

含水コンクリートの強度及び初期弾性のひずみ速度効果発現メカニズムの検討

法政大学 学生会員 ○鍛冶哲理
法政大学 正会員 藤山知加子

1. 目的

本研究の目的は高速荷重による含水コンクリートの強度や弾性といった力学特性の変化を定量的に表すことである。コンクリート細孔中に存在する凝縮水の圧力変化に着目し、コンクリート材料のひずみ速度依存性を実験的に分析した。

2. 試験概要

2.1 パラメータ及び供試体概要

円柱コンクリートの一軸圧縮強度試験を行った。試験パラメータを表-1 に示す。W/C は異なる細孔構造の形成を期待するため 30%, 35%, 40%, 50%, 60%, 65%, 70% の 7 種類とした。載荷速度は、ひずみ速度を指標とし高速($7.0 \times 10^{-4} \sim 1.9 \times 10^{-3}/sec$)、低速($9.0 \times 10^{-6} \sim 6.0 \times 10^{-5}/sec$)の 2 種類とした。供試体寸法は $\Phi 100 \times 200mm$ で水中養生を 28 日間行った。また、供試体は試験直前まで水中にあり、表面を軽く拭いた後、圧縮試験を行った。

表-1 試験パラメータ

W/C	供試体数	載荷速度	
		高速	低速
30%	3	○	-
	2	-	○
35%	3	○	-
	3	-	○
40%	8	○	-
	6	-	○
50%	11	○	-
	9	-	○
60%	8	○	-
	5	-	○
65%	3	○	-
	3	-	○
70%	3	○	-
	3	-	○

2.2 測定項目

測定項目は荷重、縦ひずみ量、横ひずみ量とした。荷重はロードセルによって計測し、ひずみ量はひずみゲージを円柱供試体表面に張り、計測した。縦ひずみとは、軸方向のひずみであり、横ひずみとは、軸方向に対して直交方向のひずみである。

3. 結果

3.1 ひずみ速度、ポアソン比、初期弾性係数、増加倍率の定義

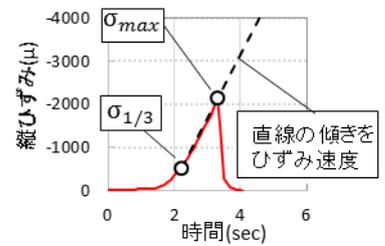
ひずみ速度及びポアソン比の定義を図-1 に示す。ひずみ速度の算出は、縦ひずみ-時間の関係において、強度の 1/3 点のひずみから強度点のひずみまでの勾配をひずみ速度とした(図-1(a))。ポアソン比とは、縦ひずみ値を横ひずみ値で除した値とした(図-1(b))。また、初期弾性係数とは、応力-ひずみ曲線において強度の 1/3 点を強度の 1/3 点のひずみで除した値とした。増加倍率とは、高速載荷時の値を低速載荷時の平均の値で除したものとした。

3.2 試験結果

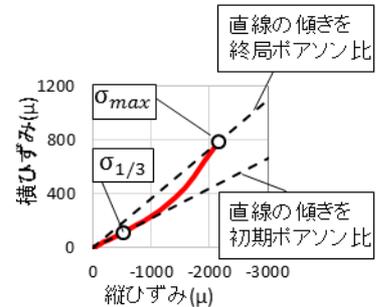
各 W/C の結果の一例として、W/C=65% の応力-ひずみ曲線を図-2 に示す。高速載荷時を低速載荷時と比較すると、強度は 10%以上増加、縦初期弾性係数は約 10% 程度の増加、横初期弾性係数は約 8% の減少を示した。各 W/C において強度、縦初期弾性係数は増加、横初期弾性係数は減少を示したが、W/C の違いによる傾向は確認できなかった。

3.3 圧縮強度及び弾性係数の増加倍率のひずみ速度依存性

既往の研究¹⁾²⁾³⁾の回帰式と併せて本研究の試験結果を図-3 に示す。圧縮強度増加倍率では、W/C=40% の一部は約 0.9 だが、他のケースは 1.1~1.3 であり、既往の研究と同様な傾向を示した(図-3(a)) 縦弾性係数増加倍率では、W/C=60% の一部は約 0.97 だが、他のケースは 1.0~1.1 であり回帰式と重なることが確認された(図-3(b))。引張弾性係数増加倍率では、W/C=70% を除くほぼ全てのケースで 0.9~1 であり減少傾向を示し、回帰式とは異なる



(a) ひずみ速度



(b) ポアソン比

図-1 用語の定義

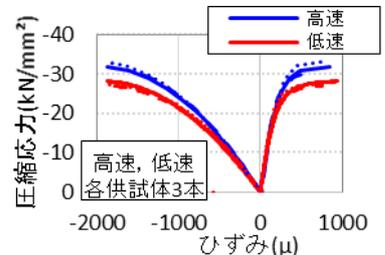


図-2 応力-ひずみ曲線

キーワード 含水コンクリート、ひずみ速度、ポアソン比、間隙水圧

連絡先 〒 162-0843 東京都新宿区市谷田町 2-33 法政大学 TEL03-5228-1406

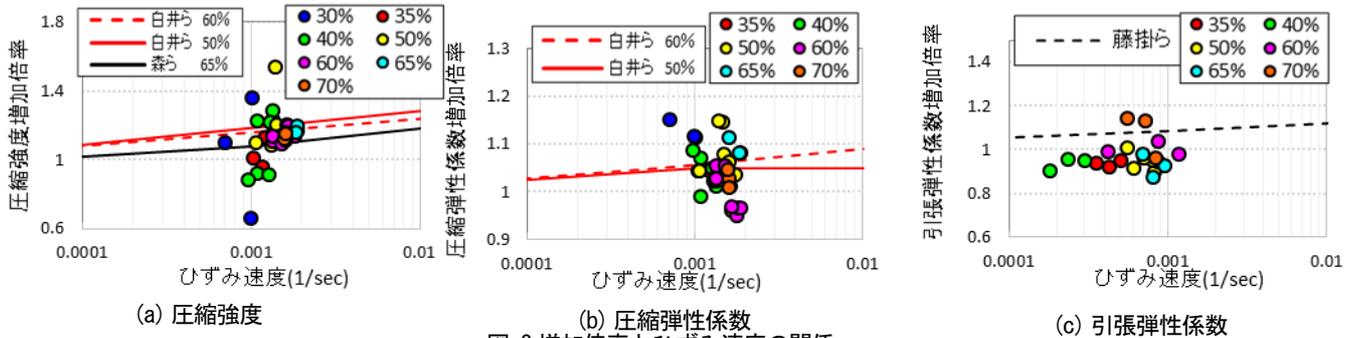


図-3 増加倍率とひずみ速度の関係

る結果となった(図-3(c)). 藤掛らは直接引張試験を行い弾性係数増加倍率の算出しており、本研究と試験方法が異なるためと考えられる。ここでは、横ひずみから算出した弾性係数増加倍率を引張弾性係数増加倍率として比較した。

3.4 ポアソン比のひずみ速度依存性

本研究の全ケースの初期状態、終局状態のポアソン比とひずみ速度の関係を図-4に示す。初期状態では、高速載荷時は低速載荷時に比べ、増加する傾向であった(図-4(a)). また、終局状態では高速載荷時は低速載荷時よりも減少する傾向を示した(図-4(b)).

S. Harsh ら⁴⁾の含水モルタルの圧縮試験では、載荷速度 $3.0 \times 10^{-6}(1/sec)$ 時にポアソン比は2.0であったが、載荷速度 $1.5 \times 10^{-1}(1/sec)$ 時のポアソン比は2.7まで増加したという報告もある。本研究も同様に、高速荷重によって含水モルタル細孔内で間隙水圧が発生しポアソン比に影響を及ぼしたと考えられる。

4. 考察

高速荷重を受ける含水コンクリートの圧縮強度、縦横弾性係数、ポアソン比の増減は、載荷速度上昇に伴い発生した間隙水圧によるものと考えられる。コンクリート細孔中の間隙水圧発生時の模式図を図-5に示す。載荷初期状態では、軸方向に荷重を負担する水圧が発生するため、縦ひずみが伸びにくくなる。横方向には横ひずみを増加させる水圧が発生する。また、終局状態では、軸方向は荷重を水圧が負担し続けているが、横方向では水圧がコンクリートの引張強度を上回り、軸方向にクラックが進展する。従って横ひずみの伸びは抑制されたと考えられる。

5. 結論

- I. 含水コンクリートにおいて強度、弾性のひずみ速度依存性を確認した。
- II. 高速載荷の場合、初期ポアソン比は増加、終局ポアソン比は減少した。
- III. 強度、弾性、ポアソン比の変化は、載荷速度上昇によって発生したコンクリート細孔中の間隙水圧による影響と考察された。

謝辞

本研究は JSPS 科研費 No. 24686054 の助成を受けた。ここに謝意を表す。

参考文献

- 1) 森孝二ら：高ひずみ速度下におけるコンクリートの圧縮および引張強度特性に及ぼす含水率の影響，構造工学論文集，VOL.47A，pp.1673-1681，2001
- 2) 白井孝治ら：コンクリートの高温下における材料強度のひずみ速度依存性，建造物の衝撃問題に関するシンポジウム講演論文集，pp.211-216，2000
- 3) 藤掛ら：急速 - 軸引張試験においてコンクリート円柱供試体の高さ寸法の違いが引張特性に及ぼす影響，土木工学論文集，pp. 83-95，1998.
- 4) S. Harsh, Z. Shen and D. Darwin : Strain-Rate Sensitive Behavior of Cement Paste and Mortar in Compression, ACI Materials Journal, 87, NO.5, pp. 508-516, 1990.

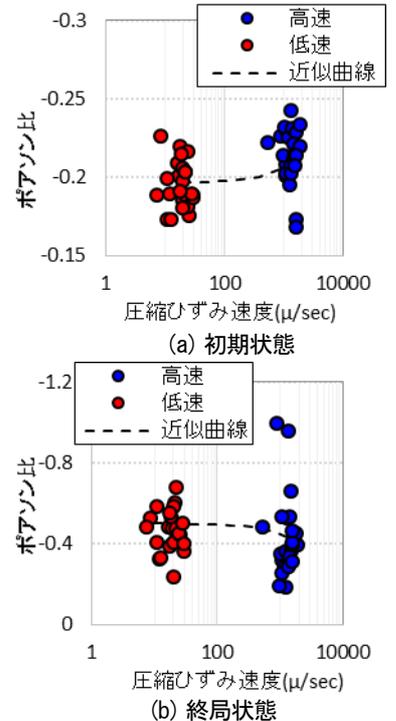


図-4 ポアソン比とひずみ速度の関係

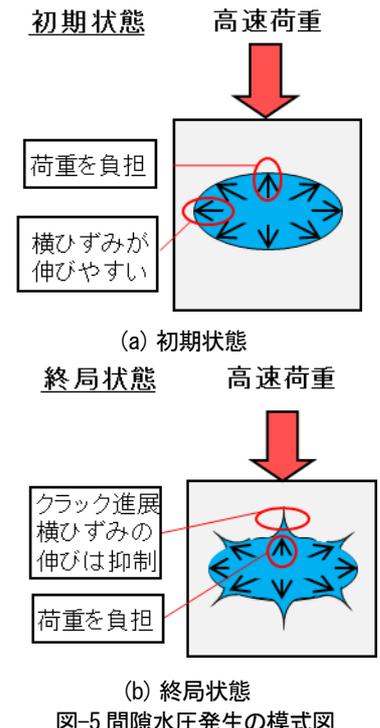


図-5 間隙水圧発生時の模式図