論文　主筋がシングルに配筋された PVA 繊維補強鉄筋コンクリート薄肉梁の曲げせん断性状に関する実験的研究

磯　雅人[*1]・澤井　謙彰[*2]・徳橋　一樹[*3]

要旨：筆者らは，主筋がシングルに配筋された PVA-FRC 薄肉断面梁部材の研究を継続的に実施している。昨年度のせん断実験の報告では，PVA 繊維がせん断補強に効果を発揮することの報告を行うとともに，PVA-FRC 薄肉断面梁部材のせん断終局強度式を提案した。本研究は，曲げ破壊が先行する PVA-FRC 薄肉断面梁部材を作製し，曲げせん断実験により，その変形性能を明らかにすることを目的とした。実験の結果，繊維体積混入率 V_f を 0.5%，0.75%，1.0%を混入した PVA 試験体は，無補強の RC 試験体に比較して，損傷を抑制できるとともに，変形性能，限界塑性率，限界部材角を大きく向上できることが示される。

キーワード：PVA 繊維補強コンクリート，シングル配筋，限界塑性率，せん断余裕度，限界部材角

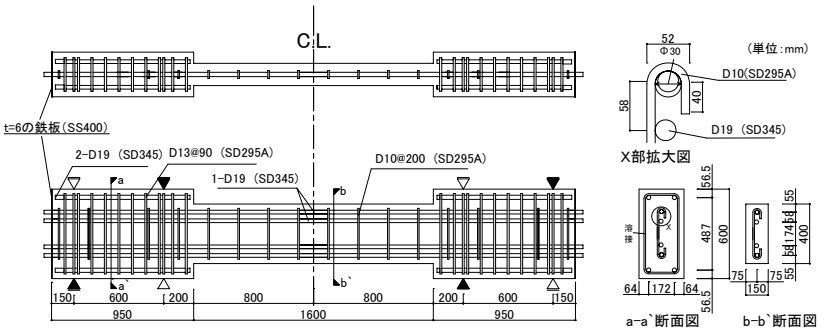
1. はじめに

過去の地震被害では，住宅の布基礎が損傷して上部構造物が傾斜，ずれるなど甚大な被害を生じさせた事例は多数存在する。ところで地下構造物に被害が生じた場合，修復が困難となるばかりでなく，修復が可能な場合でも多額な修復費用がかかる。そのため地震に対する住宅用布基礎の損傷を制御・防止する技術の開発は極めて重要である。さらに，近年では，性能設計の導入や環境問題の観点から，凍害，塩害等を受ける厳しい環境下においてもひび割れや損傷を制御・防止し，さらには，ひび割れを起因とする鉄筋の腐食やコンクリートの剥落を抑制するといった高い耐久性能を保有することも必要である。一方で住宅用布基礎は，主筋がシングルに配筋され，補強筋も閉鎖型とならない。そのため主筋が複配筋，補強筋が閉鎖型配筋となる従来の鉄筋コンクリート（以下，RC）梁に比べて，構造性能が低下し，梁上面で割裂破壊するなど，従来の RC 梁とは異なる性状を示す[1)]。以上のことから筆者らは，住宅用布基礎の損傷を制御・防止するとともに，高耐久化と構造性能の向上をはかるためにコンクリート代替としてポリビニルアルコール繊維補強コンクリート（以下，PVA-FRC）を使用することを提案し，昨年度，主筋をシングル配筋とした PVA-FRC 薄肉断面梁部材のせん断実験の結果について報告[2)]した。実験の結果，PVA-FRC がせん断補強に効果を発揮することを確認でき構造性能が向上するとともに，上面割裂を抑制し，ひび割れによる損傷を軽減できることを示した。さらに，PVA-FRC 薄肉断面梁部材のせん断終局強度式を提案し，おおむね実験値を推定できることを示した。しかしながら，PVA-FRC を使用した薄肉断面梁部材の変形性状は不明である。そこで本研究では，曲げ破壊が先行する PVA-FRC 薄肉断面梁部

表－1　試験体一覧

NO.	試験体名	b×D (mm)	a/D	F_{28} (N/mm^2)	主筋	p_w (%)	V_f (%)
1	RC-0.24-F	150×400	2.0	60	2-D19(SD345) ﾈｼﾞﾌｼ鉄筋	0.24	0.00
2	RC-0.47-F					0.47	0.00
3	PVA0.50-0.24-F					0.24	0.50
4	PVA0.75-0.24-F						0.75
5	PVA1.00-0.24-F						1.00

試験体名　一例
PVA 0.50-0.24-F
①　②　③ ④
①RC：普通ｺﾝｸﾘｰﾄ，PVA：繊維補強ｺﾝｸﾘｰﾄ　②繊維体積混入率（V_f）
③せん断補強筋比（p_w）　④曲げシリーズ



図－1　配筋図の一例（No.1,3,4,5）

*1 福井大学大学院　工学研究科建築建設工学専攻講師　博士（工学）　(正会員)
*2 福井大学大学院　工学研究科建築建設工学専攻　(正会員)
*3 敦賀セメント（株）　品質保証部技術グループ　博士（工学）　(正会員)

材を作製し，曲げせん断実験により，その変形性状を明らかにすることを目的とした。また，比較のため PVA 繊維を無混入とした RC 梁も同時に作製し比較・検討することとした。

2. 実験概要

表－1 に試験体一覧，**図－1** に配筋図の一例，**表－2** にベースコンクリートの配合表，**表－3** に使用材料（鉄筋，コンクリート，繊維）の力学的特性を示す。

共通要因は，断面 b×D=150×400（mm），せん断スパン比 a/D=2.0 である。各試験体の破壊形式は，曲げ破壊が先行するように設計を行い，主筋は上下端ともに 2-D19（SD 345）を使用した。ベースコンクリートの配合は，フローを 60cm，材齢 28 日の目標圧縮強度を 60（N/mm^2）となるよう配合設計を行った。また，乾燥収縮および自己収縮によるひび割れを抑制するため，膨張材，収縮低減剤を添加した配合とした。使用する短繊維は，ポリビニルアルコール繊維であり，繊維長 30mm のものを使用した。

変動要因は，V_f=0.00，0.50，0.75，1.00（%）の 4 水準とした。なお，PVA 試験体のせん断補強筋比は，p_w=0.24（%）（D10@200（SD295A））と共通にした。また，繊維の補強効果を比較・検討するために p_w=0.24，0.47（%）の RC 試験体も同時に作製した。試験体総数は計 5 体である。繊維の混練は，アジテーター車に繊維を直接手投入することにより行った。また，繊維を分散させるために繊維投入完了後，V_f=0.50，0.75（%）は約 60 秒，V_f=1.00（%）は約 90 秒攪拌させ，繊維が分散していることを確認してから試験体に打設を行った。

図－2 に加力サイクルを示す。加力は，逆対称モーメントが生じるように大野式加力とした。加力サイクルは，部材角 R=1/400（rad.）を 1 サイクル，R=1/200，1/100，1/67，1/50，1/40（rad.）を各 2 サイクル行うことを原則とし，正負交番繰返し載荷とした。加力の終了は，曲げ降伏後，耐力が維持できず，最大耐力の 80%に低下した時点を加力の終了とした。

3. 実験結果

表－4 に実験結果および計算結果一覧を示す。

3.1 破壊性状

写真－1 に R=+1/50（rad.）1 回目時のひび割れ状況を，**写真－2** に最終破壊状況を，**写真－3** に最終破壊時の上面部分のひび割れ状況を示す。RC 試験体のひび割れの発生順序は，梁材端部引張側より曲げひび割れが最初に発生する。その後のひび割れ発生順序は試験体により異なるが下面割裂ひび割れ，上面割裂ひび割れ，せん断ひび割れが発生する。曲げひび割れ発生荷重（$_eQ_{mc}$）の範囲は $_eQ_{mc}$= 14.1～25.3（kN），せん断ひび割れ発生荷重（$_eQ_{sc}$）の範囲は $_eQ_{sc}$= 52.2～62.7（kN），上面割裂ひび割れ発生荷重（$_eQ_{tsp}$）の範囲は $_eQ_{tsp}$= 46.1～75.1（kN），下面割裂ひび割れ発生荷重（$_eQ_{bsp}$）の範囲は $_eQ_{bsp}$= 44.1

表－2　ベースコンクリートの配合表

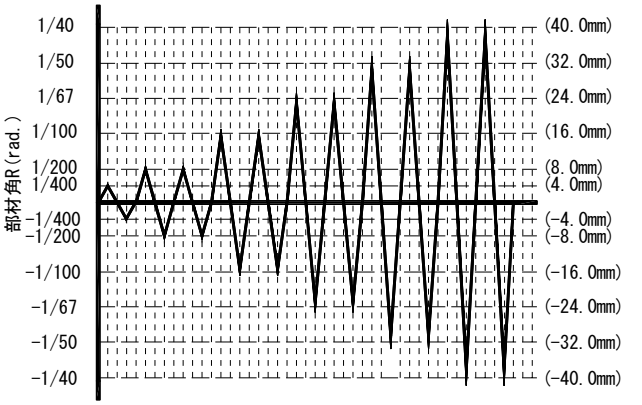
水結合材比 (%)	細骨材率 (%)	空気量 (%)	単位量(kg/m^3) 水	混和材*1	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤①*2	混和剤②*3
33	55	3	169	20	510	883	739	5.30	6.00

＊1：混和材は膨張剤であり，セメントの一部として考える。
＊2：混和剤①は，高性能AE減水剤である。添加量は，結合材（セメント＋混和材）の1%とした。
＊3：混和剤②は，高性能収縮低減剤であり，水の一部として考える。
注意：繊維量は，上記の体積に対して外割りの0.5%，0.75%，1.0%とした。

表－3　使用材料の力学的特性

■鉄　筋■ 使用部位	鉄筋の種類	降伏点 (N/mm^2)	引張強度 (N/mm^2)	降伏ひずみ度 (μ)	ヤング係数 ×10^5(N/mm^2)
主筋	D19(SD345)	377	575	2300	1.88
補強筋	D10(SD295A)	360	506	1890	1.86
■コンクリート■ 材齢(養生)	試験体	圧縮強度 (N/mm^2)	割裂引張強度 (N/mm^2)	ポアソン比	ヤング係数 ×10^4(N/mm^2)
49～54日(封緘)	RC-0.24-F，RC-0.47-F	60.8	3.73	0.183	3.02
57日(封緘)	PVA0.50-0.24-F	59.9	4.31	0.181	3.05
62日(封緘)	PVA0.75-0.24-F	58.6	3.63	0.177	3.05
65日(封緘)	PVA1.00-0.24-F	63.3	3.89	0.175	2.94
■繊　維■ 繊維の種類	カット長 (mm)	繊維径 (mm)	引張強度 (N/mm^2)	破断伸度 (%)	ヤング係数 ×10^4(N/mm^2)
ポリビニルアルコール(PVA)	30	0.66	880	7.0	2.80

備考：コンクリートの種類は，高強度コンクリート60-60-25-Nである。

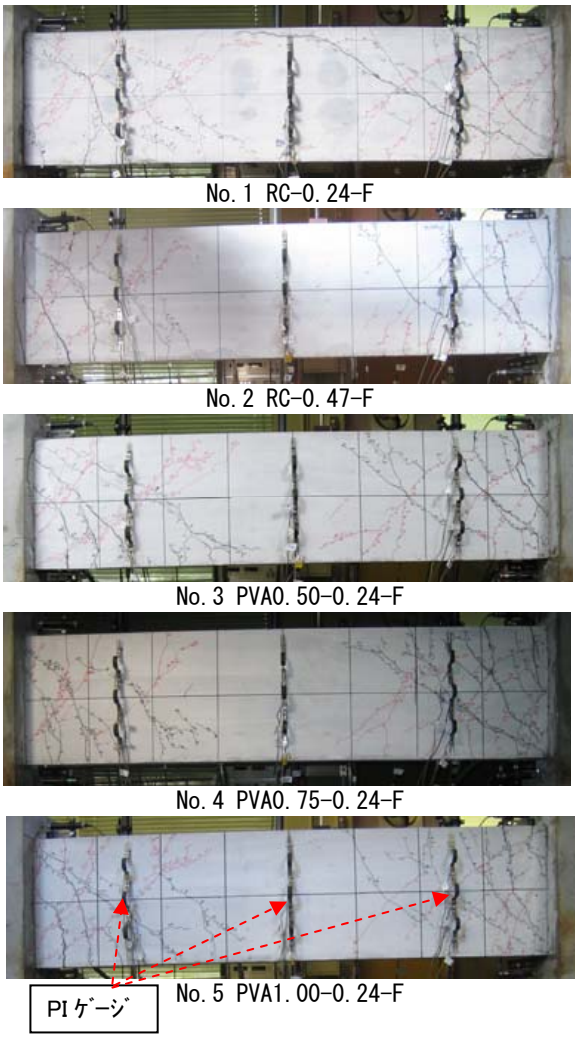


図－2　加力サイクル

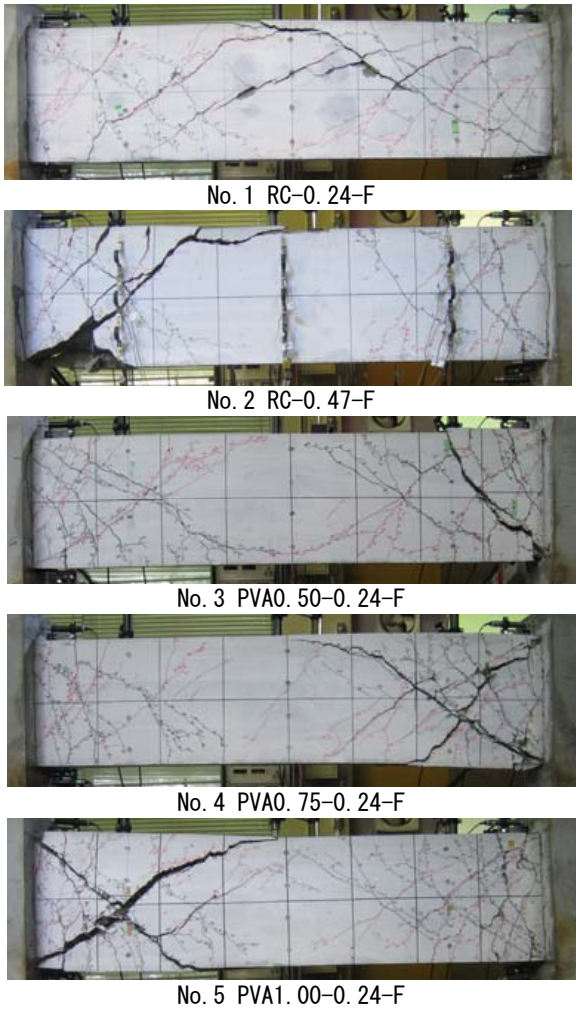
表－4　実験結果および計算結果一覧

No.	試験体名	実験結果 $_eQ_{max}$ (kN)	$_e\delta_{max}$ (mm)	$_eR_y$ (rad.)	$_eR_u$ (rad.)	μ =$_eR_u$/$_eR_y$	最終破壊	計算値(実験値/計算値) $_cQ_{mu}$ 3) (kN)	$_{MA}Q_{su}$ 2) (kN)	$_cR_u$ (rad.)	せん断余裕度 $_{MA}Q_{su}$/$_cQ_{mu}$
1	RC-0.24-F	97.0	16.1	0.00534	0.0168	3.15	曲げ降伏後のせん断破壊（上･下面割裂ひび割れ）	76.8 (1.26)	101 (0.96)	0.0127 (1.33)	1.32
		-87.7	-15.9								
2	RC-0.47-F	99.1	16.1	0.00524	0.0200	3.82	曲げ降伏後のせん断破壊（上･下面割裂ひび割れ）	76.8 (1.29)	119 (0.83)	0.0239 (0.84)	1.55
		-89.8	-31.8								
3	PVA0.50-0.24-F	100	16.1	0.00472	0.0254	5.38	曲げ降伏後のせん断破壊（上･下面割裂ひび割れ）	76.8 (1.31)	108 (0.93)	0.0169 (1.50)	1.41
		-99.0	-40.0								
4	PVA0.75-0.24-F	106	16.1	0.00459	0.0210	4.57	曲げ降伏後のせん断破壊	76.8 (1.38)	111 (0.95)	0.0192 (1.10)	1.45
		-98	-32.0								
5	PVA1.00-0.24-F	110	16.1	0.00424	0.0352	8.32	曲げ降伏後のせん断破壊	76.8 (1.44)	117 (0.94)	0.0216 (1.64)	1.52
		-101	-39.7								

■記号の説明■
$_eQ_{max}$：最大耐力実験値　$_e\delta_{max}$：最大耐力時の相対変位実験値　$_eR_y$：降伏時部材角実験値　$_eR_u$：限界部材角実験値　μ：限界塑性率実験値
$_cQ_{mu}$：曲げ降伏強度計算値（式(1)）　$_{MA}Q_{su}$：修正A法式による計算値（式(2)）　$_cR_u$：限界部材角計算値



写真－1　R=＋1/50(rad.)1 回目時のひび割れ状況



写真－2　最終破壊状況

No. 2　RC-0.47-F　　No. 5　PVA0.50-0.24-F

上面割裂ひび割れ　　上面割裂ひび割れなし

写真－3　上面のひび割れ状況（最終破壊状況）

～65.0（kN）であった。その後は，主筋が降伏し材端部の曲げひび割れが口開く性状を示す。最終破壊状況は，すべての試験体で曲げ降伏後のせん断破壊の様相を示した。また，シングル配筋の特徴である主筋に沿った上面および下面割裂ひび割れは，PVA 繊維補強を施すことにより抑制（**写真－3** 参照）され，V_fを増加させることにより，その傾向はより顕著となる。また，表面，裏面のひび割れ状況を観察したところ，ほぼ同一であり試験体に捩りは生じていないと考えられる。p_w=0.24（%），No.1，3，4，5 試験体の R=+1/50(rad.) 1 回目時の PI ゲージにより測定した積算ひび割れ幅は，それぞれ 2.98(mm)，1.61(mm)，1.81(mm)，2.08(mm)となり，RC 試験体に比較して PVA 試験体の積算ひび割れ幅は小さく，損傷は軽微であった。なお，ひび割れ幅の測定は検長 100mm の PI ゲージを 3 連で計測し鉛直方向のひび割れ幅を測定した。測定位置は，試験体の端部から左右 300mm 位置と中央に配置した（**写真－1** 参照）。積算ひび割れ幅は，各区間で測定されたひび割れ幅を積算したものである。

3.2 変形性状

図－3，**図－4** に RC 試験体および PVA 試験体のせん断力（Q）－相対変位（δ）関係を，**図－5** に全試験体の Q－δ包絡線の比較を示す。PVA 試験体の弾性剛性は，RC 試験体に比べて，やや高い傾向を示す。また，V_f の増加とともに弾性剛性がやや上昇する傾向が認められる。次に，補強筋比が p_w=0.24%の No.1，3，4，5 試験体で比較した場合，PVA 試験体のひび割れ後の剛性は RC 試験体に比べてやや高い。主筋降伏以降は変形の増加とともに剛性を徐々に低下させながら，耐力を上昇させる傾向を示すが，やがて耐力の頭打ちとなる。その後は，耐力を維持しながら変形が伸びる典型的な曲げ破壊型の性状を示す。PVA 試験体の最大耐力以降の性状は，RC

試験体に比較して靭性およびエネルギー吸収能力が向上していることが確認できる。また，全 PVA 試験体は No.2，p_w =0.47%の RC 試験体よりも変形性能が向上していることから，V_f =0.5%の混入量は，補強筋比に換算して p_w=0.23%以上の効果があると推察される。V_f の違いによる影響では，V_f=0.5%の No.3 試験体と V_f=0.75%の No.4 試験体は，R=+1/40rad.の２サイクル目で耐力低下をおこし，ほぼ同様な変形性状を示した。一方，V_f=1.00%を混入した No.5 試験体は，R=+1/33rad.まで安定した変形性状を示し，おおむね V_fの増加により，靭性能が向上することが確認された。最終はせん断ひび割れが口開くと急激に耐力を低下させる変形性状となる。

3.3 耐力

図－6 に，最大耐力（${}_eQ_{max}$）の比較を示す。また，参考のため同図中に式(1)による曲げ降伏強度計算値[3)]を破線で示しておく。

$$ {}_cQ_{mu}=0.9a_t \cdot \sigma_y \cdot d/a \qquad (1)$$

ここに，a_t：引張鉄筋断面積

σ_y：引張鉄筋の降伏点

d：梁の有効せい

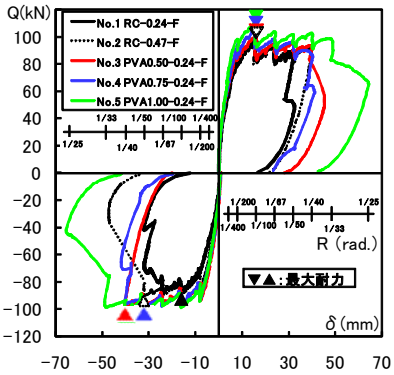
a：せん断スパン

PVA 試験体の最大耐力は，RC 試験体に比べてやや大きくなる傾向が認められる。これは，繊維が引張力を負担して曲げ耐力に寄与したためと考えられる。また，V_f の増加とともに最大耐力は，上昇する傾向が認められた。式(1)の曲げ降伏強度計算値（${}_cQ_{mu}$）に対する最大耐力実験値（${}_eQ_{max}$）の比（${}_eQ_{max}$ ／${}_cQ_{mu}$）は，No.1 から順に，1.26，1.29，1.31，1.38，1.44 であり，やや安全側の評価となっている。

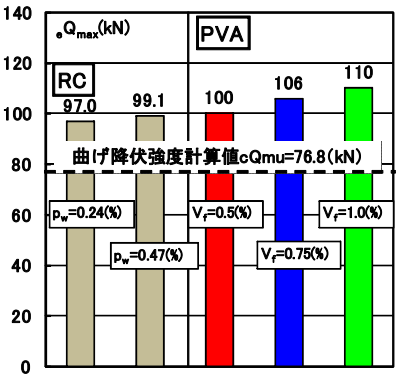
4. 限界変形の評価

4.1 限界塑性率の評価

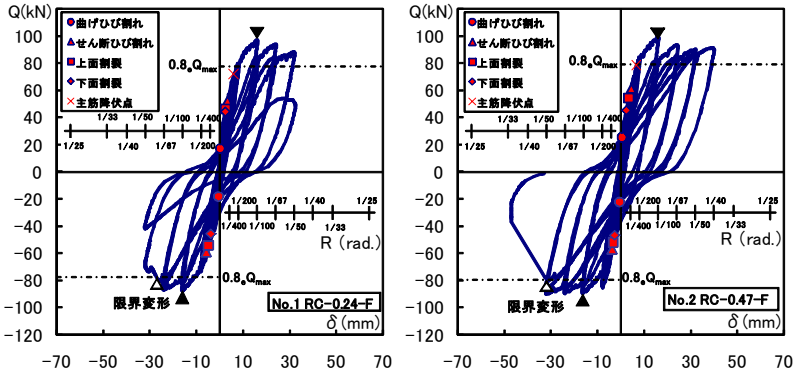
図－7 に降伏部材角（${}_eR_y$）および限界部材角（${}_eR_u$）の定義を示す。μ の定義は限界部材角（${}_eR_u$）を降伏部材角（${}_eR_y$）で除したものとした。${}_eR_u$ は耐力が最大耐力（${}_eQ_{max}$）の 80%に低下した部材角を限界部材角と定義した。ただし，${}_eQ_{max}$ は No.1 試験体の ${}_eQ_{max}$=97. 0kN を使用した。また，同部材角を多数繰り返す途中で，耐力が ${}_eQ_{max}$ の 80%に達しなかった場合には，**図－7** の左図に示すように 80%に達しなかったサイクル上の MAX の点（図中 L 点）と低下したサイクル（**図－7** 左図では R=1/40rad.）の１つ前のサイクル(**図－7** 左図では R=1/50rad.)の MAX の点（図中 M 点）を結んだ直線と ${}_eQ_{max}$ の 80%を通り横軸に平行な線との交点を限界部材角と定義する。${}_eR_y$ は



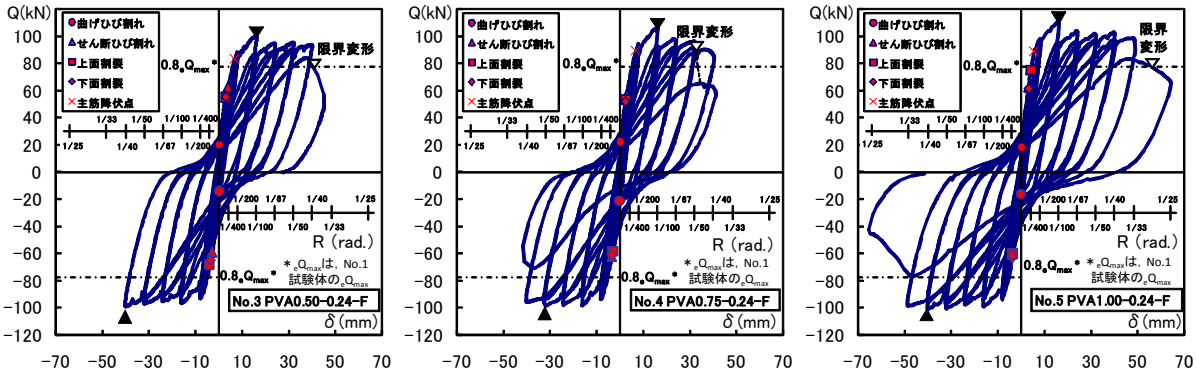
図－5 Q-δ包絡線の比較



図－6 最大耐力（${}_eQ_{max}$）の比較



図－3 せん断力(Q)-相対変位(δ)関係(RC 試験体)



図－4 せん断力(Q)-相対変位(δ)関係(PVA 試験体)

$_eQ_{max}$ の 75%の点 A と原点 O とを結ぶ線と $_eQ_{max}$ を通る横軸に平行な線との交点（B 点）と定義した。せん断余裕度の計算に使用する曲げ耐力式は式(1)による曲げ降伏強度式（$_cQ_{mu}$）を，せん断終局強度は文献 2)で提案した下式(2)による修正 A 法（非靭性）式を使用した。なお，本試験体の最終破壊モードは曲げ降伏後のせん断破壊と判断し，せん断余裕度により限界塑性率を評価することとする。

$$_{MA}Q_{su} = b_e \cdot j_t (p_{we} \cdot \sigma_{wy} + {}_{avg}\sigma_{FRC} \cdot b / b_e) \cot\phi + \tan\theta (1-\beta) b \cdot D \cdot \nu \cdot \sigma_B / 2 \qquad (2)$$

ただし，$p_{we} \cdot \sigma_{wy} + {}_{avg}\sigma_{FRC} \cdot b/b_e > \nu \cdot \sigma_B/2$ の時，

$p_{we} \cdot \sigma_{wy} + {}_{avg}\sigma_{FRC} \cdot b/b_e = \nu \cdot \sigma_B/2$ とする。

ここに，b_e：トラス機構の作用有効幅

（=主筋の公称直径×2=38mm）

j_t：最外縁主筋間距離（=290mm）

p_{we}：有効横補強筋比（$=a_w/(b_e \cdot s)$）

a_w：横補強筋の断面積

s：横補強筋の間隔

$_{avg}\sigma_{FRC}$：PVA-FRC の最大耐力時に発揮される平均引張応力度

V_f=0.50%の場合，$_{avg}\sigma_{FRC}$=0.427N/mm^2

V_f=0.75%の場合，$_{avg}\sigma_{FRC}$=0.547N/mm^2

V_f=1.00%の場合，$_{avg}\sigma_{FRC}$=0.717N/mm^2

$\beta = \{(1+\cot^2\varphi)(p_{we} \cdot \sigma_{wy} + {}_{avg}\sigma_{FRC} \cdot b/b_e)\}/(\nu \cdot \sigma_B)$

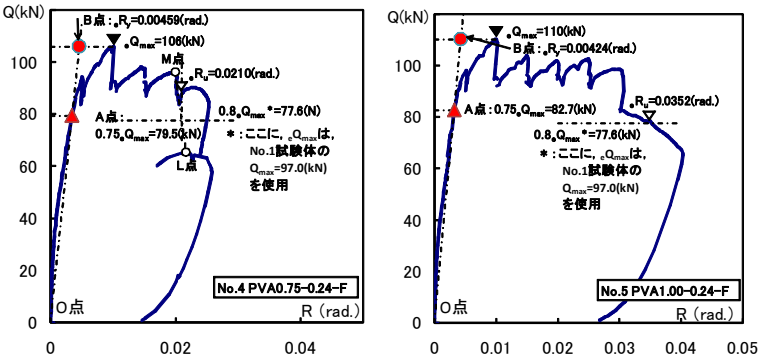
その他の記号は，文献 4)参照

図－8 に限界塑性率（μ）とせん断余裕度（$_{MA}Q_{su}/_cQ_{mu}$）との関係を示す。限界塑性率は，RC 試験体，PVA 試験体にかかわらず，おおむねせん断余裕度が上昇するに従い大きくなる傾向を示した。p_w=0.24%の RC 試験体と PVA 試験体とを比較した場合，繊維補強により塑性率が格段に上昇することがわかる。また，せん断余裕度が最も高い p_w=0.47%の RC 試験体と比べても，PVA 試験体は高い塑性率を有している。ところで，No.3 と No.4 の μ が逆の傾向を示しているが，打設時，締め固め時における繊維の分散性の影響が一つの要因としてあげられる。

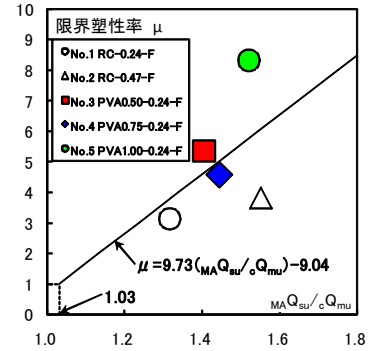
次に，RC 試験体および PVA 試験体の限界塑性率を評価するため回帰分析を行った。なお，上・下面割裂ひび割れの有無の違いはあるものの，最終破壊モードは同じであることから RC 試験体，PVA 試験体の区別をせずに全データを用いて回帰分析を行った。

回帰分析の結果，式(3)を得た。また，**図－8** 中にも式(3)を実線で示しておく。

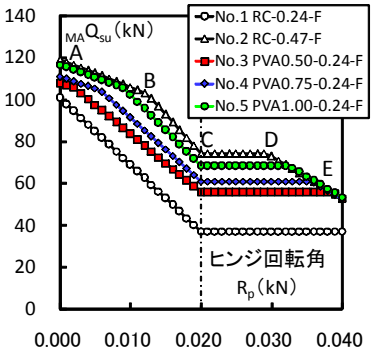
$$\mu = 9.73\,(_{MA}Q_{su}/_cQ_{mu}) - 9.04 \qquad (3)$$



図－7　降伏変形角（$_eR_y$）および限界部材角（$_eR_u$）の定義



図－8　μ －$_{MA}Q_{su}/_cQ_{mu}$ との関係



図－9　$_{MA}Q_{su}$－R_p との関係

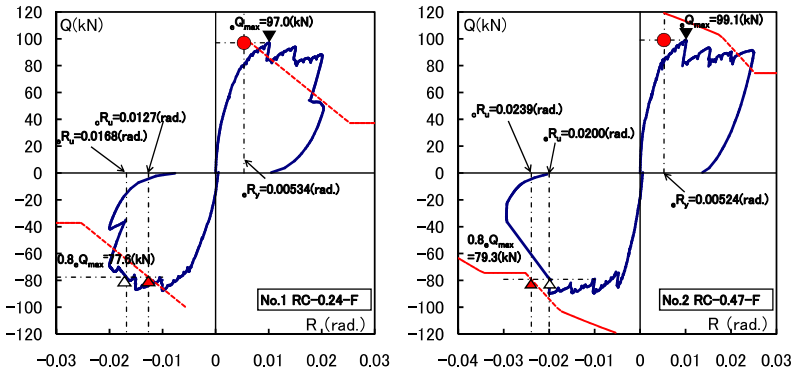
【適用範囲】B×D=150×400mm，a/D=2.0，p_w=0.24～0.47%，σ_B=58.6～60.8N/mm^2，V_f=0.5～1.0%

本式に対して，実験値はややばらついており，RC 試験体と PVA 試験体の母集団がやや異なる位置にある。せん断余裕度による関数だけでは，限界塑性率実験値を精度良く評価できておらず，今後の課題と言える。

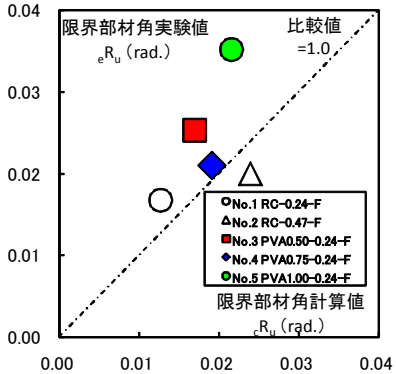
4.2 限界部材角の評価

限界部材角の算出は，終局強度型耐震設計指針[4)]の考え方に基づいて行うこととする。ただし，そのせん断終局強度式は，式(2)を用いて行う。なお，式中の有効係数 ν および $\cot\phi$ は，終局強度型耐震設計指針[4)]に示されている降伏ヒンジ領域の算定に用いるものを使用する。

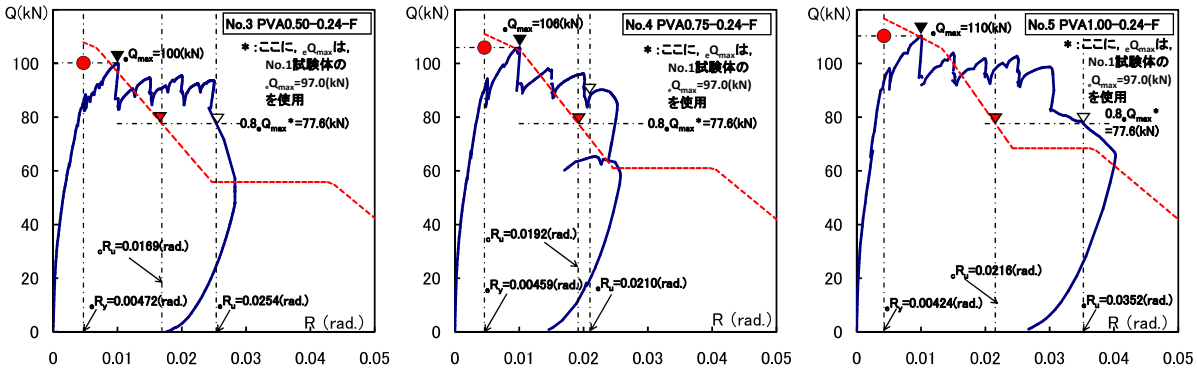
図－9 に各試験体の式(2)による修正 A 法（靭性）式（$_{MA}Q_{su}$）とヒンジ回転角（R_p）との関係を示す。いずれの試験体もヒンジ回転角の増加とともにせん断強度を低下させる性状を示す。同図中の No.2　RC-0.47-F の例を詳細に説明する。本試験体は R_p=0 からすでに β=1.0 となっており，アーチ機構による負担せん力は 0 である。つまり，式(2)第 1 項目のトラス機構のみによりせん断力を負担している。A－B 区間　$\cot\varphi = \sqrt{[\nu \cdot \sigma_B/(p_{we} \cdot \sigma_{wy}) - 1.0]}$　の関数により算出されているトラス機構の耐力である。B－C 区間は，0<Rp≦0.0'2 の範囲にあり，$\cot\phi$=2.0-50R_p の関数により算出されているトラス機構の耐力である。C－D 区間は，R_p>0.2 となるため $\cot\phi$=1.0 となる。式で表すと $_{MA}Q_{su}$=（$p_{we} \cdot \sigma_{wy}$+ $_{avg}\sigma_{FRC} \cdot b/b_e$）$b_e \cdot j_t$ となる。D－E 区間は $_{MA}Q_{su}$=（$\nu \cdot \sigma_B/2$）$b_e \cdot j_t$ の耐力で決定している区間である。ヒンジ回転角の増加に比例して ν が低下するため，耐力もヒンジ回転角の



図－10　せん断力部材角関係の検討（RC 試験体）



図－12　$_eR_u$－$_cR_u$ との関係



図－11　せん断力部材角関係の検討（PVA 試験体）

増加に比例して低下する。

図－10, **図－11** にせん断力部材角関係の検討図を示す。本図は各試験体のせん断力（Q）－部材角（R）包絡線関係（実線）に，**図－9** の修正 A 法（靭性）式（$_{MA}Q_{su}$）とヒンジ回転角（R_p）との関係（破線）を重ね描きしたものである。なお，$_{MA}Q_{su}$－R_p 関係を重ね描きする際，R_p はヒンジ回転角であるので図中●で示した降伏部材角（$_eR_y$）分ずらして重ね描きした。なお，限界部材角実験値（$_eR_u$）は 4.1 節に示した定義により求めたものであり，図中に△印で示している。一方，限界部材角計算値（$_cR_u$）は $_{MA}Q_{su}$ が最大耐力実験値（$_eQ_{max}$）の 80%に低下した時点の部材角とし，図中に▲印で示した。なお，PVA 試験体の $_cR_u$ の算出にあたっては，PVA 繊維の補強効果を明確にするために，$_eQ_{max}$ は No.1　RC-0.24-F のものを用いて算出した。

図－12 に限界部材角実験値（$_eR_u$）と限界部材角計算値（$_cR_u$）との比較を示す。実験値は比較値 1.0 付近に分布しており，本評価方法により実験値をおおむね推定できている。全試験体の比較値（=実験値／計算値）は 0.84～1.64 の範囲であった。RC 試験体の No.2　RC-0.47-F は比較値が 0.84 となり危険側に評価されているが，その他の試験体は，安全側の評価となっている。

5. まとめ

PVA試験体は，無補強のRC試験体に比較して損傷を抑制できるとともに，変形性能，限界塑性率，限界部材角を大きく向上できることを示した。

謝　辞　本実験の遂行にあたっては，福井大学技術部：福田萬氏，安藤誠氏，平成19年福井大学磯研究室卒業研究生：市原聡君，鈴木康平君，ラハマンマハブブル君，上田有香さんに多大な協力を頂きました。ここに記して感謝の意を表します。なお本研究の一部は科学研究費補助金（基盤研究（C）課題番号：18560545）の助成を受けて行われたものである。

参考文献

1)　松崎育弘，中野克彦，金子順一，太田勤，田嶋光春，園部泰寿：組立鉄筋ユニットを用いた RC 造基礎梁の構造性能に関する実験的研究（その 1，2），日本建築学会大会学術講演梗概集，構造Ⅳ，pp.281-284，2001.9

2)　磯雅人，郷雅紀，西川恭平，徳橋一樹：主筋がシングルに配筋された PVA 繊維補強薄肉断面鉄筋コンクリート梁部材のせん断性状に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.29，No.3，pp.1423-1428，2007

3)　日本建築学会：鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説，1999.11

4)　日本建築学会：鉄筋コンクリート造建物の終局強度型耐震設計指針・同解説，1990