

高強度コンクリートの自己収縮がせん断特性に及ぼす影響

広島大学大学院 学生会員 ○牛尾 亮太
極東工業株式会社 正会員 河金 甲
広島大学大学院 正会員 丸山 一平
広島大学大学院 フェロー会員 佐藤 良一

1.背景・目的

近年、構造物の断面縮小や耐久性の向上が期待できる高強度コンクリートへの関心が高まり、せん断特性に関する研究も活発に行われている。筆者らは高強度コンクリートの自己収縮が RC 部材せん断挙動に及ぼす影響の観点から検討し、せん断補強筋のない場合には大きな影響は無い、ある場合にはせん断補強筋の降伏までの範囲ではコンクリートのせん断抵抗が低下すること²⁾を明らかにしている。前者は、はりの有効高さが 250mm と大きくないため、ひび割れの局所化に差が見られないことが原因の一つと考えた。そこで、本研究では有効高さを 500mm としたせん断補強筋のない RC はりのせん断特性に及ぼす収縮の影響を検討する。

2.実験概要

使用したコンクリートは、水結合材比が 23%で、普通ポルトランドセメントを用いた自己収縮の大きいコンクリート（記号 HAS:High Autogenous Shrinkage）と高ビーライト系セメント、収縮低減剤、膨張材を併用し、自己収縮を低減させたコンクリート（記号 LAS:Low Autogenous Shrinkage）であり、また、両配合ともにセメントの 10%のシリカヒュームを用いた。RC 供試体の寸法および、荷重方法の概要を図-1 に示す。養生は荷重直前まで封緘養生を行い、型枠からの拘束を極力排除するため、底面にテフロンシート、側面にはビニールシートを貼付した。

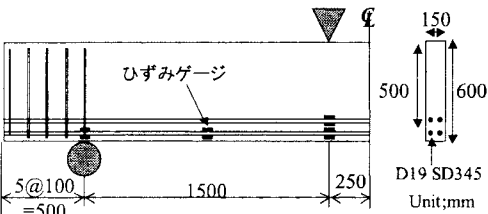


図-1 試験体、荷重試験概要

3.実験結果

表-1 に試験結果一覧を示す。図中の計算値は、高強度高収縮を対象とした藤田らが提案している式³⁾を用いた。

表-1 試験結果一覧

配合	供試体名	コンクリート材料物性					実験値					計算値		破壊モード
		圧縮強度	ヤング係数	引張強度	破壊エネルギー	特性長さ	下縁応力	斜めひび割れ発生時	終局時	終局時	終局時	藤田式	藤田式	
		f_c	E_c	f_t	Gf	lch	σ_c	$V_{c,mea}$	$\tau_{c,mea}$	$V_{u,mea}$	$\tau_{u,mea}$	$V_{c,cal}$	$\tau_{c,cal}$	
HAS	HAS-1	124.0	48.8	7.1	0.206	191	1.6	116.0	1.55	116.0	1.55	76.0	1.01	斜め引張破壊
	HAS-2	121.2	49.9	7.0	0.202	181	1.7	114.0	1.52	114.0	1.52	76.9	1.03	斜め引張破壊
	HAS-3	128.0	49.1	7.3	0.226	253	1.7	113.3	1.51	126.5	1.69	74.8	1.00	斜め引張破壊
LAS	LAS-1	119.7	49.8	7.1	0.247	313	0.3	116.2	1.55	137.1	1.83 ^{注)}	77.3	1.03	せん断圧縮破壊
	LAS-2	120.8	48.9	7.2	0.253	202	0.0	120.1	1.60	135.2	1.80 ^{注)}	77.0	1.03	せん断圧縮破壊
	LAS-3	117.1	49.8	7.0	0.237	173	0.2	130.6	1.74	142.0	1.89 ^{注)}	78.2	1.04	せん断圧縮破壊

注) LASについては斜めひび割れ発生後タイドアーチ的機構を形成し引張鉄筋が降伏したため参考値とする

3.1 荷重点下縁収縮応力

図-2 に荷重点下縁における収縮応力の経時測定結果を示す。RC はり下縁の応力は引張鉄筋ひずみの実測値から平面保持を仮定し、力の釣合いから算出した。図より、HAS において、荷重直前における RC はりの下縁には 1.7N/mm² という非常に大きな引張応力が発生していることが分かった。一方 LAS においては、荷重直前の RC はり下縁に収縮応力の発生はほとんどみられなかった。

3.2 荷重-たわみ関係

図-3 に荷重点の荷重-たわみ関係を示す。HAS は斜めひび割れが一本発生し斜め引張破壊した。LAS は斜めひび割れが二本に分散し、引張鉄筋降伏後に

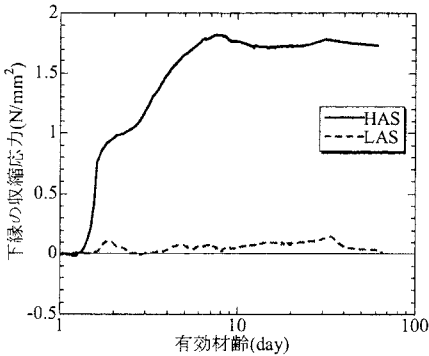


図-2 荷重点下縁収縮応力

せん断圧縮破壊した。上記の結果よりたわみ性状に大きな差が認められた。

3.2 寸法効果

Gustafsson⁴⁾らは破壊力学的な観点から特性長さを用いて寸法効果の検討を行っている。本研究でも日本コンクリート工学協会が提案している「プレーンコンクリートの破壊エネルギー試験法(案)」⁵⁾と同様の手法で求めた破壊エネルギーを用いて斜めひび割れ発生強度に及ぼす寸法の影響を検討した。後述の図-4に示す斜めひび割れ発生強度には、文献^{1),3)}のデータを追加している。文献¹⁾では、破壊エネルギー試験を行っていないため、本研究の破壊エネルギーの平均値を用いて特性長さを求めた。特性長さ⁵⁾は以下の式(1)で求めた。

$$l_{ch} = EcG_f / ft^2 \dots\dots(1)$$

l_{ch} :特性長さ E_c :ヤング係数 ft :引張強度 G_f :破壊エネルギー

図-4に寸法効果の検討結果を、表-2に相関係数を示す。図-4の上図はHASについて、下図はLASについて最小二乗法を用いて回帰したものである。高強度コンクリートの場合、せん断強度は有効高さの $-1/2$ 乗に比例するという報告³⁾がされている。HASの相関係数について、せん断強度は有効高さの $-1/2$ 乗が最も高い値となり、LASの場合は $-1/3$ 乗が最も高かった。

上記の結果より、LASについてはデータ数が十分ではなく、また文献¹⁾の破壊エネルギーには本研究の破壊エネルギーの平均値を用いているが、自己収縮を低減することにより、寸法効果が鈍くなる可能性が考えられる。文献¹⁾に対して仮定した破壊エネルギーが適切でないとしても、図-4上図中の四角で囲んだ本研究と文献³⁾データを比較すると、HASの τ_c/ft の平均値は0.199、LASの τ_c/ft の平均値は0.229となり、 d/l_{ch} が大きい範囲で、自己収縮の影響が見られた。

4. 結論

1. 有効高さを500mmとしたせん断補強筋のないRCはりのせん断破壊形態に自己収縮の影響が認められた。自己収縮の大きい場合(はり下縁の自己収縮応力およそ 1.7N/mm^2 , 引張鉄筋比1.53%)は、斜め引張破壊し、自己収縮の小さい場合(はり下縁の自己収縮応力およそ 0.2N/mm^2 , 引張鉄筋比1.53%)は、引張鉄筋降伏後せん断圧縮破壊した。
2. 自己収縮が小さい場合、自己収縮が大きい場合と比較して、斜めひび割れ発生荷重は約5%増加した。
3. 自己収縮が寸法効果に影響を及ぼす可能性がある。ただし、さらにデータを増やし検討する必要がある。

参考文献

- 1) 伊藤友司：高強度コンクリートを用いたRCはりのせん断挙動と自己収縮に着目した評価, 2000年度広島大学修士論文
- 2) 児玉友和：自己収縮を考慮したRCはりのせん断補強筋応力評価の考え方について, 土木学会第58回年次学術講演会概要集, V-283, pp.565-566, 2002.9
- 3) 藤田学ほか：高強度コンクリートを用いたRCはりのせん断強度と寸法効果, 土木学会論文集, No.711, V-56, pp.161-172, 2002.8
- 4) Gustafsson, P.J. and Hillerborg, A.: Sensitivity in shear strength of Longitudinally Reinforced Concrete Beams to Fracture Energy of Concrete, ACI Structural Journal, May-June, pp.286-294, 1988
- 5) (社)日本コンクリート工学協会：コンクリートの破壊特性の試験方法に関する調査研究委員会報告書, 2001

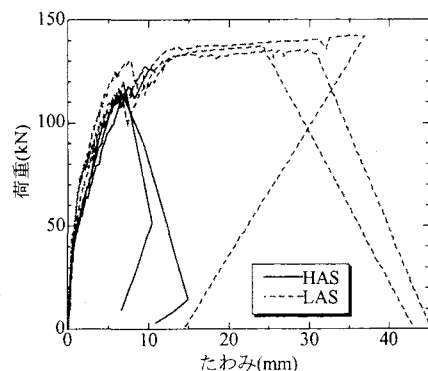


図-3 荷重 - たわみ関係

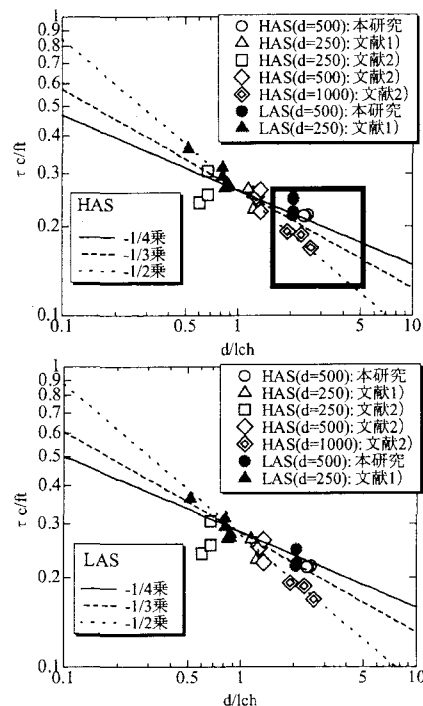


図-4 寸法効果の検討

表-2 相関係数一覧

	-1/4乗則	-1/3乗則	-1/2乗則
HAS	0.674	0.733	0.794
LAS	0.893	0.945	0.920