

平成22年5月14日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2006～2009
 課題番号：18560545
 研究課題名（和文） 新素材を用いた高耐久・高性能住宅用布基礎に関する研究開発
 研究課題名（英文） Research and Development of High Durability and High Performance Continuous Footing using Fiber
 研究代表者
 磯 雅人（ISO MASATO）
 福井大学・工学研究科・講師
 研究者番号：60377471

研究成果の概要（和文）：本研究では、住宅の布基礎に高い耐久性能、損傷の軽減、作業の省力化、高精度とさせるために2つの構法を提案した。一つは主筋とせん断補強筋をスポット溶接によりユニット化し、さらにコンクリートの代替としてPVA繊維補強コンクリートを用いるものである。もう一つは主筋にアラミドロッドを、せん断補強筋にアラミド繊維シートを使用し、それらをエポキシ樹脂により接合して、ユニット化するものである。本研究では、構造実験により、その構造性能を示すとともに、設計に必要な耐力および変形性能の評価手法を示した。

研究成果の概要（英文）：In this study, we proposed two construction method to give high durability, reduction of the damage, relief of work and high accuracy to the continuous footing of the house. One is reinforcing unit made with steel bars. The Joint between main bars and lateral bars were connected by spot welding. In addition, PVA fiber concrete was used as commutation of concrete. Another one is reinforcing unit made with aramid fiber. The main bar and the lateral bars are aramid rods and aramid fiber sheets respectively. The Joint was connected with epoxy resin.

Results of the structural tests, the structural performance was shown and the evaluation method for the strength and the deformation were proposed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,000,000	0	1,000,000
2007年度	900,000	270,000	1,170,000
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	3,500,000	750,000	4,250,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：建築学・建築構造・材料

キーワード：布基礎、単配筋、PVA繊維補強コンクリート、溶接鉄筋ユニット、アラミドユニット筋、耐久性、損傷制御、ひび割れ

1. 研究開始当初の背景

(1) 兵庫県南部地震における住宅の被害例の一つに布基礎の損傷がある。基礎の損傷は、上部構造に甚大な被害をおよぼし、建物の傾斜、沈下、転倒、倒壊などをもたらすことになる。また、被災後の基礎の修復は、困難であり、たとえ修復が可能であったとしても多額の費用が発生する。そのため、地震時には、基礎の損傷および被害を可能なかぎり抑制することが肝要である。

(2) 性能設計の導入や住宅の品確法の施行により、高耐久・高性能といった様々な要求性能にも対応できる住宅用布基礎が求められており、特に外部、地盤面に面する布基礎は耐久性能の向上が不可欠である。同時に、建設業界では、熟練労働者の不足が深刻な社会問題となっており、可能な限り施工を合理化し、高品質な製品を供給することが求められている。

2. 研究の目的

(1) 以上の背景から本研究では、住宅用布基礎に以下に示す性能を付与した「高性能・高耐久住宅用布基礎」を開発し、その設計手法を開発することを目的とした。

- ・被災後の損傷は軽微で、残留変形が少ないなど、修復が容易であること。(高性能)
- ・鉄筋の腐食を防止する。腐食しない材料を使用するなど高耐久性であること。(高耐久)
- ・施工が簡便であり、高精度であること。(高性能)

3. 研究の方法

(1) 溶接鉄筋ユニットおよびPVA繊維補強コンクリートを用いた住宅用布基礎の構造実験

本構法は、コンクリートの代替として、短繊維補強コンクリートを使用したものである。短繊維補強コンクリートは、ひび割れ幅を抑制させる効果があるため、ひび割れによる鉄筋の腐食を防止できる。さらに、地震時には、せん断補強としての効果があると同時に、ひび割れ幅を抑制し、ひび割れを分散させる効果があるため、通常の布基礎に比べて、地震時の損傷を軽減することができる。そのため、被災後の補修費も少なく済み、高い修復性を確保することが可能となる。また、施工を合理化させるために主筋とせん断補強筋を工場でスポット溶接してユニット筋としたものである。溶接の基準は、溶接点のせん断強度がせん断補強筋の規格降伏点強度以上を確保し、主筋は規格降伏点強度及び規格伸び以上を確保したものである。

上記で説明した溶接鉄筋ユニットとPVA繊維補強コンクリートを組合わせた住宅用布基礎の構造性能を確認するために構造実験を行った。

表1に試験体一覧、図1に各試験体の配筋図、表2にPVA繊維補強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 $b \times D=150 \times 400$ (mm)、せん断スパン比 $a/D=2.0$ 、せん断補強筋比 $p_w=0.24$ (%)である。コンクリートはPVA繊維補強コンクリートとし、繊維体積混入率 $V_f=0.5$ (%)とした。材齢28日の目標圧縮強度は 21N/mm^2 となるように

表1 試験体一覧

No.	試験体名	V_f (%)	主筋	継手	シリーズ
1	U+PVA0.50-0.24-S	0.50	2-D22(SD490) 3筋鉄筋	重ね継手(40d)	せん断シリーズ
2	U+PVA0.50-0.24-F		2-D19(SD345) 3筋鉄筋		曲げシリーズ
3	U+PVA0.50-0.24-J		2-D19(SD345) 3筋鉄筋		継手シリーズ
1*	S21-0.24-O-3/3-2.0	0.24	2-D22(SD490) 3筋鉄筋	重ね継手(40d)	せん断シリーズ
1-1*	F21-0.24-O-3/3-2.0		2-D19(SD345) 3筋鉄筋		曲げシリーズ

試験体名 一例
U+PVA 0.50-0.24-S
① ② ③ ④
①U+PVA:溶接鉄筋ユニット+PVA繊維補強コンクリート
②繊維体積混入率(V_f) 0.5: $V_f=0.5\%$
③せん断補強筋比(p_w) 0.24: $p_w=0.24\%$
④S:せん断シリーズ F:曲げシリーズ J:継手シリーズ

共通要因
 $b \times D=150 \times 400$ (mm)
 $a/D=2.0$
 $F_{28}=21$ (N/mm²)
 $p_w=0.24$ (%) (D10(SD295A)@200)

文献1), 2)による試験体。No.1 S21-0.24-O-3/3-2.0は文献1), No.1-1* F21-0.24-O-3/3-2.0は文献2)の試験体である。

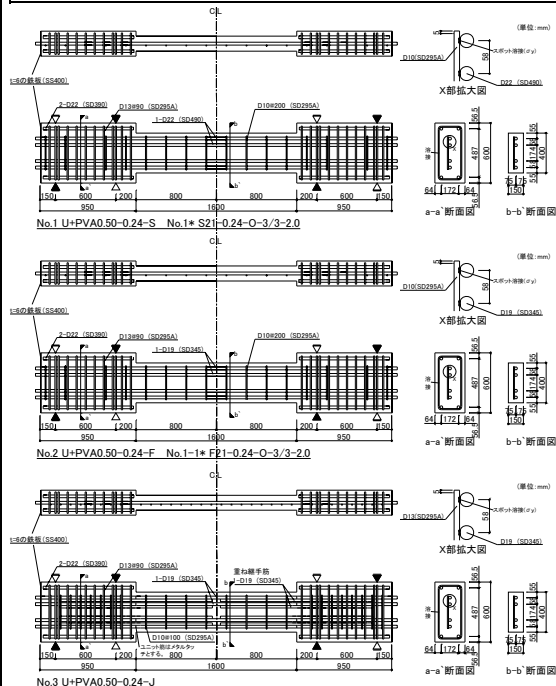


図1 配筋図

表2 PVA繊維補強コンクリートの配合表

水セメント比 (%)	細骨材率 (%)	V_f (%)	空気量 (%)	単位量 (kg/m ³)					
				水*1	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤*2	PVA繊維
62	45.4	0.5	4.5	172	277	804	988	2.94	6.50

*1:水の容積は、混和剤の容積2.77 m^3/m^3 を含んでいる値である。
*2:混和剤は、AE減水剤である。
注意:繊維量は、上記の体積に対して内割りの0.5%とした。

表3 使用材料の力学的特性

鉄筋	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 $\times 10^3$ (N/mm ²)	伸び率 (%)	
							使用部位
■鉄筋■	D22(SD490)	507	662	2880	1.92	18.5	
	D19(SD345)	388	568	2180	1.92	22.9	
	D10(SD295A)	354	489	1930	1.85	28.3	
■コンクリート■	試験体	圧縮強度	割裂引張強度	圧縮強度時のひずみ度	ヤング係数 $\times 10^3$ (N/mm ²)	ポアソン比	
	材齢(日)(養生)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(μ)			
■繊維■	試験体	カット長 (mm)	繊維径 (mm)	引張強度 (N/mm ²)	ヤング係数 $\times 10^3$ (N/mm ²)	破断伸び (%)	
	繊維の種類						
	ネパールセメント(PVA)	No.1~No.3	31.3	2.50	2470	1.98	0.138
備考:コンクリートの種類は、普通18-18-25-Nである。	13d(封鎖)	No.1~No.3	19.3	1.75	1900	1.98	0.145
	28(封鎖)	No.1-1*	20.5	1.81	1860	2.18	0.130
	49(封鎖)	試験体					
文献1), 2)による試験体。No.1 S21-0.24-O-3/3-2.0は文献1), No.1-1* F21-0.24-O-3/3-2.0は文献2)の試験体である。							

調合を行った。繊維の混練は、アジテーター車に直接繊維を投入し、攪拌させ、繊維の分散を確認して打設を行った。

変動要因は破壊モードであり、せん断破壊を先行させる No. 1 試験体、曲げ破壊を先行させる No. 2 試験体、継手性能を確認する No. 3 試験体である。以上、試験体総数は 3 体である。なお、No. 3 試験体は曲げ破壊が先行するように設計した。また、PVA 繊維補強コンクリートが与える構造性能への影響を明確にするために、既往の文献 1)、2) に示した PVA 繊維を無混入とした同配筋の試験体 (表 1 中の No. 1*, No. 1-1* 試験体) を参考のために示しておく。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。せん断シリーズは、 $R=1/400, 1/200, 1/133$ (rad.) を各 1 サイクル、 $R=1/100$ (rad.) を 2 サイクル、 $1/67$ (rad.) を各 1 サイクル行うことを原則とし、正負交番繰返し载荷とした。一方、曲げおよび継手シリーズの加力サイクルは、 $R=1/400$ (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、正負交番繰返し载荷とした。なお、加力の終了は、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。

(2) アラミドユニット筋を用いた住宅用布基礎の構造実験

本構法は、耐久性を高めるために鉄筋の代替として、主筋にアラミドロッド、せん断補強筋にアラミド繊維シートを用いて補強したものである。アラミド繊維補強材は、鉄筋のように腐食することが無く、耐久性に優れる。さらに、鉄筋に比べて高強度で、かつ軽量で、弾性材料である。弾性材料は力を加えて除荷すると元の変形に戻る性質を有する。つまり、アラミド繊維補強材を主筋とせん断補強筋に使用することにより残留変形を少なくすることが可能となる。また、施工の合理化、高精度、施工コストの低減を図るために、アラミド繊維補強材の主筋とせん断補強筋を工場で、エポキシ樹脂により接合してユニット筋としたものである。

上記で説明したアラミドユニット筋を使用した住宅用布基礎の構造性能 (せん断性状) を確認するために構造実験を行った。

表 4 に試験体一覧、表 5 に使用材料の力学的特性、図 2 に配筋図を示す。試験体の共通要因は、断面 $b \times D=150 \times 400$ (mm)、せん断スパン比 $a/D=2.0$ 、4 週時のコンクリートの目標圧縮強度 $F_{28}=21\text{N/mm}^2$ である。主筋はアラミドの異形ロッド $\phi 13\text{mm}$ を、せん断補強筋はアラミド繊維シート (目付け量: 830g/m^2) を使用した。アラミド繊維シートのせん断補強筋比 p_w は 0.02 (%) とし、スパイラル状の配筋とした。破壊モードは、せん断破壊が先行するように設計を行った。試験体総数は 1 体である。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、正負交番繰返し载荷とした。加力サイクルは部材角で制御し、部材角 $R=1/400, 1/200, 1/133$ (rad.) を各 1 サイクル、 $R=1/100$ (rad.) を各 2 サイクル $1/66, 1/50, 1/40$ (rad.) を各 1 サイクル行うことを原則とした。

4. 研究成果

(1) 溶接鉄筋ユニットおよび PVA 繊維補強コンクリートを用いた住宅用布基礎の構造実験

①破壊性状 写真 1 に各試験体の最終破壊状況を示す。各試験体のひび割れ発生順序は曲げひび割れ、せん断ひび割れ、上・下面の割裂ひび割れの順であり、試験体の違いによる影響は認められない。No. 1 の最終破壊状況はせん断ひび割れが大きく口開き終局にいたり、上・下面の割裂ひび割れを伴うせん断引張破壊の様相を示した。No. 2 は曲げ降伏後に、せん断ひび割れが大きく口開き終局にいたり、上・下面の割裂ひび割れを伴う曲げ降伏後のせん断破壊を示した。No. 3 は曲げ降伏後に、引張側端部継手筋が抜け出し、上・下面の割裂ひび割れを伴う曲げ降伏後の継手筋の定着破壊を示した。比較用の No. 1*, No. 1-1* の最終破壊状況は、繊維有りの試験体とほぼ同様である。以上、最終破壊状況は繊維の有無による影響は認められない。しかしながら、PVA 繊維を混入した No. 1、No. 2、No. 3 の損傷は、繊維無混入の No. 1*, No. 1-1* の同変形または同荷重時で比べると、ひび割れ幅は小さく、上・下面の割裂ひび割れによる損傷も軽

表 4 試験体一覧

No.	試験体名	主筋	せん断補強筋	
			p_w (%)	仕様
1	U+ARC-0.02	2- $\phi 13$ (アラミドロッド) 本体:トワロンHM(ホリ系) 部:フアラ(ハ系)	0.02	アラミド繊維シート(トワロン) 目付け量:830(g/m ²)
試験体名一例				
U+ARC-0.02		①U+ARC:アラミド筋ユニット試験体		共通要因 : $b \times D=150 \times 400$ (mm)
① ②		②せん断補強筋比($p_w=(a \sin \theta + \cos \theta)/(b-x)$)		: $a/D=2.0$
				: $F_{28}=21$ (N/mm ²)

表 5 使用材料の力学的性質

使用部位	アラミドの形状	繊維仕様	引張強度 (N/mm ²)	破断ひずみ (μ)	ヤング係数 $\times 10^4$ (N/mm ²)
主筋	異形ロッド	$\phi 13\text{mm}$ (公称135mm ²) 有効断面積133mm ²)	1500 (1520)*	16930	0.817 (0.83)*
補強筋	繊維シート	厚さ0.572mm/層	3170	24600	1.30
コンクリートの種類	材料(養生)	圧縮強度 F_{28} (N/mm ²)	割裂引張強度 (N/mm ²)	圧縮強度時のひずみ度(μ)	ヤング係数 $\times 10^4$ (N/mm ²)
普通18-18-25-N	49日(封鎖)	28.5	2.50	1990	2.46

*:有効断面積を用いて算出したもの

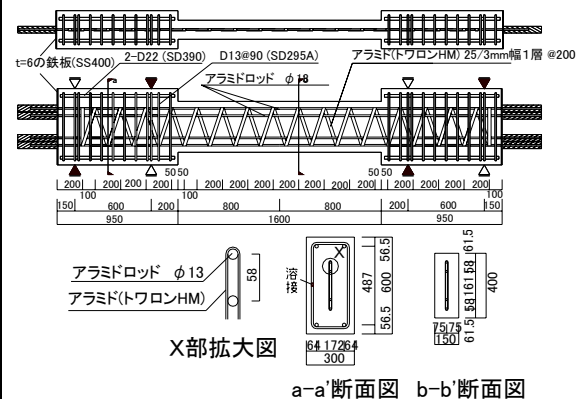


図 2 配筋図

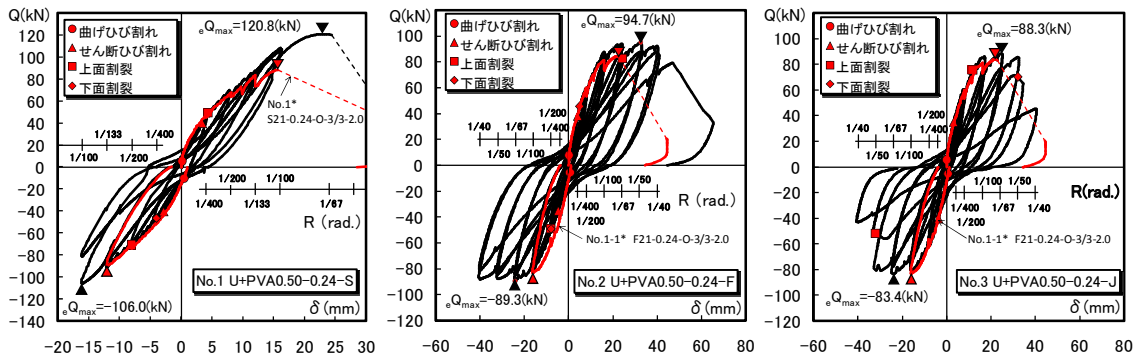


図3 せん断力(Q)－相対変位(δ)関係

微である。以上ことから、繊維混入により全体の損傷を抑制できることが確認された。

②変形性状 図3に各試験体のせん断力(Q)と相対変位(δ)関係を示す。比較のため同図中に繊維無混入の試験体のQ-δ包絡線もあわせて示しておく。同図左にせん断破壊を示したNo.1のQ-δ曲線を示す。最大耐力後の変形性状は、急激に耐力を低下させる脆性的な変形性能を示し、典型的なせん断破壊型の変形性状を示した。一方、比較用の繊維無混入のNo.1*は、No.1とほぼ同様の経路をたどり、最大耐力後も、同様に脆性的な性状を示した。しかし、せん断耐力は繊維補強により大きく向上しており、繊維がせん断補強に寄与していることが確認された。

次に、同図中央に曲げ破壊を示したNo.2のQ-δ曲線を示す。変形性状は、曲げ降伏後もR=1/40(rad.)まで耐力を維持し、安定した履歴ループを描いている。典型的な曲げ破壊型の変形性状を示した。比較用の繊維無混入のNo.1-1*は、R=1/100(rad.)まではほぼNo.2と同様な経路をたどる。しかし、R=+1/67(rad.)で一気に耐力を低下させ、No.2に比べてややエネルギー吸収能力が劣る傾向を示した。以上、繊維の混入により、靱性能およびエネルギー吸収能力が向上することが確認された。

同図右に継手を設けたNo.3のQ-δ曲線を示す。変形性状は、曲げ降伏後R=1/67(rad.)まで耐力を維持し、安定した履歴ループを描いている。No.2と同様、曲げ破壊型の変形性状を示したが、ややNo.2と比較して靱性能は劣る傾向を示した。これは、破壊性状でも述べたが、継手筋が抜け出したことによる影響と考えられる。比較のため繊維無混入のNo.1-1*を同図中に掲載するが、R=1/100(rad.)まではほぼNo.3と同様な経路をたどる。しかし、R=+1/67(rad.)で一気に耐力を低下させ、No.3に比べてややエネルギー吸収能力が劣る傾向を示した。以上、繊維の混入により、継手を設けず繊維を無混入としたNo.1-1*と同等以上の変形性能を確保できることが確認された。

③耐力評価 図4にNo.1試験体の最大耐力実験値(Q_{max})と式(1)による修正A法式によ

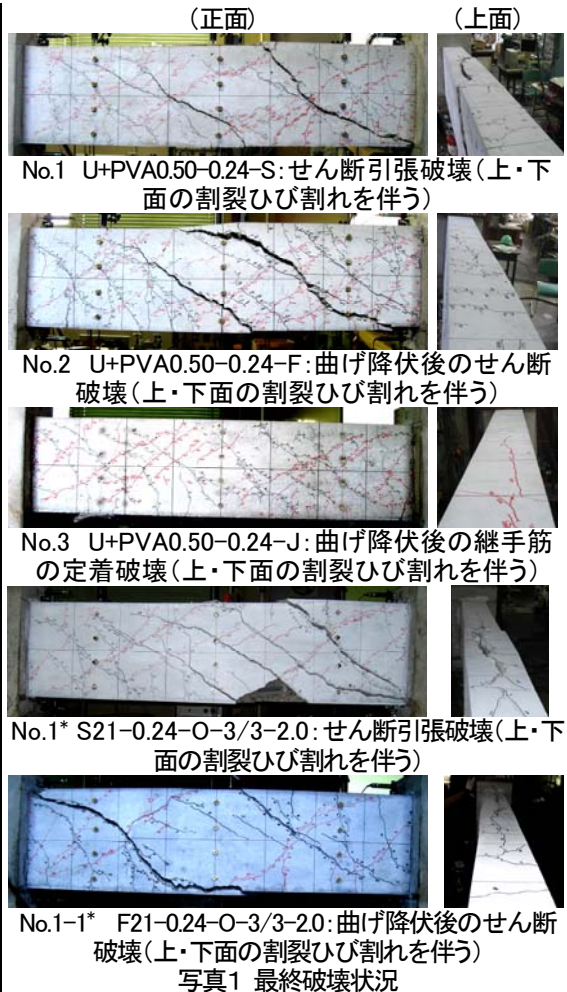


写真1 最終破壊状況

る計算値($MA V_u$)³⁾との比較を示す。比較のため同図中に○印で既往の文献1)に示された繊維なしの溶接鉄筋ユニットを用いた試験体もあわせて示しておく。以下に式(1)を示す。

$$MA Q_{su} = b_e \cdot j_t \cdot (p_{we} \cdot \sigma_{wy} + \text{avg} \sigma_{FRP} \cdot b/b_e) \cot \phi + \tan \theta (1 - \beta) b \cdot D \cdot v \cdot \sigma_B / 2 \quad (1)$$

ただし、 $p_{we} \cdot \sigma_{wy} + \text{avg} \sigma_{FRP} \cdot b/b_e > v \cdot \sigma_B / 2$ の時、 $p_{we} \cdot \sigma_{wy} + \text{avg} \sigma_{FRP} \cdot b/b_e = v \cdot \sigma_B / 2$ とする。ここに、 $\text{avg} \sigma_{FRP}$: PVA-FRCの最大耐力時に発揮される平均引張応力度

$$V_f = 0.50\% \text{の場合、} \text{avg} \sigma_{FRP} = 0.427 \text{N/mm}^2$$

$V_f = 0.75\%$ の場合、 $\text{avg } \sigma_{\text{FRC}} = 0.547\text{N/mm}^2$
 $V_f = 1.00\%$ の場合、 $\text{avg } \sigma_{\text{FRC}} = 0.717\text{N/mm}^2$
 $\beta = \{ (1 + \cot^2 \phi) (p_{\text{we}} \cdot \sigma_{\text{wy}} + \text{avg } \sigma_{\text{FRC}} \cdot b/b_e) \} / (v \cdot \sigma_p)$
 その他の記号の意味は文献3)を参照のこと。
 なお、式中の $\text{avg } \sigma_{\text{FRC}}$ の値は、文献3)に示された $V_f = 0.5, 0.75, 1.00\%$ のPVA 繊維補強コンクリートの一軸引張試験により求められた値である。本試験体 No. 1 の比較値 (= 実験値/計算値) は 1.18、比較用試験体の比較値は 1.03~1.42 で安全側の評価となっている。また、本試験体のプロット位置は溶接鉄筋ユニット (繊維なし) のプロット範囲にあり、繊維の有無にかかわらず、おおむね良い精度で評価できている。

図5に No. 2, No. 3 試験体の最大耐力実験値 (eQ_{max}) と式(2)による曲げ終局強度略算式による計算値 (cQ_{mu})⁴⁾ との比較を示す。比較のため同図中に○印、△印で既往の文献2)に示された繊維なしの溶接鉄筋ユニットを用いた試験体と繊維なしの溶接鉄筋ユニットに継手を設けた試験体もあわせて示しておく。以下に式(2)を示す。

$$cQ_{\text{mu}} = M_u / a \quad (2)$$

ここに、 M_u : 曲げ終局モーメント
 a : せん断スパン

ただし、 $M_u = 0.9a_t \cdot \sigma_y \cdot d$

その他の記号の意味は文献4)を参照のこと。本試験体 No. 2, No. 3 の比較値 (= 実験値/計算値) は両者ともに 1.20、比較用試験体の比較値は 1.06~1.15 で安全側の評価となっている。また、本試験体の曲げ耐力は繊維の曲げ補強効果により、若干、繊維なしの試験体に比べてやや高い傾向を示している。

④ 限界塑性率の評価 図6に降伏部材角 (eR_y) および限界部材角 (eR_u) の定義を示す。限界塑性率 (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 は耐力が式(2)の曲げ終局強度計算値 (cQ_{mu}) の80%に低下した部材角を限界部材角と定義した。また、同部材角を多数繰り返す途中で、耐力が cQ_{mu} の80%に達しなかった場合には、図6の右図に示すように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6右図では $R=1/50\text{rad.}$) の1つ前のサイクル (図6右図では $R=1/67\text{rad.}$) のMAXの点 (図中M点) を結んだ直線と cQ_{mu} 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 eQ_{max} の75%の点Aと原点0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せん断終局強度式は、上記で示した式(1)による修正A法 (非靱性) 式を、曲げ耐力式は式(2)による曲げ終局強度略算式 (cQ_{mu}) を使用した。

図7に No. 2, No. 3 試験体の限界塑性率 (μ) とせん断余裕度 ($M_u Q_{\text{su}} / cQ_{\text{mu}}$) との関係を示す。比較のため同図中に既往の文献2)に示され

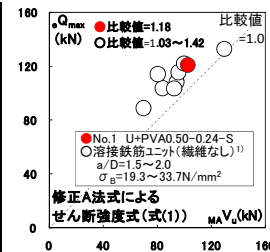


図4 eQ_{max} と $MA V_u$ との比較

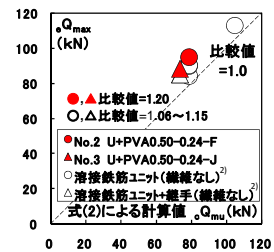


図5 eQ_{max} と cQ_{mu} との比較

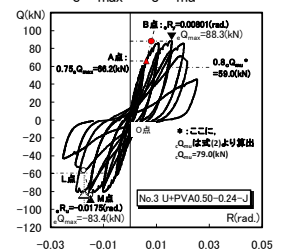
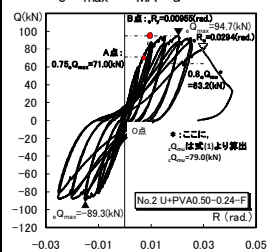


図6 eR_y および eR_u の定義

た繊維なしの溶接鉄筋ユニットを用いた試験体を○印で、繊維なしの溶接鉄筋ユニットに継手を設けた試験体を△印で示しておく。限界塑性率は、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。回帰分析の結果、限界塑性率とせん断余裕度との関係を示す下限式として式(3)を得た。また、同図中に、式(3)を実線で示しておく。

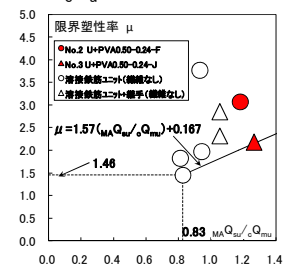


図7 $\mu - M_u Q_{\text{su}} / cQ_{\text{mu}}$ 関係

$$\mu = 1.57 (M_u Q_{\text{su}} / cQ_{\text{mu}}) + 0.167 \quad (3)$$

(2) アラミドユニット筋を用いた住宅用布基礎の構造実験

① 破壊性状 写真2に最終破壊状況を示す。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、続いて、せん断ひび割れ、上・下面の主筋に沿った割裂ひび割れが発生する。破壊モードは上・下面の割裂ひび割れを伴うせん断引張破壊の様相を示した。損傷は、材端部に集中する傾向が認められ、文献1)に示された溶接鉄筋ユニットの試験体に比べて、損傷は軽微である。

② 変形性状 図8にせん断力 (Q) - 相対変位 (δ) 関係を示す。曲げひび割れが発生すると急激に剛性が低下するが、その後は変形の増加とともに耐力を上昇させる。最大耐力後の性状は、急激に耐力を低下させる脆性的な変形性状を示し、典型的なせん断破壊型の変形性状を示した。また、文献1)に示された溶接鉄筋ユニットの試験体に比べて、各サイクルの残留変形は小さい傾向が認められた。

③ せん断終局耐力評価 図9に最大耐力実験値 (eQ_{su}) と下式(3)による大野・荒川 min 式

($Q_{su, \min}$)⁵⁾による計算値との比較を示す。
 $Q_{su, \min} = \min(Q_{su, 1} \times 0.8, Q_{su, 2} \times 0.9)$ (3)
 $Q_{su, 1} = b \cdot j \left(\frac{ku \cdot kp \cdot 0.115(c \sigma_B + 0.12)}{M/Qd + 0.12} + 2.7 \sqrt{p_w' \cdot \sigma_w} \right)$
 $Q_{su, 2} = b \cdot j \left(\frac{ku \cdot kp \cdot 0.115(c \sigma_B + 0.12)}{M/Qd + 0.12} + 2.7 \sqrt{p_w' \cdot \sigma_w} \right)$

記号の意味は、文献5)を参照のこと。
 なお、式中のkpはアラミドロッドの有効断面積および有効断面積から算出されたヤング係数を用いて算出した。また、せん断補強筋の引張強度(σ_w)は、下式(4)によるシートの有効ひずみ度(ϵ_{fd})⁶⁾に表5中の繊維シートのヤング係数を乗じて算出したものである。

$\epsilon_{fd} = 0.009 - 0.0002 p_{wf} \cdot E_{fd} / \sigma_B$ (4)

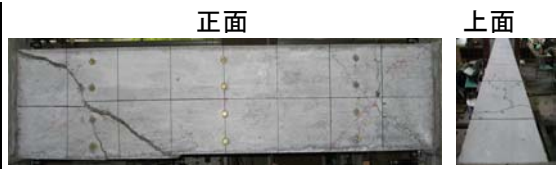
ただし、 $p_{wf} \cdot E_{fd} / \sigma_B > 20$ の場合は $\epsilon_{fd} = 0.005$
 p_{wf} : シートのせん断補強筋比
 E_{fd} : シートのヤング係数 (N/mm²)
 σ_B : コンクリート圧縮強度 (N/mm²)

図9より、比較値 (=実験値/計算値) は1.41となり安全側に評価された。

以上、本研究では、住宅の布基礎を高耐久化させ、さらに高性能とするための2つの構法を提案した。一つ目の構法は溶接鉄筋ユニットとPVA繊維補強コンクリート組合せて用いる手法である。もう一つの構法はアラミドユニット筋を用いる手法である。本研究の結果、構造実験により、その構造性能を示すと同時に、設計に必要な耐力および変形性能の評価手法を示した。今後の展望であるが、本技術は、沿岸地域に建つ住宅などへの応用が期待される。さらに、布基礎に高い耐久性能が必要とされる場合や地震時の損傷を軽減させるなどの特別な要求に対して、1つの提案技術に十分になりうるものである。

<参考文献>

- 磯雅人、澤井謙彰、越路正人、中出順友：溶接鉄筋ユニットにより補強された鉄筋コンクリート薄肉断面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. 31、No. 2、pp. 775-780、2009. 7
- 越路正人、勅使川原正臣、小林克巳、磯雅人他4名：全強度溶接された溶接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、その2)、日本建築学会大会学術講演梗概集、pp. 203-206、2009. 8
- 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. 7
- 建築物の構造関係技術基準解説書編集委員会：2007年版 建築物の構造関係技術基準解説書、pp. 623、2007. 8



No. 1 U+ARC-0.02

写真2 最終破壊状況

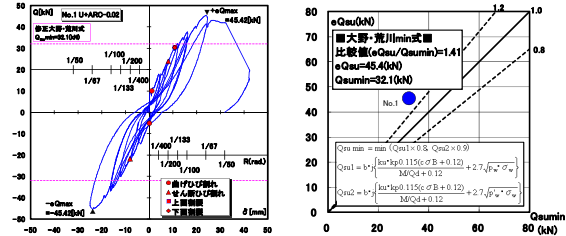


図8 Q-d関係 図9 $e Q_{su}$ と $c Q_{su, \min}$ との比較

- 連続補強コンクリート編集委員会：連続繊維補強コンクリート 諸性質と設計法、pp. 28-30、1995. 7
- 日本建築学会：連続繊維補強コンクリート系構造設計施工指針案、pp289、2002. 3

5. 主な発表論文等

- [雑誌論文] (計3件)
- 磯雅人、澤井謙彰、徳橋一樹、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、コンクリート工学年次論文集、Vol. 30、No. 3、p. 1435-1440、2008. 7、査読有り
 - 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、p. 1423-1428、2007. 7、査読有り
 - 磯雅人、福山洋、小川敦久、郷雅紀、テクニカルレポート：PVA繊維による鉄筋コンクリート部材のひび割れ損傷防止技術、コンクリート工学、Vol. 45、No. 2、p. 24-31、2007. 2、査読無し
- [学会発表] (計2件)
- 大山英朗、上原正敬、磯雅人、「アラミド繊維ユニット筋を用いた高耐久・高性能住宅用布基礎の開発」、日本建築学会北陸支部大会、2010年7月18日、新潟工科大学
 - 磯雅人、上原正敬、大山英朗、「溶接鉄筋ユニットにより補強されたPVA繊維補強薄肉断面梁部材の構造性能」、日本建築学会北陸支部大会、2010年7月18日、新潟工科大学

6. 研究組織

- (1) 研究代表者
 磯 雅人 (ISO MASATO)
 福井大学・工学研究科・講師
 研究者番号：60377471