

凍結融解作用を受けたコンクリートの表層強度

八戸高専 正員 ○菅原 隆
八戸高専 正員 西村良雄

1. まえがき コンクリート構造物は材料、配合、施工、養生、環境などの内的、外的要因により耐久性に及ぼす影響は様々であるが、寒冷地におけるコンクリート構造物は凍結融解作用を受けることにより表面剥離を生じることもある。凍害によるコンクリート構造物の表層部の劣化は、スケーリングやポップアウトなどに代表されるように骨材界面からの付着切れや、低品質骨材の影響によって剥離することが知られており、長年月に渡って劣化することにより、コンクリート構造物の安全面や信頼性の点から問題となる。ここでは耐久性を考慮する上での一つの指標とするため、凍結融解作用を受けたコンクリートの表層強度について、埋め込み鋼片の直径と深さを変えて実験を行ったのでここに報告する。

2. 使用材料および供試体作製 セメントは普通ポルトランドセメント（比重 3.15）を用い、骨材は奥入瀬川産の川砂（比重 2.62、吸水率 3.69%、粗粒率 2.65）と川刷利（最大寸法 25mm、比重 2.50、吸水率 3.69%、粗粒率 6.52）を用いた。混和剤は AE 剤（ヴィンソル）を使用した。配合は水セメント比 50%、細骨材率 40% とし、目標スランプ 8cm、目標空気量 5% を得るように単位水量および AE 剤量を定めた。（表 1）

供試体は図 2 に示すような $10 \times 10 \times 40$ cm の角柱で、打込み方向に対して側面の表層部に逆円錐台形の鋼片を 4 本埋め込んでいる。鋼片の直径 (a) と埋め込み深さ (d) を変化させて 9d の違いによる表層強度を測定する。

表 1 コンクリートの配合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				AE C × %
		W	C	S	G	
50	40	175	350	696	996	0.02

供試体は 4 本で 1 セットとし 32 本作製した。さらに圧縮強度測定用として $\phi 10 \times 20$ cm の円柱供試体も作製した。練りまぜは強制練りミキサーで 1 分間練りまぜ、スランプと空気量を測定した後、打込み、棒状バイブレーターで締め固めた。打込み後 1～2 日は麻袋とビニールシートで湿潤養生し、その後材令 28 日まで水中 (20℃) 養生を行った。

3. 実験方法 表層強度測定用の実験装置はミハエリス 2 重てこ式曲げ試験機を改良し、埋め込んだ鋼片をカプラーと連結して引抜く構造となっている。表層強度はてこ比を乗じた最大荷重を鋼片上面の断面積で除し、さらに厚さを測定し、厚さと表層強度を最小二乗法で処理した後、所定の深さ (7mm, 5mm) に対応する表層強度を求めた。水中養生を行った供試体は材令 28 日における標準表層強度と標準圧縮強度を測定した後、凍結融解試験槽内に入れた。凍結融解試験は 1 日 1 サイクルの後速での気中凍結気中融解方式で行い、温度変化は図 1 に示すような外気温をシュミレートしたプログラムコントロールによって行った。槽内には湿温度計を置き、湿度も測定した。凍結融解作用 (F-T) を受けたコンクリートは F-T 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30 において試験を行い、表層強

図 1 シュミレートした温度変化

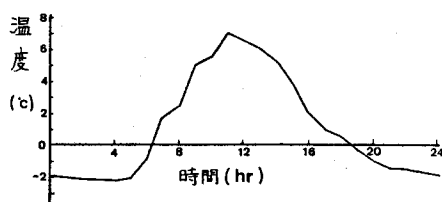


図 2 供試体および鋼片の形状

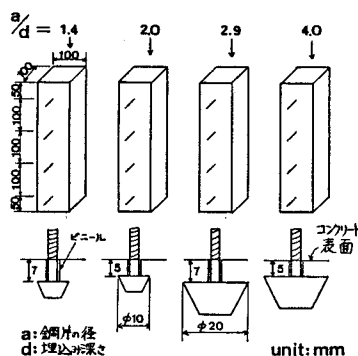


表 2 圧縮強度

FT Cyc (DAY)	σ_c (KGf/cm ²)
0	321
1	307
3	311
5	326
10	314
15	336
20	364
30	372

度の他、圧縮強度、質量変化、相対動弾性係数についても試験を行った。

4. 実験結果

表層強度は埋め込み鋼片の直径(a)と深さ(d)によって大きな変化を示すことがわかる。標準表層強度(σ_s)について $\sigma_s = \alpha(a/d)^\beta$ (kgf/cm^2) の形で表わし、 α 、 β を最小二乗法で求めると

$$\sigma_s = 250(a/d)^{1.5}$$

となった。凍結融解作用を受けたコンクリートの表層強度と凍結融解サイクル数との関係を図3に示す。標準表層強度と同様にF-Tを受けたコンクリートも a/d の違いによって表層強度に大きな変化のあることがわかる。F-T 1においては全体として強度増の傾向を示し、その後は a/d の違いにより強度変化の性状は異なっている。F-T 5までは a/d

図3 表層強度と凍結融解サイクル数との関係

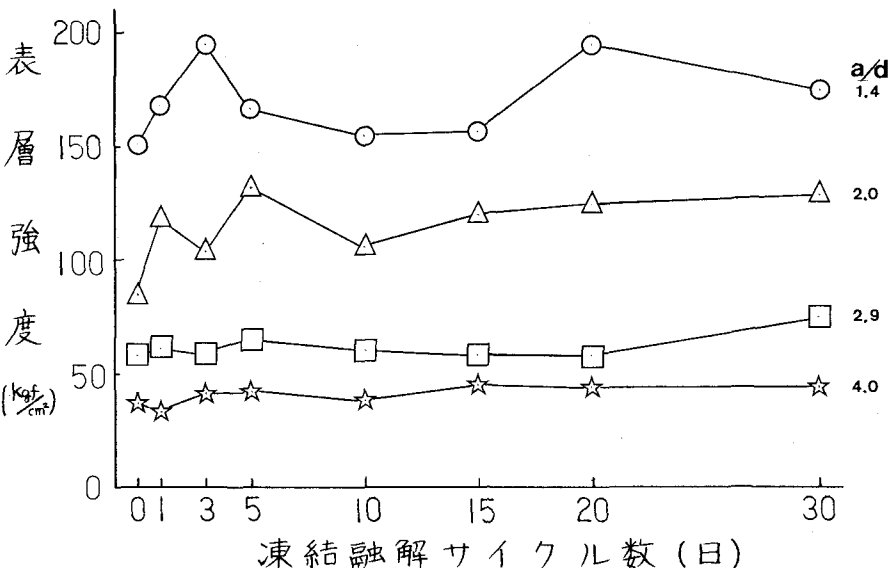
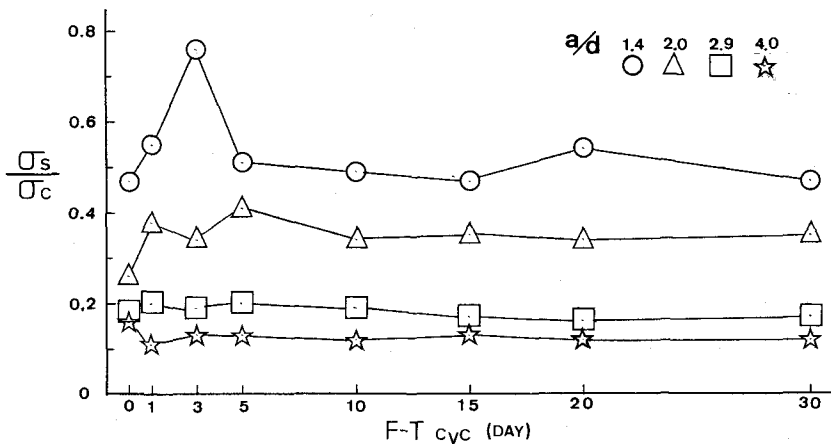


図4 圧縮強度(σ_c)に対する表層強度(σ_s)の割合



が2.0~4.0のものは強度増の傾向を示すが、F-T 10になると $a/d = 1.4 \sim 4.0$ の全体が強度低下の傾向を示しており、その後徐々に僅かであるが強度を増していく傾向がみられた。試験槽内の湿度は温度の変化にもよるが、80~90%程度であり、供試体の質量減少率はF-T 1で99.9%、F-T 30で99.4%であった。シュミレートした温度変化が1日1サイクルで-2℃~+7℃とそれほど激しくないことによりF-T初期に強度変化はあるものの、F-T 10以後は槽内の環境により養生が進み、標準表層強度と同程度が強度増の傾向を示したものと思われる。

圧縮強度はF-T 1~F-T 3までは強度低下を示したがF-T 15になると強度増加の傾向を示した。圧縮強度に対する表層強度の割合について示したのが図4である。F-Tサイクルによって多少バラツキはあるが、 σ_s/σ_c の値は $a/d = 1.4, 2.0, 2.9, 4.0$ の時それぞれ平均して $1/2, 1/3, 1/6, 1/8$ 程度の値を示している。以上のことから表層強度は a/d の違いによって大きく変化すること、凍結融解作用を受けた時の表層強度は a/d の違いによってF-T初期に強度増減の傾向があるものの、その後は標準表層強度と同程度に僅かに増加することがわかった。