

ひずみ速度によるコンクリートの疲労寿命予測

宮崎大学工学部 正会員 ○尾上 幸造

宮崎大学大学院 学生会員 鯨津 成瑛

九州大学大学院 正会員 玉井 宏樹

1. はじめに

本稿では、繰返し圧縮応力を受けるコンクリートの疲労寿命をサイクル毎のひずみ増分（ひずみ速度）から予測するための第一歩として、種々の実験条件下で得られたひずみ速度と疲労寿命の関係を整理した結果について報告する。

2. 概要

コンクリートの疲労試験において、繰返し回数と上限応力時のひずみ（载荷軸方向ひずみ）の関係を表す曲線（回数-ひずみ曲線）は、図-1 に示すように、繰返し初期の上に凸な部分（遷移領域）、遷移領域の後に現れる直線部分（定常領域）および破壊近傍の下に凸な部分（加速領域）の3段階に分類される。このうち、疲労過程の大部分を占める定常領域は、微細ひび割れの安定的な成長段階であると考えられており、コンクリートの疲労寿命に多大な影響を及ぼすことが知られている。たとえば、サイクル毎のひずみ増分 $d\varepsilon/dn$ （ ε ：ひずみ， n ：繰返しのサイクル数）を「ひずみ速度」と定義したとき、コンクリートの疲労強度と定常領域におけるひずみ速度は強い負の相関関係にある¹⁾⁴⁾ことが実験的に明らかとなっている。

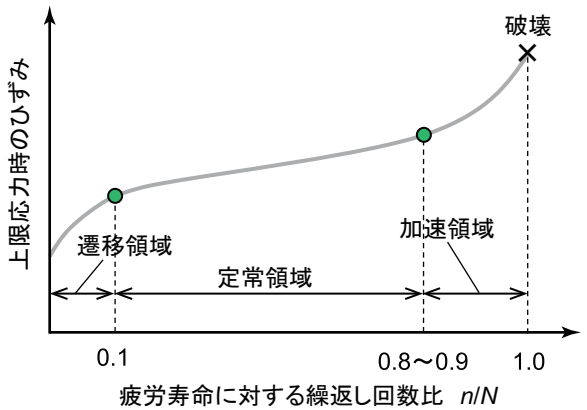


図-1 コンクリートの疲労段階

この関係を適用することで、供試体やコンクリート構造物の疲労寿命をある程度予測できる可能性があるといえるが、現段階では統一的な予測式の提案には至っていない。そこで、異なる研究者によって国内外で実施されたコンクリートの圧縮疲労試験結果を参照し、実験式の整理を行うこととした。表-1 に今回参照したコンクリートの圧縮疲労試験の条件を示す。なお、一般にひずみ速度とは単位時間あたりのひずみ変化量 $d\varepsilon/dt$ （ t ：時間）を意味することが多いが、コンクリートの疲労では $d\varepsilon/dn$ をしばしばひずみ速度と呼ぶため、本稿においてもその表記にしたがう。

3. 結果

図-2 にひずみ速度と疲労寿命の回帰直線の比較を示す。疲労試験の条件が様々に異なるにもかかわらず、回帰直線が概ね一致することは注目に値する。ただし、普通コンクリートに比べると、軽量コンクリートや BFS 入りコンク

表-1 コンクリートの圧縮疲労試験の条件

	供試体の種類	W/C*	粗骨材	供試体形状	疲労試験の環境条件	上限応力比 (%)	下限応力比 (%)	载荷波形	载荷速度
(1)	普通コンクリート(文献1)	0.70	川砂利	角柱	気中	70～90	33.3	三角波	0.5 or 50 N/mm ² /s
(2)	普通コンクリート(文献1)	0.72	石灰石	角柱	気中	70～90	33.3	三角波	0.5 or 50 N/mm ² /s
(3)	軽量コンクリート(文献1)	0.52, 0.66	軽量骨材	角柱	気中	70～90	33.3	三角波	0.5 or 50 N/mm ² /s
(4)	普通コンクリート(文献2)	0.63～0.89	碎石	円柱	気中	80	8	正弦波	5Hz
(5)	BFS入りコンクリート(文献3)	0.44～0.56	川砂利	円柱	気中	65～85	10	正弦波	5Hz
(6)	普通コンクリート(文献4)	0.55	碎石	円柱	液体中**	45～75	10	正弦波	5Hz

*5)については、W/B **供試体の浸潤液体は、界面活性剤希釈溶液、蒸留水および高濃度塩水

キーワード 圧縮疲労，疲労破壊，定常領域，ひずみ速度，疲労寿命予測

連絡先 〒889-2192 宮崎市学園木花台西 1-1 TEL 0985-58-7334 FAX 0985-58-7344

リートの回帰直線は、やや下方に位置することが分かる。骨材特性の違いや混和材使用の有無によって回帰式が異なる可能性も考えられ、この点については今後検討する必要がある。

普通コンクリートについて、既往の文献^{1),2),4)}で報告されている実験データをプロットして図-3に示す。全てのプロットを最小二乗法で回帰して得られた実験式を以下に示す。

$$\log N = -1.008 \log(d\varepsilon/dn) + 2.919 \quad (1)$$

ここに、 N ：圧縮疲労寿命、 $d\varepsilon/dn$ ：ひずみ速度である。重相関係数は0.9671であり、式(1)によって実験条件の異なるいくつかの疲労試験結果をよく説明できる。

4. まとめ

国内外で実施されたコンクリートの圧縮疲労試験結果を参照し、定常領域におけるサイクル毎のひずみ増分（ひずみ速度）と圧縮疲労寿命の回帰直線が概ね一致することを見出した。また、普通コンクリートについて実験結果のプロットを回帰することで、重相関係数の高い実験式を得ることができた。

一般に、コンクリートの疲労試験は多大な労力と時間を要するが、式(1)を用いることで供試体の疲労破壊を待たずに試験を打ち切ることができ、試験にかかる負担を軽減することが可能となる。また、疲労被害を受けるコンクリート構造物については、ひずみの進展状況をモニタリングすることで疲労寿命をある程度予測できる可能性もある。ただし、式(1)は現時点で確認される限られた実験結果にもとづく実験式であるため、汎用性を高めるためには今後のデータの蓄積や解析的な裏付けが必要である。

【参考文献】

- 1) Sparks, P. R. and Menzies, J. B. : The effect of rate of loading upon the static and fatigue strengths of plain concrete in compression, *Magazine of Concrete Research*, Vol. 25, No. 83, pp. 73-80, 1973
- 2) 徳光善治, 松下博通 : 繰返し荷重を受けるコンクリートの疲労強度, *コンクリート工学*, Vol. 17, No. 6, pp. 13-22, 1979
- 3) 松下博通, 矢原輝政, 近田孝夫 : 高炉スラグ微粉末を用いた高耐久性コンクリートの疲労特性, *セメント・コンクリート論文集*, No. 51, pp. 102-107, 1997
- 4) 尾上幸造, 松下博通 : 液体浸漬によるコンクリートの圧縮疲労強度低下に関するエネルギー的考察, *土木学会論文集 E*, Vol. 66, No. 2, pp. 166-178, 2010

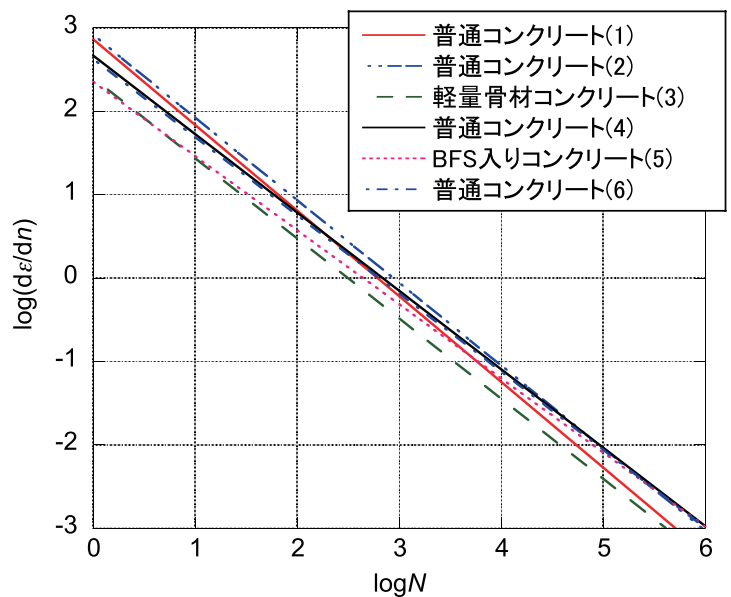


図-2 ひずみ速度と圧縮疲労寿命の回帰直線の比較

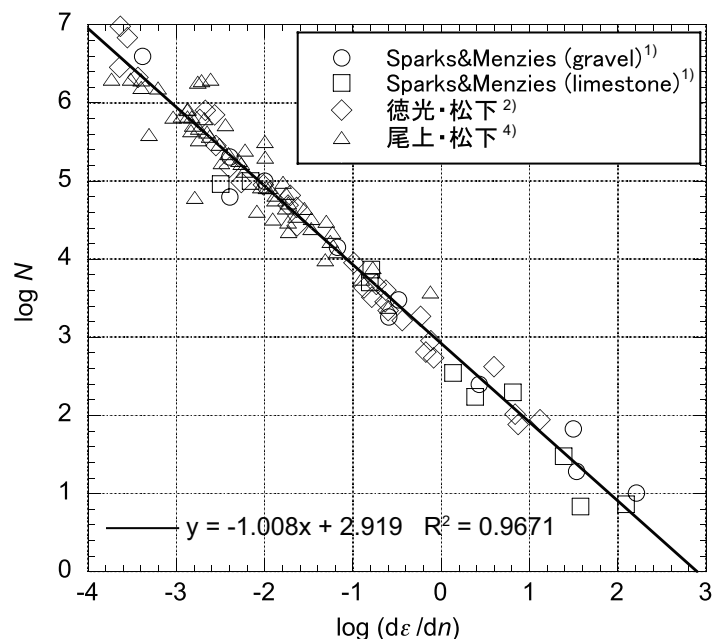


図-3 ひずみ速度と圧縮疲労寿命の関係（普通コンクリート）