

[8] 一軸，三軸圧縮応力下のセメントモルタル供試体内のひずみ分布の測定

正会員 ○大 岸 佐 吉 (名古屋工業大学工学部)
 正会員 小 野 博 宣 (中部工業大学)
 正会員 棚 橋 勇 (名古屋工業大学工学部)

1. まえがき

コンクリート供試体のひずみは材質や応力度を定めても試料の形状、寸法、端面の状況等で異なる。ひずみの測定は表面について行われることが多いが、内部のひずみ分布を実測した研究¹⁾は少なく、分布の状況は未だ明確ではない。

本研究は円柱形、立方体、球体のセメントモルタルの内部にモールドゲージを埋設し、また表面に貼付ゲージを使用して、一軸または三軸等圧縮力をうけた場合の供試体の内外のひずみ分布を実測したものである。巻末Appendixに実測例³⁾⁴⁾を示す。

2. 実験方法

本実験に使用したモルタルの重量調合比はつぎのようである。

$$C : S : W = 1 : 3.5 : 0.7, f_l = 193 \text{ mm}$$

供試体の寸法はつぎのように4種類であり二系列の実験に用う。

(1) 一軸圧縮用供試体 300φ×600, 130φ×300 (mm),

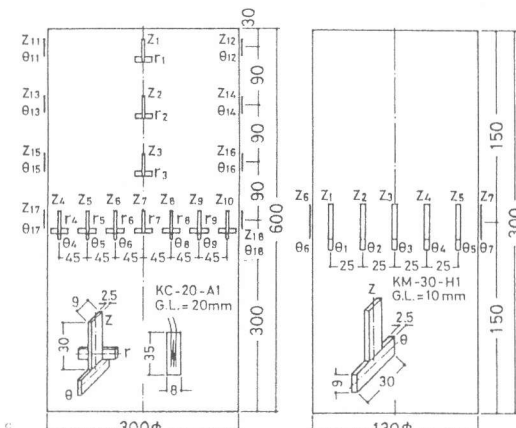


図1. 一軸圧縮供試体 図2. 三軸圧縮供試体

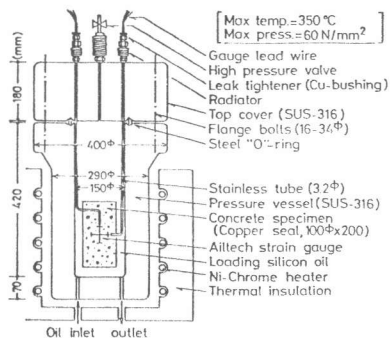
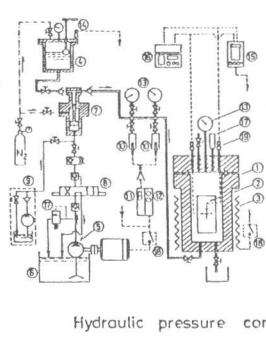


図3. 油圧式等三軸圧縮セル断面



Hydraulic pressure control system.

図4. 三軸圧縮力の制御機構

- 1 hydraulic triaxial cell
- 2 concrete specimen
- 3 electric heater
- 4 tank of silicon oil
- 5 oil pump driven by motor
- 6 machine oil tank
- 7 intensifier (SUS-27)
- 8 solenoid valve
- 9 handling oil pump for soare
- 10 pressure transducer, contained wire strain gauges (30, 100 N/mm²)
- 11 amplifier
- 12 hydraulic pressure controller
- 13 Bourdon's tube pressure gauge
- 14 limit switch for emergency
- 15 temp. recorder and controller
- 16 automatic strain meter
- 17 pressure relief valve
- 18 electromagnet switch
- 19 leak tightener (Cu-bushing)
- 20 stop valve
- ▷ check valve

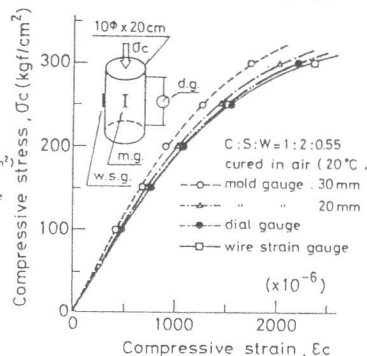


図5. ゲージ種別による歪量比較

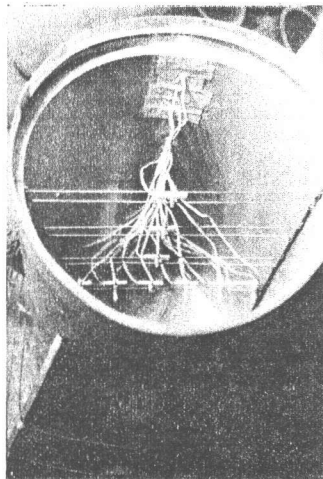


写真1. モールドゲージ配列

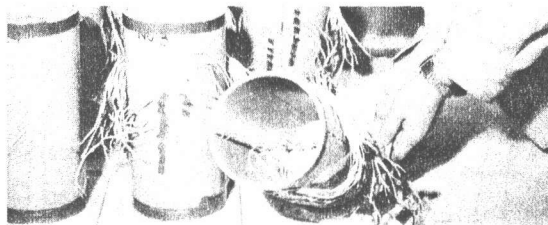


写真2. モールドゲージの配列 (13φ×30cm)

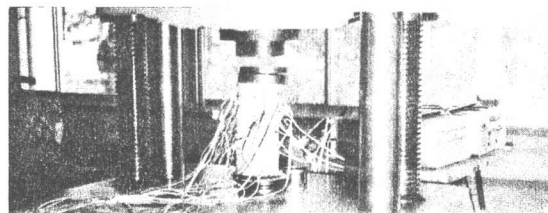


写真3. 一軸圧縮試験 (端面摩擦あり)

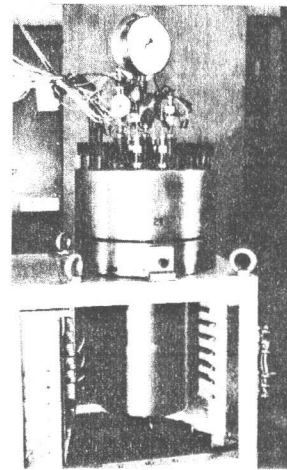


写真4. 油圧式三軸圧縮セル

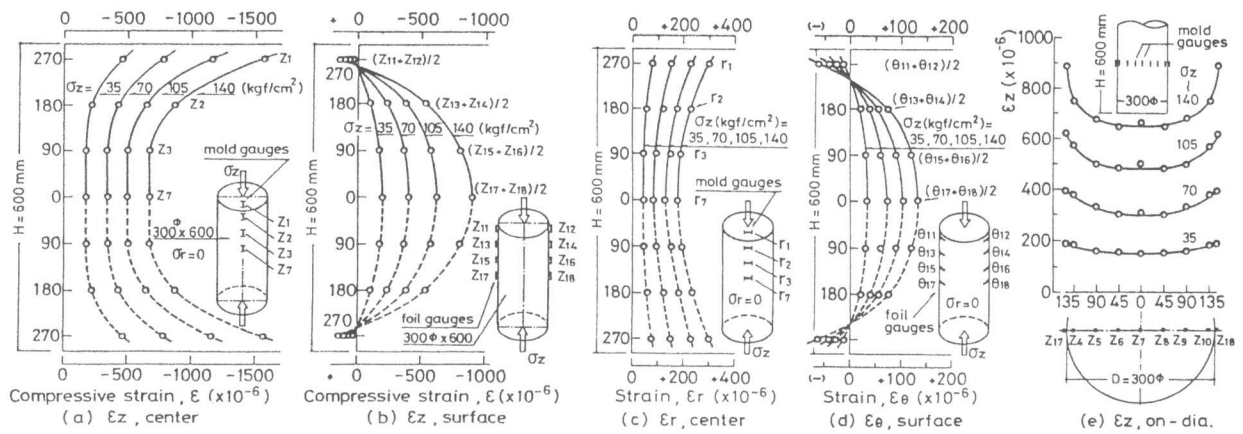


図6. 一軸圧縮力を受ける円柱形供試体 (30φ×60cm) No. 1 の ϵ_z , ϵ_r , ϵ_θ の分布

100×100×100 (mm) (2) 三軸圧縮供試体 130φ×300, 100×100×100, 直径100φの球体。

使用したモールドゲージ (K社製) の外寸法は 30×9×2.5 mm (有効長 10 mm)、貼付ゲージの有効検長 20 mm。埋込ゲージの配列の例を図1と2, 写真1と2に示す。モールドゲージは図1に示すように z, r, θ 方向に、または図10の如く x, y, z 方向に3ヶを事前に一組に構成し、所望の位置に配列し、モルタルを充填した。一軸圧縮では供試体端面が直接鋼製載荷板に接触するようにした。また静水圧的三軸圧縮力を作用する場合は、供試体表面をエポキシ樹脂でコーティングし、図3に示す三軸セルにより加圧した。外観を写真4に示す。

3. 実験結果と考察

3.1 モールドゲージの予備試験

図5は 10φ×20 cm の試験体について、表面貼付ゲージ (W)、供試体中心に埋めたモールドゲージ (M) および供試体の中間部についてダイヤルゲージ (D) によって測定した3者のひずみを比較したものである。ひずみ量は W > D > M となっており妥当と考えられる。モールドゲージは応力度が約 300 Kg f/cm² 以下においてモルタルに対してひずみの随従性があり、測定値は信頼しうるものと考えられる。大応力下では随従しない。

3.2 一軸応力下のひずみ分布

図6に一軸圧縮力を受ける 30φ×60 cm 供試体 No. 1 のひずみ分布の測定結果を示す。ひずみ量は応力度が 35, 70, 105, 140 Kg f/cm² の4段階について示した。(a)は中心軸上の ϵ_z の軸方向分布を、(b)表面での Z 方向ひずみ ϵ_z の母線方向分布を、(c)中心軸上の半径方向ひずみ ϵ_r の軸方向分布を、(d)表面での接線方向ひずみ ϵ_θ の軸方向分布、(e)中点高さでの ϵ_z の直径上の分布をそれぞれ示している。ここでは中点高さ

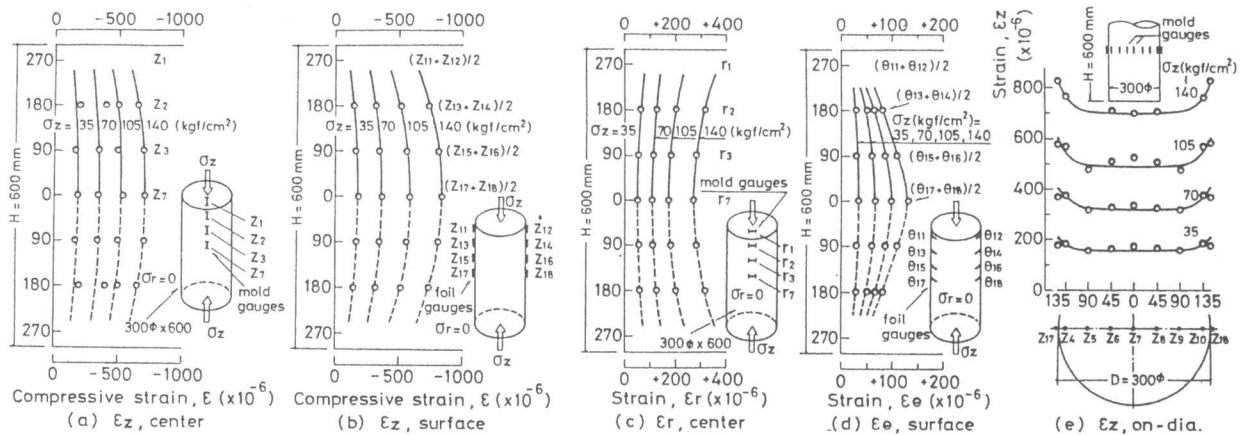


図7. 一軸圧縮力を受ける円柱形供試体 (30φ×60) No. 2 の ϵ_z , ϵ_r , ϵ_θ の分布

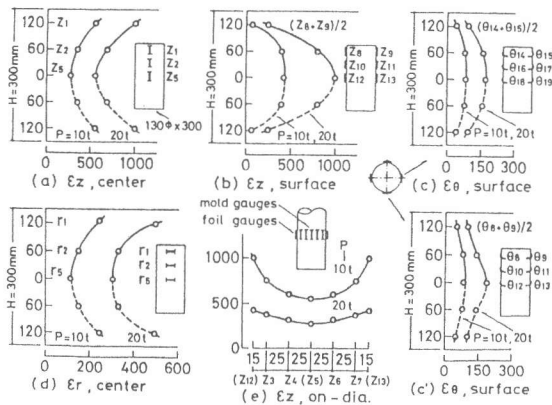
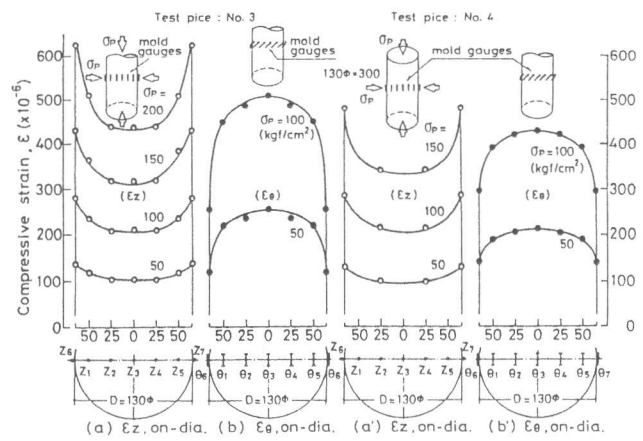


図8. 一軸圧縮下13φ×30cm No.6 ひずみ分布.



での接線方向ひずみ ϵ_θ ; およびその位置での ϵ_r の分布を示すことを省略した。供試体端面が平滑で、圧縮力が均等分布であれば図6(a)(b)に示す分布にならないと考えられる。端面近傍で Z_{11}, Z_{12} が引張りひずみを生じていることは一見不合理である。これは端面が凸面状をなしていたことに因ると考えられ(a)(b)両図を照合すると推理が正しいものとおもわれる。

同種類の他の供試体No.2についての実験結果を図7に示す。この図(a)では $Z_{11} \sim Z_{18}$ の分布は比較的直線状をなしており、供試体端面が平滑で応力が均等分布であったと思われる。(b)図の曲線が中央ふくらみの傾向をもつのは端面拘束の影響によるものであろう。このことは過去の研究例²⁾ Appendix 付図Aにもみられる。

図7によれば、中心軸上、母線上ともに ϵ_z と ϵ_r の高さ方向の変化は小さいが、 z と r では増減の傾向は互に逆の様子を示す。また両(e)図に示すように直径上の ϵ_z 分布は明確な凹状をなしている。

これについては Appendix 付図Bに引用した如く S. A. Klink¹⁾ の実験においても筆者の場合と同様に軸方向ひずみ ϵ_z の直径上の分布は上に凹になることが報告されており、両者はよい一致を示している。外周ほどひずみが大となる理由として、Klink はコンクリートの分離により外周ほど W/C が大となるためとしている。筆者はこれに加えて外辺では骨材量が少となることも影響すると考える。

表1. 一軸圧縮供試体の各点のポアソン比

	試験体 No. 1				試験体 No. 2			
	$\frac{r_1}{z_1}$	$\frac{r_2}{z_2}$	$\frac{r_3}{z_3}$	$\frac{r_7}{z_7}$	$\frac{r_1}{z_1}$	$\frac{r_2}{z_2}$	$\frac{r_3}{z_3}$	$\frac{r_7}{z_7}$
中心軸上の軸方向	0.193	0.286	0.265	0.235	—	0.268	0.235	0.191
表面母線上軸方向	$\frac{\theta_{11,12}}{z_{11,12}}$	$\frac{\theta_{13,14}}{z_{13,14}}$	$\frac{\theta_{15,16}}{z_{15,16}}$	$\frac{\theta_{17,18}}{z_{17,18}}$	$\frac{\theta_{11,12}}{z_{11,12}}$	$\frac{\theta_{13,14}}{z_{13,14}}$	$\frac{\theta_{15,16}}{z_{15,16}}$	$\frac{\theta_{17,18}}{z_{17,18}}$
	—	0.170	0.164	0.183	—	0.172	0.180	0.190

注：上記の値は応力度 70 Kg f/cm² における値。(30φ×60cm)

元来ポアソン比は純粋の一軸荷重について定義されたものである。この値が妥当な値を示さないことは、逆にいえばその応力場が正しい一軸荷重状態にないことを示す。

上記No.1とNo.2の供試体での各点のポアソン比を表1に掲ぐ。これによればNo.1の値はやや大であり、単純な一軸応力場にな

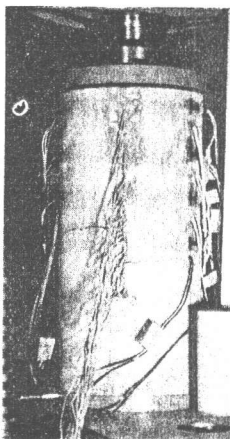


写真5. 試験後供試体

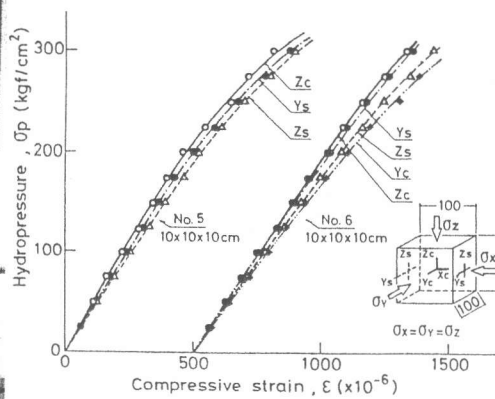


図10. 三軸圧縮下立方体の表面と中心歪

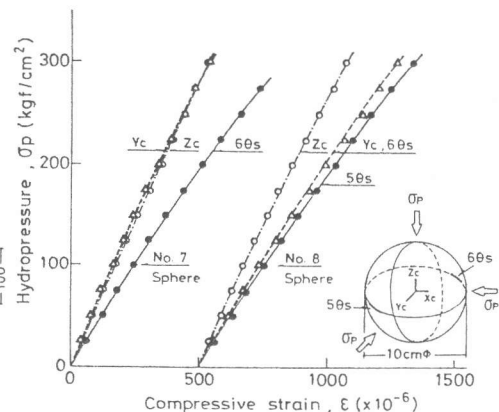


図11. 三軸圧縮下球体の表面と中心歪

いことがわかる。端面が凸状のため等分布荷重ではなく、応力の乱れがある。No. 2ではほぼ適切な結果を得ている。一方図8は13φ×30cm供試体での一軸荷重のひずみ分布の実測例を示す。この場合も図7と同様の結果を示した。

3.3 三軸応力下のひずみ分布

図9に三軸応力をうけた供試体2ヶ (No. 3, No. 4) の ϵ_z と ϵ_θ の両者の分布を50, 100, 150 Kg f/cm²の3応力について示した。これによれば等三軸応力下でもひずみ分布は均等にはならず、 ϵ_z は外辺で大であり、 ϵ_θ と ϵ_r は逆に中心部で大となる。従って三軸応力下のたて・よこひずみ比 (ϵ_r/ϵ_z)は常に1.0とは限らず図12に示すように供試体寸法により異なる。⁴⁾

図10は三軸応力をうける一辺10cm立方体の中心部と表面部との各方向のひずみの測定結果を示したものである。最高圧力300 Kg f/cm²までの曲線を与えた。一方図11は直径10cmの球体が三軸圧縮力をうけた場合の中心と表面の各方向のひずみを示す。立方体、球体ともに方向性をもたない形態においては中心よりも、表面ひずみが大である。これは組織の差異に因らう。

4. 結 論

円柱形、立方形、球形のセメントモルタルが一軸圧縮と三軸圧縮力をうけた場合のひずみ分布に関する所見は(1)円柱体でのひずみ分布は端面の平滑度や摩擦拘束に敏感に影響され、(2)一軸荷重下での ϵ_θ の軸方向分布は表面では凸状に、中心部では凹状となり互に逆の傾向を示す。(3)円柱体の中点高さでの ϵ_z の直径上分布は一軸、三軸ともに凹状になる。組織が内外で異なるためとおもわれる。従って立方体、球体では表面ひずみが大となる。

謝辞 本研究の一部は昭和56年度、57年度文部省科学研究補助金・試験研究(2)により行ったものである。

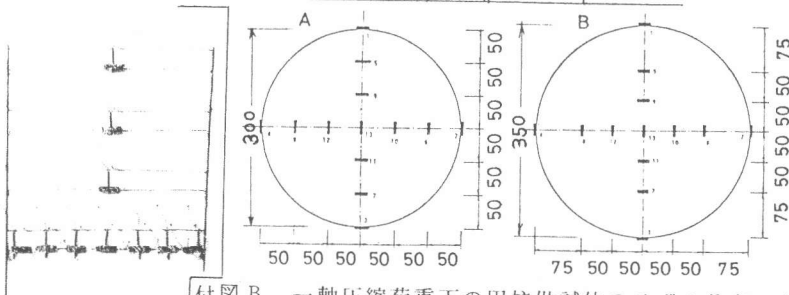
参考文献

- (1) S. A. Klink; Cement and Concrete Res., 5, 405-418, 1975.
- (2) 小阪義夫, 谷川恭雄, 太田福男; コンクリート工学年次講演会論文集, 2, 121~124, 1980.
- (3) 大岸佐吉, 和田光生; 日本建築学会論文報告集, No.279, 1-11, 1979.
- (4) 大岸佐吉, 和田光生; 日本建築学会論文報告集, No.283, 17-25, 1979.
- (5) J. M. Prentis; Quarterly J. of Mech. and App. Mathematics, 5, 253, 1952.

Appendix :

付表1. 三軸応力下の内部たて・よこひずみ比実測例³⁾

研究者名	試料寸法	等三軸圧	温度	$r^{\epsilon_e}/a^{\epsilon_e}$	$r^{\epsilon_c}/a^{\epsilon_c}$		
大岸, 和田	7.5φ×20cm	$\sigma_a = \sigma_r = 140 \text{ kg/cm}^2$	30°C	1.28	1.47		
			70°C	1.14	1.12		
N. Jnudi & T. W. Kennedy	6φ×16in	2185 psi	75°F		1.24		
J. E. McDonald	6φ×16in	2400 psi	150°F		1.14		
山崎, 阿部	15φ×40cm	100 kg/cm ²	65°C		1.30		
表面	大岸, 和田 ⁴⁾	7×7×14cm	20°C	10φ×150cm	240 kg/cm ²	1.03	1.04
					120 kg/cm ²	0.86	0.77



付図B. 一軸圧縮荷重下の円柱供試体のひずみ分布の実測例 (S. A. Klink¹⁾)

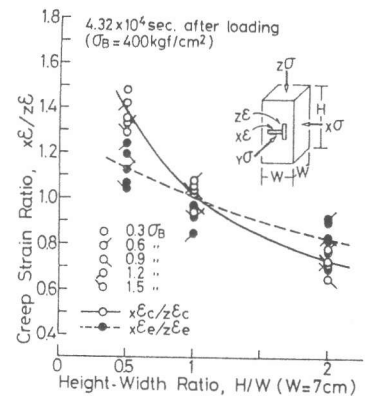
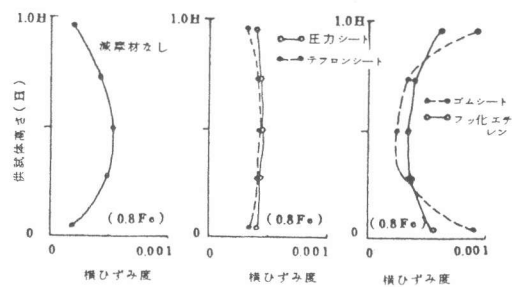


図12. 三軸圧縮下表面におけるたて・よこクリープひずみ比⁴⁾



付図A. 一軸応力下横ひずみの端面材の影響²⁾

