

論文

[2166] 曲げを受ける高強度-普通強度コンクリート打ち継ぎ部の挙動

正会員○熊谷 仁志 (清水建設技術研究所)  
 正会員 坂口 昇 ( 同 )  
 山野辺宏治 ( 同 )  
 正会員 香田 伸次 ( 同 )

1. まえがき

近年、高強度コンクリートの建築構造物への適用を目的とした研究開発が進められ、設計基準強度が600kgf/cm<sup>2</sup>のコンクリートを建築物の柱・梁・床・壁等に適用した例も報告されている。高層建築物等では部材に作用する応力度の大きさに応じてコンクリート強度を変化させることがあるが、高強度コンクリートを使用した場合には、これまでよりも強度差の大きいコンクリート打ち継ぎ部を生じる可能性がある。このような打ち継ぎ部を有する部材が曲げを受ける場合、高強度コンクリートと普通強度コンクリートとでは応力度と歪の関係が異なるため、一般に行なわれている平面保持を仮定した曲げ解析では高強度コンクリート部分と普通強度コンクリート部分の曲げモーメント-曲率関係、中立軸位置等が異なることになる。本実験研究はこのような曲げを受ける高強度-普通強度コンクリート打ち継ぎ部の挙動について検討するものである。

2. 実験方法

梁の2点集中荷重曲げ試験(単調荷重)を行った。試験体は普通強度コンクリート一体打ち(No.1)、高強度コンクリート一体打ち(No.2)、等曲げ区間に打ち継ぎ部を設けたもの(No.3)の3体であり、その形状および配筋を図-1に示す。コンクリートは梁上端側から打ち込み、試験体No.3では半分に普通強度コンクリートを打ち込み、粗骨材が現れる程度に目荒しをした後、7日後に残り半分に高強度コンクリートを打ち込んだ。強度差の影響が顕著となるように普通強度コンクリートの設計基準強度を210kgf/cm<sup>2</sup>、

表-1 コンクリートの調合

F <sub>c</sub>	W/C*	W	C	Si**	S	G
kgf/cm <sup>2</sup>	%	kg/m <sup>3</sup>				
210	61.5	165	269	—	910	972
720	28.0	165	530	59	622	958

\* F<sub>c</sub>720ではW/(C+Si)を表す

\*\* シリカフェーム使用(結合材の10%)

表-2 コンクリートの力学的性質

F <sub>c</sub>	Age	σ <sub>B</sub>	E	ε <sub>u</sub>	ν
210	28days	283	2.38	2.09	0.156
720	35days	800	3.99	2.37	0.202

\* テストピース10φ×20(現場封かん養生)

σ<sub>B</sub> 圧縮強度 kgf/cm<sup>2</sup>

E 1/3割線によるヤング率 ×10<sup>5</sup> kgf/cm<sup>2</sup>

ε<sub>u</sub> 圧縮強度時の圧縮ひずみ ×10<sup>-3</sup>

ν ポアソン比

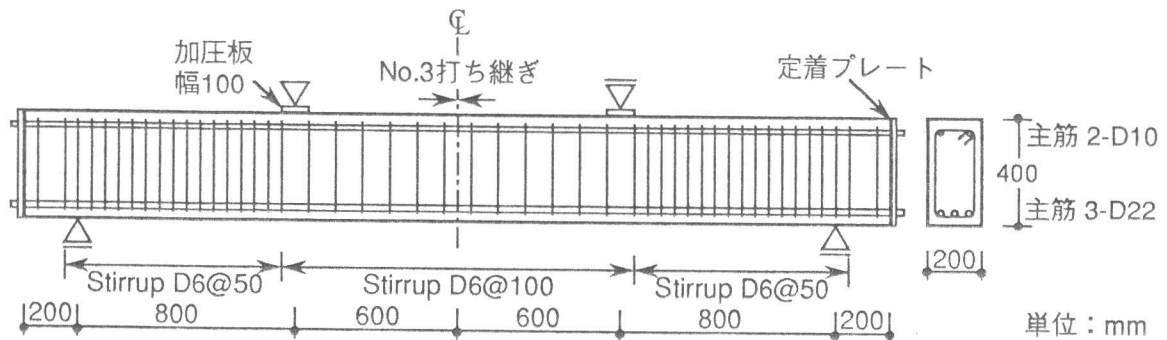


図-1 試験体の形状・配筋

高強度コンクリートの設計基準強度を720kgf/cm<sup>2</sup>に設定した。コンクリートの調合を表-1に、コンクリートの力学的性質を表-2に示す。引張主筋は3-D22（降伏強度4090kgf/cm<sup>2</sup>）、圧縮主筋は2-D10（降伏強度3710kgf/cm<sup>2</sup>）で全試験体共通である。引張鉄筋比は1.66%で試験体No.1では釣合鉄筋比以上、試験体No.2では釣合鉄筋比以下となるように設定した。

### 3. 実験結果概要

表-3に実験結果一覧を、写真-1に最終破壊状況を示す。試験体No.1は引張主筋が降伏ひずみにほぼ達した時にコンクリートの圧潰によって破壊に至った。試験体No.2は引張主筋が降伏した後、中央のたわみにして40mmまで変形しコンクリートの圧潰によって破壊に至った。打ち継ぎを有する試験体No.3は試験体No.1とほぼ同じ荷重（たわみ）において、普通強度コンクリート部分が圧潰し破壊に至った。いずれの試験体も加力点のから0.5D~1.0D中央に入った等曲げ区間の曲げ圧縮部で圧潰が発生し、材軸方向の割裂ひびわれを生じた。曲げひびわれ発生時の縁応力度は試験体No.1で44kgf/cm<sup>2</sup>、No.2で52kgf/cm<sup>2</sup>、No.3で40kgf/cm<sup>2</sup>であり、コンクリート強度の影響および打ち継ぎによる影響は顕著ではなかった。等曲げ区間内の曲げひびわれの間隔はおよそ10cmで試験体による差異は見られなかった。試験体No.3の打ち継ぎ部には初期に曲げひびわれが発生したが、このひびわれは破壊に至るまでほとんど進展しなかった。

図-2に荷重と中央のたわみの関係（左図は曲げひびわれが発生する以前の弾性範囲、右図は破壊に至るまで）を示す。左図には線材理論によって計算した荷重-たわみ関係の弾性剛性も併せて示すが、高強度コンクリート、普通強度コンクリートいずれの実験結果も、弾性範囲では計算値に近い値を示している。弾性範囲においても、破壊時においても、試験体No.1と試験体No.3の荷重とたわみの関係は酷似している。本実験のように単純曲げを受ける場合には、打ち継ぎを有する部材の曲げ圧縮耐力および変形には普通強度コンクリート部分の性状が卓越して現われると考えられる。

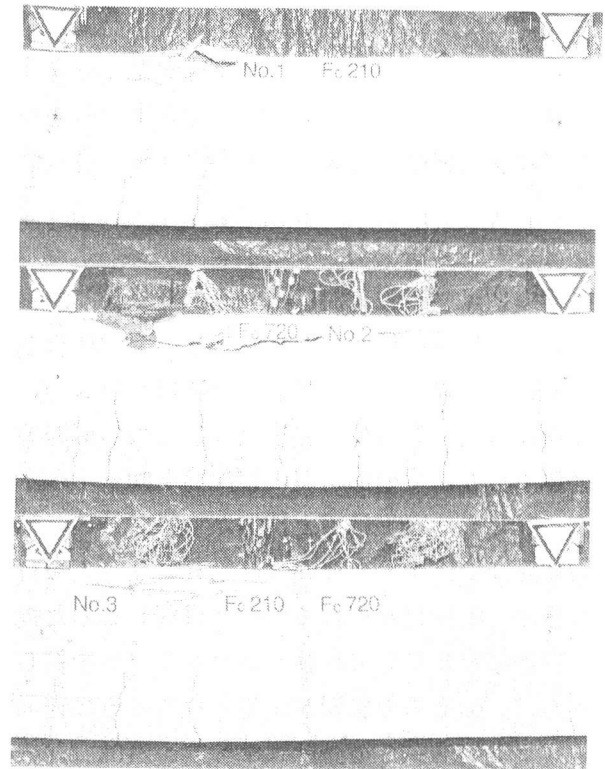


写真-1 最終破壊状況（等曲げ区間）

表-3 実験結果一覧

試験体	曲げひびわれ		初期剛性	引張鉄筋降伏		コンクリート圧潰		最大耐力	
	荷重 tf	たわみ mm		荷重 tf	たわみ mm	荷重 tf	たわみ mm	荷重 tf	たわみ mm
No.1	5.9	0.93	7.32	—	—	32.6	9.73	32.6	9.73
No.2	6.9	0.88	10.32	34.1	8.44	33.3	40.36	35.2	35.14
No.3	5.3	0.80	7.54	—	—	31.6	9.89	32.2	11.93

\* 曲げひびわれ発生、コンクリート圧潰は目視で確認されたもの

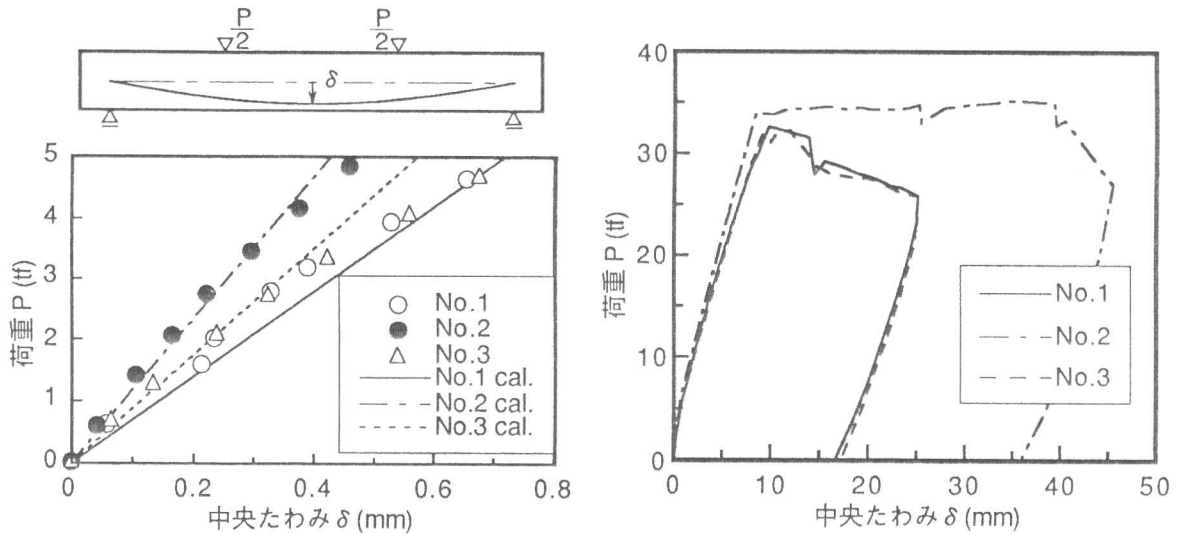


図-2 荷重-たわみ関係

#### 4. 打ち継ぎ部の検討

図-3は試験体中央から左右それぞれ10cm離れた位置のコンクリート表面において測定された断面のひずみ分布である。ひずみはワイヤストレインゲージ(検長60mm)によって、5cm間隔で測定した。断面の平面保持を仮定し、コンクリートの応力度-ひずみ関係を弾性として計算したひずみ分布、 $e$ 関数(文献1)として計算したひずみ分布も併せて示す。上段は曲げひびわれが

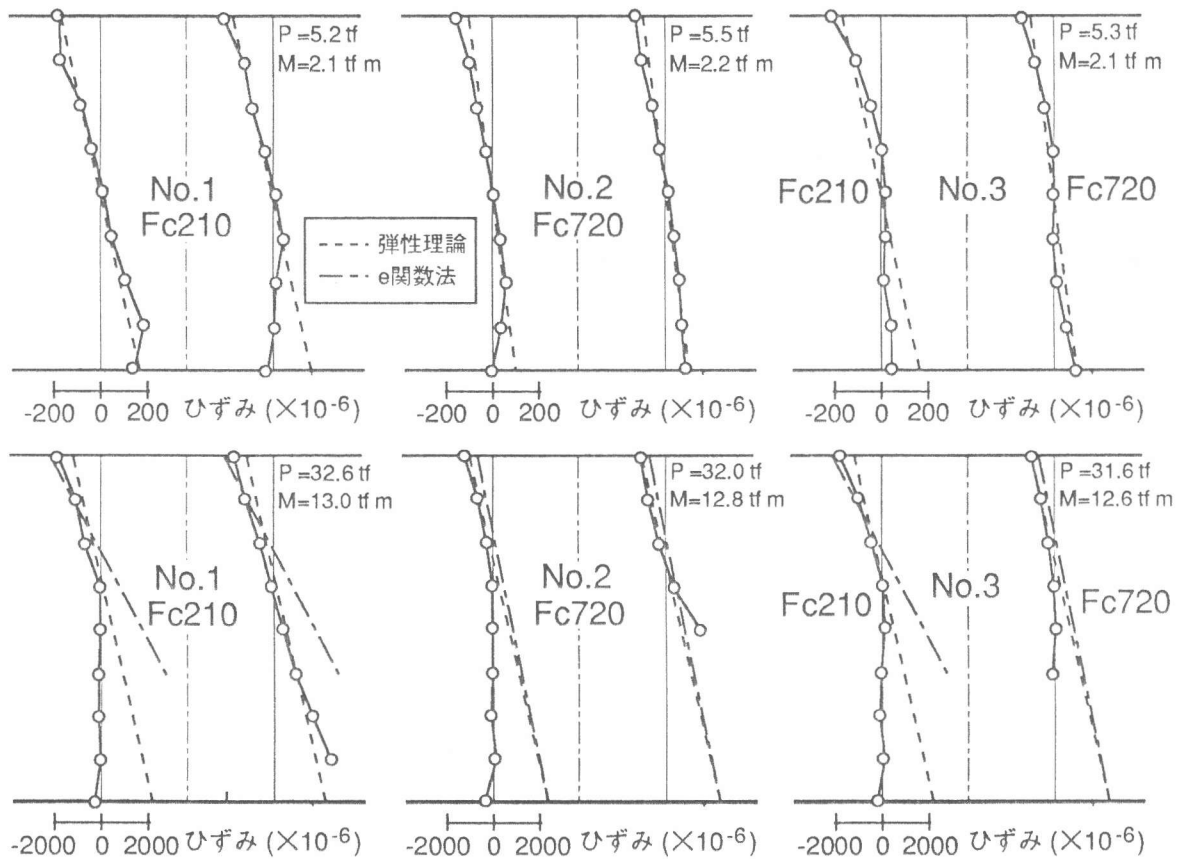


図-3 断面のひずみ分布

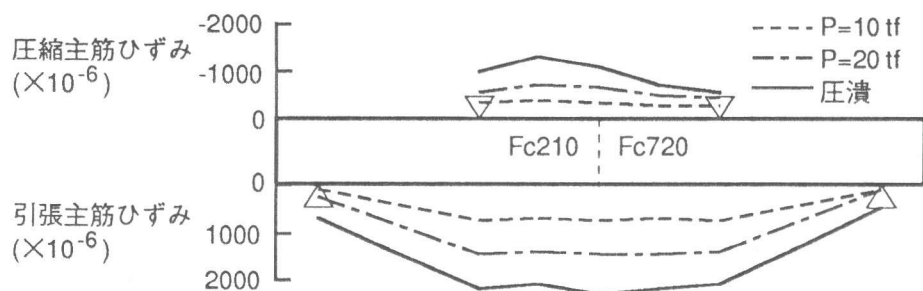


図-4 主筋のひずみ分布 (試験体No.3)

目視で確認される以前のひずみ分布、下段は試験体No.1、試験体No.3が圧潰した時点のひずみ分布である (試験体No.2については同等の荷重時のひずみ分布を示す)。曲げひびわれ発生以前においては、コンクリートの応力度-ひずみ関係を弾性とすることによって断面のひずみ分布を概ね評価することができる。コンクリート圧潰時の試験体No.3のひずみ分布は、高強度コンクリート部分においては試験体No.2のひずみ分布と、普通強度コンクリート部分においては試験体No.1のひずみ分布と同じになっている。また高強度コンクリート部分と普通強度コンクリート部分の中立軸位置に差は見られなかった。中立軸位置についてはe関数よりも弾性として計算したほうが良く一致している。また曲げ圧縮耐力 (12.6tf・m) についてもe関数法では14.6tf・m、弾性として計算した場合には12.9tf・mとなり、弾性として計算したほうが良く一致している。普通強度コンクリートが圧潰する時点の圧縮縁ひずみは高強度コンクリート部分で $1.00 \times 10^{-3}$ 、普通強度コンクリート部分で $1.82 \times 10^{-3}$ となり、これを圧縮強度試験の結果から応力度に換算すると高強度コンクリート部分で約390kgf/cm<sup>2</sup>、普通強度コンクリート部分で277kgf/cm<sup>2</sup>となっている。

図-4は試験体No.3の主筋のひずみ分布である。引張主筋のひずみは等曲げ区間内ほぼ均一に分布しているが、圧縮主筋のひずみは普通コンクリート部分のほうが高強度コンクリート部分よりも大きくなっており、コンクリート表面のひずみに追従した結果となっている。

## 5. まとめ

高強度コンクリートと普通強度コンクリートの打ち継ぎ部を有するRC梁および一体打ちのRC梁の曲げ試験を行った結果、以下のような知見が得られた。

- 単純曲げを受けるコンクリート強度差のある打ち継ぎ部の曲げ圧縮耐力は、普通強度コンクリート部分 (コンクリート強度の低い方) のもので評価することができる。
- このような打ち継ぎを有する部材の変形性状については、普通強度コンクリートの変形性状が支配的である。
- 打ち継ぎ部の近傍における断面 (コンクリート表面) および主筋のひずみについても、それぞれ高強度コンクリート部分、普通強度コンクリート部分のものを別個に評価することができる。

## 【参考文献】

- 1) 武藤 清：鉄筋コンクリート構造物の塑性設計、丸善
- 2) 熊谷仁志ほか：高強度RC梁の構造性能に関する実験研究、日本建築学会関東支部研究報告集 (構造系)、pp.69~72、1990