

水中におけるコンクリートの疲労特性について

Fatigue characteristics of concrete in water

北海道大学工学部　○学生会員　小田光葉(Mitsuha Oda)

北海道大学大学院　正会員　佐藤靖彦(Yasuhiko SATO)

1. まえがき

コンクリートはその内部に多量の空隙を含む。それゆえ、水中におかれるコンクリートの空隙は、水分によって満たされる。空隙が水で満たされたコンクリートは、そうでない場合と比較して異なった力学挙動を示すことが知られている<sup>1)</sup>。すなわち、既往の研究において、水中における疲労強度は、気中に比べ低下することが報告されている。この理由として、水の持つ表面エネルギーの影響により、少ないエネルギーでコンクリートのひび割れが形成されることに起因することが指摘されている。現在までに、水中におけるコンクリートの疲労強度に関する実験結果は着実に蓄積されてきてはいるが、未だに水中におけるコンクリートの疲労強度低下機構は解明されていない。

本論文では、コンクリート内部に浸透する水分と変形挙動に着目し、水中におけるコンクリートの疲労強度低下の原因を考察する。

2. 実験概要

使用した供試体は、直径 100mm、高さ 200mm の円柱供試体である。この円柱供試体を圧縮強度試験と疲労試験に供した。セメントには早強ポルトランドセメント、細骨材に川砂、粗骨材に川砂利を用いた。配合を表-1 に示す。

表-1 コンクリートの示方配合

| 水セメント比 | 細骨材率   | 単位量[kg/m <sup>3</sup> ] |        |       |        |      |
|--------|--------|-------------------------|--------|-------|--------|------|
|        |        | 水 W                     | セメント C | 細骨材 S | 粗骨材 G  | AE 剤 |
| W/C[%] | s/a[%] |                         |        |       |        |      |
| 63.0   | 45.0   | 175.0                   | 277.8  | 825.5 | 1046.8 | 0.1  |

供試体は打設後翌日脱型、その後水中で 14 日間養生した。

各供試体の内部中央には埋め込みゲージを垂直方向に設置した。供試体養生後、表面には箔ゲージを垂直、水平方向 2 軸方向に 1 本ずつ 2 箇所に、計 4 本貼り付けた。その際、念入りに防水処理を施した。ひずみゲージの貼り付け位置を図-1 に示す。また、各試験条件は表-2 の通りである。

水中試験においては、試験を行う二日前から浸水させ、含水状態であるようにして試験した。すなわち、供試体の重量を量り、重量に変化が見られなくなれば含水状態とみなして供試体を各試験に供した。

疲労試験には容量 250kN の万能試験機を用い、載荷速度は 0.1Hz とした。写真-1 に水中試験の様子を示す。

疲労試験における上限応力度は NW2-1 と NW2-2 が圧縮強度の 80%、NW2-3 が 70%である。下限応力度は 3 体とも圧縮強度の 5%で固定とした。

また水分分析を行うため、圧縮試験であれば試験後、疲労

表-2 実験条件

| No.   | 環境 | 試験内容   | 成分分析 | 上限応力度(%) | 下限応力度(%) |
|-------|----|--------|------|----------|----------|
| NA1-1 | 気中 | 圧縮強度試験 | -    | -        | -        |
| NA1-2 |    |        | -    | -        | -        |
| NA1-3 |    |        | -    | -        | -        |
| NA1-4 |    |        | -    | -        | -        |
| NW1-1 | 水中 |        | ○    | -        | -        |
| NW1-2 |    |        | ○    | -        | -        |
| NW1-3 |    |        | ○    | -        | -        |
| NW2-1 |    | 疲労試験   | ○    | 80       | 5        |
| NW2-2 |    |        | ○    | 80       | 5        |
| NW2-3 |    |        | ○    | 70       | 5        |

試験であれば試験中・試験後に適宜試験に用いた水を採取し、イオンクロマトグラフィーにより溶存イオンを分析した。ただし紙面の都合上、本論文では主としてひずみ挙動について論ずる。

3. 実験結果と考察

3.1. 静的圧縮試験

図-2 に気中圧縮試験の応力-ひずみ曲線を示す。圧縮強度試験を行った 4 体の平均強度は 19.1MPa であり、これを気中静的強度とした。

図-3 に水中圧縮強度試験の応力-ひずみ曲線を示す。3 体の平均は 15.3kN であり、これを水中の静的強度とした。この水中圧縮強度試験は疲労試験の直前に 3 体とも行っており、この強度をもとにして疲労試験の上限応力を定めた。

気中、水中における圧縮強度試験を比較すると、水中の方が低い強度で破壊していることがわかる。気中における平均破断ひずみが 1069 であるのに対し、水中は 879 で破断しており、強度時のひずみも小さい。

破壊性状においても、水中圧縮試験で壊れたものは気中試験で壊れたものに比べ、破壊領域が狭かった(写真-2 参照)。

3.2. 疲労試験

水中にて行った疲労試験 3 体の任意の繰り返し回数における応力-ひずみ曲線を図-4 から 6 に示す。上限応力度を  $S_1=0.8$  にした NW2-1 において、破断までの載荷回数は  $N=33$ 、NW2-2 では  $N=8$  となった。 $S_1=0.7$  とした NW2-3 においては  $N=1010$  であった。

図-7 に示すのは、疲労試験を行った 3 体を S-N グラフ上に

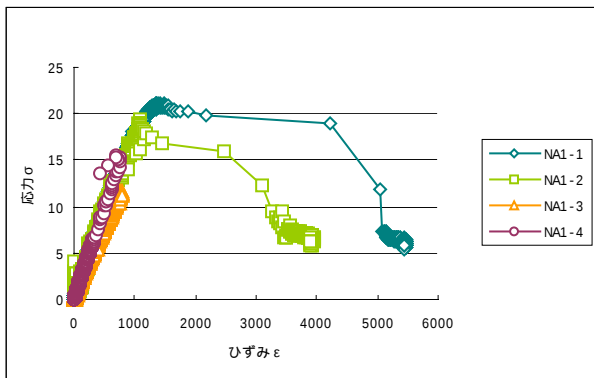


図-2 気中圧縮強度の応力-ひずみ曲線

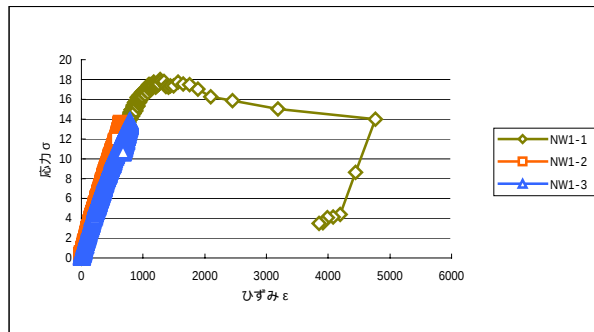


図-3 水中圧縮強度の応力-ひずみ曲線

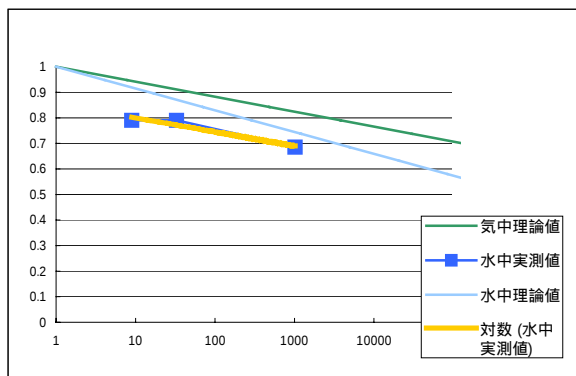


図-6 疲労試験のS-N 曲線



写真-2 水中圧縮試験(左) 気中圧縮試験(右)

プロットしたものである。同時に、土木学会コンクリート標準示方書に示されている気中における一般的な S-N 曲線と、水中における S-N 曲線の式も併せて載せた。

疲労試験の応力-ひずみ曲線について見てみると、いずれもひずみが 800  $\mu$  に達する前に破断しており、水中圧縮強度

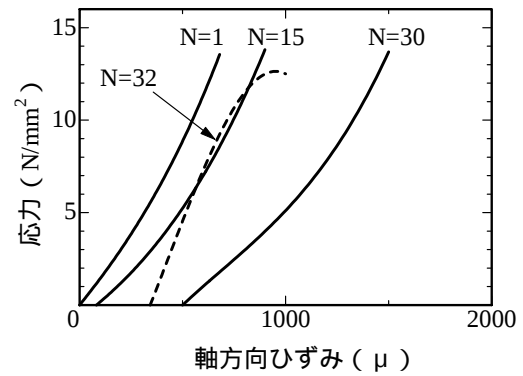


図-4 水中疲労試験(NW2-1)の応力-ひずみ曲線

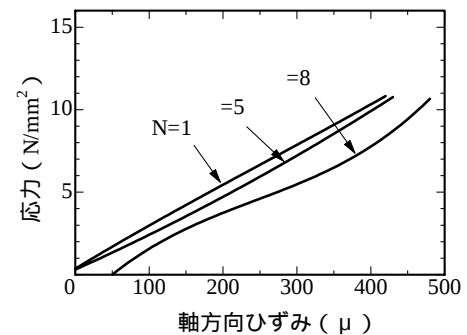


図-5 水中疲労試験(NW2-2)の応力-ひずみ曲線

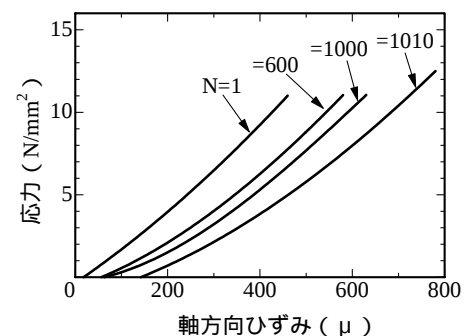


図-6 水中疲労試験(NW2-3)の応力-ひずみ曲線

よりも低くなっている。特に NW2-2 については 300  $\mu$  という低い値で破壊している。

これらの破壊性状を見てみると、圧縮強度試験、疲労試験に関わらず供試体の上部が破壊する傾向にあり、これは本試験で作製した供試体の W/C が大きいことから、供試体がブリーチングを起こしていた可能性が考えられる。先に挙げた NW2-2 も、上部のみが破壊を起こしており、ひずみゲージの設置箇所まで破壊が及んでいない(写真-3)。それゆえ、破壊時にひずみが低下している挙動が見られる。

#### 4. まとめ

本研究ではコンクリートが水中で強度低下を起こす原因を解明するために、コンクリート内部での水やコンクリートそのも

の挙動に着目した。

その結果、水中において気中よりも少ないひずみによって破壊が発生していることがわかった。

今後は引き続きコンクリート内部のひずみに着目しつつ、コンクリートの浸水した水分についても調べていきたい。

## 5. 参考文献

- 1) 松下博通ほか：水中におけるコンクリートの圧縮疲労強度に関する研究，土木学会論文報告集，No.296，pp.87-95，