

高強度 RC はりのせん断強度に及ぼす寸法と収縮の影響

広島大学大学院 学生会員 ○大賀琢麻 極東工業(株) 正会員 河金甲
 ㈱大林組 正会員 川本卓人 広島大学大学院 正会員 佐藤良一
 福山大学 正会員 上野谷実 福山大学 正会員 中村雅樹

1. はじめに

鉄筋コンクリート(以下, RC)構造物に, 圧縮強度が 100N/mm^2 を超えるような高強度コンクリートを使用することにより, 構造物の断面縮小や耐久性向上が期待できる. しかし, 高強度コンクリートは若材齢時において自己収縮が増大する. さらに, 高強度 RC 部材のせん断強度は普通強度の RC 部材より寸法効果が大きいことが知られている¹⁾.

以上の観点から, 本研究では有効高さを 250mm, 500mm, 1000mm と変化させたせん断補筋のない高強度 RC はりを用いて, せん断強度への収縮と寸法の影響を検証した.

2. 実験概要

収縮の影響を検討するため, 水結合材比 23%の収縮の大きいコンクリート(以下 HAS)と収縮を低減させたコンクリート(以下 LAS)の2種類を用いて RC はりを製作し, 打設直後から載荷直前までの鉄筋ひずみの挙動を経時的に把握した上で, 2点集中荷重により載荷試験を行った. 供試体については有効高さを $d=250\text{mm}$, 500mm, 1000mm の3種類とし, 引張鉄筋比(p_s)は 1.6%程度, せん断スパン比(a/d)は 3.0である. 配合表を Table1 に, 供試体概要の一例と供試体一覧をそれぞれ Fig1 と Table2 に示す.

3. 実験結果と考察

3-1 支間中央たわみとせん断強度の検討

Fig.2 に荷重と支間中央におけるたわみの関係の一例を, Table3 に全ての供試体の実験結果を示す. 図中の●印は斜めひび割れ発生時を示し, せん断変位の急激な増加により判断した. HAS と LAS を比較すると, 収縮により斜めひび割れ発生時のせん断力は $d=250\text{mm}$ で 4%, $d=500\text{mm}$ で 13%, $d=1000\text{mm}$ で 18%低下した. その原因として, 収縮によって引張鉄筋に蓄積された圧縮ひずみがひび割れ発生時に解放され, 収縮が大きい場合に曲げひび割れ幅が増大することは知られており²⁾, そのことで骨材の噛み合い効果やダウエル作用によるせん断抵抗が低下

Table1 配合表

配合名	W/B (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m^3)								添加量 ($\text{B} \times \%$)	
			W	NC	LC	SF	EX	S	G	SRA	SP1	SP2
HAS	23	45.0	155	607	0	67	0	731	894	0	1.90	0.0190
LAS	23	45.3	155	0	567	67	40	740	894	6	1.65	0.0165

W/B: 水結合材比 s/a: 細骨材率 W: 水
 NC: 普通ポルトランドセメント LC: 低熱ポルトランドセメント
 SF: シリカフェューム EX: 膨張材 S: 細骨材 G: 粗骨材 SRA: 収縮低減剤
 SP1: 高性能AE減水剤 SP2: 消泡剤

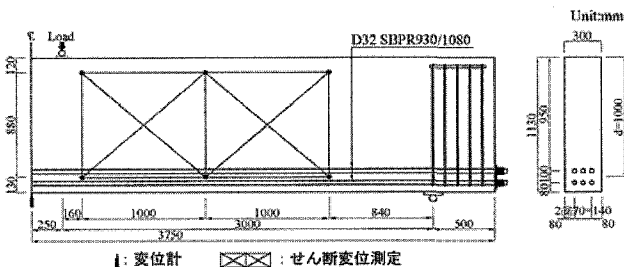
Fig.1 供試体概要($d=1000\text{mm}$)

Table2 供試体一覧

配合名	供試体名	断面寸法			せん断スパン比 a/d	供試体幅 L mm	引張鉄筋比 p_s %
		幅 b mm	高さ h mm	有効高 d mm			
HAS	HAS1 A/B	300	305	250	3.0	2300	1.55(3D22)
	HAS2 A/B	300	580	500		4500	1.59(3D32)
	HAS3 A/B	300	1130	1000		7500	1.59(6D32)
LAS	LAS1 A/B	300	305	250	3.0	2300	1.55(3D23)
	LAS2 A/B	300	580	500		4500	1.59(3D33)
	LAS3 A/B	300	1130	1000		7500	1.59(6D33)

したことが考えられる. また, 有効高さが大きくなるにつれて斜めひび割れ発生時のせん断スパン中央の鉄筋ひずみは小さくなり, 載荷前に蓄積された収縮の影響が相対的に大きくなる. このことが, 有効高さが大きくなるにつれてせん断強度への収縮の影響が顕著になった一因と思われる. なお, 終局耐力は $d=250\text{mm}$ で 47%, $d=500\text{mm}$ で 41%, $d=1000\text{mm}$ で 63%収縮によって低下した.

3-2 寸法効果の検討

Fig.4 に有効高さと斜めひび割れ発生時のせん断強度の関係を示す. 検討に際し, 高強度 RC はりのせん断強度に対する引張鉄筋比及びせん断スパン比の影響は, 普通強度 RC はりと同等であるという報告があるため³⁾それらの影響を式

(1)により排除した.

$$\tau_{ce}^* = \tau_c / \left\{ (100 p_s)^{1/3} (0.75 + 1.4/(a/d)) \right\} \quad (1)$$

HAS と LAS それぞれの結果を最小二乗法で回帰すると, Fig.4 に示すようにせん断強度は LAS の方では d の $-1/2.6$ 乗に依存しているのに対して, HAS の方では d の $-1/2.1$ 乗に依存しており, HAS の方がより寸法増大によるせん断強度の低下が大きいことが分かった.

次に, 牛尾らによって提案されている収縮により曲げひび割れ幅が増大しせん断抵抗が減少することと, 引張鉄筋比を小さくすることは等価であるとする, 等価鉄筋比の概念⁴⁾を用いた式(2)により評価する.

$$\tau_{ce}^* = \tau_c / \left\{ \left(100 \frac{\epsilon_{s,load}}{\epsilon_{s,load} - \epsilon_{s0,sh}} \right)^{1/3} (0.75 + 1.4/(a/d)) \right\} \quad (2)$$

$\epsilon_{s,load}$; 引張鉄筋応力がゼロ状態から斜めひび割れ発生までのせん断スパン中央の鉄筋ひずみ変化量

$\epsilon_{s0,sh}$; 引張鉄筋位置コンクリート応力ゼロ状態時の鉄筋ひずみ

Fig.5 に有効高さ(d)と τ_{ce}^* の関係を示す. 図によると, 等価引張鉄筋比を用いることで, 有効高さ 250mm から 1000mm までのせん断強度に及ぼす収縮の影響を統一的にほぼ評価できている. ここで, 同様の検討を主に有効高さ $d=250$ mm から 500mm の RC はりを用いて行った牛尾の研究では, せん断強度の寸法効果は有効高さの $-1/3$ 乗に従うとしていたが本研究では, 有効高さの $-1/2.5$ 乗に従った. よって, 有効高さ 250mm から 1000mm と寸法効果の検討範囲を拡大した結果, せん断強度低下に及ぼす部材寸法の影響は, 既往の研究に比べて顕著となった.

4. 結論

(1)収縮量が増加することで, 斜めひび割れ発生時のせん断力は有効高さ $d=250$ mm, 500mm, 1000mm でそれぞれ 4%, 13%, 18%低下した. さらに終局時のせん断力については, 47%, 61%, 63%低下した.

(2)収縮量の違いによって, 寸法効果によるせん断強度の低下が異なった.

(3)等価鉄筋比の概念を適用することで, 有効高さが 250mm から 1000mm までのせん断強度に及ぼす収縮の影響を, 有効高さの $-1/2.5$ 乗でほぼ統一的に評価できた.

謝辞 本実験の一部は福山大学構造・材料開発

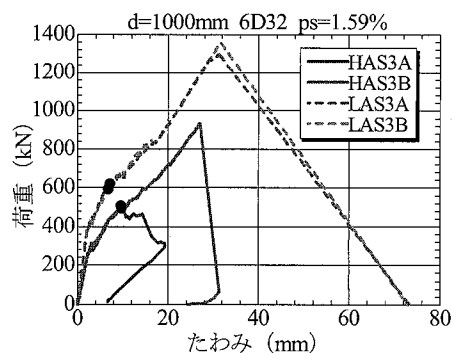


Fig.2 荷重たわみ関係($d=1000$ mm)

Table3 試験結果一覧

配合名	供試体名	コンクリート材料特性			実験結果				
		圧縮強度	ヤング係数	引張強度	引張鉄筋ひず	斜めひび割れ発生時	終局時		
		f_c	E_c	f_t	$\epsilon_{s,sh or ex}$	せん断力	せん断力	せん断力	せん断力
		N/mm ²	kN/mm ²	N/mm ²	μ	kN	N/mm ²	kN	N/mm ²
HAS	HAS1	120.9	45.9	6.9	-227	118	1.57	136	1.82
					-242	127	1.69	127	1.69
	HAS2	117.2	47.3	6.7	-310	177	1.18	180	1.20
					-310	182	1.21	182	1.21
	HAS3	123.4	47.3	7.0	-284	254	0.85	254	0.85
					-294	246	0.82	467	1.56
LAS	LAS1	112.8	46.3	6.7	-59	123	1.64	239	3.19
					-50	132	1.76	181	2.41
	LAS2	123.7	47.9	8.9	-69	197	1.31	219	1.46
					-77	197	1.31	303	2.02
	LAS3	125.6	50.4	7.3	-33	297	0.99	647	2.16
					-37	311	1.04	677	2.26

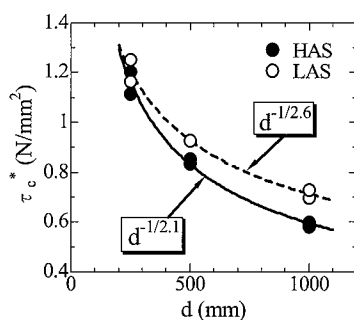


Fig.4 寸法効果
(実鉄筋比使用)

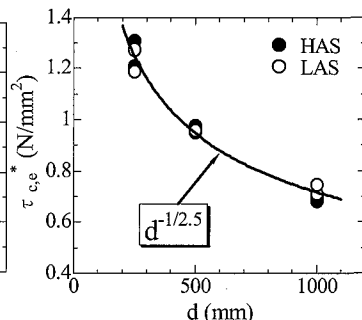


Fig.5 寸法効果
(等価鉄筋比使用)

研究センターにて実施したものである. 関係者各位に感謝の意を表します.

参考文献

- 1) 藤田他: 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, V-56, pp.161-172, 2002.8
- 2) 谷村他: 若材齢時長さ変化を考慮した RC 曲げ部材のひび割れ幅・変形の般的評価方法, 土木学会論文集, No.760, /V-63, pp.181-195, 2004.5
- 3) 社) 土木学会: 2002 年版コンクリート標準示方書改訂資料, 2002.3
- 4) 牛尾他: 高強度 RC はりのせん断挙動に及ぼす体積変化の影響に関する研究, コンクリート工学年次論文集, Vol. 28, No. 2: 769-774, 2006