

コンクリートの動的引張軟化挙動の計測

防衛大学校 正会員 藤掛一典 防衛大学校 学員 上林勝敏
防衛大学校 正会員 大野友則 前橋工科大学 正会員 江守克彦

1. はじめに

急速一軸引張載荷を受けるコンクリートの軟化領域における挙動は、未だ十分には把握されていない。これは、コンクリートが脆性材料であるために引張軟化領域では破壊が極めて急速に進行し、かつコンクリートの引張変形量が微小であることから引張軟化挙動を計測することが極めて困難であるという実験技術上の問題に起因していると考えられる。そこで本研究では、コンクリートの動的軟化挙動を計測するための試験方法について検討するとともに、載荷速度をパラメータとする急速一軸引張試験を行い、載荷速度がコンクリートの引張軟化挙動に及ぼす影響について検討する。

2. 計測方法

本研究では、コンクリートの動的引張軟化挙動を計測するための一つのアイデアとして、図-1に示すような両端の境界で変形が等しくなるように結合されたコンクリートと鋼材からなる合成構造体を考える。鋼材の場合、降伏応力は載荷速度の影響を受けるが弾性係数はほとんど影響を受けないことが知られている。このことから、全体荷重ならびに鋼材のひずみが既知でその値が弾性範囲内にあれば、簡単にコンクリートの応力-変形量関係を求めることができる。また、コンクリートと鋼材から成る合成構造体の場合、その長さやそれぞれの断面積を調整することで、合成構造体全体の荷重-変形関係を右上がりの単調増加型にすることができ、例えは静的一軸引張載荷において特殊な試験装置を用いなくともコンクリートが最大引張強度に達した後も安定して実験を行うことができるという利点もある。

3. 実験概要

試験体の試験装置への納まり具合や各種の検討を行い、試験体の形状を最終的に図-2のようにならべた。コンクリートの引張軟化曲線を得るために、試験体には鋼材(材質: S45C, 弾性係数: 206.0 kN/mm^2)が中央に埋め込まれている。また、試験体には、要素試験部分(長さ $L=40\text{mm}$)と定着部分(両側にそれぞれ 80mm)がある。要素試験部分では、その範囲にある鋼材にビニールパイプ(外径 $\phi 24\text{mm}$)を巻くことでコンクリートと完全に縁切りしている。よって、要素試験部分で鋼材とコンクリートとの付着が問題になることはない。また、要素試験部分のコンクリートに確実にひび割れを導入する目的で、この中央部分の両側面に $5\text{mm} \times 5\text{mm}$ の切り欠きを入れた。試験体に用いたコンクリートは、 $G_{\max}=10\text{mm}$, $f'_c=34.1\text{N/mm}^2$ である。

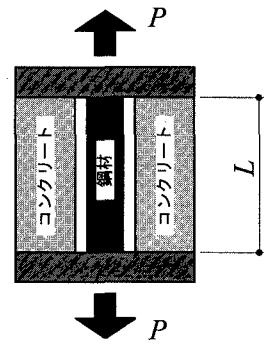


図-1 コンクリートと鋼材の合成構造体

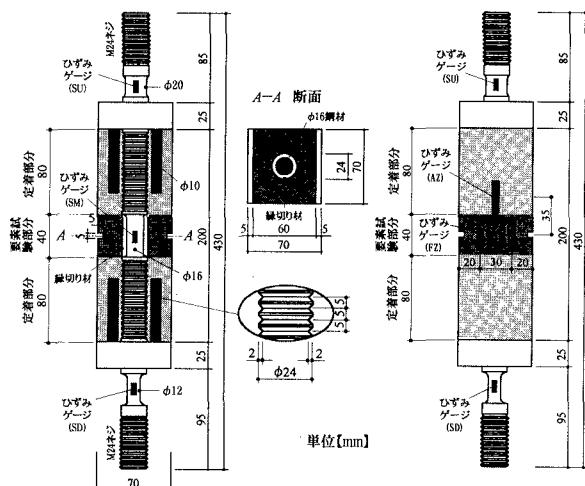


図-2 試験体の概要

キーワード：急速一軸引張載荷、ひずみ速度、引張軟化挙動、計測方法

連絡先：〒239-8686 横須賀市走水1-10-20, 電話(0468)41-3810(内線3521), FAX(0468)44-5913

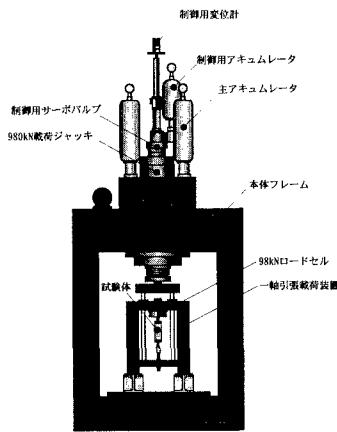


図-3 実験装置の概要

実験は図-3に示すようにサーボ制御式急速載荷装置(最大荷重容量 980kN, 最大載荷速度 4m/sec)に一軸引張載荷装置を組み込んで行っている。載荷速度は、ひずみ速度表示で静的 2×10^{-6} (1/sec)、低速 3.2×10^{-3} (1/sec)、中速 4.6×10^{-2} (1/sec)および高速 2.2×10^{-1} (1/sec)の4種類である。なお、各載荷速度に対して3体づつの実験を行っている。本実験における計測項目は試験体に作用する荷重、鋼材のひずみ(SU,SM,SD)およびコンクリートのひずみ(FZ,AZ)である。

4. 試験方法の妥当性に関する検討

高速載荷において得られた試験体に作用する荷重ならびに各ひずみの時刻歴の一例を図-4に示す。この図から、要素試験部分のコンクリートが最大引張強度に達するまでは要素試験部分のコンクリート表面のひずみ(FZ)と鋼材のひずみ(SM)はほぼ等しいとみなすことができる。その後、要素試験部分のコンクリートが最大引張強度に達すると、この部分のコンクリート表面のひずみ(FZ)が急増する。また、図-4(c)には、定着部分のコンクリートと鋼材の付着が完全であるという仮定に基づいて計算したひずみの値を示してある。定着部分のひずみは、要素試験部分のコンクリートが最大引張強度に達した後で若干減少する傾向を示すが、ほぼ計算値に対応している。

このことから、定着部分についてもコンクリートと鋼材のひずみはほぼ等しくなっており、要素試験部分の境界でコンクリートと鋼材の変形は等しいという仮定は成り立っていると考えてよい。よって、要素試験部分における鋼材で計測された変形量をコンクリートの変形量とみなしても実用上問題ないと考える。

5. 載荷速度が引張軟化挙動に及ぼす影響

各載荷速度に対して得られた代表的な要素試験部分($L=40mm$)におけるコンクリートの引張応力-変形関係を、図-5に示す。この図から、載荷速度が大きくなると、最大引張強度が増加するとともにポストピークの軟化勾配が急になる傾向にあることが認められる。すなわち、載荷速度が大きくなると引張強度は増加するが脆性化する傾向にあると考えられる。

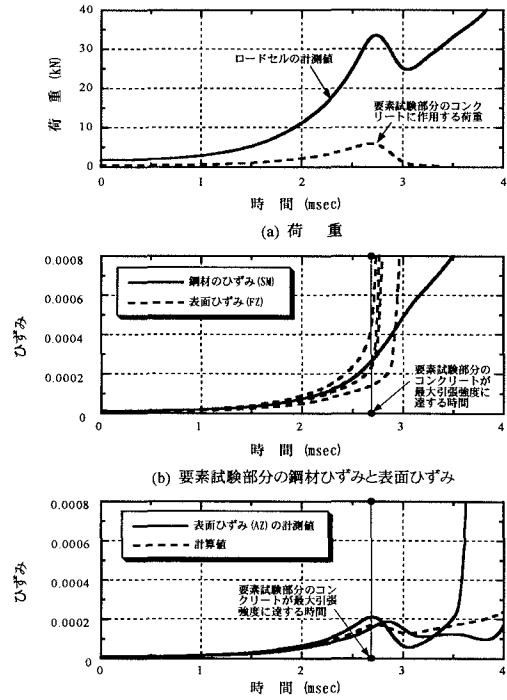


図-4 高速載荷における荷重およびひずみの時刻歴

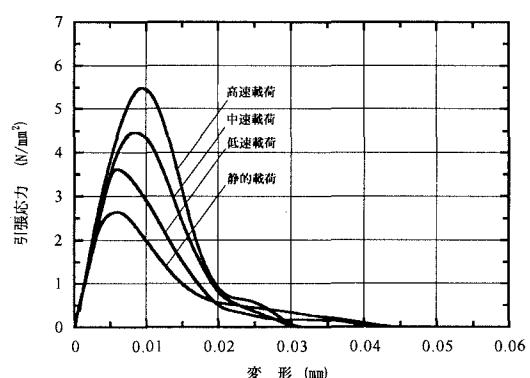


図-5 各載荷速度における引張応力-変形関係