

表面法によるコンクリートの弾性波伝播速度測定に関する一提案

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. まえがき

コンクリートの品質あるいは強度判定のための非破壊試験として、超音波法の適応範囲は極めて広く、各方面で利用されている。しかし、表面法で測定する場合、特に鉄筋の影響を受ける場合、またコンクリートの品質が均一でない場合、正確な弾性波伝播速度を測定することが困難である。本研究では、表面法における面発振・面受振の影響および鉄筋がコンクリートの弾性波伝播速度に及ぼす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D32、D16およびD25を用い、全てかぶり30mmで配置した。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0.5μs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30、50、90、155mm）上で、振動子中心間距離を75～600mmで受振子を25mm間隔で移動し測定した。

3. 実験結果および考察

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（ $a=155\text{mm}$ ）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 だけ短く設定したと考えられ、実質的伝播距離 l_0 は次式で与えられる。

$$l_0 = l_1 - x_1 = l_2 + x_2$$

$$= l_1 - \alpha \phi = l_2 + (1 - \alpha) \phi \quad (1)$$

ここに、 l_1 ：中心間距離、 l_2 ：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 ：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。

$$\alpha = x_1 / \phi \quad (l_1 \text{ による測定})$$

$$= 1 - x_2 / \phi \quad (l_2 \text{ による測定}) \quad (2)$$

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	高槻産硬質砂岩砕石 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

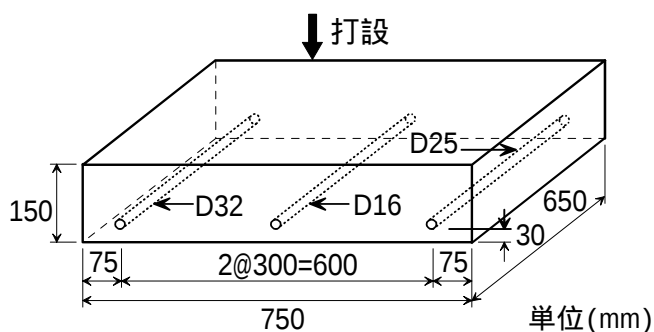


図1 RC 供試体の形状、寸法

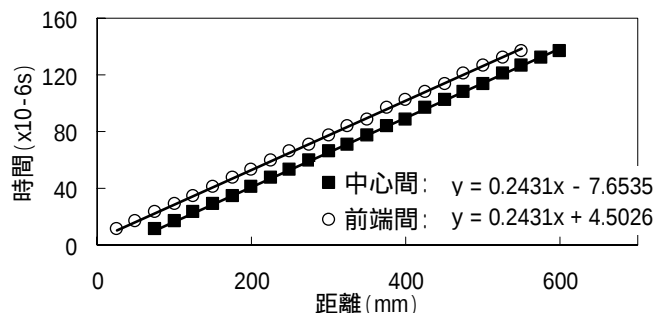


図2 走時関係（W/C=70%、材齢28日）

キーワード 超音波法 表面法 鋼材の影響 弾性波伝播速度 面発振・面受振

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

図3に式(1)の伝播距離を用いて算出した各水セメント比の伝播速度を示す。中心間距離175mm 以上の場合では距離の変化に関わらずほぼ一定となるが、中心間距離150mm 以下の場合では、大きな速度変動が見られる。これは、超音波発振時のノイズの影響により、正確な伝播時間の測定が困難であることが影響していると考えられる。

図4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5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、距離の変化とともに大きな速度変動が生じた。

図6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 $a=90$ 、 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ため、鉄筋の影響を受けていないと考えられる。

尚、本研究で鉄筋の影響を受けない $a=30\text{mm}$ の測線上($l_1=75 \sim 275\text{mm}$)および $a=50\text{mm}$ の測線上($l_1=75 \sim 325\text{mm}$)での走時関係から得られる補正係数を用いて伝播速度を算出すると、図6の場合と同様に、鉄筋の影響を確認することができた。

4. まとめ

- (1) 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、コンクリートの伝播速度に及ぼす鉄筋の影響を識別することが可能である。
- (2) 鉄筋の影響を受けない位置の走時関係から得られた補正係数を用いれば、鉄筋の影響範囲を判別することが可能である。

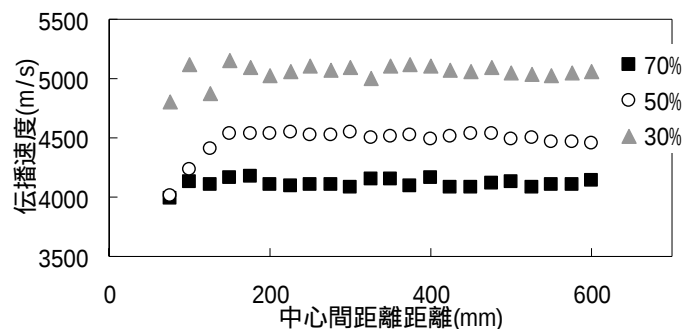


図3 各水セメント比の伝播速度分布（材齢28日）

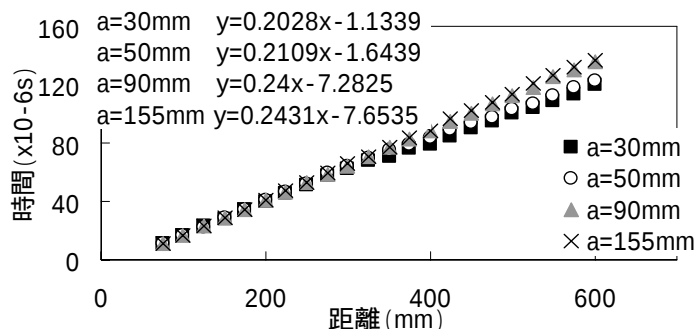


図4 各測線上の走時関係（W/C=70%、D25）

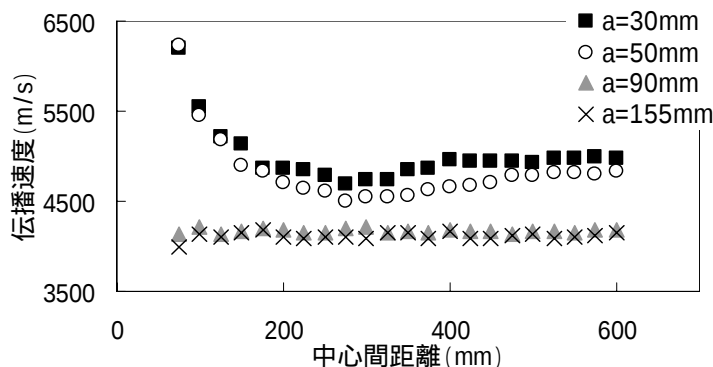


図5 各測線の補正係数を用いた場合の速度分布

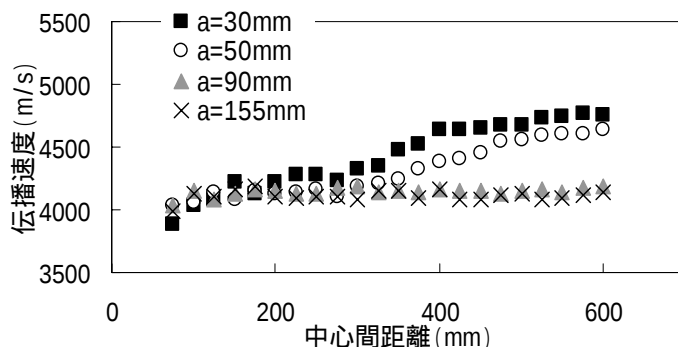


図6 $a=155\text{mm}$ の補正係数を用いた場合の速度分布