

3-12

構造コンクリートの凍結融解作用による耐久性劣化を考慮した疲労強度の定式化

浅野工専 ○加藤直樹 日大生産工 木田哲量 日大総科研 近藤 勉
 元日大生産工 今野 誠 日大総科研 須藤 誠
 日大生産工(研究員) 伊澤 閑 防大名誉教授 加藤清志

1. ま え が き

コンクリート構造物の耐久性および耐震性向上は世界的課題である。それゆえ多くの当該研究が実施され、すでにより成果があげられている。しかし、凍結融解劣化を評価する場合、膨大な時間と労力を伴うものである。この難点を克服すべく実用的評価方法が新規に耐久性劣化の現象的事実にもとづき開発された。かくして、実コンクリート構造物に適用可能な表面劣化指数が相対動弾性係数や質量変化に代えてポップ

アウトによる表面欠損率として求められた。さらに本報では表面欠損率・圧縮強度・相対動弾性係数間の相関関係、かつまた、限界相対動弾性係数 $\beta_b=60\%$ は限界表面欠損率 $\alpha=8.0\%$ に相当することをはじめて論じている。このような指数は、表面欠損率が質量変化に比し、高い組織敏感性をもつことを示している。加えて、構造コンクリート強度の割増し係数が耐久性劣化を考慮して定式化された。

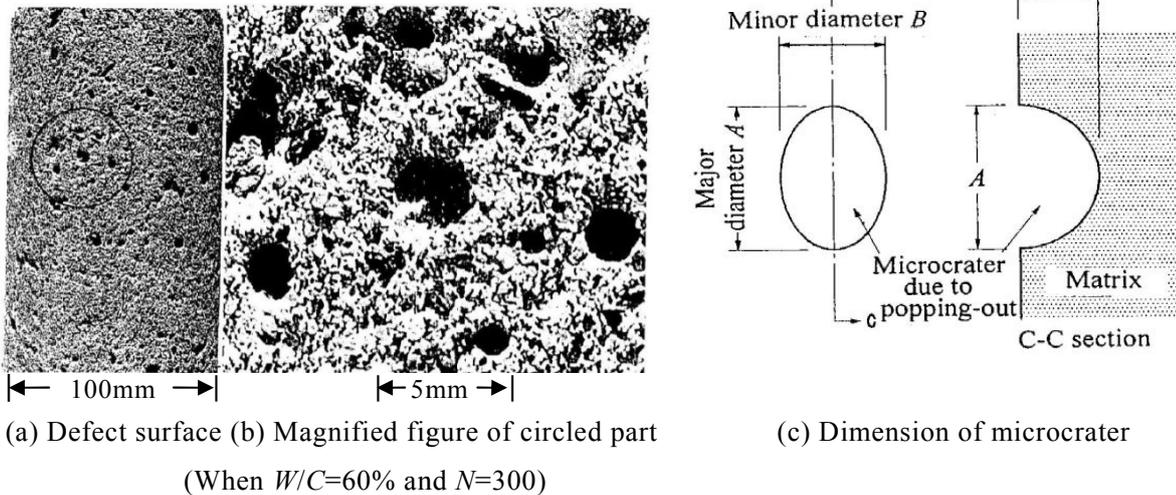


Fig. 1 Microcrater due to popping-out.

Formulation of Fatigue Strength Considering Durability Deterioration due to Freezing and Thawing Action of Structural Concrete

Naoki KATO, Tetsukazu KIDA, Tsutomu KONDO, Makoto IMANO, Makoto SUDO, Shizuka IZAWA and Kiyoshi KATO

2. 実験方法

配合は、水セメント比 50、55、60%の 3 種とした。供試体寸法は $\phi 100 \times 200\text{mm}$ 円柱供試体を用い、促進凍結融解試験法(-5~+5°C)により、30 サイクルごとに動弾性係数、質量、表面欠損率を測定した。表面欠損率 α は図 1 に示す気泡空げきの長径 A と短径 B とから式(1)によった。なお、供試体全表面積を S とした。

$$\alpha = 100 \Sigma (A \cdot B / S) \quad (\%) \quad (1)$$

3. 実験方法と考察

3.1 相対弾性係数と表面欠損率との関係

図 2 は相対弾性係数 β と表面欠損率 α との関係で、式(2)で与えられる。

$$\beta \equiv E_d / E_{d0} \times 100 = 100 \exp(-0.062,5 \alpha) \quad (2)$$

$$E_d = E_{d0} \exp(-0.062,5 \alpha) \quad (3)$$

ここに、 E_{d0} : 暴露前の動弾性係数; E_d 、 α : 暴露 N サイクル時の動弾性係数と表面欠損率。よって、付加規定として限界表面欠損率 $\alpha_b = 8.0\%$ を必要とする。

3.2 表面欠損率・初期動弾性係数・圧縮強度の定式化

三要因相関式は式(4)で与えられる。

$$f'_c = 10^{\{0.054,5 E_{d0} \exp(-0.062,5 \alpha) - 0.180\}} \quad (4)$$

ここに、 f'_c : 暴露 N サイクル時の圧縮強度 (N/mm^2)

3.3 持続荷重の場合の耐久性劣化と対策

終局持続荷重はクリープ限度でもあり、かつ、臨界応力(Critical stress) σ_{cr} に相当する。^{1), 2)} 構造コンクリート強度 $f'_c (f'_{ck})$ は、初期動弾性係数 E_{d0} と表面欠損率 α とにより式(5)で定式化される。

$$f'_c = 0.660 \times 10^{\{0.054,48 E_{d0} \exp(-0.062,5 \alpha)\}} \quad (5)$$

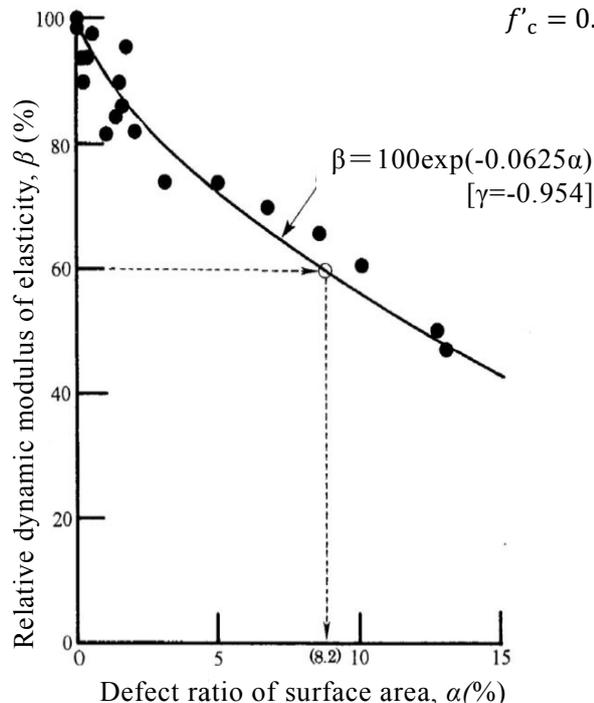


Fig. 2 Relationship between relative dynamic modulus of elasticity β and surface defect ratio α .

また、三要因の相関関係を図3に示す。コンクリート強度は、弾性係数の低下、表面欠損率の増大とともに急激に低下する。図3のキックは限界表面欠損率8%に対応している。包括的には、この限界値以内ではコンクリートの物性に組織敏感であることを意味している。原則的には、当初の設計強度 f_{co} が設計期間中、一定に持続されねばならない。よって、低下分 $\Delta\sigma$ を補強する強度割増係数 κ は式(6)で与えられる。

$$\begin{aligned} \kappa &= \Delta\sigma / f_{co} \\ &= 1 - 10^{[0.054,48 E_{do} \{\exp(-0.063,5\alpha) - 1\}]} \quad (6) \end{aligned}$$

3・4 繰返し载荷の場合の耐久性劣化と対策

短期圧縮载荷時の応力-ひずみ曲線上の比例限度²⁾は、弾性限度としてのみならず繰返し疲労限度としても機能する。³⁾ 疲労強度 f_{rd} は、 f_d を設計強度とし、また、永久荷重による応力度を無視すると式(7)で与えられる。

$$\begin{aligned} f_{rd} &= 0.85f_d \{1 - 17^{-1} \log(2 \times 10^6)\} \\ &= 0.53f_d \quad (7) \end{aligned}$$

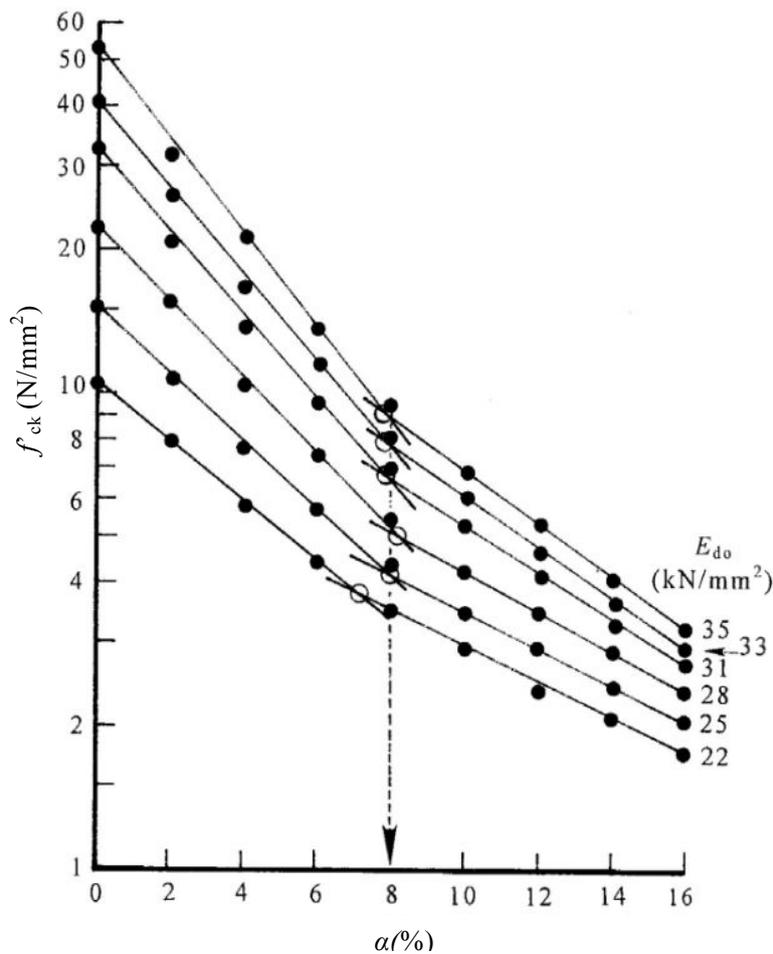


Fig. 3 Logarithmic expression between compressive strength f_c and surface defect ratio α in using dynamic modulus of elasticity E_{do} as parameter.

よって、曲げ疲労強度に関しては設計曲げ強度を f_{bk} とすると、式(8)で与えられる。

$$f_{rd} = 0.22f'_{ck} (\approx f'_{ck}/4.5) \quad (8)$$

いま、設計圧縮強度と圧縮・曲げ繰返し疲労限界表面欠損率 $\alpha_{pI} \cdot \alpha_{pII}$ との関係を図4に、割増し係数に関し図5に示す。いずれの場合も、コンクリート部材の内的構造組織の変動が安定化しているキंक点以上の強度が望まれる。

4. 結 論

表面欠損率は組織敏感であり耐久性評価に有利で、また、劣化度を考慮した強度割増し係数を定量化した。

【謝 辞】 ワープロは藤澤房枝氏の尽力によった。

【参 考 文 献】

- 1) H. Rüschi, "Physikalische Fragen der Betonprüfung," Zement-Kalk-Gips, 12. Jg., Heft 1, S. 1-9 (1959).
- 2) K. Kato, "Microcracks and Physical Properties of Plain Concrete," Proc. of JSCE, No. 208, pp. 121-136 (1972).
- 3) E. Probst, "The Influence of Rapidly Alternating Loading on Concrete and Reinforced Concrete," The Jour. of the Structural Engineer, V. 9, pp. 410-432. (1931).
- 4) JSCE, "Standard Specifications for Concrete Structures" (Materials and Construction), pp. 104-107 (2007).

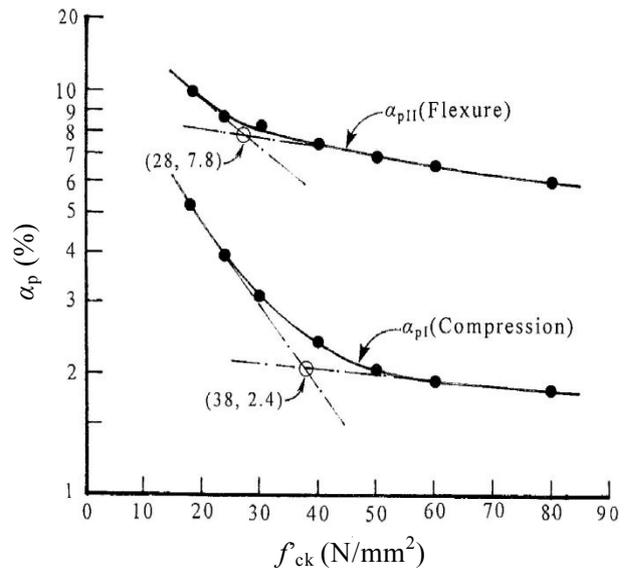


Fig. 4 Logarithmic expression between limiting surface defect ratio α_p and specified compressive strength f'_{ck} .

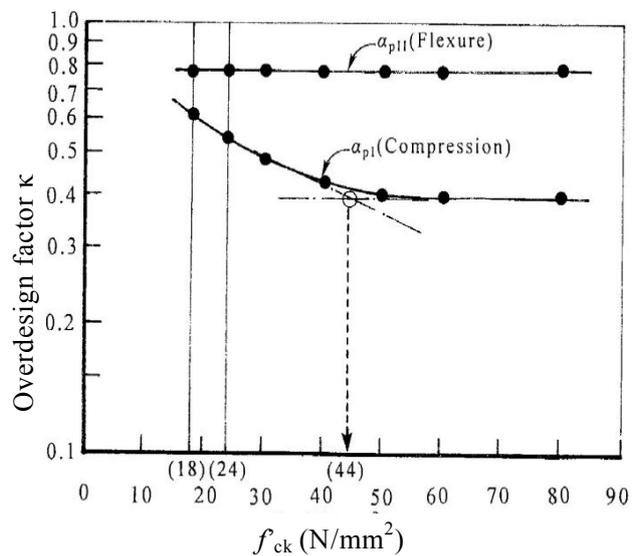


Fig. 5 Relationship between overdesign factor κ and specified strength of structural concrete f'_{ck} considering durability