

二軸拘束状態下における膨張コンクリートのひずみエネルギー測定に関する基礎的研究

○名城大学 学生会員 柴田 要 名城大学大学院 学生会員 関 貴之
名城大学 正会員 石川靖晃

1. 序論

コンクリート構造物の長寿命化が考慮されている中、論点と挙げられるものに初期ひび割れ発生がある。初期ひび割れは経年劣化や構造物の耐力の低下などを引き起こし、自己収縮・乾燥収縮・温度変化などにより引き起こされるものである。今日ではこの抑制方法として、施工の容易さの観点から膨張材を用い性能改善が図られている。これまで膨張材による体積膨張のメカニズムは、実験的には一軸状態下において辻ら¹⁾や高瀬ら²⁾多くの研究者によって確立されている。しかし、多軸応力状態下においては膨張ひずみを測定した実験はまだ数少なく、特に膨張によるひずみエネルギーと各方向に配置される鉄筋の拘束との関連については未だ解明されていないことが現状である。そこで、本研究では二軸拘束状態下において、各方向の鉄筋の膨張ひずみを測定できる装置の製作をまず行った。そして二軸方向において独立に鉄筋のひずみエネルギーを測定し、その検討を行った。

2. 二軸拘束状態下での膨張コンクリートの仕事量測定実験概要

開発した二軸拘束状態下での膨張コンクリートの仕事量測定装置を、図-1 に示す。一枚の剛な台座の上に4枚の拘束鋼板と、膨張コンクリート内部に2本、外側に上下2本ずつの丸鋼鉄筋で装置は構成される。各鉄筋には、中央部にひずみゲージを貼り止水テープで防水し、コンクリート内部を通る2本の鉄筋は、コンクリートとの付着を防ぐためにラップ、ビニールテープを交互に巻かれている。本装置の特徴は、2方向に直交する鉄筋の軸ひずみが得られることから膨張コンクリートの仕事量を2方向同時に測定することができることである。また、装置が組み立て式であるので、使い回しが可能である。

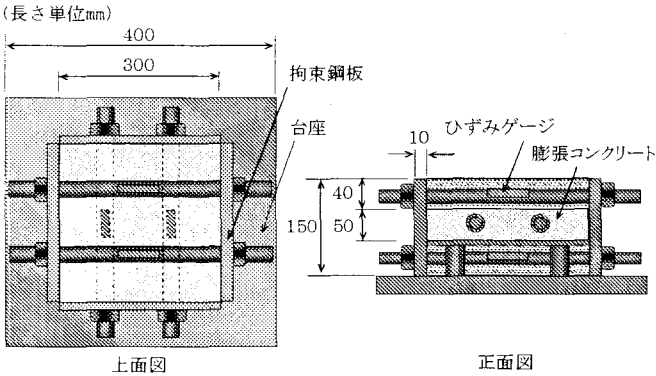


図-1 測定装置

表-1 示方配合表

配合名	スランブ (cm)	空気量 (%)	W/(C+EX) (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)						
					W	C	EX	S	G	SP8	202A
NE30	15±1.5	4.5±1.5	55	47	175	288	30	830	951	3.82	0.0155
NE60					175	258	60	830	951	3.82	0.0155

* 混和材：SP8S－高性能 AE 減水剤 202A－AE 剤

試験方法として、まず膨張コンクリートを一辺 300mm 高さ 50mm の立方体供試体となるように突き棒を用いて満遍なく装置内に打ち込み、コテ等を使って表面を水平に施した。そして、拘束鋼板四方を、木槌を用いて鋼板に対し偏心がからぬよう中心面を1面あたり30回叩いて締固めた。供試体の配合を表-1に、また鉄及び膨張材の材料物性値を表-2に示す。配合は、2つのパターンで行う。NE30・NE60はセメントをそれぞれ内割で30kg/m³、60kg/m³ずつ膨張材で置き換えたものである。

表-2 材料物性値

使用材料	物性	
膨張材	密度(g/cm ³)	3.16
	比表面積(cm ² /g)	3450
鉄筋	降伏点(N/mm ²)	345
	引張強さ(N/mm ²)	570
	伸び(%)	20
	硬さ(HB)	167~229
	ヤング率(N/mm ²)	2.06×10 ⁵

打設後、ひずみ測定器 TDS-303 にて丸鋼鉄筋のひずみを測定した。室温 20±1℃、相対湿度 90%RH 一定の環境のもとで、測定期間は 2 時間間隔で膨張ひずみが安定するまでとした。丸鋼の直径はすべて D6 とした。

3. 実験結果および考察

図-3、4 は、それぞれの膨張材混入量における各鉄筋ひずみの経時変化を示したものである。ただし、鉄筋には図-2 に示すような番号を付けた。双方ともに測定開始直後からひずみが増加し、材齢 3～4 日に、ほぼ一定の値を示した。混入量 NE60 の場合、NE30 に比べひずみの増加量が大きくなった。ひずみ値が安定するまでの材齢は、NE60 ではおよそ 4 日で、NE30 では 3 日であった。このことから、膨張材混入率が大きい程、膨張期間が長期にわたる傾向にあることが示された。

また、鉄筋番号 0、1 においては鉄筋番号 2～5 と比べひずみの増加量が大きいことが示された。このことは、鉄筋面積を比較すれば明らかである。さらに、外部鉄筋では、NE30、NE60 ともに鉄筋番号 2～5 の鉄筋ひずみがほぼ同等の経時変化となった。以上のことから二軸拘束状態下において膨張による鉄筋ひずみが適切に測定されたと思われる。

これらの結果より X 軸方向、Y 軸方向（図-2 参照）の鉄筋のひずみエネルギー U を次式で算定した。

$$U = \frac{1}{2} E_s \varepsilon_s^2 A_s L \tag{1}$$

ここで、 E_s は鉄筋のヤング係数、 ε_s は鉄筋ひずみ、 A_s は鉄筋断面積、 L は鉄筋の長さである。その結果、X および Y 方向の鉄筋ひずみのエネルギー比および総エネルギー量は表-3 のようになった。この結果、エネルギー比については混入量の違いに関係なくほぼ同様な値となることが示された。一方で、総エネルギー量については、混入量 2 倍に対しおよそ 15 倍となった。

4. まとめおよび今後の課題

本研究では、二軸拘束状態下において、それぞれの方向に独立して膨張ひずみエネルギーを測定できる装置を製作した。そして測定結果の一例を示した。その結果二軸方向に独立して膨張ひずみエネルギーを測定できることを確認した。今後は、鉄筋径を変えて同様の実験を行い、鉄筋量の違いによる影響を検討していきたいと考えている。

参考文献

- 1). 辻幸和：ケミカルプレストレスおよび膨張材布の推定方法，コンクリート工学，vol.19，No6，1981.6
- 2). 高瀬和男：場所打ちコンクリートにおける膨張材効果の定量的評価に関する研究および実橋梁への適用，第 3 章，pp.55-59，2005.3

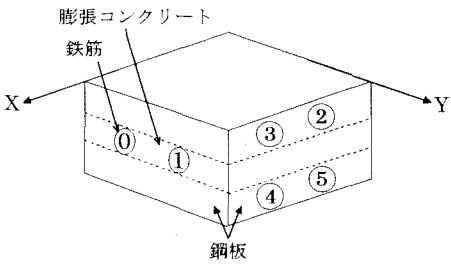


図-2 鉄筋番号

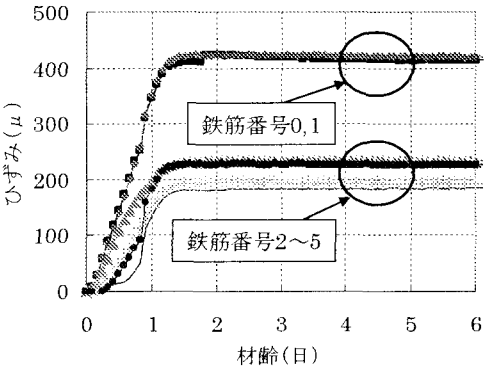


図-3 混入量 NE30 における鉄筋ひずみの経時変化

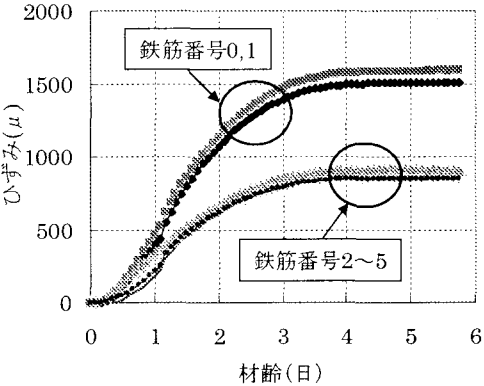


図-4 混入量 NE60 における鉄筋ひずみの経時変化

表-3 鉄筋のエネルギー比および総エネルギー

配合	A_{S1}/A_{S2}	E_1/E_2	E_1+E_2 (J)
NE30	0.5	1.63	0.460
NE60	0.5	1.56	6.70

* A_{S1} : X 方向鉄筋総面積 A_{S2} : Y 方向鉄筋総面積
 E_1 : X 方向鉄筋ひずみエネルギー総和
 E_2 : Y 方向鉄筋ひずみエネルギー総和
 $E_1 + E_2$: 鉄筋総エネルギー