

PRC 十字形部分架構における 梁部材のひずみ適合係数に関する考察

正会員 嶋田 洋介*
同 北山 和宏**

- 算出したひずみ適合係数を用いた断面解析と各種限界状態の検討 -

PRC 構造 梁曲げ破壊 付着性状
ひずみ適合係数 断面解析 限界状態

1.はじめに

PC、PRC 構造では PC 鋼材の付着性状が曲げ耐力に影響を与えるため様々な研究が行われている。その中でも PC 鋼材の付着程度を簡易に表す指標としてひずみ適合係数 F 値がある¹⁾。単純梁における F 値は多くの研究が行われているが、十字形部分架構における梁部材を対象とした F 値についてはほとんど研究されていない。

そこで、本研究では十字形部分架構の梁部材に配筋された PC 鋼材のひずみ適合係数 F 値について実験を用いて検討した。また、梁断面の曲げ解析の結果と実験結果の比較を各種限界状態によって比較、検討した。

2.ひずみ適合係数 F 値の算出

2.1 実験概要

試験体形状を図-1 に示し、試験体諸元を表-1 に示す。試験体諸元は試験体 UB-1 では PC 鋼材がアンボンド、試験体 GB-2 にはグラウトを注入した以外は共通である。

2.2 ひずみ適合係数 F 値の算出方法

ひずみ適合係数 F 値は

$$F = \frac{\Delta \varepsilon_p}{\Delta \varepsilon_{cp}}$$

で表わされる。ここで ε_p : PC 鋼材ひずみ増分、 ε_{cp} : PC 鋼材位置でのコンクリートひずみ増分を表す。上記の試験体の実験結果から以下のようにひずみ適合係数 F 値を算出した。PC 鋼材の梁危険断面地点に貼られたひずみゲージの出力を用いて PC 鋼材ひずみを算出し、各载荷ステップ間の差を $\Delta \varepsilon_p$ とした。梁断面の PC 鋼材位置に取り付けられた、梁危険断面から 50mm 区間を測定する変位計(図-2 参照)の出力を用いて、この区間のひずみ分布を矩形と判断し、PC 鋼材位置でのコンクリートひずみを算出し、各载荷ステップ間の差を $\Delta \varepsilon_{cp}$ とした。

2.3 算出結果

ひずみ適合係数 F 値 - PC 鋼材位置でのコンクリートひずみ関係を図-3 に示す。PC 鋼材が降伏した GB-2 は PC 鋼材が降伏するまで、PC 鋼材が降伏しなかった UB-1 は梁最大耐力までをプロットした。両試験体とも PC 鋼材位置でのコンクリートひずみの増大とともにひずみ適合係数 F 値は減少し、ほぼ一定値に

収束した。アンボンドの試験体 UB-1 では梁最大耐力までのひずみ適合係数 F 値は 0.03 に収束し、グラウトありの試験体 GB-2 では PC 鋼材が降伏した時のひずみ適合係数 F 値は 0.20 となった。試験体 UB-1 におけるひずみ適合係数 F 値は文献 1) で述べられているアンボンドの単純梁における F=0.10~0.20 と比べると非常に小さい。これは、アンボンドの PC 鋼材では全長にわたってひずみは一定であり、梁部材の伸びによって PC 鋼材のひずみは増大するが、十字形部分架構では PC 鋼材位置において一方の梁では引張になるが、他方の梁では圧縮となるため、PC 鋼材のひずみが単純梁のそれと比べてそれほど増大しない。そのため、アンボンドの十字形部分架構におけるひずみ適合係数 F 値は単純梁のそれと比べて小さな値となった。

3.梁曲げ解析

3.1 梁曲げ解析概要

平面保持を仮定した梁断面の曲げ解析を行った。材料の応力 - ひずみモデルにコンクリートは梅村の e 関数、梁主筋は完全弾塑性の 2 折れ線を用いた。PC 鋼材は文献 3) を参考に降伏強度の 83% を弾性限界とし、降伏強度時ひずみを 0.2% オフセットによって求めた 3 折れ線とした。

PC 鋼材は完全付着でないため平面保持の仮定が成立しない。そこで、ひずみ適合係数 F 値を用いることで間接的に付着性状を考慮し、断面解析を行った。一般にひずみ適合係数 F 値は部材変形の増加に伴い減少するが、本研究の断面解析ではひずみ適合係数 F 値を定数として扱う³⁾。

表-1 試験体諸元

試験体名	UB-1	GB-2
形状	十字形部分架構	
破壊形式	梁曲げ破壊	
コンクリート圧縮強度	77.2MPa	
梁断面	250 x 400mm	
梁スパン	3200mm	
柱断面	350 x 350mm	
層間高さ	2830mm	
梁主筋	4-D13(SD295A)	
スタースラップ	D13@80(SD490)	
PC鋼材	2-D22 (ネジボン 異形PC鋼棒)	
緊張力	75%	
降伏強度	無	有
グラウト	無	有
柱主筋	12-D22(SD390)	
フープ	D10@100(SD390)	
接合部横補筋	2-D10(SD390) 3sets	
軸力	930kN	

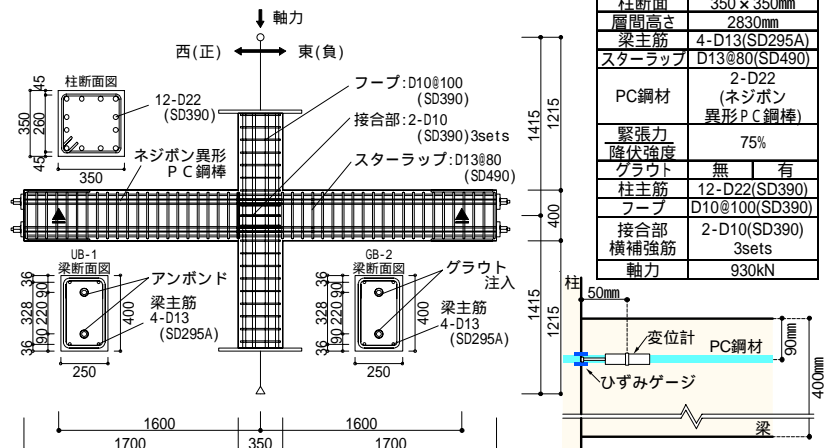


図-1 試験体形状

図-2 変位計、ひずみゲージ位置

3.2 解析結果

解析結果のモーメント - 曲率関係を図-4 に示す。引張側梁主筋降伏以前は履歴に大きな違いは見られず、それ以降に大きな差を生じた。試験体 UB-1 は PC 鋼材が降伏せず、梁主筋の降伏後にコンクリートの圧壊によって耐力が決まったが、試験体 GB-2 は梁主筋と PC 鋼材の降伏後にコンクリートの圧壊によって耐力が決まった。その結果、試験体 GB-2 は試験体 UB-1 に比べ梁曲げ終局耐力が 17.9% 上昇した。

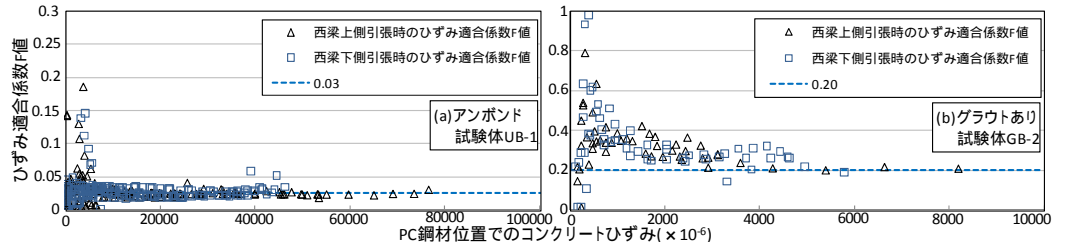


図-3 F 値 - PC 鋼材位置でのコンクリートひずみ関係

きたが、GB-2 では修復限界 が同条件で定まったにもかかわらず、実験とは大きく乖離した。また、UB-1 の修復限界 は実験では「かぶりコンクリートの剥落」で定まったが、解析では「PC 鋼材弾性限界」で定まった。

5.まとめ

PRC 十字形部分架構の梁曲げ破壊した試験体の実験結果を用いて PC 鋼材のひずみ適合係数 F 値を算出し、それを用いて梁曲げ解析を行い、限界状態について検討した結果、以下の知見を得られた。1)PRC 十字形部分架構における梁部材のひずみ適合係数 F 値がアンボンドで 0.03、グラウトありで 0.20 となった。2)断面解析を行った結果、グラウトありの試験体がアンボンドの試験体より梁曲げ終局耐力が 17.9% 上昇した。3)アンボンドでは修復限界までは解析が実験を良好に再現できたが、グラウトありでは使用限界までしか良好に再現できなかった。

参考文献 1) 六車照 渡辺史夫 西山峰広:アンボンド PC 部材の曲げ終局耐力に関する研究,プレストレストコンクリート,vol26, No1,pp.10-16,1984 年
 2)北山和宏 田島祐之 矢島龍人:PRC 柱梁十字形部分架構の耐震性能評価に関する実験的研究,日本建築学会大会学術講演梗概集 構造 ,pp157-158pp161-162,2008 年
 3) 岸本一蔵 大野義照:断面解析を用いたプレストレストコンクリート梁部材のエネルギー吸収能に関する一考察,コンクリート工学年次論文集,vol.24,No.2,pp.643-648,2002 年

4.各種限界状態の検討

4.1 損傷状況の定義

解析結果を用いて各種限界状態を検討した。表-2 に部材の各種限界状態ごとの損傷状況(文献 2 を修正)を示す。本研究の曲げ解析では単調載荷を対象としたので残留変形、残留ひび割れを検討できない。そのため、その他の事象で限界状態を検討した。コンクリートの各種限界状態の定義は「軽微なかぶりコンクリートの圧壊」が圧縮縁コンクリートの圧縮強度時ひずみ到達、「かぶりコンクリートの剥落」がコアコンクリートの圧縮縁が圧縮強度時ひずみに到達、「コアコンクリートの圧壊」がコンクリートコアコンクリートの圧縮縁ひずみが 0.34%(コンクリート圧縮強度時ひずみの 1.1 倍)に到達したときとした。

4.2 各種限界状態の検討

実験結果と解析結果のモーメント - 曲率関係、各種限界状態を図-5 に示す。両結果を比較すると、全体的に解析が実験結果を下回り、解析における最大耐力以降の耐力低下が実験結果に比べ早期から始まったが、概ね実験を解析によって良好に再現できた。アンボンドの試験体 UB-1 では使用限界、修復限界 を、グラウトありの試験体 GB-2 では使用限界を解析で良好に再現できた。しかし、試験体 UB-1 では修復限界 が「かぶりコンクリートの軽い圧壊」で実験、解析両方も定まり、良好に再現で

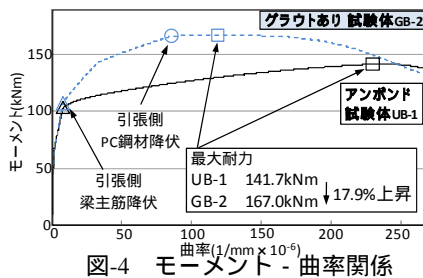


図-4 モーメント - 曲率関係

表-2 部材の各種限界状態

限界状態	項目	鉄筋	PC鋼材	コンクリート	残留変形	残留ひび割れ幅
使用限界	異型PC鋼棒(グラウトあり)それ以外	わずかな降伏を許容	降伏点以下 弾性範囲	0.75< ϵ1.2/3 <math>\epsilon< math>以下<br=""></math>\epsilon<> 0.75< ϵ0.9 <math>\epsilon< math>以下<="" td=""> <td>ほぼゼロ</td> <td>0.2mm 程度以下</td> </math>\epsilon<>	ほぼゼロ	0.2mm 程度以下
修復限界	異型PC鋼棒(グラウトあり)それ以外	降伏を許容	わずかな降伏を許容 弾性範囲	軽微なかぶりコンクリートの圧壊	1/400 程度以下	0.2~1mm 程度以下
修復限界	異型PC鋼棒(グラウトあり)それ以外	主筋が座屈しないこと	降伏を許容	かぶりコンクリートの剥落	1/200 程度以下	1~2mm 程度以下
安全限界	異型PC鋼棒(グラウトあり)それ以外	圧縮筋の座屈 引張筋の破断	PC破断 降伏を許容	コアコンクリートに圧壊が生じないこと		

PC鋼材の降伏点:0.2%オフセットによって定めたもの

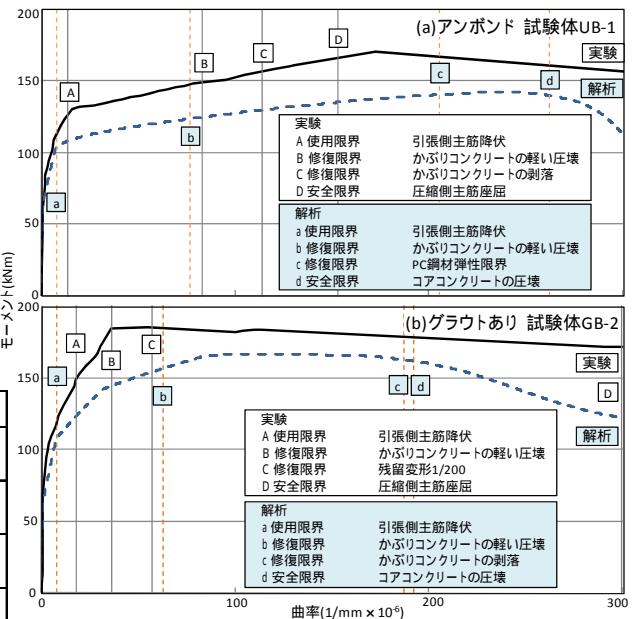


図-5 モーメント - 曲率関係と各種限界状態

*首都大学東京大学院都市環境科学研究科建築学域修士課程

*Graduate School of Engineering, Tokyo Metropolitan University

**首都大学東京大学院都市環境科学研究科建築学域教授 工博

** Professor, Tokyo Metropolitan University, Dr.Eng