

表面法による弾性波伝播速度測定値に及ぼす要因について

立命館大学大学院理工学研究科 学生員 ○栗山 亮介 学生員 山本 尚志
立命館大学理工学部 正会員 尼崎 省二

1. はじめに

超音波法における表面法は面発振・受振のため、伝播距離に振動子中心間距離を用いると、距離の増大とともに弾性波速度が見かけ上遅くなることが指摘されている。また、RC 構造物ではコンクリートの弾性波速度が鉄筋の影響を受ける可能性がある。本研究では、表面法による伝播距離の決定方法を検討し、その結果を用いてコンクリートの弾性波速度に及ぼす鉄筋の影響について検討した。

2. 実験概要

表-1 および表-2 にコンクリートの使用材料および示方配合を示す。混和剤は所要のスランプおよび空気量を得るのに適したものをを用いた。供試体は図-1 に示すように、D32, D16, D25 を配筋した RC 供試体を作

製した。鉄筋は同一ロットから採取した鉄筋コンクリート用異形棒鋼 D16, (SD295A) 及び、D25, D32 (SD345) を使用して、端面を機械仕上げした長さ 630mm, かぶり 40mm とした。供試体は材齢 1 日で脱型、4 日間の散水養生後、室内保管とした。弾性波速度測定は受振波観察方式とし、印加電圧 1200V, 放電時間 $0.5 \mu s$ とした。振動子は PZT-7 を用いた共振振動数 200kHz の直径 50mm の変位振動子を使用した。立上り時間は JCI 規準に準拠して供試体底面で行った。測定方法は図-2 に示すように鉄筋直上、及び鉄筋直上からの水平距離（以下、水平距離）30, 80mm の位置で鉄筋方向に

受振子を移動して測定を行った。また、鉄筋の影響のない部分の弾性波速度は水平距離 150mm で測定した。

3. 実験結果および考察

表面法において、伝播距離を振動子中心間隔とした時の速度測定値の変化を考慮すると、速度の計算に用いる伝播距離は図-3 に示すように振動子中心間隔と前端間隔の間にあると考えられる。従って、弾性波速度 V_0 は次式で与えられる¹⁾。

$$V_0 = (L - \alpha \phi) / t \quad (1)$$

ここに、 V_0 ：弾性波速度、 L ：振動子中心間隔、 t ：弾性波伝播時間、 α ：補正係数、 ϕ ：振動子径である。

図-4 に振動子中心間隔 L を用いた走時関係を示す。この走時関係は点発振・受振による走時直線に漸近するはずであるが、ほぼ直線になっており、原点は通っていない。これは弾性波速度 V_0 に対応する伝播距離は

表-1 コンクリートの使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント(W/C=80、60、40%) 密度=3.16g/cm ³ シリカフェームセメント(W/C=20%) 密度=3.08g/cm ³
細骨材	野洲川産川砂 表乾密度=2.60g/cm ³ F.M=2.92 吸水率=1.63% 単位容積質量=1.70kg/l
粗骨材	高槻硬質砂岩碎石 表乾密度=2.68g/cm ³ F.M=7.03 吸水率=0.66% 単位容積質量=1.58kg/l MS=20mm

表-2 示方配合

粗骨材 最大寸 法(mm)	スランプ スランプ ローの範 囲(cm)	空気量 の範囲 (%)	水セメ ント比 W/C (%)	細骨材 率S/a (%)	単位量(kg/m ³)				混和剤(cc/m ³)		
					水W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G	AE減水 剤(cc)	AE助剤 (cc)	高性能AE 減水剤 (cc)
20	9±1	5±1	80	51.4	182	228	930	907	570	912	
			60	47.4	178	297	836	956	743	1188	
			40	43.4	174	435	720	968	1088	1740	
	60±5	1.2±1	20	37.8	151	755	580	984			

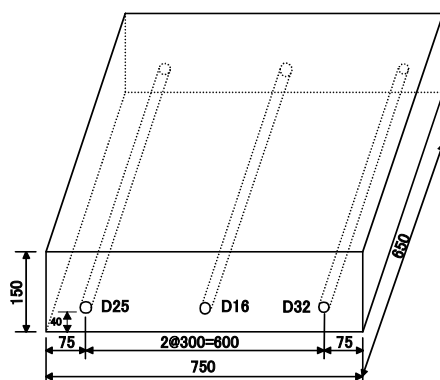


図-1 RC 供試体

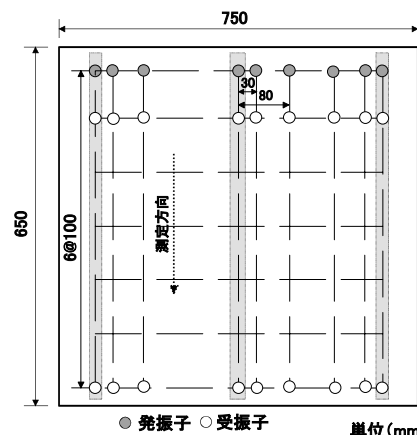


図-2 表面法の測定方法

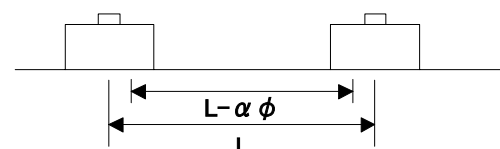


図-3 伝播距離の概要図

キーワード 超音波法, 表面法, 弾性波速度, 鉄筋の影響

連絡先 〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1 立命館大学 TEL 077-566-1111

Lではなく、 $L-\angle L$ になるためであり、弾性波速度 V_0 は次式で与えられる。

$$V_0 = (L - \angle L) / t \quad (2)$$

$$\text{式(1), (2)より} \quad \alpha = \angle L / \phi \quad (3)$$

以下、式(3)の α を式(1)に用いて弾性波速度 V_0 を求めた。

図-5 に水セメント比による弾性波速度 V_0 を示す。振動子中心間距離 $L=200\text{mm}$ 以上は弾性波速度がほぼ一定であり、伝播距離による変化をほとんど受けていないが、 $L=100\text{mm}$ での弾性波速度はばらついている。これは測定誤差のためと考えられる。さらに、補正係数 α は水セメント比によって異なっている。図-6 に $W/C=60\%$ 、D25 からの水平距離による振動子中心間距離 L の走時関係および表-3 にその一次近似式と寄与率 R^2 を示す。 $L=300\text{mm}$ 程度から水平距離 150mm と比較して 0mm （鉄筋直上）および 30mm の伝播時間が短くなっている。これはコンクリートの弾性波速度が鉄筋の影響を受けたためと考えられ、一次近似式および補正係数 α は変化し、 R^2 値も小さくなっている。また、弾性波速度は水平距離 0mm （鉄筋直上）および 150mm が 4770m/s および 4240m/s であり、鉄筋がコンクリートの弾性波速度に影響すると、弾性波速度が速くなる。鉄筋がコンクリートの弾性波速度測定値に影響を及ぼすと、振動子中心間距離を用いた走時関係から求めた補正係数 α が減少し、一次近似式の勾配が小さくなるため、鉄筋の影響を判断することが可能と考えられるが、さらに検討が必要である。

表-3 一次近似式と R^2 値 ($W/C=60\%$, D25)

水平距離(mm)	近似式	R^2 値	α
0(鉄筋直上)	$t=0.210L-0.84$	0.9974	0.08
30	$t=0.211L-1.97$	0.9973	0.187
80	$t=0.238L-6.28$	0.9999	0.528
150	$t=0.236L-6.77$	0.9999	0.574

表-3 の水平距離 150mm での補正係数 α を用いて算出し

た弾性波速度 V_0 を図-7 に示す。水平距離 $0, 30\text{mm}$ は $L=300\text{mm}$ 程度から鉄筋の影響により弾性波速度 V_0 が増大しているが、水平距離 80mm は伝播距離に係わらず弾性波速度 V_0 が増大していない。これは水セメント比および鉄筋径が変化してもほぼ同様な傾向が得られた。このことから、弾性波速度 V_0 を用いることでコンクリートの弾性波速度測定値に及ぼす鉄筋の影響の有無を確認することが可能だと考えられる。

4. まとめ

1. 構造物が異なると補正係数 α も変化し、 α を用いて算出した弾性波速度 V_0 は測定距離にかかわらずほぼ一定になる。
2. 補正係数 α を用いて算出した弾性波速度 V_0 の変化から、鉄筋の影響の有無を判明することができる。

『参考文献』

- 1) 平田隆洋・魚本健人：超音波法によるコンクリートのひび割れ深さ測定における探触子の影響，第 54 回セメント技術大会講演要旨 2000，pp.160-161

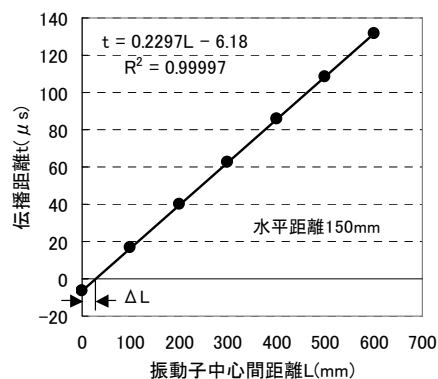


図-4 振動子中心間隔を用いた走時関係例 ($W/C=40\%$)

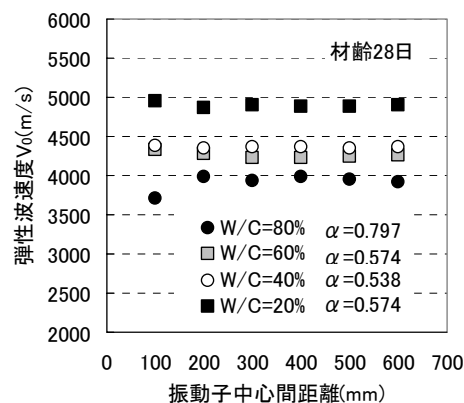


図-5 配合別の弾性波速度 V_0

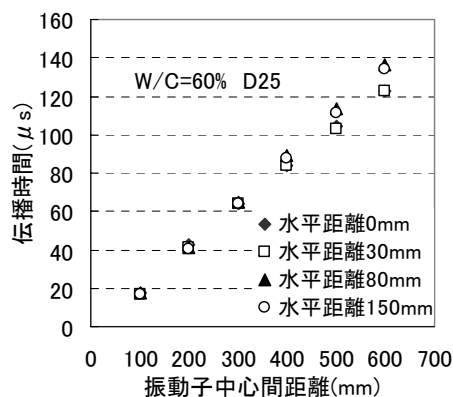


図-6 水平距離による振動子中心間距離と伝播時間の関係例

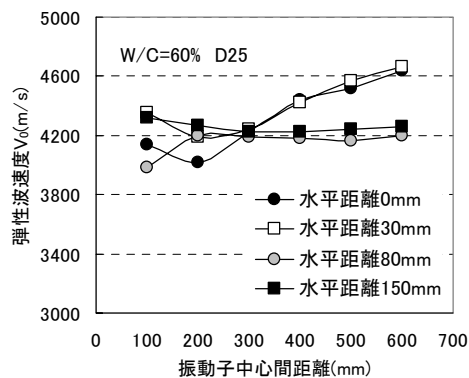


図-7 水平距離による弾性波速度 V_0