

配合条件の異なる低鉄筋比 CPC 部材がなす仕事量の再評価

東京大学

学生会員

○森田

卓

群馬大学

フェロー会員

辻

幸和

群馬大学

正会員

半井健一郎

群馬大学

学生会員

水上

達也

1. はじめに

膨張コンクリートがなす仕事量は、実用的な鉄筋比であれば、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¹⁾。
高い耐腐食性能を有する FRP を膨張コンクリートの補強材として使用する場合には、補強材の剛性が鉄筋よりも小さいことを考慮し、等価鉄筋比という概念を適用した仕事量一定則の運用が考えられている²⁾。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。

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

ここで、 U_C :修正仕事量(N/mm²)、 U_A :仕事量(N/mm²)、 α :修正係数、 P_e :等価鉄筋比、 β :膨張能力によって決まる定数である。

このうち定数 β は、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²⁾。また、配合条件の違いが低鉄筋比供試体の膨張性状に及ぼす影響も把握されていない。

本研究では、補強材に定着板と溶接した鉄筋を用いて十分に定着を確保した低鉄筋比 CPC 供試体を作製し、配合条件が異なる場合の膨張性状の把握を行うことにより、修正仕事量の妥当性を検討し、推定精度の向上を図る。

2. 実験概要

低鉄筋比領域における仕事量の検討を行うため、図-1-(a)に示す A 法一軸拘束供試体とともに、類似した形状の図-1-(b)に示す角柱供試体を作製した。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 $\phi 6$ 、 $\phi 9$ の丸鋼を用い、端部の定着プレートに溶接を行うことで、十分に定着を確保した。供試体の鉄筋比を表-1 に示す。

膨張コンクリートは、s/a が 45.5%、目標スランプが 8cm、目標空気量が 4.0%、単位膨張材量 Ex が 25、30、40kg/m³ とし、水結合材比 W/B が 50、40、30% とした。膨張材はエトリンガイト・石灰複合系を使用し、表-2 に膨張コンクリートの配合を示す。

各シリーズにおける膨張コンクリートは、膨張ひずみが十分

に落ち着く材齢 21 日まで湿布養生した。また各供試体と A 法一軸拘束供試体は、配合ごとに 3 体ずつ作製し、同一養生を行った。

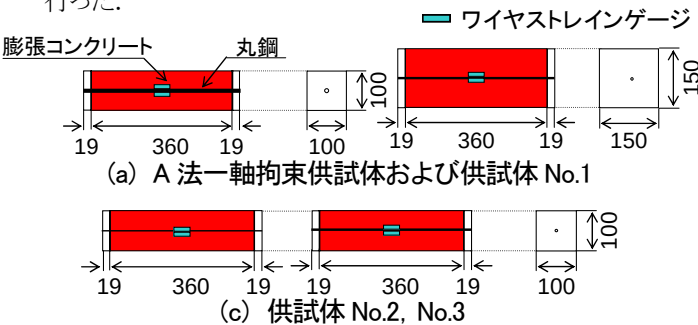


図-1 供試体の形状寸法(mm)

表-1 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	$\phi 6$	0.13
No.2	100	100	$\phi 6$	0.28
No.3	100	100	$\phi 9$	0.63
A法	100	100	$\phi 11$ (PC鋼棒)	0.96

表-2 膨張コンクリートの配合

配合名	単位量 kg/m ³					
	W	C	Ex	S	G	SP
Exシリーズ	175	325	25	835	1051	1.05
		320	30			
		310	40			
W/Bシリーズ	175	325	25,40	835	1051	1.05
		413		800	1010	2.63
		558		740	940	4.68

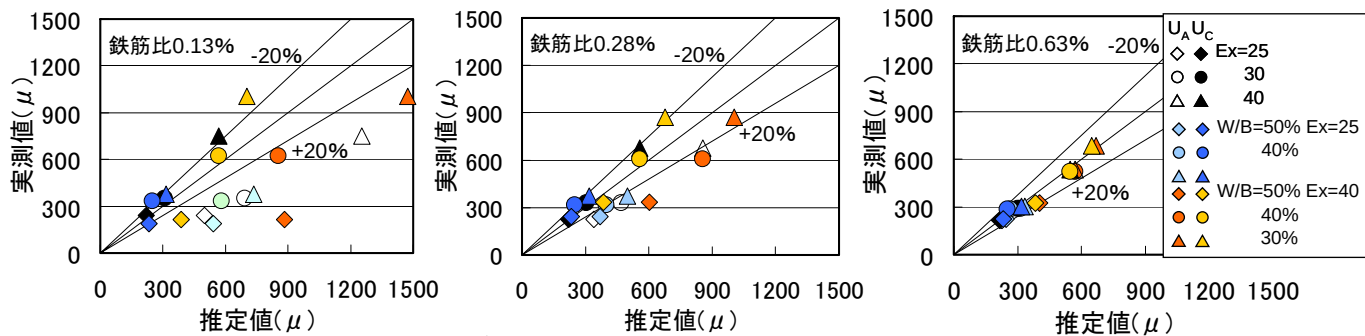
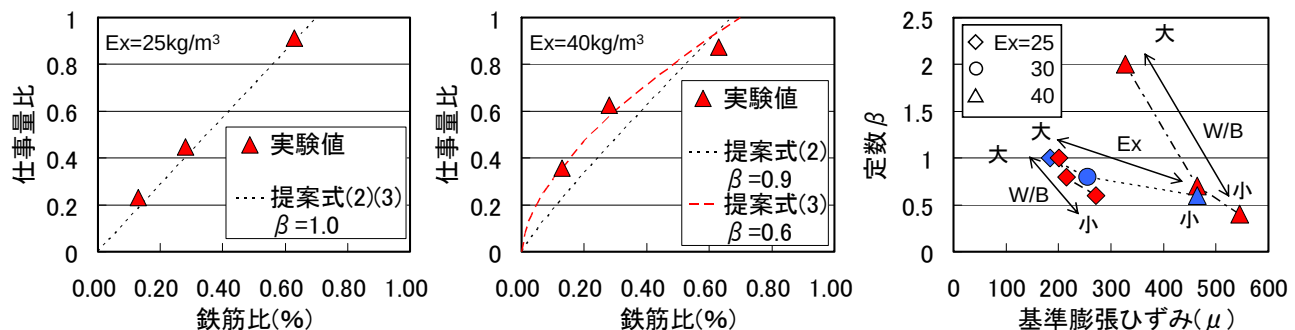
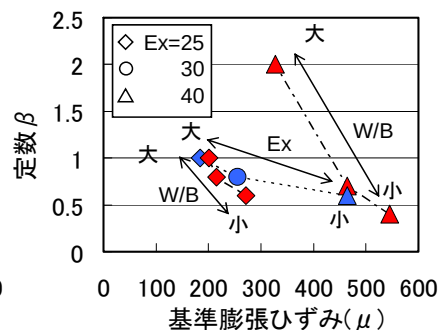
3. 膨張ひずみの推定値

Ex と W/B を変化させて測定した A 法一軸拘束供試体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 に基づいて推定される、膨張ひずみの推定値と実測値の関係を図-2 に示す。 U_A からの推定では、鉄筋比がより小さくなることで配合条件によらず内部拘束の影響が顕著に現れ、推定値を過大に評価してしまっていることが確認できる。

一方の U_C からの推定では、推定値を安全側に評価しており、提案された修正仕事量の一定の有効性が確認できる。しかし、その推定値は実測値を 20% 以上も過小評価する場合もあり、FRP の定着不足が原因ではないかと考えられる。そのため、従来の提案式における修正係数の再検討を行う必要がある。

キーワード 膨張コンクリート、低鉄筋比、膨張性状、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 TEL 0277-30-1613 FAX 0277-30-1601

図-2 U_A および U_C からの推定値と実測値の関係(材齢 21 日)図-3 鉄筋比と仕事量比の関係(従来の定数 β を用いた提案式との比較) 図-4 基準膨張ひずみと定数 β の関係

4. 修正係数の再評価

修正係数の再検討を行うにあたり、式(2)に含まれる定数 β の値を考慮しなおす必要がある。ここで定数 β は、補強材に FRP を用いた供試体の実験結果から決定されたため、定着の十分な今回の実験結果に基づき、再設定することとした。

定数 β は、鉄筋比と仕事量比(各供試体の仕事量を A 法一軸拘束供試体の仕事量で除した値)でプロットした点に提案式が沿うようにして決定している。そのため、既往の研究²⁾と比較検討を行いやすいうに、本研究の実験結果と従来の定数 β を用いた提案式との関係を図-3 に示す。この図より、Ex が 25kg/m³ の場合には Ex が小さく、膨張量が小さかったため FRP の定着不足の影響が小さく提案式との整合性が良好であることが確認できる。一方、Ex が 40kg/m³ と大きくなることで提案式とのずれが生じている。

また、Ex の大きさにより膨張エネルギーが異なるが、鉄筋比が 0.63% 供試体においてはその影響がほとんど認められず、仕事量比が 1.0 とほぼ同じ値を取っている。これらのことから、鉄筋比が 0.7% 付近においては仕事量比が 1.0 を取るという仮定に基づき、新たな提案式を下式(3)に示す。

$$\alpha = \left(\frac{P}{0.7} \right)^{\beta} \quad (3)$$

ここで、 α :修正係数、 P :鉄筋比、 β :膨張能力によって決まる定数である。

この提案式を用いて Ex が 40kg/m³ の場合における定数 β の値を新たに決定した。同様に Ex が 30kg/m³ の場合と W/B を変化した場合にも式(3)を用いて整理を行った。

また A 法一軸拘束供試体の基準膨張ひずみは、膨張能力と内部拘束力の複合挙動を評価しうる指標と考え、本研究より得られた定数 β を A 法一軸拘束供試体の基準膨張ひずみによって整理し、その関係を図-4 に示す。なお Ex が 25kg/m³ の場合には、式(3)との整合性が良好であったため、従来の定数 β の値を用いることとした。この図より、Ex よりも W/B を変化した場合に、基準膨張ひずみに対して定数 β の変化の割合が大きくなっている。このことから、Ex よりも W/B の方が仕事量比に及ぼす影響が大きいことが認められた。

5. まとめ

本研究の範囲により、以下の知見が得られた。

- (1) 修正仕事量からの推定では、推定値を安全側に評価し修正仕事量の有効性が確認できた。しかし、推定値を若干過小に評価しすぎる傾向があり、修正係数を考慮しなおす必要があった。
- (2) 鉄筋比が 0.7% 付近では単位膨張材量の大きさによらず、仕事量比が 1.0 とほぼ同程度の値を取るということが認められた。
- (3) 単位膨張材量よりも水結合材比の方が仕事量比に及ぼす影響が大きいことが認められた。

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.