

木更津工業高等専門学校

正員

黒川章二

同上

正員

石垣慶次

計測リサーチコンサルタント

正員

加登文士

## 1 まえがき

アンボンドPC工法は、施工性に優れ、用途の多様性に富み、近年かなり普及してきたが、緊張材の総力を定着端で負担するために、定着端における緊張材の破断が問題視されている。著者らが、入念に製作したPC鋼棒使用のアンボンドPC桁について行なった疲労試験においても、緊張材疲労破壊の場合に定着端での破断が多く生じた<sup>1)</sup>。原因として定着端における緊張材の曲げが考えられるので、その対策として実用的な緊張材破断防止具を試作した。それを用いたアンボンドPC桁について疲労試験を実施したところ、きわめて高サイクルまでの疲労寿命の範囲において好結果が得られたので報告する。

## 2 緊張材定着端破断防止具

これは上底と下底が平行な円柱を斜めに切断して中心を穿孔した2枚のクサビ状穴あき円板より成る座金である。2枚の円板の回転により任意方向の任意な角度を調整することができる。それを自在座金と呼ぶ。図1に示すように定着端のコンクリート面に不整角 $\theta$ がある場合に、自在座金を用いない従来の定着方法では曲げにより緊張材に折れが生じるが、 $\theta$ より大きい調整角能力 $\theta_{max}$ を有する自在座金を用いることにより、図示のように緊張材に曲げ拘束を与えずに定着することができる。 $\theta_{max}$ は定着部を構成する材料の摩擦係数から決められる。図2に示すように、緊張材の引張り $P_t$ の作用により、自在座金とアンカープレートとの境界面においてすべり力 $W$ が生じる。座金がすべると、緊張材にせん断力が作用して危険な状態になるので、静止状態を保持しなければならない。図2が静止を保つ限界の状態を表わすものとすれば、静止摩擦力 $F$ が作用する。いま、摩擦係数を $\mu$ とすれば、 $F = \mu P_t \cos \theta_{max}$ 、また、 $W = P_t \sin \theta_{max}$ 、したがって、すべりが生じる限

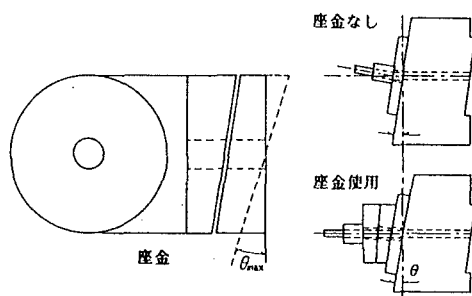


図1 自在座金

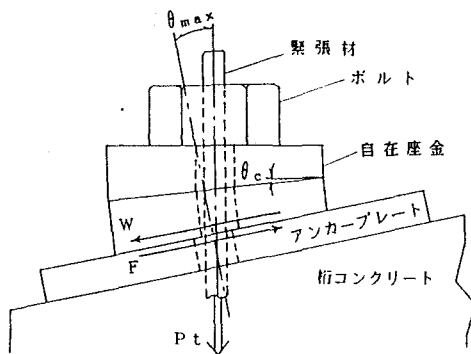


図2 限界傾斜面における定着状況

表1 コンクリートの示方配合

| スランプ<br>cm | 粗骨材の<br>最大寸法<br>mm | 水セメント比<br>% | 細骨材率<br>% | 単位量 (kg/m³) |      |     |      |          |
|------------|--------------------|-------------|-----------|-------------|------|-----|------|----------|
|            |                    |             |           | 水           | セメント | 細骨材 | 粗骨材  | ポゾリスNo5L |
| 4±1        | 20                 | 40          | 41        | 143         | 358  | 735 | 1096 | 0.895    |

表2 PC鋼棒の性質

| 規格        | 直径<br>mm | 降伏強さ<br>kgf/mm² | 引張強さ<br>kgf/mm² | 伸び<br>% | 弾性係数<br>kgf/mm² |
|-----------|----------|-----------------|-----------------|---------|-----------------|
| SBR95/110 | 14.9     | 125.5           | 134.2           | 12.0    | 21000           |

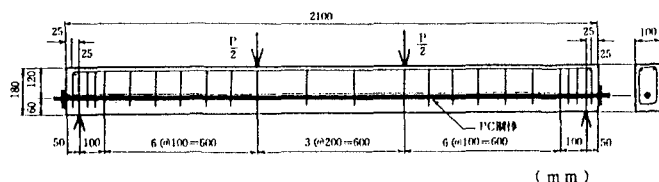


図3 供試体および載荷方法

界の状態において、 $W=F$ の条件から、 $\theta_{\max} = \tan^{-1} \mu$ 、となる。みがきはだの鉄の場合に $\mu=0.20 \sim 0.35$ であり<sup>2)</sup>、 $\mu=0.20$ をに用いて算定すると、 $\theta_{\max}=11.3$ 度が得られる。サンドブラストがけの場合には $\mu=0.40$ を採用すれば<sup>2)</sup>、 $\theta_{\max}=21.8$ 度と算定され、かなり大きい角度を調整することができる。

### 3 疲労試験

表1に示す方配合のコンクリートと表2に示すPC鋼棒を使用して、自在座金をセットしたアンボンドPC桁と通常のポストテンション方式のボンドPC桁を供試体として、静的載荷試験および疲労試験を行なった。供試体および載荷方法を図3に示す。疲労試験は、下限荷重比を0.20に固定し、上限荷重比を実験因子とした。実験結果の概要を表3に示した。極限強さの平均値は、アンボンドPC桁で5.34tf、ボンドPC桁で5.96tfで

あり、その比は89.6%である。いずれの種類のPC桁においても、上限荷重比が大きい場合にコンクリートの曲げ圧縮破壊、それが小さくなると緊張材の破断が生じた。アンボンドPC桁の場合、定着端における緊張材の疲労破壊が全然起らず、UF7は上限荷重比0.779で3962.98万回の荷重履歴により中央部に緊張材が破断した。図4は上限荷重比と疲労寿命との関係を示す。荷重比が小さくなると、同一荷重比に対する疲労寿命は、アンボンドPC桁の方が多くなる。図中の直線の回帰式と極限強さの平均値を用いると、ボンドPC桁に対して、アンボンドPC桁の疲労強度は、200万回で92.2%、1000万回で94.3%と、高サイクルになるにつれ、かなり接近する。図5は疲労寿命が729.08万回のボンドPC桁の支点の内側10cmにおける緊張材のひずみ振幅の変化である。40万回程度の荷重履歴で緊張材の付着破壊が出始めている。

### 4 まとめ

試作した定着端緊張材破断防止具が有効に機能し、アンボンドPC桁の弱点と考えられている定着端緊張材破断を防止することができた。

### 5 参考文献

- 1) 黒川章二：アンボンドPCはりの疲労に関する実験的研究、土木学会第36回年講概要集第5部、昭和56年10月
- 2) 日本建築学会：高力ボルト接合設計施工指針（1972）

表3 実験結果の概要表

注) CM:コンクリートの曲げ圧縮破壊 TT:緊張材の引張破壊

| 供試桁の<br>種類および<br>記号 | コンクリートの性質 |          |          |                  | 有効プレ<br>レスト<br>レス力<br>tf | 試験<br>の種類<br>別 | 静的試験結果         |                |                |           | 疲労試験結果                     |                     |    |    | 破<br>壊<br>形<br>式 |
|---------------------|-----------|----------|----------|------------------|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------|----------------------------|---------------------|----|----|------------------|
|                     | 圧縮<br>強さ  | 引張<br>強さ | 弾性係<br>数 | ひびわ<br>れ荷重<br>tf |                          |                | 極限<br>荷重<br>tf | 下限<br>荷重<br>tf | 上限<br>荷重<br>tf | 上限荷<br>重比 | 疲労寿命<br>×10 <sup>4</sup> ℃ |                     |    |    |                  |
|                     |           |          |          |                  |                          |                |                |                |                |           |                            | kgf/cm <sup>2</sup> |    |    |                  |
| アンボンド<br>PC桁        | US1       | 540      | 37.6     | 332000           | 14.12                    | 静的             | 3.60           | 5.21           |                |           |                            |                     |    | CM |                  |
|                     | UF1       | "        | "        | "                | 14.03                    | 疲労             | 3.60           |                | 1.04           | 4.30      | 0.825                      | 927.71              | CM |    |                  |
|                     | UF2       | "        | "        | "                | 13.97                    | "              | 3.60           |                | 1.04           | 4.43      | 0.850                      | 7.91                | CM |    |                  |
|                     | UF3       | "        | "        | "                | 13.85                    | "              | 3.60           |                | 1.04           | 4.56      | 0.875                      | 0.32                | CM |    |                  |
|                     | US2       | 523      | 34.8     | 332000           | 13.97                    | 静的             | 3.00           | 5.51           |                |           |                            |                     | CM |    |                  |
|                     | UF4       | "        | "        | "                | 14.12                    | 疲労             | 3.00           |                | 1.10           | 4.24      | 0.770                      | 1000以上              |    |    |                  |
|                     | UF5       | "        | "        | "                | 14.28                    | "              | 3.30           |                | 1.10           | 4.57      | 0.830                      | 59.76               | CM |    |                  |
|                     | UF6       | "        | "        | "                | 14.39                    | "              | 3.30           |                | 1.10           | 4.63      | 0.840                      | 45.92               | CM |    |                  |
|                     | US3       | 516      | 32.8     | 323000           | 13.79                    | 静的             | 3.30           | 5.30           |                |           |                            |                     | CM |    |                  |
| ボンド<br>PC桁          | UF7       | "        | "        | "                | 13.77                    | 疲労             | 3.30           |                | 1.06           | 4.13      | 0.779                      | 3962.98             | TT |    |                  |
|                     | UF8       | "        | "        | "                | 13.87                    | "              | 3.30           |                | 1.06           | 4.40      | 0.830                      | 2.43                | CM |    |                  |
|                     | UF9       | "        | "        | "                | 13.75                    | "              | 3.30           |                | 1.06           | 4.26      | 0.804                      | 18.68               | CM |    |                  |
|                     | BS1       | 493      | 33.7     | 339000           | 13.79                    | 静的             | 3.60           | 5.80           |                |           |                            |                     | CM |    |                  |
|                     | BF1       | "        | "        | "                | 13.97                    | 疲労             | 3.30           |                | 1.16           | 4.64      | 0.800                      | 28.12               | CM |    |                  |
|                     | BF2       | "        | "        | "                | 13.79                    | "              | 3.60           |                | 1.16           | 4.35      | 0.750                      | 1022.55             | TT |    |                  |
|                     | BF3       | "        | "        | "                | 13.79                    | "              | 3.30           |                | 1.16           | 4.50      | 0.775                      | 573.48              | CM |    |                  |
|                     | BS2       | 561      | 36.5     | 351000           | 14.85                    | 静的             | 3.90           | 6.12           |                |           |                            |                     | CM |    |                  |
|                     | BF4       | "        | "        | "                | 14.78                    | 疲労             | 3.90           |                | 1.22           | 4.77      | 0.780                      | 729.08              | TT |    |                  |
| PC桁                 | BF5       | "        | "        | "                | 14.69                    | "              | 3.60           |                | 1.22           | 5.08      | 0.830                      | 57.50               | CM |    |                  |
|                     | BF6       | "        | "        | "                | 14.63                    | "              | 3.60           |                | 1.22           | 5.20      | 0.850                      | 29.90               | CM |    |                  |

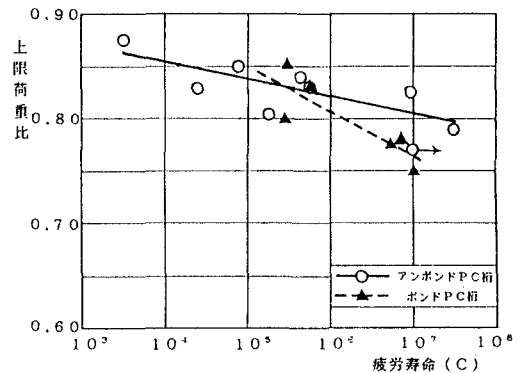


図4 上限荷重比と疲労寿命との関係

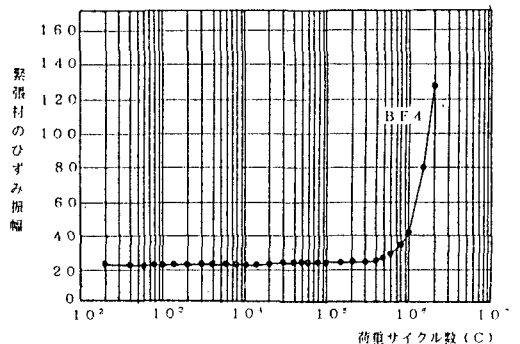


図5 桁端部緊張材のひずみ振幅と荷重サイクル数との関係