

V-73

マイクロ波照射によるコンクリートの発熱・強度発現特性の検討

大林組技術研究所 正会員 平田隆祥

大林組技術研究所 フェロー 十河茂幸

1. はじめに

コンクリートの使用方法の多様化に伴い、低温環境下の施工、急速施工、製品製造の分野などで、凝結や初期強度の促進が求められている¹⁾。筆者らは、フレッシュコンクリートに $2460 \pm 30 \text{ MHz}$ のマイクロ波を照射すると、誘電体である水分子の振動により自己発熱が生じて、一般的な普通コンクリートの場合でも3時間で 3 N/mm^2 程度、5時間で 5 N/mm^2 程度の強度促進効果があり、耐凍害性も確保できることを報告した²⁾³⁾。

そこで本報告では、水セメント比の異なる3種類のフレッシュコンクリートに対してマイクロ波を照射した場合の、発熱分布や強度発現特性に及ぼす影響について検討した結果を報告する。

2. 実験概要

実験は2ケース行った。実験Ⅰでは、 $\phi 100 \times h 200 \text{ mm}$ の金属製型枠にコンクリートを採取し、上端面から電力 1.2 kW のマイクロ波を連続で照射して、マイクロ波加熱の浸透深さを発熱分布から推定した。温度計測には、光ファイバー温度計を用いた。次に実験Ⅱでは、 $\phi 100 \times h 200 \text{ mm}$ のポリプロピレン製型枠にコンクリートを採取し、照射の制御により給熱方法を変えた場合の圧縮強度、静弾性係数を、それぞれ JIS A 1108, JSCE-G502 に準拠して同一条件の3本の供試体の平均値から計測した。コンクリートの配合を表-1に、マイクロ波発振装置の仕様を表-2に、照射・養生条件を表-3に示す。

表-1 コンクリートの配合

配合	Gmax (mm)	Air (%)	C. T. (°C)	W/C (%)	s/a (%)	単 位 量 (kg/m ³)				
						W	C	S	G	Ad.
①	20	4.5	20.0	45.0	44.0	155	344	791	1026	0.86
②				55.0	47.0	164	300	849	975	0.75
③				65.0	45.0	165	254	830	1034	0.64

* C: NP; ρ 3.16 g/cm^3 , S: ρ 2.60 g/cm^3 , G: ρ 2.65 g/cm^3 , Ad.: AE 減水剤

深さを発熱分布から推定した。温度計測には、光ファイバー温度計を用いた。次に実験Ⅱでは、 $\phi 100 \times h 200 \text{ mm}$ のポリプロピレン製型枠にコンクリートを採取し、照射の制御により給熱方法を変えた場合の圧縮強度、静弾性係数を、それぞれ JIS A 1108, JSCE-G502 に準拠して同一条件の3本の供試体の平均値から計測した。コンクリートの配合を表-1に、マイクロ波発振装置の仕様を表-2に、照射・養生条件を表-3に示す。

3. 実験結果および考察

3.1 マイクロ波加熱の浸透深さ（実験Ⅰ）

フレッシュコンクリートにマイクロ波を連続照射した場合の、深さ方向の温度分布の経時変化を図-1に示す。表面部は、照射開始から約7分で 100°C に達し、温度分布には約 100 mm の位置に変極点が存在していた。従って、マイクロ波加熱は約 100 mm の深さまで浸透し、それ以深は通常の熱伝導によりコンクリートは加熱されると考えられる。マイクロ波が水に浸透する深さ（電力半減深度）は 10 mm 程度であるため、結合材や骨材を透過して加熱の浸透深さが 100 mm 程度となったと考えられる。また、水セメント比の違いによるマイクロ波加熱の浸透深さへの影響は小さかった。

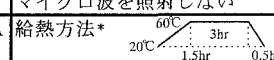
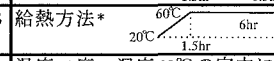
3.2 コンクリートの強度発現特性（実験Ⅱ）

マイクロ波照射完了直後の初期強度を図-2に、圧縮強度、静弾性係数の試験結果を図-3、図-4に示す。

表-2 マイクロ波発振装置の仕様

マイクロ波出力	電力: $0.1 \text{ kW} \sim 1.2 \text{ kW}$ 可変
	周波数: $2460 \pm 30 \text{ MHz}$
入 力 電 源	3 相: $200 \pm 10 \text{ V}$ $13 \text{ A (MAX)}, 3.0 \text{ kVA}$
加熱炉内寸法	$400 \times 400 \times 350 \text{ mm}$
装置本体寸法	$700 \times 750 \times 1585 \text{ mm}$
使 用 環 境	設置場所: 屋内

表-3 マイクロ波照射と養生条件

条 件	方 法
マ イ ク ロ 波	無 照 射
マ イ ク ロ 波	照射条件 A
	給熱方法* 
マ イ ク ロ 波	照射条件 B
	給熱方法* 
養 生	気 中 養 生
生	水 中 養 生

*コンクリートの内部温度による制御

キーワード: マイクロ波、促進養生、圧縮強度、静弾性係数、温度分布

連 絡 先: 〒204-0011 東京都清瀬市下清戸 4-640 TEL 0424-95-0930 FAX 0424-95-0908

水セメント比が異なるコンクリートに、積算温度約 13D⁰Dの照射条件Aでマイクロ波を照射した場合の圧縮強度は、①配合と②配合がほぼ同等の 5N/mm² 程度となったのに対し、③配合では 2N/mm² 程度と低い値となった。また、図-3に示す材齢 14日、照射条件Aの圧縮強度は、標準養生のコンクリートより 5～20%程度小さく、材齢 28日の照射条件AおよびBの圧縮強度は、標準養生より大きくなる場合や小さくなる場合が見られた。また、図-4に示す材齢 28日における静弾性係数は、照射条件Aの場合は、標準養生のコンクリートより 3～7%程度小さく、照射条件Bでは 11～16%程度小さかった。これらの理由として、マイクロ波の照射による強度発現は、配合によって効率の良い適切な値

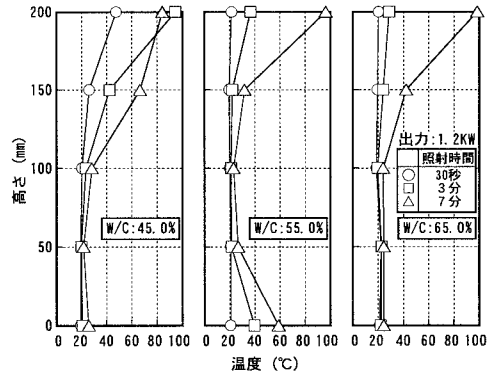


図-1 マイクロ波照射による発熱分布の変化

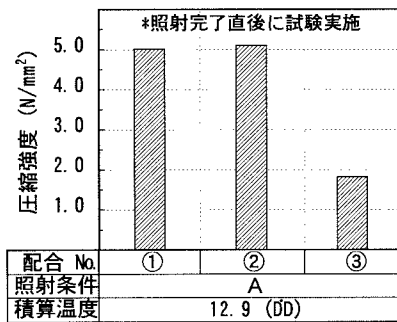


図-2 照射完了直後の初期強度

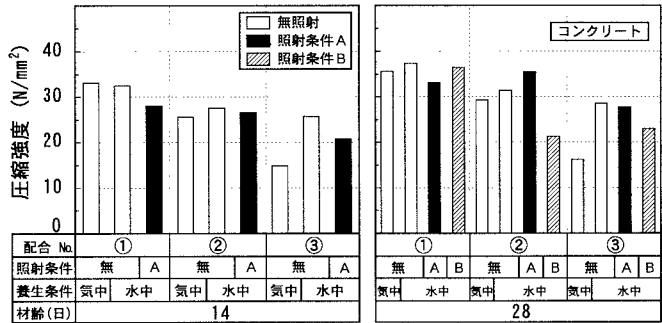


図-3 マイクロ波を照射したコンクリートの圧縮強度

があり、過大となると内部乾燥や水和組織の変化により圧縮強度や静弾性係数が低下する場合があると推察される。

4. まとめ

実験の結果、フレッシュコンクリート中への周波数 2460±30MHz のマイクロ波加熱の浸透深さは、100mm 程度であると考えられる。また、マイクロ波の照射方法によって、コンクリートの圧縮強度の発現状態が異なり、配合によって増減する。マイクロ波を照射したコンクリートも、静弾性係数は圧縮強度に依存すると考えられるが、標準養生のコンクリートよりやや小さくなる傾向がある。

【参考文献】

- 1) 平田隆祥：コンクリートへのマイクロ波の応用，コンクリート工学，Vol. 35, No. 6, pp. 33-37, 1997. 6
- 2) 平田隆祥・十河茂幸・相原 功：マイクロ波照射エネルギーとコンクリートの加熱・強度発現に関する基礎的研究，土木学会第 51 回年次学術講演会，V-264, pp. 528-529, 1996. 9
- 3) 平田隆祥・川島宏幸・十河茂幸・相原 功：マイクロ波を照射したコンクリートの耐凍害性に関する基礎研究，コンクリート工学年次論文報告集，Vol. 19, No. 1, 1997. 6

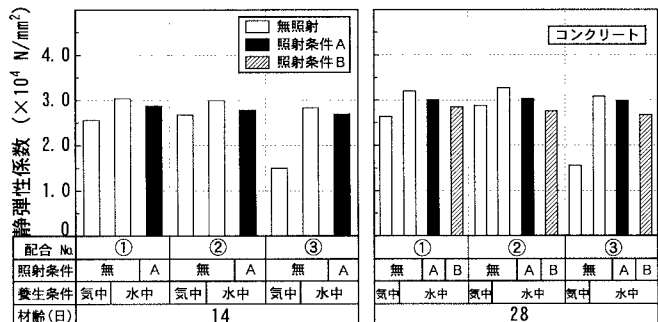


図-4 マイクロ波を照射したコンクリートの静弾性係数