

非破壊検査を用いた暑中コンクリートの物性評価に関する実験的検討

徳島大学大学院 学生会員 ○佐竹将也 徳島大学大学院 正会員 渡邊 健
徳島大学大学院 学生会員 鈴木彩莉 徳島大学大学院 正会員 橋本親典

1. はじめに

日本の夏期の平均気温は地球温暖化の影響により年々上昇し、猛暑日・酷暑日が増加している。暑中環境で製造・打設されるコンクリートは、外気温や日射の影響を受け、コンクリート自体の温度が高くなる。その場合、水和反応の活性化による急激な凝結の進行、初期強度の発現による長期強度の伸びが小さいといったコンクリートの施工及び品質の面で問題が生じる。日平均気温が 25℃以上で施工されるコンクリートは暑中コンクリートと規定され、これに対し、骨材や水の温度を下げ、打設時のコンクリート温度が原則 35℃以下とするなどの対策方法がある。本研究では施工及び品質の面で問題が生じる暑中コンクリートに対し、非破壊検査を用いて物性評価が可能であるか検討を行った。

2. 実験概要

表-1 コンクリートの配合

2. 1 供試体概要

コンクリートの配合を表-1 に示す。W/C は 55% で一定とした。練上がり温度を 20℃(N20), 30℃(N30), 35℃(N35) の 3 種類に設定した。供試体は φ100×200mm の円柱供試体を用い、1 日、3 日、7 日、28 日間で封緘養生を行った。練上がり温度は材料温度、練り混ぜ機を温めることで調整し、養生温度は供試体を入れたケースを湯煎して同温度にした。

配合	W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				C × %	
			W	G	S	G	AEA	SP
N20	55	45	170	308	790	965	0.5	1.5
N30								1.6
N35								1.8

2. 2 Acoustic Emission 法 (AE 法)

AE 法を用いて温度の違いによるコンクリートの凝結過程の評価を試みた。供試体型枠の側面 2 か所にエレクトロニックワックスおよびゴムバンドで固定した 150kHz の共振型の AE センサを設置し、閾値 25dB で計測を行った。供試体表面にパラフィンオイルを使用し、供試体表面からの水分の逸散を防止した。

2. 3 弾性波法

弾性波法の中から衝撃弾性波法および超音波法を用いて圧縮強度の評価を行った。衝撃弾性波法では多重反射法(図-1 左)を用いて基本周波数 f_0 を測定し、式(1)より弾性波速度を算出した。超音波法では透過法(図-1 右)を用いて伝搬時間 t を測定し、式(2)より弾性波速度を算出した。得られた弾性波速度 V_p と圧縮強度 F_c の関係式は式(3)で表され、 α 、 β は実験によって求まる定数である。本研究では最小二乗法を用いて α 、 β の算出を行い、関係式(以下、圧縮強度評価式と呼ぶ)を導き出し、相関性の確認および圧縮強度の推定を行い、圧縮強度試験結果との関係性を確認した。

$$V_p = 2 \cdot f_0 \cdot L \quad (1)$$

$$V_p = L/t \quad (2)$$

$$F_c = \beta \times V_p^\alpha \quad (3)$$

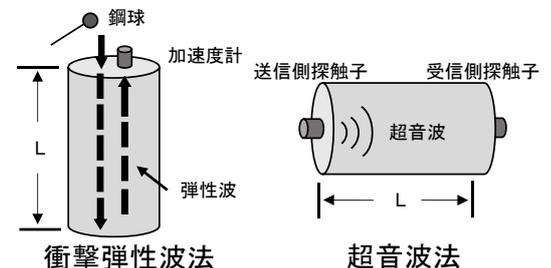


図-1 弾性波法の測定方法

3. 実験結果

3. 1 Acoustic Emission 法

供試体内部の累積 AE ヒット数の結果を図-2 に示す。N20 と比較して N35 のコンクリートの累積 AE ヒット数は 2 つの供試体ともに計測開始から 15 時間後活発に発生することが示された。N35 で活発に発生した理由として、初期材齢において高温の影響を受け、水和反応が活性化し、水和熱により収縮が生じたためだと考えられる²⁾。この結果より AE 法を用いて凝結時の水和反応による収縮が生じる時間の違いによって品質を確認できる可能性が示された。

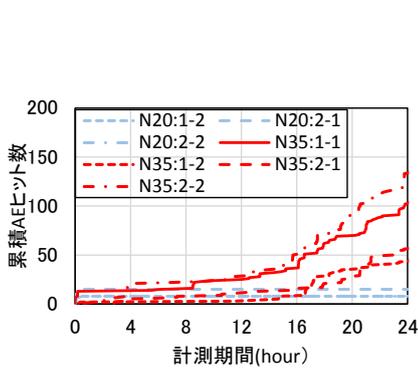


図-2 累積 AE ヒット数の経時変化

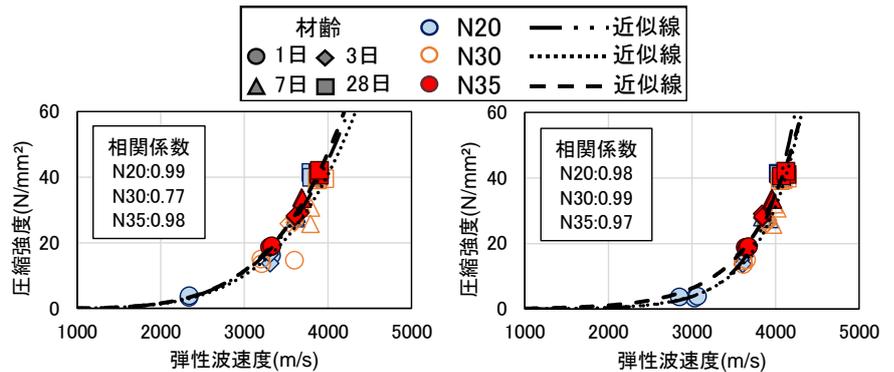


図-4 圧縮強度と弾性波速度(左：衝撃弾性波法，右：超音波法)

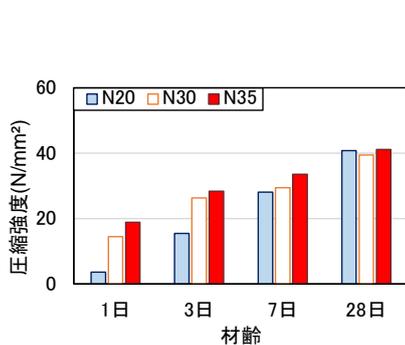


図-3 圧縮強度

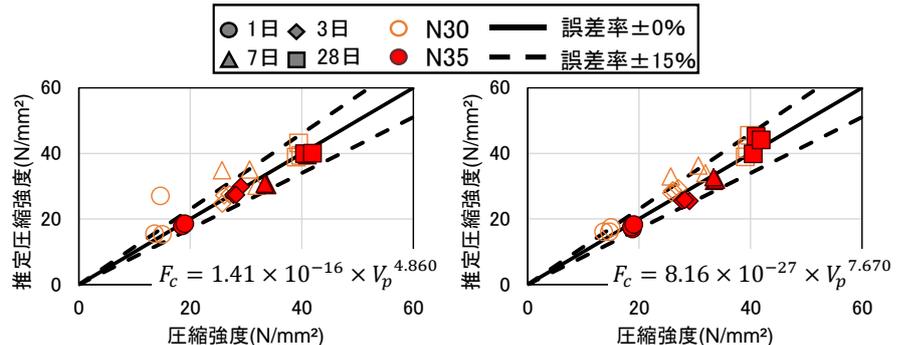


図-5 推定圧縮強度(左：衝撃弾性波法，右：超音波法)

3. 2 圧縮強度

図-3 に圧縮強度試験の結果を示す。材齢 1 日において N30, N35 の圧縮強度の発現が大きいことが確認できる。これは養生温度の違いにより、セメントの水和反応が早期に活発化するためである。また各材齢において強度増進が確認できた。理由として本実験では養生期間中に湿潤環境であったためだと考える。

3. 3 弾性波速度と圧縮強度

衝撃弾性波法における弾性波速度と圧縮強度の関係を図-4 に示す。弾性波速度と圧縮強度の関係は式(3)で示される。相関係数は衝撃弾性波法と比べ、超音波法のほうが大きいことが確認できた。これは計測方法の違いにより超音波法が衝撃弾性波法と比べ供試体断面の影響を受けにくいためだと考えられる。衝撃弾性波法における各配合の α の値はN20:4.860, N30:4.189, N35:4.939となった。また超音波法の α の値は6.632~7.995と衝撃弾性波法と異なり、圧縮強度評価式が変化することが確認できた。

3. 4 圧縮強度の推定

推定圧縮強度を算出するため、衝撃弾性波法では N20 の圧縮強度評価式： $F_c = 1.41 \times 10^{-16} \times V_p^{4.860}$ ，超音波法では N20： $F_c = 8.16 \times 10^{-27} \times V_p^{7.670}$ を用いて、N30, N35 で算出した弾性波速度を代入した。推定圧縮強度と圧縮強度の関係について図-5 に示す。どちらの弾性波法においても全供試体の推定圧縮強度が概ね誤差率が±15%の範囲内であった。今回の実験条件においては、N20 の式を用いて N30, N35 の強度の推定が可能であることが示された。

4. まとめ

- 1) 暑中を模擬したコンクリートの凝結過程では、AE 法を適用した際の累積 AE ヒット数の発生頻度から水和反応によって発生する収縮の時間の違いを推定できる可能性が示された。
- 2) 養生環境が同等であれば、標準のコンクリートによって算出された圧縮強度評価式を適用して暑中コンクリートの圧縮強度の推定ができることを示した。

参考文献

- 1) 土木学会：コンクリート標準示方書(施工編)，13 章
- 2) 田澤栄一，宮澤伸吾，今本啓一，岸利治：コンクリートの自己収縮に関する研究委員会報告，コンクリート工学年次論文集，Vol.24, No.1, 2002