

論 文

[2054] せん断スパン内に鉛直打継目を有する RC はりのせん断性状

森脇 貴志^{*1}・辻 幸和^{*2}・木暮 健^{*3}・松下 朗^{*4}

1. はじめに

新旧コンクリートの施工に際しては、セメントペースト、モルタルあるいは湿润面用エポキシ樹脂を旧コンクリートに塗布して、直ちに新コンクリートを打ち込むのが一般的である。一方、最近では、打継ぎ材を塗布した後、新コンクリートを打ち込むまでの時間（以下、オープンタイムと称する）を14日と充分長くとっても新旧コンクリートの一体化が確保できることから、新しい打継ぎ材としてポリマーセメントモルタルの使用が普及しつつある。これまでに、打継ぎ材にポリマーセメントモルタルを用いた鉛直打継目を有する鉄筋コンクリートはり（以下、RCはりと称する）の曲げ性状については報告されている[1]～[3]。しかしながら、鉛直打継目を有するRCはりのせん断性状についてはほとんど検討されていない。

本研究では、ポリマーセメントモルタルを用いて新旧コンクリートをせん断スパン内に打ち継いだ鉛直打継目を有するRCはりのせん断性状について実験的に検討する。

2. 実験概要

表-1 コンクリートの配合

2. 1 使用材料
コンクリートは、普通ポルトランドセメン

| 粗骨材の最大寸法 (mm) | スラグ (cm) | 空気量 (%) | 水セメント比 (%) | 細骨材率 (%) | 単位量(Kg/m ³) | | | |
|------------------|-------------|------------|---------------|-------------|-------------------------|-------|------|------|
| | | | | | 水W | セメントC | 細骨材S | 粗骨材G |
| 20 | 8 | 4.0 | 45 | 42.3 | 163 | 362 | 733 | 1075 |

ト、渡良瀬川産の川砂利および川砂を用いた表-1に示す配合のものとした。

打継ぎ材としては、エチレン酢酸ビニル混入セメントモルタルを用いた。

その配合および物性を表-2に示す。また、普通セメントペーストは、水セメント比を30%としたものを用いた。

主鉄筋には、D16(SD345)を使用した。その機械的性質は、降伏点強度が38.3kgf/mm²、引張強度が56.9kgf/mm²、伸びが25%であった。

2. 2 供試体の作製

供試体の形状寸法は、図-1に示すように、幅15cm×高さ20cm×長さ120cmとし、RCはりの中央より10cm支点側に離れた位置（以下、載荷点位置と称する）、せん断スパン中央位置、および支点側よりせん断スパン長の1/4の中央側に離れた位置（以下、支点側1/4と称する）にそれぞれ鉛直打継目を有するものとした。また、有効高さを17cmとし、引張鉄筋(D16)を2本使用した。

旧コンクリートを各位置に鉛直打継目がくるように打ち込み、28日間湿布養生した。次に、打継ぎ面のレイターンをワイヤーブラシを用いて除去した後、普通セメントペーストおよびポリマ

表-2 ポリマーセメントモルタルの配合および物性

| 粉体:混和液:水 (質量比) | フロ-値 (mm) | 圧縮強度 (kgf/cm ²) | ヤング係数 (×10 ⁵ kgf/cm ²) |
|-------------------|--------------|--------------------------------|--|
| 100:10:12.5 | 171 | 399 | 1.86 |

*1 群馬大学大学院 工学研究科生産システム工学専攻、工修（正会員）

*2 群馬大学教授 工学部建設工学科、工博（正会員）

*3 鹿島建設㈱ 建設総事業本部 土木設計本部、工修（正会員）

*4 ㈱ピー・エス

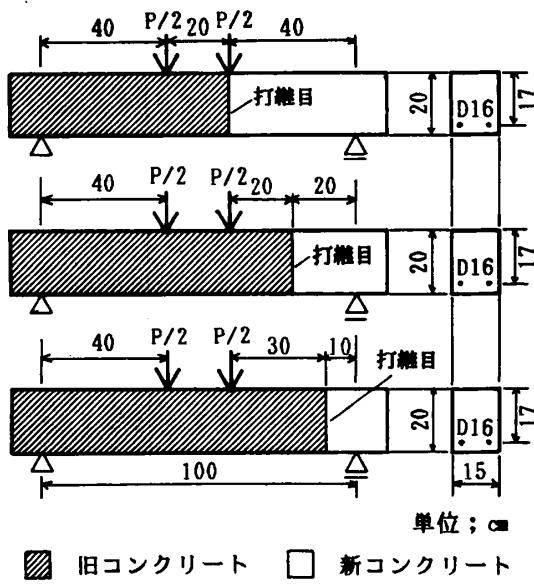


図-1 各位置に鉛直打継目を有するRCはりの形状寸法

表-3 各打継目位置の打継目処理方法と供試体数

| 打継目位置 | 打継ぎ材の種類 | 塗布厚さ(mm) | オーブンタイム(日) | 供試体数(体) |
|------------|--------------|----------|------------|---------|
| 載荷点 | 無処理 | — | — | 1 |
| | 普通セメントペースト | 5 | 0 | 1 |
| | ポリマーセメントモルタル | 2 | 1 4 | 1 |
| せん断スパン中央 | 無処理 | — | — | 1 |
| | 普通セメントペースト | 2 | 0 | 1 |
| | ポリマーセメントモルタル | 2 | 1 4 | 1 |
| 支点側 1/4 | 無処理 | — | — | 1 |
| | 普通セメントペースト | 5 | 0 | 1 |
| | ポリマーセメントモルタル | 2 | 1 4 | 1 |
| 打継目なし | — | — | — | 3 |

一セメントモルタルを塗布した。打継ぎ材の塗布厚さおよびオープンタイムは、表-3に示すとおりである。また、打継目を有しないRCはりおよび打継ぎ材を塗布しない（無処理）で各位置で新コンクリートを打ち継いだRCはりも含め、供試体総数は14体とした。新コンクリート打込み後、28日間湿布養生した。

2.3 載荷方法

載荷方法は、支点長が100cmの2点集中載荷とした。載荷の際にRCはり中央部および各打継目を介して引張縁にそれぞれ長さ60mmのワイヤストレインゲージを貼付し、引張縁のひずみが急激に変化したときの曲げモーメントを曲げひびわれ発生モーメントとした。せん断スパン中央位置に打継目を有するRCはりについては、打継目を介して圧縮縁にも60mmのワイヤストレインゲージを貼付して圧縮縁のひずみを測定した。

引張鉄筋中央部および各打継目位置にもあらかじめ長さ6mmのワイヤストレインゲージを貼付しておき、引張鉄筋のひずみを測定した。また、支点およびRCはり中央部にダイヤルゲージを配置し、RCはり中央における相対たわみも測定した。なお、斜めひびわれの発生は目視により判断し、そのときのせん断応力度を斜めひびわれ発生時のせん断応力度とした。

3. 曲げひびわれ発生モーメント

図-2には、載荷点位置に鉛直打継目を有するRCはりの曲げひびわれ発生モーメントを示す。打継目の処理方法にかかわらず、載荷点位置に鉛直打継目を有するRCはりでは、打継目を有しないRCはりに比べ小さい曲げモーメントが作用した段階で、打継目において曲げひびわれが発生した。これは、打継目

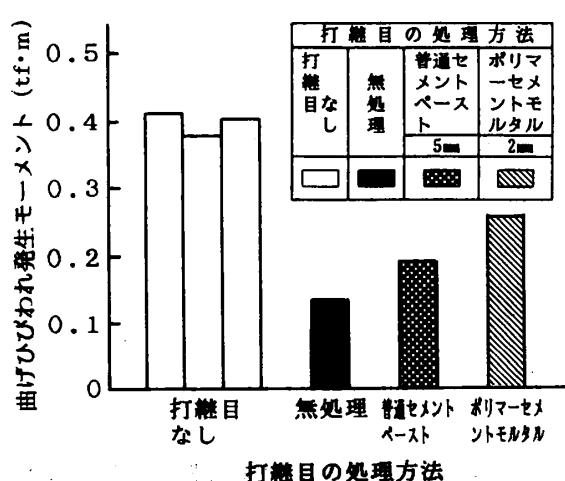


図-2 載荷点位置に打継目を有するRCはりの曲げひびわれ発生モーメント

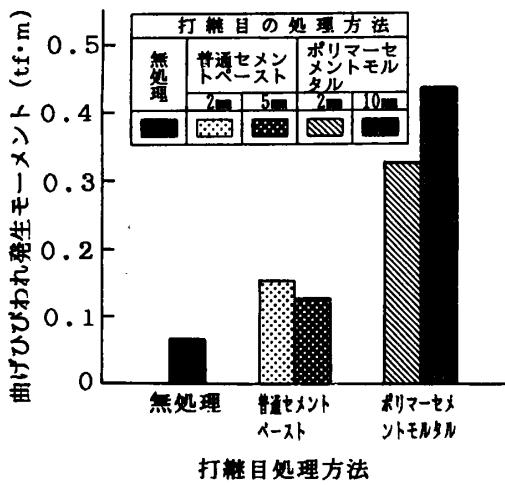


図-3 せん断スパン中央位置に打継目を有するRCはりの打継目における曲げひびわれ発生モーメント

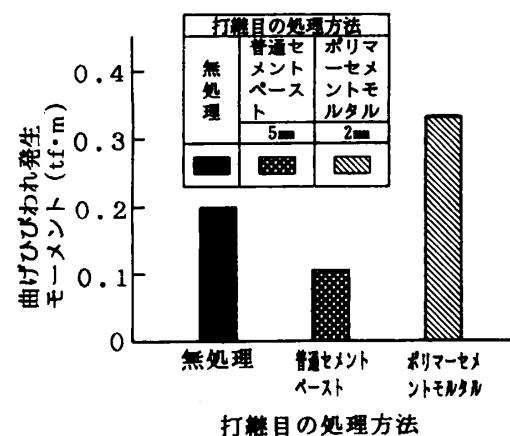


図-4 支点側1/4位置に打継目を有するRCはりの打継目における曲げひびわれ発生モーメント

が構造上の弱点となっているためである。打継目における曲げひびわれ発生モーメントは、無処理のものが一番小さく、ついで普通セメントペースト、ポリマーセメントモルタルの順に大きな値を与えていている。これは、打継目の処理方法が無処理および普通セメントペーストを塗布した場合と比較し、ポリマーセメントモルタルを塗布した場合、その打継目の強度が大きくなっているためと考えられる。

図-3には、せん断スパン中央位置に鉛直打継目を有するRCはりの打継目における曲げひびわれ発生モーメントを示す。普通セメントペーストを用いて打ち継いだRCはりの打継目に曲げひびわれが発生したときの打継目に作用する曲げモーメントが0.15tf·m程度であるのに対し、ポリマーセメントモルタルを用いて打ち継いだRCはりのそれは2倍以上の値を与えた。無処理の場合には、かなり小さい曲げモーメントが作用した時点で打継目に曲げひびわれが発生した。

また、普通セメントペーストを用いた場合、打継目の曲げひびわれ発生モーメントに及ぼす塗布厚さの影響はほとんど認められないのに対し、ポリマーセメントモルタルでは塗布厚さが2mmの場合に比べ、塗布厚さが10mmの場合の打継目における曲げひびわれ発生モーメントは、30%程度大きな値を与えていている。なお、ポリマーセメントモルタルを用いて打ち継いだRCはり以外は、いずれのRCはりにおいても等曲げモーメント区間における曲げひびわれ発生荷重よりも低い荷重レベルで打継目に曲げひびわれが発生した。

支点側1/4の位置に鉛直打継目を有するRCはりの打継目における曲げひびわれ発生モーメントを、図-4に示す。この場合も、無処理および普通セメントペーストを用いた場合より、ポリマーセメントモルタルを用いて打ち継いだRCはりの打継目の曲げひびわれ発生モーメントは、かなり大きな値となっている。なお、いずれの打継目処理方法においても、打継目に曲げひびわれが発生する前に等曲げモーメント区間に曲げひびわれが発生した。他の打継目位置の場合と異なり支点側1/4では、無処理に比べ普通セメントペーストの方が、小さい曲げモーメントで打継目に曲げひびわれが発生した。この理由については明らかではない。

4. 斜めひびわれ発生時のせん断応力度

図-5には、せん断スパン内に打継目を有するRCはりの斜めひびわれ発生時のせん断応力度

を示す。2, 3 の例外を除き、打継目の位置にかかわらず、鉛直打継目を有する RC はりの斜めひびわれ発生時のせん断応力度に及ぼす打継目処理方法の差異の影響は顕著ではない。これは、一般に斜めひびわれの発生が打継目の有無に関係なく、コンクリートの強度によって支配されるためと考えられる。打継目の処理方法を無処理とし、せん断スパン中央で打ち継いだ RC はりでは、他の打継目を有する RC はりに比べ若干小さい値となった。これは、斜めひびわれがちょうど打継目付近に発生したことと、無処理の場合に比較的打継目の強度が小さかったためである。

5. 引張鉄筋のひずみ

等曲げモーメント区間に $1 \text{tf} \cdot \text{m}$ の曲げモーメントが作用したときの各打継目位置における引張鉄筋のひずみを、図-6 に示す。載荷点位置に打継目を有する RC はりの引張鉄筋のひずみ量は、無処理の場合を除き、いずれの処理方法においても、打継目を有しない RC はりのそれとほぼ等しい値を示している。また、無処理の場合では、他の打継目を有する RC はりよりも大きな値となった。これは、無処理の打継目における曲げひびわれ発生モーメントが他の処理方法による RC はりよりも小さく、また、せん断力により打継目においてそれが生じたためと推察される。打継目位置がせん断スパン中央および支点側 $1/4$ の場合、ポリマーセメントモルタルを用いて打ち継いだ RC はりの引張鉄筋のひずみ量は、打継目を有しない RC はりと等しいか若干小さい値となっている。これに対して他の方法による打継目を有する RC はりのそれは、若干大きな値となった。

6. RC はりのたわみ

図-7 には、等曲げモーメント区間に $1 \text{tf} \cdot \text{m}$ の曲げモーメントが作用したときの各位置に鉛直打継目を有する RC はり中央の相対たわみを示す。打継目を無処理とし、せん断スパン中央位置に鉛直打継目を有する RC はりを除き、いずれの打継目を有する RC はりにおいても、そのたわみ量は打継目を有しない RC はりとほぼ等しい値となっている。打継目を無処理とし、せん断ス

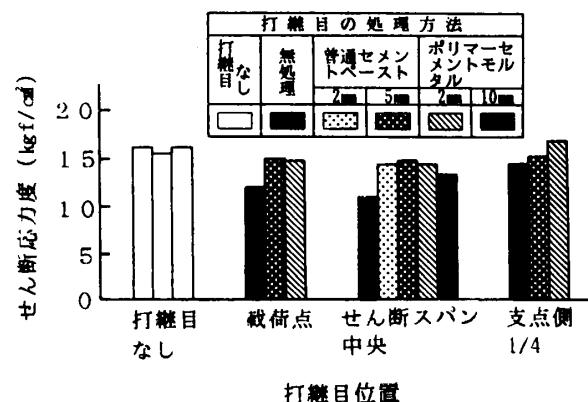


図-5 斜めひびわれ発生時のせん断応力度

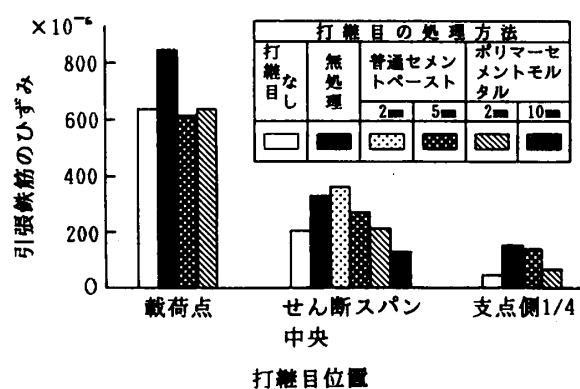


図-6 等曲げモーメント区間に $1 \text{tf} \cdot \text{m}$ の曲げモーメントが作用した時の各打継目位置における引張鉄筋のひずみ

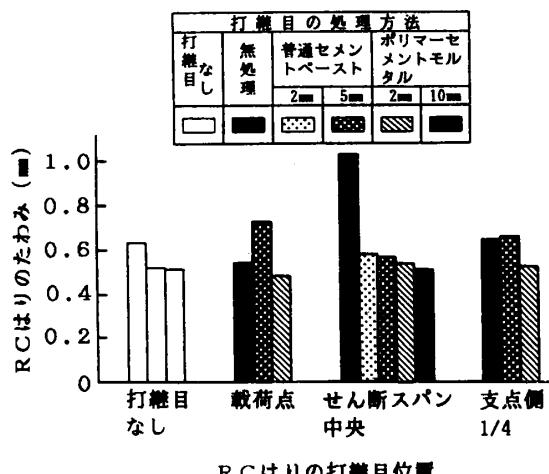


図-7 等曲げモーメント区間に $1 \text{tf} \cdot \text{m}$ の曲げモーメントが作用した時の各 RC はりの中央のたわみ

パン中央位置で打ち継いだRCはりのたわみ量は、他の鉛直打継目を有するRCはりよりも若干大きくなつた。これは、比較的低い荷重レベルで打継目に曲げひびわれが生じ、打継目においてそれが生じたためと推測される。

7. せん断耐力および破壊形式

表-4 せん断耐力および破壊形式

| 打継目位置 | 打継ぎ材の種類 | 塗布厚さ(mm) | 圧縮強度(kgf/cm²) | | せん断耐力(tf) | | 破壊形式 |
|----------|--------------|----------|---------------|-----|-----------|------|--------|
| | | | 旧コン | 新コン | 計算値 | 実測値 | |
| 載荷点 | 無処理 | — | 418 | 437 | 13.3 | 8.5 | せん断圧縮 |
| | 普通セメントペースト | 5 | 417 | 485 | 13.3 | 11.5 | |
| | ポリマーセメントモルタル | 2 | 393 | 453 | 12.8 | 12.8 | |
| せん断スパン中央 | 無処理 | — | 418 | 437 | 13.3 | 5.6 | せん断圧縮* |
| | 普通セメントペースト | 2 | 417 | 485 | 13.3 | 7.6 | |
| | ポリマーセメントモルタル | 5 | 393 | 453 | 12.8 | 9.2 | |
| 支点側1/4 | 無処理 | — | 418 | 437 | 13.3 | 7.3 | せん断圧縮* |
| | 普通セメントペースト | 5 | 417 | 485 | 13.3 | 12.8 | |
| | ポリマーセメントモルタル | 2 | 393 | 453 | 12.8 | 12.7 | |
| 打継目なし | 無処理 | — | 418 | — | 13.3 | 10.4 | せん断圧縮 |
| | 普通セメントペースト | — | — | 437 | 13.7 | 9.6 | |
| | ポリマーセメントモルタル | — | — | 485 | 14.7 | 13.3 | |

注) *印の供試体ではコンクリートが圧壊しているものの、図-11に示すように打継目に沿ってひびわれが伸展した。

表-4 には各RC

はりのせん断耐力および破壊形式を、図-8には各RCはりのせん断耐力の実測値と計算値によるせん断耐力との比を示す。

計算値は、次式[4]により求めた。なお、コンクリートの圧縮強度は新あるいは旧のコンクリートの小さい方を採用した。

$$V_{cd} = \frac{0.53(f'_c)^{2/3} \{1 + (100p_w)^{1/2}\} (1+3.33r/d)b_w \cdot d}{\{1+(a/d)^2\}}$$

f'_c ; 圧縮強度(kgf/cm²) r ; 載荷板幅(cm)

a ; せん断スパン(cm) b_w ; ウェブ幅(cm)

d ; 有効高さ(cm) p_w ; $A_s/(b_w \cdot d)$

A_s ; 引張鉄筋の断面積(cm²)

打継目処理方法を無処理とした載荷点位置に鉛直打継目を有するRCはりのせん断耐力比は、他の処理方法に比較して若干小さな値となっている。これは、斜めひびわれ発生時のせん断応力度が他のRCはりに比較して小さかったためと考えられる。しかしながら、これらの破壊形式は、コンクリートの圧壊によるせん断圧縮破壊であった。また、支点側1/4の位置に打継目を有するRCはりの場合も、打継目処理方法の差異によってそのせん断耐力比には多少のばらつきがあるものの、すべてせん断圧縮破壊であった。

打継目処理方法を無処理、普通セメントペーストを2mmおよびポリマーセメントモルタルを2mmとしたせん断スパン中央位置に鉛直打継目を有するRCはりでは、比較的小さいせん断力で破壊した。図-9には、打継目処理を無処理としたRCはりの破壊時のひびわれ状況を示す。せん

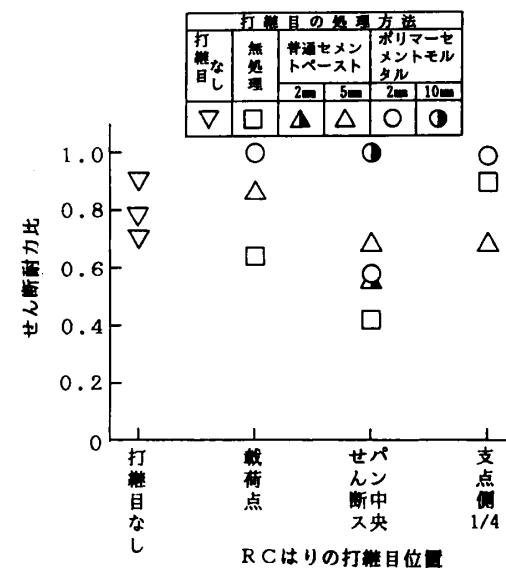


図-8 鉛直打継目を有するRCはりのせん断耐力比

断スパン中央位置で打ち継いだRCはりでは、斜めひびわれ発生後打継目に沿ってひびわれが伸展しており、打継目にずれが生じ、せん断耐力が低下したものと考えられる。普通セメントペーストを2mmおよびポリマーセメントモルタルを2mm塗布した場合についても同様である。なお、これらの破壊形式は、コンクリートの圧壊が認められたことからせん断圧縮破壊とした。また、普通セメントペーストを5mmおよびポリマーセメントモルタルを10mmとしたRCはりでは、塗布厚さが2mmに比べ、大きなせん断耐力を示した。

8.まとめ

ポリマーセメントモルタルを用いて新旧コンクリートをせん断スパン内に打ち継いだ、鉛直打継目を有するRCはりのせん断性状を主体に実験的に検討した結果、以下の結論を得た。

(1) 打継目位置にかかわらず、打継ぎ材として普通セメントペーストを用いる場合に比べて、ポリマーセメントモルタルを用いることにより、鉛直打継目を有するRCはりの曲げひびわれ性状を向上させることができる。

(2) 打継目位置にかかわらず、ポリマーセメントモルタルを用い、オープンタイムを14日と充分長くとって打ち継いでも、鉛直打継目は、RCはりの斜めひびわれ発生時のせん断応力度にはほとんど影響を及ぼさない。

(3) 打継目位置にかかわらず、ポリマーセメントモルタルを用いて打ち継いだ鉛直打継目を有するRCはりの打継目における引張鉄筋のひずみは、打継目を有しないRCはりと等しいか若干小さい値となった。

(4) 打継目の処理を無処理とし、せん断スパン中央で打ち継いだ場合を除き、RCはりのたわみ量に及ぼす打継目位置および打継目処理方法の影響はほとんど認められない。

(5) 載荷点および支点側1/4の位置に鉛直打継目を有するRCはりの場合は、せん断耐力に及ぼす打継目処理方法の差異の影響は顕著ではない。しかしながら、せん断スパン中央位置に鉛直打継目を有するRCはりでは、打継目に沿ってひびわれが伸展し、比較的小さいせん断耐力で破壊したRCはりがあった。その場合でも、ポリマーセメントモルタルの塗布厚さを厚くすると、RCはりのせん断耐力が向上し、打継目を有しないRCはりに近づいた。

参考文献

- 1) 田中浩一・辻幸和・森脇貴志：鉛直打継目を有するRCはりの曲げ性状、土木学会第44回年次講演会講演概要集、No.5、pp510～511、1989.10
- 2) 辻幸和・田中浩一・古沢政夫・森脇貴志：鉛直・水平打継目をもつRCはりの力学的性状、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.12、pp.209～214、1990.6
- 3) 辻幸和・森脇貴志・木暮健・チュウソウ：打継ぎ用材料の塗布厚さが異なる鉛直・水平打継目をもつRCはりの力学的性状、コンクリート工学年次論文報告集、Vol.14、pp.179～184、1992.6
- 4) 岡村 甫：コンクリート構造の限界状態設計法、共立出版、p.84、1986

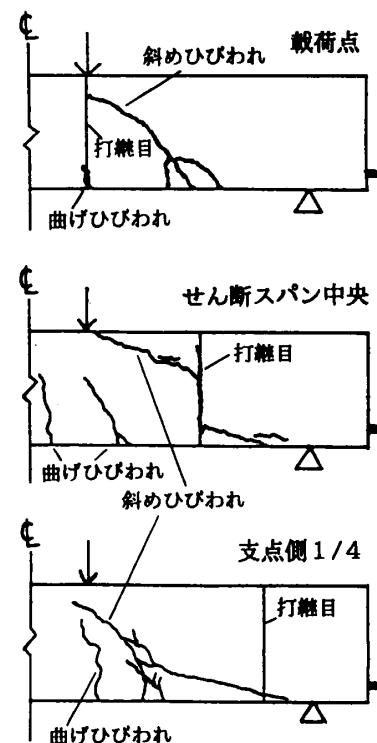


図-9 打継目を無処理としたRCはりの破壊時のひびわれ状況