

コンクリートの各種ひび割れが表面P波伝播速度に及ぼす影響

東海大学大学院 学生員 ○船木 涼
水産総合研究センター水産工学研究所 正会員 三上 信雄
東海大学工学部 正会員 笠井 哲郎 重松 宏和

1. はじめに

近年、既設コンクリート構造物の健全性評価の手法として、衝撃弾性波法が注目されている。衝撃弾性波法は弾性波の伝播速度を指標として、圧縮強度の推定やひび割れの有無など既設構造物の重要な性質を把握できる比較的簡易な方法として、構造物の維持管理に利用できるものと期待されている。しかし、測定される弾性波速度は、コンクリートの劣化による影響の他に、含水状態などの状態変化による影響も受けることが報告されている¹⁾。本研究では、コンクリートに発生したひび割れの深さや本数、ひび割れの拘束状態および膨張性ひび割れが表面P波速度に及ぼす影響について実験的検討を行った。

表-1 使用材料

	種類	記号	物性または主成分
セメント	普通ポルトランドセメント	C	密度:3.16g/cm ³
細骨材	大井川産砕砂	S	密度:2.59g/cm ³ 粗粒率:3.00
粗骨材	富士川産砕石	G	密度:2.70g/cm ³ 最大寸法:20mm
混和材料	AE減水剤	AE	リグニンスルホン酸化合物とポリオール複合体
	高性能AE減水剤	SP	ポリカルボン酸系
	石灰系膨張材	E	密度:3.16g/cm ³ 標準置換量:20kg/m ³

表-2 配合

No.	W/C (%)	単位量(kg/m ³)					
		W	C	E	S	G	AE
1	50	162	324	0	819	1010	0.97
2			304	20			
3			274	50			
4			244	80			1.62

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合および表面P波速度の測定方法

本研究で用いたコンクリートの使用材料および配合を表-1, 2に示す。表面P波速度の測定方法を図-1に示す。150×150×900mmの供試体の場合、弾性波を入力する打撃点から受信センサ(加速度計)までの距離(以下、測定間隔)を200~800mmまで100mmステップで設定し、各測定間隔における表面P波の波形を弾性波測定機²⁾で測定した。伝播時間は、加速度計を内蔵したインパクトハンマーと受信センサのそれぞれより得られる波形の立ち上がり時間から求めた。これらの測定を同一条件で5~10回行い、測定間隔と伝播時間より表面P波速度を算出した。

2.2 ひび割れの影響に関する検討方法

図-1に示した供試体に対し、弾性波の伝播経路を横切るようにダイヤモンドカッター(刃厚:5mm)で人工ひび割れを設け、ひび割れが表面P波速度に及ぼす影響を検討した。人工ひび割れの条件を表-3に示す。供試体は各水準につき1体ずつ作製した。供試体の養生は材齢28日まで水中養生し、その後は試験材齢の56日まで気中養生を行った。人工ひび割れは材齢56日の気中養生終了時に施した。表面P波速度の測定は、まずひび割れが1本の状態で行い、その直後に2本目のひび割れを1本目のひび割れから50mm離れた位置に設け、再度その直後に行った。1本目のひび割れは受信センサより400mmの位置とし、2本目は350mmの位置とした。表面P波速度の測定間隔は300mmと500mmとし、ひび割れを跨がない場合と跨いだ場合の結果について5回ずつ測定しその平均値で評価した。

2.3 膨張性ひび割れの影響に関する検討方法

表-2に示すように膨張材の単位置換量を0, 20, 50, 80kg/m³の4水準に設定し、膨張性ひび割れを誘発させた。本研究で使用した膨張材の単位置換量の標準値は20kg/m³であり、それ以上の置換率50, 80kg/m³では目視で確認できる微細ひび割れが発生した。供試体は図-1と同寸法の表面P波速度測定用供試体と円柱供試体(φ10×20cm)を作製し、表面P波速度と圧縮強度を材齢28日において測定した。供試体の養生は、脱型後7日間水中養生し、その後は気中養生とした。更に、長さ変化試験用供試体(10×10×40cm)を作成し、JIS A 1129-3に準拠してコンクリートの膨張量を測定した。

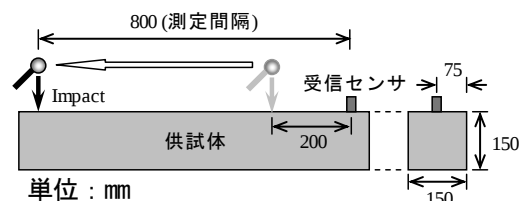


図-1 表面P波速度測定の概要

表-3 ひび割れの条件

要因	ひび割れ深さ(mm)	ひび割れの 本数
水準	25	1本および2本
	50	

キーワード：非破壊検査、衝撃弾性波法、表面P波速度、ひび割れ、コンクリートの膨張

連絡先：〒259-1292 神奈川県平塚市北金目1117 東海大学 TEL 0463-58-1211 FAX 0463-50-2045

2.4 ひび割れの拘束の影響に関する検討方法

この検討で使用した供試体の概要を図-2に示す。コンクリートの使用材料、配合および養生方法はと2.2と同様である。ここでは、コンクリートの材齢が56日に達した時点で、供試体の断面中央部に埋設した鉄筋(SD295A, D22)に万能試験機で引張荷重を加え、供試体の長さ方向中央部に設けたノッチ部分にひび割れを誘発した。そのひび割れ発生荷重は約110kNであったが、鉄筋は弾性領域にあり、載荷荷重を除荷した際にはひび割れ面はほぼ密着状態であった。その後、供試体の両端部(20mm)を切断し、ひび割れを圧着させるように供試体の軸方向に圧縮荷重を加えながら、各荷重レベルで表面P波速度を測定した。供試体は2体作製し、ひび割れを誘発したものとししないものについて実験を行った。測定間隔は300mmとし、ひび割れ箇所がその中央に位置するように設定した。

3. 結果および考察

図-3は、測定間隔300mmで得られた表面P波速度を基準とし、ひび割れを跨いで測定した測定間隔500mmにおける表面P波速度の変化率を示したものである。図より、500mmの測定間隔ではひび割れを跨いでいるため表面P波速度は低下している。これは、測定間隔にひび割れを跨いだ場合弾性波がひび割れ先端を迂回して伝播することから、実際の伝播距離が長くなったためである。また、ひび割れ深さに比例して表面P波速度は低下し同じ深さのひび割れの本数が増えた場合はさらに表面P波速度は低下する結果となった。

膨張性ひび割れの影響の検討における材齢28日のコンクリートの長さ変化率を図-4(a)に示す。また、その長さ変化率と表面P波速度および圧縮強度の関係を(b)に示す。図より、長さ変化率の大きなコンクリートほど、表面P波速度および圧縮強度が低下しコンクリートの表面P波速度と圧縮強度は同様の傾向を示した。また、長さ変化率の大きな供試体の表面P波速度および圧縮強度は、他の供試体に比べて異常な低下を示している。これは、コンクリートの膨張により生じたひび割れが要因であると推察される。

ひび割れの拘束応力と表面P波速度の関係を図-5に示す。ひび割れの無い供試体の表面P波速度はコンクリートの圧縮応力が増加してもほぼ一定の値を示す結果となった。一方、ひび割れを有する供試体では、圧縮応力の増加に伴いひび割れの無い供試体で測定された表面P波速度に漸近するように増大する傾向を示す結果となった。これは、ひび割れ面を圧着するように作用する応力の増大に伴い、ひび割れ面の接触状態が点接触から面接触へと変化するために、弾性波の伝播距離は徐々に短くなり、結果として測定間隔を最短距離で伝播する表面P波が計測されるようになったためと推察される。

4. まとめ

- (1) 弾性波の伝播経路におけるひび割れの深さおよびその数に比例して表面P波速度は低下する。
- (2) 膨張によりひび割れが生じたコンクリートの圧縮強度および表面P波速度は共に低下する傾向を示す。
- (3) 弾性波の伝播経路に位置するひび割れの接触状態が面接触にある場合、表面P波速度の低下は抑制され、ひび割れの無い場合の速度に近づく。

【参考文献】1) 重松和宏ほか：コンクリートの状態変化が表面P波速度に及ぼす影響，第36回土木学会関東支部技術研究発表会，V-32，2009。2) リック(株)，(独)土木研究所編：衝撃弾性波試験 itecs 法による新設の構造体コンクリート強度測定要領(案)(修正)，pp.1-7，2007.5

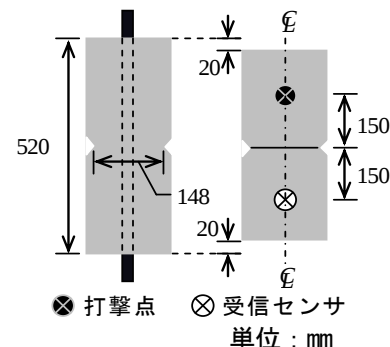


図-2 供試体の概要

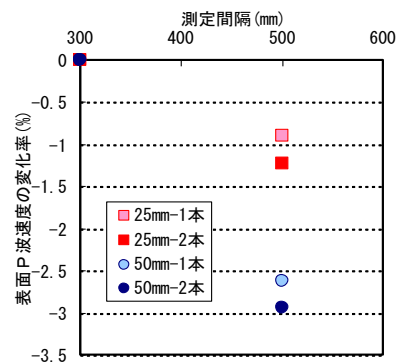


図-3 ひび割れと表面P波速度

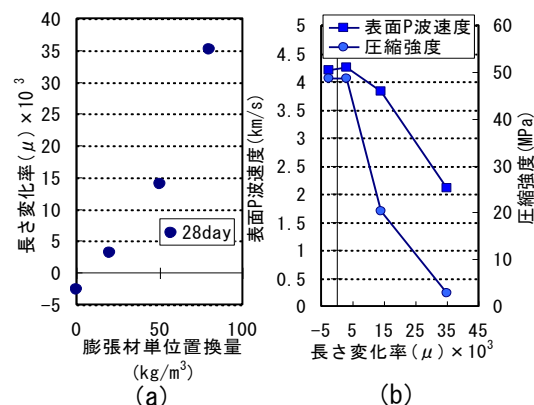


図-4 長さ変化率と表面P波速度

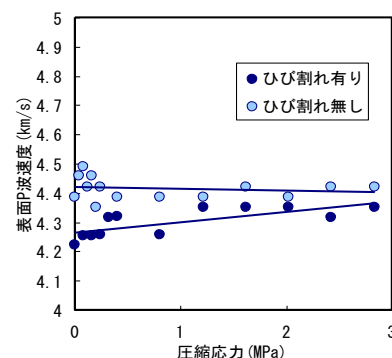


図-5 圧縮応力と表面P波速度