

B-3

アンボンド領域長さがプレキャスト PC 梁の地震時挙動に及ぼす影響に関する実験的研究  
その3 実験結果に対する考察

Experimental Study on the Influence of Unbonded Length on the Seismic Behavior of Precast PC Beams

Part 3 Discussion of Experimental Results

○引田翔太<sup>1</sup>, 中尾有貴<sup>2</sup>, 萬谷桃香<sup>2</sup>, 深谷勇介<sup>3</sup>, 福井剛<sup>4</sup>

\*Hikita Shota<sup>1</sup>, Nakao Yuki<sup>2</sup>, Mantani Momoka<sup>2</sup>, Fukaya Yusuke<sup>3</sup>, Fukui Tsuyoshi<sup>4</sup>

Abstract: Ultimate load capacity decreased as the length of the poorly bonded zone increased, and specimens with bond lengths exceeding twice the beam height failed below the calculated ultimate bending load capacity. The yield member angle for partially poorly bonded specimens could generally be evaluated using an equation based on the PC technical standard formula. An estimation equation for the yield angle of PC steel was proposed, demonstrating relatively good estimation accuracy, suggesting it could serve as an indicator for residual deformation control.

1. はじめに

本報(その3)では, 得られた実験結果に基づき, 実験値と計算値を比較し, その推定精度を検証する。

2. 曲げ終局耐力およびR=1.0%時のせん断力

表1に最大耐力およびR=1.0%時せん断力の実験値とPC技術基準<sup>[1]</sup>により算出した曲げ終局耐力の計算値を示す。ここに, UB40については, 浜原ら<sup>[2]</sup>の評価式より算出した。図1は, 曲げ終局耐力の計算精度とアンボンド領域長さの関係を, 図2に曲げ終局耐力の計算値に対するR=1.0%時せん断力の比とアンボンド領域長さの関係を示す。白抜きでプロットされている試験体は, 図1では最大耐力時, 図2ではR=1.0%時において, それぞれPC鋼材が未降伏であることを示している。図1, 図2より, 曲げ終局耐力の計算精度および曲げ終局耐力の計算値に対するR=1.0%時せん断力の比は, 危険断面のひずみ増大がアンボンド領域間で平均化されるため, アンボンド領域長さに対して負の比例関係にあることが分かる。R=1.0%時では $L_e=400\text{mm}$ , 曲げ終局時では $L_e=800\text{mm}$ を境にアンボンド領域長さが長くなるほど計算値が実験値を過大評価する傾向が見られる。

3. 降伏部材角

表2に降伏部材角の実験値 $\alpha R_y$ と計算値の比較結果を示す。図3に降伏部材角の計算精度とアンボンド領域長さの関係を示す。ここで, 降伏部材角の計算値 $cR_y$ は, PC技術基準<sup>[1]</sup>を用いて算出した。実験値 $\alpha R_y$ は最大荷重の90%に初めて達したときの部材角の正負平均値とした。これらより, UB40を除外した計算精度はアンボンド領域長さに依存せず, その平均値は0.91と概ね評価できた。

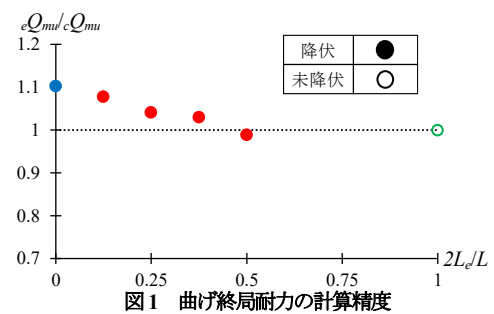


図1 曲げ終局耐力の計算精度

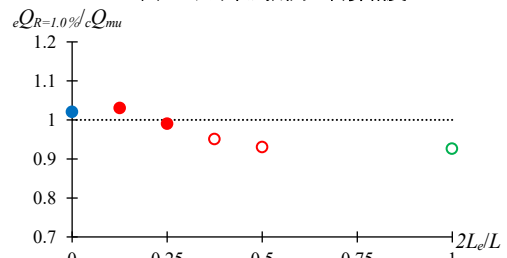


図2 曲げ終局耐力の計算値に対するR=1.0%時せん断力の計算精度

表1 諸限界値の実験値とPC技術基準書による計算値の比較

試験体名	$eQ_{mu}$ (kN)	$cQ_{mu}$ (kN)	$\frac{eQ_{mu}}{cQ_{mu}}$	$eQ_{R=1.0\%}$ (kN)	$\frac{eQ_{R=1.0\%}}{cQ_{mu}}$
UB00	186.0	168.7	1.10	172.1	1.02
UB05	181.9	171.3	1.07	173.8	1.02
UB10	175.7	168.7	1.04	167.0	0.99
UB15	173.8	171.3	1.01	160.3	0.94
UB20	166.8	168.3	0.99	159.6	0.93
UB40	127.5	127.6	1.00	118.1	0.93

$eQ_{mu}, cQ_{mu}$ : ボンド部材の曲げ終局耐力の実験値, 計算値,  
 $eQ_{R=1.0\%}$ : R=1.0%時のせん断力の実験値,

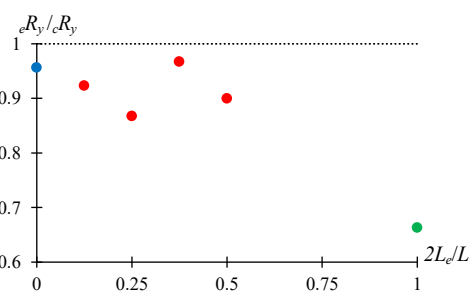


図3 降伏部材角の計算精度

1: 日大理工・院(前)・海建 2: 日大理工・学部・海建 3: ピーエス・コンストラクション(株)  
4: 日大理工・教員・海建

#### 4. PC 鋼材降伏時の部材角

図4に降伏部材角の計算値  $cR_y$  に対する PC 鋼材降伏時の部材角  $eR_{sy}$  の比とアンボンド領域長さの関係を示す。ここでは、PC 鋼材降伏時の部材角  $eR_{sy}$  を PC 鋼材が 0.2% オフセット法により算出した降伏ひずみ  $\epsilon_{sy}$  (8000 $\mu$ ) に達した時の部材角と定義する。同図より、降伏部材角計算値  $cR_y$  に対する PC 鋼材降伏時の部材角  $eR_{sy}$  の比はアンボンド領域長さに対して正の比例関係にあることが分かる。

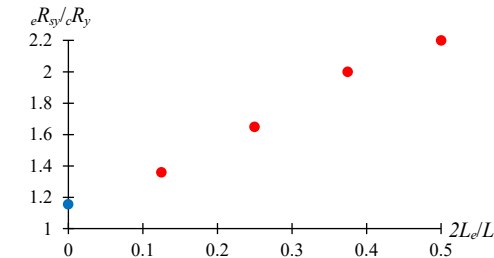


図4 降伏部材角の計算値に対する PC 鋼材降伏時の部材角の比

表2 降伏部材角の実験値と計算値の比較

試験体名	$eR_y$ (%)	$eR_{sy}$ (%)	$cR_y$ (%)	$\frac{eR_y}{cR_y}$	$\frac{eR_{sy}}{cR_y}$
UB00	0.87	1.05	0.91	0.96	1.15
UB05	0.85	1.25	0.92	0.89	1.36
UB10	0.81	1.49	0.91	0.87	1.64
UB15	0.89	1.84	0.92	0.93	2.00
UB20	0.81	1.97	0.90	0.90	2.19
UB40	0.61	-	0.92	0.64	-

$cR_y, cR_y$ : 降伏部材角の実験値, 計算値,  
 $eR_{sy}$ : PC 鋼材降伏時部材角の実験値

#### 5. PC 鋼棒の増分張力、シース内面の付着応力分布

図5, 図6にボンド部材と部分アンボンド部材、アンボンド部材の増分張力及び付着応力分布図を示す。赤の一点鎖線は PC 鋼材降伏時の増分張力、青塗りの領域はアンボンド区間を示す。図5より、アンボンド区間では増分張力は一定となっている。また、部分アンボンド部材では  $R=1.5\%$  時には材端に最も近いボンド区間で増分張力が一定となっていることがわかる。さらに、図6(a), 図6(b)より、部分アンボンド部材において  $R=1.5\%$  時 (赤線) において材端に最も近いボンド区間の付着応力がゼロに近づいていることがわかる。これは、シースと PC グラウト間の付着が劣化したことを意味している。PC 鋼材の抜け出し長さの評価が今後の課題である。

#### 6. まとめ

1) 部分アンボンド梁では、危険断面のひずみ平均化により、曲げ終局耐力および  $R=1.0\%$  時のせん断力がアンボンド領域長さの増大とともに低下し、終局時では  $L_e=800\text{ mm}$  で、 $R=1.0\%$  時では  $L_e=400\text{ mm}$  を

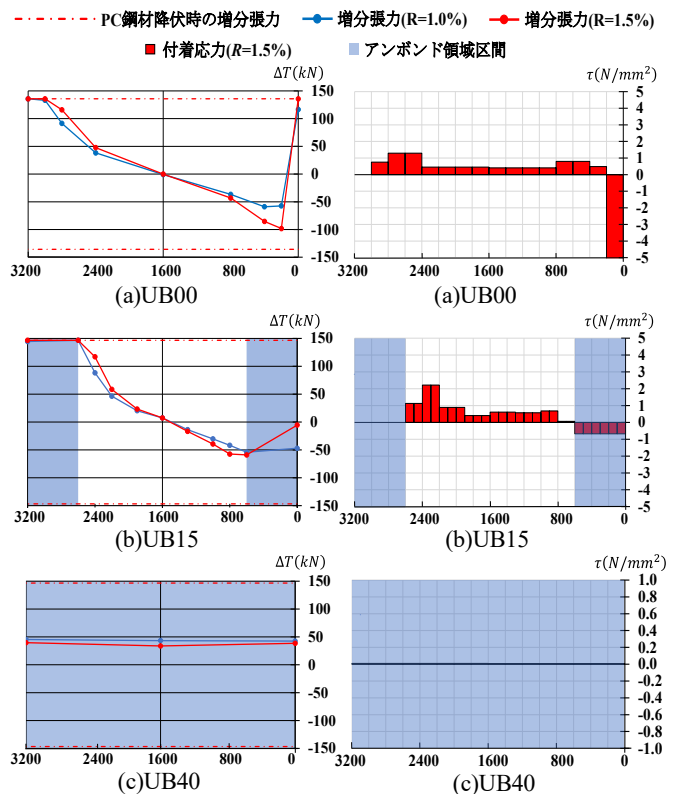


図5 増分張力分布図

図6 付着応力分布図

超えると計算値が実験値を過大評価する傾向が確認された。

- 降伏部材角において PC 技術基準に基づく計算値と実験値の比較を行った結果、UB40を除いた試験体では計算精度がアンボンド領域長さに依存せず、平均で 0.91 と概ね良好に評価できることを示した。
- 降伏部材角の計算値に対する PC 鋼材降伏時部材角の比は、アンボンド領域長さの増大に伴い正の比例関係を示すことが確認された。
- 部分アンボンド部材における増分張力および付着応力の分布を検討した結果、アンボンド区間では増分張力が一定となることが確認された。また、 $R=1.5\%$  時には、材端に最も近いボンド区間において増分張力が一定となり、さらに同区間の付着応力がゼロに近づく傾向が認められた。これはシースと PC グラウト間の付着劣化を示唆するものであり、PC 鋼材の抜け出し長さの評価が今後の課題である。

#### 7. 参考文献

- 国土交通省国土技術政策総合研究所, 独立行政法人建築研究所: プレストレストコンクリート造技術基準解説及び設計・計算例, 2009年
- 浜原ほか: アンボンドプレキャストプレストレストコンクリート部材の耐力, 日本建築学会構造系論文集, 第86巻, 第789号 1549-1557, 2021