

## 低鉄筋比領域における膨張コンクリートがなす仕事量の再評価

群馬大学工学部 学生会員 ○森田 卓  
 群馬大学大学院 学生会員 水上 達也  
 群馬大学大学院 正会員 半井健一郎  
 群馬大学大学院 フェロー会員 辻 幸和

### 1. はじめに

膨張コンクリートが拘束体に対してなす仕事量は、鉄筋比が0.7~4.0%と実用的な範囲であれば、仕事量一定則の概念が適用可能であることが知られている<sup>1)</sup>。

海洋環境下では耐腐食性能に優れた補強材としてFRPの使用が増えてきている。膨張コンクリートの補強材にFRPのような剛性の小さいものを用いる場合、その伸び剛性を考慮した等価鉄筋比という概念が考えられている<sup>2)</sup>。補強材の剛性が小さくなると、補強材の拘束が小さくなり、内部拘束の影響によってコンクリートが拘束に対してなす仕事量が低下するということを考慮するものである。FRPを用いた低等価鉄筋比領域における仕事量の低下を定量的に取り扱うため、下式(1)、(2)の修正仕事量が提案されている<sup>2)</sup>。

$$U_C = \alpha \cdot U_A \quad (1) \quad \alpha = \frac{1}{0.7} \cdot P_e^\beta \quad (2)$$

ここで、 $U_C$ :修正仕事量(N/mm<sup>2</sup>)、 $U_A$ :仕事量(N/mm<sup>2</sup>)  
 $\alpha$ :修正係数、 $P_e$ :等価鉄筋比、 $\beta$ :膨張能力によって決まる定数である。このうち定数 $\beta$ は、補強材にFRPを用いた供試体における膨張性状の実験結果から決定されたが、FRPの定着不足による仕事量の過小評価の可能性が課題とされた。

また、養生温度の違いが低鉄筋比供試体の膨張性状に及ぼす影響も報告されていない。

本研究では、補強材に十分な定着を確保した鉄筋を用いて低鉄筋比CPC供試体を作製し、養生温度の異なる環境下での膨張性状の把握を目的とする。

### 2. 実験概要

仕事量の検討を行う際、図-1-(b)に示すA法一軸拘束供試体との比較を容易にするため、図-1-(a)、(b)に示す供試体を作製した。供試体は、100×100mmと150×150mmの2種類の正方形断面で、長さが398mmである。

軸方向の補強鋼材には、φ6、φ9の丸鋼を用い、端部

の定着プレートに溶接した。供試体の鉄筋比を表-1-(a)、(b)に示す。

膨張コンクリートは、W/Bが50%、s/aが45.5%、目標スランブが8cm、目標空気量が4.0%、単位膨張材量 $E_x$ が25、30、40kg/m<sup>3</sup>とした。表-2に膨張コンクリートの配合を示す。

養生温度の違いによる膨張性状の把握をするため、養生中の平均気温が異なる時期に打込みを行った。各実験における平均気温の実測値は、30、20、13℃であり、膨張コンクリートは気温の違いから膨張ひずみが十分に落ち着く材齢7、14、21日まで湿布養生した。

自重による拘束の影響を緩和するため、養生中はコンクリートの下にコロを設置し、床との摩擦を低減した。また、A法一軸拘束供試体を配合ごとに3体ずつ作製し、供試体と同一材齢まで湿布養生を行った。

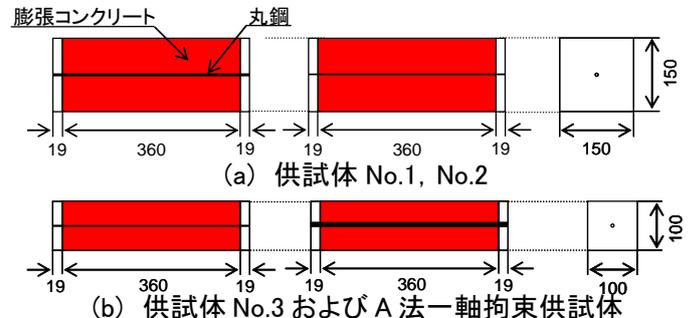


図-1 供試体の形状寸法(mm)

表-1-(a) 供試体の鉄筋比

供試体名	幅(mm)	高さ(mm)	丸鋼の種類	鉄筋比(%)
No.1	150	150	φ9	0.28
No.3	100	100	φ6	0.28
A法	100	100	φ11(PC鋼棒)	0.95

表-1-(b) 供試体の鉄筋比

供試体名	幅(mm)	高さ(mm)	丸鋼の種類	鉄筋比(%)
No.2	150	150	φ6	0.13
No.3	100	100	φ6	0.28
A法	100	100	φ11(PC鋼棒)	0.95

表-2 膨張コンクリートの配合

配合名	単位量(kg/m <sup>3</sup> )					
	W	C	$E_x$	S	G	SP
25シリーズ	175	325	25	835	1051	1.05
30シリーズ	175	320	30	835	1051	1.05
40シリーズ	175	310	40	835	1051	1.05

キーワード 膨張コンクリート、低鉄筋比、養生温度、仕事量一定則、修正仕事量

連絡先 〒376-8515 群馬県桐生市天神町1-5-1 群馬大学工学部 TEL0277-30-1613 FAX0277-30-1601

### 3. 膨張性状におよぼす養生温度の影響

Ex が  $40\text{kg/m}^3$  における気温ごとの A 法一軸拘束供試体の基準膨張ひずみの経時変化を図-2 に示す。平均気温が  $30^\circ\text{C}$  と高くなると、膨張ひずみの発現が速く、膨張ひずみの最終値が大きくなる傾向が認められる。一方、平均気温が低くなると、膨張ひずみの発現が遅延され、材齢初期の膨張ひずみが小さくなるものの、平均気温が  $20^\circ\text{C}$  よりも  $13^\circ\text{C}$  の方が膨張ひずみの最終値が大きくなっている。これは、気温の違いが膨張材の水和反応速度に与える影響と、エトリンサイトなど膨張性水和物の生成量の違いが原因であり、平均気温が  $13^\circ\text{C}$  では  $20^\circ\text{C}$  よりも水和反応が遅くなっているが、最終の膨張性水和物の生成量が多くなったためだと考えられる。

また、平均気温が  $13^\circ\text{C}$  における Ex ごとの膨張ひずみの経時変化を図-3 に示す。Ex が少なくなると、鉄筋比の違いによる膨張ひずみの差が小さくなっている。これは、膨張エネルギーの大きさによるものである。

### 4. 膨張ひずみの推定値

図-2 の基準膨張ひずみより、仕事量一定則  $U_A$  および修正仕事量  $U_C$  からそれぞれ算定される膨張ひずみの推定値の関係を図-4 に示す。

平均気温が  $13^\circ\text{C}$  の場合、鉄筋比が 0.13, 0.28% とともに  $U_A$  からの推定では、Ex によらず、材齢の経過に伴い推定値を過大に評価してしまっている。また、Ex が増加することでその傾向が大きく現れていることが認められる。これは、気温の低下により、膨張材の水和反応がセメントの水和反応よりも遅くなり、材齢の経過による内部拘束の影響が顕著に現れたためだと考えられる。そのため、Ex の増大によって膨張エネルギーは大きくなるが、材齢の経過に伴い内部拘束の影響を顕著に受けているためこのような傾向になったと考えられる。

平均気温が  $20, 30^\circ\text{C}$  では、Ex が  $40\text{kg/m}^3$  の場合、 $U_A$  により概ね膨張ひずみの推定が可能であることが認められる。これは、膨張材の水和反応がセメントの水和反応よりも速くなり、内部拘束の影響が小さくなっているためだと考えられる。しかし、鉄筋比が 0.13% における平均気温が  $20^\circ\text{C}$ 、Ex が  $25\text{kg/m}^3$  の場合、材齢が経過しても内部拘束の影響は小さくなっているものの、膨張エネルギーが小さいため、平均気温が  $13^\circ\text{C}$  の場合と同様に  $U_A$  からの推定では、材齢の経過によって推定値を過大に評価してしまっている。

$U_C$  からの推定では、平均気温が  $13^\circ\text{C}$  の場合、Ex によらず推定精度が向上している。しかし、鉄筋比が 0.13% の場合、推定値を若干過小に評価してしまっている。また、鉄筋比が 0.13% における平均気温が  $20^\circ\text{C}$ 、Ex が  $25\text{kg/m}^3$  の場合についても同様の傾向が認められる。修正係数をより一般的にするため、養生温度などを考慮する必要がある。

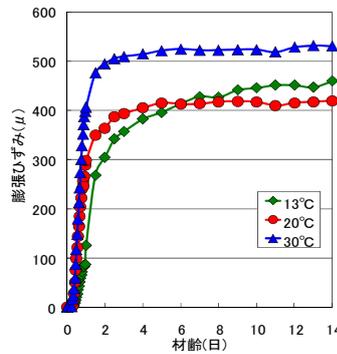


図-2 基準膨張ひずみの経時変化(Ex=40kg/m<sup>3</sup>)

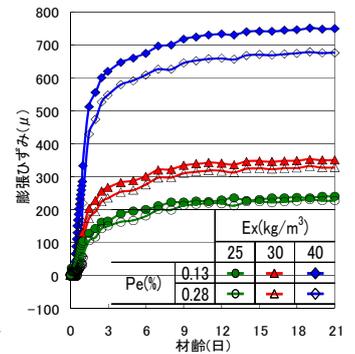


図-3 膨張ひずみの経時変化(平均気温  $13^\circ\text{C}$ )

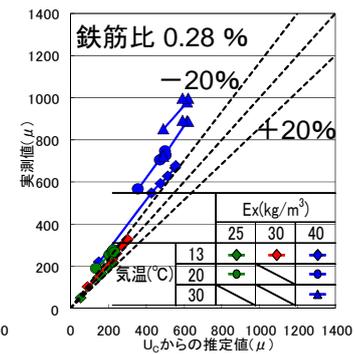
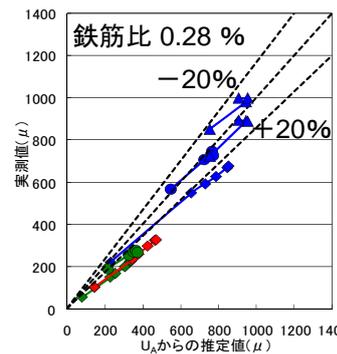
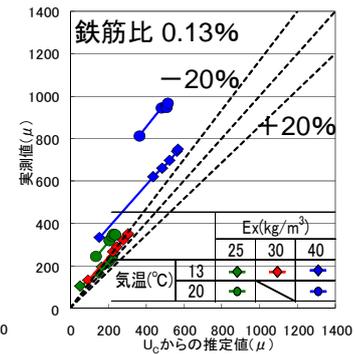
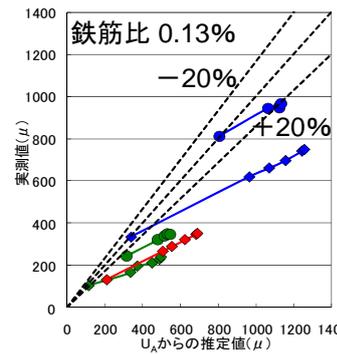


図-4  $U_A$  および  $U_C$  からの推定値の関係 (材齢 1, 3, 5, 7, 14, 21 日)

### 5. まとめ

本研究の範囲により、以下の知見が得られた。

- (1) 膨張ひずみの大きさは、単位膨張材量だけでなく、養生温度の違いも大きな支配要因となる。
- (2) 平均気温が  $20, 30^\circ\text{C}$  で、単位膨張材量が  $40\text{kg/m}^3$  の場合、鉄筋比によらず仕事量一定則により膨張ひずみの推定が可能である。
- (3) 平均気温が  $13, 20^\circ\text{C}$ 、鉄筋比が 0.13% の場合、修正仕事量からの推定では、単位膨張材量によって修正係数を考慮しなおす必要がある。

### 参考文献

- 1) 辻幸和: コンクリートにおけるケミカルプレストレスの利用に関する基礎研究, 土木学会論文報告集, 第 235 号, pp111~124, 1975.
- 2) 萩原淳弘: CPC 部材における仕事量一定則の適応性, 修士論文, 2007.