

§1. まえがき

PCゲルバー桁ヒンジ部の応力へのハンチの大きさ、PC鋼材の作用位置、支反力の集中度等の影響を調べ、すでに提案したひびわれ荷重計算式^{*}のより一般化することを目的とする。応力計算は平面応力として有限要素法によるものであり、計45ケースにつき計算を行なった。

§2. 研究方法

初ひびわれが通常ハンチの隅角 α (図-1のB, C)から生ずるため、これらの近傍の三角形有限要素に注目し、これらの角に生ずる、反力R、PC鋼材(P_1, P_2, P_3)による主応力の代数和がコンクリートの曲げ強度の危境になったときに初ひびわれが発生するものと仮定してひびわれ荷重計算式を求めようとするものである。その際、計算式に一般性をもたすため、各外力に対し、基準応力および応力集中係数を求めておく必要があり、これが本研究の主眼点でもある。

今回はハンチの大きさ $a' \times b' = 3 \times 3$, 4×4 および 6×6 mmの3種に対し、R、 P_1, P_2, P_{3A}, P_{3C} の影響を調べた。さらにRについてはその集中度(谷の大きさ)、 P_{3A} ($\theta = 90^\circ$)の作用位置 l_3 の影響等を調べた。

§3. 基準応力

a) 支反力Rの場合 (引張)

この場合の基準応力として通常のはり理論による曲げ応力 σ_{R0} を用いるものとする。

$$\begin{aligned} B \text{ 角: } \sigma_{R0} &= 6R(l_B + a')/b(l_B + b')^2 \\ C \text{ 角: } \sigma_{R0} &= 6Rl_B/b l^2, \quad b = \text{供試体中} \end{aligned} \quad \dots (1)$$

b) 水平PC鋼材 P_2 の場合 (引張)

$$B, C \text{ 角: } \sigma_{P_2}^0 = P_2/bh, \quad h = \text{供試体全高} \quad \dots (2)$$

c) 傾斜PC鋼材 $P_1 (P_1, P_3)$ の場合 (圧縮)

$$B, C \text{ 角: } \sigma_{P_i}^0 = \frac{P_i}{b(f+e)} \left(1 + 3 \frac{f'-e}{f+e} \right) (0.6 + 0.4 \frac{f'}{f}) \quad \dots (3)$$

$$\text{ここに } f' = fg/(f+e), \text{ 記号: 図-2参照} \quad \dots (4)$$

(3)式の基準応力は実際応力の分布状況、St. Venantの原理、図-2の仮定を用いて求めたものである。すなわち、 P_{3A} 鋼材による、縁端最小主応力分布は図-3のようであり、 l_3 が小さい場合、 P_{3A} の作用点から少し離れた位置でヒークが現われるが、 l_3 が大きくなると、A角近傍には応力が発生していない距離から応力が発生している。この傾向は、図-2の仮定より、供試体の有効高を $e+f'$ とし、これに偏心載荷の場合のL角の応力で現わすことができよう。fが0の場合、 $f'=g$ (4)式より)となり、応力の伝達方向が 45° (P_i とのなす角)となる。偏心載荷の

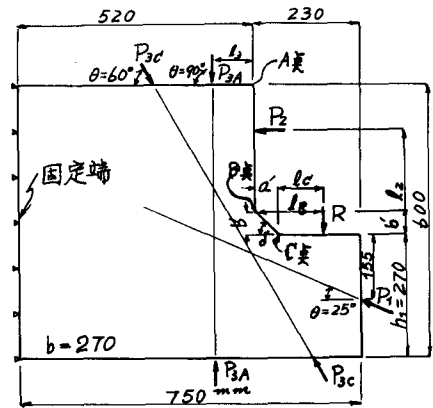
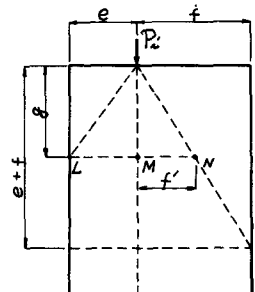


図-1 計算対象供試体

図-2 P_i の基準応力算定時の仮定

場合のL突の応力は、(3)式左辺のオ1, 2項であり、オ3項は実際応力に合わせるための係数で、(4)式でのf'は、 $g \geq f+e$ の場合 $f'=f$ (St. Venantの原理を仮定)とする。以上の仮定を P_2 が杭軸と傾斜している場合にも適用し、B, C突の基準応力とする。

§4. 応力集中係数

以上のようにして求めた基準応力に対する、有限要素法によって求めた主応力の比を応力集中係数と呼ぶことにし、各外力に対してB, C突での応力集中係数として次式を得た。

a) 支反力Rの場合

$$\left. \begin{aligned} B\text{突}: \alpha_R &= 8.86/105 + 1.01, \quad \xi = l_B/(h_1+b') \\ C\text{突}: \alpha_R &= \left(\frac{8.66}{105} + 1.54\right) \left(\frac{0.24}{107} + 0.784\right), \\ &\quad \xi' = l_C/h_1, \quad \eta' = b'/h_1 \end{aligned} \right\} \dots (5)$$

b) 水平PC鋼杭 P_2 の場合

$$\left. \begin{aligned} B\text{突}: \alpha_{P_2} &= 1.35\beta + 0.46, \\ \beta &= l_2/h_2 \end{aligned} \right\} \dots (6)$$

c) 傾斜PC鋼杭 P_3 (P_1, P_3)

$$\left. \begin{aligned} B\text{突}: \alpha_{P_3} &= 2.31 e^{-0.353 \cdot |\tan(\phi-30^\circ)|}, \\ C\text{突}: \alpha_{P_3} &= 2.96 e^{-1.14 \cdot |\tan \phi|} - 2.10 \times 10^{-2} (\phi+20^\circ) (\eta'-3/h_1)/\eta', \quad h_1: \text{cm} \end{aligned} \right\} \dots (7)$$

以上の応力集中係数(5)~(7)式の誘導法について若干の説明を加える。まず支反力Rが作用した場合、 α_R に影響をおよぼす要因として、R作用点からハンチ端までの距離 ξ 、ハンチの大きさ $a', b'(\eta)$ 、ハンチの傾斜度 ϕ' (切欠き角度 ω)、ハンチ端の丸味 (切欠き底の半径 ρ) 等が考えられる。すなわち、 $\alpha_R = f(\xi, \eta, \omega, \rho)$ で表わされる。 α_R と ξ との関係は、 ξ が大きくなると α_R は小さくなる傾向が認められたので、(5)式のように $\alpha_R = (a/\xi) + b$ で表わした。外に $\alpha_R = ae^{-b\xi} + c$ と表わすことができよう。 η について同様に示した。 ω は今回 $\omega=135^\circ$ で一定であるのでその影響は考慮していない。また、今回は $\rho=0$ としており、この場合弾性論では $\alpha_R=\infty$ となるが、有限要素の応力は有限値であったため、その後の取扱いが容易である。次に P_2 の場合、 P_2 によりB, C突に引張応力が発生するが、その値は小さく、とくにC突での引張応力の値は無視できる程度に小さい。(6)式から明らかなようにA突に近づけて P_2 を配置しない方が望ましい。 P_3 の場合、すなわち杭高方向鋼杭 P_A の場合は、図-3から明らかなように l_3 が大きくなると補強効果は小さくなり、 $l_3 = h_2$ 程度では効果は皆無となる。(7)式から、補強効果はほぼ $\phi (= \theta - \delta)$ に関係しており、 η' の若干の影響を与える。

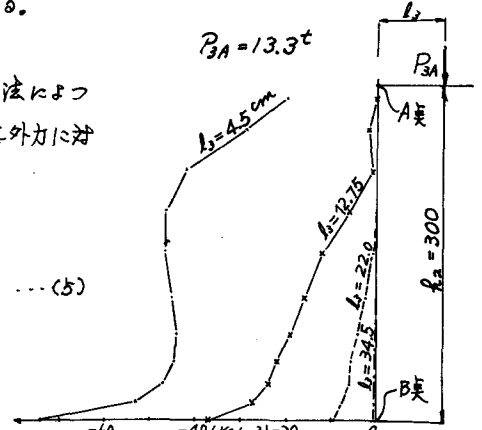


図-3 P_{3A} による縁端最小主応力 (ハンチ3cm)

§5. ひびわれ荷重計算式

§2.10のべた仮定を用いると、ハンチのB突あるいはC突でのひびわれ時の支反力Rは次式より求めることができる。(8)式での σ_b はコンクリートの曲げ強度である。

$$\sum \alpha_{P_i} P_i + R \sigma_b - \sum \alpha_{P_2} P_2 - \alpha_R P_R = 0 \dots (8)$$

(8)式で R の値の定め方は前報*での方法によればよいが、設計荷重算定時には $R=0$ とおけば、ハンチ部において θ フルフレステレング*とすることかできよう。

* 岡田、藤井、PCセーパー杭ヒンジ部の応力解析と補強法、土木学会関西支部、講演概要、B844.5