

二軸拘束状態下における膨張コンクリートの拘束ひずみ測定実験および仕事量の評価

土木大学 学生会員 ○林 陸太
土木大学 正会員 石川 靖晃

1. はじめに

近年, ASR による膨張劣化の問題が各所で生じている. 一方で, 膨張材によるひび割れ制御の試みがなされている. 現在まで体積膨張のメカニズムは, 一軸状態下において仕事量一定則が辻ら¹⁾の研究により確立されている. 一方, 多軸応力状態において仕事量一定則は十分に解明されていない.

そこで本研究では二軸拘束状態下の膨張コンクリートの拘束方向毎の拘束ひずみを測定することにより, その解明を試みた.

2. 実験概要

図-1 に二軸拘束状態における膨張コンクリートの仕事量測定装置を示す. 本装置の特徴は, 二方向に直交する拘束鋼材に生じる拘束ひずみを測定することにより, 二方向から仕事量を評価できることである. 二本の拘束鋼材で拘束する方向を x 方向, 四本の拘束鋼材で拘束する方向を y 方向とする. 各拘束鋼材には膨張コンクリートとの付着が生じないようにビニールテープが巻かれ, 各拘束鋼材の中央部にはひずみゲージが貼付されている. 次に, 鋼材両端をボルトで定着させた後, 膨張コンクリートを打設し, その 2 時間後から拘束ひずみの経時変化の計測を開始した. 計測は, 2 時間間隔で行い, 期間は拘束ひずみが安定するまでとした. 環境条件は, 室温 20 ± 1 , 相対湿度 90%RH である.

実験ケースは, 各方向の拘束鋼材比を変化させた 4 種類である. ケース毎に 2~3 回, 同一の実験を行った. 各ケース名と拘束鋼材比を表-1 に示す. 膨張コンクリートの水結合剤比は 55%, 膨張剤混入量は 20 kg/m^3 である. また, 図-2 に, 同配合の膨張コンクリートのヤング係数の経時変化を示す. なお, 拘束鋼材のヤング係数は $2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ である.

図-3 に拘束方向ごとの拘束ひずみの経時変化の一例を示す. いずれのケースも, 材齢 3~4 日程度で拘束ひずみは最大値に達し, その後はわずかであるが応力緩和により低下していた.

キーワード 仕事量一定則 膨張材料 二軸拘束

連絡先 〒468-8502 名古屋市天白区塩釜口一丁目 501 番地 TEL 052-838-2343

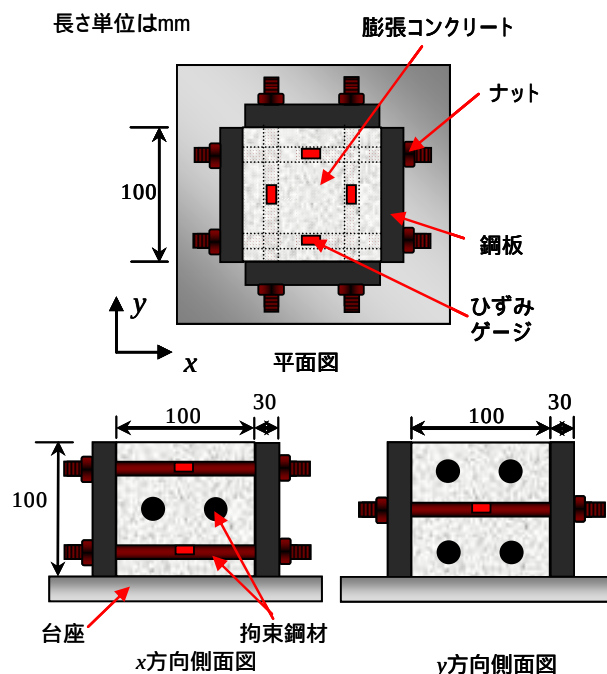


図-1 二軸拘束状態における膨張コンクリートの拘束ひずみ測定装置概要

表-1 実験ケース

実験 ケース	拘束鋼材比(%)		実験 ケース	拘束鋼材比(%)	
	x	y		x	y
X8Y8(1)	1.02	2.05	X8Y12(1)	1.02	4.74
X8Y8(2)			X8Y12(2)		
X12Y8(1)	2.31	2.05	X8Y12(3)	2.31	4.74
X12Y8(2)			X12Y12(1)		
X12Y8(3)			X12Y12(2)		

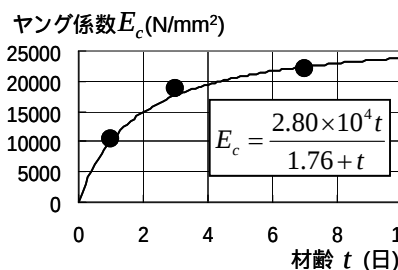


図-2 膨張コンクリート
ヤング係数の経時変化

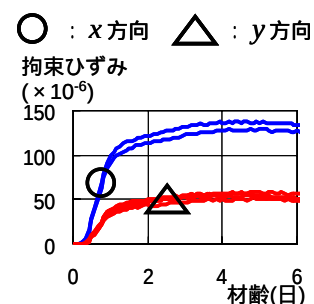


図-3 拘束ひずみ経時
変化一例(X8Y12(3))

3. 仕事量の評価

前節で測定された拘束ひずみの経時変化より，拘束鋼材および膨張コンクリート自身になされる仕事量の経時変化を x, y 方向について独立に算定した。

拘束鋼材は弾性体であると仮定することにより， x, y 方向の拘束鋼材になされる仕事量 U_{sx}, U_{sy} は，それぞれ次式で与えられる。

$$U_{sx} = \frac{1}{2} \rho_x E_s \varepsilon_{sx}^2, \quad U_{sy} = \frac{1}{2} \rho_y E_s \varepsilon_{sy}^2 \quad (1)$$

ここに， ρ_x, ρ_y はそれぞれ x, y 方向の拘束鋼材比， $\varepsilon_{sx}, \varepsilon_{sy}$ は， x, y 方向の拘束ひずみ， E_s は拘束鋼材のヤング係数である。また，膨張コンクリートも弾性体であると仮定すると， x, y 方向の膨張コンクリート自身になされる仕事量 U_{cx}, U_{cy} は，力の釣り合いとポアソン比 ν の影響を考慮することにより，最終的に次式で評価される。

$$U_{cx} = \sum \rho_x \frac{E_s^2 \varepsilon_{sx}}{E_c} (\rho_x \Delta \varepsilon_{sx} - \nu \rho_y \Delta \varepsilon_{sy}) \quad (2)$$

$$U_{cy} = \sum \rho_y \frac{E_s^2 \varepsilon_{sy}}{E_c} (\rho_y \Delta \varepsilon_{sy} - \nu \rho_x \Delta \varepsilon_{sx}) \quad (3)$$

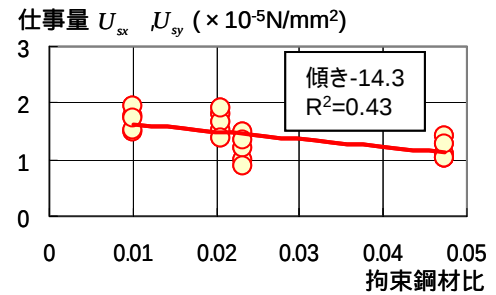
ここに E_c は膨張コンクリートのヤング係数である。

4. 結果・考察

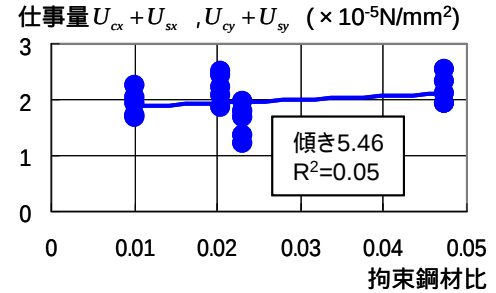
図-4 に拘束鋼材になされる仕事量と拘束鋼材比の関係および，拘束鋼材と膨張コンクリート自身になされる仕事量の和と拘束鋼材比の関係について示す。

各仕事量として材齢 3 日の仕事量の値が用いられている。なお，コンクリートのポアソン比は，0.2 とした。図中では， x, y 方向毎に区別せずに各仕事量と拘束鋼材比の関係がプロットされている。さらに，最小二乗法により直線近似した各仕事量と拘束鋼材比における補間直線も図中に示されている。なお，補間直線の傾きの単位は 10^{-5}N/mm^2 である。図-4 から，拘束鋼材になされる仕事量に比べ拘束鋼材と膨張コンクリート自身になされる仕事量の和の方が，拘束鋼材比に依らず一定であることが示された。

また，図-5 に x, y 方向と各仕事量の関係について示す。この図より，いずれの仕事量も大凡一ヶ所に集中している。したがって二軸拘束状態下においては，拘束鋼材および膨張コンクリート自身になされる仕事量の和が一定となり，さらにそれは拘束方向毎に概ね独立して成立すると考えられる。



a) 拘束鋼材になされた仕事量



b) 膨張コンクリートおよび拘束鋼材になされた仕事量

図-4 各仕事量と拘束鋼材比の関係

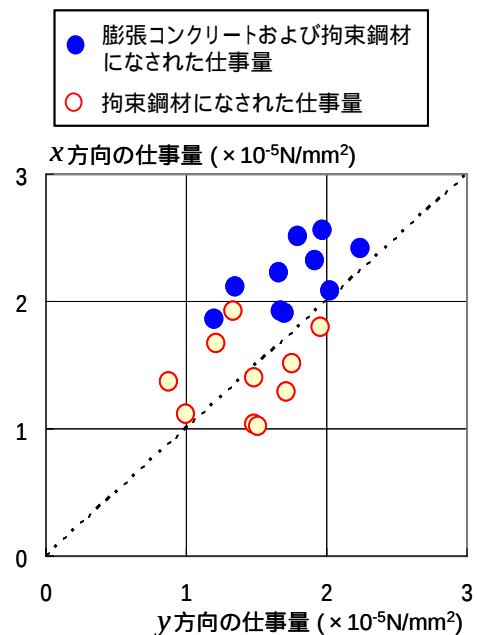


図-5 各仕事量と拘束方向との関係

5. おわりに

本研究では膨張コンクリートの二軸拘束試験を行った。その結果，二軸拘束状態下においては，拘束鋼材および膨張コンクリート自身になされる仕事量の和が一定となり，さらにそれは拘束方向毎に概ね独立して成立することが示された。

参考文献

- 1) 辻幸和：ケミカルプレストレスおよび膨張分布の推定方法，コンクリート工学，Vol.19，No.6，pp.99-105，1981.6