

コンクリート版内の音速分布と強度の関係

建設省土木研究所 正会員 森濱 和正
(株) 東横エルメス 山口 哲夫

1. まえがき

コンクリート打設面はブリージングなどにより強度は小さく、内部ほど大きくなることが知られている。音速と強度の間には相関関係がある。そのため、打設面から超音波によって音速を求めようとすると、内部の強度が大きく音速の速い最速経路を伝播するものと考えられる。

内部の音速分布を仮定し、伝播時間の実測値を与えることにより、変分法によって最速経路が求められる。その最速経路を伝播する時間が実測値に最も近いときを求めることにより音速分布を決めることができる¹⁾ (以下、提案法)。この提案法による音速分布から内部の強度分布の推定ができないかどうか検討した。

2. 実験概要

厚さ 300mm, 幅 1200mm, 長さ 2500mm の版供試体を作成し、表面から長手方向とその直角方向で超音波伝播時間を測定した。

コンクリートは呼び強度 24, スランプ 8 cm, 空気量 4.5% のものを使用した。セメントには早強ポルトランドセメントを用いた。表-1 のとおり強度試験などを行った。割裂用の供試体は版供試体と同じように打ち込み、養生し、図-1 のように試験した。

表-1 品質管理試験

試験	試験体	養生	試験材齢	本数	試験項目
圧縮	φ10 ×20cm	水中 封かん 気中	1, 4, 13週 コア試験時 の4材齢	1回 当り 3本	含水率, 音速 圧縮強度 ヤング係数
割裂	φ10 ×30cm	気中	1, 4, 13週	2本	5cmピッチで 割裂, 含水率

3. コンクリートの含水率, 音速, 強度試験結果

材齢と圧縮強度, 養生方法の違いによる含水状態を図-2, 3に示す。養生により含水状態はかなり異なっているが, 気中養生の圧縮強度は, 乾燥による見かけ上の強度増加がわずかに見受けられる。

圧縮強度, 含水状態と音速の関係は図-4 のようになった。圧縮供試体の含水状態は, 図-5 (a) のようになっているものと考えられる。これを (b) のようにモデル化し, 内部の含水率一定の部分の音速は封かん養生と同じ音速とし, 外周部の乾燥部分の音

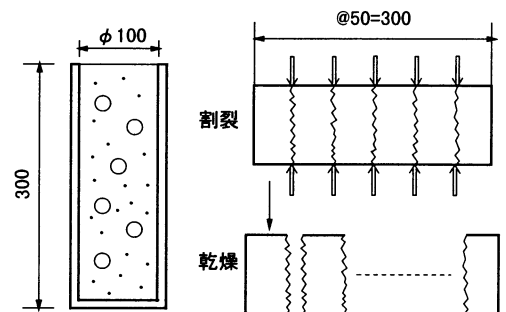


図-1 割裂強度, 含水率の求め方

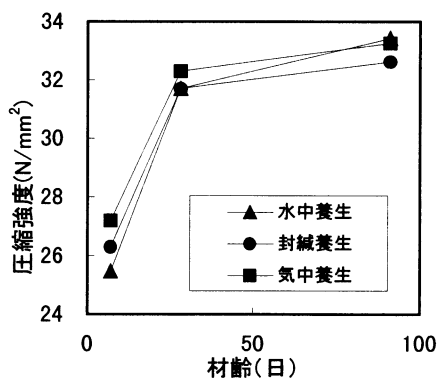


図-2 圧縮強度

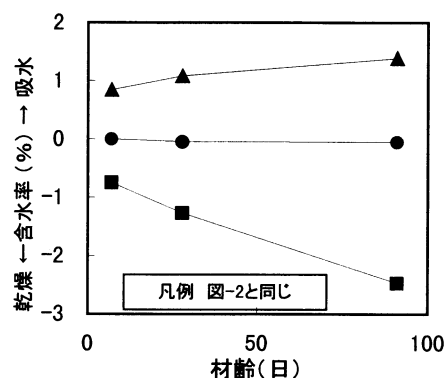


図-3 圧縮供試体の含水状態

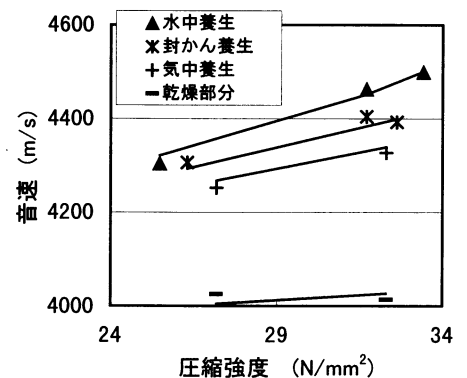


図-4 養生方法と圧縮強度, 音速の関係

キーワード: 超音波, コンクリート, 変分法, 音速分布, 含水率, 強度評価

連絡先: 建設省土木研究所コンクリート研究室 〒305-0804 茨城県つくば市旭 1 Tel. 0298-64-2211 Fax. 0298-64-4464

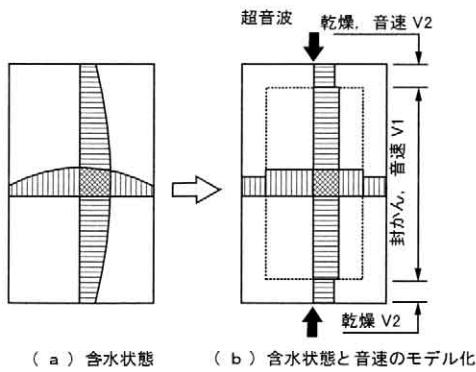


図-5 含水状態と音速分布

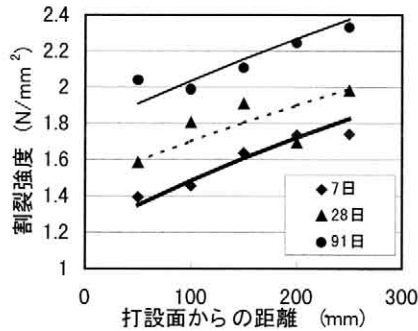


図-6 割裂強度分布

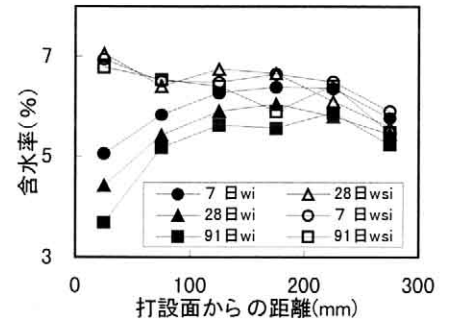


図-7 含水率分布

速 v_2 を求め、その結果も図-4に示した。回帰結果は次式のとおりである。

$$v = 18.9fc + 233w + 3794 \quad (1)$$

ここに、 v ：音速、 fc ：圧縮強度、 w ：含水率である。

打設面からの距離と割裂強度、含水率の関係は図-6、7のとおりである。図-7の w_i は試験材齢時の含水率であり、 $w_i = (\text{割裂直後の質量} - \text{乾燥質量}) / \text{飽和質量} \times 100 (\%)$ 、 w_{si} は飽和時の含水率であり $w_{si} = (\text{飽和質量} - \text{乾燥質量}) / \text{飽和質量} \times 100 (\%)$ である。

封かん養生の圧縮強度と割裂供試体中央の割裂強度の関係は図-8のようになった。回帰式(2)も図中に示す。

4. 提案法による音速分布と強度の関係

次に版供試体表面から測定した探触子間距離と伝播時間の関係を図-9に示す。図中の実線は提案法による解析結果である。音速分布は距離の1/2乗に比例するものと仮定した。一点鎖線は、解析結果の原点での接線である。実測値は探触子間距離が遠くなるほど接線より小さくなっており、打設面から深くなるほど音速が速くなっていることを示している。解析によって求めた内部の音速分布は、図-10の曲線のように内部ほど速くなっている。しかしながら、材齢の違いは明確ではない。

式(2)の ft に図-6の値を代入することによって内部の圧縮強度を、また、含水率 $= w_i - w_{si}$ を求め、これらの値を式(1)に代入することにより音速を推定した。その結果を示すと、図-10の記号のように提案法による解析結果とほぼ一致した。提案法により内部の強度分布の推定も可能と考えられる。

最後に、本研究は建設省土木研究所と(社)日本非破壊検査協会・鉄筋コンクリート構造物の非破壊検査特別研究委員会が中心となり、セメント協会、日本道路公団、超音波6社、電磁波5社、弾性波2社で実施している研究成果の一部である。

【参考文献】1) 森濱和正、笠井芳夫、山口哲夫：超音波によるコンクリート版内の最速経路の予測と版厚測定に関する研究、非破壊検査、Vol. 48, No. 5, pp. 294-302, 1999. 5

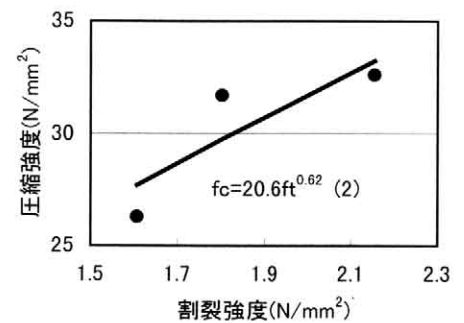


図-8 割裂強度と圧縮強度の関係

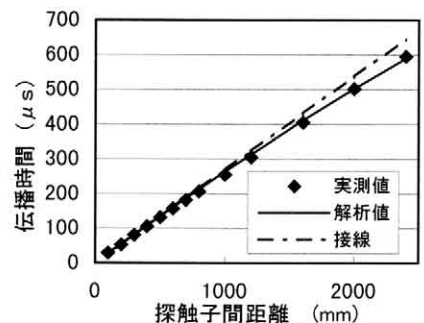


図-9 伝播時間の実測値と解析値の比較

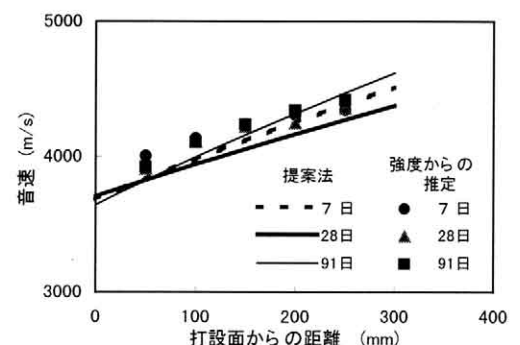


図-10 提案法による音速分布と強度から推定した音速の比較