

論文 せん断補強筋を有する高強度 RC はりのせん断挙動に及ぼす寸法と収縮の影響

河金 甲^{*1}・大賀 琢麻^{*2}・佐藤 良一^{*3}

要旨: 収縮量が異なる2種類の高強度コンクリートを用いて、有効高さ250mm, 500mm, 1000mmのせん断補強筋を有するRCはりを製作し、せん断挙動に及ぼす寸法と収縮の影響を検討した。その結果、斜めひび割れ発生強度の収縮の影響による低下が、寸法増大に伴い顕著になった。一方、本研究で用いた水結合材比が0.23、せん断補強筋比が0.76%以下のRCはりにおいて、斜めひび割れ発生強度にせん断補強筋の収縮拘束による影響が認められなかった。さらに、終局時コンクリート分担分せん断強度も収縮の影響により低下し、その寸法効果は、せん断補強筋のないRCはりの斜めひび割れ発生強度の寸法効果とほぼ同程度であった。

キーワード: 高強度RCはり、収縮、寸法効果、斜めひび割れ発生強度、コンクリート分担分せん断強度

1. はじめに

有効高さが増大するにつれてRCはりのせん断強度が減少することはよく知られており、RCはりのせん断耐力予測に際し、その寸法効果の検討は不可欠である。既往の研究から、コンクリートの高強度化に伴い、せん断補強筋のないRCはりの斜めひび割れ発生強度の寸法効果は顕著になることが明らかとなっている^{1), 2), 3)}。この理由として、圧縮強度が高くなるほどRCはりの斜めひび割れの局所化が顕著になり、破壊に要するエネルギーの総量が小さくなることが挙げられている¹⁾。

コンクリートの高強度化に伴い自己収縮が増大するが、近年では、低熱セメント、膨張材、収縮低減剤の使用等、様々な方法により収縮低減が可能となっている。しかし、低収縮化を図った高強度コンクリートを構造物に用いた場合、そのせん断耐力に及ぼす収縮低減効果は明らかになっていなかった。そこで、筆者らは、有効高さ234mmから1000mmまでのせん断補強筋のない高強度RCはりを用いて、斜めひび割れ発生強度の寸法効果は、収縮が大きくなることにより顕著になること、それは等価引張鉄筋比の概念を用いることにより収縮の大きさにかわらず有効高さの-2/5乗により統一的に評価できることを明らかにした³⁾。さらに、その結果に基づき、収縮の影響を取り入れた高強度RCはりの斜めひび割れ発生強度算定式を定式化した³⁾。

一方、せん断補強筋を配置すると、その影響により斜めひび割れが分散しコンクリートの高強度化に伴う斜めひび割れの局所化の影響が小さくなり、結果として、普通強度を用いたRCはりと同様に有効高さの-1/4乗により破壊時のせん断強度の寸法効果を評価できるとの報告もある⁴⁾。ただし、その検討に用いられたRCはりは、

有効高さ500mm以上のものが少なく⁴⁾、有効高さが大きいせん断補強筋を有する高強度RCはりのせん断挙動の検証は、必ずしも十分ではないと考えられる。さらに、それへの収縮との関連性も明確になっていない。

そこで、本研究では収縮量の異なる2種類の高強度コンクリートを用いて、有効高さ250mm, 500mm, 1000mmのせん断補強筋を有するRCはりを製作し、せん断挙動に及ぼす寸法と収縮の影響を実験的に検討した。

2. 実験概要

2.1 コンクリートの配合

収縮量の異なる2種類の高強度コンクリートを用いて供試体製作を行った。普通ポルトランドセメントを用いた自己収縮の大きい高強度コンクリート(HAS: High Autogenous Shrinkage)と、低熱セメント、収縮低減剤、膨張材を併用することによって自己収縮を低減させた高強度コンクリート(LAS: Low Autogenous Shrinkage)である。それぞれの配合を表-1に示す。

2.2 供試体概要及び製作方法

供試体諸元を表-2に、供試体概要を図-1に示す。HASとLASを用いて有効高さ(d)が、250mm, 500mm, 1000mmのせん断補強筋を有するRCはりを製作し、その載荷試験の結果から、せん断強度に及ぼす寸法と収縮

表-1 配合

記号	セメント	W/B (%)	単位量(kg/m ³)							
			W	C	G	S	SF	EX	SRA	AD
HAS	NC	23	155	607	894	731	67	0	0	12.8
LAS	LC	23	155	567	894	740	67	40	6	11.1

NC: 普通ポルトランドセメント, LC: 低熱セメント, W: 水
 B(=C+SF+EX): 結合材, G: 粗骨材, S: 細骨材
 SF: シリカフューム, EX: 膨張材, SRA: 収縮低減剤
 AD: 高性能AE減水剤

*1 極東興和(株) 技術本部技術開発課 (正会員)

*2 広島大学大学院 工学研究科社会環境システム専攻

*3 広島大学大学院 工学研究科社会環境システム専攻教授 工博 (正会員)

表-2 供試体一覧

供試体名	供試体諸元							引張鉄筋			圧縮鉄筋		せん断補強筋			
	b (mm)	d (mm)	a (mm)	p _s (%)	p _s ' (%)	破壊側	非破壊側	種類の 記号	f _y (N/mm ²)	E _s (kN/mm ²)	種類の 記号	f _y (N/mm ²)	E _s (kN/mm ²)	種類の 記号	f _y (N/mm ²)	E _s (kN/mm ²)
						P _w (%)	P _w (%)									
HAS25-1,2 LAS25-1,2	300	250	750	1.55 (3D22)	1.15 (3D19)	0.38 (D10)	0.76 (D10)	SBPR 1080 /1230	1201	200	SD345	381	201	SD390	487	194
HAS50-1,2 LAS50-1,2	300	500	1500	1.59 (3D32)	1.01 (3D25)	0.19 (D10)	0.38 (D10)	SBPR 1080 /1230	1183	201	SD345	378	201	SD685	787	197
HAS100-1,2 LAS100-1,2	300	1000	3000	1.59 (6D32)	0.79 (3D32)	0.19 (D10)	0.38 (D10)	SBPR 1080 /1230	1208	201	SD345	364	204	SD685	787	197

b: 供試体の幅, d: 有効高さ(供試体上縁から引張鋼材心までの距離), a: せん断スパン長
 $p_s (=A_s/bd)$: 引張鉄筋比, A_s : 引張鉄筋の公称断面積, $p_s' (=A_s'/bd)$: 圧縮鉄筋比, A_s' : 圧縮鉄筋の公称断面積
 $p_w (=A_w/bs)$: せん断補強筋比, A_w : せん断補強筋の公称断面積, s: せん断補強筋の配置間隔
 f_y : 鉄筋の降伏強度の実測値, E_s : 鉄筋のヤング係数の実測値

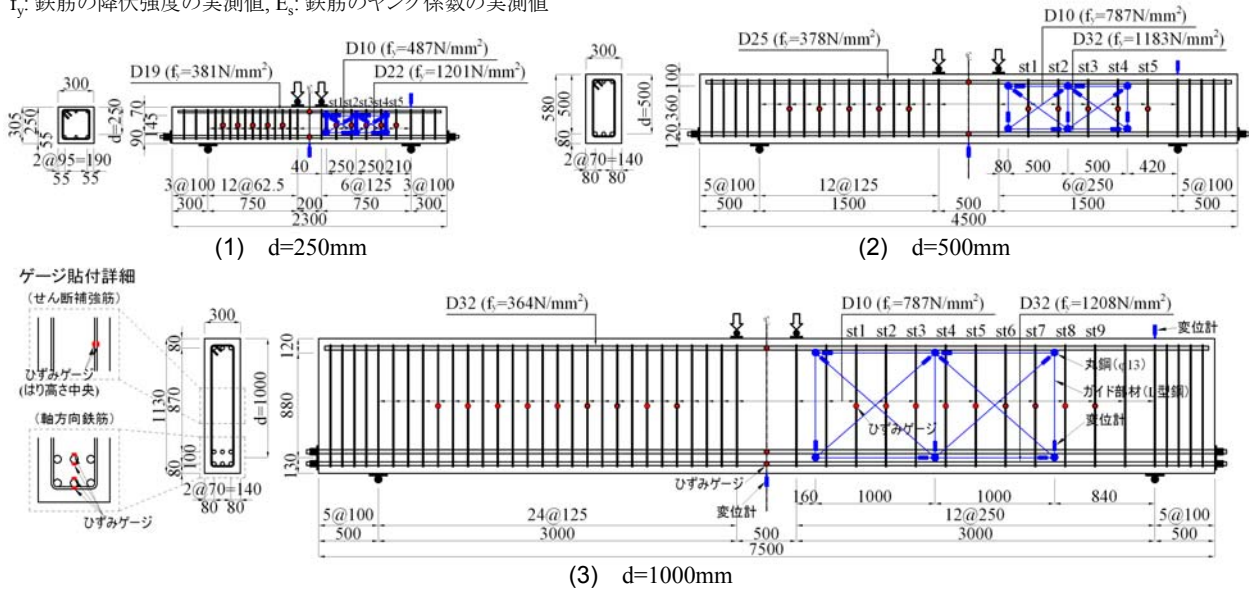


図-1 供試体概要

の影響を検討した。結果の信頼性向上のため、同一諸元のRCはりを2体ずつ合計12体製作した。

せん断強度の寸法効果に及ぼす有効高さと収縮量以外の要因をできるだけ排除するため、供試体の幅は全て300mm、引張鉄筋比は同程度の1.55~1.59%、せん断スパン比(a/d)は全て3.0とした。d=250mmのRCはりはSD390、d=500mmとd=1000mmのRCはりはSD685の高強度鉄筋をせん断補強筋に用いた。それを図-1に示すように非対称に配置することによって破壊側を固定した。

RCはり製作時は、型枠の底面と側面にビニールシートを二重に貼付し、その間にグリスプレーを吹き付けることにより型枠による拘束低減を図った。また、打設終了後は直ちに打設面をラップフィルムと湿布で覆うことにより封緘状態を保ち、材齢1日後に打設面にアルミ粘着テープを貼付した。その後、載荷直前まで脱枠を行うことなく封緘状態を保った。

2.3 計測項目及び載荷試験方法

載荷以前のRCはりに蓄積される収縮・膨張ひずみ挙動を把握するため、軸方向鉄筋の支間中央位置およびせ

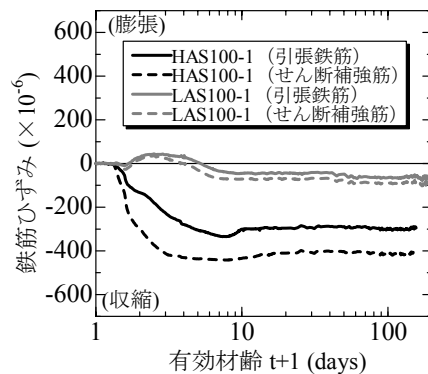


図-2 鉄筋ひずみの経時変化 (d=1000mm)

ん断スパン中央に配置したせん断補強筋のはり高さ中央位置の鉄筋ひずみを打設直後から経時的に計測した。鉄筋ひずみは、軸方向鉄筋には断面中央に配置した鉄筋に、せん断補強筋には片側の鉄筋に、ひずみゲージ(ゲージ長5mm)を貼付して計測した。

載荷試験は、2点集中荷重による静的載荷で行った。載荷試験中は図-1に示した位置において、所定の荷重レベルで変位とせん断補強筋ひずみの計測をするとともに、ひび割れ性状を観察、記録した。支間中央位置、支

表-3 実験結果一覧

供試体名	載荷試験時の コンクリート特性			載荷直前の鉄筋ひずみとコンクリート応力						せん断耐力					
				引張 鉄筋	圧縮 鉄筋	せん断補強筋			斜めひび割れ 発生時		終局時				
	破壊側		非破壊側			破壊 側	非破壊 側								
	f_c' (N/mm ²)	f_t (N/mm ²)	E_c (kN/mm ²)	$\epsilon_{s,def}$ ($\times 10^{-6}$)	$\epsilon_{s,def}'$ ($\times 10^{-6}$)	$\epsilon_{w,def}$ ($\times 10^{-6}$)	$\sigma_{c,def}$ (N/mm ²)	$\epsilon_{w,def}$ ($\times 10^{-6}$)	$\sigma_{c,def}$ (N/mm ²)	$V_{c,cr}$ (kN)	$V_{c,cr}$ (kN)	V_u (kN)	V_s (kN)	$V_{c,u}$ (kN)	$\tau_{c,u}$ (N/mm ²)
HAS25-1	119	6.5	45.1	-269	-309	-363	0.27	-347	0.52	80	140	354	126	228	3.04
HAS25-2				-270	-322	-354	0.26	-329	0.49	112	113	391	126	265	3.53
LAS25-1	117	6.3	48.3	-27	-16	-28	0.02	-14	0.02	120	81	443	126	317	4.23
LAS25-2				-37	-7	-14	0.01	5	0.00	130	134	417	126	291	3.88
HAS50-1	118	6.1	45.5	-328	-406	-414	0.16	-421	0.32	151	176	590	203	387	2.58
HAS50-2				-306	-406	-434	0.16	-417	0.31	167	212	620	203	417	2.78
LAS50-1	127	6.4	46.5	-94	-93	-38	0.01	-16	0.01	199	212	681	203	478	3.19
LAS50-2				-78	-89	-76	0.03	-41	0.03	194	200	600	203	397	2.65
HAS100-1	124	6.9	47.1	-295	-387	-412	0.15	-409	0.31	212	195	1001	406	595	1.98
HAS100-2				-300	-412	-404	0.15	-389	0.29	272	272	1007	406	601	2.00
LAS100-1	125	6.8	46.9	-69	-78	-95	0.04	-87	0.07	330	342	1091	406	685	2.28
LAS100-2				-60	-70	-75	0.03	-41	0.03	345	398	1139	406	733	2.44

f_c' : コンクリートの圧縮強度, f_t : コンクリートの割裂引張強度, E_c : コンクリートのヤング係数

$\epsilon_{s,def}$: 載荷直前の引張鉄筋ひずみ, $\epsilon_{s,def}'$: 載荷直前の圧縮鉄筋ひずみ, $\epsilon_{w,def}$: 載荷直前のせん断補強筋ひずみ(+: 膨張, -: 収縮)

$\sigma_{c,def}$: 載荷直前のコンクリートに生じている鉛直方向の応力(+: 引張, -: 圧縮)

$V_{c,cr}$: 斜めひび割れ発生時せん断力, V_u : 終局時せん断力,

V_s : トラス理論に基づいたせん断補強筋降伏時せん断補強筋分担せん断力

$V_{c,u}(=V_u-V_s)$: 終局時コンクリート分担せん断力, $\tau_{c,u}(=V_{c,u}/bd)$: 終局時コンクリート分担せん断強度

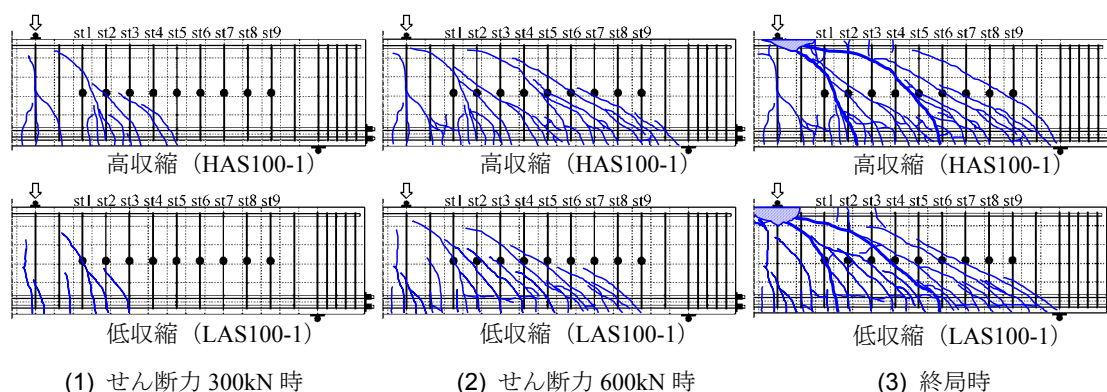


図-3 ひび割れ進展と破壊状況 (d=1000mm)

点位置の変位どちらも、容量 100mm, 精度 0.02mm の変位計を用いて計測し、支間中央の変位から支点の変位を差し引くことにより、支間中央のたわみを求めた。さらに、図-1 に示す位置に予め埋込んだインサート金具に取り付けた丸鋼間の変位を容量 50mm, 精度 0.005mm または容量 25mm, 精度 0.002mm の変位計を用いて計測し、文献 5) に従いせん断ひずみを求めた。

3. 結果と考察

3.1 コンクリート特性と載荷直前の鋼材ひずみ

載荷試験時のコンクリート特性を表-3 に示す。圧縮強度、割裂引張強度、ヤング係数は HAS も LAS もそれぞれ同程度であり、ここでは、膨張材や収縮低減剤を使用したことによる収縮量以外のコンクリート特性への明確な影響はみられなかった。

打設直後からの RC はりの引張鉄筋ひずみとせん断補強筋ひずみの経時変化の一例を図-3 に、全ての供試体

の載荷直前の鉄筋ひずみを表-3 に示す。図-3 から HAS 供試体では若材齢時に自己収縮に起因した収縮ひずみが発生しているのに対して、LAS 供試体の鉄筋ひずみは、低熱セメント、膨張材、収縮低減剤の効果によって低減されていることが確認できる。

3.2 ひび割れ進展と破壊性状に及ぼす収縮の影響

ひび割れ進展の一例として、d=1000mm の RC はりにおけるせん断力 300kN 時、せん断力 600kN 時、および終局時のひび割れ図を図-3 に示す。図-3(1)、図-3(2) から、破壊前の HAS 供試体のひび割れは、LAS 供試体と比較すると、より支点側の位置においても発生し、さらに、曲げせん断域のひび割れはより上縁側に達していることがわかる。これは、せん断補強筋のない RC はりで見られた、収縮の影響によりひび割れ発生強度が低下したり中立軸深さが減少すること³⁾と対応する。その結果、図-3(3)に示すように、HAS 供試体の破壊時の主たるひび割れの圧縮域の深さは、LAS 供試体に比べて、浅

くなる傾向がみられた。

3.3 たわみ性状に及ぼす収縮の影響

荷重と支間中央たわみの関係の一例として $d=1000\text{mm}$ の場合の結果を図-4 に示す。この図から、最大荷重に至るまで HAS 供試体の支間中央のたわみは、同一荷重時の LAS 供試体と比較して大きいことがわかる。これは、載荷時のコンクリートのヤング係数はほぼ等しいことから(表-3 参照)、図-3 でみられたひび割れ進展の違いによるものと考えられる。

3.4 斜めひび割れ発生強度への収縮の影響

(1) 斜めひび割れ発生強度の決定方法

せん断補強筋のない RC はりとは異なり、せん断補強筋を有する RC はりでは、斜めひび割れが発生しても変形がせん断補強筋によって拘束されるため、斜めひび割れ発生直後に急激な剛性低下は生じない。それゆえ、せん断補強筋ひずみが明確に増加したせん断力から斜めひび割れ発生強度を求めることとした。ここでは、文献3) のせん断補強筋のない RC はりの場合、斜めひび割れのはり高さ中央位置(本研究のせん断補強筋ゲージ貼付位置)は、最も載荷点に近いケースでも載荷点から $0.6d$ (d : 有効高さ) 離れていたため、それより支点側のせん断補強筋ひずみの増加から斜めひび割れ発生強度を決定した。これは、次項においてせん断補強筋の有無が斜めひび割れ発生強度に与える影響を検討する際、せん断補強筋のない RC はりでせん断挙動に大きな影響を与えないような曲げ作用が卓越したひび割れを、せん断補強筋を有する場合も斜めひび割れとしてみなさないようにするためである。なお、破壊時まで、全ての RC はりにおいて、載荷点から $0.6d$ より載荷点側のせん断補強筋ひずみが、他のそれより卓越することはないことを確認している。

(2) 斜めひび割れ発生強度への収縮の影響

図-5 に、全ての RC はりの破壊側と非破壊側の斜めひび割れ発生時せん断力を、せん断補強筋比に着目して示す。せん断補強筋のない RC はりは、有効高さの増大に伴い、斜めひび割れ発生強度の収縮の影響による低下が顕著になることが明らかとなっている³⁾。図-5 から、せん断補強筋を有する場合も同様の傾向があることがわかり、 $d=1000\text{mm}$ では斜めひび割れ発生強度の収縮による低下が明確に表れている。

1. で述べたように、筆者らはせん断補強筋のない RC はりの実験的検討から、次式に示す高強度 RC はりの斜めひび割れ発生強度算定式を定式化した³⁾。

$$V_{c,cal} = 0.11E_c^{2/5} f_t^{1/5} \left(\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_s - \varepsilon_{s0,def}} 100 p_s \right)^{1/3} d^{-2/5} (0.75 + 1.4/(a/d)) bd \quad (1)$$

ここで、 ε_s : 斜めひび割れに発達する曲げひび割れ発生断面における、コンクリート引張部を無視した曲げ理論

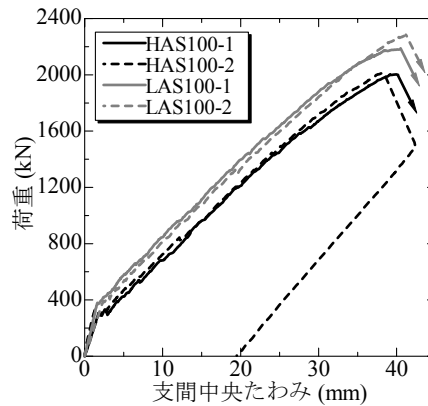


図-4 荷重と支間中央たわみの関係 ($d=1000\text{mm}$)

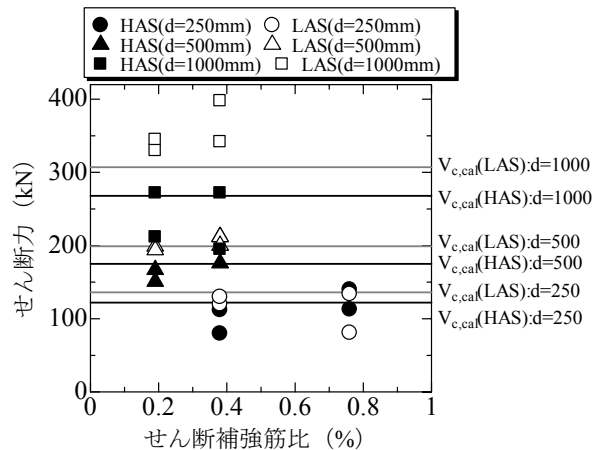


図-5 斜めひび割れ発生時せん断力

を用いて求めた斜めひび割れ発生時の引張鉄筋ひずみ、 $\varepsilon_{s0,def}$: 引張鉄筋位置でのコンクリート応力がゼロ状態の時の引張鉄筋ひずみ、である。図中に、HAS 供試体と LAS 供試体それぞれの式(1)による計算値($V_{c,cal}(\text{HAS})$, $V_{c,cal}(\text{LAS})$)を示す。なお、本研究での ε_s 算出断面は、文献3)と同様に載荷点から $1.5d$ (d : 有効高さ) 離れた断面とした。さらに、次式を用いて求めた、載荷直前の RC はりのコンクリートに生じている鉛直方向の応力($\sigma_{c,def}$)を表-3 に示す。

$$\sigma_{c,def} = -A_w E_s \varepsilon_{w,def} / (bs - A_w) \quad (2)$$

ここで、 A_w : 区間 s におけるせん断補強筋の総断面積、 s : せん断補強筋の配置間隔、である。 $\sigma_{c,def}$ は、載荷直前のせん断補強筋ひずみの実測値($\varepsilon_{w,def}$)を用い、区間 s のせん断補強筋に蓄積される合力と、コンクリートに生じる鉛直方向の合力とは釣り合っていると仮定して求めた。

式(1)による計算値と実験値を比較すると、ばらつきが大きいものの、概ね傾向は一致している。さらに、せん断補強筋比の増加は、収縮拘束によりコンクリートに生じる引張応力を増大させ、それによる斜めひび割れ発生強度の低下も考えられるが、本研究の同一有効高さの HAS 供試体の斜めひび割れ発生強度は、せん断補強筋比

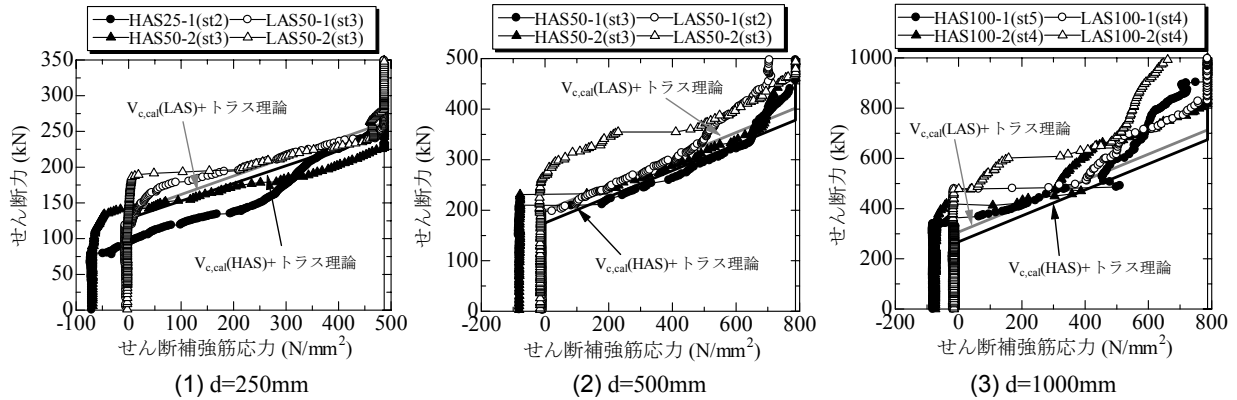


図-6 せん断補強筋応力

が増加しても低下していない。

本研究に用いた HAS 供試体のコンクリートに荷重前に生じていた鉛直方向の引張応力は、表-3 より 0.15～0.52N/mm² である。この値はコンクリートの引張強度に対してそれほど大きくなく、さらに斜めひび割れ発生にはひびわれと直行する成分の引張応力が関係するため、鉛直方向の収縮拘束による影響はより小さくなると思われる。その結果、せん断補強筋による収縮拘束の影響がせん断強度に明確に表れなかったと推測できる。

せん断補強筋のない RC はりの斜めひび割れ発生強度は、d=1000mm の場合は収縮によって約 20%低下し、それは引張鉄筋に及ぼす収縮の影響によって説明されている³⁾。本研究の RC はりにおいて、せん断補強筋の収縮拘束の影響が明確にみられなかったことを考慮すると、水結合材比が 0.23、せん断補強筋比が 0.76%以下の RC はりの斜めひび割れ発生強度の収縮による低下は、引張鉄筋に及ぼす収縮の影響によって主に引き起こされたと考えられる。なお、この点については、本研究の斜めひび割れ発生強度のばらつきが大きいこともあり、その決定方法の妥当性も含め、今後さらに検討する必要がある。

3.5 せん断補強筋応力に及ぼす収縮の影響

図-6 に破壊時の主たる斜めひび割れに最も近いせん断補強筋応力計測位置の、せん断力とせん断補強筋応力の関係を有効高さごとに示す。凡例中には、結果を示したせん断補強筋の番号 (st1～st9) を図-1 に対応させて併記している。図中には、式(1)による計算値をコンクリート分担分とした修正トラス理論値を併記している。

今回の実験ではせん断補強筋の中央高さでしか鉄筋応力測定を行っておらず、ひび割れ発生位置と応力測定位置が正確に対応していないことを踏まえる必要はあるものの、HAS 供試体のせん断補強筋応力は、LAS 供試体のそれに比べて、同一せん断力時に大きくなる傾向がみられる。さらに、図-6(1)に示す d=250mm の HAS 供試体の場合を除くと、修正トラス理論により実測値を概ね同等もしくは安全側に評価できている。なお、文献(6)で

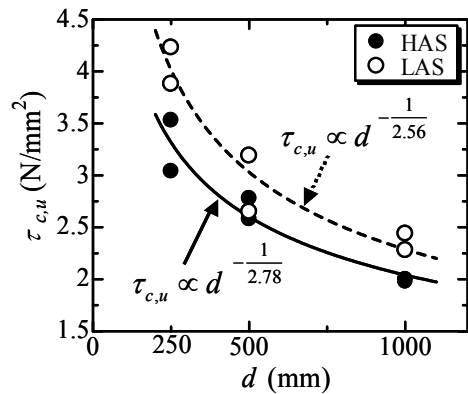


図-7 終局時コンクリート分担せん断強度の寸法効果

は d=500mm の RC はりのせん断補強筋にゲージを 30mm 間隔に貼付することにより、ひび割れ発生位置に対応した厳密なせん断補強筋応力測定を行った。その結果、本研究と同様に修正トラス理論値をせん断補強筋応力の実測値を超える場合もみられたが、トラス理論の斜めひび割れに跨る全てのせん断補強筋応力は等しいという仮定に従い平均応力で比較すると、修正トラス理論値と実測値はほぼ一致することが明らかとなっている。

3.6 終局時コンクリート分担せん断強度の寸法効果とその収縮の影響

終局時せん断耐力は、せん断補強筋量により異なる。一方、正確なせん断補強筋応力測定を行った既往の研究では、その実測値は圧縮斜材角を 45° とした修正トラス理論値と概ね一致したこと⁹⁾から、コンクリート負担分は一定に保たれるとすると、せん断補強筋が負担するせん断力はトラス理論によりほぼ評価できると考えられる。そこで、式(3)に示すように、終局時せん断力の実験値(V_u)から、圧縮斜材角を 45° としたせん断補強筋降伏時のトラス理論値(V_s 、式(4))を差し引くことにより求めた終局時コンクリート分担分($\tau_{c,u}$)によって、終局時せん断強度に及ぼす収縮の影響を検討する。

$$\tau_{c,u} = V_{c,u} / bd = (V_u - V_s) / bd \quad (3)$$

$$V_s = A_w f_{y,w} z / s \quad (4)$$

ここで、 $f_{y,w}$ ：せん断補強筋の降伏強度、 z ：圧縮応力の合力作用位置から引張鉄筋圆心までの距離、である。

全ての RC はりの $\tau_{c,u}$ を表-3 に示す。さらに、せん断強度の寸法効果を検討するため、終局時コンクリート分担分せん断強度と有効高さの関係を図-7 に示す。全ての RC はりが載荷点付近のコンクリートの圧縮破壊により終局に至った本研究において、HAS の LAS に対する圧縮強度の比は 0.93~1.02 であり、圧縮強度の違いが終局耐力の寸法効果に与える影響は小さいと考えられる。図中には、HAS 供試体と LAS 供試体それぞれ、最小二乗法による回帰曲線も併記している。

表-3 や図-7 に示すように、 $\tau_{c,u}$ は収縮の影響によって低下した。同一有効高さの LAS 供試体の $\tau_{c,u}$ に対する HAS 供試体の $\tau_{c,u}$ の低下率は、有効高さ 250mm, 500mm, 1000mm の RC はりでそれぞれ平均すると、19%, 8%, 15% となった。この理由の可能性の一つとして、図-3(3) でみられた、HAS 供試体の破壊時の主たるひび割れの圧縮域の深さは、LAS 供試体に比べて浅くなることが考えられる。

さらに、図-7 から、終局時コンクリート分担分のせん断強度は、HAS 供試体では有効高さの-1/2.78 乗、LAS 供試体では有効高さの-1/2.56 乗に比例し、明確な差が認められないことがわかる。これらの寸法効果は、せん断補強筋のない RC はりの斜め引張破壊を対象とした式(1)の寸法効果則である-2/5 乗とほぼ同程度である。

3.7 せん断ひずみに及ぼす寸法と収縮の影響

図-8 に破壊時までのせん断応力 ($\tau = V / bd$) とせん断ひずみの関係を示す。せん断ひずみは、図-1 に示す曲げせん断域で測定した載荷点側と支点側の平均値を検討に用いた。なお、同一配合・同一諸元で製作した 2 体の供試体のうち終局耐力が大きい方の結果を示す。

図-8 より、同一せん断応力時のせん断ひずみは、寸法が大きくなるほど、収縮量が大きくなるほど増大することがわかる。しかし、破壊時のせん断ひずみは、寸法や収縮量にかかわらず大きな差は認められなかった。

4. 結論

本研究により得られた結論を以下に示す。

- (1) せん断補強筋を有する高強度 RC はりの斜めひび割れ発生強度は、収縮の影響により低下した。一方、本研究で用いた水結合材比が 0.23、せん断補強筋比が 0.76% 以下の RC はりにおいて、斜めひび割れ発生強度にせん断補強筋による収縮拘束の明確な影響は認められなかった。
- (2) 収縮量が大きい場合、収縮量が小さい場合と比較してせん断補強筋応力は増加する傾向がみられた。
- (3) 有効高さ 250mm, 500mm, 1000mm の RC はりで、

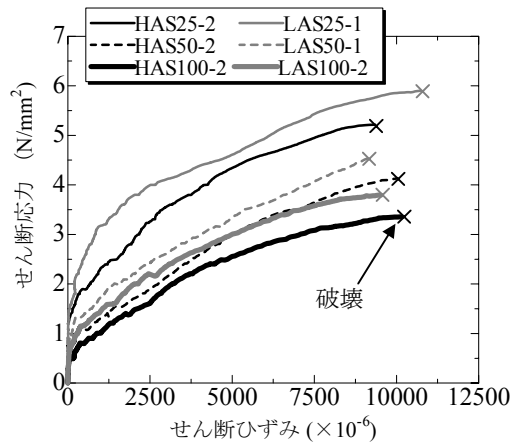


図-8 せん断応力とせん断ひずみの関係

収縮量が大きい場合の終局時コンクリート分担分せん断強度は、収縮量が小さい場合と比較し、それぞれ平均で 19%, 8%, 15% 低下した。

- (4) 終局時コンクリート分担分せん断強度の寸法効果は、収縮量が大きい場合は有効高さの-1/2.78 乗、小さい場合では-1/2.56 乗となり、せん断補強筋のない RC はりの斜めひび割れ発生強度の寸法効果とほぼ同程度であった。
- (5) 同一せん断応力時のせん断ひずみは、寸法が大きくなるほど、収縮量が大きくなるほど増加した。しかし、破壊時のせん断ひずみは寸法や収縮量に依存しなかった。

参考文献

- 1) 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，V-56，pp. 161-172，2002
- 2) 鈴木基行ほか：コンクリート圧縮強度130MPaまでを対象とした腹鉄筋のないRCはりのせん断強度式，土木学会論文集，V-60，pp. 75-91，2003
- 3) Sato, R. and Kawakane, H. : A new concept for the early age shrinkage effect on diagonal cracking strength of reinforced HSC beams, *Journal of Advanced Concrete Technology*, 6(1), pp. 45-67, 2008
- 4) 秋山充良ほか：コンクリート圧縮強度130N/mm²・せん断補強鉄筋降伏強度1200N/mm²までを用いたRCはりのせん断耐力算定式，構造工学論文集，Vol. 50A，pp. 907-917，2004
- 5) 前田匡樹ほか：鉄筋コンクリート梁部材の変形評価法に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol. 19，No. 2，pp. 861-866，1997.
- 6) 河金甲ほか：せん断補強筋を有する高強度 RC はりのせん断耐力に及ぼす収縮の影響，コンクリート工学年次論文集，Vol. 29，No. 3，pp.703-708，2007