

弾性波伝搬速度を用いた暑中コンクリートの圧縮強度推定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 フェロー 橋本親典

1. はじめに

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り、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、コンクリートの施工及び品質の面で問題が生じる。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易い暑中コンクリートに対し、コンクリートの養生温度と材齢を用いて評価ができる積算温度および非破壊検査の 1 つである衝撃弾性波法により得られた弾性波伝搬速度を用いて圧縮強度の推定を行い、適用が可能であるか検討を行った。

2. 実験概要

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。

表-1 コンクリートの配合

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

2. 2 積算温度

コンクリートの強度増加には材齢と養生温度が影響を与える。そのため、養生温度と材齢の積である積算温度(マチュリティー M) (式(1))を用いて評価を行った。また、養生温度と時間の関係が異なる場合においても、同等の積算温度であれば同等の圧縮強度が得られることが確認されており、式(2)で表される。

$$M(t) = \sum_0^t (T - T_0) \quad (1)$$

$$f'_c = A \log M + B \quad (2)$$

ここに、 $M(t)$: 材齢 t (日)までの積算温度 (℃・日)、 T : 養生温度 (℃)、 T_0 :

基準温度(ここでは一般である $T_0 = -10(℃)$)、 A 、 B : 実験によって定まる定数

既往の研究として積算温度と圧縮強度に関係があることから圧縮強度の推定が行われてきた¹⁾。本研究では N20 で得られた A 、 B の定数(表-2)を用いて N30、N35 の圧縮強度の推定が可能であるか検討を行った。

2. 3 弾性波法

衝撃弾性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)を用いて基本周波数 f_0 を測定し、式(3)より弾性波伝搬速度を算出した。得られた弾性波伝搬速度 V_p と圧縮強度 F_c の関係式は式(4)で表され、 α 、 β は実験によって求まる定数である²⁾。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、N20 で得られた α 、 β (表-3)を用いて N30、N35 の圧縮強度を推定し、圧縮強度試験結果との関係性を確認した。

表-2 A 、 B の値

	A	B
N20	11.351	-34.72
N30	7.231	-10.79
N35	6.620	-5.28

表-3 α 、 β の値

	α	β
N20	4.860	1.41×10^{-16}
N30	4.853	1.34×10^{-16}
N35	4.939	0.77×10^{-16}

$$V_p = 2 \cdot f_0 \cdot L \quad (3)$$

$$F_c = \beta \times V_p^\alpha \quad (4)$$

キーワード 暑中コンクリート、衝撃弾性波法、積算温度、圧縮強度

連絡先 〒770-8506 徳島県徳島市南常三島町 2 丁目 1 番地 徳島大学工学部 TEL088-656-7304

3. 実験結果

3. 1 圧縮強度

図-1 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. 2 積算温度と圧縮強度

積算温度と圧縮強度の関係を図-2 に示す。材齢ごとの圧縮強度結果と同様の傾向がみられ, 初期材齢において同様の積算温度であっても暑中期間を模擬した N30, N35 の圧縮強度の発現が大きいことが確認できた。式(2)の得られる A, B は配合毎で異なる値を示した。

3. 3 弾性波伝搬速度と圧縮強度

弾性波伝搬速度と圧縮強度の関係を図-3 に示す。弾性波伝搬速度と圧縮強度の関係は式(4)で示され, 高い相関性が得られた。

3. 4 圧縮強度の推定

3. 2, 3. 3 より圧縮強度との相関性があることを確認できたため, N20 で得られた式を用いて N30, N35 の圧縮強度の推定を行った。積算温度による推定圧縮強度と圧縮強度の関係を図-4 に示す。N20 の式($f'_c = 11.351 \log M - 34.72$)を用いると, 初期材齢にて誤差が大きいことが確認できた。これは暑中環境では練上がり温度および養生温度が高く, 初期に強度増進が活性化する為である。よって N20 の式を用いた圧縮強度の推定は誤差率 15%を超え, 圧縮強度の推定は困難であると考えられる。

弾性波伝搬速度による推定圧縮強度と圧縮強度の関係を図-5 に示す。N20 の式($F_c = 1.41 \times 10^{-16} \times V_p^{4.860}$)を用いた場合, 全供試体の推定圧縮強度が概ね誤差率が $\pm 15\%$ 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) 積算温度による圧縮強度の推定は, 標準のコンクリートの式を用いた暑中コンクリートの圧縮強度の推定は初期材齢の強度発現の違いにより困難であることが確認された。
- 2) 養生環境が同等の場合, 標準コンクリートによって算出された圧縮強度評価式を用いて暑中コンクリートの圧縮強度の推定が可能であることを示した。

参考文献

- 1) 蓮尾 孝一他：積算温度方式による若材齢強度の推定法, 三井住友建設技術研究所報告 第2号
- 2) NDIS 2426-2 付属書 D：新設コンクリート構造物におけるコンクリートの圧縮強度評価方法, pp.20, 2014

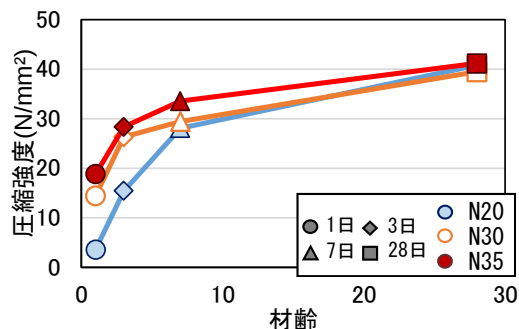


図-1 材齢と圧縮強度の関係

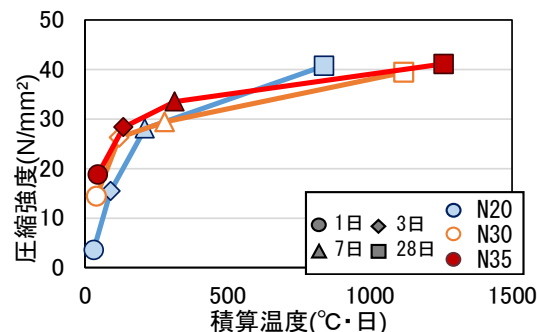


図-2 積算温度と圧縮強度の関係

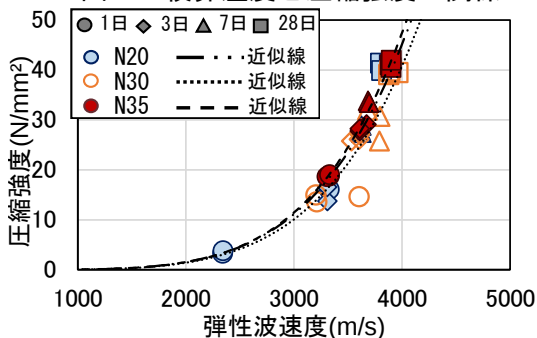


図-3 弾性波速度と圧縮強度の関係

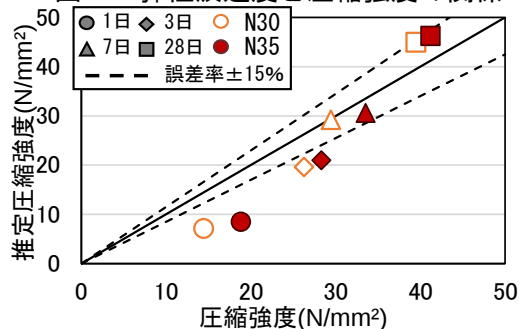


図-4 積算温度を用いた推定圧縮強度

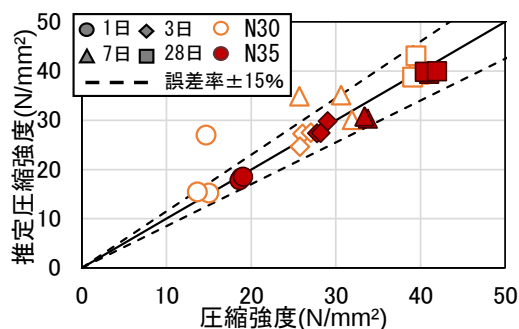


図-5 弾性波速度を用いた推定圧縮強度