

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実験および仕事量の評価 ～膨張材混入量 40kg/m³～

名城大学大学院 学生会員 ○林 陸太

名城大学 正会員 石川 靖晃

1. はじめに

膨張コンクリートの体積膨張メカニズムは、一軸応力状態において仕事量一定則が辻¹⁾の研究により確立されている。一方、二軸応力状態においては著者ら²⁾³⁾により拘束方向ごとに独立して仕事量一定則が成立することが示されている。しかし、著者らの研究はひび割れ制御を目的とした膨張材混入量 20kg/m³で行われており、ケミカルプレストレスの導入を目的とした膨張材混入量 40kg/m³でも仕事量一定則が成立するのかは不明である。

そこで本研究では膨張材混入量 40kg/m³の膨張コンクリートの二軸拘束実験を行い、拘束方向ごと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。これは著者ら²⁾³⁾の装置と同様であるため、詳細は文献 2)3)を参照されたい。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。そして、拘束鋼板内に膨張コンクリートを打設し、その2時間後から2時間間隔で計測を行った。計測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。ケースごとに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%であり、膨張材は文献 2)3)と同じ、標準混入量 20kg/m³の低添加・水和熱抑制型膨張剤を 40kg/m³混入した。また、図-2に、同配合で、材齢3日に脱型した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 2.06×10⁵N/mm²である。また、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。

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す仕事量の経時変化をx,y方向について独立に算定した。これも詳細は文献 2)3)を参照されたい。

※長さ単位はmm

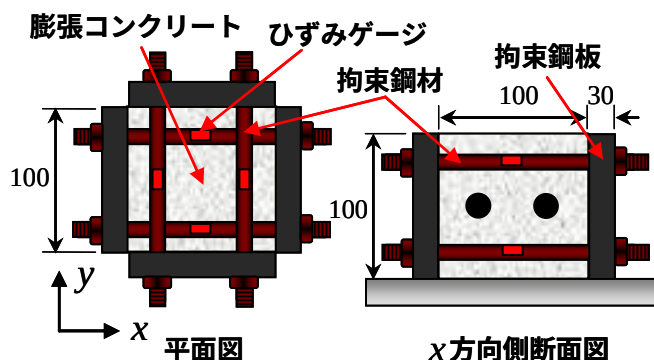


図-1 二軸拘束状態における膨張コンクリートの拘束ひずみ測定装置概要

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)		
X8Y8(3)			X12Y12(1)	2.31	4.74
X12Y8(1)	2.31	2.05	X12Y12(2)		
X12Y8(2)			X12Y12(3)		

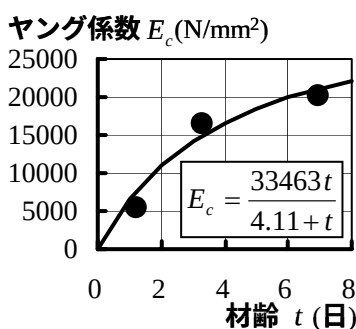


図-2 膨張コンクリートのヤング係数の経時変化

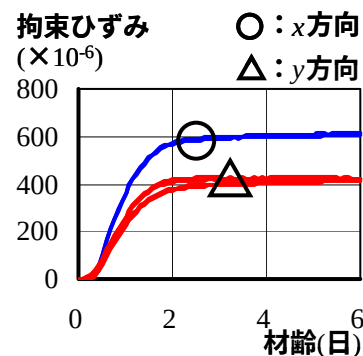


図-3 拘束ひずみ経時変化一例 (X8Y8(2))

x,y方向の拘束鋼材になす仕事量 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。一方、x,y方向の膨張コンクリート自身になす仕事量 U_{cx}, U_{cy} は、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, ν はポアソン比である. 本研究では $\nu=0.2$ とした.

4. 実験結果および考察

図-4 に拘束鋼材になす仕事量と拘束鋼材比の関係, 図-5 に拘束鋼材および膨張コンクリート自身になす仕事量と拘束鋼材比の関係を示す. 図には, x, y 方向ごとに区別せずに各仕事量の最大値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示されている. なお, 補間直線の傾きの単位は 10^{-4}N/mm^2 である. 図-4 および図-5 から, 膨張材混入量 40kg/m^3 でも, 拘束鋼材になす仕事量に比べ拘束鋼材および膨張コンクリート自身になす仕事量の方が, 拘束鋼材比に依らず大凡一定であることが示された.

また, 図-6 に x, y 方向と各仕事量の関係を示す. こちらも各仕事量の最大値をプロットしている. いずれの仕事量もばらつきは見られるが, 大凡一ヶ所に集中している. したがって, 二軸拘束状態において, 膨張材混入量 40kg/m^3 でも, 拘束鋼材および膨張コンクリート自身になす仕事量がほぼ一定となり, さらにそれは拘束方向ごとに概ね独立して成立すると考えられる.

5. おわりに

本研究ではケミカルプレストレスの導入を目的とした膨張材混入量 40kg/m^3 の膨張コンクリートの二軸拘束実験を行った. その結果, 拘束方向ごとに概ね独立して仕事量一定則が成立することが示された.

今回は材齢 3 日に脱型した膨張コンクリートのヤング係数の経時変化より仕事量を算定した. しかし, 脱型する材齢の違いが, 膨張コンクリート自身のヤング係数に影響を及ぼし, それは仕事量にも影響を与えると考えられる. したがって今後はその影響を検討する.

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.
- 2) 林陸太, 石川靖晃: 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実験および仕事量の評価, 土木学会第 63 回年次学術講演会講演概要集, 5-240,

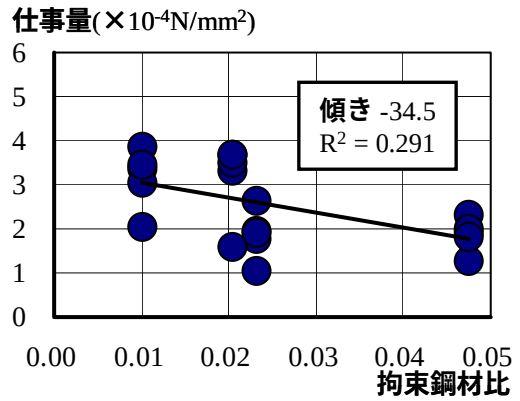


図-4 拘束鋼材になす仕事量と拘束鋼材比の関係

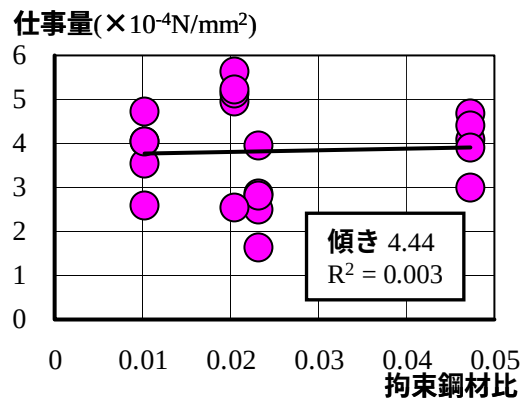


図-5 拘束鋼材および膨張コンクリート自身になす仕事量と拘束鋼材比の関係

● : 拘束鋼材になす仕事量
● : 拘束鋼材および膨張コンクリート自身になす仕事量
y 方向の仕事量 ($\times 10^{-4} \text{N/mm}^2$)

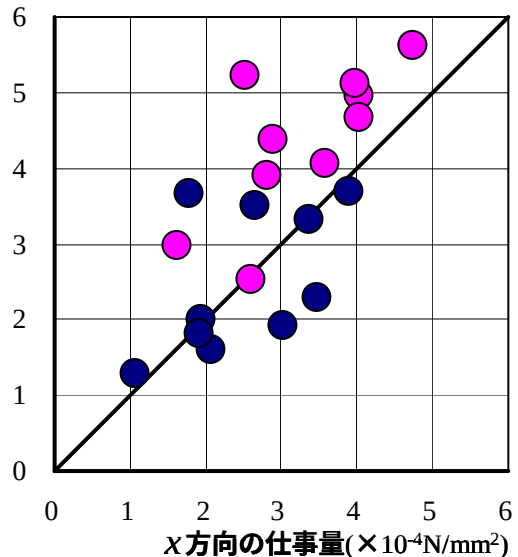


図-6 各仕事量と拘束方向との関係

pp.479-480, 2008.

- 3) 石川靖晃, 柴田要: 仕事量一定則に基づく膨張コンクリートの变形挙動に関する基礎的研究, コンクリート工学年次論文集, vol.30, No.1, pp.351-356, 2008.