

持続荷重下における間隙水圧消散現象の実験的検討

名城大学大学院 学生会員○中村 貴彦
名城大学 長尾 佳和
名城大学大学院 学生会員 藤原 武司
名城大学 正会員 石川 靖晃

1. 序論

コンクリート水分移動に関する研究は、クリープや乾燥収縮のメカニズムを解析する立場からも、数多く行われており、代表的なものとしては石川および大下らが構築した粘弾性成分を導入した間隙水圧特性に関する理論モデルがある。しかし、そのモデルを用いて間隙水を考慮したコンクリートの変形解析を行った結果、繰り返し圧縮載荷中の間隙水圧特性である履歴荷重下において履歴を重ねるごとに間隙水圧の経路が異なる現象、間隙水圧のヒステリシス性を表現することは困難であることが報告された¹⁾。

このヒステリシスの原因として従来から毛細管現象や吸脱着の影響であると考えられていることはよく知られているが、他の原因も考えられるのでないかと考え、前報では水の体積弾性係数の載荷時と除荷時の違いに着目し、載荷時と除荷時の水の体積弾性係数は変化することが分かった。そこで、より詳細な評価をするために、本研究では、コンクリート内での水和反応に着目し持続荷重下における間隙水圧消散現象を経時的に測定しヒステリシスへの影響を検討していくことを目的とした。

2. 二相多孔質モデルによる変形解析

ここでは、林らが行ったコンクリート供試体に対する一次元非排水圧縮試験²⁾に対し石川らが構築した二相多孔質モデル³⁾を用いての解析例を図-1に示す。解析に用いた定数は、材齢3日、7日ともにヤング率（材齢3日： $8.0 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ 、材齢7日： $10.0 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ ）、水の体積弾性係数（ $2.2 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ ）である。

以上の結果から、全応力、間隙水圧共に石川らのモデルは実験結果を捉えていないことが分かる。そこで以下の点について検討を行った。

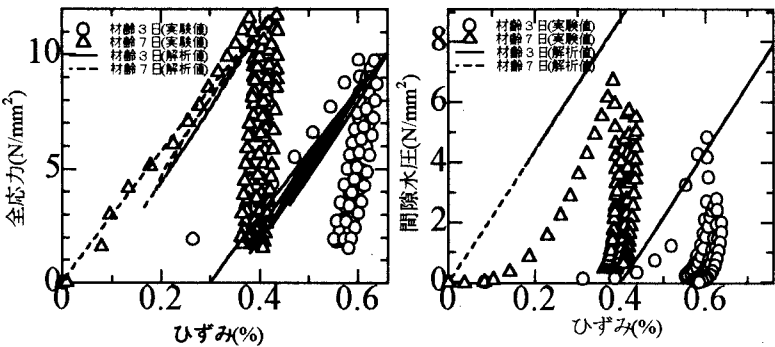


図-1 全応力・間隙水圧－ひずみ関係

3. 水の体積弾性係数の実験的検討

水の繰り返し載荷試験により測定された水の体積弾性係数を表-1に示す。実験の詳細については前報を参照されたい。いずれのケースにおいても除荷時の水の体積弾性係数は、載荷時のそれと較べ、2倍近い値を示していることがわかる。

表-1 実測された体積弾性係数（ $\times 10^3 \text{ N/mm}^2$ ）

		12(kN/min)	20(kN/min)	80(kN/min)
脱気水	載荷	1.29	1.29	1.24
	除荷	2.41	2.65	2.70
水道水	載荷	0.62	0.60	0.54
	除荷	1.12	1.11	0.91

4. 持続荷重による圧縮載荷試験

コンクリートの配合を表-1に示す。供試体寸法はφ10(cm)×20(cm)の円柱を用いた。実験パラメータは、材齢、水中養生期間、持続荷重の応力比の3つである。

そして図-2のような特殊なセルにより間隙水圧測定実験を行った。以下に実験方法を示す。まず、供試体はセルに設置する直前まで水中養生を行う。次に、セルとコンクリート供試体の側面と接触する部分にシリコンを塗りセルに供試体を設置し、載荷盤を載せた状態で、ボルトで十分しめた。続いて、間隙水圧計を設置する場所に水を注入し、数分間放置し水面の低下がないことを確認し、間隙水圧計を一つずつネジ込み排水口に設

置した。この時、他方の排水口における水面の変化は認められなかった。このことは、2つの排水口内の水が供試体底面をとうして通じていないことと、及び供試体側面とシリコンあるいはセルとの隙間を水が移動できないことを示しているものと考えられる。このように、供試体とセルとの界面における水分移動を完全に防止する事により、コンクリートの内部空隙に発生する間隙水圧を精度良く測定できることになる。そして、セルの上に鋼板、ロードセルの順に設置し、セルの側面に変位計を設置した。そして所定のひずみ速度 ($20\mu/\text{sec}$) を与え、所定の応力に達した時点からの持続荷重載荷試験を行った。基礎実験として、供試体の圧縮強度を測定した。圧縮強度は測定を3回ずつ行い平均をとった。

5. 考察

持続荷重載荷試験の全応力-ひずみ関係(A)、間隙水圧-ひずみ関係(B)、単位応力当たりのひずみ-時間関係(C)、正規化された間隙水圧-時間関係(D)を図-3に示す。なお、正規化された間隙水圧については、荷重をホールドした時点での間隙水圧により正規化したものである。(C)、(D)に関しては、荷重をホールドした時点の時間を零としている。供試体の材齢は供に7日である。

単位応力当たりのひずみに関しては、荷重をホールドした後でもある程度ひずみが進行しているのが分かる。また、間隙水圧に関しては、荷重をホールドした直後からひずみの増加と共に急激に減少し負圧になっていることが分かる。応力比による比較では、60%の方が30%比べ負圧が大きくなっている。

6. 結論

本研究では、コンクリートの非排水状態での持続荷重載荷試験を行うことで、以下のような結論を得た。

(1) 単位応力当たりのひずみに関しては、荷重をホールドした後でもある程度ひずみが進行する。

(2) 間隙水圧の荷重をホールドした後の急激な減少がヒステリシスに大きく影響していると思われる。

解析的検討については当日発表する。

参考文献

- 1) 大下英吉、石川靖晃、林真弘：粘弾性モデルを導入した水、コンクリート骨格連成解析手法による間隙水圧特性評価に関する研究、コンクリート工学年次論文集 Vol.20-2,p.p.715-720,1998
- 2) 林真弘、石川靖晃、大下英吉：履歴荷重を受けるコンクリート中の間隙水圧に関する実験的研究、コンクリート工学年次論文集 Vol.20-2,p.p.709-714,1998
- 3) 石川靖晃、菊川浩治、田邊忠顕：遷移材齢時におけるコンクリートの時間依存挙動モデル、コンクリート工学年次論文集 Vol.18-1,p.p.627-632,1995

表-2 コンクリートの配合

粗骨材 の最大 寸法	スラン プ	空気 量	水セメン ト比	細骨材 率	単位量(kg/m ³)			
					水	セメント	細骨材	粗骨材
(mm)	(cm)	(%)	(%)	(%)	W	C	S	G
15	10±2	2.5	60	47.9	199	331	831	932

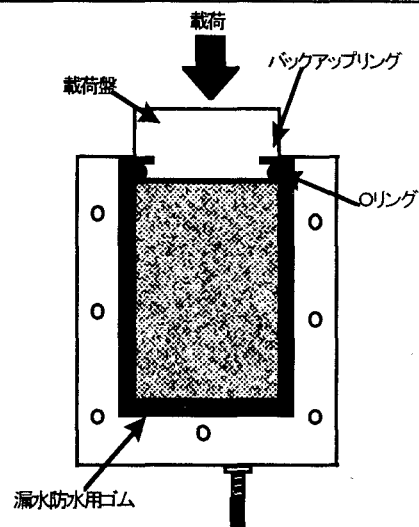


図-2 不飽和浸透流測定装置

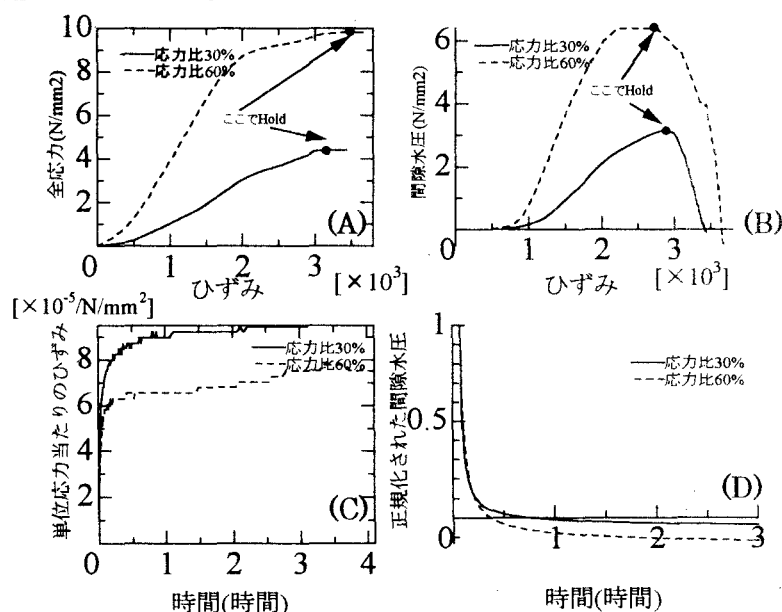


図-3 持続荷重下における全応力・間隙水圧・ひずみ関係及び単位応力当たりのひずみ・間隙水圧-時間関係