

(V-49) 促進形凍結融解試験法の実験的検証に関する研究

浅野工学専門学校 正会員 加藤直樹 防衛大学校 正会員 黒田一郎
防衛大学校 正会員 加藤清志 防衛大学校 本多健二

1. ま え が き

コンクリートクライシスが叫ばれて久しくなるにもかかわらず、依然としてコンクリートの品質不良や施工上の欠陥に起因するインフラの弱点が多発し、社会問題化しているところである。この事実は、たんに関係者だけに帰すべき事案ではなく、コンクリート工学研究分野の全責任ともいえる。そのひとつに、コンクリートの性能を的確、迅速、安価な装置による評価法の欠如にある。本報においては、気象作用に対する耐久性評価のための“凍結融解試験法”に関し、積極的研究のない「供試体寸法・形状・暴露条件」の合理性の見直し・検討の一連の研究¹⁾のひとつであり、とくに、暴露条件に力点を置いた。

2. 現 状 分 析

凍結融解試験は基本的には ASTM C-666 に準拠しているが、本報では気中凍結・水中融解方式で行ない、表-1 に示すデンスミックスとリーンミックスの両極端を意図した 2 種の配合により、図-1 に示す 10×10×40cm (長角柱型：在来標準型)、10×10×20cm (短角柱型)、φ10×20cm (円柱型：在来の管理供試体) の 3 種を採用し、標準暴露条件+5～18℃の繰り返し 300 サイクルまで実施した 1 例を図-1,2 に示す。図-1 のデンスミックスの場合は、300 サイクルの暴露で、いずれの形状・寸法でも健全であった。

表-1 示方配合(普通セメント、骨材最大寸法 20mm)

配合比	スランブ (cm)	空気量* (%)	W/C (%)	s/a (%)
1:1:2	15 (15.1~17.0)*	1.0~1.5	41.5	33
1:3:6	15 (15.0~16.8)*	0.0~1.0	87.0	33

単位量 (kg/m ³)				
W	C	S	G	減水剤
217	523	523	1046	1.58
188	216	649	1298	—

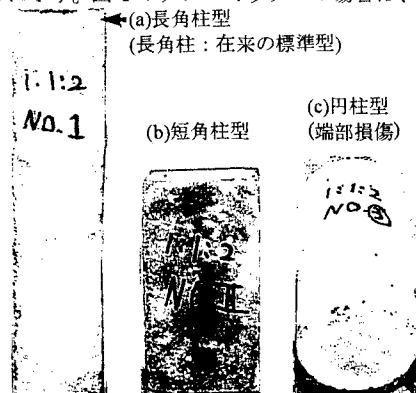


図-1 デンスミックスの表面劣化(300 サイクル)

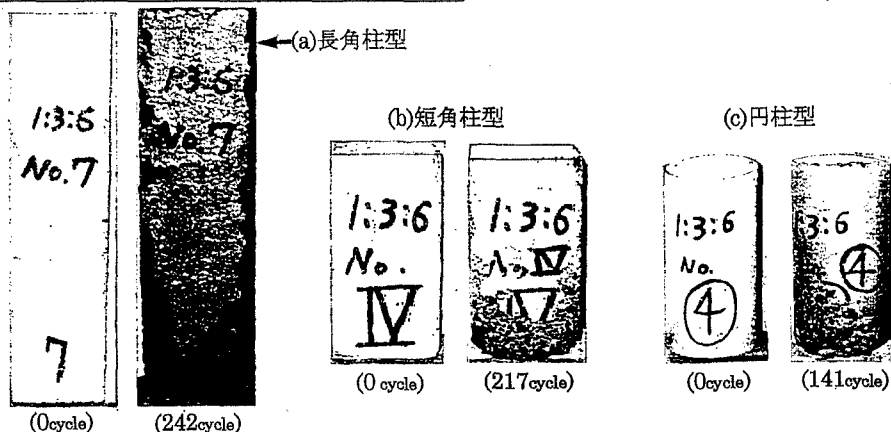


図-2 リーンミックスの表面劣化の典型的な例

キーワード：凍結融解作用、耐久性、促進試験法、暴露条件、合理化

〒221-0012 横浜市神奈川区区安台 1-3-1、浅野工学専門学校 Tel(045)421-0403 Fax431-9724

水密効果を端的に示している。図-2 のリーンミックスの場合は、長角柱<短角柱<円柱の順に劣化損傷が顕著になることが定性的にわかる。このような傾向は、質量変化率や動弾性係数変化率についても同様であった。要点は、

(1) 迅速評価には、通常の円柱型管理供試体がよい。(2) 短角柱型は作製と手数を要し、かつ、約 10 日間遅れるが、より大きな評価値を求めることができる。(3) 短角柱および円柱型の場合には試験槽容量は 1/2 でよく、合理性が高い。

3. 劣化のメカニズム

従来の凍結融解作用によるコンクリートの劣化のメカニズムは、内部崩壊を主因²⁾としているが、本報では現象的事実を考慮し、表面劣化(scaling)が内部に漸進するものと考え、コンクリートシステムをモデル化し、骨材粒子がマトリクスの付着を断ち切り、ポップアウトする。いま、仮想厚肉球殻が氷圧により弾性破損するものとする、式(1)が求まる。

$$\lambda \equiv b/a = \left\{ (1+p/f_{td}) / (1-0.5p/f_{td}) \right\}^{1/3} \quad (1)$$

ここに、 $p=p_0(1-T/0.0099)$ ：内圧、 f_{td} ：設計引張強度、 $a \cdot b$ ：球殻の内・外半径、 T ：平衡氷点温度、 p_0 ：標準気圧(760mmHg)。

$P=2f_{td}$ で $\lambda \rightarrow 0$ ；すなわち、弾性破損開始で“臨界状態”といえる。図-3 は強度をパラメーターとしたこれら要因の相関図であり、次の重要な特性を示唆している。

(1) 同一半径比でも、高強度コンクリートほど、また、半径比の増大ほど氷点温度は低下する。(2) 対数表示で求まるキंक：半径比 2.5 までは、“組織敏感”である。(3) この半径比 2.5 以下を“臨界層”と呼ぶ。(4) “臨界層”を“組織鈍感”に体質改善することが、耐久性向上に連係する。(5) EX. $a=250 \mu m$ 、 $b/a=2.5 \therefore b=2.5 \times 0.25 \approx 0.63mm$ 。コンクリート強度に無関係に 1mm 弱、0.7mm が“臨界層”である。

4. 凍結融解促進試験法の検証

臨界層は 1mm 弱で、臨界温度は-1℃弱で弾性破損が生じることが明らかとなった。よって、管理精度を考慮し促進法として +5℃~-5℃で 1 サイクル 45 分、かつ、供試体も $\phi 10 \times 20cm$ の円柱管理試験用とするのが、きわめて合理的である。リーンミックスの場合の劣化状況を図-4 に示す。図-2 とよく対応している。

5. ま と め

従来法を見直し、供試体寸法・形状は通常の品質管理的円柱型は汎用性があり、試験機は小型・経済的で、理論的には 1mm 以下の臨界層を見出し、 $\pm 5^\circ C$ の暴露試験法が実用的である。提案法による実用配合コンクリートに関する検証は、次報にゆずる。

【謝辞】本研究には防大 小阪剛士、浅野工専 鈴木勇也、同 末永太一、他学生に、また、ワープロには防大 兼松俊枝氏等の尽力を受けた。付記して謝意を表する。

【参考文献】1) 加藤直樹・加藤清志・河合紘茲：促進形凍結融解試験法の開発に関する基礎的研究、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.21、No.2、pp.1075-1080、(1999) 2) Powers, T.C. : A Working Hypothesis for Further Studies of Frost Resistance of Concrete, ACI Jour., Vol.41、pp.245-272、(1945)。

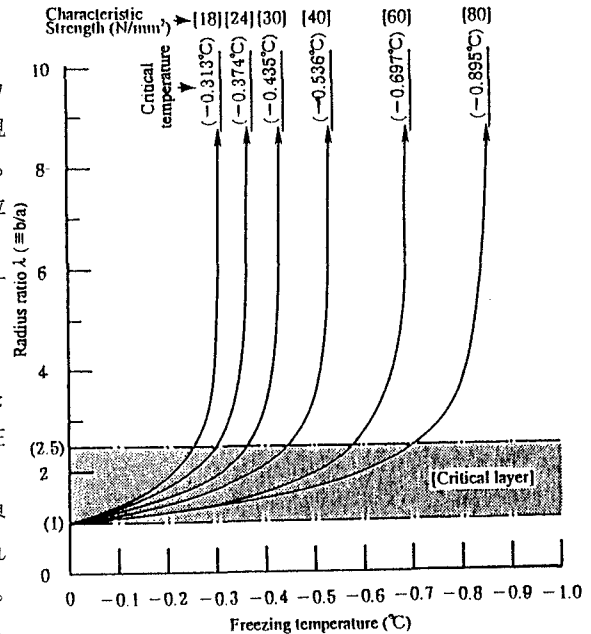


図-3 半径比と氷点温度との関係

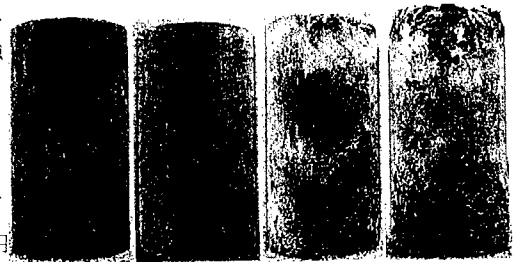


図-4 円柱型供試体の表面劣化状況