

V-537

コンクリートの高ひずみ速度下での強度試験方法の検討

(財)電力中央研究所 正会員 伊藤千浩

(財)電力中央研究所 正会員 白井孝治

(財)電力中央研究所 正会員 大沼博志

1. 目的

一般にひずみ速度が大きくなると、材料の強度が大きくなるといわれているが、このようなひずみ速度依存性については、金属材料では比較的データが充実しているがコンクリート材料については十分であるとはいいがたく、特にひずみ速度が $10^0/\text{sec} \sim 10^2/\text{sec}$ におけるデータは報告例もきわめて少ないのが現状である。このようなことから、当所では解析コードの精度向上に資するため、コンクリート材料のひずみ依存性に関する材料データの充実を図る試験研究を開始した。本報告は、予備的な検討として、金属の材料試験で用いられるホプキンソン棒法をコンクリート材料に適用した材料試験方法および結果について述べる。

2. 試験方法

(1) SHPB法の原理

図-1に、SHPB法の原理を示す。SHPB法は打撃棒を入力棒に衝突させ、試験片両端の入力棒と出力棒で測定される荷重と変位速度から、応力波の1次元伝播理論によって試験片の応力-ひずみ速度関係をもとめるものである。

図-2に、ひずみ波形の伝播の模式図($2L_0 < L_1/2$)を示す。打撃棒の衝突により入力棒にひずみ ε_R のひずみが反射され、出力棒には ε_T のひずみが透過する。これらひずみ波形より、応力-ひずみ関係は

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{C}{L_s} (\varepsilon_I - \varepsilon_R - \varepsilon_T) \\ \dot{\varepsilon} &= \frac{C}{L_s} \cdot \int (\varepsilon_I - \varepsilon_R - \varepsilon_T) dt \text{ ----- (1)} \\ \sigma &= \frac{E}{2} \cdot (\varepsilon_I - \varepsilon_R - \varepsilon_T)\end{aligned}$$

で求められる。

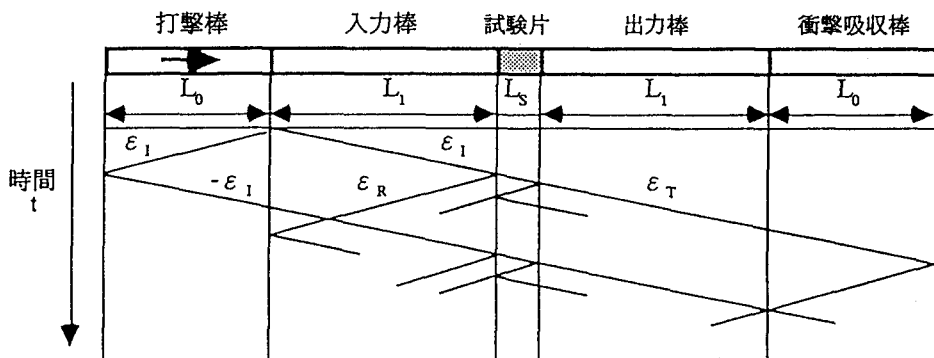


図-1 応力（ひずみ）の伝播状況の模式図

試験片の長さが十分短く、応力や変形が一様となると
きは、

$$\varepsilon = \frac{2C}{L_s} (\varepsilon_I - \varepsilon_T) = -2C \varepsilon_R$$

$$\varepsilon = \frac{2C}{L_s} \int (\varepsilon_I - \varepsilon_T) dt = \frac{2C}{L_s} \int \varepsilon_R dt \quad \text{---(2)}$$

$$\sigma = E \varepsilon_T$$

で求めることができる。ただし、これらの式は、試験
片内を応力波が1～2回しか反射を繰り返さない負荷
初期の段階において誤差が含まれる。

(2) 材料試験装置の試作

図-3に、試験装置の概念図を示す。本試験では、
打撃棒を鉛直のパイプの中を通して自由落下させて、
入力棒に打撃を加える。

主な試験条件を以下に示す。

- ①打撃棒の落下高さ：1.0m～2.0m
- ②試験片の寸法： $\phi 10\text{cm} \times L_s = 5, 10\text{cm}$
- ③入力棒、出力棒および出力吸収棒（軟棒）
の寸法： $\phi 10\text{cm} \times L_l = 150\text{cm}$
- ④打撃棒の寸法： $\phi 10\text{cm} \times L_0 = 50\text{cm}$

3. 試験結果

図-4に、本試験で得られた結果と既往の材料デー
タとを比較して示す。本試験のデータは、ばらつきが
やや大きいものの、定性的には既往の研究結果と良い
対応を示しており、本試験法方法がコンクリート材料
にも適用可能であると判断される。

なお、今回の予備的な検討よりデータの信頼性の向
上には、以下の点を把握する必要がある。

- ・入射波と反射波の分離・検知→入力棒の長さは打撃
棒の3倍以上の長さを要する。
- ・本試験で用いた計測アンプの応答周波数は10KHZで
あり、現象時間が $200\mu \sim 300\mu \text{sec}$ のデータの取
得には、さらに精度のよい計測装置が必要である。
- ・端面摩擦の影響やPochhammer-Chreeと呼ばれる径方
向の振動の影響の把握が必要である。

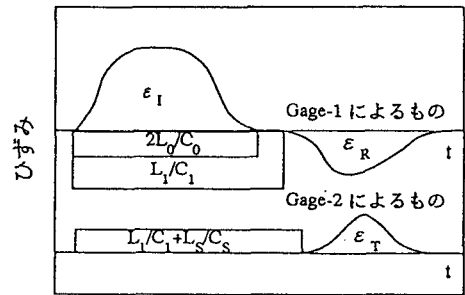


図-2 ひずみ波形
（ $2L_0 < L_1$ の場合）の模式図

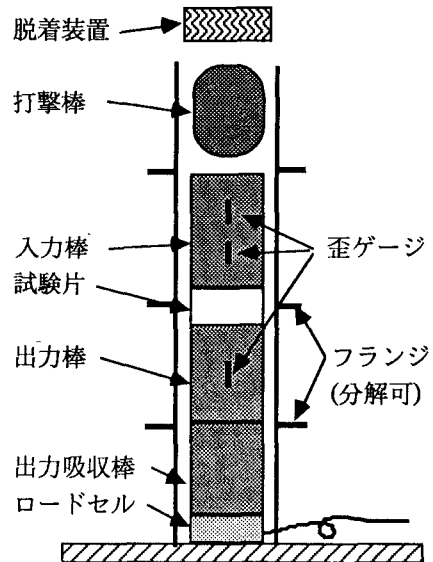


図-3 試験装置概念図

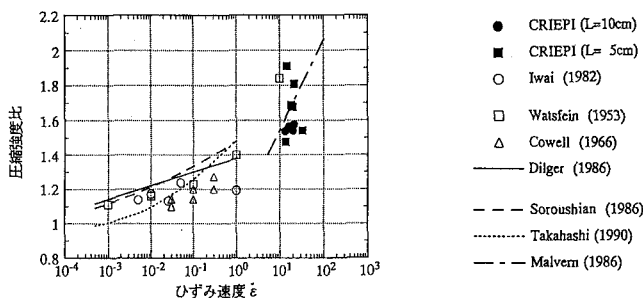


図-4 本試験で得られた結果と既往の材料データとの比較