

# コンクリート表面保護塗膜材料の疲労特性に関する実験的研究

千葉工業大学院 学 生 員 飯塚康弘

東京大学生産技術研究所 正 会 員 西村次男

東京大学 国際産学・共同研究センター フェロー会員 魚本健人

## 1. はじめに

コンクリート構造物のひび割れ補修方法の一つにコンクリート表面保護塗膜材料（以下、塗膜）がある。この塗膜は、繰返し荷重（動的疲労）によってコンクリートのひび割れが開閉する場合、構造物に塗布した塗膜がどのような挙動を示し、またどれだけ耐疲労に優れるかどうかを把握する事は困難であった。そこで著者らは既往の研究<sup>1)</sup>で、一般的に使用されている 15 種類の塗膜材料を用い、100 万回疲労試験を実施した。本研究では、更に長期耐久性を把握する事を目的とし、1000 万回疲労試験を行った。また、ひび割れ部分を覆う塗膜に発生する、「きれつ」長さに着目し、新たな疲労特性を実験的に把握・検討を行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 試験体の作製

70×70×400mm のモルタル試験体の概要を図-1に示す。既往の研究<sup>1)</sup>と同様に、塗膜の破断を誘発させるために中央部に厚さ 0.2mm の模擬ひび割れを導入した。鉄筋中央にはポリホースをかぶせ鉄筋とモルタルの付着を完全に切り、鉄筋両端には補強筋として丸鋼スパイラル筋を導入した。モルタル試験体を 28 日間の養生後、5 種類の塗膜を各社の規格・仕様に従ってモルタル 2 面に塗布する。塗膜は既往の研究(100 万回疲労試験)の結果から「きれつが極端に入る塗膜」、「きれつがあまり入らない塗膜」、「きれつが入らない塗膜」と選定した。使用材料及び物性値を下の表-1に示す。

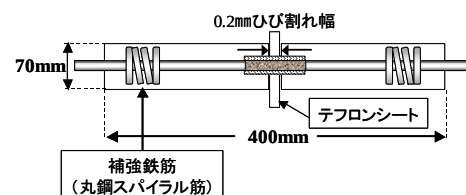


図-1 試験体概要図

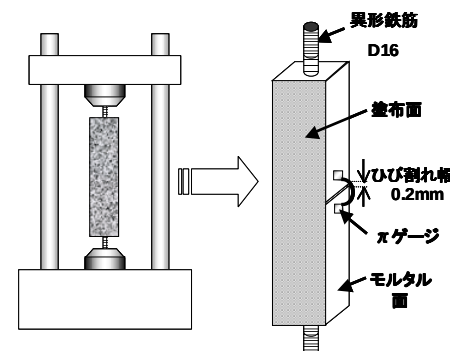


図-2 実験概要図

### 2.2 実験方法

本実験では図-2に示すように、油圧式サーボパルサーを用いて変位制御による疲労試験を行った。一般に許容されている曲げひび割れ幅は0.2mmとされているが、本実験ではさらにひび割れ開口幅が広がる事を想定し、0.4mmまで広げ、その状態で±0.02mmの振幅を与え、完全破断または最高回数1000万回に達するまで疲労試験を行った。今回用いた試験体の数は1種類の塗膜につき各3本、計15本とし、試験終了後、目視によるきれつ長さの計測を行った。また、塗膜のきれつ長さの進展状況を把握するために、回数ときれつ長さをランダムに計測した。

表-1 各種塗膜材料と物性値

| 試験体 | 下塗り材      |          | 中塗り材                 | 上塗り材                 | 総膜厚<br>( $\mu$ m) | ひび割れ<br>追従性(mm) | 色          |      |
|-----|-----------|----------|----------------------|----------------------|-------------------|-----------------|------------|------|
|     | プライマー     | パテ       |                      |                      |                   |                 | 光沢         | 凹凸   |
| A   | エポキシ樹脂系   | エポキシ樹脂系  | 柔軟型<br>エポキシ樹脂系       | 柔軟型フッ素樹脂系            | 690               | 0.85            | 灰色<br>光沢有り | 凹凸無し |
| B   | エポキシ樹脂系   | エポキシ樹脂系  | 厚膜柔軟型<br>エポキシ樹脂系     | フッ素樹脂系               | 350               | 0.91            | 灰色<br>光沢有り | 凹凸無し |
| C   | エポキシ樹脂系   | エポキシ樹脂系  | エポキシ樹脂系              | フッ素樹脂系               | 185               | 2.06            | 灰色<br>光沢有り | 凹凸無し |
| D   | クロロブレンゴム系 | 無し       | クロロスルフォン化<br>ポリエチレン系 | クロロスルフォン化<br>ポリエチレン系 | 公表値無し             | 2.4             | 灰色<br>光沢無し | 凹凸有り |
| E   | エポキシ樹脂系   | アクリル系PCP | アクリル系PCP             | 柔軟型ポリウレタン樹脂          | 1171              | 1.38            | 灰色<br>光沢有り | 凹凸有り |

キーワード：補修，コンクリート表面保護塗膜材料，疲労試験

〒153-0041 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 魚本研究室 tel 03-5452-6098

### 3. 実験結果

疲労試験終了後、塗膜のきれつ長さを計測した結果を既往の 100 万回疲労試験の結果と比較したものを、**図-3**に示す。この図より、100 万回疲労試験と比較すると、きれつ長さは極端に大きくなる。また試験体 NoD に関しては全くきれつが見られない。このように、疲労試験中また終了後に試験体のひび割れに沿って見られる、塗膜のきれつ長さを本実験では疲労特性として用いる事にした。

また塗膜のきれつ長さの進展状況を把握するために、それぞれの試験体を回数ごとにランダムに計測し、疲労回数との関係を**図-4**に塗膜材 B の結果を示す。またこの際の傾きをきれつ進展速度とした。この図より、同じような傾きを示すものがあるのに対し、同一材料でありながらも「B-1-裏」のみ急な傾きを見せている。その原因として、試験体を取りつける際に、若干偏心が生じてしまうことが考えられる。そのため、塗膜両面に不均等な荷重がかかりきれつの進展に差が見られたと推測される。

そこで、各塗膜材料の比較・検討を行うために面各々の平均近似直線で表したものを**図-5**に示す。すべて偏心の影響が顕著に表れている塗膜面は、対象外とした。それぞれの傾きを比較すると試験体 NoD は 0 の値を示しており、試験体 NoA, B についても、比較的緩やかな傾きを示している。逆に試験体 NoC, E は急な勾配を示していることから非常に早い進展速度、つまり非常に高い亀裂進展性を持つことが分かった。

このように、本実験の範囲内では疲労回数と「きれつ」長さの進展性は、ほぼ比例関係で表す事が可能であり、それぞれの材料で傾きが全く違う事が確認できる。この原因として、今回使用した塗膜材料が各層ごとに、同じ材料ではないということが挙げられる。また同じ疲労荷重を受けた場合、試験体 NoC 及び NoD は、ひび割れに沿った「きれつ」が疲労試験の初期段階で入ることになり、ひび割れ部分への何らかの対策が不可欠であると考えられる。試験体 NoD に関しては、長期の疲労荷重を受けても塗膜のきれつの進行は見られないために、その後に及ぼす中性化の進行等は防げると推測できる。

### 4. まとめ

- (1) 1000 万回疲労実験では、塗膜に発生するきれつの長さに極端に差が見られ、100 万回疲労試験と同様の傾向が得られる。またきれつ長さを計測する事で、疲労特性を把握できる事が可能である。
- (2) それぞれの塗膜材料に発生するきれつは、回数と比例関係にあり、進展速度を知ることが可能となった。このきれつの進展速度をもとに、対象となる構造物への有効な材料選定の基準になると考えられる。

**参考文献** 1) 飯塚康弘 他：コンクリート用表面コーティング材料のひび割れ追従性に関する研究，土木学会年次学術講演概要集，第 V 部門，V-404，CD - ROM 版 Disc2，2000

**謝辞**．本研究は東京大学生産技術研究所第 5 部魚本研究室で行ったものであり，多大なご協力を頂いた同研究室の方々，芝浦工業大学卒論生伊波あかね氏に感謝の意を表します。また，供試体に塗膜材料の施工をしていただいた各社の方々にも合わせて感謝の意を表します。

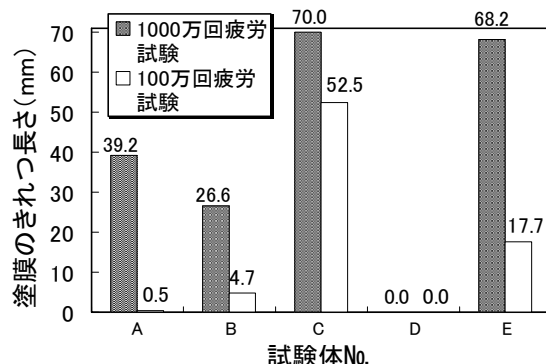


図-3 1000 万回及び 100 万回疲労試験結果

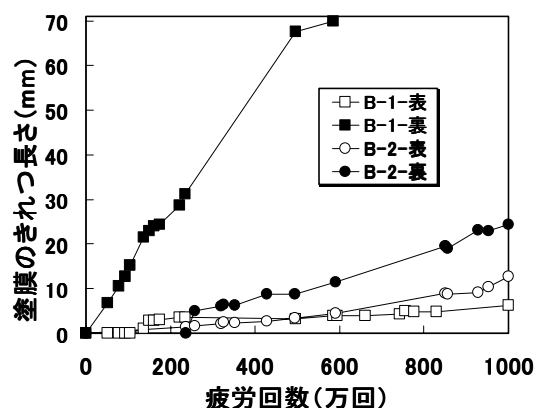


図-4 塗膜のきれつ長さ進展速度

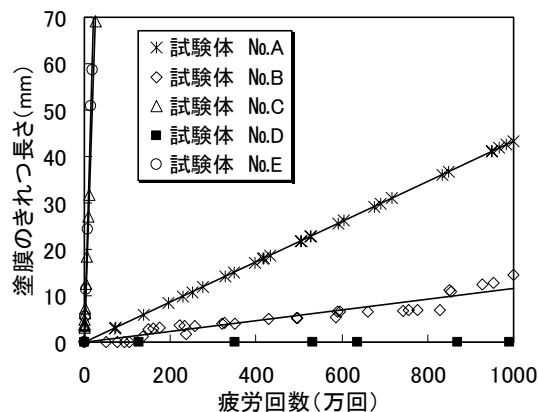


図-5 各塗膜のきれつ長さ進展速度