

論文 セン断損傷 RC 柱に緊張ラッシングベルトを利用した応急補強法

長濱 温子*1・山川 哲雄*2・中田 幸造*3・那 仁花*4

要旨:本研究の目的は、地震被災後における損傷RC柱への簡便で迅速な応急・緊急補強法を確立することである。今回は入手が容易で安価なポリプロピレン繊維ベルトとラチェットバックルで構成されるラッシングベルト(荷締め具)をせん断損傷RC柱への応急補強法として適用し、水平加力実験および鉛直載荷実験により、本工法の応急補強効果を検討した。その結果、ヤング係数の小さい材料であっても、断面積を大きくし膜剛性を確保することで、十分な応急補強効果が得られることが分かった。

キーワード: 応急補強, 荷締め具, プレストレス, セン断補強効果, 軸耐力, 横拘束効果

1. はじめに

地震大国である日本にとって、旧耐震基準で建てられた既存不適格建築物の耐震補強は重要な課題である。しかし、震前対策としての耐震補強が普及したとしても、大地震によるRC造建築物の被害が皆無ということはない。恒久復旧の計画の立案には数ヶ月以上を要する事が多く、その間、一時的な補強である応急補強により建築物の安全性を確保することが重要となる。特に柱は鉛直荷重を支え、かつ水平力に抵抗する重要な耐震要素であり、応急補強により被災RC柱の耐震性能および軸支持能力を被災前のレベルまで回復させる事は、余震対策および居住者・周辺住民等の安全確保へと繋がるため、社会的な必要性は高まっていくものと考えられる。

このような中、山川らはRC柱が地震でせん断損傷したことを想定し、緊張PC鋼棒や緊張アラミド繊維ベルトと鋼板を用いたせん断損傷RC柱への応急補強法に関する研究を行ってきた^{1), 2)}。その結果、上記の応急補強法を適

用することで、せん断損傷RC柱の耐震性能および軸支持能力を回復できることが明らかとなっている。

一方、損傷RC柱への応急補強法には、重機不要の乾式工法、どんな柱にも適用可能な簡便で迅速な技術が求められる。また、地震被災地の緊急的な状況では、入手が容易な材料を用いることも重要となる。そのため、山川らは市場供用品の荷締め具(ラッシングベルト)を利用し、緊張力を導入する工法を提案しており、ラチェットバックルとアラミド繊維ベルトおよび薄い鋼板の組合せによる応急補強法の有効性を確認した³⁾。本研究の目的は、アラミド繊維ベルトよりも安価で入手しやすいポリプロピレン繊維をラッシングベルトに利用し、その応急補強効果を水平加力実験および鉛直載荷実験で確認することである。

2. 実験計画

試験体一覧を **Table 1** に示す。試験体は1辺が250mmの正方形断面で、柱高さ500mm、せん断スパン比1.0の極短

Table 1 Details of column specimens

Specimen	Seismic retrofit			Emergency retrofit							
	Cyclic loading series			Cyclic loading series			Axial compression series				
	ER07S-PP65/1	ER07S-PP65	ER07S-PP65S	ER07S-PPHII		ER07S-PPHIV		ER07S-PPVII		ER07S-PPVIM	
Elevation											
Reinforcing material	Polypropylene 1ply-@65	Polypropylene 2ply-@65		Aramid I 2ply-@150	Polypropylene 2ply-@65	Aramid I 2ply-@150	Polypropylene 2ply-@65	Aramid I 2ply-@150	Polypropylene 2ply-@65	Aramid I 2ply-@150	Polypropylene 2ply-@65
Initial strain (Initial force)	1.0~1.7% (9~16kN)	0.4~0.8% (7~15kN)		0.35% (7kN)	0.4~0.8% (7~15kN)	0% (0kN)	0.4~0.8% (7~15kN)	0.35% (7kN)	0.4~0.8% (7~15kN)	0% (0kN)	0.4~0.8% (7~15kN)
Steel plate	-	t=3.2 mm		-	t=3.2 mm	-	t=3.2 mm	-	t=3.2 mm	-	t=3.2 mm
σ_B	34.1 MPa			34.4 MPa							
Common details	M/(VD)=1.0, N/(bD σ_B)=0.2, Rebar: 12-D10 (p_g =1.36%), Hoop: 3.7 ϕ -@105 (p_w =0.08%).										

Notes: M/(VD)=shear span to depth ratio, N/(bD σ_B)=axial force ratio, σ_B =cylinder strength, ply=a unit of numbering the layers of reinf. belt (cross section area: 1ply of polypropylene=67.8mm², 2ply of polypropylene=135.6mm², and 2ply of aramid I=19.4mm²).

*1 琉球大学大学院 理工学研究科環境建設工学専攻 (正会員)

*2 琉球大学 工学部環境建設工学科教授 工博 (正会員)

*3 琉球大学 工学部環境建設工学科助教 工修 (正会員)

*4 琉球大学 工学部環境建設工学科

Table 2 Mechanical properties of materials

Reinforcement		a (mm ²)	E (GPa)	σ_y, ϵ_u^* (MPa, %)	σ_u (MPa)
Rebar	D10	71	201	355	498
Hoop	3.7 ϕ	11	208	650	703
Steel plate	t=3.2mm	-	210	316	445
Polypropylene	t=3mm	67.8	13.5	8.4*	462
Aramid 1	t=0.57mm	9.7	107	2.2*	2381

Notes: a =cross section area, E =Young's modulus of elasticity, σ_y =yield strength of steel, ϵ_u =ultimate strain of fiber reinf., σ_u =ultimate tensile strength of reinf. .

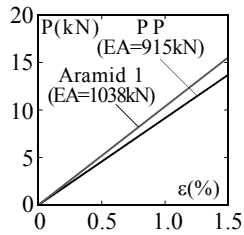


Fig. 1 Tensile load P - tensile strain ϵ relationship

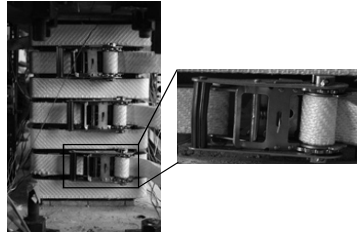


Photo 1 Ratchet buckle and column specimen retrofitted by lashing belts

柱である。試験体は主筋にD10を12本($p_g=1.36\%$)使用し、帯筋は3.7 ϕ を105mm間隔で配筋した($p_w=0.08\%$)。実験に用いた材料の力学的特性をTable 2に示す。荷締め具を構成するのは、ラチェット機構を有するラチェットバックル(引張耐力30kN)と連続繊維ベルトである。ラチェット機構を有するため、ベルトへの緊張力の導入は比較的容易に行える。本研究で応急補強に用いたベルトは幅50mmのポリプロピレンベルト(以後PPベルトと略称)である。

Fig. 1はPPベルトおよびアラミド繊維ベルトの引張荷重Pと引張ひずみ ϵ の関係を示したものである。PPベルトは、アラミド繊維ベルトと比べヤング係数が小さいが(**Table 2**)、破断伸びが大きいことが特徴であり、膜剛性(曲げ剛性がなく、はらみ出した柱表面を直接拘束可能という状況から材軸の概念も当てはまり難いので、膜剛性を使用した)が著者らがこれまで使用してきたアラミド繊維ベルトと同等となるように開発したものである(**Fig. 1**)。ER07S-PP65/1で使用した1ply(1層、ベルト断面積67.8mm²)のPPベルトはベルトの片側をエポキシ樹脂で輪に成形し、それ以外で使用した2ply(2層、ベルト断面積 $2 \times 67.8=135.6\text{mm}^2$)のPPベルトは端部を50mmラップさせてエポキシ樹脂を用いて接着し、リング状に製作した。このベルトをラチェットバックルに取り付け、ベルトの自由端をバックルに通してレバーを回転させれば、ベルトに張力が導入される(**Photo 1**)。緊張ひずみの管理は、ベルトにエポキシ樹脂で硬化部を製作し、ひずみゲージを貼付して行った。なお、**Table 1**のように試験体へ導入した初期緊張ひずみは少しばらついた。これは、ラチェットバックルの逆転防止突起により、緊張ひずみの微調整

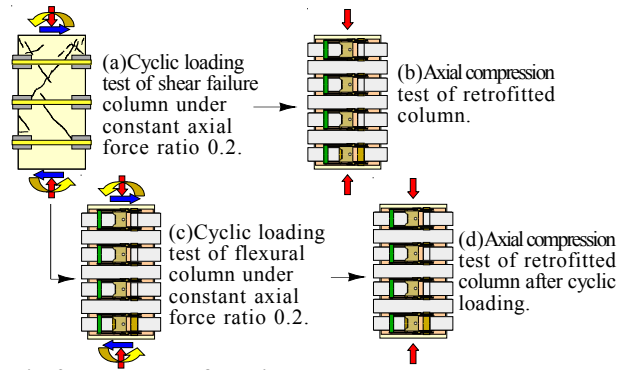


Fig. 2 Procedure of loading test

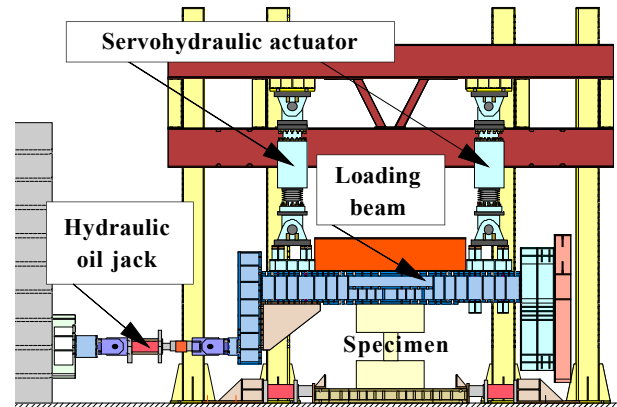


Fig. 3 Test setup

が困難だったことによる。また、ベルトは摩擦を低減する離形フィルムを貼付したコーナーアングルを介して、柱試験体に巻きつけた。

試験体はPPベルトのせん断補強効果を確認するための健全な試験体ER07S-PP65/1(以後ER07Sは省略)、PP65、PP65Sと、せん断損傷させた後に応急補強を施した試験体PPHII, PPHIV, PPVII, PPVIVの計7体である。試験体PP65/1はPPベルト1ply(EA=915kN)とラチェットバックルで構成される荷締め具を65mm間隔で配置し、初期緊張ひずみを約1.4%導入した。試験体PP65はPPベルト2ply(EA=1830kN)とラチェットバックルで構成される荷締め具を65mm間隔で配置し、初期緊張ひずみを約0.7%導入した。試験体PP65SはPP65と同じ荷締め具を用いて、導入する緊張力で鋼板(t=3.2mm)を柱試験体表面(4面)に圧着した。PP65/1, PP65, PP65Sは、PPベルトのせん断補強効果を確認するために無損傷の柱試験体に補強を行い、正負繰り返し水平加力実験のみを行った。

試験体PPHII, PPHIV, PPVII, PPVIVは、せん断損傷させた後に応急補強を施した試験体である。これら4体の試験体の実験手順を**Fig. 2**に示す。実験はまず、与える損傷レベルを制御するために、アラミド繊維ベルト(2ply-@150, ベルト断面積 $2 \times 9.7=19.4\text{mm}^2$)で粗な外部横補強を施した試験体を一定軸力下(軸力比0.2)でせん断損傷させた(**Fig. 2(a)**)。なお、損傷レベルの制御はアラミド繊維ベルトに導入した初期緊張ひずみにより行い、目標損傷レベ

ルがⅡの場合は0.35%, Ⅳの場合は0%とした (Table 1)。せん断損傷実験では、アラミド繊維ベルトの連結にラチェットバックルではなくカプラーを使用した²⁾。カプラーはラチェットバックルよりも装着に手間がかかるが、損傷レベルをコントロールするための緊張ひずみの微調整を容易に行えるからである。アラミド繊維ベルトを除去後、PPベルト(幅50mm)とラチェットバックルで構成される荷締め具を65mm間隔で配置し、導入する緊張力で鋼板(t=3.2mm)を圧着することで損傷RC柱に応急補強を施した。なお、安全のため、応急補強は軸力をゼロに戻して行った。試験体PPHIII, PPHIV (Cyclic Loadingシリーズ)は応急補強後、一定軸力下(軸力比0.2)で水平加力実験 (Fig. 2 (c))を行い本応急補強法の有効性を確認した後、残存軸耐力実験 (Fig. 2 (d))を行った。試験体PPVII, PPVIV (Axial Compressionシリーズ)は応急補強後に修復軸耐力実験 (Fig. 2 (b))を行い、本応急補強法により回復した軸耐力を確認した。実験では、Fig. 3に示す加力装置を用い、2台のサーボアクチュエータ(合計2000kN)によって、加力ビームがテストベッドに対して常に平行に保つよう制御した。水平加力実験は部材角R=0.125%, 0.25%を各1回ずつ、R=0.5%, 0.75%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%, 3.0%を各2回ずつ、R=4.0%, 5.0%を各1回ずつ繰り返す加力プログラム(せん断損傷実験の場合は目標の損傷レベルに達した時点で加力を中断)とした。軸耐力実験は中心圧縮とし、水平方向の拘束はフリーの状態で行った。

3. せん断補強効果確認実験

3.1 履歴性状

本研究の目的は、アラミド繊維より安価で一般的に普及している材料により応急補強材を構成することにあるが、ポリプロピレン繊維はTable 2に示すようにヤング係数が小さく、そのため断面積を増やすことでアラミド繊維ベルトと同等の膜剛性を確保している。本研究ではポリプロピレン繊維で構成される荷締め具に導入可能な緊張ひずみ、PPベルトの必要断面積、鋼板の必要性を確認するため、応急補強実験に先立ち、健全なRC柱試験体を用いて、PPベルトのせん断補強効果確認実験を行ったので、以下にその結果を示す。

Fig. 4は、健全なRC柱試験体の一定軸力下(軸力比0.2)の正負繰り返し水平加力実験により得られた水平荷重Vと部材角Rの関係、および柱の平均軸ひずみ ϵ_v と部材角Rの関係である。V-Rグラフ中には多段配筋柱の曲げ強度略算値⁴⁾と修正荒川 mean 式⁵⁾によるせん断強度も合わせて示す。なお、修正荒川 mean 式によるせん断強度は、帯筋の項にPPベルトの負担分を加えることで考慮した。

試験体PP65/1 (1ply-@65)は部材角R=0.25%でせん断ひび割れが発生し、耐力が低下した。ベルトのせん断補強効

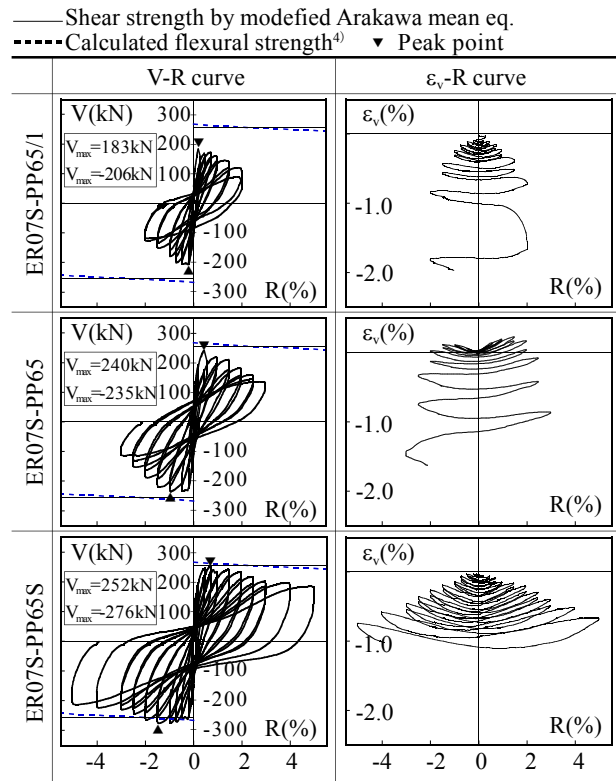


Fig. 4 Measured V-R and ϵ_v -R relationships

果により柱の崩壊は免れたため、R=2.0%を2回繰り返して実験を終了した。試験体PP65/1のせん断破壊を鑑み、2plyのPPベルトを製作した。1plyと比較すると、断面積が2倍なので(67.8×2=135.6mm²)、膜剛性EAも2倍となる(915×2=1830kN)。この2plyのPPベルトで補強を施した試験体PP65 (2ply-@65)は、部材角R=0.5%でせん断ひび割れが発生した。PP65/1と同様、耐力は低下したものの、ベルトのせん断補強効果により柱の崩壊は免れたため、R=3.0%を2回繰り返して実験を終了した。両試験体とも計算結果がせん断破壊先行を示しており (Fig. 4 V-R)、修正荒川 mean 式により実験結果を良く評価できている。PP65はPP65/1に比べ、水平耐力が正側で57kN、負側で29kN増大しており、軸ひずみの進行も小さい。これは、PPベルトの膜剛性の影響だと考えられる。PP65/1とPP65では導入した初期緊張ひずみが2:1の関係なので、式(1)で計算する平均側圧 σ_r はほぼ等しい。

$$\sigma_r = 0.5 \cdot \rho \cdot E \cdot \epsilon_{pt} \quad (1)$$

ここで、 ρ : ベルトの体積比 (1ply: 1.67%, 2ply: 3.34%), E : ベルトのヤング係数 ($E=13.5\text{GPa}$), ϵ_{pt} : ベルトに導入する初期緊張ひずみ。導入される平均側圧 σ_r が同等(約1.5MPa)な場合、膜剛性が大きいほど水平耐力は大きくなることが分かる。PP65のせん断破壊を鑑み、ベルトに導入した緊張力で柱試験体(4面)に鋼板(t=3.2mm)を圧着したPP65Sは、R=-0.25%で曲げ強度略算値に到達した。また、軸ひずみの進行もPP65に比べ小さく、PPベルトと薄い鋼板を組み合わせることで、十分なせん断補強効果が

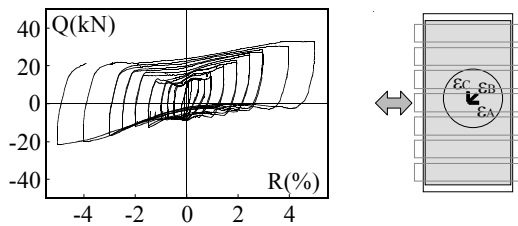


Fig. 5 Calculated shear force of steel plate

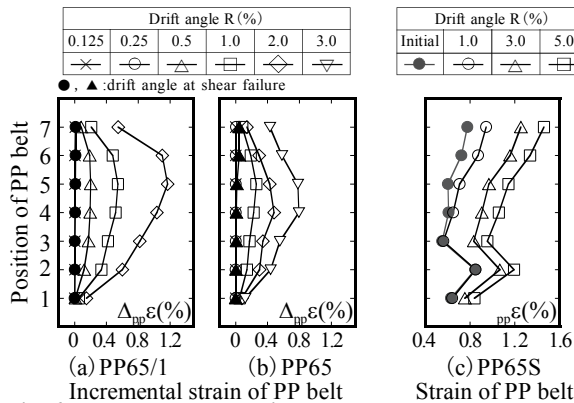


Fig. 6 Measured belt strain

得られることが確認できた。Fig. 5は、鋼板に貼付した3軸ゲージから式(2)を用いてせん断ひずみを算出し、鋼板(web面1枚)の負担せん断力を求めた結果である。

$$\gamma_{xy} = 2\varepsilon_B - (\varepsilon_A + \varepsilon_C) \quad (2)$$

Fig. 5より、ベルトに導入した緊張力で鋼板を試験体表面に圧着するだけで、鋼板にもせん断補強効果を期待できることが分かる。しかし、鋼板のせん断力負担は摩擦によるものであり、大変形時には鋼板が滑り、せん断力を負担できなくなることが考えられる。図示してはいるが、PP65Sの最終ひび割れ状況ではせん断ひび割れが観察されている。従って、PP65Sのせん断強度計算には鋼板を考慮していない。また、PP65SはPP65に比べ水平耐力の増分はわずかであるが、変形性能は大幅に向上している(Fig. 4 V-R)。これは、鋼板を圧着することによる、カバーコンクリートの剥離・剥落の防止および受動的な横拘束効果によるものだと考えられる。以上のことより、ベルトに導入した緊張力で鋼板を圧着することは、靱性能の向上において効果的であると考えられる。

3. 2 ベルトのひずみ

Fig. 6(a)~(c)には、各部材角におけるベルトのひずみを示した。(a) PP65/1と(b) PP65は初期緊張ひずみからのベルトのひずみ増分($\Delta_{pp}\varepsilon$)であり、せん断破壊時の部材角(PP65/1は $R=0.25\%$ 、PP65は $R=0.5\%$)を黒のプロットで示した。Fig. 6(a), (b)より、せん断破壊まではベルトのひずみ増分はほとんどない。また、PP65/1に比べてPP65は各部材角におけるベルトのひずみ増分が約半分となっている。これは、ベルトの膜剛性が2倍であるためだと考えられる。一方、(c) PP65Sは $R=1.0\%$ までベルトのひずみ増分はほとんどないが、それ以降は部材角とともにベルト

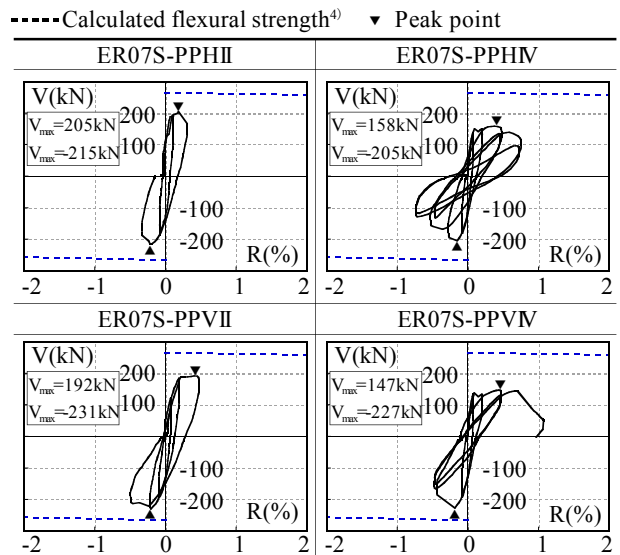


Fig. 7 Measured V-R relationships (shear failure)

PPHII	PPHIV	PPVII	PPVIV
II (0.3mm)	IV (2mm)	II (0.4mm)	IV (4mm)
R=0.25%	R=-0.25%	R=-0.25%	R=-0.25%

Fig. 8 Observed cracking patterns after shear failure test

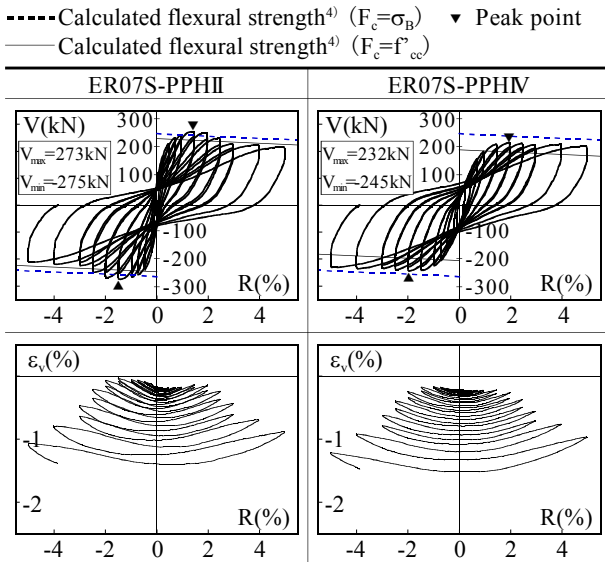
のひずみが增大している。これは、部材角の進行に伴い、柱の軸ひずみが進行しているため、せん断補強効果だけではなく、横拘束効果も発揮されているためである。

4. 応急補強実験

4. 1 せん断損傷実験

せん断損傷実験(Fig. 2(a))を行った試験体は、帯筋比($p_w=0.08\%$)に損傷レベルを制御するために配置したアラミド繊維ベルトの補強筋比(0.1%)を加えても、最小せん断補強筋比0.2%を満足していない極脆性柱である。

一定軸力下(軸力比0.2)の正負繰り返し水平加力実験により得られたV-R曲線をFig. 7に示す。なお、加力は目標とする損傷レベルに到達するまで行った。グラフ中の破線は多段配筋柱の曲げ強度略算値⁴⁾である。また、Fig. 8にはせん断損傷実験終了後のひび割れ図(ウェブ面)、最大せん断ひび割れ幅、損傷レベルおよびせん断破壊時の部材角Rを示す。Fig. 8より、4体とも典型的なせん断破壊を起こしており、Fig. 7のV-R曲線からも水平耐力が鋭角に低下していることが分かる。損傷レベルは日本建築防災協会の判定基準⁶⁾に基づき、ひび割れ幅等により総合的に評価した。その結果、計画通り、試験体PPHII, PPVIIは損傷レベルII(ひび割れ幅が0.2~1.0mm)、PPHIV, PPVIVは



Note: f'_{cc} = concrete strength of emergency retrofitted specimen.

Fig. 9 Measured V-R and ϵ_v -R relationships after emergency retrofit

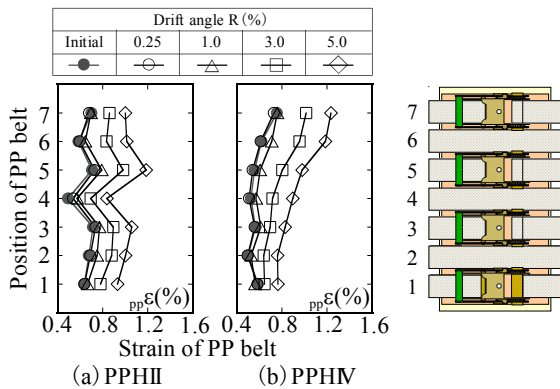


Fig. 10 Measured belt strain

損傷レベルIV(ひび割れ幅が2.0mm~)に該当する。

4. 2 応急補強後の履歴性状

試験体PPHII, PPHIVは応急補強後に正負繰り返し水平加力実験 (Fig. 2(c)) を行った試験体である。Fig. 9に応急補強後のV-R曲線および ϵ_v -R曲線を示す。V-R曲線中にはシリンダー強度 σ_B ($=34.4\text{MPa}$)による曲げ強度略算値⁴⁾と、後述する応急補強後の拘束コンクリート強度 f'_{cc} (損傷レベルII: 23.1MPa , 損傷レベルIV: 16.7MPa)による曲げ強度略算値⁴⁾を示した。Fig. 10には、各部材角におけるPPベルトのひずみを示した。

試験体PPHII(損傷レベルII)は部材角 $R=1.0\%$ で水平耐力がシリンダー強度 σ_B による曲げ強度略算値に到達し、本応急補強法の優れた性能を確認できた。試験体PPHIV(損傷レベルIV)は部材角 $R=0.75\%$ で、水平耐力が応急補強後の拘束コンクリート強度 f'_{cc} による曲げ強度略算値に到達し、履歴性状は紡錘形を描いている。また、耐力低下はP- δ 効果分のみである。Fig. 10より両試験体とも $R=1\%$ までベルトのひずみ増分はほとんどないが、それ以降は

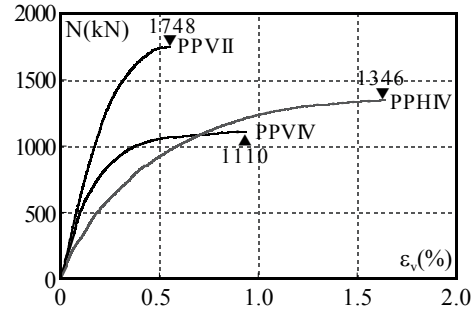


Fig. 11 N- ϵ_v relationships after emergency retrofit

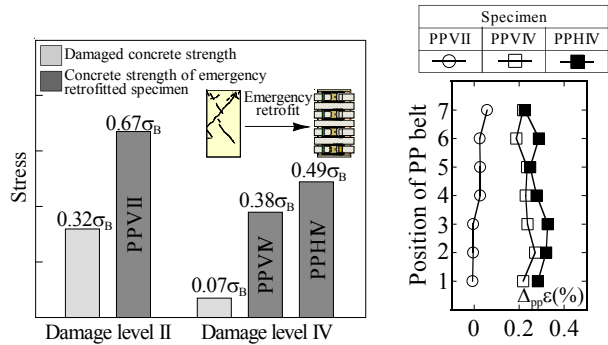


Fig. 12 Damaged concrete strength and concrete strength of emergency retrofitted specimen

Fig. 13 Measured belt incremental strain

部材角と共にひずみが増大しているのは、軸ひずみの進行によるものである。Fig. 9のV-R曲線より、損傷レベルが小さいほど水平剛性が大きい。また、後述する修復軸耐力も損傷レベルでの相違が明らかであり、この軸耐力の差が水平耐力および水平剛性の差として現れたと考えられる。Fig. 9より損傷が大きくとも履歴性状は紡錘形を描いていることから、ヤング係数が小さい材料であっても、断面積を大きくすることで膜剛性を確保し、導入する緊張力で薄い鋼板を圧着すれば、高い応急補強効果が得られることが分かる。

4. 3 修復軸耐力実験

試験体PPVII, PPVIVは応急補強後に修復軸耐力実験 (Fig. 2(b)) を行った試験体である。Fig. 11に軸力Nと柱の平均軸ひずみ ϵ_v の関係を示す。Fig. 11には、PPHIVの応急補強後の水平加力実験後に残存軸耐力実験 (Fig. 2(d)) 結果も合わせて示している。なお、軸力の荷重は残留水平変位をゼロに戻して行った。

Fig. 11より、試験体PPVIIの修復軸耐力実験のピーク値は1,748kNであった。このピーク値から主筋の降伏強度を使用した軸力負担分 ($N_s=302\text{kN}$) を差し引き、コンクリートの負担分を求め、柱断面積で除した拘束コンクリート強度 f'_{cc} は 23.1MPa ($0.67\sigma_B$) であった。損傷レベルIIの損傷コンクリート強度は約 $0.32\sigma_B$ であるので⁷⁾、本応急補強の拘束効果によりコンクリート強度が2倍以上に増大していることがわかる (Fig. 12)。

試験体PPVIVは修復軸耐力が1,110kN, 拘束コンクリート強度 f'_{cc} は12.9MPa(0.38 σ_B)であった。しかし, PPVMはPPHVよりも損傷が大きく(Fig. 8), また, せん断損傷実験後の残留変位が他の試験体に比べて大きかったため, 残留水平変位をゼロに戻して軸力を載荷したにも関わらず, 載荷中, 水平変位が進行し偏心圧縮となった。このため, 本実験結果はPPHVの残存軸耐力より小さくなったと考えられる。一方, Fig. 11よりPPHVの残存軸耐力実験結果は1,346kN, 拘束コンクリート強度 f'_{cc} は16.7MPa(0.49 σ_B)である。前述した通り, PPHVでは応急補強後の水平加力実験において水平耐力の低下がほとんど見られないことから(Fig. 9), 水平加力実験前後で軸耐力はあまり変化していないことが伺える。従って, PPHVの残存軸耐力を損傷レベルIVの修復軸耐力とみなすことにした。損傷レベルIVの損傷コンクリート強度は0.07 σ_B であるので⁷⁾, 本応急補強によりコンクリート強度が約7倍に増大していることが分かる(Fig. 12)。PPVII(損傷レベルII)よりも応急補強によるコンクリート強度の増大が大きいことから, 損傷が大きいほど能動的拘束効果がより発揮されることが分かる。しかし, 水平加力実験において健全なシリンダー強度による曲げ強度略算値に達していないことから, 十分に軸耐力が回復しているとは言えない。さらに, 損傷が大きい場合は初期剛性が小さい(Fig. 9)。以上のことは, 損傷レベルが大きい場合にはより大きな緊張力を導入する必要があることを示唆している。しかし, 今回使用したラチェットバックル(引張耐力30kN)ではこれ以上の緊張力の導入は困難だった。

Fig. 13に修復または残存軸耐力実験におけるベルトひずみ増分を示す。ここで, ひずみ増分は最大軸耐力時のベルトひずみから軸耐力実験開始時のベルトひずみを差し引くことで求めた。Fig. 13より, 試験体PPVII(損傷レベルII)は最大耐力時のベルトひずみ増分平均値が約0.02%, PPVIV, PPHV(損傷レベルIV)は約0.23%であり, 損傷レベルによりベルトひずみ増分に差が見られる。これはFig. 11において, 損傷レベルが大きい場合, 最大軸耐力時の軸ひずみが進行していることによる。このFig. 11における損傷レベルによる軸ひずみの相違, およびFig. 13におけるベルトひずみ増分の相違の影響は, Fig. 9の履歴性状に現れている。即ち, Fig. 11において損傷レベルが小さい場合は初期剛性が大きいため, 軸耐力時の軸ひずみは小さく, Fig. 9における ϵ_c -R関係で ϵ_c がそれほど進行せずとも, 水平耐力が発揮される。一方, 損傷レベルが大きいと軸耐力を発揮する軸ひずみが大きくなるため, Fig. 9において水平耐力を発揮する軸ひずみは若干大きい。

4. 結論

(1)ポリプロピレンベルトはヤング係数は小さいが, 断面積を大きくし, 緊張力の導入および鋼板と組み合わせることにより十分なせん断補強効果が得られる。

(2)本応急補強を適用することで, 損傷RC柱の水平耐力は応急補強後の拘束コンクリート強度 f'_{cc} による曲げ強度略算値に到達し, 高い応急補強効果が得られる。ただし, 損傷が大きい場合は, 健全なシリンダー強度 σ_B による曲げ強度略算値までの回復は困難である。

(3)応急補強後のコンクリート強度は, シリンダー強度比で, 損傷レベルIIの場合は約67%, 損傷レベルIVの場合は約49%を負担出来る。また, 損傷コンクリート強度に対しては, 損傷レベルIIの場合は約2倍, 損傷レベルIVの場合は約7倍に増大し, 損傷が大きいほど本応急補強による横拘束効果が発揮されることが分かる。

謝辞

本研究は, 平成18年度(財)国土技術センター研究開発助成(研究代表者: 山川哲雄)により行われた。また, ラチェットバックルを芦森工業株式会社から, ポリプロピレンベルトを萩原工業株式会社から, そしてアラミド繊維ベルトをファイベックス株式会社からそれぞれ提供して頂いた。深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 山川哲雄, 宮城敏明: 緊張力を導入したPC鋼棒と鋼板を用いたせん断損傷RC柱の応急補強法, 日本建築学会構造系論文集, Vol. 586, pp. 171-178, 2004. 12.
- 2) 藤川将吾ほか: 緊張アラミド繊維ベルトで応急補強した損傷柱の弾塑性挙動, コンクリート工学年次論文集 Vol. 26, No. 2, pp. 1579-1584, 2004.
- 3) 中田幸造ほか: ラッシングベルトを用いた損傷脆性柱の応急補強法, コンクリート工学年次論文集 Vol. 29, No. 3, pp. 1123-1128, 2007.
- 4) 日本建築学会: 建築耐震設計における保有耐力と変形性能, 1990.
- 5) 日本建築学会: 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説, 1999.
- 6) 日本建築防災協会: 震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針, 2001.
- 7) 長濱温子ほか: 損傷RC柱の圧縮強度と応急補強実験, コンクリート工学年次論文集 Vol. 29, No. 3, pp. 61-66, 2007.