

# Ⅷ-4 無収縮モルタルの疲労強度

九州大学 工学部 正 員 松下博通

九州大学 工学部 学生員 白川孝一

【まえがき】 各種構造物の間隙注入施工には、セメント系グラウト材が多く用いられている。従来のセメント系グラウト材は、フリージングが大きく、強度の発現が遅いなどの欠点を有していたが、近年では、セメント、細骨材または細骨材と金属骨材および特殊混和材を用いた材料で十分な流動性をもつ配合において、フリージングや体積変化が無視できるほど小さく、かつ所要強度が短期で得られるセメント系無収縮グラウト材が開発され多方面に使用されている。この無収縮グラウト材は、構造物に作用する繰返し荷重の影響を直接受ける場合が多いため、繰返し荷重に対する疲労強度や変形状を明らかにする必要がある。そこで本研究では、無収縮グラウト材の疲労試験を行ないその疲労強度および変形状を求めたもので、以下にその概要を述べる。

【使用材料、供試体】 本実験に使用し 表-1. プレタスコンの配合

に無収縮グラウト材は、電気化学工業(株)製の特殊セメント系無収縮グラウト材、プレタスコンで工場であらかじめ無収縮

性混和材とセメントおよび絶乾状態の細骨材を調整混合したプレミックス製品である。その配合と一般物性を表-1, 2 に示す。モルタルの練り混ぜは可傾式ミキサーで行ないφ10×20cmの円柱供試体に打設した。供試体は材令1日でセメントペーストキャッピングを施し、材令2日で脱型、以後1ヶ月間20±2℃の水中に保存した後、室温20℃、湿度60%の空中養生を行ない、3ヶ月材令で試験した。

【疲労試験方法】 疲労試験に先立って、任意に抽出した供試体により静的圧縮強度を求め、繰返し応力の最小応力をその10%に固定し、最大応力は65~80%とした。繰返し応力は正弦変化応力で200 発または400 発の速度で载荷した。供試体数は応力比ごとに5, 6本とし、

| W/C (%) | C : S | 単位量 (kg/m <sup>3</sup> ) |     |      |
|---------|-------|--------------------------|-----|------|
|         |       | W                        | C   | S    |
| 45      | 1 : 2 | 289                      | 643 | 1286 |

表-3. 疲労試験結果

| 繰返し<br>応力比<br>(%) | r | 疲労寿命  |        | 対数<br>疲労寿命<br>log Nr | p(Nr)<br>(%) |
|-------------------|---|-------|--------|----------------------|--------------|
|                   |   | Nr    | log Nr |                      |              |
| 10 - 80           | 1 | 150   | 2.18   | 85.7                 |              |
|                   | 2 | 210   | 2.32   | 71.4                 |              |
|                   | 3 | 239   | 2.38   | 57.1                 |              |
|                   | 4 | 400   | 2.60   | 42.9                 |              |
|                   | 5 | 700   | 2.85   | 28.6                 |              |
|                   | 6 | 800   | 2.90   | 14.3                 |              |
| 10 - 75           | 1 | 550   | 2.74   | 85.7                 |              |
|                   | 2 | 700   | 2.85   | 71.4                 |              |
|                   | 3 | 1500  | 3.18   | 57.1                 |              |
|                   | 4 | 1644  | 3.22   | 42.9                 |              |
|                   | 5 | 2030  | 3.31   | 28.6                 |              |
|                   | 6 | 3080  | 3.49   | 14.3                 |              |
| 10 - 70           | 1 | 2400  | 3.38   | 85.7                 |              |
|                   | 2 | 3200  | 3.51   | 71.4                 |              |
|                   | 3 | 5800  | 3.76   | 57.1                 |              |
|                   | 4 | 6000  | 3.78   | 42.9                 |              |
|                   | 5 | 7800  | 3.89   | 28.6                 |              |
|                   | 6 | 8250  | 3.92   | 14.3                 |              |
| 10 - 65           | 1 | 10000 | 4.00   | 85.7                 |              |
|                   | 2 | 23300 | 4.37   | 71.4                 |              |
|                   | 3 | 31100 | 4.49   | 57.1                 |              |
|                   | 4 | 39400 | 4.60   | 42.9                 |              |
|                   | 5 | 40000 | 4.60   | 28.6                 |              |
|                   | 6 | 45200 | 4.66   | 14.3                 |              |

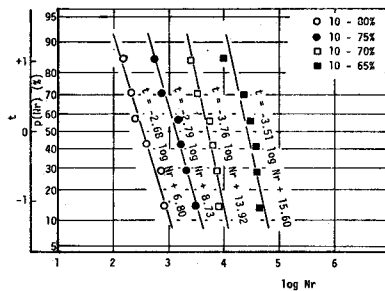


図-1. 対数正規分布へのあてはめ

表-2. プレタスコンの一般物性

| 養生温度 (°C)                                    |      | 5       | 20     | 30     |
|----------------------------------------------|------|---------|--------|--------|
| フリージング率 (%)                                  |      | 0.0     | 0.0    | 0.0    |
| 断 終                                          | 時一分  | 13 - 50 | 6 - 05 | 4 - 00 |
|                                              |      | 21 - 20 | 7 - 45 | 6 - 05 |
| 膨張収縮率 (%)                                    | 1 日  | -0.003  | +0.001 | +0.001 |
|                                              | 3 日  | -0.002  | -0.001 | +0.001 |
|                                              | 7 日  | -0.001  | -0.002 | +0.001 |
|                                              | 14 日 | -0.001  | -0.002 | +0.001 |
|                                              | 21 日 | -0.002  | -0.003 | 0.000  |
|                                              | 28 日 | -0.002  | -0.003 | 0.000  |
| 圧縮強度 (kg/cm <sup>2</sup> )                   | 3 日  | 248     | 410    | 447    |
|                                              | 7 日  | 422     | 523    | 532    |
|                                              | 28 日 | 572     | 645    | 617    |
|                                              | 91 日 | 640     | 667    | 630    |
| 弾塑性係数 (X10 <sup>5</sup> kg/cm <sup>2</sup> ) | 7 日  | 2.84    | 2.91   | 2.98   |
|                                              | 28 日 | 3.26    | 3.49   | 3.30   |
|                                              | 91 日 | —       | —      | —      |
| コンクリートとの付着強度 (kg/cm <sup>2</sup> )           | 7 日  | —       | 30.9   | —      |
|                                              | 28 日 | —       | 32.7   | —      |
| 鉄筋との付着強度 (kg/cm <sup>2</sup> )               | 7 日  | —       | 59.1   | —      |
|                                              | 28 日 | —       | 68.2   | —      |

表-4. 平均疲労寿命および標準偏差

| 繰返し<br>応力比<br>(%) | PRE TASCON |          | PLAIN MORTAR |          | EMBECCO |          |
|-------------------|------------|----------|--------------|----------|---------|----------|
|                   | log N      | D(log N) | log N        | D(log N) | log N   | D(log N) |
| 10 - 80           | 2.54       | 0.37     | 2.41         | 0.79     | 2.15    | 0.42     |
| 10 - 75           | 3.13       | 0.36     | 3.65         | 0.73     | 3.03    | 0.65     |
| 10 - 70           | 3.70       | 0.27     | —            | —        | —       | —        |
| 10 - 65           | 4.44       | 0.28     | 5.24         | 1.61     | 5.56    | 1.15     |

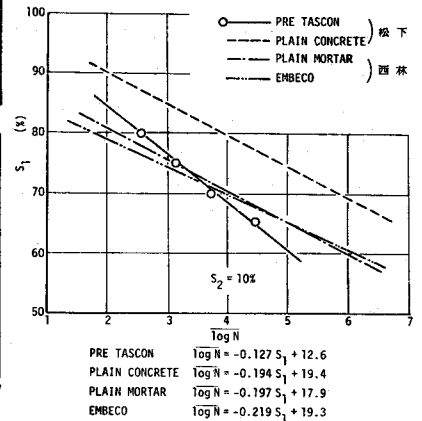


図-2. S<sub>1</sub> - N 曲線

そのうち1本にはストレインゲージを貼布して、静ひずみを測定した。

【試験結果】 疲労試験結果を表-3に示す。これを正規確率紙上にプロットすると、図-1に示すようにほぼ直線に近似でき、疲労寿命が対数正規分布していることがわかる。この回帰直線式より、 $\log N$ 、 $D(\log N)$ を求めて、西林により過去に実施された無収縮グラウト材エムベコ（日電マスタービルダーズ(株)製のプレミックス製品（供試体の $\% = 45\%$ 、 $S_c = 2$ ）およびプレーンモルタル（ $\% = 47\%$ 、 $S_c = 2$ ）の疲労試験結果とともに表-4に示した。これより $S_1 - \bar{N}$ 曲線式を描くと図-2のようになる。図中にはコンクリートの $S_1 - \bar{N}$ 曲線も示しているが、各モルタルの疲労寿命はいずれもコンクリートよりかなり小さくなることがわかる。図-3は最小応力比も考慮した形の $S - \bar{N}$ 曲線式であるが、モルタルでもこの形式が十分に適用できる。各繰返し応力比における平均疲労寿命はモルタル間でやや異なっているが、実験条件の相違、疲労寿命のばらつき、標本数等を考慮すると、モルタル間で大差ないものと考えられ、片振り繰返し応力下でのモルタルの200万回疲労強度は $40 \sim 55\%$ であると思われる。

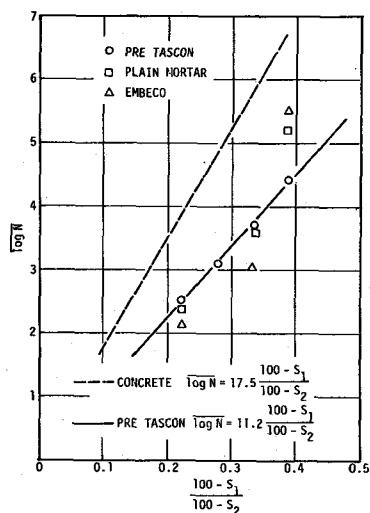


図-3. 最小応力比を考慮した $S - \bar{N}$ 曲線

繰返し応力をうけたモルタルの応力-ひずみ曲線を図-4に、繰返し回数比 $n/N$ に対する、最大縦ひずみ、最大横ひずみ、最大体積ひずみ、静弾性係数およびポアソン比の変化を図-5に示す。モルタルの応力-ひずみ曲線は、初期繰返しから破壊直前に至るまでほぼ直線となり、コンクリートのように繰返し回数に伴う形状の変化はみられない。コンクリートの最大縦ひずみは図-6に示すように3段階に増加していくが、モルタルでは破壊直前まで直線的に増加している。モルタルでも縦ひずみのひずみ速度の対数と疲労寿命の対数は図-7のように直線関係となり、図中に実線で示したコンクリートの回帰直線にほぼ一致する。横ひずみの増加は、最大応力比が大きいほど大きく、そのため体積ひずみも最大応力比が大きいほど少ない。繰返し回数で膨張側に転じている。静弾性係数は直線的に低下し、破壊直前にはコンクリートと同様に、 $\nu = 1$ の弾性係数の60%前後まで低下した。ポアソン比は、横ひずみの影響により最大応力比が大きいほど大きくなるが、コンクリートと異なって、繰返し回数の増加に伴う変化は小さい。

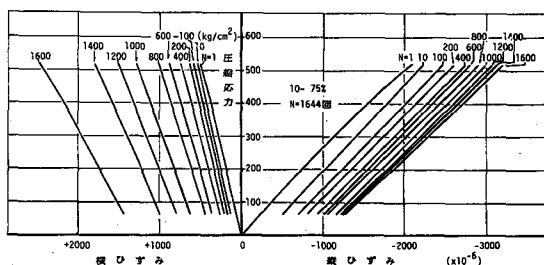


図-4. 応力-ひずみ曲線

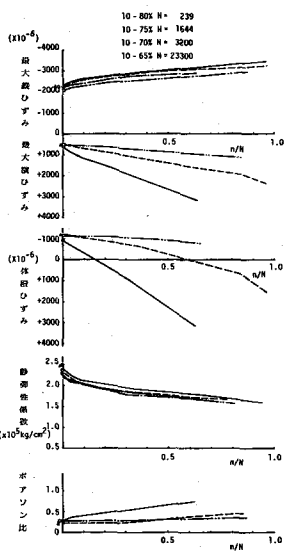


図-5. 繰返し応力比 $n/N$ に伴うひずみ(縦・横・体積)、静弾性係数およびポアソン比の変化

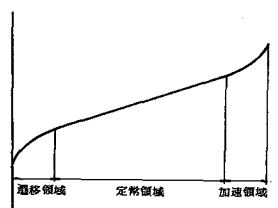


図-6. 応力繰返しに伴う縦ひずみ速度の変化(エカート)

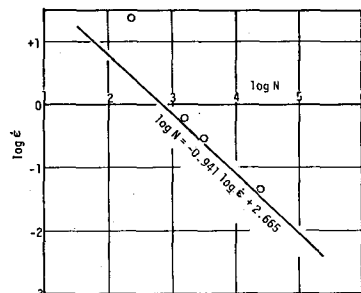


図-7. ひずみ速度と疲労寿命の関係

最後に、本実験にあたり終始御協力いただいた日電化学工業(株)の皆様には厚く御礼申し上げます。  
参考文献 1) Shingo Nishibayashi: "A Text on the Fatigue Life of Non-Shrinkage Mortar by Statistic Treatment", 未発表