

第 部門 ひび割れ深さ測定における振動子間距離の設定方法

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、表面法による面発振・面受振の影響を検討するとともに、ひび割れがコンクリートの弾性波伝播速度に及ぼす影響および Tc-To 法によるひび割れ深さ測定精度について検討を行った。また、鉄筋近傍に発生しているひび割れ深さ測定についても検討を行った。

2. 実験概要

表 1 にコンクリートの使用材料、図 1 に作成した RC ひび割れ供試体の形状、寸法を示す。コンクリートの品質による影響を調べるため、水セメント比は、70%、50%、30%の3種類とした。ひび割れ深さは50、100mmの2種類とし、D25、D16をかぶり30mmで配置した。人工ひび割れは、型枠の側面および底面に塩化ビニル板を設置し、厚さ1.6mmの鉄板を固定して作製した。材齢1日で脱型、3日間の散水養生後、所定材齢(7, 28日)の測定まで気中養生とした。

弾性波伝播時間の測定は、受振波観察方式で行い、振動子は共振振動数 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 $c=30, 50, 90, 153\text{mm}$)上で、ひび割れ位置から発・受振子がそれぞれ等距離になるように 25mm 間隔で移動させる方法測定した。

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ない測線($c=153\text{mm}$)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(相関係数 0.999)が、原点は通っていない。点発振・点受振による走時関係は、通常原点を通ることから、中心間あるいは前端間で測定した走時関係が原点を通るように修正して伝播距離を算出した。修正伝播距離 l_0 は、次式で与えられる。

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

$$= l_1 - \frac{d}{2} = l_2 + (1 - \frac{d}{2}) \quad (1)$$

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、 d : 振動子直径、 α : 補正係数

表 1 使用材料とその特性

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% 、 $F.M=2.92$
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% 、 $MS=20\text{mm}$
AE減水剤	リゲニンスルホン酸化合物ポリオール複合体
AE助剤	アリキルアリ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

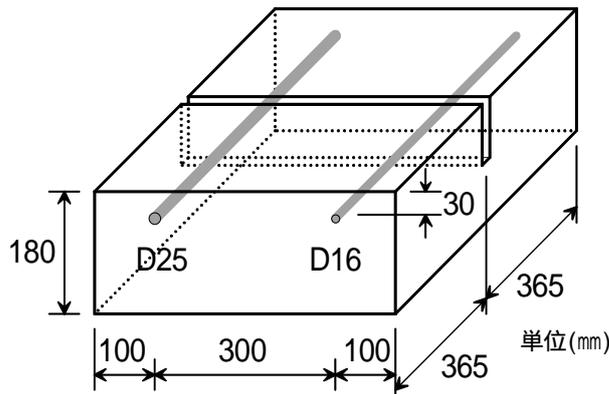


図 1 RC ひび割れ供試体

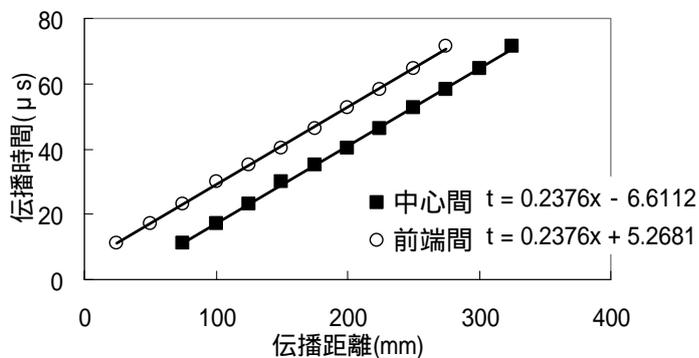


図 2 走時関係(W/C=70%, 材齢 28 日)

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。

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

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

図3に修正伝播距離 l_0 を用いて算出した弾性波速度(材齢28日)の一例を示す。弾性波伝播速度は、距離の変化に関わらずほぼ一定となった。

図4に振動子中心間距離を用いた場合によるひび割れ深さ(材齢28日)、図5に修正伝播距離を用いた場合のひび割れ深さ(材齢28日)を示す。図中の破線は、実際のひび割れ深さである。振動子中心間距離を用いた場合、ひび割れから振動子中心までの距離が長くなるとともに、実際のひび割れ深さに近い値となっている。これは、面発振・面受振の影響により、伝播距離が短いほど弾性波速度が見掛け上速くなることが影響していると考えられる。従って、面発振、面受振の影響を除去した修正伝播距離を用いた場合、ひび割れから振動子中心までの距離の変化に関わらず、実際のひび割れ深さに近い値となっていると考えられる。

図6に鉄筋近傍におけるひび割れ深さ測定結果(W/C=50%, D25, 材齢28日)を示す。鉄筋の影響を受けていると考えられる $c=50, 30\text{mm}$ においては、実際のひび割れ深さよりも、短く測定されており、鉄筋から振動子までの最短距離に近い値となっている。また、ひび割れから振動子までの距離が長くなるとともに、測定値が浅くなっており、 $c=30\text{mm}$ においては、ひび割れから振動子までの距離が200mmの場合、算出結果が虚数になった。これは、 T_c-T_0 法を用いてひび割れ深さを測定する場合、ひび割れ先端を回折する伝播時間 T_c が鉄筋の影響を受けることで、健全部分の伝播時間 T_0 より短く測定されるため、測定結果が、実際のひび割れ深さよりも浅く測定あるいは計算結果が虚数となる。従って、同一測定線上において、ひび割れから振動子までの距離を変化させることで、鉄筋の影響の有無を識別することができると思われる。

4.まとめ

- (1)表面法での走時関係が原点を通るように修正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。
- (2)ひび割れ深さの測定においても、修正伝播距離を用いることで、精度の高いひび割れ深さ測定が可能である。
- (3)ひび割れから振動子までの距離を変化させることで、鉄筋の影響の有無を識別することが可能である。

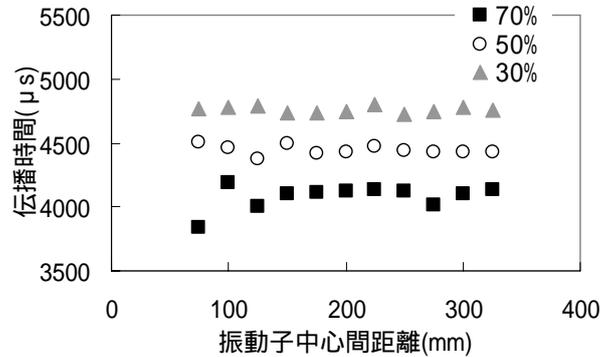


図3 各水セメント比の伝播速度分布 (材齢28日)

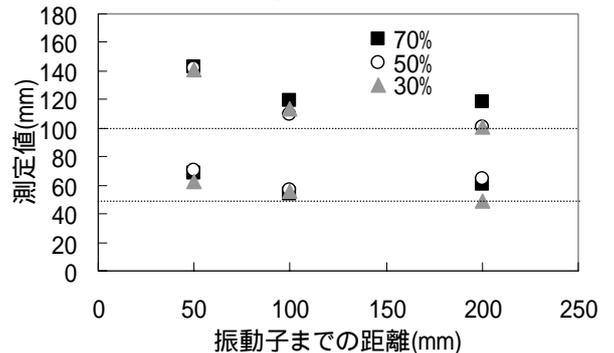


図4 ひび割れ深さ測定結果 (材齢28日, 振動子中心間距離)

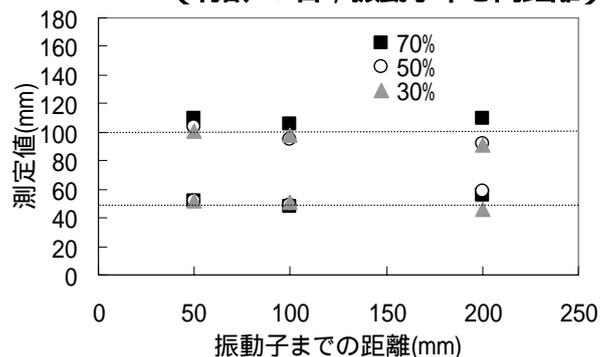


図5 ひび割れ深さ測定結果 (材齢28日, 修正伝播距離)

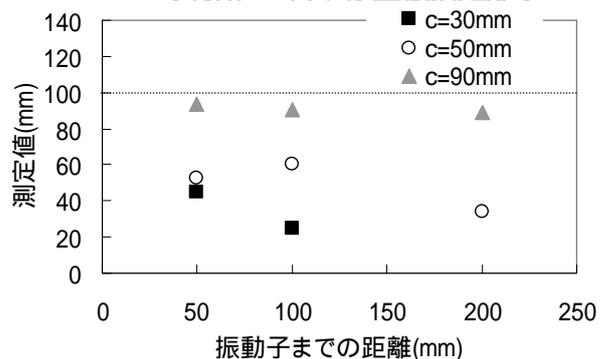


図6 鉄筋近傍におけるひび割れ深さ測定結果 (W/C=50%, D25, 材齢28日)