論文 緊張 PC 鋼棒と鋼板による低強度コンクリート RC 柱への能動的 な横拘束効果

中田 幸造*1·山川 哲雄*2·許田 昇*3

要旨:PC横補強法の最大の特徴は,RC柱を能動的に横拘束できる点にある。この特徴を最大限に活用するため,PC横補強法を鋼板と組み合わせ,低強度コンクリートRC柱(3.3MPa)に応用し,水平加力実験と鉛直荷重載荷実験を行った。その結果,低強度コンクリートRC柱を能動拘束することで,無補強に比べて水平耐力が約3倍に上昇し,靭性に優れた挙動を示した。鉛直荷重載荷実験では,補強試験体の軸耐力は,無補強試験体の約3.7倍に上昇した。鉛直荷重載荷実験の結果から,能動的な横拘束効果による強度上昇率を求めた結果,実験値はRichartらの拘束係数4.1で説明できることを明らかにした。 キーワード:プレストレス,PC鋼棒,低強度コンクリート,耐震補強

1. 序

緊張PC鋼棒による外部横補強法(PC横補強法)の最大 の特徴は,RC柱を能動的に横拘束できる点にある。緊張 PC鋼棒で外部横補強されたRC柱(コンクリート強度: 22.2~25.3MPa)の中心圧縮実験によれば,プレーンコン クリート強度の1.28倍の強度上昇が確認されている¹⁰。こ の能動拘束を最大限に活用するため,PC横補強法はせん 断損傷RC柱の応急補強に応用され,その結果,せん断損 傷で低下したRC柱の軸支持能力が大きく増大すること, およびせん断損傷を受けたRC柱の曲げせん断性能の向上 に効果的であることが明らかにされている²⁰。他方,地震 でせん断損傷したRC柱の残存コンクリート強度は,損傷 レベル³⁰に依存するが,例えば損傷レベルIVの場合はシ リンダー強度の10%前後に低下する⁴⁰。文献5)では残存 コンクリート強度を模擬するため4MPaの極低強度コンク リートRC柱を製作し,緊張PC鋼棒と鋼板で外部横補強 を行い、その曲げせん断性能と応急補強RC柱の曲げせん 断性能との関係、および本補強法が低強度コンクリート RC柱の有効な耐震補強法となり得るかを照査した。その 結果、水平耐力、靭性能とも改善可能であることが分かっ たが、能動的な横拘束効果については検討が十分に行わ れていない。本研究の目的は、文献5)よりも大きな能動 側圧を低強度コンクリートRC柱に導入し、水平加力実験 により弾塑性挙動の改善効果を示し、鉛直荷重載荷実験 の結果から拘束機構をモデル化して能動的な横拘束効果 を明らかにすることで、地震被災直後の応急補強および 低強度コンクリートRC柱への効果的な耐震補強法に繋げ るための基礎資料を得ることである。

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



*2 琉球大学 工学部環境建設工学科教授 工博 (正会員)

*3 琉球大学大学院 理工学研究科環境建設工学専攻 (正会員)

Table 2 Mixing	values	of concrete	(kg/m³
----------------	--------	-------------	--------

Water Cement	W/C	D	Fine	Graval	Chemical		
	Centent	W/C	1	aggregate	Glavai	agent	
130	86	211(%)	208	934	902	5290 (ml.)	
Notes: P= stone powder.							

Reinforcement		а	σ_y, σ_u^*	Ε
		(mm^2)	(MPa)	(GPa)
Rebar	D10	71	355	201
Ноор	3.7ф	11	683	202
PC bar	5.4φ	23	1102*	206
Steel plate	t=3.2mm	-	306	203
	t=12mm	-	349	209

Table 3 Mechanical properties of materials

Notes: a = cross sectional area, $\sigma_y =$ yield strength of steel, $\sigma_u =$ ultimate strength of steel, E = Young's modulus of elasticity.

柱である。試験体の主筋には D10 を12 本使用し (p_g =1.36%),帯筋は 3.7 ϕ を105mm 間隔で配筋した (p_w =0.08%)。試験体数は、コンクリート強度 σ_B =3.3MPaの 試験体が 3 体 (水セメント比: 211%, Table 2 参照)、 σ_B =14.9MPaの試験体が1体である。

R09S-RC4(以下,R09S-は省略)は、低強度コンクリートを用いたRC柱の耐震性能を確認するために、無補強で 一定軸力下の正負繰り返し水平加力実験を行う試験体で ある。試験体P25MS4,P25MSt4は5.4φのPC鋼棒を25mm 間隔で配置し、導入する緊張力により柱表面に厚さ 3.2mm,12mmの鋼板をそれぞれ圧着した試験体である (目標初期緊張ひずみは2450µ)。試験体P25MSt4に厚さ 12mmの鋼板を用いたのは、鋼板による横拘束効果の上限 を狙うためである。試験体P41MS15は、Type 2のコーナー ブロック(Fig.1)を用いてPC鋼棒を41mm間隔で配置し、 厚さ3.2mmの鋼板を圧着した試験体である。コンクリー ト強度は、現行の耐震診断基準の適用範囲内のとなる 14.9MPaである。使用した鋼材の力学的性質をTable 3に 示す。全段のPC鋼棒には軸部中央に弾性ひずみゲージを 貼付し、ひずみを管理した。

水平加力実験では、部材角 R=0.125%、0.25%を各1回, R=0.5%、0.75%を各2回、R=1.0%~3.0%を0.5%の増分 で各2回、その後 R=4.0%、5.0%を各1回繰り返した。載 荷した軸力は、耐震補強の対象となる既存建築物のコン クリート強度 Fcを24MPaと想定した長期軸力比0.2 (N=300kN)である。従って、 σ_{g} =3.3MPaの試験体では軸 力比1.5と高軸力下での水平加力となる(Table 1)。なお、 コンクリート強度が3.3MPaで無補強RC柱試験体の圧縮 耐力計算値は509kNである(コンクリートの負担分: 206kN、主筋負担分:303kN)。長期軸力の載荷によるPC 鋼棒ひずみの変化量の全段平均値は3体とも非常に小さ かった(最大で20 μ)。全ての補強試験体は、水平加力実 験後の残存軸支持能力と能動的横拘束効果を確認するた め、残留水平変位をゼロに戻し、水平方向の拘束をフリー の状態で、中心圧縮による鉛直荷重載荷実験を行った。

3. 実験結果

3.1 履歴性状

Fig. 2 (a) ~ (d) に水平荷重 *V*と部材角 *R*の関係, **Fig. 3** (a) ~ (d) に柱の軸縮み量を柱高さで除した柱平均軸 ひずみ ε_v と部材角 *R*の関係を示す。なお,本研究では,想 定している *Fc*=24MPaで計算した曲げ強度^{η} を **Fig. 2** (b) ~ (d) に示した。

無補強試験体のRC4は、部材角*R*=0.25%で最大水平耐 力に到達し、せん断ひび割れも生じ始めた。*R*=0.5%で柱 頭の隅筋が圧縮降伏し、*R*=0.75%の2回目のサイクルまで にひずみゲージを貼付した全ての柱頭主筋が圧縮降伏し た。実験中は主筋に沿ったひび割れも確認できたが、最終 的に部材角*R*=-1.0%でせん断破壊し、Fig.3(a)のように 軸ひずみが急激に進行して軸力を支えきれなくなったた め実験を終了した。



補強試験体P25MS4は、部材角R=0.75%で柱脚の隅筋が ,R=1.5%で柱頭の隅筋がそれぞれ引張降伏した。R=2.0% では、両フランジ面の鋼板上部が、R=5.0%時には鋼板下部 が面外に膨らみ、それぞれ曲げ引張降伏している。これ は、中間主筋の座屈、およびコンクリートのはらみ出しを 抑制しているためと考えられる。高軸力下においては、薄 い鋼板などで中間主筋の座屈を抑制することが、優れた 耐震性能を確保するための重要な要素であるが⁸⁰、このこ とは低強度コンクリートRC柱でも同様に重要であるとい える。Fig. 3 (b)より、柱の軸ひずみは圧縮側に進行して いる。基準試験体RC4と比較して、P25MS4の水平耐力が 約3倍上昇し、靭性にも優れていることは(Fig. 2 (b))、 コンクリート強度の低いRC柱には、鋼板と共に能動的横 拘束効果が非常に有効であることを示している。

補強試験体 P25MSt4 は、鋼板の厚さが 12mmの試験体 であり、厚さ3.2mmの鋼板を用いたP25MS4に比べて柱軸 ひずみの改善が見られ、また、V-R曲線もやや大きくなっ ている。しかし、P25MS4に比べて改善効果はそれほど大 きくない。このことから、本PC横補強法に併用する横補 強材としては、薄い鋼板でも十分に耐震性能の改善・向上 が可能であると考えられる。

補強試験体 P41MS15 は、P25MS4、P25MSt4 に比べて コンクリート強度は高いが PC鋼棒の間隔が広く,能動側 圧は小さい試験体である。部材角 R=1.5%で最大水平耐力 に到達した本試験体は,能動的横拘束効果もあって,ひず みゲージを貼付した引張側の柱頭柱脚の主筋は降伏して おり,従って,コンクリート強度 Fc=24MPaの曲げ強度計 算値に達した (Fig. 2 (d))。柱の平均軸ひずみも引張側に 立ち上がった曲げの挙動を描いている (Fig. 3 (d))。

3.2 PC鋼棒のひずみ

Fig. 4 (a), (b) は,水平加力実験で得られた柱高さ方 向におけるPC鋼棒のひずみ分布である。PC鋼棒のひずみ は両ウェブ面の平均値であり,ここでは代表して試験体 P25MS4とP25MSt4を示している。Fig. 4 (a), (b) より, 初期緊張ひずみ,正側最大水平耐力時(*R*=1.5%),部材角 *R*=2.0, 5.0%時のPC鋼棒ひずみの推移を見ると,実験開 始から*R*=5.0%までPC鋼棒ひずみが減少していくことが わかる。これは,水セメント比が大きく (211%),コンク リートが密実でないことに加えて,試験体に導入した能 動側圧は(式(1)), P25MS4が4.2MPa, P25MSt4が3.8MPa であり(Table 1),能動側圧が試験体のコンクリート強度 を上回っていることが原因として考えられる。

 $\sigma_r = (2_P a)/(b_P s)_P E \cdot \varepsilon_{pt}$ (1) ここで, $_{\rho}a$: PC 鋼棒断面積, b: 柱幅, $_{\rho}s$: PC 鋼棒配置 間隔, $_{\rho}E$: PC 鋼棒のヤング係数, ε_{pt} : 初期緊張ひずみ。加 力に伴いP41MS15もPC鋼棒ひずみの減少が見られたが, P25MS4, P25MSt4 より減少量は少なく,例えば R=5.0%



Fig. 4 Distribution of PC bar strain along the height of column





Table 4 Details of specimens and test results⁵⁾

Specimen	$\sigma_{\scriptscriptstyle B}$ (MPa)	ε _{pt} (μ)	_Р S (mm)	PC bar	V _{exp} (kN)	σ _r (MPa)	σ_r/σ_B
R06S-MS4	4.0	2450	41	5.4¢	114	2.3	0.58
R06S-MSt4	4.0				126		0.58
R06S-MS8	7.6				186		0.30
R06S-MS35	35.4				277		0.06
Notes: c : initial tangila strain c = interval of PC has V = max							

Notes: ε_{pt} : initial tensile strain, ps= interval of PC bar, V_{exp} = max. lateral capacity.

時の減少量は P25MS4 がウェブ面平均で 835µ, P25MSt4 が 690µであるのに対し, P41MS15では 100µであった。 3.3 能動側圧と最大水平耐力の関係

3.3 能動側圧と取入水干側力の関係

試験体に導入した能動側圧が最大水平耐力に及ぼす影響を調べるため、本実験および文献5)で得られた最大水 平耐力 $V_{exp} \epsilon b D \sigma_B$ で除した値 ($V_{exp}/(b D \sigma_B)$, σ_B :シリンダー 強度)と式(1)より求めた能動側圧 $\sigma_r \epsilon \sigma_B$ で除した値と の関係をFig.5に示す。文献5)の試験体一覧、および実 験結果はTable 4に示されている。Table 4に示す試験体の 形状寸法、主筋、帯筋の配筋状況は全てTable 1と同一で ある。Fig.5より、試験体に導入する能動側圧の増加に 伴って最大水平耐力も上昇し、コンクリート強度の低い 試験体ほど高い能動的横拘束効果が表れることがわかる。

3.4 鉛直荷重載荷実験の結果

緊張PC鋼棒と鋼板による外部横補強の能動的な横拘束 効果を検証するため,鉛直荷重載荷実験を行った。なお, 水平加力実験後,残留水平変位はゼロに戻し,水平ジャッ キはフリーの下で軸力の載荷を行った。Fig.6に鉛直荷重 載荷実験より得られた軸力Nと軸ひずみ*ε*,の関係を示す。 鉛直荷重載荷装置の載荷限界が2000kNであるため,どの 試験体も1900kNで載荷を終了しており,真の軸耐力は得



Fig. 6 N- ε_{u} relationships after cyclic loading test



Fig. 7 Distribution of PC bar strain along the height of column in axial compression test

られていない。しかし、**Fig.6**に示すように、曲線は丸み を帯びていることから、実験終了点はピーク値に近いこ とが推測される。なお、**Fig.6**には、RC4(σ_{B} =3.3MPa)の 圧縮荷重計算値509kNを参考のために示した。

Fig.6より,水平加力後であっても,P25MS4とP25MSt4 の軸耐力はRC4に比べて約3.7倍上昇していることが分か る。なお,最大軸耐力時の軸ひずみは大きい。

Fig. 7に,代表してP25MS4とP25MSt4の鉛直荷重載荷 実験による,柱高さ方向のPC鋼棒ひずみ分布を示す。鉛 直荷重載荷開始時PCひずみが実線,最大軸耐力時ひずみ が破線である。P25MS4, P25MSt4ともPC鋼棒の受動ひ ずみが増加しており,受動的横拘束効果に伴って軸耐力 も増加したといえる。最大軸耐力時のPC鋼棒ひずみは, 柱の圧縮ひずみ度が2~3%で得られた値である。また, PC鋼棒の破断は無かった。本補強法は,PC鋼棒に導入す る緊張力により柱表面(4面)に鋼板を圧着しているが,こ れが簡易鋼管のように作用することで,高い軸耐力が発 揮できるものと考えられ,コンクリート強度の低いRC柱 でも十分にその耐震性能の改善が可能であるといえる。

4. 能動的横拘束効果の検証

4.1 拘束コンクリート強度実験値の推定

本章では、低強度コンクリートを用いたRC柱の水平耐 力が、能動拘束により大きく上昇する要因を鉛直荷重載 荷実験の結果を用いて検証する。3.4節で述べたように、 軸耐力実験値はピーク値に近いと推測されるが、本節で は文献4)と同様に、Mander式⁹を用いて、拘束コンク



Fig. 8 Measured stress- strain relationships of confined concrete



Fig. 9 Calculated stress- strain relationships to estimate experimental compressive strength

リート強度実験値の推定を試みる。ただし、低強度コンク リートに対してもMander式が適用可能かどうかは今後の 課題である。Fig.8には、Fig.6のデータから主筋の負担 分を除いて求めた,拘束コンクリートの応力-ひずみ関係 を示している。主筋の負担分は完全弾塑性を仮定した。 Mander式は, 強度上昇率が定まれば応力-ひずみ曲線を 描けるため, Fig. 8に示す各試験体の実験最大値を通過す るように拘束コンクリート強度を変化させ,試行錯誤的 に拘束コンクリート強度実験値を推定した。このように して求めた各試験体の拘束コンクリート強度をFig.9(a) ~ (c) に示す。低強度コンクリートを用いた P25MS4 と P25MSt4は、実験値と計算値の初期勾配が大きく異なる が、ここでは実験最大値を通過する Mander 式のピーク強 度に着目し、この値を各試験体の拘束コンクリート強度 と仮定する。Fig.9のように、拘束コンクリート強度の推 定結果は、初期勾配の大きいP41MS15が28.0MPaと一番 大きく, 次いでP25MSt4の26.9MPa, P25MS4の26.4MPa となった。

4.2 緊張PC鋼棒と鋼板による拘束機構

本節では,文献8)を参考に緊張PC鋼棒と鋼板で外部 横補強したRC柱の拘束機構をモデル化する。

P25MS4(使用鋼板: t=3.2mm)は、軸耐力時に柱上部 フランジ面の鋼板が降伏ひずみの2.7倍の値を示してお り、断面は半分以上が降伏していると考えられる。よっ て、鋼板が全塑性耐力に達したと仮定し、Fig.10のよう にコーナーブロックが接触する部分とw_i中央部にヒンジ を設ける塑性ヒンジモデルにより鋼板の横拘束圧を式



Fig. 10 Hinge model to calculate lateral pressure of steel plate

(2) のように求めた。

 $p_l \sigma_r = 4t^2 \sigma_y / (b \cdot w_i)$ ここで, *t*: 鋼板板厚, σ_y : 鋼板の降伏強度, *w_y*: 有効支持

長さ (Fig. 10)。

P25MSt4(使用鋼板:*t*=12mm)は、文献8)と同様、単 純支持モデルとする。なお、軸耐力時には柱上部フランジ 面の鋼板は降伏していなかった(測定値は0.12%)。よっ て、厚さ12mmの鋼板の横拘束圧は式(3)で求める。

$${}_{pl}\sigma_r = 4t^2 E\varepsilon_\rho / (3b^2) \tag{3}$$

ここで, E:鋼板のヤング係数, ε_e :鋼板のひずみ。鋼板の ひずみ ε_e は, 測定値の 0.12% を用いる。

P41MS15(使用鋼板: *t*=3.2mm)は、軸耐力時に鋼板は 降伏していなかったが、Mander式により推定した拘束コ ンクリート強度に達するときには、同じ板厚の鋼板を使 用したP25MS4と同様、鋼板は全塑性耐力に達すると仮定 し、塑性ヒンジモデルにより鋼板の横拘束圧を求める(式 (2))。

緊張PC鋼棒と鋼板で外部横拘束されたコンクリートの 圧縮強度は,緊張PC鋼棒のみで外部横拘束された場合の 圧縮強度式¹⁾に鋼板の横拘束圧を単純累加することで求 める。このとき,式(2),(3)に乗じる拘束係数は,文献 8)で示した理由と同様に松村らの12.2¹⁰⁾を準用する。

$$K = {}_{c}\sigma_{cB}/\sigma_{p} = {}_{A}K + {}_{pl}K \tag{4}$$

$${}_{A}K = -10.9 ({}_{P}\sigma_{ce}/\sigma_{p})^{2} + 3.5 ({}_{P}\sigma_{ce}/\sigma_{p}) + 1.0$$
(5)

$$_{pl}K = 12.2 _{pl} \sigma_r / \sigma_p$$

ここに,

$${}_{P}\sigma_{ce} = (2_{P}a)/(b_{P}s) {}_{P}E \cdot {}_{P}\varepsilon_{T}$$
⁽⁷⁾

ここで, *K*:無拘束コンクリート強度からの強度上昇率, ${}_{p}\sigma_{ce}$: 圧縮強度時のPC鋼棒による平均側圧, ${}_{p}c_{r}$: 圧縮強度 時のPC 鋼棒ひずみ, σ_{p} : プレーンコンクリート強度 (=0.8 σ_{b})¹¹⁾。 ${}_{p}c_{r}$ には,軸耐力時のPC鋼棒ひずみを用いる (P25MS4: 2832 μ , P25MSt4: 2665 μ , P41MS15: 3615 μ)。

4.3 能動的横拘束効果によるコンクリート強度の上昇率

本節では、4.1節の拘束コンクリート強度実験値から、 鋼板による強度上昇量を差し引き、能動的な横拘束効果 のみによる圧縮強度を求める。即ち、式(4)において、 _AK=K_{ev}-_PKとする。このようにして求めた鋼板の負担圧縮 応力度と能動的横拘束効果のみによる圧縮強度をFig. 11 に示す。Fig. 11において、P25MSt4の能動的な横拘束に



Fig. 11 Estimated values by active confinement effect



Fig. 12 Comparison of experimental strength enhancement ratio and calculated results

よる圧縮強度がP25MS4より小さいのは、軸耐力時のPC 鋼棒ひずみが小さく(P25MSt4: 2665µ, P25MS4: 2832µ), 能動的な横拘束が相対的に小さかったことが考えられる。

Fig. 12にはFig. 11に示した能動的横拘束効果による圧縮強度実験値をプレーンコンクリート強度で除した強度上昇率実験値と計算値の比較を示している。強度上昇率計算値は,式(5)による結果とRichartら¹²⁾による拘束係数を使用した場合(式(8))の2種類を示した。

$$K' = {}_c \sigma_{cB} / \sigma_p = 1.0 + 4.1 {}_P \sigma_{ce} / \sigma_p \tag{8}$$

式(5)は2次式であるため,極値を有する(₄K=1.28)。 ここでは,極値後は₄K=1.28と仮定した。

Fig. 12 より, P25MS4 と P25MSt4 の強度上昇率実験値 は8.4 と 6.6, P41MS15が2.1であることから,低強度コン クリートを用いた試験体ほど能動的横拘束効果が高いこ とがわかる。さらに、3 体の強度上昇率実験値は,Richart らによる拘束係数を使用した計算結果によく一致してい る。この理由は,式(5)は離散的に配置された緊張PC鋼 棒のみによる補強試験体の実験値から得られた式である のに対し,本試験体は,鋼板がPC鋼棒の緊張力で柱表面 に圧着されていることから,より平均化された側圧と なったことが考えられる。即ち,鋼板は主筋の座屈防止や コンクリートの剥落防止だけでなく,離散的配置の緊張 PC鋼棒からの能動および受動的な横拘束圧をより均等に 柱へ付与することに寄与しているといえる。

4.4 累加強度による曲げ強度の検証

Fig. 13 (a) ~ (c) には、4.1節で求めた拘束コンクリー

(6)



Fig. 13 *N*-*V* interaction curves

緊張力を導入したPC綱棒により外部横補強された鉄筋コ ンクリート柱の応力ひずみ関係,日本建築学会構造系論 文集,No.600, pp.147-153, 2006.2

(2)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,No.586,pp.171-178,2004.12

(3)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,2002.8

(4) 上松茂,山川哲雄,吉井大輔,中田幸造:せん断損傷
RC極短柱の残存軸耐力と応急補強実験,コンクリート工
学年次論文集, Vol. 28, No. 2, pp. 1123-1128, 2006.7

(5)新城良大,山川哲雄,中田幸造, Md. Nafiur RAHMAN: 極低強度コンクリートを用いた極脆性柱の耐震補強実験, コンクリート工学年次論文集, Vol. 29, No. 3, pp.1237-1242, 2007.7

(6)日本建築防災協会:既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準同解説,2001.10

(7)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,1990.10

(8)山川哲雄,中田幸造,Md. Nafiur RAHMAN,森下陽一:緊張 PC鋼棒と鋼材により外部横補強した RC短柱の高軸力下における弾塑性挙動一主に曲げ耐力を中心に一,日本建築学会構造系論文集,No.608, pp.135-142,2006.10
(9) Mander, J. B., Priestley, M. J. N. and Park, R.: Theoretical Stress-Strain Model for Confined Concrete, Journal of Structural Engineering, ASCE, Vol. 114, No.8, pp.1804-1826, 1988.8
(10) 松村弘道,伊藤茂樹:角型鋼管に充填されたコンクリートの圧縮強度,日本建築学会大会学術講演梗概集,Vol. C, pp. 1627-1628, 1989.10

(11)中田幸造,山川哲雄:緊張アラミド繊維ベルトで外部横補強したRC柱の中心圧縮性状,日本建築学会構造系論文集, Vol. 73, No. 631, pp. 1617-1624, 2008.9

(12) Richart, F. E. et al: A Study of the Failure of Concrete under Combined Compressive Stresses, University of Illinois, Engineering Experimental Station, Bulletin, No. 185, 1928.11

線を単純累加して求めた,補強試験体のN-V相関曲線を示 している。本節では,能動拘束の有無によるコンクリート の強度曲線の差異を示すため,累加強度を用いた。Fig. 13 には,無補強コンクリートの強度曲線も太い実線で示し た。Fig. 13のように,緊張PC鋼棒と鋼板で外部横補強を 行うことで,コンクリートの強度曲線が非常に大きく改 善されることがわかる。また,拘束コンクリート強度を用 いて計算した累加強度曲線は,P25MS4の正負耐力と P25MSt4の正側耐力について過大評価となっているもの の,P25MSt4の負側耐力とP41MS15については実験結果 を良く評価しているといえる。過大評価となっている P25MS4の正負耐力とP25MSt4の正側耐力については,水 平加力実験時に降伏した主筋の本数が少なかったことが 原因だと考えられる。

ト強度によるコンクリートの強度曲線と,主筋の強度曲

5. 結論

(1) PC鋼棒に緊張力を導入し,柱に能動側圧を与えることで,低強度コンクリートRC柱でも水平耐力および靱性の向上が期待できる。

(2)緊張PC鋼棒と鋼板による外部横補強を施すと、低強度コンクリートRC柱の軸支持能力を大きく改善できる。この改善効果は、コンクリート強度が小さいほど大きい。
(3)緊張PC鋼棒と鋼板による低強度コンクリートRC柱への能動的な横拘束効果は、Richartらの拘束係数4.1で概ね評価できる。

謝辞

本研究は、日本学術振興会の平成21年度科学研究費補助金(基盤研究(A),課題番号:20246091,代表者:山川哲雄)の助成を受けた。実験では、砂川恒雄琉球大学技術職員の尽力を頂いた。ここに深く感謝いたします。

参考文献

(1) 中田幸造, 日高桃子, 古川照, 山川哲雄, 崎野健治: