

I-226 高速せん断荷重を受けるコンクリートの動的せん断特性に及ぼす骨材の影響

防衛大学校 学生員 松本憲幸 正会員 高橋芳彦
正会員 大野友則 正会員 内田 孝

1. はじめに コンクリートのせん断特性に関する既往の多くの研究から、せん断補強筋を用いないコンクリート部材のせん断耐力は、主として骨材のかみ合わせ作用や圧縮部コンクリートのせん断抵抗などの大きさに依存することが知られている¹⁾。本研究は、さらに動的荷重を受けたコンクリート材料が高速で変形するときのせん断特性について実験的に検討したものである。実験では、載荷速度（すなわち変形速度）と骨材粒径の大きさをパラメータとして、これらがコンクリートのせん断特性に及ぼす影響について調べている。

2. 実験の概要 本研究では、骨材粒径の大きさの相違がせん断特性に及ぼす影響を調べる目的から、最大骨材粒径が25mmのコンクリート供試体と最大骨材粒径が5mmのモルタル供試体および骨材の代わりに高強度モルタルを骨材エレメントとして使用したモデル供試体の3種類に対して実験を行った。また、せん断面における骨材断面積の影響を調べる目的から、図-1に示すように径が異なる（φ25, 18, 12mm）骨材エレメントをもつモデル供試体も作成した。供試体はいずれも10×10×40cmの角形供試体で、同一の実験条件について3～4個の供試体に対して実験を行った。供試体の配合は、表-1に示すとおりである。なお、モデル供試体の静的圧縮強度は母体モルタルが393kgf/cm²、骨材エレメントが691kgf/cm²であった。実験は、2面せん断試験法²⁾を用いて行った。すなわち、図-2に示すように2つのエッジ（幅10mm）を有する支持台上に供試体を設置し、上方からエッジ付き載荷体で載荷することにより、供試体を直接せん断破壊させる方法である。なお、支持台エッジの内縁と載荷体エッジの外縁のすきま（せん断ずれ幅）は約0.5mmになるように設置した。載荷速度は静的、低速（0.04m/sec）、高速（4m/sec）の3種類とした。高速および低速載荷実験には高速変形負荷装置を用い、静的載荷実験には200tfアムスラー型試験機を用いた。

骨材割合の検討	骨材粒径の検討
	$\beta = 0.10$ $\phi 25 \times 2$
	$\beta = 0.20$ $\phi 25 \times 4$
	$\beta = 0.44$ $\phi 25 \times 9$
	$\beta = 0.10$ $\phi 18 \times 4$
	$\beta = 0.10$ $\phi 12 \times 9$
骨材エレメントなし	骨材断面積率(β) = 骨材断面積 / 全断面積

図-1 モデル供試体の種類

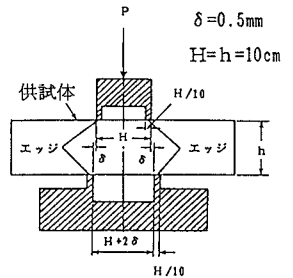


図-2 試験装置の概要

表-1 供試体の配合

供試体の種類	骨材の最大寸法 (mm)	スランブの範囲 (mm)	水セメント比 W/C (%)	単位量 (kg/m ³)			
				水	セメント	細骨材	粗骨材
普通コンクリート供試体	25	8	48	175	365	621	1194
モルタル供試体	5	※210	48	317	660	1123	—
モデル供試体	母体モルタル	5	※210	48	337	702	1191
	骨材エレメント	標準砂	—	303	1011	1011	—

注) ※は、フロー値(mm)を示す。骨材エレメントは、早強セメントを使用。

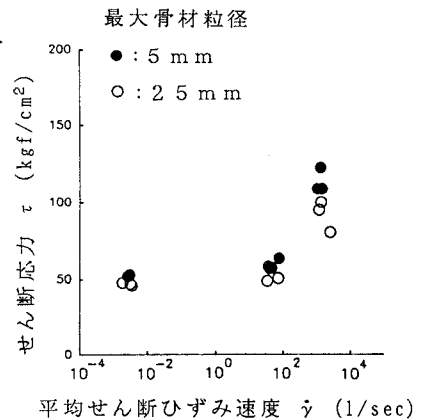


図-3 $\tau \sim \dot{\gamma}$ 関係

3. 実験結果および考察 (1)動的せん断強度と平均せん断ひずみ速度の関係 本研究では、最大のせん断

応力を動的せん断強度 τ_{du} と定めた。また最大せん断応力点に対応するせん断ひずみの大きさをその時点に至るまでの時間で除したものを、平均せん断ひずみ速度 $\dot{\gamma}$ と定義した。図-3から、静的 ($\dot{\gamma}=10^{-2.5}/s$) および低速載荷 ($\dot{\gamma}=10^{1.7}/s$) の場合、せん断強度の大きさは骨材寸法によらずほぼ等しいことがわかる。高速載荷 ($\dot{\gamma}=10^3/s$) の場合は、骨材寸法が5mmの供試

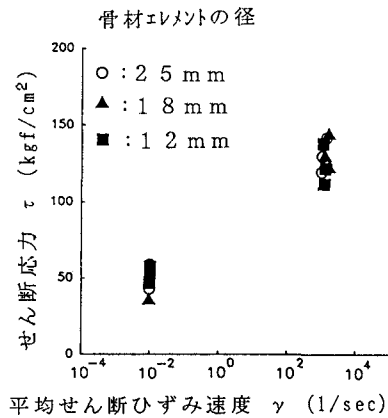


図-4 粒径が異なる

モデル供試体の $\tau \sim \dot{\gamma}$ 関係

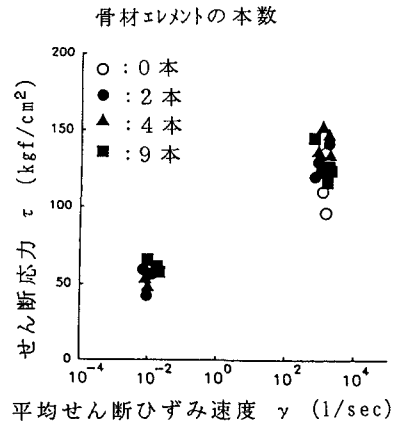


図-5 骨材断面積が異なる

モデル供試体の $\tau \sim \dot{\gamma}$ 関係

体のせん断強度が25mmの供試体よりも約25%大きい値を示している。そこで、骨材の存在が高速載荷時のせん断強度の大きさに影響を及ぼすのは、せん断面における骨材の大きさ（せん断面にあらわれる骨材断面積は等しい）あるいは骨材断面積の大きさの相違のいずれかを調べる。図-4は、径が異なる骨材エレメントの本数を変えて、せん断面にあらわれる骨材断面積を等しくした場合の結果である。図から、静的および高速載荷のいずれも径の大きさの影響は認められない。次に、図-5は骨材エレメントの径は25mmで本数が異なる場合、すなわち骨材断面積の大きさが異なる場合の結果である。静的載荷に対しては、骨材断面積の大きさの影響は認められない。しかし高速載荷に対しては、骨材断面積の影響が認められる。すなわち、骨材エレメントの本数が0, 2, 4と増加する（断面積が増加する）につれて、平均せん断強度が114kgf/cm², 129kgf/cm², 142kgf/cm²と上昇する。しかしながら、骨材エレメントが9本の場合は129kgf/cm²であり、4本の場合よりも低い値を示す。つまり、高速載荷に対しては骨材断面積の増加が必ずしもせん断耐力を上昇させることにはならず、コンクリートのせん断面積当りの最適骨材断面積が存在するものと考えられる。今後、さらに骨材寸法や骨材断面積を種々変化させた実験を行うことにより、せん断耐力の上昇と最適骨材断面積の関係を明らかにすることができると考える。なお、本研究で用いたモデル供試体は骨材エレメントと母体モルタルの強度差が小さかったために、骨材エレメントをパラメータとした実験の結果に顕著な差は認められなかった。したがって、骨材エレメントと母体モルタルの強度差を大きくしたモデル供試体を用いた実験を行って、さらに骨材径や骨材断面積の影響について検討する必要がある。

(2) 平均せん断応力速度と平均せん断ひずみ速度の関係 平均せん断応力速度 $\dot{\tau}$ (最大せん断応力をその時点に至るまでの時間で除した値) と平均せん断ひずみ速度 $\dot{\gamma}$ の関係を、図-6に示す。図から、両対数で表示した両者の間には、良好な線形関係のあることが認められる。また骨材粒径の大きさの違いはほとんど無視できることが認められる。本実験に基づけば、平均せん断応力速度 $\dot{\tau}$ と平均せん断ひずみ速度 $\dot{\gamma}$ の関係が次式で与えられる。

$$\dot{\tau} \text{ (kgf/cm}^2\text{/sec)} = 4.0 \text{ (kgf/cm}^2\text{)} \times \dot{\gamma}^{0.9} \text{ (1/sec)} \quad (1)$$

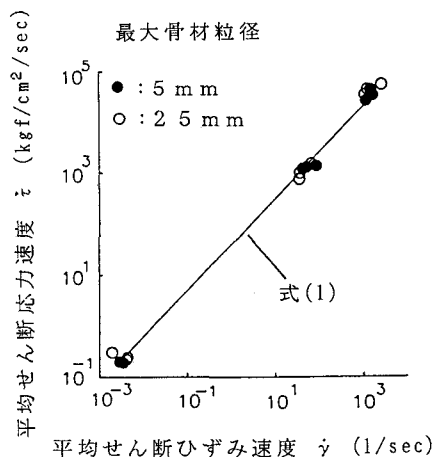


図-6 $\dot{\tau} \sim \dot{\gamma}$ 関係

1) 日本建築学会：鉄筋コンクリート終局強度設計に関する資料、pp. 52～55、昭. 62. 9 2) 土木学会：鋼繊維補強コンクリート設計施工指針（案）、pp. 62～64、昭. 58. 3