

# 繰返し荷重を受ける PRC はりにおける曲げひび割れの進展挙動に関する実験的研究

市民工学専攻：中野 政弘

指導教員：三木 朋広

## 1. 研究の背景と目的

PRC 構造とは、導入するプレストレス力の大きさや鉄筋の量を調節することで、ひび割れ発生を許容しながら、生じるひび割れの幅を制御することを目指す構造形式である。プレストレス力の導入された構造物の疲労破壊に対する安全性の照査は、コンクリート標準示方書<sup>1)</sup>において評価法が明示されているが、現行の道路橋示方書では規定されておらず、特に発生したひび割れ幅の長期変動については、明確となっていないことが多い。この理由として、ひび割れの長期変動に影響する要因が複数あることが考えられる。そこで本研究では、PRC 構造物のひび割れ進展に影響をおよぼしうるものをパラメータとし、繰返し載荷時の曲げひび割れ進展挙動の評価を行うことを目的とする。具体的には、繰返し荷重を受けるコンクリートはりに発生

する曲げひび割れに関して、特に知見の少ないプレストレスを導入した部材を対象とし、繰返し載荷実験を実施し、それぞれのパラメータが曲げひび割れ幅の進展にどう影響を与えるかを検討する。さらに、画像解析を行い PRC はりの繰返し載荷状況下におけるひび割れ進展の際の挙動に関して考察する。

## 2. 実験概要

本研究では、PRC はりや RC はりに関して、大型試験体を3体ならびに、小型試験体を10体作製し、それらを対象として載荷試験を実施した。試験体概要を図-1に、試験体パラメータを表-1にそれぞれ示す。ここで、大型試験体に6mm×4mmの切り欠きを入れ、小型試験体には3mm×3mmの切り欠きを設けている。さらに曲げひび割れ幅 $w$ の計算式は、以下のように示される。

$$w = 1.1 \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times l \times \left( \frac{\sigma_s}{E_s} - 0.2 \times \frac{f_t}{P_e E_s} + \epsilon_{csd} \right) \quad (1)$$

ただし、 $w$ ：鉄筋位置での最大曲げひび割れ幅、 $k_1$ ：鋼材表面の形状係数(=1)、 $k_2$ ：圧縮強度係数(=0.992)、 $k_3$ ：引張鋼材の段数に関する係数(=1)、 $l$ ：ひび割れ間隔、 $\sigma_s$ ：引張鉄筋応力 (N/mm<sup>2</sup>)、 $E_s$ ：引張鉄筋の弾性係数 (N/mm<sup>2</sup>)、 $f_t$ ：コンクリート引張強度 (N/mm<sup>2</sup>)、 $P_e$ ：鉄筋とコンクリートの有効断面積の比、 $\epsilon_{csd}$ ：コンクリート収縮ひずみ (150 $\mu$ ) とする。大型試験体では油圧式 2000kN 万能試験機で2点集中載荷を行い、小型試験体では精密万能試験機で3点曲げ試験を行った。計測項目は、荷重、鉛直変位、ひずみ (鉄筋、コンクリート、PC 鋼棒)、はり中央曲げひび割れ幅、画像解析用デジタル画像とした。試験後、画像相関法によりひずみ分布の測定を行った。

## 3. 実験結果と考察

### 3.1 実験結果の概要

図-2 に荷重一はり中央曲げひび割れ幅関係を示す。大型試験体では、目視によりひび割れの発生を確認後、最小荷重時に $\pi$ ゲージを設置した。表-2 に小型試験体の曲げひび割れ幅増加量を示す。図-2 より、プレストレス力の小さな試験体は曲げひび割れが完全に閉じずに生じる残留ひび割れ幅が大きいことがわかる。この

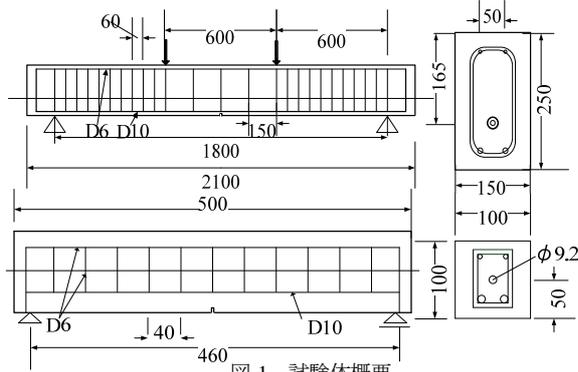


図-1 試験体概要  
表-1 試験体パラメータ

	試験体寸法 (mm)	荷重 (kN)	プレストレス (N/mm <sup>2</sup> )	曲げひび割れ幅 (mm)
PRC-1-L	Large (150×250×2100)	23	0.5	0.15
PRC-2-L		30	1.5	0.14
PRC-3-L		30	0.5	0.24
PRC-1-S	Small (100×100×500)	8	0.5	0.14
PRC-2-S		12.4	1.5	0.14
PRC-3-S		15.4	2.5	0.14
PRC-4-S		20	0.5	0.16
PRC-5-S		30	1.5	0.22
PRC-6-S		33	2.5	0.22
PRC-7-S		30	0.5	0.25
RC-1-S		9.2	—	0.14
RC-2-S		18	—	0.16
RC-3-S		28	—	0.26

キーワード：プレストレス、曲げひび割れ、繰返し載荷、画像相関法

残留ひびわれ幅は、荷重によりひび割れが開き、除荷の際にプレストレス力によりひび割れが閉じるという過程の中で、骨材同士でずれが生じ、かみ合わなくなり生じていると考える。

残留ひび割れ幅の増加量に着目すると初回載荷時に生じる曲げひび割れ幅が小さい試験体（PRC-1-L，PRC-2-L）のほうが、大きい試験体（PRC-3-L）に比べ残留ひび割れ幅の増加量が大きくなっている。これは表-2より小型試験体に関しても同じことが確認できる。これらより、試験体寸法によらず、初回載荷時における曲げひび割れ幅が小さいと、増加量は大きくなることを確認できた。さらに初回載荷時に生じる曲げひび割れ幅が約0.32mmである4体（PRC-4-S～6-S，RC-2-S）に着目するとプレストレス力の小さい試験体ほど、増加量は大きくなっていることがわかる。

### 3.2 画像解析結果の概要

図-3に PRC-1-S および RC-1-S の最大主ひずみ分布を示す。ここでは、初回最小荷重時の状態を基準とし、繰返し載荷回数ごとの最小荷重時を比較対象としている。同様に最大荷重時についても実施している。図-3

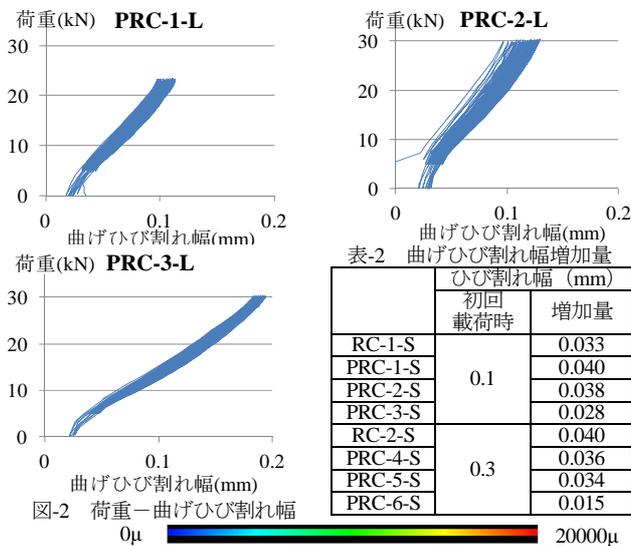
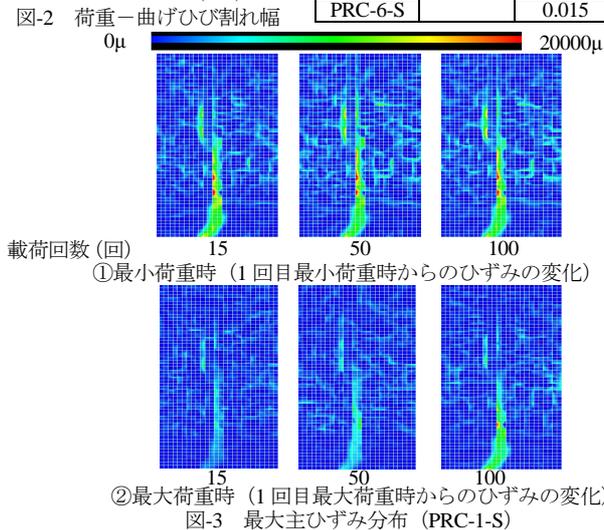


表-2 曲げひび割れ幅増加量

	ひび割れ幅 (mm)	
	初回載荷時	増加量
RC-1-S	0.1	0.033
PRC-1-S		0.040
PRC-2-S		0.038
PRC-3-S		0.028
RC-2-S	0.3	0.040
PRC-4-S		0.036
PRC-5-S		0.034
PRC-6-S		0.015



より、ひび割れ幅が残留することにより、引張ひずみが増加していることがわかる。この時ひび割れ高さはほとんど増加していない。つまり繰返し載荷回数の増加に伴い、ひびわれ高さの増加は少なく、ひび割れ幅が増加していることがわかる。その要因の一つとして、鉄筋とコンクリート間における付着が低下したものと推察する。さらに、PRC-1-S と RC-1-S は初回載荷時における曲げひび割れ幅は0.1mm程度であるが、ひずみの大きさはいずれの載荷回数においても、PRC-1-Sのほうが大きくなっていることがわかる。以上より、プレストレス力の導入された試験体のほうが最小荷重時、最大荷重時ともに曲げひび割れ周辺のひずみが大きくなることを確認した。

### 4. まとめ

本研究では、繰返し載荷を受けるコンクリートはりを対象に載荷試験を実施した。結果より、曲げひび割れ幅やプレストレス力の有無や大きさ、試験体寸法が曲げひび割れの進展挙動に与える影響を明らかにした。具体的には、初回載荷時に発生する曲げひび割れ幅が小さいと、増加量が大きくなることを確認した。また、曲げひび割れ幅が等しいという条件のもとでは、プレストレス力が小さいと、増加量が大きくなることを確認した。さらに、画像解析より、繰返し荷重を受ける試験体の曲げひび割れ周辺における引張ひずみ挙動を明らかにした。つまり、繰返し荷重を受けることで曲げひび割れ高さはほとんど変わらないのに対し、ひび割れ幅は増加していくことを確認した。また、PRC試験体はRC試験体よりも残留ひずみが大きく、顕著な増加を示すことを確認した。

### 参考文献

- 1) 土木学会，2007年コンクリート標準示方書設計編，2007.12

