

繰り返し圧縮载荷を受ける水の体積弾性係数に関する実験的検討

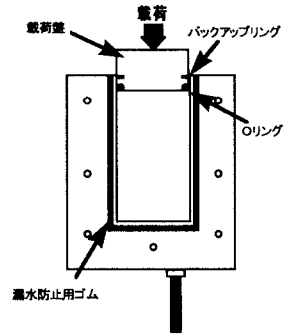
名城大学 学生 藤原 武司 原 育信 山崎 諭
名城大学 学生員 中村 貴彦 正会員 石川 靖晃

1. はじめに

コンクリートの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明する立場から、数多く行われている。しかし、石川および大下ら¹⁾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では、特に、繰り返し载荷中の間隙水圧特性を表現することは困難であった。その原因は、载荷時、除荷時の体積弾性係数について十分な検討がなされておらず、解析中常に水の体積弾性係数が一定であると仮定していたことにあると思われる。そこで、本研究では水の繰り返し圧縮载荷試験を行うことにより、载荷時、除荷時の体積弾性率を測定することを目的とした。

2. 実験概要

実験装置は、不飽和浸透流測定装置（図 1：2 つの厚肉の鋼塊の間に漏水防止用ゴムをかませ高張力ボルトで定着することにより構成されている。以後、セルと称す。）を用いた。セルにより水は水平方向の変位が拘束され（一次元状態）また、完全に非排水な状態をつくれるようになっている。セルを上下逆さまにし、2 つの排水口から水を入れ、中を水で満たす。ここで水は脱気水である。载荷装置は、200 t 万能試験機を用いセルを設置し、载荷はセル上部に設置した鋼板を介して軸方向に繰り返し载荷を行う。セル側面に取り付けたひずみ計により軸ひずみ、50 t ロードセルにより軸荷重を計測する。



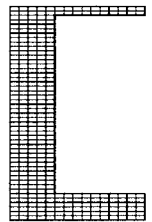
＜図 1＞不飽和浸透流測定装置

3. 実験ケース

水温は低温(5℃)、常温(20℃)、高温(60℃)の3つの状況下で各々において载荷速度4,12,20,40,80(KN/min)とし、全部で15 ケース測定を行った。

4. セルの変形解析

荷重を加えたときの水圧によるセルの水平方向の変形を検討するため、セルを368個のメッシュに分割（図2）し、変形ひずみおよび弾性状態でFEM変形解析を行った。この解析では20kgf/cm²の水圧を等価節点力に変換し、荷重として与えている。結果として水の変形は数千マイクロに達することが予想されるが、セルの水平方向の変形は最高で 1.14×10^{-1} マイクロと非常に少ないことが解析的に確認された。故に、セルの水平方向の変形は無視しても良いと思われる。故に、軸ひずみは体積ひずみに等しいと考えることができる。



＜図 2＞メッシュ図

5. 考察

(1) 载荷速度による水の体積弾性係数特性

常温における脱気水を用いた場合の測定された。水圧－体積ひずみ関係を図-3 に示す。ここで得られた载荷および除荷時の線の傾きが体積弾性係数に対応する。得られた体積弾性係数を表-1 に示す。一般的に水の体積弾性係数は 2.2×10^{-4} kgf/cm²であると言われているが与えられた体積弾性係数は大体それに近いオーダーとなっており本実験手法の妥当性が伺える。

どのケースにおいても载荷時より除荷時の弾性係数が大きくなっていることがわかる。また、異なる载荷

速度による水の体積弾性係数の違いはほとんど無いことがわかる。

(2) 水道水における水の体積弾性係数特性との違い

水道水を用いることにより、脱気水で行ってきた実験との常温時での水の体積弾性係数の比較を行った。水圧-体積ひずみ関係を図5に示す。また、得られた体積弾性係数を表-4に示す。

載荷時での水の体積弾性係数の比較を行うと、水道水より脱気水を用いた場合の体積弾性係数は載荷速度各々において約2倍となっている。除荷時での比較では載荷速度により多少のばらつきはあるが平均的には約2.5倍となっている。これは、水道水中にはある程度空気が存在するためである。また(1)の場合と同様に除荷時の体積弾性率は載荷時に比べ大きな値となっている。

(3) 異なる温度状況下での水の体積弾性係数特性

異なる温度状況下での脱気水における体積弾性係数の比較を行った。水圧-体積ひずみ関係を図-5に示し、得られた体積弾性係数を表-3に示す。

この状況下では低温、高温と比べ常温の水の体積弾性係数が高い値を示していることがわかる。体積弾性係数の差の比較を行うと低温、常温間の差により常温、高温間の差の開きが大きいことがわかる。この傾向は載荷時の方が顕著に表れている。上記のケースと同様、除荷時の体積弾性率は載荷時に比べ大きな値となっている。

表-1 実測された体積弾性係数 (単位は $\times 10^{-4} \text{kgf/cm}^2$)

	12(KN/min)	20(KN/min)	80(KN/min)
載荷	1.29	1.29	1.24
除荷	2.42	2.65	2.70

表-2 実測された体積弾性係数 (単位は $\times 10^{-4} \text{kgf/cm}^2$)

		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

表-3 実測された体積弾性係数 (単位は $\times 10^{-4} \text{kgf/cm}^2$)

載荷速度		低温	常温	高温
12 (KN/min)	載荷	0.64	1.29	0.29
	除荷	1.29	2.42	1.32
20 (KN/min)	載荷	0.43	1.29	0.21
	除荷	1.36	2.65	8.90

6. 結論

本研究では、繰り返し載荷の元で、温度、載荷速度および水道水と脱気水等の条件を変え、載荷時および除荷時での水の体積弾性係数の測定を試みた。以下にその結論を記する。

- 1) 載荷時よりも除荷時の方が水の体積弾性係数が大きくなる。
- 2) 体積弾性係数の載荷速度による違いはほとんど無い。
- 3) 脱気水を用いた場合、水道水に比べ体積弾性係数は大きくなる。

<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：コンクリート工学年次論文集 p.p.715-720,1998

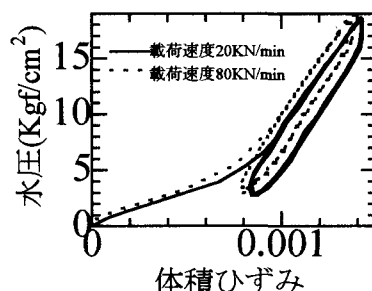


図-3 水圧-体積ひずみ関係

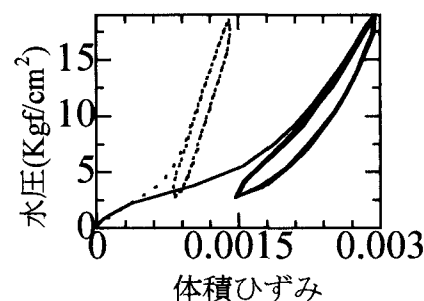


図-4 水圧-体積ひずみ関係

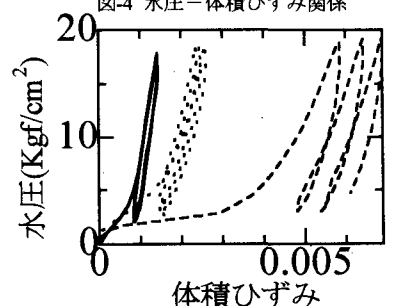


図-5 水圧-体積ひずみ関係