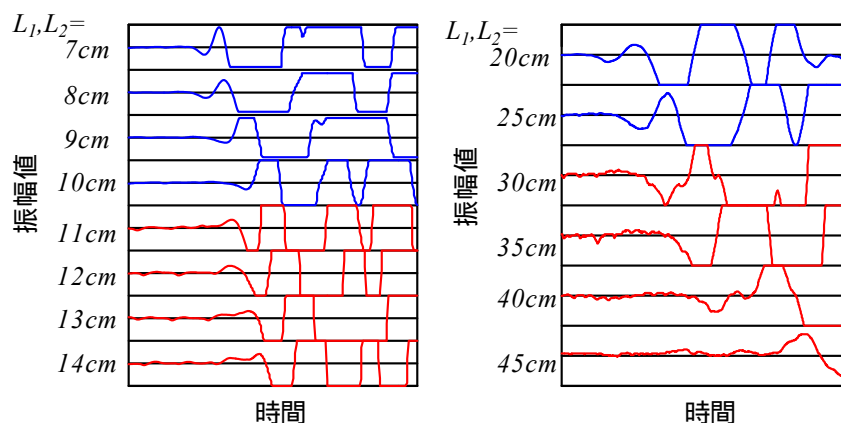
$$\Delta T_P = \Delta T_{P12} + L_1/V_P \quad \text{解説式(2)}$$

この測定を打撃点と受信センサー2の距離 $L$ を変化させた複数点で実施する。この時、各 $L$ と各 $L$ で測定した伝搬時間差 $T_P$ には解説式(3)に示す関係が成立する。これから、ひび割れ深さ $D_C$ とひび割れ先端を回折する弾性波の伝搬速度 $V_{PC}$ は、各 $L$ と各 $L$ で測定した $T_P$ の関係式を最小二乗法により求めることにより計算できる。

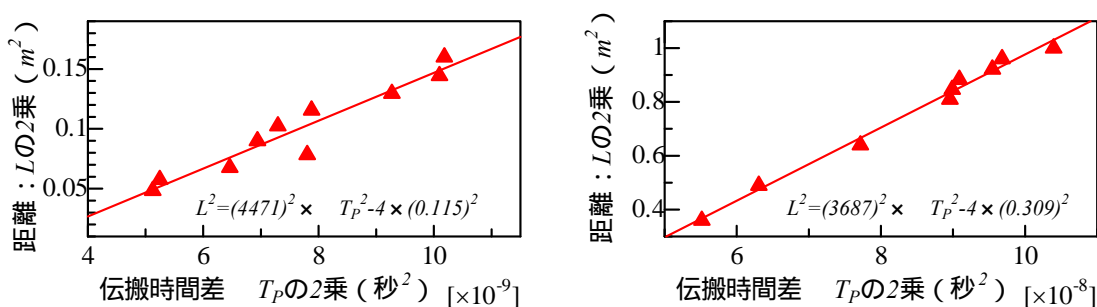
$$L^2 = V_{PC}^2 \cdot \Delta T_P^2 - 4D_C^2 \quad \text{解説式(3)}$$

インパクトに入力波形が記録できるインパルスハンマーを使用する場合には、コンクリート表面に設置する受信センサーは1つでよい。インパルスハンマーを受信センサー1として、打撃点から受信センサー1までの距離 $L_1$ は0とする。打撃点から受信センサー2までの弾性波の伝搬時間差 $T_P$ は、健全部で縦弾性波速度 $V_P$ を測定することなく、インパルスハンマーによる入力開始時間と受信センサー2の波形到達の時間差から求められる。

多点測定による伝搬時間差法は、既設構造物などで直角回折波法での測定波形の第1波の形状が明確でない場合などに適用する。ここで、直角回折波法による測定例を解説図2に示す。解説図2より、直角回折波法により、測定点でのひび割れ深さを11cm、測定点でのひび割れ深さを30cmと測定



解説図3 直角回折波法による測定例（左図：測定点 ，右図：測定点 ）



解説図4 多点測定による伝搬時間差法による測定例（左図：測定点 ，右図：測定点 ）

した。しかし、測定点 での測定波形の第1波は微弱であり、ノイズとの判別が困難である。また、ひび割れ深さが鉄筋のかぶり厚さより深い場合では、鉄筋を経由する弾性波が発生し、測定深さが実際の深さより浅くなる場合が考えられる。直角回折波法にはこれらの問題がある。

これに対して、多点測定による伝搬時間差法では、解説式(3)によりひび割れ先端を回折する弾性波の伝搬速度とひび割れ深さの両者を算出することが可能である。これから、直角回折波法と多点測定による伝搬時間差法を併用することにより、測定結果を検証できる。

両手法の併用による検証例として、**解説図3**に示した直角回折波法と同一のひび割れでの多点測定による伝搬時間差法による測定例を**解説図4**に示す。測定点 では、伝搬速度が4471m/sとコンクリート中の弾性波速度と比較して非常に速くなった。これから、測定点 では、鉄筋を経由する縦弾性波が測定され、実際のひび割れ深さは測定深さよりも深いものと判断できる。また、必要によっては、測定点の設定方法、設定位置を鉄筋の影響を受けないように設定し、再度測定するものと判断できる。測定点 では、伝搬速度が3687m/sとコンクリート中の弾性波速度と同等であった。これから、直角回折波法で第1波と判断した波形はノイズ等ではないと判断できる。

## 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-04

## **Standard of the iTECS Association**

Test method for detecting the depth of the cracks

SIA - T - 04

Established 2013-7-30

Published by  
iTECS association

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

Printed in Japan