

FITSA

～PCグラウトの充填調査～



株式会社 富士ピー・エス

FITSA (NETIS KT-160088)

本技術は、SIBIE法を用いた非破壊検査方法で、対象となるコンクリート構造物の内部欠陥(浮き・空洞・ひび割れ深さ・PCグラウト未充填等)の有無およびその位置を、弾性波を用いて非破壊で調査し、**調査結果を画像化して評価を容易にする**ものである。

本技術により、**コンクリート構造物中の欠陥の有無およびその位置を視覚的に表す**ことができる。

SIBIE (Stack Imaging of spectral amplitudes Based on the Impact-Echo) 法は、インパクトエコー法の原理を使用したもので、インパクトエコー法よりさらに高周波数で大きな弾性波を入力し、シー反射波の信号を画像化することによって、グラウト充填判定を容易にしたもの

【既設ポストテンション橋のPC鋼材調査および補修・補強指針 (PC工学会) より】

PCグラウト充填調査

PCグラウト充填調査

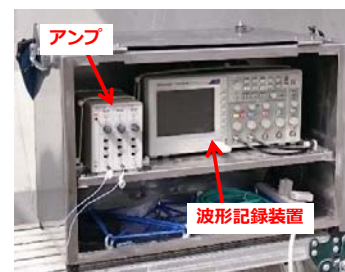
	調査方法	適用条件	適用断面形状他
非破壊検査	放射線透過法	部材厚さ500mm未満 (対象部材表側と裏側に作業スペースが確保できること)	T桁、I桁：ウェブ 箱桁：ウェブ
	打音振動法 (衝撃弾性波法)	PC鋼材が直線状に配置されていること	床版横締め 横桁横締め
	広帯域超音波法	シースカぶり厚さ250mm以下	T桁、I桁、スラブ 桁・ウェブ 箱桁・ウェブ・床版 床版横締め
	インパクトエコー法	[空隙の大きさ]/[空隙までの深さ]が0.25程度 (シー径の4倍程度まで)	T桁、I桁、スラブ 桁・ウェブ 箱桁・ウェブ・床版
微破壊検査	削孔調査	シースカぶり厚300mm程度 (電磁波レーダ等シー位置出し、ドリル等削孔およびシー開削が可能な深さ)	制限なし

その他の手法

- 部分的な充填不足を有するPCグラウトの評価
- 電磁パルス法
- SIBIE法

【既設ポストテンション橋のPC鋼材調査および補修・補強指針 (PC工学会) より】

使用機器



波形記録装置, アンプ



加速度計 (2つ使用)

【測定装置の例】

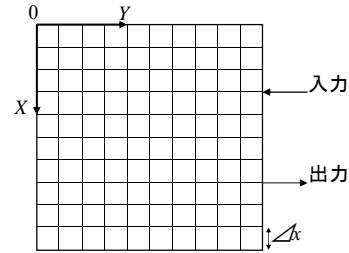
- 波形記録装置：デジタルオシロスコープ (Tektronix製：TDS2014C)
- アンプ (小野測器製：PS-1300)
- センサ：加速度計 (小野測器製：NP-3211)
- インパクト：バネ式衝撃入力装置 (先端：チタン製、径8mm)



バネ式衝撃入力装置

SIBIE法の原理

解析対象の断面を正方形セルに分割する。

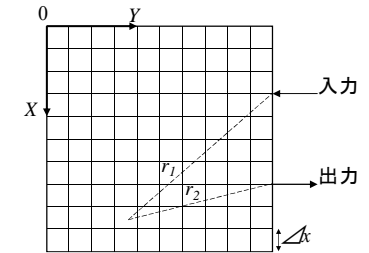


SIBIE解析イメージングモデル

$$\text{セルの大きさ} \quad \Delta x = \frac{C_p \Delta t}{2}$$

SIBIE法の原理

解析対象の断面を正方形セルに分割する。



SIBIE解析イメージングモデル

$$\text{セルの大きさ} \quad \Delta x = \frac{C_p \Delta t}{2}$$

$$\text{最短伝播経路} \quad R = r_1 + r_2$$

SIBIE法の原理

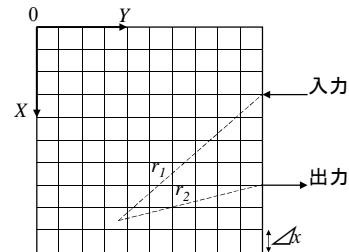
解析対象の断面を正方形セルに分割する。



各セルの中心で弾性波が反射すると仮定し、各セルでの弾性波の最短伝播経路 R を求める。



各セルの中心での理論的な共振周波数を求める。



SIBIE解析イメージングモデル

$$\text{セルの大きさ} \quad \Delta x = \frac{C_p \Delta t}{2}$$

$$\text{最短伝播経路} \quad R = r_1 + r_2$$

$$\text{合計する周波数} \quad f_R = C_p / R$$

SIBIE法の原理

解析対象の断面を正方形セルに分割する。



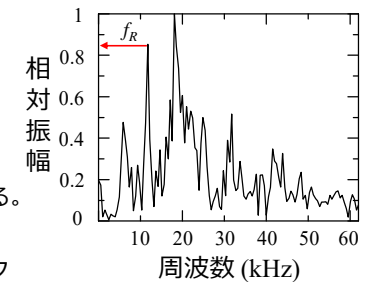
各セルの中心で弾性波が反射すると仮定し、各セルでの弾性波の最短伝播経路 R を求める。



各セルの中心での理論的な共振周波数を求める。



インパクトエコー法から得られた周波数スペクトル図により各セルの共振周波数 f_R における相対振幅の値を合計する。



$$\text{セルの大きさ} \quad \Delta x = \frac{C_p \Delta t}{2}$$

$$\text{最短伝播経路} \quad R = r_1 + r_2$$

$$\text{合計する周波数} \quad f_R = C_p / R$$

SIBIE法の原理

解析対象の断面を正方形セルに分割する。



各セルの中心で弾性波が反射すると仮定し、各セルでの弾性波の最短伝播経路 R を求める。



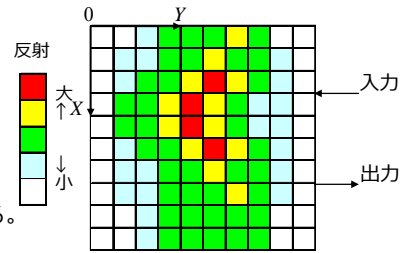
各セルの中心での理論的な共振周波数を求める。



インパクトエコー法から得られた周波数スペクトル図により各セルの共振周波数 f_R における相対振幅の値を合計する。



弾性波の反射の位置を画像化し欠陥部を評価する。

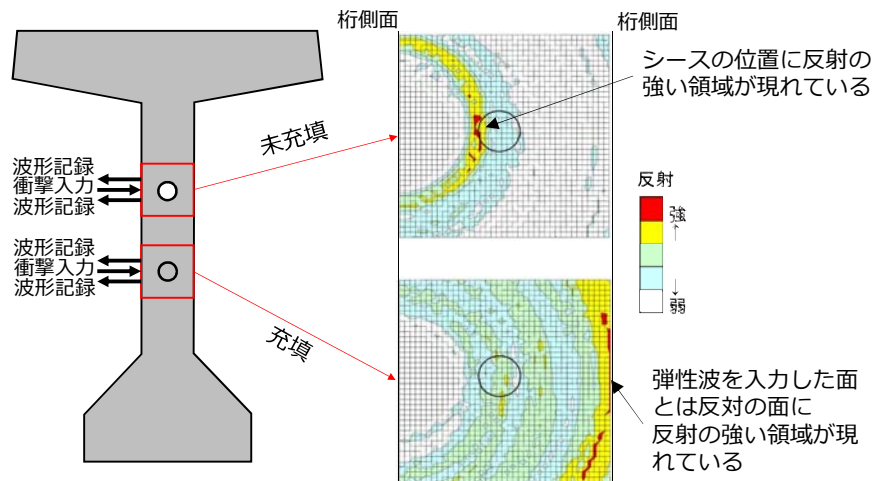


SIBIE解析イメージングモデル

$$\begin{aligned} \text{セルの大きさ} \quad \Delta x &= \frac{C_p \Delta t}{2} \\ \text{最短伝播経路} \quad R &= r_1 + r_2 \\ \text{合計する周波数} \quad f_R &= C_p / R \end{aligned}$$

適用範囲：コンクリート表面から600mmまでの欠陥

SIBIE法の測定結果例



インパクトエコー法とSIBIE法

①設計図面や電磁波レーダ法等により、シースおよび鉄筋の位置出しを行う。

②入力点付近にセンサを設置する。

③弾性波入力装置を用いて、シース直上のコンクリート表面を打撃し、弾性波を入力する。

④コンクリート内部を伝播し、出力された弾性波を記録する。

⑤出力された弾性波を解析することで得られた周波数スペクトルから、反射強さの大小をコンター図化する。

⑥コンター図を用いて充填評価を行う。

インパクトエコー法

SIBIE法

インパクトエコー法とFITSAの判定の比較

判定が「充填」の場合

	インパクトエコー法	FITSA
結果		
特徴	<ul style="list-style-type: none"> 部材厚位置でピークがある。 グラウト評価帯域に明瞭なピークがない。 	<ul style="list-style-type: none"> シース前面で反射が現れていない。 弾性波を入力した面（入力面）の反対の面（反対面）に強い反射が現れている。
〈実際のグラウト充填状況〉		<p>上縁のごくわずかな空隙</p>

インパクトエコー法とFITSAの判定の比較

判定が「未充填」の場合

	インパクトエコー法	FITSA
結果		
特徴	<ul style="list-style-type: none"> • 部材厚位置でピークがある。 • グラウト評価帯域に明瞭なピークが認められる 	<ul style="list-style-type: none"> • シース前面で反射が現れており、反対面に反射が現れていない。
〈実際のグラウト充填状況〉		

インパクトエコー法とFITSAの判定の比較

判定が「充填不良の可能性あり」の場合

	インパクトエコー法	FITSA
結果		
特徴	<ul style="list-style-type: none"> • エコー出現位置からずれているが、グラウト評価帯域内に明瞭なピークが認められる。 	<ul style="list-style-type: none"> • シース前面ではないが、シース位置で反射が現れており、反対面に反射が現れていない場合
〈実際のグラウト充填状況〉		

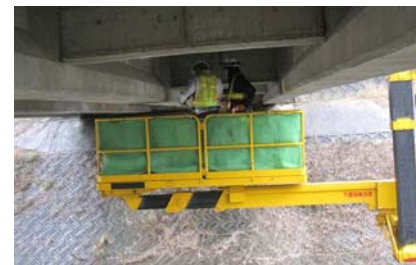
インパクトエコー法とFITSAの判定の比較

判定が「判定困難」の場合

	インパクトエコー法	FITSA
結果		
特徴	<ul style="list-style-type: none"> • ピークが多数見られ判定ができない。 	<ul style="list-style-type: none"> • シース位置、反対面以外の場所で反射が卓越している。
〈理由〉	<ul style="list-style-type: none"> • シースのかぶりか深すぎる、または浅すぎるためエコーの有無を判別できない。 • ひび割れや隅角部、並行ケーブルなどからの反射波や解析波の影響で有意な波形が得られない。 • 橋面劣化などの影響で適切な弾性波が入力できない。 	

グラウト充填調査状況

ポストテンション方式T桁橋



PC斜張橋

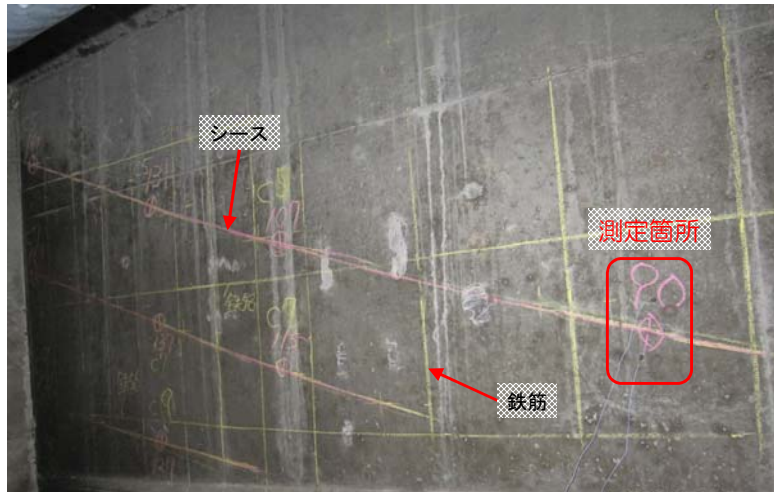


※FITSA本体（10kg程度）を橋梁点検車の作業台内に置いて調査する。

※電源が必要（100V）

FITSAによるグラウト充填調査

①設計図面や電磁波レーダ法等により、シースおよび鉄筋の位置出しを行う。



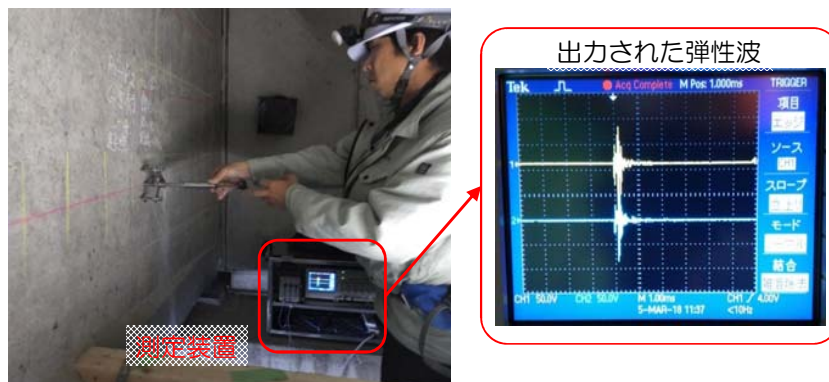
FITSAによるグラウト充填調査

②入力点付近にセンサを設置する。
③弾性波入力装置を用いて、シース直上のコンクリート表面を打撃し、弾性波を入力する。



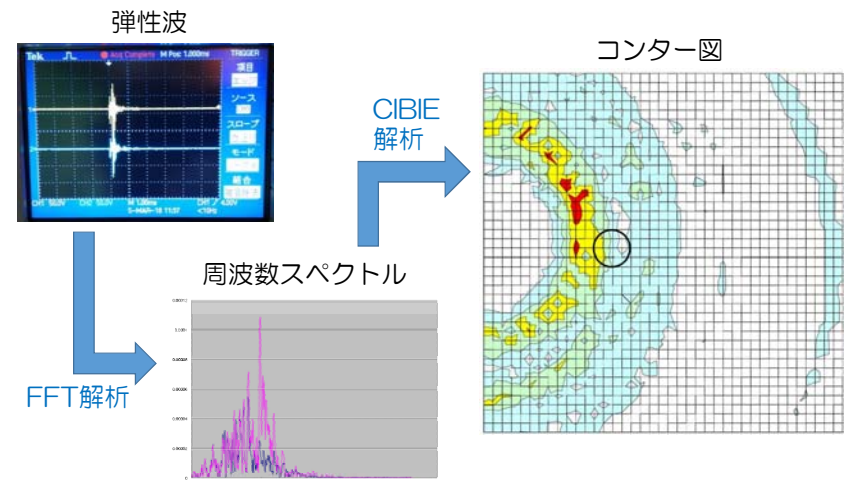
FITSAによるグラウト充填調査

④コンクリート内部を伝播し、出力された弾性波を記録する。
計測は5回行う。



FITSAによるグラウト充填調査

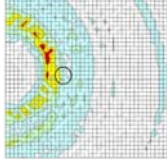
⑤出力された弾性波を解析することで得られた周波数スペクトルを用いて、反射強さの大小でコンター図化する。



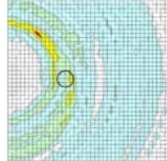
FITSAによるグラウト充填調査

⑥それぞれのコンター図について判定し、充填評価を行う。

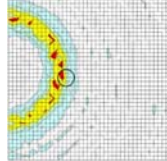
判定：未充填



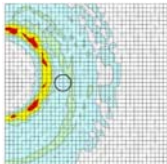
判定：判定困難



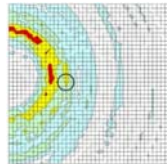
判定：充填不良の可能性あり



判定：未充填



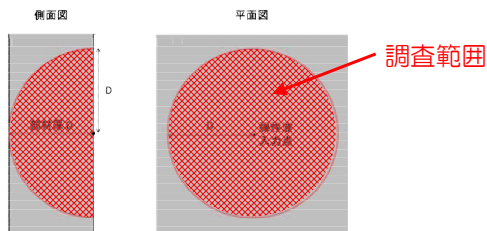
判定：未充填



判定：未充填

適用範囲と調査時に必要なデータ

適用範囲：コンクリート部材厚600mmまで
調査範囲：部材厚による（最大600mmまで）



事前資料：

- 適用示方書
- 構造条件（架設方法、施工年代、上縁定着の有無）
- **鉄筋のかぶり、径、配置状況**
- PC鋼材の種類、径、定着工法
- シースの材料、**かぶり、径、配置状況**
- PCグラウト材料
- 過去の点検、調査結果
- 過去の補修、補強履歴

SIBIE法の判定基準

	入力面	反対面	入力面	反対面	入力面	反対面	入力面	反対面
結果								
判定	判定：○ 充填	判定：× 未充填	判定：△ 充填不良の可能性あり	判定：※ 判定困難				
特徴	シース前面で反射が現れておらず、弾性波を入力した面（入力面）の反対の面（反対面）に反射が現れている場合	シース前面で反射が現れており、反対面に反射が現れていない場合	シース前面ではないが、シース位置で反射が現れておに、反対面に反射が現れていない場合	シース位置、反対面以外の場所で反射が卓越している場合				

SIBIE解析時の入力情報と調査点に関する留意点

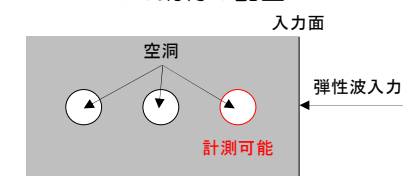
調査点を選定時の留意事項：

- コンクリートの変状
- 鉄筋の配置状況
- 縁端距離（部材厚以上）
- 衝撃入力面と反射面の平行度
- PC鋼材の配置

鉄筋の配置状況



PC鋼材の配置



FITSAの現状と今後の予定

- 現在、様々な構造形式のPC橋について調査を行い、データを蓄積している状況です。
- 今後は、調査時の機械のハンドリングや調査結果や解析のスピード化を行う予定です。

ご質問等あれば、お気軽にお問い合わせください。