

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

1. はじめに

近年、超音波法による非破壊検査では、主に透過法について研究が進められているが、コンクリート構造物においては透過法を用いることができるケースは限られており、より幅広く活用できる表面法についての研究が望まれている。しかし、発振子面が対向した透過法では、伝播距離の設定は容易であるが、表面法では正確な振動子間距離を設定することが問題となる。本研究では、表面法における適切な振動子間距離の決定方法についての検討を行った。また、RC 構造物において、コンクリートの品質や鋼材径が表面法による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

コンクリートの使用材料を表 1、示方配合を表 2 に示す。水セメント比 $W/C=83.3\%$ ($C/W=1.2$)、60%および 40%のコンクリートには普通ポルトランドセメント、 $W/C=20\%$ にはシリカフュームセメントを使用した。また、鋼材は異形棒鋼 D29、D25、D16 および D13 (SD345) を使用した。

供試体は図 1 に示す $200 \times 1100 \times 380\text{mm}$ の RC モデル供試体とした。測定は $380 \times 1100\text{mm}$ 面の鉄筋直上で行った。また、測定は鉄筋の影響を受ける中心かぶり 40mm と影響を受けない 160mm について行った。圧電体への印加電圧 1200V、放電時間 $0.5\mu\text{s}$ の装置を用い、伝播時間は JCI 規準：超音波パルス伝播速度の標準測定方法（試案）に準拠して測定した。振動子は直径 50mm の変位振動子を使用し、図 2 に示すように配置して、振動子中心間距離 100mm から 500mm まで 100mm 間隔で測定を行った。なお、透過法による伝播速度は $100 \times 100 \times 400\text{mm}$ 供試体を用いて測定した。全ての測定は材齢 91 日以上で行った。

3. 実験結果および考察

図 3 に伝播速度測定結果の一例 ($W/C=40\%$ 、中心かぶり 160mm 面の D25 直上) を示す。伝播速度は、振動子間距離を中心間とすると、距離の増大と共に低下し、前端間を採用すると増加し、いずれの場合も一定値に収束する傾向がある。すなわち、実際の弾性波伝播距離は図 4 に示すように中心間と前端間の間にあると考えられ、補正が必要である。本研究では、供試体高さが一定であればコンクリートの品質すなわち伝播速度は一定であると仮定し、次式で伝播速度を算出した。

表 1 使用材料

セメント	普通ポルトランドセメント 密度: 3.15g/cm^3 シリカフュームセメント 密度: 3.08g/cm^3 (高強度用)
細骨材	野洲川産川砂 表乾密度: 2.62g/cm^3 吸水率: 1.17% F.M.: 2.72 単位容積質量 1.67kg/g
粗骨材	高強度硬質砂岩砕石 表乾密度: 2.7g/cm^3 吸水率: 0.65% F.M.: 6.80 単位容積質量 1.58kg/g

表 2 コンクリートの示方配合

粗骨材 最大寸 法(mm)	スランブ スランブ ロー(mm)	空気量 (%)	W/C (%)	S/a (%)	単位量(kg/m^3)			混和剤(cc/m^3)		
					水	セメント	細骨材	粗骨材	AE減水剤	AE助剤
20	9±1	5±1	83.3	51.1	190	228	921	908	570	912
20	9±1	5±1	60	46.4	182	303	817	973	758	1212
20	9±1	5±1	40	44.8	149	373	802	1018	-	-
20	60±10	12±0.5	20	38.35	152	760	592	981	-	-

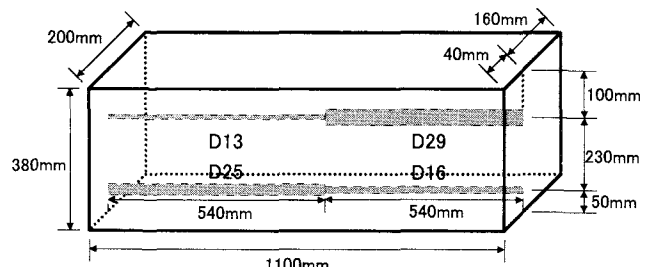


図 1 RC 供試体

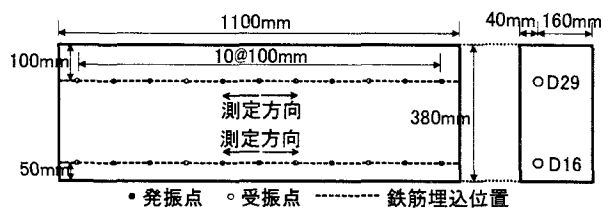


図 2 RC 供試体の測定点

$$V=(L-\alpha \cdot \phi) / t$$

(1)

ここに、 L ：振動子中心間距離、 α ：補正係数、 ϕ ：振動子直径、 t ：弾性波伝播時間

α を中心間距離 100mm と 200mm での速度が等しいとして算出し、各伝播距離での速度を求めたものが図 3 に示す補正 1 である。補正 2 は振動子中心間距離を種々変化させた場合も同じ速度が得られるとして α を算出し、その平均値を用いて求めた速度である。 α の算出方法についてはさらに検討が必要であるが、補正 2 が透過法による弾性波速度に近くなっている。

図 5 に補正 2 によって算出した伝播速度に及ぼす W/C の影響を示す。W/C が大きくなるとともに伝播速度は小さくなり、ほぼ一定している。

図 6 に中心かぶり 40mm 面の高さ 50mm で測定した補正 2 による伝播速度の変化を示す。W/C=20% の場合には速度変化はほとんどないが、他の供試体は伝播距離の増加と共に大きくなっている。W/C=20% のコンクリートの弾性波速度は 5180m/s であり、D25 位置の伝播速度にほぼ等しいために、鋼材の影響が現れないと考えられる。

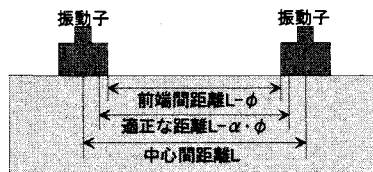


図 4 振動子間距離

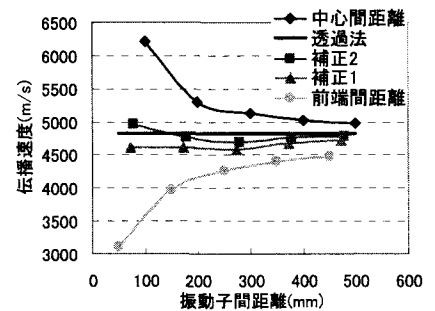


図 3 補正前後の速度(W/C=40%, D25)

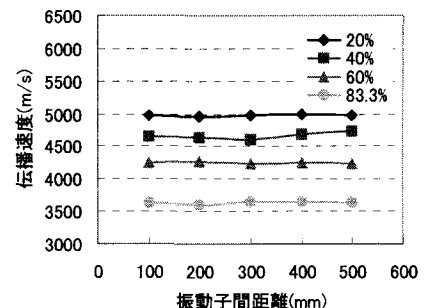


図 5 補正後の伝播速度(D25 直上)

図 7 に W/C=60% 供試体の中心かぶり 40mm 面で測定した補正 2 による伝播速度の変化を示す。どの鉄筋径においても距離の増加と共に速度は上昇している。すなわち、全てのコンクリートの鉄筋が弾性波速度に影響している。また、D29 は同じ供試体高さに配置した D13 に比べ、一様に伝播速度が大きくなっている。これは、D25 と D16 についても同様である。つまり、コンクリートの品質が一定であれば、鋼材はその直径が大きいほどコンクリートの弾性波伝播速度に及ぼす影響が大きくなる。

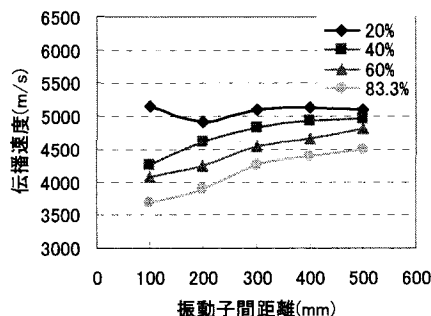


図 6 鉄筋の影響-1(D25 直上)

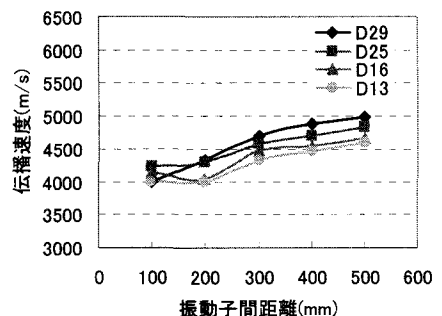


図 7 鉄筋の影響-2(W/C=60%)

4. 結論

本研究で得られた結果を以下の通り示す。

- (1) 表面法では、振動子間距離を中心間とすると、距離の増大と共に低下し、前端間を採用すると増加するが、補正を行うことにより、弾性波速度は透過法に近い一定な値となる。
- (2) 中心かぶり 40mm の場合には、鉄筋直上のコンクリートの弾性波速度は鉄筋の影響を受け、伝播距離の増加と共に大きくなっている。
- (3) コンクリートの品質が一定であれば、鋼材はその直径が大きいほどコンクリートの弾性波伝播速度に及ぼす影響が大きくなる。