

コンクリート表面の炭酸化が表面走査法による超音波伝播速度に及ぼす影響

鳥取大学大学院連合農学研究科 生物環境科学専攻 学生会員 ○周藤 将司
鳥取大学農学部 生物資源環境学科 正会員 緒方 英彦
鳥取大学農学部 生物資源環境学科 正会員 兵頭 正浩

1. はじめに

表面走査法により測定される超音波伝播速度は、測定対象となるコンクリートの表面および表面近傍の状態の影響を強く受ける。超音波伝播速度の測定においては、超音波端子をコンクリートに接着する必要があるため、そのために接触媒質が用いられる。接触媒質にはグリース、グリセリンなどが挙げられるが、使用する接触媒質が超音波伝播速度に及ぼす影響については論じられていない。一方、コンクリートの表面近傍の品質を左右する現象としては炭酸化を挙げることができ、炭酸化はコンクリートを緻密なものにすることが既往の研究¹⁾から明らかになっている。また、著者らの既往の研究²⁾では、炭酸化の影響により若材齢の超音波伝播速度の値が回復することが確認されている。しかし、この結果は、若材齢のコンクリートによるものであり、炭酸化の影響のほかに水和反応の影響も含まれていた可能性がある。

本研究では、水和反応の影響を軽微なものにするために、材齢の進行したコンクリートを用いて炭酸化による超音波伝播速度の値の変化を検討した。同時に本研究では、接触媒質の違いによる超音波伝播速度の値の変化を炭酸化前後のコンクリートを用いて検討した。

2. 試験概要

本試験で使用するコンクリートの示方配合を表-1に示す。セメントは普通ポルトランドセメント（密度 3.15g/cm³）を、粗骨材（密度 2.60g/cm³、吸水率 1.62%、粗粒率 6.61）及び細骨材（密度 2.60g/cm³、吸水率 1.58%、粗粒率 1.83）は鳥取県産のものを使用した。なお、打設時のスランプは 6.8cm、空気量は 2.8%であった。作製したコンクリート供試体は、10×10×90cm の角柱供試体である。この寸法の供試体を作製した理由は、表面走査法を用いて超音波伝播速度を測定する際に端子間距離の延長によって生じる超音波伝播速度の値の変化を比較検討するためである。脱型後は気中養生を行い、材齢 91 日経過後に試験を開始した。

試験手順を以下に示す。試験では、まず供試体の長手方向を端子間距離として接触媒質を変えての直接法による超音波伝播速度を測定した。ここで用いた接触媒質は、一種三号グリース（以下、グリース）、グリセリンの 2 種類であり、合わせて無塗布の状態でも測定を行った。次に、供試体の打設面において表面走査法による超音波伝播速度を測定した。超音波伝播速度の測定は、発振子を固定し受振子との端子間距離を 10cm から 80cm まで 5cm ずつ変化させて行った。その際に用いた接触媒質は、直接法による測定時のものにシリコーンを追加した 3 種類であり、合わせて無塗布の状態でも測定を行った。その後、供試体を炭酸ガス（ドライアイス）と共に密閉容器内に封入して供試体の炭酸化を促進させた。本試験では炭酸化の影響を超音波測定面のみに限定するために、炭酸化促進の際には供試体の側面部を予めエポキシ樹脂によってシールした。炭酸化促進の程度は、供試体の端部を切断し、その切断片を用いてフェノールフタレイン法によって中性化深さを測定することで把握した。7 日毎に炭酸ガスを継足し、21 日経過後に中性化深さ 3.15mm となった状態で炭酸化後の超音波伝播速度を測定した。炭酸化後の超音波伝播速度の測定は表面走査法のみで行い、測

表-1 コンクリートの示方配合

目標 スランプ (cm)	水セメント比 (%)	目標空気量 (%)	細骨材率 (%)	単位量 (kg/m ³)			
				水 W	セメント C	細骨材 S	粗骨材 G
8	55	3.0	42.0	190	345	729	999

定方法および接触媒質は炭酸化前の測定時と同様である。なお、測定に用いた供試体本数は3本であり、結果はそれらの平均値によって示している。

表－2 直接法による超音波伝播速度

接触媒質	グリース	グリセリン	無塗布
超音波伝播速度 (km/s)	4.54	4.56	4.31

3. 試験結果と考察

3. 1 直接法における各種接触媒質を用いた超音波伝播速度

表－2 は、接触媒質にグリース、グリセリンを用いた場合と無塗布の場合における直接法の超音波伝播速度の測定値の結果である。本測定においては、接触媒質の違いによる影響はほとんど見られない。これは、超音波端子の接地面が供試体の端面で平坦面であったために端子の密着性が接触媒質の違いに関わらず十分に得られたためであると考えられる。

3. 2 炭酸化前後の超音波伝播速度の変化

図－1, 2 は、炭酸化前後の表面走査法による超音波伝播速度の測定値の結果である。炭酸化後の超音波伝播速度は、接触媒質の種類に関わらず値が増大していることが確認できる。ここで、各種接触媒質の炭酸化前後の値の有意差について危険率 5%で有意差検定を行った結果、グリース・シリコーン・無塗布については、有意差が確認された。これは、炭酸化の影響によりコンクリート表面の緻密化が図られ、超音波パルスが透過しやすい環境が作られた結果であると言える。

3. 3 接触媒質による超音波伝播速度の違い

接触媒質が超音波伝播速度に及ぼす影響は、表－

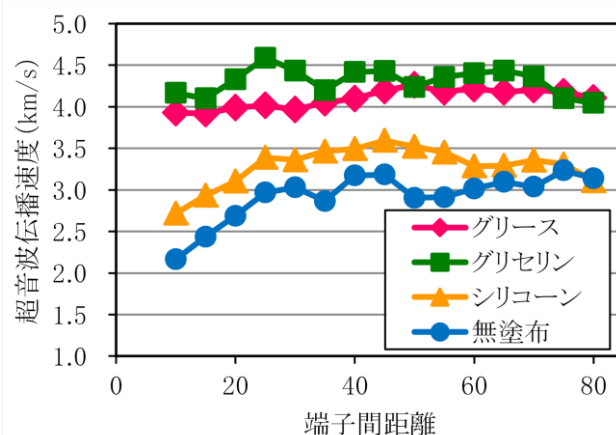
2 に示したように表面が平坦面な場合は小さいものの、図－1, 2 に示したように表面近傍の健全性、すなわち本試験においては炭酸化による緻密化は大きく影響することが確認された。ただし、炭酸化前後の接触媒質間の超音波伝播速度の差は、表面が緻密化された炭酸化後の方が速度の最も低い無塗布から最も高いグリセリンまでの差が小さくなる傾向を示す。

グラフからは、密着性が劣るシリコーン、無塗布は端子間距離の延長に従い速度が徐々に上昇してやがて一定になるという傾向が読み取れる。密着性が劣る場合に短い端子間距離で速度が一定にならない理由としては、速度を算出する際の距離を実際の超音波伝播距離ではなく測定可能な端子間距離としていることが挙げられる。

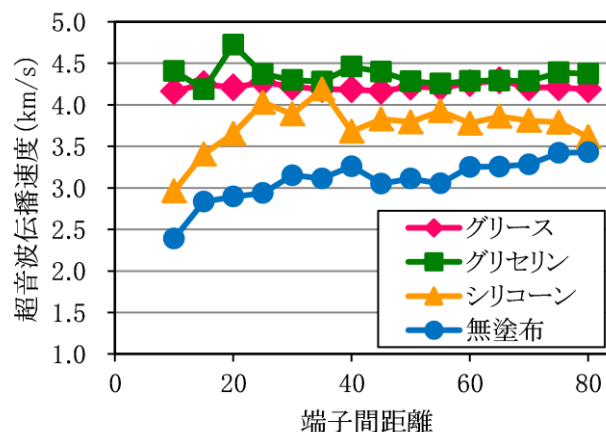
$$V = \frac{L}{T} \quad (1)$$

V : 超音波伝播速度 (m/s), L : 端子間距離 (cm), T : 伝播時間 (μ s)

超音波伝播距離は、超音波パルス透過の特性上、本来は端子間距離よりも長くなる。接触媒質が高い密着性を確保できていない場合は、端子と測定面との間を超音波パルスが透過し難い状況であると言え、実際の超音波伝播距離と端子間距離の差が大きくなる。この影響は端子間距離が短い段階で顕著であり、端子間距



図－1 炭酸化前の超音波伝播速度



図－2 炭酸化後の超音波伝播速度

離を延長すると超音波伝播距離と端子間距離の相対的な差が小さくなるために徐々に一定の値を示すようになると考えられる。また、グラフからは、接着性が比較的良好であったグリース、グリセリンは、短い端子間距離の段階から速度が一定であった。これより、高い密着性が確保できる場合には、端子間距離が短く伝播時間が小さい値の段階において一定の速度を示すことから、速度と時間の関係から考えて端子間距離と超音波伝播距離の差が小さくなることが考えられる。

3. まとめ

- (1) 炭酸化後の超音波伝播速度は、炭酸化前の超音波伝播速度と比較して増大している。危険率 5%で有意差検定を行った結果、無塗布・シリコーン・グリスについては、炭酸化前後で有意差が確認された。
- (2) 接触媒質毎の超音波伝播速度は、表面の状態のみではなく表面近傍の状態にも影響されて値が変化する。
- (3) 超音波端子と測定面に高い密着性が確保できる場合には、端子間距離が短く伝播時間が小さい値の段階において一定の速度を示すことから、速度と時間の関係から考えて端子間距離と伝播距離の差が小さくなる。

参考文献

- 1) 横関康祐, 盛岡実, 伊達重之: 物質遮断性と溶脱抵抗性に優れた超寿命コンクリート 長寿命炭酸化コンクリート EIENN, セメント・コンクリート, No.730, pp.42-46, 2007
- 2) 周藤将司, 森田匡隆, 緒方英彦, 山崎大輔: コンクリート表面の炭酸化が非破壊試験結果に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集 Vol. 33, pp.1679-1684, 2011