

北海道大学 正員 高田 宣之

" " 佐伯 昇

" " 藤田 嘉夫

1. まえがき 寒冷地において、海岸コンクリートが凍結融解作用を受けて、その表面が剥離する現象のあることはこれまでに報告してきた。この表面剥離の発生、進行の要因は、材料、配合に起因するもの、施工、養生、環境条件等によるもの、そして海水の作用、凍結融解作用と数多くあり、これらの複合作用によって惹き起されるものと考えられる。ここでは剥離とこれを惹き起す要因との相関を求め、これらの要因を基にした剥離度の算定式を明らかにする目的で、2, 3 の実験を行なったものである。

2. 材料・配合・供試体および実験方法 フライアッシュセメント B 種 (FB), 錦岡海岸砂 (比重 2.76, 吸水量 1.07, 単位容積重量 1879 Kg/m^3) を用い、粗骨材は最大寸法 40 mm の石狩川、静内川、天塩川、十勝川 および湧別川の水系産の 5 種類を用いた。水・セメント比は 45, 50, 55 および 60 % の 4 通りで単位水量 135 Kg/m^3 , 細骨材率 40 % で空気量 4.5% の AE コンクリートである。供試体は幅と高さが 15cm, 長さ 40cm の寸法で各 2 本作製し、5 日間水中養生と 10 日間水中養生とした後、気温 20°C , 湿度 70% の空气中に放置した。その後材令 28 日で凍結融解試験を開始した。また供試体はこれらの他、同寸法供試体を高さ 5cm にスライスした含水量測定用、熱電対を埋め込んだ温度測定用のものと圧縮強度測定用シリンダー ($\phi 15 \times 30 \text{ cm}$) も作製した。凍結融解は低温室内に設けた、砂と海水の入った槽の中に図-1 のようにセットして行なった。凍結融解の繰返しは、自然の環境条件に近づけるため 1 日 / サイクル ($-10^\circ\text{C} \sim +5^\circ\text{C}$) とし、また槽の下側に温床線をセットし、供試体下部は常時プラスの温度を保つようにした。融解は、上部からの赤外線によった。平均剥離度は供試体打設時の 1 側面で測定した剥離面積と深さより次式のように定義した。

平均剥離度 ($\bar{D}$) = (剥離面積 $\times$ 深さ) / 測定全面積 (mm)

3. 結果および考察 剥離度にコンクリートの初期強度が大きな影響をもつことは、前報ですでに報告している。図-2 は各凍結融解供試体の 65 サイクル時の平均剥離度とこれらと同材料、同配合の円

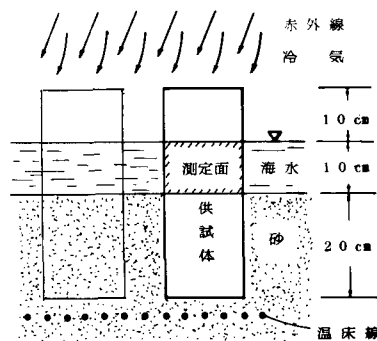


図1 凍結融解供試体

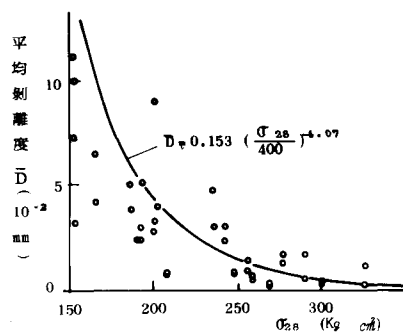


図2 圧縮強度と平均剥離度

柱供試体の圧縮強度をプロットし、その相関を取ったものでよい対応を示している。またこの強度に密接な関係をもつ一つの大きな要因である単位セメント量と平均剥離度の相関を表わしたのが図-3

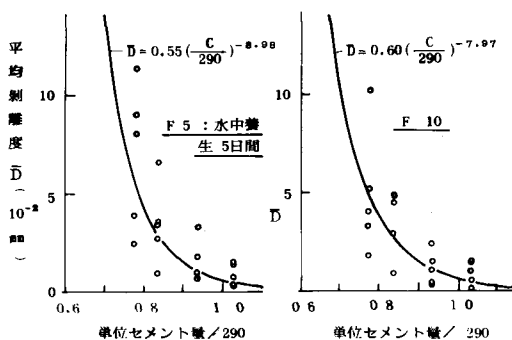


図-3 単位セメント量と平均剥離度

図-4 単位セメント量と平均剥離度

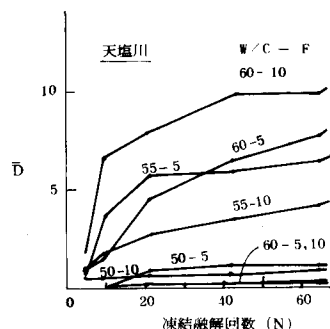


図-5 凍結融解回数と平均剥離度

および 図-4 でそれぞれ5日間水中養生のものと / 0 日間水中養生のものであり、これらのデータをべき回帰したものを実線で示した。横軸は、使用単位セメント量の $290\text{Kg}/\text{m}^3$ に対する比であり、1 近傍から剥離度の増加を示し、0.8 近傍で急

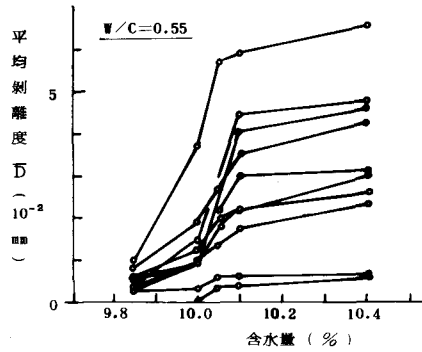


図-6 含水量と平均剥離度

激な増加が認められる。次にこれも大きな要因の一つであると考えられるコンクリートの含水量との相関の一例を 図-5 に示す。これは剥離度測定部位での含水量の時間的変化を基にしたもので、この間の凍結融解の影響も含まれており、各供試体間でかなりのバラツキがあるが、しかし一つ一つの供試体でははっきりした相関が認められる。図-6 は凍結融解回数と平均剥離度との関係を示す一例である。これより水・セメント比の大きい供試体では初期段階の5サイクルからすでに剥離現象があらわれ、増加の割合も大であることが明らかである。次に粗骨材の諸特性と剥離度との関係であるが、ここでは 比重, 吸水率, 安定性, 粗粒率, すりへり, 実積率を求め、平均剥離度とのグラフにプロットしてみたが、はっきりした相関は認められなかった。そこで骨材の個々の特性値から、主成分分析を行ない総合特性値である主成分を抽出して得た品質評価係数と平均剥離度との相関を検べた。その結果 吸水率, 比重, 軟石率等の因子負荷量の多い第1主成分と 安定性, 洗い試験損出量等の因子負荷量の多い第2主成分に対して若干の相関が認められたが、粗粒率, 実積率, すりへり等の因子負荷量の多い第3主成分に対する品質評価係数との相関が前者に比して最も強く認められた。図-7 にその一例を示す。これは粒径分布が適当で、密な粗骨材の存在が、剥離に抵抗する働きをもつものと考えられる。以上を総合してコンクリートの表面剥離の発生、進行に関し、各要因を含めた線形回帰分析により以下の算定式を求めた。なお水分の補給に関する要因、セメントの種類に関するもの、環境条件等に関する要因は取り扱わなかった。

$$\bar{D}_{c5} = 0.619 \left(\frac{A}{4.0} \right)^{-1.330} \cdot \left(\frac{C}{290} \right)^{-9.81} \cdot \left(\frac{N}{6.0} \right)^{0.66} \sqrt{\frac{W/C}{0.47}}$$

$$\bar{D}_{c10} = 0.528 \left(\frac{A}{4.0} \right)^{-0.567} \cdot \left(\frac{C}{290} \right)^{-9.15} \cdot \left(\frac{N}{6.0} \right)^{0.58} \sqrt{\frac{W/C}{0.47}}$$

A : 粗骨材品質評価係数(第3主成分) C : 単位セメント量 (Kg/m^3) N : 凍結融解回数

図-8, 図-9 にそれぞれ5日間水中養生, / 0 日間水中養生の平均剥離度と算定剥離度をプロットしたものを示し、図-10 はこれら2種類の養生の供試体の算定剥離度をプロットしたもので、/ 0 日間水中養生の場合5日間水中養生の場合の平均剥離度は約7割に減ずることがわかる。

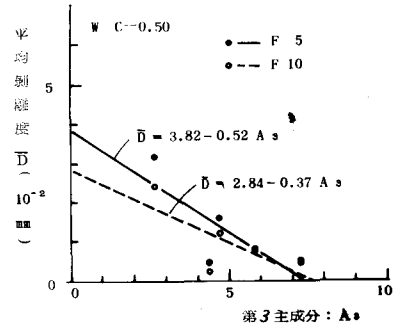


図-7 粗骨材品質評価係数と平均剥離度

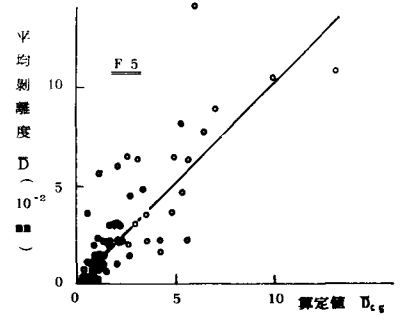


図-8 平均剥離度 算定値と実測値

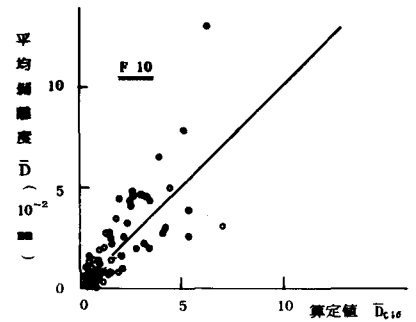


図-9 平均剥離度 算定値と実測値

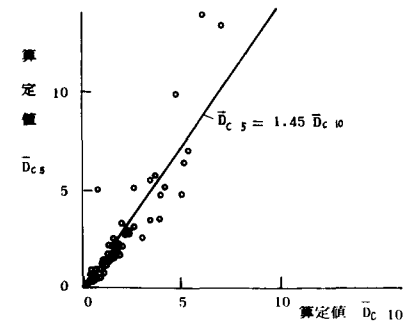


図-10 養生と剥離度の関係