

(142) 連続繊維緊張材を用いた軽量化プレテンション桁の静的破壊実験

(株) 富士ピー・エス 大阪支店 正会員 ○西 弘  
 (株) 富士ピー・エス 三重工場 正会員 東野 正明  
 (株) 富士ピー・エス 大阪支店 正会員 真鍋 英規  
 (株) 富士ピー・エス 大阪支店 正会員 鈴木 真

1. はじめに

近年、PC構造物の高性能化が望まれているが、塩害を受ける過酷環境下でのPC桁の耐久性の向上は重要な課題である。耐塩害性能向上の一方策として、腐食のない連続繊維緊張材を用いることが考えられる。連続繊維緊張材は鋼材型の腐食をしない特徴の他、軽量、高強度、非磁性などのメリットも有しており、プレストレストコンクリート構造への適用が進んでいる。<sup>1)</sup> 一方、コンクリート自体の高性能化として、施工の省力化と確実性の向上を目的とした高流動コンクリートの適用、耐震性能の向上から軽量化等のアプローチも積極的に行われている。

本研究では、緊張材に炭素連続繊維緊張材を用い、コンクリート自体も軽量化、高流動化を図った新しいタイプのプレテンション方式スラブ桁を製作した。実橋へ適用するに当たって、実物大桁を用い静的破壊実験を行い、ひび割れ性状、終局時挙動を確認するとともに、PC鋼材を用いた桁との比較も行った。本稿では、新タイプのプレテンション桁の特徴を述べると共に、破壊実験の内容・結果について詳述するものである。

2. 新タイププレテンション桁の開発

2.1 開発概要

新タイプのプレテンション桁の開発として、塩害対策地域ではないが、緊張材に炭素系の連続繊維緊張材(以下CFRPと称す)を、コンクリートには細骨材のみ人工軽量骨材を用いた高流動コンクリート(以下NSLCと称す)を用いた主桁を製作し、実橋として適用に至るまでの各種検討・実験の系統図を図-1に示し、橋梁諸元を以下に示す。

- 橋名：名阪パークヒルNo.18ホール連絡橋
- 形式：プレテンション方式PC単純床版橋
- 径間数：2径間
- 橋長：20.00m
- 桁長：9.970m+9.970m
- 支間：9.47m+9.47m
- 全幅員：0.4m+2.50m(有効幅員)+0.4m
- 主桁間隔：3@0.770m=2.310m
- 斜角：90°00'00"
- 活荷重：TL-14
- 衝撃係数： $i = 20 / (50 + L)$

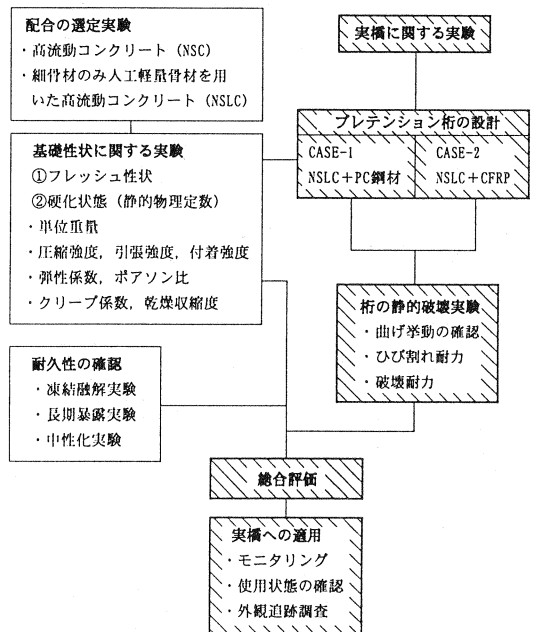


図-1 NSLC開発に関する系統図

2.2 主桁の設計

主桁の設計に用いる NSLC の諸数値として、現在までに得られたデータ<sup>2)</sup>を基に、表-1のように設定した。使用緊張材には、通常の PC 鋼材と CFRP の 2 種類を用いた。CFRP は高強度であり、他の連続繊維緊張材と比較して、弾性係数が高く、施工実績もあり、実用化されていることから緊張材として選定した。表-2 に使用緊張材の諸数値の比較を示す。本橋では、従来のコンクリートを用いた主桁、NSLC と PC 鋼材を用いた主桁(以下 CASE-1 と称す)、NSLC と CFRP を用いた主桁(以下 CASE-2 と称す)の 3 種類について比較設計を行い、CASE-1、CASE-2 の 2 種類について実物大桁の破壊実験を行った。表-3 に支間中央断面の設計結果を示す。

従来のコンクリートを用いた主桁と CASE-1 では NSLC の自重による応力減少とコンクリートの弾性係数の低下によるプレストレスの減少が相殺する結果となり、従来のコンクリートを用いた主桁とほぼ同様の応力状態となる。CASE-2 では、曲げ破壊モードをコンクリート終局ひずみ 3500 $\mu$  に対して、CFRP 引張強度ひずみにより本数を決定したため、CASE-2 の緊張材は CASE-1 より 4 本多く配置した。

表-1 設計に用いる諸数値

| 項目          | 単位              | 通常<br>コンクリート      | NSLC               |                    |
|-------------|-----------------|-------------------|--------------------|--------------------|
| 単位重量        | $\gamma_c$      | kN/m <sup>3</sup> | 24.50              | 22.06              |
| 設計基準強度      | $f'_{ck}$       | N/mm <sup>2</sup> | 49                 | 49                 |
| 弾性係数        | $E_c$           | N/mm <sup>2</sup> | $3.24 \times 10^4$ | $2.35 \times 10^4$ |
| 弾性係数(プレ導入時) | $E_c'$          | N/mm <sup>2</sup> | $2.89 \times 10^4$ | $2.06 \times 10^4$ |
| 許容応力度(圧縮)   | $\sigma_{ac}$   | N/mm <sup>2</sup> | 20                 | 20                 |
| 許容応力度(引張)   | $\sigma_{at}$   | N/mm <sup>2</sup> | -1.8               | -1.6               |
| クリープ係数      | $\phi$          | —                 | 3.0                | 3.0                |
| 乾燥収縮        | $\epsilon_{cs}$ | —                 | 0.0002             | 0.0002             |

表-2 使用緊張材の諸数値の比較

| 項目           | 単位                | PC鋼材              | CFRP                     |                       |
|--------------|-------------------|-------------------|--------------------------|-----------------------|
| 緊張材種類        | —                 | 1T12.7B           | 1 $\times$ 7 $\phi$ 12.5 |                       |
| 断面積          | $A_p$             | mm <sup>2</sup>   | 98.71                    | 76.00                 |
| 引張強度         | $\sigma_{pu}$     | N/mm <sup>2</sup> | 1860                     | 1870                  |
| 降伏点強度        | $\sigma_{py}$     | N/mm <sup>2</sup> | 1570                     | —                     |
| 弾性係数         | $E_p$             | N/mm <sup>2</sup> | $20.4 \times 10^6$       | $14.3 \times 10^4$    |
| 線膨張係数        | / $^{\circ}$ C    |                   | $1.00 \times 10^{-5}$    | $1.00 \times 10^{-5}$ |
| 見かけのリラクセーション | $\gamma$          | %                 | 5                        | 6                     |
| 許容応力度        | $\sigma_{pa}$     |                   |                          |                       |
| プレストレス中      | N/mm <sup>2</sup> | 1413              | 1490                     |                       |
| プレストレス直後     | N/mm <sup>2</sup> | 1302              | 1302                     |                       |
| 使用状態         | N/mm <sup>2</sup> | 1118              | 1118                     |                       |

表-3 実験桁(供試体)の設計結果

| 基本形 通常コンクリート+PC鋼材  | CASE-1 NSLC+PC鋼材         | CASE-2 NSLC+CFRP         |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
|--|--------------------------|--------------------------|----|-----|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------------|------|-------|-----------|------|-------|-------|------|------|-----|------------------------|--|------|------|------|---------|---------------------|--|-------|-------|------|-----------|------------------------|--|--|--|----|----|-----|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------------|------|-------|-----------|------|-------|-------|------|------|-----|------------------------|--|------|------|------|---------|---------------------|--|-------|-------|------|-----------|------------------------|--|---|--|----|----|-----|------|-------|-------|------|-------|-------|------|-------|------|------|-------|------------|-------|-------|-----------|-------|-------|-------|------|------|-----|------------------------|--|------|------|------|---------|---------------------|--|-------|------|------|-----------|------------------------|--|
| 断面形状・鋼材配置  |                          |                          |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
|  |                          |                          |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| 使用状態合成応力度  |                          |                          |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| (N/mm <sup>2</sup> )   |                          |                          |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>上縁</th> <th>下縁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>①自重</td><td>4.12</td><td>-3.92</td></tr> <tr><td>②場所打ち</td><td>0.62</td><td>-0.59</td></tr> <tr><td>③橋面荷重</td><td>1.40</td><td>-1.44</td></tr> <tr><td>④活荷重</td><td>4.44</td><td>-4.58</td></tr> <tr><td>⑤導入時プレストレス</td><td>0.18</td><td>13.53</td></tr> <tr><td>⑥有効プレストレス</td><td>0.15</td><td>11.13</td></tr> <tr><td>導入時直後</td><td>4.30</td><td>9.61</td></tr> <tr><td>①+⑤</td><td>-1.8 &lt; <math>\sigma_c</math> &lt; 20</td><td></td></tr> <tr><td>死荷重時</td><td>6.29</td><td>5.18</td></tr> <tr><td>①+②+③+⑥</td><td>0 &lt; <math>\sigma_c</math> &lt; 16</td><td></td></tr> <tr><td>設計荷重時</td><td>10.73</td><td>0.60</td></tr> <tr><td>①+②+③+④+⑥</td><td>-1.8 &lt; <math>\sigma_c</math> &lt; 16</td><td></td></tr> </tbody> </table> |                          | 上縁                       | 下縁 | ①自重 | 4.12 | -3.92 | ②場所打ち | 0.62 | -0.59 | ③橋面荷重 | 1.40 | -1.44 | ④活荷重 | 4.44 | -4.58 | ⑤導入時プレストレス | 0.18 | 13.53 | ⑥有効プレストレス | 0.15 | 11.13 | 導入時直後 | 4.30 | 9.61 | ①+⑤ | -1.8 < $\sigma_c$ < 20 |  | 死荷重時 | 6.29 | 5.18 | ①+②+③+⑥ | 0 < $\sigma_c$ < 16 |  | 設計荷重時 | 10.73 | 0.60 | ①+②+③+④+⑥ | -1.8 < $\sigma_c$ < 16 |  | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>上縁</th> <th>下縁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>①自重</td><td>3.71</td><td>-3.50</td></tr> <tr><td>②場所打ち</td><td>0.62</td><td>-0.59</td></tr> <tr><td>③橋面荷重</td><td>1.34</td><td>-1.41</td></tr> <tr><td>④活荷重</td><td>4.27</td><td>-4.48</td></tr> <tr><td>⑤導入時プレストレス</td><td>0.17</td><td>13.03</td></tr> <tr><td>⑥有効プレストレス</td><td>0.14</td><td>10.32</td></tr> <tr><td>導入時直後</td><td>3.88</td><td>9.53</td></tr> <tr><td>①+⑤</td><td>-1.6 &lt; <math>\sigma_c</math> &lt; 20</td><td></td></tr> <tr><td>死荷重時</td><td>5.81</td><td>4.82</td></tr> <tr><td>①+②+③+⑥</td><td>0 &lt; <math>\sigma_c</math> &lt; 16</td><td></td></tr> <tr><td>設計荷重時</td><td>10.08</td><td>0.34</td></tr> <tr><td>①+②+③+④+⑥</td><td>-1.6 &lt; <math>\sigma_c</math> &lt; 16</td><td></td></tr> </tbody> </table> |  | 上縁 | 下縁 | ①自重 | 3.71 | -3.50 | ②場所打ち | 0.62 | -0.59 | ③橋面荷重 | 1.34 | -1.41 | ④活荷重 | 4.27 | -4.48 | ⑤導入時プレストレス | 0.17 | 13.03 | ⑥有効プレストレス | 0.14 | 10.32 | 導入時直後 | 3.88 | 9.53 | ①+⑤ | -1.6 < $\sigma_c$ < 20 |  | 死荷重時 | 5.81 | 4.82 | ①+②+③+⑥ | 0 < $\sigma_c$ < 16 |  | 設計荷重時 | 10.08 | 0.34 | ①+②+③+④+⑥ | -1.6 < $\sigma_c$ < 16 |  | <table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>上縁</th> <th>下縁</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>①自重</td><td>3.70</td><td>-3.52</td></tr> <tr><td>②場所打ち</td><td>0.62</td><td>-0.59</td></tr> <tr><td>③橋面荷重</td><td>1.34</td><td>-1.42</td></tr> <tr><td>④活荷重</td><td>4.27</td><td>-4.51</td></tr> <tr><td>⑤導入時プレストレス</td><td>-0.36</td><td>13.45</td></tr> <tr><td>⑥有効プレストレス</td><td>-0.30</td><td>11.10</td></tr> <tr><td>導入時直後</td><td>3.34</td><td>9.93</td></tr> <tr><td>①+⑤</td><td>-1.6 &lt; <math>\sigma_c</math> &lt; 20</td><td></td></tr> <tr><td>死荷重時</td><td>5.36</td><td>5.57</td></tr> <tr><td>①+②+③+⑥</td><td>0 &lt; <math>\sigma_c</math> &lt; 16</td><td></td></tr> <tr><td>設計荷重時</td><td>9.63</td><td>1.06</td></tr> <tr><td>①+②+③+④+⑥</td><td>-1.6 &lt; <math>\sigma_c</math> &lt; 16</td><td></td></tr> </tbody> </table> |  | 上縁 | 下縁 | ①自重 | 3.70 | -3.52 | ②場所打ち | 0.62 | -0.59 | ③橋面荷重 | 1.34 | -1.42 | ④活荷重 | 4.27 | -4.51 | ⑤導入時プレストレス | -0.36 | 13.45 | ⑥有効プレストレス | -0.30 | 11.10 | 導入時直後 | 3.34 | 9.93 | ①+⑤ | -1.6 < $\sigma_c$ < 20 |  | 死荷重時 | 5.36 | 5.57 | ①+②+③+⑥ | 0 < $\sigma_c$ < 16 |  | 設計荷重時 | 9.63 | 1.06 | ①+②+③+④+⑥ | -1.6 < $\sigma_c$ < 16 |  |
|  | 上縁                       | 下縁                       |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ①自重  | 4.12                     | -3.92                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ②場所打ち  | 0.62                     | -0.59                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ③橋面荷重  | 1.40                     | -1.44                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ④活荷重   | 4.44                     | -4.58                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ⑤導入時プレストレス   | 0.18                     | 13.53                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ⑥有効プレストレス  | 0.15                     | 11.13                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| 導入時直後  | 4.30                     | 9.61                     |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ①+⑤  | -1.8 < $\sigma_c$ < 20   |                          |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| 死荷重時   | 6.29                     | 5.18                     |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ①+②+③+⑥  | 0 < $\sigma_c$ < 16      |                          |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| 設計荷重時  | 10.73                    | 0.60                     |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ①+②+③+④+⑥  | -1.8 < $\sigma_c$ < 16   |                          |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
|  | 上縁                       | 下縁                       |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ①自重  | 3.71                     | -3.50                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ②場所打ち  | 0.62                     | -0.59                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ③橋面荷重  | 1.34                     | -1.41                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ④活荷重   | 4.27                     | -4.48                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ⑤導入時プレストレス   | 0.17                     | 13.03                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ⑥有効プレストレス  | 0.14                     | 10.32                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| 導入時直後  | 3.88                     | 9.53                     |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ①+⑤  | -1.6 < $\sigma_c$ < 20   |                          |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| 死荷重時   | 5.81                     | 4.82                     |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ①+②+③+⑥  | 0 < $\sigma_c$ < 16      |                          |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| 設計荷重時  | 10.08                    | 0.34                     |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ①+②+③+④+⑥  | -1.6 < $\sigma_c$ < 16   |                          |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
|  | 上縁                       | 下縁                       |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ①自重  | 3.70                     | -3.52                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ②場所打ち  | 0.62                     | -0.59                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ③橋面荷重  | 1.34                     | -1.42                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ④活荷重   | 4.27                     | -4.51                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ⑤導入時プレストレス   | -0.36                    | 13.45                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ⑥有効プレストレス  | -0.30                    | 11.10                    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| 導入時直後  | 3.34                     | 9.93                     |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ①+⑤  | -1.6 < $\sigma_c$ < 20   |                          |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| 死荷重時   | 5.36                     | 5.57                     |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ①+②+③+⑥  | 0 < $\sigma_c$ < 16      |                          |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| 設計荷重時  | 9.63                     | 1.06                     |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| ①+②+③+④+⑥  | -1.6 < $\sigma_c$ < 16   |                          |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| 破壊抵抗曲げモーメント  |                          |                          |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |
| Mu= 569.119 kN $\cdot$ m   | Mu= 569.119 kN $\cdot$ m | Mu= 517.791 kN $\cdot$ m |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |  |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |      |       |           |      |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |       |      |           |                        |  |   |  |    |    |     |      |       |       |      |       |       |      |       |      |      |       |            |       |       |           |       |       |       |      |      |     |                        |  |      |      |      |         |                     |  |       |      |      |           |                        |  |

### 3. 静的破壊実験

#### 3.1 供試体及び载荷要領

供試体は充実断面のプレテンション床版橋とし、実橋で使用するものと同じ寸法とした。供試体断面図を表-3に示す。载荷方法はJIS A 5313<sup>-1995</sup>に示されている橋桁のひび割れ強さ試験方法及と基本的に同様とした。図-2に载荷要領と測定位置を示す。実験は供試体の圧縮強度が49N/mm<sup>2</sup>以上に達したことを確認した後行った。载荷荷重は9.81kN(1.0tf)を基本とし、ひび割れ荷重→除荷→破壊荷重の载荷順序で行った。

#### 3.2 測定位置

桁の曲げ挙動を確認することを目的としたため、図-2に示す位置でコンクリートひずみ、鉄筋ひずみ、たわみを測定した。また、ひび割れの確認を目視により行い、ひび割れ発生後は各荷重段階で追跡・スケッチを行い、最終的な破壊モードを確認した。载荷荷重はロードセルにより測定し管理を行った。主桁端部から緊張材の抜けだしを変位計により測定を行った。

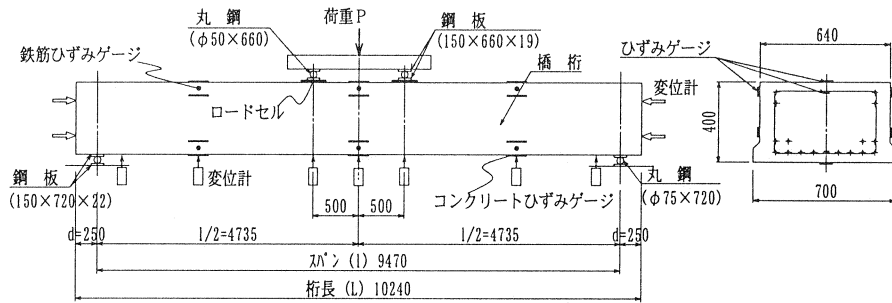


図-2 载荷要領及び測定位置

#### 3.3 実験結果

##### (1) ひび割れ性状

初期ひび割れは、支間中央部の曲げモーメント一定区間内で発生したが、表-4に示すように何れの供試体も設計荷重  $P_1=53.45\text{kN}$  より大きく、実験値が設計ひび割れ荷重を上回った。設計荷重ではひび割れは発生しないことが確認でき、十分安全側の値が得られた。

ひび割れの進展は、支間中央より支点方向に約150mm~200mm間隔で徐々に発生していき、载荷荷重の増加に伴い、主桁上縁側へと上昇した。従来のPC桁のひび割れ性状と何ら変わりはないといえる。

##### (2) 破壊性状

CASE-1では、PC鋼材降伏後、コンクリート上縁部の圧壊により破壊したが、PC鋼材は破断しなかった。また、除荷後には供試体たわみの戻りが有り、塑性たわみは100mm程度であった。一方、CASE-2では、コンクリート上縁部が圧壊すると同時に、CFRPが破断し、桁は2つに折れた状態となった。非線形解析結果は、CFRPが引張強度に達してからコンクリート圧壊の破壊モードであり、ここでのCFRPの引張強度は保証切断

表-4 ひび割れ荷重比較

| 項目                | ひび割れ荷重(kN) | 比率       | ひび割れ発生箇所 |
|-------------------|------------|----------|----------|
| CASE-1: NSLC+PC鋼材 |            |          |          |
| ①設計値              | 77.2       | 1.33 ③/① | 支間中央部    |
| ②解析値              | 127.5      | 0.81 ③/② | 同上       |
| ③実験値              | 103.0      | —        | 同上       |
| CASE-2: NSLC+CFRP |            |          |          |
| ①設計値              | 84.6       | 1.01 ③/① | 支間中央部    |
| ②解析値              | 117.7      | 0.73 ③/② | 同上       |
| ③実験値              | 85.3       | —        | 同上       |

表-5 破壊荷重比較

| 項目                | 破壊荷重(kN) | 比率       | 破壊モード             |
|-------------------|----------|----------|-------------------|
| CASE-1: NSLC+PC鋼材 |          |          |                   |
| ①設計値              | 257.9    | 1.14 ③/① | 鋼材降伏先行            |
| ②解析値              | 281.5    | 1.04 ③/② | 鋼材降伏→コンクリート圧壊     |
| ③実験値              | 293.2    | —        | 鋼材降伏→コンクリート圧壊     |
| CASE-2: NSLC+CFRP |          |          |                   |
| ①設計値              | 238.3    | 1.32 ③/① | コンクリート圧壊          |
| ②解析値              | 295.2    | 1.07 ③/② | CFRP引張強度→コンクリート圧壊 |
| ③実験値              | 314.8    | —        | コンクリート圧壊→CFRP破断   |

荷重の  $1870 \text{ N/mm}^2$  としている。保証切断荷重は、集合切断荷重の 80% で設定されているため、供試体の CFRP 引張強度は保証切断荷重より高い値であるのがわかる。降伏域を持たない CFRP を緊張材として使用する場合、脆性的な破壊となるため、粘りのある圧壊とするには何らかの補強が必要であると考えられる。しかし、終局荷重とたわみは CASE-1、CASE-2 とも同等であることを考えれば、CASE-2 の終局時の曲げ靱性は十分であるとの考えもできる。破壊荷重もひび割れ荷重と同様に、実験値が設計値を上回っており、破壊荷重に対する安全性は十分確保できていることを表-5 に示す。従来の PC 桁と比較した場合、破壊に至る終局域での挙動は何ら問題は無いといえる。

(3) たわみ性状

図-3 に CASE-1 と CASE-2 の支間中央位置における荷重-たわみ曲線の実験値を示す。同一荷重でのたわみは、CASE-1 より CASE-2 の方が大きな値を示している。これは緊張材自体の曲げ剛性が、PC 鋼材の方が高い値で、桁全体の曲げ剛性に寄与しているためであり、ひび割れ後の非線形領域では、たわみ差は顕著になって現れている。図-4、5 に荷重-たわみ曲線の非線形解析値と実験値との比較を示す、CASE-1 は比較的一致しているが、CASE-2 では非線形領域で実験値の方が大きなたわみを示している。これはコンクリートの引張強度が実際の供試体ではばらつきがあり、圧縮強度からの推定引張強度と異なっていることが考えられる。また今回 CFRP と NSLC との付着特性に関する実験は行ってないため、PC 鋼材と NSLC との付着特性と違う可能性も考えられる。

(4) コンクリートひずみ

図-6 に CASE-1 と CASE-2 の支間中央位置における荷重-コンクリートひずみ曲線の実験値を示す。コンクリートひずみについてもたわみと同様、同一荷重でのコンクリートひずみは、CASE-1 より CASE-2 の方が大きな値を示している。これはたわみと同様の理由で、桁の曲げ剛性の違いが桁の変形に影響し、桁のたわみ量が多い CASE-2 の方が大きなひずみ値を示している。CASE-1、CASE-2 とも終局ひずみは、支間中央で約  $3000 \mu$  程度であり、従来の PC 桁と同程度である。図-7、8 に荷重-コンクリートひずみ曲線の非線形解析値と実験値との比較を示す。両供試体とも実験値と解析値とよく合致していることがわかる。CASE-1 のみ着目すれば、たわみ、コンクリートひずみとも、各材料特性を的確に評価すれば (NSLC の圧縮特性、緊張材の引張特性や応力-ひずみ関係等)、ほぼ曲げ挙動は再現できるといえる。

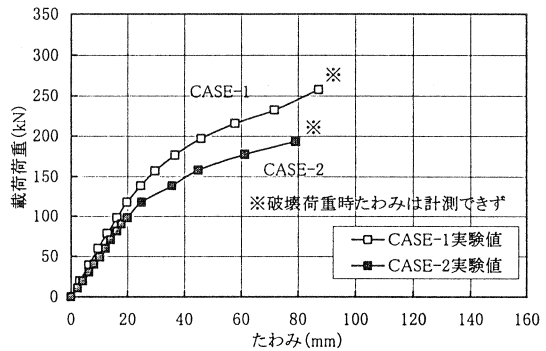


図-3 荷重-たわみ曲線(支間中央)

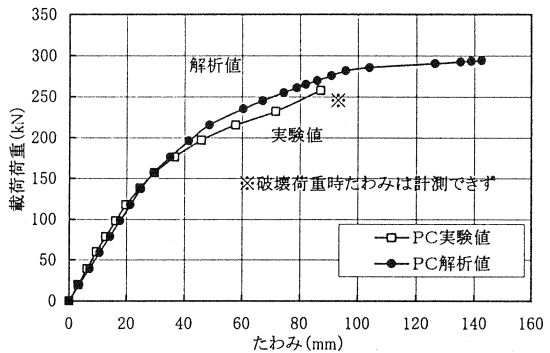


図-4 CASE-1 荷重-たわみ曲線(支間中央)

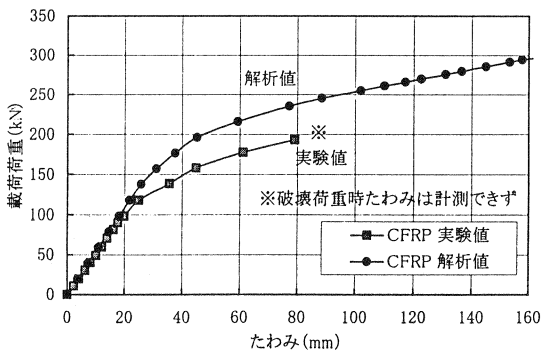


図-5 CASE-2 荷重-たわみ曲線(支間中央)

### 3. 4 評価

実物大桁の静的曲げ破壊実験を行った結果、2.2主桁の設計の項で定めた設計用諸数値を用いて設計を行えば、ひび割れ荷重、破壊荷重とも設計値を上回り、十分安全性は確保できている。従って、NSLCを用いる場合でも、設計諸数値を的確に定めることによって、従来の設計手法を準用しても問題ないと考ええる。

NSLCにPC鋼材を使用する場合、主桁の曲げ挙動は従来のPC桁と特別変わりはなく、問題ないといえる。

主桁にCFRPを用いる場合は、CFRPが降伏点を持たない脆性材料である材料特性を十分理解し、曲げ破壊モードがコンクリート圧壊より、CFRP緊張材破断が先行しないように設計を行えばよいと考えられる。

実物大桁の静的曲げ破壊実験の実験結果は良好であり、特に重大な問題点は抽出されなかったため、名阪パークヒルの連絡橋の実桁として、新タイプのプレテンション桁を用いることとした。

### 4. まとめ

新タイププレテンション桁を名阪パークヒル連絡橋に実橋として適用に至った。適用するにあたり一連の検討・実験を行ったが、結果は良好であった。

実物大桁の静的曲げ破壊実験では、材料諸数値を的確に設定することで、従来の設計手法を用いた値に対して、十分安全性は確保できている。曲げ破壊に対しても、従来のPC桁と同様な挙動を示すことが確認できた。

今後、追跡調査として使用状態の確認、外観調査等を行い、主桁の健全度について確認する予定である。

本稿では、コスト面では詳述はしていないが、従来のPC桁とNSLCと工場製作での経済比較を行うと、コンクリート打設時の省力化を考慮しても、NSLCが従来のPC桁に対して、約5%のコストアップとなる。軽量化による下部工反力の低減は、片側橋台死荷重反力に対して約6%となり、構造物全体で考えても、経済効果は現れていない。しかし、今後天然細骨材の供給不足のなかで、人工軽量細骨材を用いた高流動コンクリートは研究を勧める必要があると考える。

名阪パークヒルゴルフ場は無事オープンし、No.18ホール連絡橋は現在供用されている。完成状況を写真-1に示す。

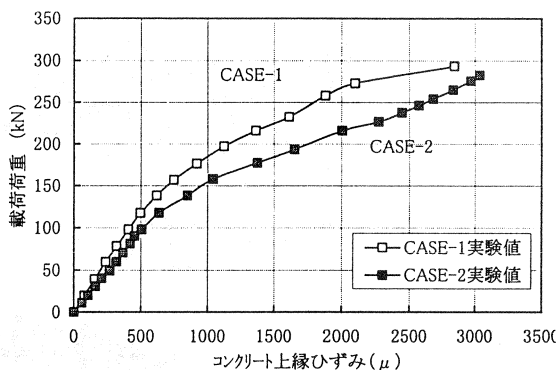


図-6 荷重-ひずみ曲線(支間中央)

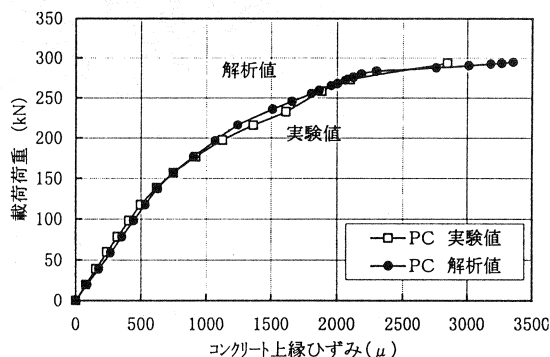


図-7 CASE-1 荷重-ひずみ曲線(支間中央)

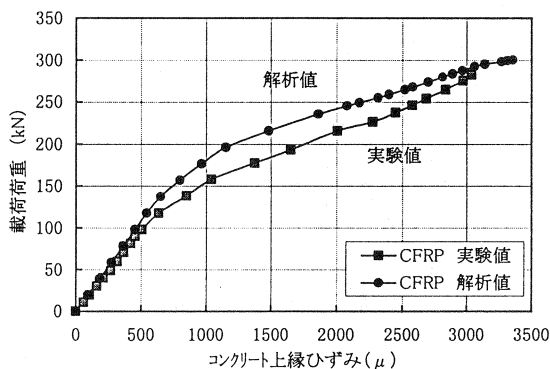


図-8 CASE-2 荷重-ひずみ曲線(支間中央)

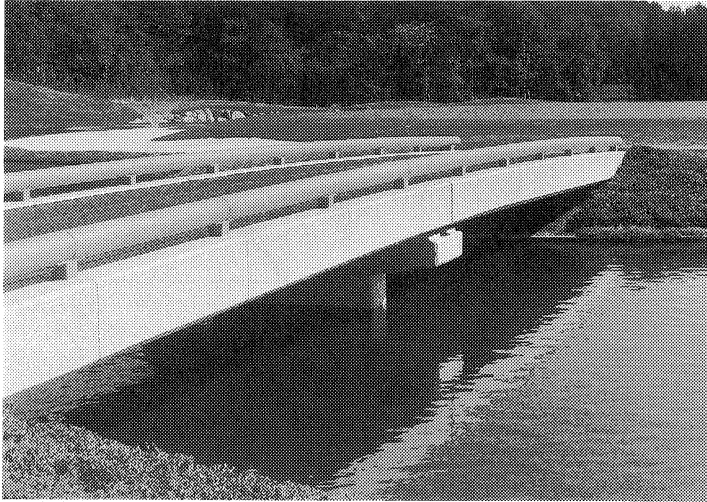


写真-1 名阪パークヒル No.18 ホール連絡橋完成写真

【謝辞】

今回の開発・実験を行うにあたって、ご多忙を極める中、貴重な時間と労力を提供して頂いた大阪市立大学故真嶋先生をはじめとする土木材料及び環境工学研究室の方々、太平洋セメント(株)森谷氏、東京製綱(株)榎本氏及び(株)ヒラサワ関係各位の方々に深く感謝の意を表す次第です。

【参考文献】

- 1) 人工軽量骨材コンクリート設計施工マニュアル, 土木学会, コンクリート・ライブラリー第56号, 1980.6.
- 2) 真鍋, 真嶋, 森谷, 東野: 人工軽量細骨材を用いた高流動コンクリートの開発, 第5回プレストレストコンクリートの発展に関するシンポジウム論文集, pp.271~274, 1995.10.
- 3) 友澤, 野口, 小野山: 高強度・超高強度コンクリートの基礎的力学特性に関する調査, 日本建築学会大会学術梗概集, pp.497~498, 1990.10.
- 4) 東京製綱(株): CFCC技術資料, 平成5年10月.
- 5) 山藤・岩崎・榎本・黒山・谷木・相川: 北米初のCFRP緊張材適用の道路橋-カナダ・ブルガリー市のBeddington trail 橋の完成-, 橋梁, Vol.30, No.1, 1994.
- 6) 真嶋: 連続繊維補強材の土木構造物への適用に関する研究, 平成7年3月.
- 7) 竹中, 真嶋, 東野, 森谷: 人工軽量細骨材を用いた高流動コンクリートのフレッシュ性状, 土木学会第50回年次学術講演会講演概要集V, pp.1120~1121, 1995.9.
- 8) 真鍋, 真嶋, 森谷, 東野: 人工軽量細骨材を用いた高流動コンクリートの硬化性状, 土木学会第50回年次学術講演会講演概要集V, pp.1122~1123, 1995.9.