

第V部門

表面法によるコンクリートの弾性波伝播速度に及ぼす鋼材の影響

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

1.はじめに

本研究では、鉄筋コンクリート構造物の超音波伝播速度を測定する際の鋼材部分の伝播速度がコンクリートの伝播速度に及ぼす影響について取り上げ、表面法で検討した。表面法で伝播速度を測定する場合、面発振・面受振の影響が大きく、正確な弾性波伝播速度を測定することが困難である。そこで、走時関係が原点を通るように補正した実質的伝播距離を用いて、コンクリートの弾性波伝播速度に及ぼす鋼材の影響について検討を行った。

2.実験概要

表1にコンクリートの材料を示す。配合は水セメント比70%、50%、30%とし、図1に供試体の形状、寸法を示す。鉄筋はD29、D19およびD22を用い、全てかぶり30mmで配置させた。材齢1日で脱型、3日間の散水養生後、所定材齢(7、28、91日)の測定まで水中養生とした。

弾性波伝播時間の測定は、受振波観察方式で行い、印加電圧1200V、放電時間 $0.5\mu\text{s}$ とした。振動子はPZT-7を用いた共振振動数200kHzの変位振動子(直径50mm)を使用した。供試体底面において、鉄筋直上、鉄筋直上から水平方向に40、85、150mmの測定線(測定線から鉄筋までの最短距離a30、50、90、155mm)上で、振動子中心間距離を75～600mmで受振子を25mmずつ移動して測定した。

3.実験結果

図2に、コンクリート供試体で鉄筋の影響を受けていない測線(a=155mm)上で測定した水セメント比70%の場合の走時関係を示す。走時関係は、十分な線形関係を有しているが、原点は通っていない。点発振・点受振による走時関係は、通常原点を通る。しかし、面発振・面受振の影響により、伝播距離を中心間とすると x_1 だけ長く、前端間とすると x_2 だけ短く設定したものと考えられ、実質的伝播距離 l_0 は次式で与えられる。

$$\begin{aligned} l_0 &= l_1 - x_1 = l_2 + x_2 \\ &= l_1 - \alpha \phi = l_2 + (1 - \alpha) \phi \end{aligned} \quad (1)$$

ここに、 l_1 : 振動子中心間距離、 l_2 : 振動子前端間距離、 x_1 、 x_2 : l_1 、 l_2 で測定した走時関係の $t=0$ での x 座標の絶対値、 ϕ : 振動子直径、 α : 補正係数

α は伝播時間測定時の設定距離によって定まる補正係数で、次式で与えられる。

$$\begin{aligned} \alpha &= x_1 / \phi \quad (l_1 \text{ による測定}) \\ &= 1 - x_2 / \phi \quad (l_2 \text{ による測定}) \end{aligned} \quad (2)$$

表1 コンクリートの材料

セメント	普通ポルトランドセメント
細骨材	野洲川産川砂 表乾密度=2.60g/cm ³ 、吸水率1.63%、粗粒率2.92
粗骨材	高槻産硬質砂岩碎石 表乾密度=2.68g/cm ³ 、吸水率0.66%、MS=20mm
AE減水剤	リグニンスルホン酸化合物ポリオール複合体
AE助剤	アリキラルスルホン酸化合物系イオン界面活性剤
高性能AE助剤	カルボキシル基含有ポリエーテル系

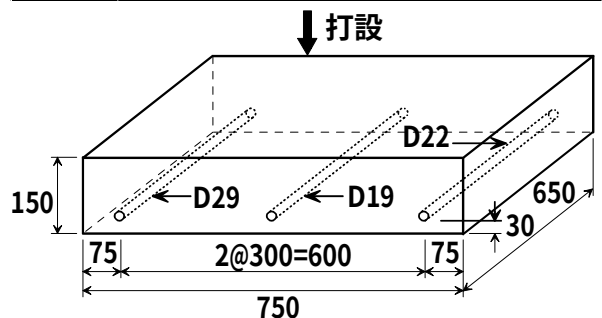


図1 RC供試体の形状、寸法

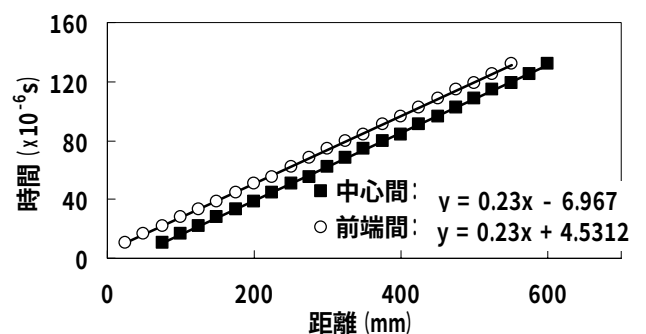


図2 走時関係(W/C=70%、材齢28日)

図3に水セメント比70%、D25における各測線上の走時関係を示す。走時関係はいずれの場合でも十分な線形関係を有しているが、走時関係からは鉄筋の影響の有無を判断することは困難である。

図4に式(1)を用いて算出した各測線での伝播速度を示す。鉄筋の影響を受けないと考えられる $a=90$ 、 155mm においては距離の変化に関わらず、伝播速度はほぼ一定である。一方、 $a=30$ 、 50mm では、鉄筋の影響を受けた走時関係から得られた補正係数を用いたために、距離の変化とともに大きな速度変動が生じたと考えられる。

図5に $a=155\text{mm}$ での走時関係から得られる補正係数で算出した各測線での伝播速度分布を示す。 $a=30\text{mm}$ においては $l_1=300\text{mm}$ から、 50mm においては $l_1=350\text{mm}$ から伝播速度が増大しており、鉄筋の影響を受けていると考えられる。また、最短距離 a が小さいほど、鉄筋の影響を受けやすいと考えられる。

図6に式(1)を用いて算出した水セメント比70%、30%における伝播速度分布を示す。水セメント比70%においては、 $l_1=300\text{mm}$ から、伝播速度が増大しており、鉄筋の影響を受けていると考えられる。一方、水セメント比30%においては、距離の変化に関わらず、伝播速度はほぼ一定となり、鉄筋の影響を受けていないと考えられる。従って、水セメント比が大きくなるほど、鉄筋の影響を受けやすいと考えられる。

測線に平行な鉄筋が存在する場合、鉄筋の影響を受けずに測定される伝播時間 t_1 、鉄筋の影響を受けて測定される伝播時間 t_2 は次式で与えられる。

$$t_1 = L/V_c \quad (3)$$

$$t_2 = \frac{L-2x}{V_e} + \frac{2\sqrt{x^2+a^2}}{V_c} \quad (4)$$

$$t_{2\min} = \frac{1}{V_c} \left(\gamma L + 2a\sqrt{1-\gamma^2} \right) \quad (5)$$

ここで、 V_c ：鋼材の影響を受けていないコンクリートの弾性波速度、 V_e ：鋼材位置を伝播する弾性波速度、 γ ： V_c/V_e

表2に、式(3)、(5)を用いて算出した鉄筋の影響範囲 $l_{\min}$ を示す。実測値と同様に、最短距離 a が大きくなるほど、水セメント比が小さくなるほど、鉄筋の影響範囲は大きくなっている。

4.まとめ

表面法での走時関係が原点を通るように補正した実質的伝播距離を用いると距離に影響されないコンクリートの弾性波速度を求めることが可能である。さらに、コンクリートの弾性波伝播速度に及ぼす鉄筋の影響を判別することが可能である。

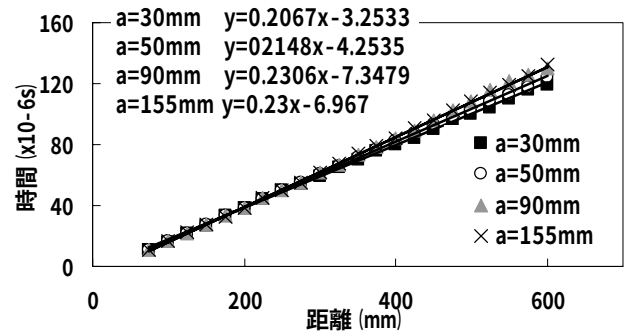


図3 各測線上の走時関係 (W/C=70%、D22)

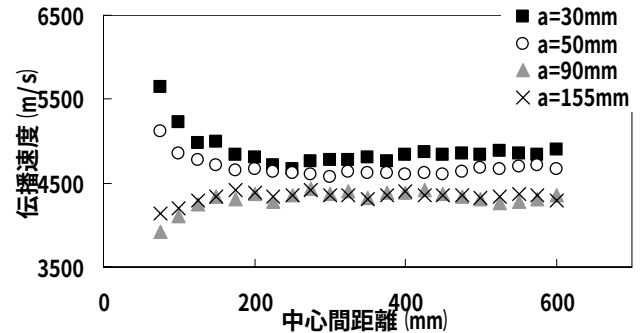


図4 各測線の補正係数を用いた場合の速度分布

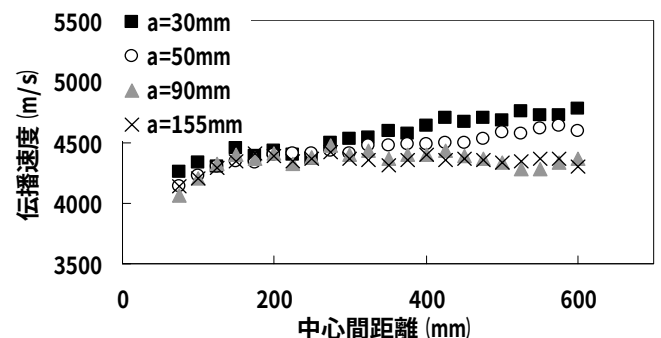


図5 $a=155\text{mm}$ の補正係数を用いた場合の速度分布

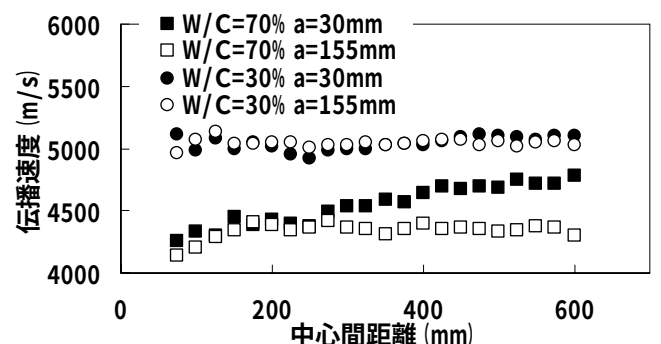


図6 水セメント比70%、30%による伝播速度の比較

表2 鉄筋の影響範囲(材齢28日)

W/C	コンクリート	弾性波速度 (m/s)				鉄筋の影響範囲 $l_{\min}$ (mm)		
		鉄筋位置			a (mm)	D29	D19	D22
		D29	D19	D22				
0.7	4290	5250	4850	5000	30	85	114	100
					50	142	190	167
					90	255	341	301
0.5	4670	5340	5080	5210	30	108	140	121
					50	180	234	202
					90	325	420	364
0.3	5040	5360	5150	5200	30	166	286	236
					50	276	476	394
					90	497	857	709