

1. まえがき

都市の高密度化や環境保護の観点から、建設作業には迅速、安全、清浄が要求されるようになり、これらの要素に加えて作業性、経済性にも優れたフレキャスト工法が普及してきた。フレキャスト工法の問題点は主としてフローの運搬、接合、架設にあると考えられるが、本研究ではそれらの工程を更に簡素化し、また解体を容易にすることを目的として、空目地接合したアンボンドPCはりを作製し、その曲げ挙動を調べた。

一般に、アンボンドはりが曲けを受ける場合、接合部が開口した後に変形は接合部に集中する傾向を示す。このような曲け性状を表わすため、ここでは、接合部に図-1に示すような假想はねを考え、接合部の剛性をばね定数 K として、実測鉄筋力と荷重との関係から求めた。

2. 基礎理論

フレストレスで空目地接合したばかりの曲げ挙動は接合表面の精度や曲げによる下縁部の開口に伴う応力分布の変化など、接合面の状態と作用する応力状態によって異なる。このような曲げ挙動に及ぼす接合面の影響を評価するため、図-1に示すような仮相はねを考へる。ここで、仮相はねは ①:接合面の開口に起因す

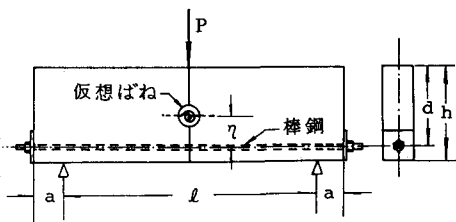


図-1 仮想ばねモデル概念図

る不連続たわみ角を表わすはねモデルである。②:その位置はコンクリート断面図心位置とする。③:はね定数 K は荷重の増加に伴って変化する。このようなはねを持つ仮試体に、荷重 P が作用した時の鉄筋力を T としてはね定数 K を算出してみた。さて、はねの回転角 θ_s は、接合部に作用する曲げモーメント M_s を用いて式-1のように表わされる。よって、はねの弾性エネルギーは式-2で求められる。そこで、エネルギー法を用いた変形の釣合条件式を誘導して K について解けば式-3および式-4のように K 値を算出することができる。

$$\theta_s = \frac{M_s}{K} \dots (1) \quad W_s = -\frac{\theta_s M_s}{2} = -\frac{M_s^2}{2K} \dots (2) \quad \int_0^L \frac{M}{EI} \frac{\partial M}{\partial T} dx + \int_0^L \frac{N}{EA} \frac{\partial N}{\partial T} dx + \int_0^L \frac{Q}{GA} \frac{\partial Q}{\partial T} dx + \frac{M_s}{K} \frac{\partial M_s}{\partial T} + \frac{T L}{E_s A_s} = 0$$

---(3) ただし、 Q の項は微小であるので以下の計算では省略する。ここで、 A, A_s :コンクリートおよび鉄筋

$$K = \frac{e(6Pl - 24Te + 3wl^2 - 12wa^2)EI}{24TL\{\eta^2 + r^2(1 + \frac{1}{P_1})\} - \eta(3Pl^2 + 2wl^3 - 12wla^2 - 8wa^3)} \dots\dots (4)$$

$r = \frac{\sqrt{I}}{\sqrt{A}}$, E, E_s : コンクリート, 棒鋼の弾性係数, $L = l + 2a$, I : コンクリート図心に対する断面2次モーメント, η : 鉄筋からコンクリート図心までの距離, e : 鉄筋からコンクリート圧縮部断面図心位置までの距離で, 接合面の応力状態によって次の様に計算される。 σ_u, σ_s : 上縁, 下縁の応力, $C_v = h - d$

i) $0 < x < h$
 $\sigma_c < 0$
 $\sigma_u > 0$
 $e = \frac{3}{2}(C_v + \frac{M}{T+P_r}) - C_v$
 $x = 3(C_v + \frac{M}{T+P_r})$

ii) $h < x, \sigma_c < 0$
 $\sigma_u < 0, \sigma_u > \sigma_c$
 $e = \frac{h}{2} - C_v$
 $x = \frac{-hM + (T+P_r)(\frac{h}{2} - C_v)h}{2M + (T+P_r)(h - 2C_v)}$

iii) $h < x, \sigma_c < 0$
 $\sigma_u < 0, \sigma_c > \sigma_u$
 $e = \frac{h}{2} - C_v$
 $x = \frac{-hM + (T+P_r)(\frac{h}{2} - C_v)h}{-2M + (T+P_r)(h - 2C_v)}$

iv) $0 < x < h$
 $\sigma_u < 0$
 $\sigma_c > 0$
 $e = h - \frac{3(T+P_r)(h - C_v) - 3M}{2(T+P_r)} - C_v$
 $x = 3(h - C_v - \frac{M}{T+P_r})$

P_r : 棒鋼により導入した接合力、以上の計算を行なうためには、 P と T の値を実験から求めなければならない。

3. 実験概要

コンクリート供試体は、いずれか一方を打設し、硬化後片側を打掛いで硬化させた後両者を分離して水中養生した。試験時に棒鋼により所定の軸力を加えてスロークを接合し、図-1の状態で載荷した。接合力および棒鋼に作用する力はすべてストレインゲージによって確認している。供試体の寸法は $h=30$, $b=10$, $a=5$, $l=90$ cm であり、接合力を 600 kgf ~ 4000 kgf まで6段階変化させ、棒鋼には $\phi 13$, $\phi 19$, $\phi 22$ mm を用い

合計 66 本の供試体を使用した。コンクリート強度は年度およびバッチによって多少はらつきはあるが、 $\phi 10 \times 20 \text{ cm}$ 円柱供試体 90 本の平均圧縮強度は 280 Kg/cm^2 、45 本の平均割裂強度は 23.6 Kg/cm^2 であった。

4. 実験結果および考察

上記 66 本のはり供試体について荷重、鉄筋力、たわみ等を測定したので、それぞれの結果を式-4 に代入して K 値を求めた。それらの値の内、ここでは $P_r = 600, 1000 \text{ Kg}$ について接合力別にそれぞれ鉄筋量の等しい結果ごとの平均値を図-2、図-3 に示した。図中の横軸には、接合部下縁応力が 0 となつた時の荷重 P_0 で無次元化した荷重値 P/P_0 を取っている。これらの結果から K 値は鉄筋量の増加に伴って大きくなることが判った。さて、 K 値と鉄筋量との関係を見る場合 P/P_0 が小さい範囲でははらつき

が大きいことが判るので $P/P_0 = 6$ での両者の関係を図-4 に示した。その結果、 K 値は鉄筋量に比例して増大し、その関係式は式-5 で表わされることが判った。

$$K = 0.0117 P \times 10^{10} \dots (5)$$

次に、接合力と K 値との関係を調べため $\phi 22 \text{ mm}$ 棒鋼を用いた場合につ

いて各接合力ごとの平均 K 値を比較してみた。その結果は、図-5 に示すように、接合力が大きい場合程 K 値の低下が早く生じることになった。これは、接合力が大きい場合 P_0 も大きくなり P/P_0 の増加に比べて K 値の減少割合の方が早くなるためと考えることができぬ。このような性状は $P/P_0 = 3$ 程度で最も顕著に現われるので、同点での K 値と接合力との関係を図-6 に示してみた。この時、 K 値と接合力 P_r との関係は式-6 のような 2 次曲線で表わされた。

$$K = 1.9 P_r^2 - 13.1 P_r \times 10^3 + 4.52 \times 10^7 \dots (6)$$

5. まとめ

図-2, 3, 5 の性状とは定数 K の一般的な性質を考えれば、 K 値は接合部開口以前、すなわち $P/P_0 \leq 1$ では無限大となり、接合部も一体はりも大差ない。また、 P/P_0 が大きくなった場合、接合部で偶力を形成する要素は鉄筋だけであるので、 K 値は使用鉄筋量によって決まる一定値へ漸近するものでなければならぬ。よって K 値の一般式は式-7 で与えられるものと考えることができぬ。

$K = \frac{a}{\bar{P} - b} + C \dots (7)$ ただし、 $\bar{P} = P/P_0$ 。さて、式-4 で自重 $W = 0$ とすれば式-4 は式-7 のように書き換えられぬ。このとき各係数は次のような内容を持つことになる。

$a = \frac{16eTL}{\eta^2 L^2 P_0 EI} \left\{ \eta^2 + r^2 \left(1 + \frac{1}{\eta P} \right) \right\} - \frac{8Te^2}{\eta L^2 P_0}$, $b = \frac{8TL}{\eta L^2 P_0 EI} \left\{ \eta^2 + r^2 \left(1 + \frac{1}{\eta P} \right) \right\}$, $C = \frac{2e}{\eta L}$
 いま、上述のように $\bar{P} = 1$ で $K = \infty$ であるので $b = 1$ でなければならぬ。すなわち $a = \frac{2e}{\eta L} - \frac{8Te^2}{\eta L^2 P_0}$ となり、 K 値の大きさは鉄筋比、有効高さ、接合力、スパン長等によって変化することが確認できぬ。結局、実験式として次式を得た。

$$K = \frac{5.93 P_r^2 - 4.09 P_r \times 10^4 + 4.92 \times 10^7}{P - 1} - 1.06 P_r^2 + 7.34 P_r \times 10^3 - 1.78 \times 10^7 + 1.17 P \times 10^9$$

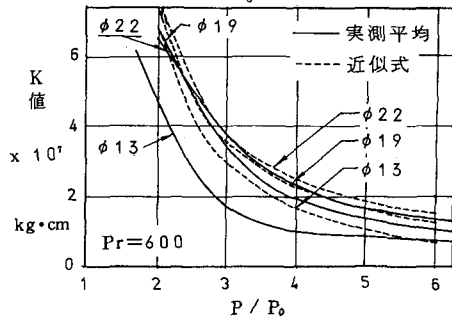


図-2 使用鉄筋と K 値の関係

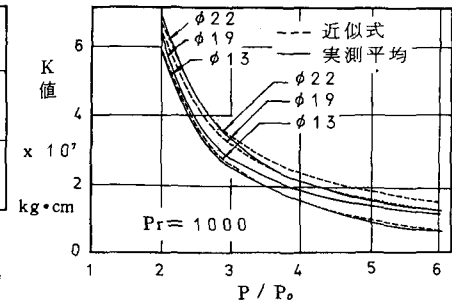


図-3 使用鉄筋と K 値の関係

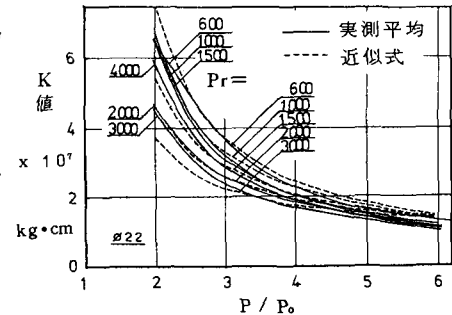


図-5 緊張力の変化と K 値

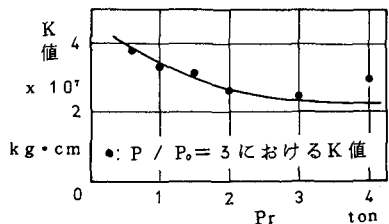


図-6 $P/P_0 = 3$ における緊張力と K 値