衝撃弾性波法によるコンクリートのひび割れ充填度の確認方法について

（株）コサカ技研　正会員　○目澤　亘司
（株）コサカ技研　正会員　　小坂　　明
（有）シーリングタナカ　　田中　正吉
iTECS 技術協会　正会員　　極檀　邦夫

1.はじめに

コンクリート構造物に生ずるひび割れは，耐久性に悪影響を及ぼすきっかけとなる．そのために，実施されるさまざまなひび割れ補修工法は，コンクリート内部への劣化因子の滲入を遮断・抑制することを目的としている．しかし，補修後，コンクリート表面の充填状況は確認できるが，内部のひび割れ全体が充填材で満たされているかの確認が不可能という問題がある．

衝撃弾性波法の多重反射波測定では，未充填のひび割れの影響で波形と厚さ解析結果が変化することが確認されている．補修後の充填検査診断として，充填度合いを段階的に変化させたことにより，波形と厚さ解析結果に影響が出るとすれば，同測定方法で補修状況の評価が可能と考えた．本論は，擬似的にひび割れを表現したコンクリート供試体を用いて，表面からの充填深さの異なる 7 種類の充填を行い，ひび割れ補修の充填度合いの評価が可能であるか実験的に検討したものである．

2.測定原理

衝撃弾性波法は，コンクリート表面に鋼球等で打撃を加え衝撃波を発生させ，打撃入力点近傍に設置したセンサーで時刻歴加速度波形として記録する非破壊検査方法である．コンクリートの端面境界において反射波が発生する．図 1 のように反射波が繰り返され波動が多重反射すると，波動の往復時間が求められる．その往復時間と弾性波速度から，式(1)により部材厚さを推定する．

$$D = V_P \cdot T/2 \qquad (1)$$

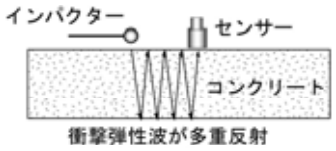

図 1　多重反射波の模式図

3.実験概要

(1)コンクリート供試体

実験に使用した供試体は，1200mm×1500mm×450mm コンクリート構造物で，ひび割れ深さは 150mm と 300mm の 2 種類とした．ひび割れはコンクリート硬化後に専用のカッターを使用して，幅 4～5mm，所定の深さまで作業することで製作した．

(2)ひび割れの充填

ひび割れの充填には，ボンドシリンダー工法を採用した．充填度合いを変化させる時は，市販のプラダンをひび割れに挿入し，充填材がひび割れ先端まで達しないよう留意した．充填度の種類は，ひび割れ深さ 150mm に対し表面から 0mm 充填，50mm 充填，100mm 充填とひび割れ深さ 300mm に対し表面から 0mm 充填, 50mm 充填, 100mm 充填, 200mm 充填の合計 7 種類とした．また，充填状況を写真 1 に示す．

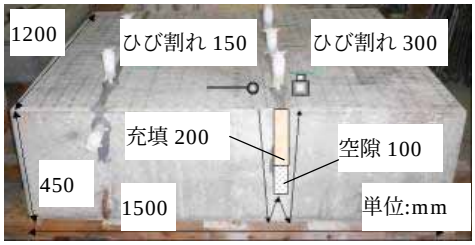

写真 1　充填状況

(3)測定装置および方法

コンクリート表面に 5cm 間隔の格子状の測点を設け，鋼球と加速度計の間隔は 10cm で測定した．ひび割れ箇所では，ひび割れを鋼球と加速度計で挟むように測定を行い，測定数はひび割れを挟んで 7 点/種類とした．弾性波を入力させる鋼球サイズは直径 20mm を使用した．

4.測定結果および考察

図 2 に充填度合い別の速度波形とスペクトログラムを示す．未充填（ひび割れ深さ 150mm）のスペクトログラムは複数のスペクトルが見られる．これは，ひび割れの空隙の大きさや量が多く，乱反射が発生しやすい状況となり，一定周期の波形にならなかったためと考えられる．充填 1/3（充填深さ 50mm）では，振幅が未充填の時と比べ小さくなり，高調波成分も消滅している．その結果，スペクトログラムの乱れも減少しているのが分かる．充填 2/3（充填深さ 100mm）の速度波形では，時間軸後半にいくに従い減衰している（図中◯）．速度波形から得られるスペクトログラムでは，複数のスペクトルが見られないものの，設計厚さ 450mmにはなっていない．これは，ひび割れ空隙を表面充填しただけでは内部の空隙が残り，周波数（周期）の異なる波が得られるためだと推測される．次にひび割れを全充填では，速度波形は時間の経過とともに減衰し，スペクトログラムも設計厚さ 450mmに近くなる．その結果，スペクトログラムでは，充填をすることにより複数観測されていたスペクトルが減少し，連続したスペクトルが現れたことから，充填効果の確認方法として有効であると考えられる．

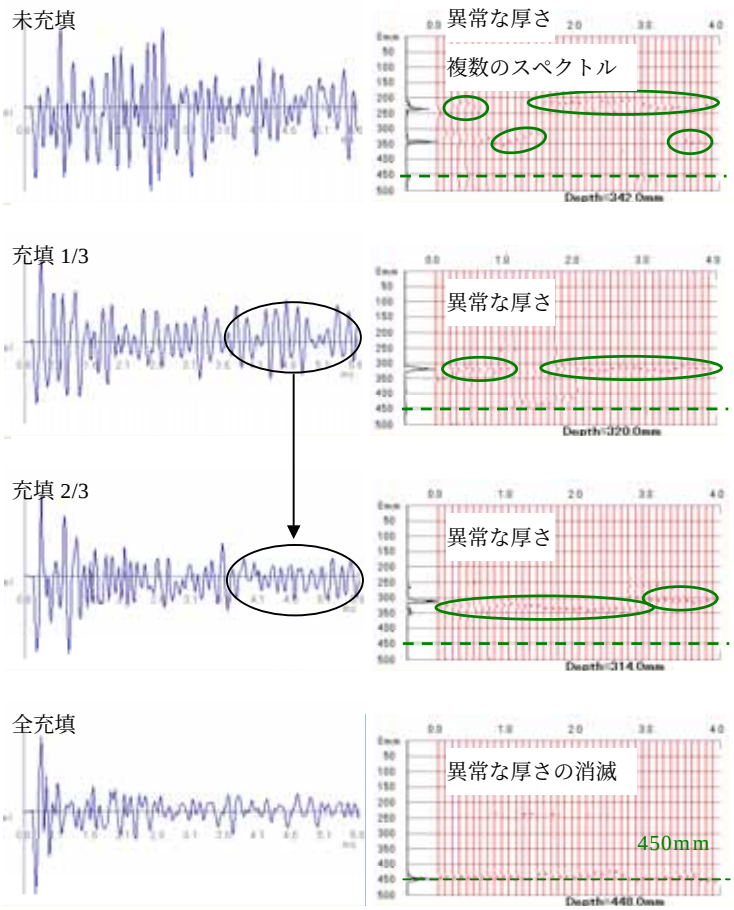

図 2　充填度合い別の速度波形とスペクトログラム

図 3 は充填前後の速度波形（ひび割れ深さ 150mm，充填 2/3）を並べたものである．充填後は振幅が小さくなり，視覚的に充填の効果が認められる．

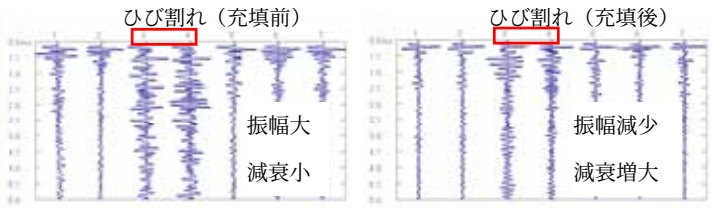

図 3　速度波形比較

充填度の違いによる厚さ解析結果の一覧を表 1 に示す．多重反射する弾性波の伝播経路には，空隙の大きさが大きく影響すると考えられるが，充填する深さに関係なく明瞭な違いは確認できなかった．

表 1　充填度合い別の厚さ比較

	ひび割れ深さ150mm			ひび割れ深さ300mm			
設計厚さ	450mm						
充填深さ	0mm	50mm	100mm	0mm	50mm	100mm	200mm
補修前の厚さ	330	335	324	325	392	323	214
補修後の厚さ	296	332	322	411	345	382	414
前後の変化率	0.90	0.99	0.99	1.26	0.88	1.18	1.93

5.まとめ

(1)多重反射波を測定することにより，速度波形とスペクトログラムから未充填，表面充填，全充填の効果が判定できる．

(2)コンクリート内部の充填度の変化が速度波形から判定できる可能性がある．

しかし充填度を変化させた場合，著しい厚さの変化は見られないという問題も浮き彫りとなった．今後は別手法で速度波形の検討を行い，充填度合いの確認検査精度を向上させたい．