

V-279 寒冷地海洋環境下に曝露されたコンクリートの劣化のワイブル分布による検討

北見工業大学 正会員 桜井 宏
 北見工業大学 正会員 鮎田耕一
 北見工業大学 正会員 岡田包儀
 建設省土木研究所 正会員 宗広一徳

1.はじめに 寒冷地海洋環境下に置かれたコンクリート構造物は、海水による劣化作用や凍結融解作用を受けるため、コンクリート表面のモルタルが剥離して骨材が露出するという劣化現象（表面剥離）が多く見られる。本研究は、寒冷地海洋環境下の表面剥離被害について、オホーツク海岸（紋別）に曝露後9年を経過した供試体の実験結果より、表面剥離被害の発生と進行の程度を把握するためにワイブル分布への適合とその母数に関する検討を行う。

2.方法 供試体の形状と寸法は図-1のとおりである。実験ケースはセメント種、水セメント比、養生条件の違いにより表-1の12種類がある。この曝露供試体について、剥離深さ（mm）、剥離面積率（%）を測定し、それより剥離度（mm: {剥離面積×剥離深さ} / 対象とした全面積）を求めた¹⁾

剥離度の分布状況を適切に把握するために、ワイブル分布への適合を行った。ワイブル分布の確率密度関数 $f(x)$ 、累積密度関数 $F(x)$ は以下の通りである²⁾

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta} \left(\frac{x-\gamma}{\beta} \right)^{\alpha-1} \exp \left[- \left(\frac{x-\gamma}{\beta} \right)^{\alpha} \right] \text{-----式(1)}$$

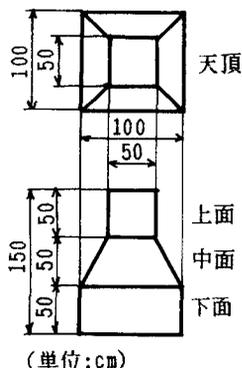
$$F(x) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{x-\gamma}{\beta} \right)^{\alpha} \right] \text{-----式(2)}$$

ここで α は形状母数 (shape parameter), β は尺度母数 (scale parameter), γ は位値母数 (location parameter) を表す。この分布の定義域は $x \geq \gamma$ である。コンクリートの剥離は0または正の値であるので、位置母数を $\gamma = 0$ とおいた二母数ワイブル分布とした。また、 $\alpha > 1$ のときは上に凸の関数となり $\alpha < 1$ のときは下に凸の関数となる。なお、母数 α 及び β は、線形推定法の一つである相関係数法により推定した。

3.結果及び考察

3.1.結果 図-2に普通ポルトランドセメントの剥離度と度数の関係を示した。また、ヒストグラムとワイブル分布の関係を示した。ワイブル分布の有意性の検定としてコルモゴロフ・スミルノフ検定を用いた。帰無仮説を『統計量がワイブル分布に従う』とし有意水準1%で検定を行った結果、仮説は棄却されず、ワイブル分布に適合すると判断することができた。他のセメントのケースについても同様である。

表-1 実験条件及び実験ケース

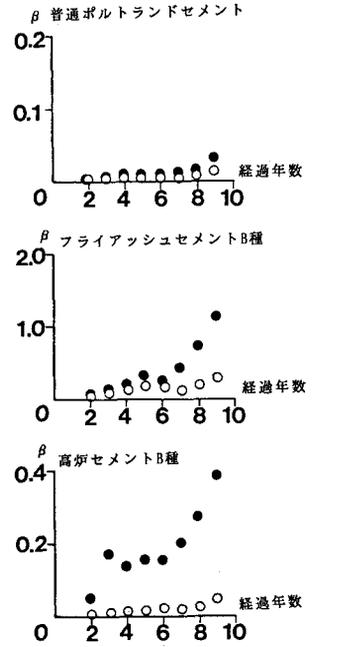
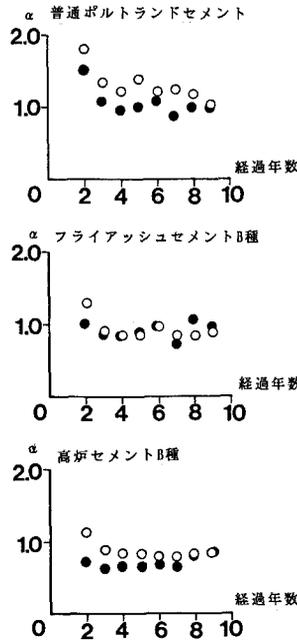
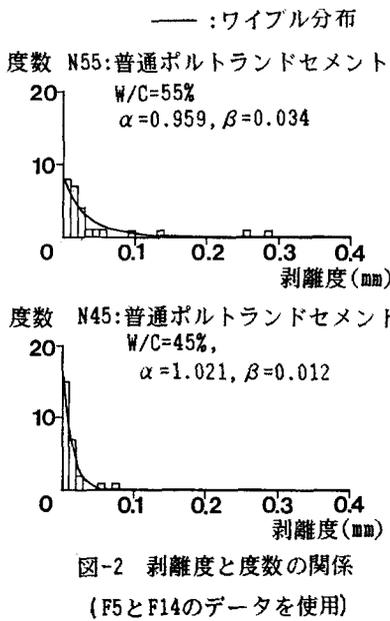


| 外的要因 | | 内的要因 | | | | | | | | | | | | | | |
|---------------|-----------------|---------|------|-------|------|------|---------|------|-------|------|------|---------|------|-------|------|------|
| 年凍結融解回数 (回) | 海岸(汀線)からの距離 (m) | 供試体 No. | セメント | W / C | 養生条件 | 養生日数 | 供試体 No. | セメント | W / C | 養生条件 | 養生日数 | 供試体 No. | セメント | W / C | 養生条件 | 養生日数 |
| 59.4 (8年間の平均) | 30~50 (時期により変動) | 1 | N | 55 | F | 5 | 5 | FB | 55 | F | 5 | 9 | BB | 55 | F | 5 |
| | | 2 | N | 55 | F | 14 | 6 | FB | 55 | F | 14 | 10 | BB | 55 | F | 14 |
| | | 3 | N | 45 | F | 5 | 7 | FB | 45 | F | 5 | 11 | BB | 45 | F | 5 |
| | | 4 | N | 45 | F | 14 | 8 | FB | 45 | F | 14 | 12 | BB | 45 | F | 14 |

N:普通ポルトランドセメント, FB:フライアッシュセメントB種, BB:高炉セメントB種, F:淡水養生, 注, 各供試体につき12面の測定面がある。

図-1 供試体の形状寸法

○水セメント比 45%
●水セメント比 55%



ワイブル分布の形状母数 α 、尺度母数 β と経年変化の関係を図-3、図-4のようになった。 α は、各セメント、各水セメント比とも9年までの結果では、経過年数とともに減少する傾向を示している。これに対し β は経過年数とともに増加の傾向を示している。 β の増加の傾向は、水セメント比45%に比べ、水セメント比55%が大きく。また、セメントの種類別では、高炉セメントB種が特に大きく、以下フライアッシュセメントB種、普通ポルトランドセメントの順である。

3.2. 考察 尺度母数 β は、経過年数及びW/Cとともに増加し、被害の増加する傾向を表すと考えられる。形状係数 α は、9年間では、まだその明確な傾向が現れていない。今後、さらに経年の実験結果をワイブル分布で検討することにより表面剥離被害の進行の程度と分布が予測できると思われる。

4. まとめ 寒冷地海洋環境下に9年間曝露されたコンクリートの劣化である表面剥離被害に対してワイブル分布による検討を行った結果を以下に示す。

- 1) 寒冷地海洋環境下の紋別での曝露実験による剥離度に対して、形状係数 α 、尺度母数 β によって定められる二母数ワイブル分布に適合した確率密度関数 $f(x)$ は、剥離度の分布を有意水準1%でほぼ的確に表した。
- 2) 尺度母数 β は経過年数とともに増加し、水セメント比45%に比べ水セメント比55%が大きい増加の傾向を示していた。さらに、 β は高炉セメントB種で特に大きく、以下フライアッシュセメントB種、普通ポルトランドセメントの順であった。

〔謝 辞〕本研究に御指導と御協力を頂いた北大藤田嘉夫教授、佐伯昇助教授、北見工大林正道学長、猪狩技官に感謝すると共に、昭和63年度吉田研究奨励金の助成に感謝致します。

〔参考文献〕1) 桜井宏、鮎田耕一、佐伯昇:寒冷地海洋環境下に曝露されたコンクリートの表層部の劣化の要因, セメント技術年報41, pp.379-382, 1987

2) 桜井宏、鮎田耕一、佐伯昇、岡田包儀:寒冷地海洋コンクリート構造物の劣化の形態とその進行に関する検討, 土木学会北海道支部論文報告集, 1989, pp.605-610