

# 断面修復の有無がプレテンションPC部材の構造性能に与える影響

主指導教員 下村 匠  
 コンクリート研究室 番場 俊介

## 1. はじめに

本研究では、段階的に断面修復を行うことで既設コンクリートへの応力増加負担を低減させる方法を提案するとともに、断面修復に伴う部材の構造性能を明らかにすることを目的として、非腐食状態および、腐食させたプレテンションPCはり部材に対して、段階的な断面修復を適用し、曲げ載荷試験を実施した。さらに、有限要素解析による再現解析も併せて行った。

## 2. 実験概要

### 2.1 試験体形状

図-1に試験体形状を示す。試験体は断面が100×150mmの矩形断面で、長さが2200mmのプレテンションPCはりである。鋼材にはφ2.9-3本より線を上下対称となるように2本ずつ配筋し、定着部補強のために支点部にせん断補強筋(D6)を配筋した。試験体に導入した初期プレストレス量は、道路橋示方書の供用中の許容限界値として定められている1170N/mm<sup>2</sup>とした。

実験パラメータは表-1に示すように、断面修復の有無、腐食率、断面はつりの分割数であり、それぞれ暴露により腐食させるシリーズ1、電食により腐食させるシリーズ2、非腐食試験体に対して段階的な断面修復を適用するシリーズ3に分類される。

### 2.2 補修概要および載荷方法

本試験体は鋼材が上下段に2本ずつ配筋されているため、補修対象となる下段での分割方向は、はり軸方向および奥行方向となる。補修の際に、図-2に示す位置にひずみゲージを貼付し、プレストレス力の再分配に伴うコンクリートの変形量を計測した。なお、補修後の断面においてもひずみゲージを貼付した。

載荷は、等曲げ区間長300mm、支点間長2000mmの単純支持・2点集中載荷の荷重制御による曲げ載荷とし、計測項目は、載荷荷重、中央・支点変位、コンクリートのひずみである。載荷試験狩猟後、腐食生成物を除去した後に質量を計測した。

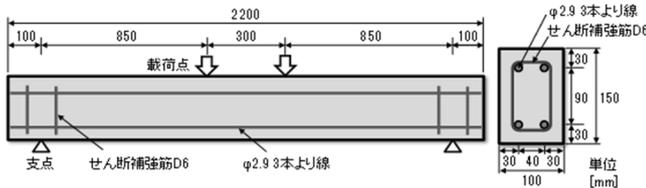


図-1 試験体形状

## 3. 解析概要

シリーズ3における断面修復結果と曲げ載荷結果を検討対象に有限要素法による再現解析を実施した。本解析では、鋼材に温度膨張によりプレストレスを与えた後に、はつり対象であるコンクリート要素を抜き出すことで断面はつりを再現した。断面はつり後は補修材要素を取り付けることで断面の復元を再現し、補修材要素に温度膨張を与えることで、補修材の膨張挙動を表現した。

コンクリートの応力-ひずみ関係は、圧縮側の上昇曲線はNakamuraらのモデルを用い、圧縮軟化は直線、引張軟化はHordijkらのモデルを用いた。なお、コンクリートの引張強度と破壊エネルギーは、コンクリート標準示方書に準拠し、圧縮強度から求めた。また、PC鋼材の応力-ひずみ関係はバイリニア型とした。

## 4. 実験結果

### 4.1 断面修復結果

図-3に一例としてシリーズ3における断面修復前後のひずみ増分分布を示す。図-3より、断面修復時には断面はつりに伴うプレストレス力の再分配により、PCはりに反り変形が生じ、既設部の上縁で引張ひずみ、下縁で圧縮ひずみが生じた。また、補修部においても圧縮ひずみが生じており、プレストレス力の再分配が生じていることが確認された。また、各試験体の増分値より分割数を増やすことで既設コンクリートの変形が抑制された。以上のことから、断面修復の際に、一度にはつり出す場合では補修部のプレストレス力は解放され、無応力状態となるが、段階的なはつり出しで断面修復を行うことによって、補修部の断面はつりに伴うプレストレス力減少の抑制ならびに、既設部への応力増加を低減できることが示された。

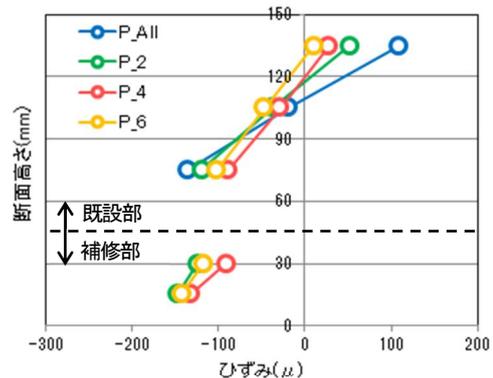


図-3 ひずみ増分分布(シリーズ3)

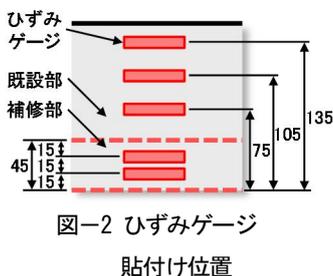


図-2 ひずみゲージ貼付け位置

表-1 実験パラメータおよび実験結果

試験体名	断面修復の有無	断面はつりの分割数	最大質量減少率 (%)	圧縮強度(N/mm <sup>2</sup> )		弾性係数(kN/mm <sup>2</sup> )		曲げひび割れ発生荷重(kN)	最大荷重(kN)	破壊モード	
				既設部	補修部	既設部	補修部				
シリーズ1	N	無し	-	55.7	-	40.9	-	8.69	23.6	曲げ引張破壊 鋼材破断	
	C-0v	無し	13.6(7.2%)	67.5	-	36.5	-	7.34	20.7		
	P-0v	有り	4	8.9	70.1	50.3	41.4	21.1	4.50		11.9
シリーズ2	DP-6	有り	-	6.66	73.7	46.9	39.1	19.7	8.59	21.0	鋼材破断
	DP-9			9.18	58.6	46.4	39.0	20.5	8.08	19.4	
	DP-15			16.4	59.9	47.7	36.0	20.7	6.43	11.4	
	DP-25			22.5	57.6	45.9	36.4	20.0	7.34	7.34	
	DP-35			36.9	58.9	47.1	37.4	20.5	6.61	7.64	
シリーズ3	P All	無し	-	64.1	45.7	38.2	19.4	4.88	23.2	曲げ引張破壊	
	P 2			63.0	43.2	39.7	19.5	6.64	23.4		
	P 2			70.3	53.0	37.9	21.1	5.73	22.9		
	P 2			70.3	54.0	37.9	21.5	6.81	22.4		

## 4.2 曲げ載荷結果

表-1 に曲げ載荷結果一覧，図-4 に一例としてシリーズ3における荷重-中央変位関係を示す。図-4 より，断面修復の適用により部材剛性が低下した。各試験体の部材剛性に着目すると，分割数によって異なっていることがわかる。これは，分割数によって既設コンクリートおよび補修部における残存プレストレス力が変化することに起因すると考えられる。

図-5 にシリーズ3における曲げひび割れ発生荷重および最大荷重を示す。曲げひび割れ発生荷重は，断面修復の適用により低下した。その低下割合は，はつり分割数によって異なっており，一度にはつり出した P\_All 試験体が44%低下と最も大きく，2分割することで24%低下と抑制できた。4分割では34%低下と，P\_All 試験体と比べ抑制できたが，P\_2 試験体と比べると低下した。これは試験体の中央の軸直交方向に継ぎ目があることに起因する。6分割では P\_4 試験体と同様に軸直交方向の継ぎ目があるものの，低下割合は22%と最も抑制できている。これは，P\_4 試験体では最大曲げモーメントが作用する等曲げ区間内に継ぎ目があり，その箇所が最初の曲げひび割れ発生箇所となる。それに対して，P\_6 試験体の継ぎ目は等曲げ区間外にあり，曲げひび割れ発生箇所も継ぎ目位置ではなく，等曲げ区間内であったことから，P\_6 試験体では継ぎ目による影響が小さかったものと考えられる。このことから，分割数の増加ならびに，補修部の継ぎ目位置を考慮することで，曲げひび割れ発生荷重の低下を抑制できることが示された。一方，最大荷重は断面修復の有無によらず概ね同程度となった。これは，プレストレス力が終局荷重に及ぼす影響が小さいことに起因する。そのため，断面修復が曲げ耐力に及ぼす影響は小さいといえる。

## 5. 解析結果

### 5.1 ひずみ増分分布

図-6 にシリーズ3におけるひずみ増分分布の解析値を示す。図-6 より，既設部においては全体的に実験値と良好な一致を示した。一方で，補修部では P\_2 試験体は良好な一致が見られたが，P\_4，P\_6 試験体は異なる結果となった。これは，実験における P\_4，P\_6 試験体は，断面修復開始から施工終了までに1ヶ月半~2ヶ月を要するため，その間に補修材に乾燥収縮が生じるためである。一方で，解析上では既設コンクリートのひずみ増分量を合わせるように膨張挙動のみを与えているため，実際の補修材の膨張・収縮挙動は表現出来ていない。これが補修断面で差異が生じた要因であると考えられる。そのため，各補修断面における膨張・収縮ひずみの時系列データを与えることが出来れば，補修断面においても実験値を精度良く再現できるものと考えられる。

### 5.2 曲げ載荷の再現解析結果

図-7 にシリーズ3における荷重-中央変位関係の解析値を示す。各試験体の解析値より，断面修復により部材剛性が低下し，各分割数での部材剛性が異なっている。一度にはつり出した場合の P\_All 試験体の部材剛性が最も低く，分割数の増加によって，部材剛性も高くなり，実験と同様の傾向が見られた。また，解析値は実験値と概ね良好な一致を示しており，シリーズ3の実験結果を良好に再現できたと言える。

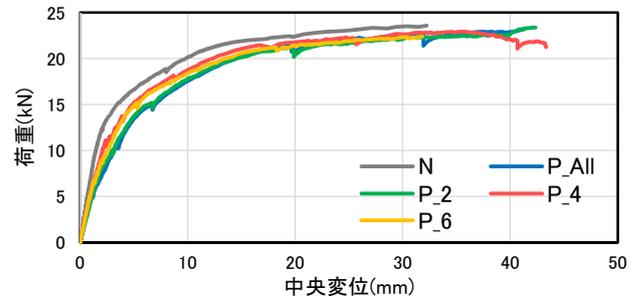


図-4 荷重-中央変位関係(シリーズ3)

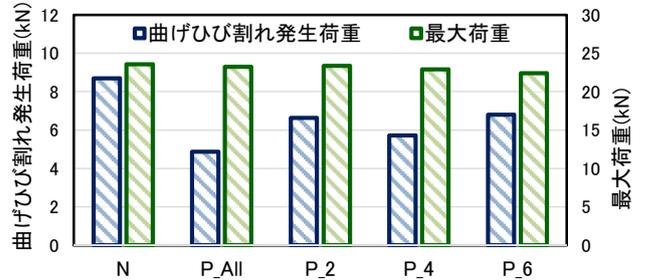


図-5 曲げひび割れ発生荷重・最大荷重(シリーズ3)

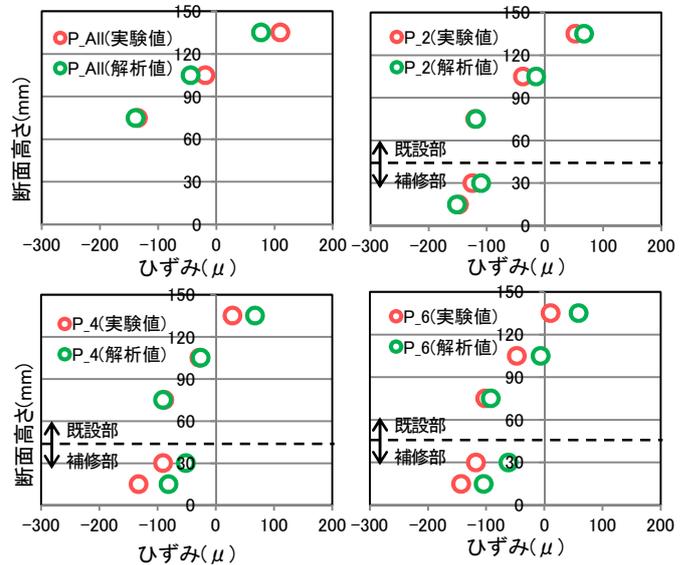


図-6 ひずみ増分分布の解析値(シリーズ3)

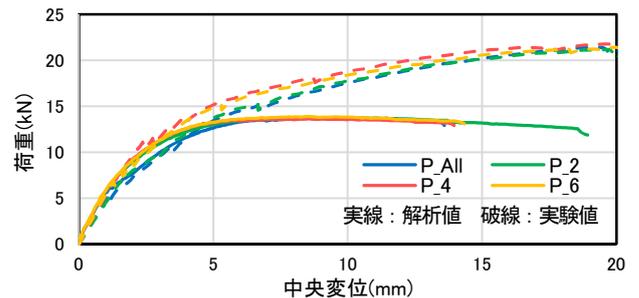


図-7 荷重-中央変位関係の解析値(シリーズ3)

## 6 まとめ

本研究では，段階的な断面修復がPC部材の構造性能および，残存プレストレス力に与える影響について検討した。その結果，断面修復により，補修直後の構造性能の低下ならびに，断面はつりに伴うプレストレス力の再分配挙動を実験的に明らかにした。また，有限要素法による再現解析実施した結果，再分配挙動および，断面修復に伴う部材剛性の低下，部材剛性に及ぼす分割数の影響は，有限要素法により比較的精度良く推定できることが示された。