

V-139 寒冷地のコンクリートの部材断面の寸法と内部の凍結融解回数の関係

北見工業大学工学部 正員 〇桜井宏
 北海道大学工学部 正員 佐伯昇 正員 藤田嘉夫
 北見工業大学工学部 正員 鮎田耕一 正員 佐渡公明
 (株)東芝 河村俊彦 大成建設(株) 正員 鈴木明人

1.はじめに 寒冷地のコンクリート構造物の耐用年数の予測, 耐久性のある適切な配合設計の実施, 維持管理のための補修や補強の効果等を把握するために, 部材の断面の中心部及び表面からの各深さ位置で受ける凍結融解回数を詳細に検討する必要がある。しかし, 現行の基準等¹⁾では, 部材寸法とその耐久性の関係は詳細には扱われておらず, 土木学会コンクリート標準示方書²⁾では, コンクリートの耐凍害性をもととして水セメント比を定める場合に, 断面を20cm程度以下の薄い場合と一般の場合とに分けているのみであり, その根拠等は明かには示されていない。本研究では, 寒冷地のコンクリートの凍結温度を上下する連続的な表面温度変化と及び供試体の内部の表面からの各深さの凍結融解回数の関係を推定可能とするために内部の各深さの凍結融解回数を数値計算より明らかにする手法の検討を行う。

2.検討方法 解析条件は, 凍結, 非凍結の熱拡散係数:

Kgを既往の研究³⁾⁴⁾⁵⁾より求め, 凍結温度は-1.3℃と仮定し⁷⁾ Table-1に示す。解析方法は差分による解析の一つであるConventional法を用い, その式と要素の考え方をTable-2に示した³⁾⁴⁾。これは, 部材の表面温度を境界条件として入力し差分により部材内部の温度を計算するものである。凍結温度を上下する連続的な表面温度変化が境界条件のため, 表面からの各深さの凍結融解に関する状態量を仮定し各要素が凍結相か融解相かあるいはそれらの遷移状態かを判定した。解析モデルは部材が直方体で, 表面の境界条件も軸対称であると仮定し8分の1の部分について解析を行った。筆者らにより1日1サイクル程度でコンクリート表面温度を変化させた場合に三次元で解析した結果より部材端部から40cm程度の距離になるとほとんど三次元的な影響が表れていない事が確認されたため, 部材の軸方向の寸法が部材端部の影響が無いほどの十分な長さを有するものと仮定し, 二次元解析をした。北海道日本海側のオシコト海岸の凍結融解期間である11月から3月のコンクリートの表面温度を境界条件とし各深さの凍結融解回数を求めた。

Table-1 Condition of analysis

Case	Two dimension	
	Frost	Non frost
Condition of layer		
Thermal conduction rate: k(kcal/mhr C)	3.64	2.13
Specific heat:c(kcal/kg C)	*2	*2
Thermal diffusion rate: kg(m/hr)	0.00510	0.00350
Density: (kg/m)	2300	
Frost latent heat *1: L(kcal/kg)	3.56	
Frost temperature: Tf(°C)	-1.3	
Water content rate	Rv(%/vol)	11.23
	R(%/wt)	4.60

Note #1: Conversion to unite weight of concrete

*2: Cc=715/ according to JSCE concrete standard

Table-2 Analysis element and equation

Case	Explanation and figure of element	Expression of calculation equation
Two dimensional	<p>In freeze processing from two directions of x axis and y axis, frost boundaries move from the two directions and there are two boundaries in an element of square(x,y)</p>	$T_{x,y}^{p+1} = T_{x,y}^p + \frac{kg \cdot \Delta t}{(\Delta x)^2} (T_{x-1,y}^p - 2T_{x,y}^p + T_{x+1,y}^p) + \frac{kg \cdot \Delta t}{(\Delta y)^2} (T_{x,y-1}^p - 2T_{x,y}^p + T_{x,y+1}^p)$ <p>(i=1: $T_{x,y}^p < T_f$, i=2: $T_{x,y}^p > T_f$)</p> $\Delta H^k = \frac{\Delta t}{(\Delta x)^2} \{ \lambda_1 (T_{x,y}^p - T_{x-1,y}^p) + \lambda_2 (T_{x,y}^p - T_{x+1,y}^p) \} + \frac{\Delta t}{(\Delta y)^2} \{ \lambda_1 (T_{x,y}^p - T_{x,y-1}^p) + \lambda_2 (T_{x,y}^p - T_{x,y+1}^p) \}$ $T_{x,y}^{p+1} = T_{x,y}^p + T_f$

Note $T_{x,y}^{p+1}$: Temperature in concrete, ΔH^k : Frost latent heat

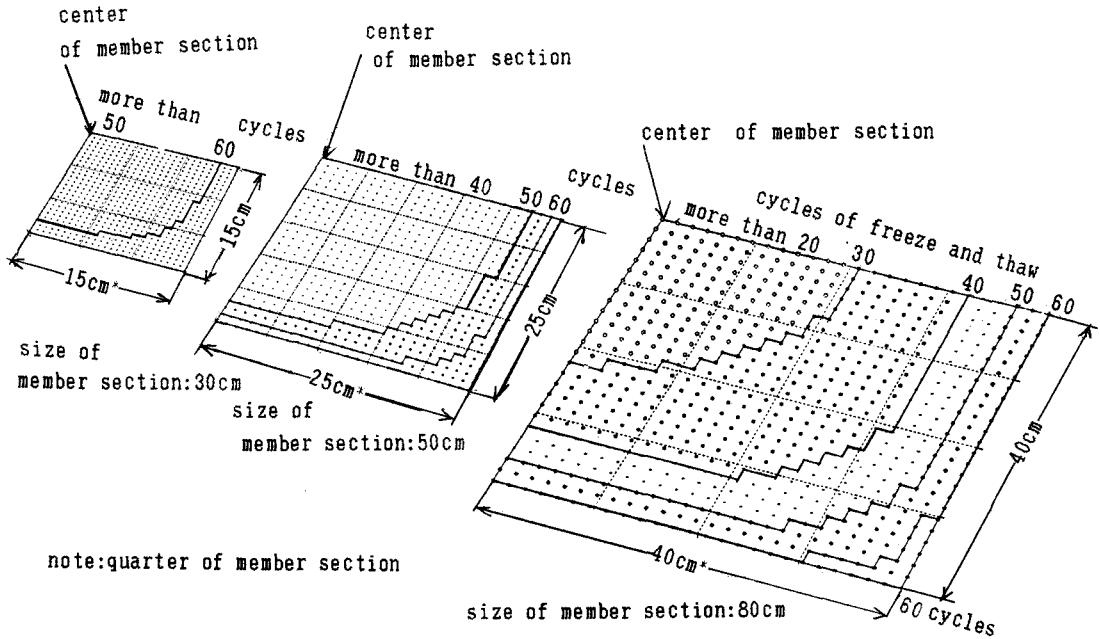


Fig.1 Relation between size of member section and cycles of freezing and thawing

3. 解析結果及び考察

3.1 コンクリート部材断面寸法とコンクリート内部の凍結融解回数の関係

部材断面寸法を一辺80cm, 50cm, 30cmの正方形のコンクリート部材を仮定し対称断面であるのでその4分の1に対して一年間の凍結融解回数をシミュレーションした結果をFig.1に示す。部材寸法30cmでは表面より2cmまで凍結融解回数が60回以上であるが部材中心部の表面から深さ15cmの位置では50回以上であり表層部の8割以上の凍結融解回数である。これに対し部材寸法80cmの断面では極表層部で凍結融解回数が60回であるが表面から深さ40cmの位置では20回程度であり表層部の3分の1程度の凍結融解回数である。表面より深さ20cm程度で凍結融解回数が2分の1程度になる。また以上の2ケースの中間の部材寸法50cmの断面では表層より1cm程度まで凍結融解回数が60回であるが表面から深さ25cmの位置では40回以上であり表層部の3分の2程度である。以上よりコンクリートの部材断面寸法50cm程度までは部材中心部でも冬季間に相当な凍結融解回数を受けることを考慮すべきである。

4. まとめ

寒冷地のコンクリートの表面温度と内部の凍結融解回数の関係を解析的に検討した結果以下の点が明らかになった。

1) 寒冷地のコンクリートの凍結温度を上下する連続的な表面温度変化と内部の各深さの各要素ごとの凍結融解を伴う温度変化の解析は凍結及び融解の状態量を仮定することにより可能になった。

2) コンクリートの部材断面寸法50cm程度までは部材中心部でも冬季間に相当な凍結融解回数を受けることを考慮すべきである。

謝辞 本研究に際し、御協力を頂いた北見工業大学岡田包儀技官に感謝をいたします。また、プログラムの開発に当たり北大及び東大の大型計算機センターの各位に御助言を頂いたことに感謝いたします。また、本研究の一部は平成2年度文部省科学研究費総合A(代表岐阜大学小柳教授)の助成を受けたここに感謝する。

【参考文献】

- 1) セメント技術協会耐久性専門委員会報告: 耐久性を阻害する要因マップ, 1985
- 2) 土木学会: 昭和61年制定コンクリート標準示方書 施工編, pp.42, 1986
- 3) 藤井哲他: 伝熱工学の進展3, 養賢堂, 1974
- 4) 桜井宏, 鮎田耕一, 佐渡公明: 寒冷地コンクリート構造物の温度分布シミュレーション手法の研究, セメントコンクリート論文集NO.43, pp.454-459, 1989
- 5) 桜井宏, 鮎田耕一, 佐渡公明: 寒冷地におかれたコンクリート構造物の深さ方向の温度分布に関する検討, セメント技術年報, pp.375-378, 1987
- 6) 桜井宏, 鮎田耕一, 佐渡公明: 凍結融解を受けるコンクリートの内部温度の検討, セメント・コンクリート論文集NO.44, pp.424-429, 1990
- 7) 鎌田英治: コンクリートの凍害と細孔構造, コンクリート工学年次論文報告集 第10巻 第1号, pp.54, 1988