

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年6月5日現在

機関番号：82113

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2010～2011

課題番号：22760418

研究課題名（和文） プレストレストコンクリート部材の補修後性能に関する研究

研究課題名（英文） Study on structural performance of damaged prestressed concrete members after retrofit

研究代表者

谷 昌典 (TANI MASANORI)

独立行政法人建築研究所・構造研究グループ・研究員

研究者番号：50533973

研究成果の概要（和文）：補修方法，使用する PC 鋼材の種類，補修前に予め与えた損傷の程度を実験変数とした，プレキャストプレストレストコンクリート（PCaPC）造柱のモデル試験体 8 体を用いた載荷実験を実施し，PCaPC 柱の補修後の構造性能（初期剛性，曲げ耐力など）に関する基礎的な実験データを得た。また，得られた補修前後の実験データを比較，検討することにより，補修及び実験変数が構造性能に及ぼす影響に関する知見を得た。

研究成果の概要（英文）：Loading test was conducted with eight damaged precast concrete columns post-tensioned by PT tendons after retrofitting, in order to investigate their structural performance such as initial stiffness and flexural capacity. The experimental parameters were retrofitting method, type of PT tendon and damage level. Discussion about the effect of retrofit and experimental parameters on the structural performance was carried out by comparing the experimental data obtained before and after retrofit.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
総計	2,600,000	780,000	3,380,000

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：コンクリート構造

1. 研究開始当初の背景

プレキャストプレストレストコンクリート（PCaPC）構造で用いられる PC 圧着柱では，建築物の自重にプレストレス力がかかることによって高い軸力を負担しており，コンクリート圧縮域の損傷が大きくなる傾向がある。したがって，PC 圧着柱が今後起こりうる大地震で損傷を受け，断面修復等の補修を必要とする状況も想定される。PC 構造は原点指向性やひび割れ閉合性などの高い修復性を有しており，地震後の補修の必要性に

ついてはこれまでほとんど議論されておらず，過去に PC 部材を補修対象とした研究例は非常に少ない。このため，通常の RC 部材に比べて，補修後の初期剛性や最大耐力といった構造性能に関する知見が不足している状況にある。

2. 研究の目的

本研究では，損傷を受けた PC 圧着柱に対して補修を行い，その後再び載荷することによって，補修後の初期剛性や最大耐力とい

た構造的な性能や、履歴性状、破壊性状に関する基礎的なデータを取得することを目的としている。また、これらの構造的な性能等を補修前後で比較することにより、補修が構造的な性能に及ぼす影響についても併せて検証する。

3. 研究の方法

(1) 試験体概要

試験体図を図-1 に示す。試験体は、断面 250mm×250mm、高さ 590mm の柱部分と、断面 350mm×450mm、長さ 1100mm のスタブ部分を別々に打設し、20mm 厚の目地モルタルを介して、両者をプレストレス力によって一体化した片持ち形式の PC 圧着柱である。せん断スパン a は 500mm で、 a/D は 2.0 である。実験変数は一次荷重での最大変形レベル（限界変形、最大耐力）、PC 鋼材種、PC グラウトの有無及び補修方法とし、表-1 に示す合計 8 体を製作した。なお、補修方法については、ポリマーセメントモルタル（以下、PCM）による断面修復のみの試験体（A シリーズ）が 6 体、断面修復に加えて鋼管巻き立てを実施した試験体（B シリーズ）が 2 体である。

PC 鋼材には、RPC 及び UPC 試験体の 6 体に $\phi 13$ 丸鋼を、DPC 試験体の 2 体に U12.6 異形鋼棒を用い、PC 鋼材間距離は 120mm とした。目標緊張力は全ての試験体で $\phi 13$ 丸鋼の規格降伏強度の 0.8 倍に相当する 98.7kN/本とした。軸筋及びせん断補強筋には、D10 及び D6 普通強度異形鉄筋をそれぞれ用いた。軸筋は目地部でカットオフされ、端部で引張力を負担しない。せん断補強筋は溶接閉鎖型とし、配筋間隔は 40mm（せん断補強筋比 $p_w=0.63\%$ ）とした。

コンクリート設計基準強度は 40N/mm² とし、粗骨材最大粒径 20mm のレディーミクストコンクリートを使用した。目地モルタルには、プレミックス無収縮グラウト材と水を、水セメント比 36% で配合したものを、グラウトには、普通ポルトランドセメントと水を、水セメント比 45% で配合したものをそれぞれ使用した。一次荷重後には、軸力を除荷した状態で、コンクリートの浮き及び脆弱部分等を除去し、プライマー塗布後、コテ塗りポリマーセメントモルタルによる断面修復を行った。さらに、B シリーズ 2 体については、鋼管を設置し、柱との空隙に目地モルタルと同じ調合のモルタル（以下、充填モルタル）を充填した。鋼管は外径 300mm×300mm、高さ 365mm で、コ字型の厚さ 4.5mm の鋼板 2 枚を溶接したものである。鋼管と柱脚との間には 10mm の隙間を設けた。

(2) 荷重装置概要

荷重装置を図-2 に示す。1000kN 油圧ジャッキで所定の圧縮軸力を与えた状態で、300kN 油圧ジャッキで水平力を作用させた。

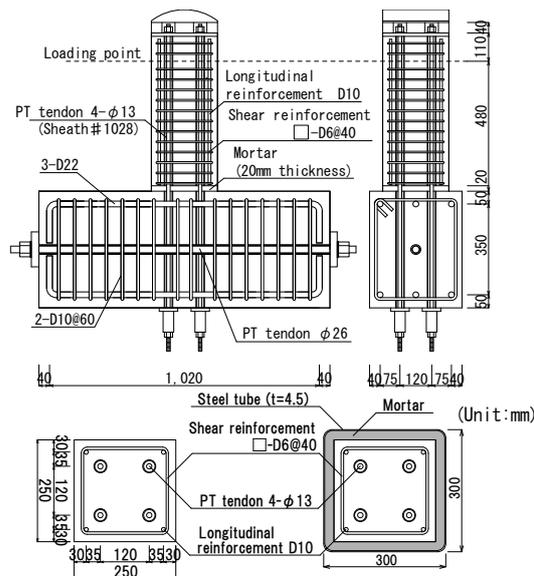


図-1 試験体図

表-1(a) 実験変数
(A シリーズ：断面修復のみ)

試験体名	PC 鋼材		一次荷重時 最大変形
	配筋	グラウト	
RPC-N33-m	4- $\phi 13$	有	最大耐力点
DPC-N33-m	4-U12.6	有	
UPC-N33-m	4- $\phi 13$	無	
RPC-N33-u	4- $\phi 13$	有	限界変形点
DPC-N33-u	4-U12.6	有	
UPC-N33-u	4- $\phi 13$	無	

表-1(b) 実験変数
(B シリーズ：断面修復+鋼管巻き立て)

試験体名	PC 鋼材		一次荷重時 最大変形
	配筋	グラウト	
RPC-M-PJ	4- $\phi 13$	有	最大耐力点
RPC-U-PJ	4- $\phi 13$	有	限界変形点

一次荷重時の軸力は、軸力荷重後のプレストレス比 $\eta_p (=P_e/bDf'_c)$ と軸力比 $\eta_N (=N/bDf'_c)$ の合計が、コンクリート長期許容圧縮応力度 $1/3f'_c$ に相当する 0.33 となるように決定し、二次荷重時の軸力は一次荷重時と同じ値とした。水平力の荷重は、初サイクルのみ荷重制御 (± 30 kN) で行い、それ以降は正負繰り返し漸増振幅荷重とした。一次荷重では、最大耐力経験後に柱脚曲げモーメント（以下、モーメント）が最大耐力の 0.9 倍まで低下した点（以下、限界変形点）、または、最大耐力を確認した点（以下、最大耐力点）でそれぞれ荷重を終了した。二次荷重では、全試験体に対して部材角 $R=\pm 5.0\%$ の最終荷重サイクルまで荷重を行った。部材角 R は、スタブに対する荷重点位置の水平相対変位をせん断スパンで除して算出した。

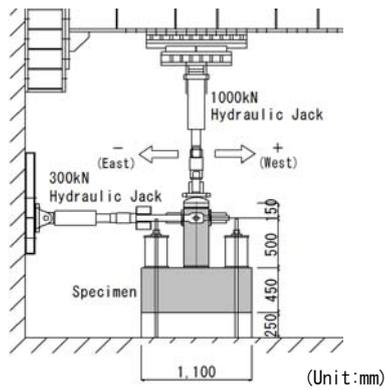


図-2 荷重装置

4. 研究成果

(1) A シリーズ試験体

① 履歴性状・破壊性状

履歴性状に関しては PC 鋼材種の影響は小さく、いずれもほぼ同様の傾向を示した。一例として RPC シリーズ (丸鋼, ボンド) のモーメント-部材角関係及びひび割れ図を図-3 及び図-4 にそれぞれ示す。図-3 中の○点及び□点は最大耐力点及び PC 鋼材降伏点, 図-4 中の灰色部分は補修範囲である。

RPC-N33-u の一次荷重では, $R=\pm 0.25\%$ サイクル途中で柱脚に離間を確認し, 剛性が低下した。 $R=\pm 0.75\%$ サイクルでは目地モルタル及びコンクリートの圧縮縁に軽微な剥離が発生し始め, 変形の増大に伴って柱脚圧縮域の損傷が進み, $R=\pm 1.5\%$ サイクルで最大耐力を示した。 $R=\pm 2.5\%$ サイクル 1 回目ピーク点付近では PC 鋼材の降伏を確認した。一次荷重で PC 鋼材が降伏したのは, RPC-N33-u, DPC-N33-m 及び DPC-N33-u の 3 体であった。なお, 限界変形点まで荷重した 3 体については, $R=\pm 3.0\%$ サイクルにおいてモーメントが最大耐力の 0.9 倍を超えなかったため, $R=\pm 3.0\%$ サイクルで荷重を終了した。

一次荷重で限界変形点を経験した RPC-N33-u の二次荷重では, $R=\pm 0.25\%$ サイクル途中で柱脚に離間を確認した。 $R=\pm 0.5\%$ サイクルで PCM による補修部と既存部の境界付近に縦ひび割れを確認した以降は, $R=\pm 1.0\%$ サイクルまで変位が増加しても耐力はほとんど上昇しなかった。その後, $R=\pm 1.5\%$ サイクルから耐力が緩やかに上昇し, $R=\pm 4.0\%$ サイクル途中で最大耐力を示した。一方, 最大耐力点を経験した RPC-N33-m でも, $R=\pm 1.0\%$ で補修部に縦ひび割れを確認したが, その後も耐力は上昇し続け, $R=\pm 2.0\%$ サイクルで最大耐力を示した。なお, 二次荷重時には, 補修部に縦ひび割れを確認した辺りで補修部の圧縮縁ひずみが大幅に減少し, その値は最大でも約 0.25% に留まった。縦ひび割れの発生によって補修部と既存部の一体性が失われ, 補修部が圧縮力を負担できなくなったと考えられる。

補修前後の履歴性状を比較すると, 二次荷重では, 全ての試験体で初期剛性が一次荷重に比べて大幅に低下した。また, 一次荷重で限界変形点まで荷重した 3 体は, いずれも二次荷重において, $R=\pm 0.5\sim 1.0\%$ サイクルでモーメントが 60~70kNm 付近で頭打ちとなる傾向が見られた。一方, 一次荷重で最大耐力点まで荷重した 3 体は, $R=\pm 1.5\%$ サイクルまでは二次荷重時の耐力が一次荷重時の耐力を大きく下回ったが, $R=\pm 2.0\%$ サイクル以降では両者の大小関係が逆転した。

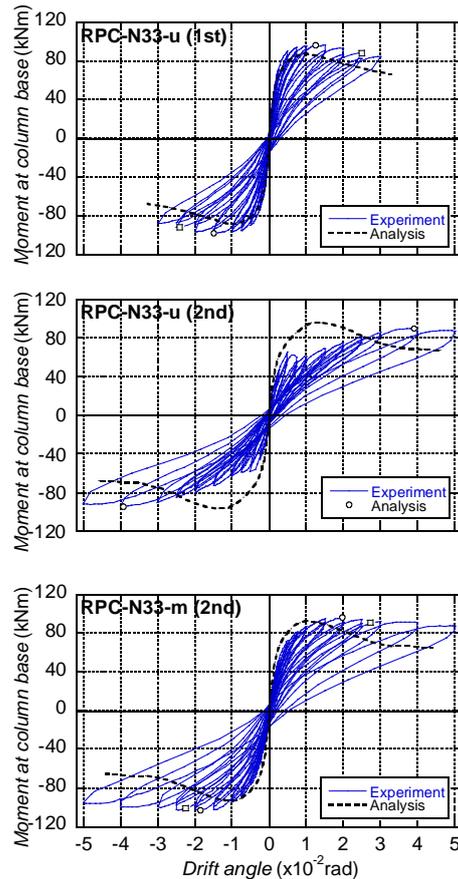


図-3 モーメント-部材角関係 (RPC 試験体)

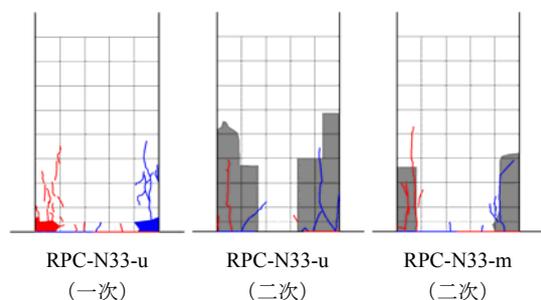


図-4 ひび割れ図 (RPC 試験体, $R=2.0\%$ 時)

② 初期剛性

各試験体の初期剛性を表-2 に示す。一次載荷及び二次載荷時の初期剛性は、 $R=\pm 0.25\%$ サイクル 1 回目の $\pm 30\text{kN}$ までの接線剛性、一次載荷時の最終サイクル剛性は、一次載荷最終サイクル時の $\pm 30\text{kN}$ までの接線剛性である。二次載荷時の初期剛性は一次載荷時の最終サイクル剛性の2.3~8.4 倍で、補修によって剛性が大幅に回復したが、一次載荷時の初期剛性と比べると25~47%小さい。この原因として、(a)コンクリートに比べてPCMの弾性係数が小さい、(b)一次載荷による既存部コンクリートの塑性化、(c)一次載荷によるPC鋼材の付着劣化、等が考えられるが、(b)、(c)による影響を評価することは難しいため、ここでは、補修部にPCMの弾性係数を用いて曲げ弾性剛性を計算することにより、(a)の影響を検証した。なお、剛性計算の際に仮定した補修部の範囲は、補修時の状況を考慮して、一次載荷で最大耐力点及び限界変形点まで載荷した試験体で、圧縮縁と引張縁からそれぞれ深さ10mm及び25mmの範囲とした。二次載荷時の曲げ弾性剛性の算定には、一次載荷における塑性化の影響を無視し、各材料の弾性係数を用いた。また、UPC試験体の2体ではPC鋼材の剛性を無視した。得られた曲げ弾性剛性の低下率は、補修部深さ10mmで6%、25mmで13%と、実験時の剛性低下に比べてかなり小さな結果となり、上記の(b)、(c)による影響が大きな割合を占めていたことが分かる。

③ 最大耐力

各試験体の最大耐力及び最大耐力時部材角を表-3 に示す。一次載荷時に限界変形点まで載荷した3体は、二次載荷で早期に補修部が剥離したため、最大耐力は一次載荷の9割程度となり、最大耐力時変形も著しく増加した。最大耐力点まで載荷した試験体でも、二次載荷時に補修部が剥離したと見られるが、一次載荷時と同程度の最大耐力を示した。

④ 断面解析

補修部の剥離が挙動に及ぼした影響を確認するため、断面解析による挙動予測を行った。解析では、断面をせい方向に400分割し、

表-2 初期剛性

試験体名	eK_1 (kN/mm)	eK_2 (kN/mm)	${}^eK_{1,fn}$ (kN/mm)	${}^eK_2/{}^eK_1$
RPC-N33-m	149.7	112.7	48.7	0.75
DPC-N33-m	180.3	95.3	35.2	0.53
UPC-N33-m	152.0	96.0	43.3	0.63
RPC-N33-u	160.5	105.1	15.1	0.65
DPC-N33-u	150.9	102.8	16.9	0.68
UPC-N33-u	153.4	102.1	12.1	0.67

ここで、 eK_1 、 eK_2 ：一次、二次載荷時の初期剛性（正負平均）、 ${}^eK_{1,fn}$ ：一次載荷時の最終サイクル剛性（正負平均）

表-3 最大耐力

試験体名	${}^eM_{u1}$ (kNm)	${}^eR_{u1}$ ($\times 10^{-2}\text{rad}$)	${}^eM_{u2}$ (kNm)	${}^eR_{u2}$ ($\times 10^{-2}\text{rad}$)	${}^eM_{u2}/{}^eM_{u1}$
RPC-N33-m	95.6	1.00	99.7	1.91	1.04
DPC-N33-m	103.6	1.70	103.2	2.49	1.00
UPC-N33-m	92.7	1.48	90.0	1.92	0.97
RPC-N33-u	97.5	1.38	92.1	3.91	0.95
DPC-N33-u	108.1	1.48	102.1	3.90	0.94
UPC-N33-u	95.2	1.40	83.2	3.77	0.87

ここで、 ${}^eM_{u1}$ 、 ${}^eM_{u2}$ ：一次、二次載荷時の最大耐力、 ${}^eR_{u1}$ 、 ${}^eR_{u2}$ ：一次、二次載荷時の最大耐力時部材角

補修部の範囲は初期剛性の検討で用いた仮定と同様とした。ここでは例として、RPC試験体の解析結果を図-3 に示す。コンクリート、PCM、普通強度鉄筋には平面保持仮定を、PC鋼材にはひずみ適合係数F値0.6を適用した。コンクリート及びPCMの応力-ひずみ関係にはNewRCモデルを用い、コアとカバーを区別した。PC鋼材及び普通強度鉄筋の応力-ひずみ関係は完全弾塑性とした。各材料の特性値は材料試験値を用い、二次載荷の解析では、簡略のため一次載荷後の残留ひずみを考慮していない。また、解析結果のRは、曲率 ϕ が塑性ヒンジ領域長さ l_{eq} ($=D$:断面せい)に等しく分布すると仮定し、 $R=\phi l_{eq}$ として求めた。

RPC-N33-u及びRPC-N33-mの二次載荷では、 $R=\pm 2.5\%$ 付近及び $R=\pm 1.0\%$ 付近まで、それぞれ実験結果が解析結果を下回った。また、解析結果同士を比較すると、補修範囲が広いRPC-N33-uの方がより大きな最大耐力を示す結果となった。プレストレス力減退やPC鋼材の付着劣化によって耐力は低下するが、結果的には、断面の一部が圧縮強度の高いPCMに置き換わった影響が上回ったと考えられる。このように、二次載荷の挙動には様々な要因が複合的に影響するため、今後、それぞれの影響を精査していく必要がある。更には、本研究では軸力を除荷した状態で補修を行ったことでPCMが軸力を負担しており、実構造物で補修時に軸力を除荷しないような場合には、柱脚付近の破壊性状（特にPCM）が異なる可能性があることに注意しなければならない。

なお、本実験で採用した実験変数及び補修方法の範囲では、経験変形レベルが最大耐力点程度であれば、図-3に示すように、健全な部材の挙動には及ばないものの、断面修復で断面解析結果に近いレベルまで構造性能を回復できると考えられる。一方、限界変形点程度の大変形を経験した場合には、PCMの早期剥離といった問題が生じ、断面解析で得られるような復元力特性を期待できない可能性があるため、例えば鋼板巻き立てのような「補強」レベルの対応も視野に入れる必要がある。

あると言える。

(2) B シリーズ試験体

① 履歴性状・破壊性状

モーメント-部材角関係を図-5 に示す。□点は目視で柱脚部の離間を確認した点、○点は最大耐力点、△点は普通強度鉄筋が圧縮降伏した点、▽点はPCMの圧縮ひずみが最大値を示した点をそれぞれ示す。一次载荷では、A シリーズ試験体と同様に柱脚コンクリートに損傷が集中し、RPC-U-PJではPC鋼材の降伏も確認された。断面修復の際には、柱脚から150~200mmの範囲において、RPC-U-PJでは表面から深さ30mm程度、RPC-M-PJでは表面から深さ22mm程度の脆弱部を除去した。

二次载荷では、RPC-M-PJは変形の増加に伴って耐力が上昇した一方で、RPC-U-PJでは、 $R=0.5\%$ rad.から 1.0% rad.まで耐力の上昇は見られず、 $R=1.5\%$ rad.から再び緩やかに耐力が上昇し始めた。その後、変形が大きくなるにつれて損傷が大きくなり、いずれの試験体も $R=4.0\%$ rad.サイクルで最大耐力を示し、大変形時まで高い原点指向性を示した。最大耐力時の鋼管の圧縮縁ひずみ（柱脚から192.5mmの位置、正負平均）は、RPC-M-PJでは縦方向、横方向ともに0.01%、RPC-U-PJでは縦方向0.01%、横方向0.02%であった。柱脚から50mmの位置における補修部モルタル圧縮縁ひずみの最大値（正負平均）は、RPC-M-PJで-0.07%、RPC-U-PJで-0.04%と、圧縮強度時ひずみ（-0.24%）に比べて極めて小さい値であった。いずれの試験体でも、 $R=0.25\%$ 又は 0.5% rad.付近でひずみが大幅に減少した。理由は、補修部が剥離したことが原因と考えられる。

シリーズAとシリーズBの試験体のモーメント-部材角関係を比較したものを図-6 に示す。なお、各試験体のコンクリート圧縮強度が異なったため、モーメントを $f'_c bD^2$ で除して無次元化した。図-6より、限界変形点まで载荷した試験体では、補修方法の違いで履歴性状に大きな差は見られなかったが、最大耐力点まで载荷した試験体では、RPC-M-PJの方が変形の増加に伴ってより大きな耐力を発揮する傾向を示し、残留変形も小さくなっており、鋼管巻き立てによる断面増大や拘束効果の影響と考えられる。

② 初期剛性

各試験体の剛性を表-4 に示す。 eK_1 及び eK_2 は一次及び二次载荷における $R=0.25\%$ rad.サイクル時の±30kNまでの接線剛性、 $eK_{1,fin}$ は一次载荷最終サイクル時の±30kNまでの接線剛性である。 $eK_{1,fin}$ と eK_2 を比較すると、断面修復と鋼管巻き立てによって大幅に剛性が回復したことが分かる。また、鋼管巻き立

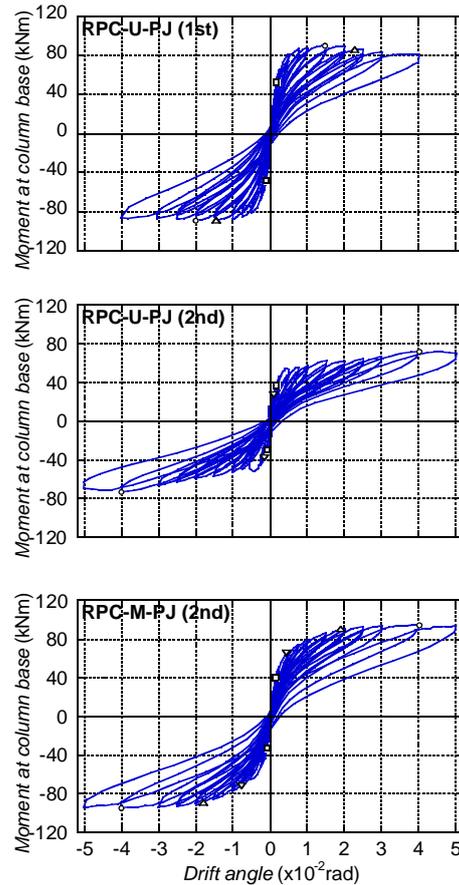


図-5 モーメント-部材角関係比較

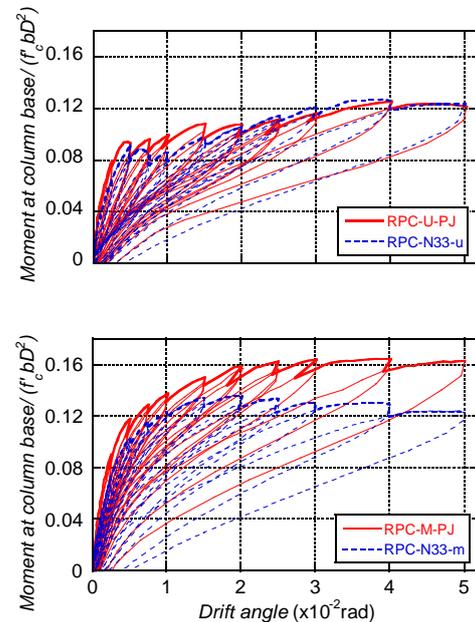


図-6 モーメント-部材角関係比較 (シリーズA, B 比較)

てによって部分的に断面二次モーメントが大きくなることから、二次载荷時初期剛性計算値 eK_2 の通り、本年度試験体で大幅な剛性の回復が予想されたが、最大耐力点まで载荷

した RPC-M-PJ こぞ、RPC-N33-m に比べてより大幅に剛性が回復したものの、限界変形点まで載荷した RPC-N33-u と RPC-U-PJ では有意な差は確認できなかった。鋼管とスタブの間にスリットを設けたために巻き立て部が全断面有効とならないことや、一次載荷における最大経験変形が同じ限界変形点であっても、損傷状況が完全に同一ではなかった可能性もあり、今後更なる検証が必要であろう。

表-4 初期剛性

試験体名	eK_1 (kN/mm ²)	eK_2 (kN/mm ²)	$eK_{1,fin}$ (kN/mm ²)	eK_2 (kN/mm ²)	eK_2/eK_1
RPC-N33-u	161	105	15.1	237	0.65
RPC-N33-m	150	113	48.7	244	0.75
RPC-U-PJ	168	111	19.7	589	0.66
RPC-M-PJ	165	150	42.7	596	0.91

ここで、 eK_1 , eK_2 :一次、二次載荷時初期剛性実験値、 $eK_{1,fin}$:一次載荷最終サイクル時初期剛性、 eK_2 :二次載荷時初期剛性計算値

③ 最大耐力

各試験体の最大曲げ耐力を表-5 に示す。最大耐力点まで載荷した試験体を比較すると、 M_{u2}/M_{u1} に大きな差はなかったが、二次載荷時最大モーメント時部材角が約 2 倍になった。一方で、限界変形点まで載荷した試験体を比較すると、 M_{u2}/M_{u1} 、二次載荷時最大モーメント時部材角ともにほぼ同程度の値となった。よって、経験最大変形が最大耐力点程度であれば、損傷範囲も小さく、鋼管巻き立てによる拘束効果が発揮され、構造性能が十分に回復すると考えられる。しかし、限界変形を経験して損傷範囲が大きくなると、早期に剥離した補修部に対して十分な拘束効果を発揮するには至らず、断面修復のみと大差無い挙動を示したものと推察される。つまり、最大耐力点程度の変形を受けた場合であれば、このような断面補修や鋼管巻き立てなどの一般的な方法で構造性能回復を図ることが可能であるが、限界変形を経験した場合には、補修部に対して能動的に拘束できる方法を検討すべきであると考えられる。また、補修部の剥離が発生するメカニズムやその発生条件について検証する必要がある。

表-5 最大耐力

試験体名	M_{u1} (kNm)	R_{u1} ($\times 10^2$ rad)	M_{u2} (kNm)	R_{u2} ($\times 10^2$ rad)
RPC-N33-u	95.6	1.34	92.1	3.90
RPC-N33-m	97.5	1.00	99.7	1.91
RPC-U-PJ	89.7	1.73	72.6	4.02
RPC-M-PJ	90.3	1.45	94.6	4.02

5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 3 件)

- ① 谷昌典, 中藪佑介, 長嶺安佐子, 孫玉平:

PC 圧着柱の補修前後における構造性能比較, 第 20 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.91-96, 2011.10, 査読有

- ② 谷昌典, 中藪佑介, 長嶺安佐子, 孫玉平: PC 鋼材種が PCaPC 柱の耐震性能に及ぼす影響に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文集, Vol.33, No.2, pp.541-546, 2011.7, 査読有

- ③ 谷昌典, 中藪佑介, 金尾優, 孫玉平: 損傷を受けた後に補修及び補強された PC 圧着柱の構造性能に関する実験的検討, 第 21 回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集 (研究紹介), 2012.10, 査読無 (投稿中)

[学会発表] (計 4 件)

- ① 中藪佑介, 長嶺安佐子, 谷昌典, 孫玉平, 藤永隆: PC 圧着柱の補修後性能に関する実験的研究 (その 1: 実験概要), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), B-1, pp.381-382, 2011.8

- ② 長嶺安佐子, 中藪佑介, 谷昌典, 孫玉平, 藤永隆: PC 圧着柱の補修後性能に関する実験的研究 (その 2: 実験結果), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (関東), B-1, pp.383-384, 2011.8

- ③ 金尾優, 中藪佑介, 谷昌典, 孫玉平, 藤永隆, 竹内崇: 損傷を受けた PC 圧着柱の断面修復及び鋼管巻き立てによる耐震性能回復に関する実験的研究 (その 1: 実験概要), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), 2012.9 (投稿中)

- ④ 中藪佑介, 金尾優, 谷昌典, 孫玉平, 藤永隆, 竹内崇: 損傷を受けた PC 圧着柱の断面修復及び鋼管巻き立てによる耐震性能回復に関する実験的研究 (その 2: 実験結果), 日本建築学会大会学術講演梗概集 (東海), 2012.9 (投稿中)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

谷 昌典 (TANI MASANORI)

独立行政法人建築研究所・構造研究グループ・研究員

研究者番号: 50533973