

京都大学工学研究科 学生員 ○宮田 佳和
 京都大学工学研究科 正会員 石川 敏之
 京都大学工学研究科 正会員 服部 篤史
 京都大学工学研究科 正会員 河野 広隆

1. はじめに

近年、コンクリートに想定外の乾燥収縮が発生し、構造物に多数のひび割れが生じたという事例が報告されている¹⁾。このため、土木学会では設計で考慮するコンクリートの収縮率の見直しを行った。一方、日本建築学会でも、2009年制定版 JASS5 において、計画供用期間の級が長期または超長期の構造物に用いるコンクリートを対象として、収縮率を 800×10^{-6} 以下とする基準値が設けられた。これにより、生コン工場がその対応に追われているが、現在その対応方法などが定まっていないため、混乱が生じている²⁾。

近年の研究では粒の状態の粗骨材の動弾性係数を超音波伝播速度から導いたところ、その動弾性係数とコンクリートの収縮率がよい相関関係を示すということが分かっている³⁾。

以上より、本研究の目的は、超音波を用いて動弾性係数を測定する方法が、大きな乾燥収縮をもたらす粗骨材のスクリーニング法として採用できるか、また試験法として採用するために、実験方法についての考慮すべき項目を検討することである。

2. 粗骨材の動弾性係数とコンクリートの収縮量の関係

超音波を用いて測定した粒の状態の粗骨材の弾性係数を、コンクリートの収縮量の指標とすることの妥当性を検討する。

2.1 試験方法

使用した骨材は予め同一条件の下、JIS A 1129 により長さ変化試験が行われた 25 種である。

粗骨材一粒ずつを超音波法により超音波伝播速度を測定し、その値から動弾性係数を導いた。1 種類の骨材につき任意に選んだ表乾状態の 100 粒を測定し、動

弾性係数を導き平均値をとることで、その骨材の動弾性係数とした。

2.2 結果

図 1 に骨材一粒ずつの超音波伝播速度を計測し導いた動弾性係数と、使用したコンクリートの収縮量との関係を示す。

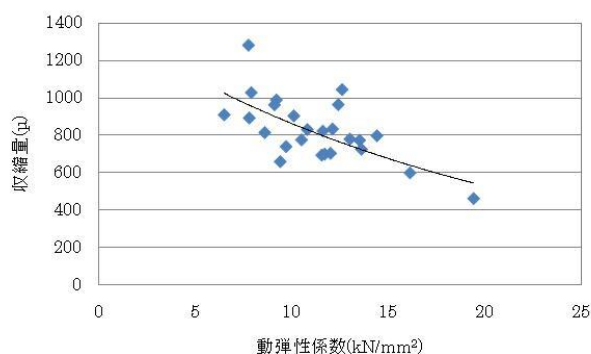


図 1 動弾性係数と収縮量の関係

図 1 から、骨材の動弾性係数が大きくなるほどコンクリートの収縮量は小さくなっているという関係が見られる。そのため、超音波を用いて測定した粒の状態の粗骨材の動弾性係数はコンクリート収縮量の指標にできると考えられる。

3. 試験方法における検討項目

3.1 測定する骨材の個数

下記の式(1)を用いる。

$$n \geq \left(\frac{Z_{\alpha/2} \sigma_0}{\delta} \right)^2 \quad \text{式(1)}$$

ここで Z_p は標準正規分布の上側 100P%点であり、信頼度 95%とした場合の Z_p は 1.96 となる。 σ_0 は標準

偏差であるが、今回使用した骨材の中で最も大きな値を示した骨材の標準偏差は 2.03kN/mm^2 であったためこの値を用いることとする。また、 δ は誤差であるが、通常、コンクリートの収縮量は $x \times 10^{-4}$ という形で有効数字 1 ケタで求めるため、誤差として $\pm 50 \times 10^{-6}$ は許容範囲内である。図 1 の近似式より、収縮の値が $\pm 50 \times 10^{-6}$ の範囲で変化するとき、動弾性係数は最も変化の少ない個所では $\pm 1.00\text{kN/mm}^2$ の範囲で変化するため、誤差は 1.00kN/mm^2 とする。以上の値を用いると、測定する必要がある最低の個数は 18 個となるため、本研究では 20 個測定することを提案する。また、20 個の値を平均する際には、外れ値を含む影響が大きくなる可能性があるため、値の上下 2 個ずつを除いて平均するのが良い。

2. で測定した 100 粒の平均と、そこからランダムに 20 個選び出し、上記の方法で平均したものは同様の傾向を示した。

3.2 その他の項目

今回使用した骨材のうち、最も収縮の大きかったシューパロと、最も収縮の小さかった石灰 L を用い、それぞれ表乾と絶乾の状態に 20 個ずつ超音波伝播速度を測定し、値の上下 2 個を除いて平均をしたものの比較を図 2 に示す。

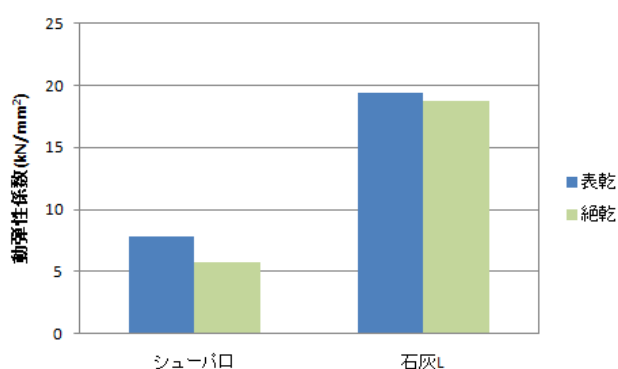


図 2 骨材の水分状態による比較

図 2 より、表乾状態の方が絶乾状態よりも動弾性係数が大きくなっていることが分かる。超音波は性質上、水中は伝わるが空隙を伝わることはないため、絶乾の方が伝播時間が長くなり、動弾性係数の値が小さくなったと考えられる。

このため、測定時の骨材の水部状態は統一した方が良く考えられる。そしてその際には、表乾は絶乾と

異なり特別な道具が必要とされないため、表乾状態に統一するのが適当だと考えられる。

4. 結論

本研究の結果から得られた結論は以下の通りである。

1. 粒の状態の粗骨材の動弾性係数とコンクリートの収縮率には相関関係があることが分かり、動弾性係数をコンクリート収縮量の指標にできることが分かった。
2. 測定すべき個数は 20 粒であり、その値を平均する際には、値の上下 2 個ずつをカットした 16 個の平均を用いるとよい。また、測定の対象とする骨材は表乾状態のものを用いるのがよいと考えられる。
3. 実験条件のわずかな違いにより測定結果がばらつくという問題があり、測定データの量も少ない。そのため、今後は測定によるばらつきを極力小さくしたうえで、データの蓄積に努めていかなければならない。

また、図 1 にも示す通り、本研究から得られた動弾性係数と収縮量の関係の近似曲線によれば、コンクリートの収縮量が 800μ を指す時の動弾性係数は 11.6kN/mm^2 であった。そして、3.1 によると、粗骨材を 20 粒測定した場合は 95% の確率で動弾性係数は誤差 $\pm 1.00\text{kN/mm}^2$ に収まることが分かった。したがって、本研究の提案する方法で測定し、得られた粗骨材の動弾性係数が 12.6kN/mm^2 以上である場合、97.5% の確率でその粗骨材の動弾性係数は 11.6kN/mm^2 以上、すなわち、その粗骨材を用いたコンクリートの収縮量は 800μ 以下になると判定することができる。

謝辞：本研究は科研費 21656111 の助成を受けたものである。また、本研究の実験で使用した骨材並びにその密度、吸水率、コンクリート収縮量のデータは土木研究所から提供を受けた。この場を借りて感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 土木学会：垂井高架橋損傷対策特別委員会中間報告書，2005.9
- 2) 日本コンクリート工学協会コンクリートの収縮問題検討委員会：コンクリートの収縮問題とその対応，2009.7
- 3) ヘンサルピソット，仲井亮平，服部篤史，河野広隆：土木学会年次学術講演会講演概要集，Vol.65，No.1，p567-568，2010