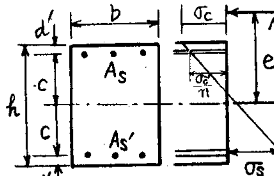
V－175　鉄筋コンクリート柱断面の最適許容応力度設計

信州大学工学部　学生員　今尾　雄一
信州大学工学部　正　員　長　　尚
前　田　建　設　　　　古川　深夫

1．まえがき　　コンクリートと鉄筋の費用の和が最小となるように，偏心圧縮力をコア外に受ける対称鉄筋長方形断面の高さおよび鉄筋量を決定する係数を求める。

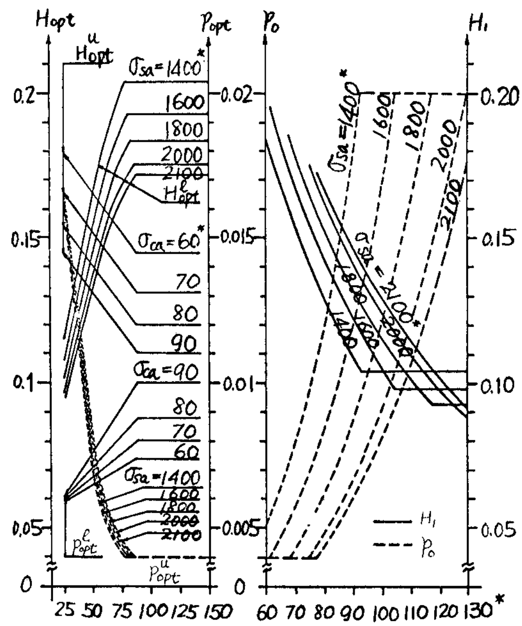


図－1

2．定式化および最適化計算　　この設計問題においては，予め与えられるものは一般に軸力N，曲げモーメントM（もしくは偏心距離 e），幅 b，鉄筋の図心から縁端までの距離 d，許容応力度 σ_{ca}，σ_{sa} であり，求めるものは高さ h および鉄筋量 A_s である。こゝでは最適化計算の便宜を考えて，設計変数は次式中の H および p とする。$h=HN/b$…(1)，$A_s=pbh$…(2)

制約条件および目的関数は次のようになる。制約条件：
$k^3+3(\frac{\alpha}{H}-0.5)k^2+12np\frac{\alpha}{H}k-6np\{2(0.5-f)^2+\frac{\alpha}{H}\}=0$…(3)，$0\leqq k\leqq 1$…(4)，$\{0.5k+\frac{np}{k}(2k-1)\}H\geqq\frac{1}{\sigma_{ca}}$…(5)，$\{0.5k^2+np(2k-1)\}H/(1-k-f)\geqq\frac{n}{\sigma_{sa}}$……(6)
$\{0.5k^2+np(2k-1)\}H/(k-f)\geqq\frac{n}{\sigma_{sa}}$…(7)　$0.004\leqq p\leqq 0.02$…(8)　ここに k は中立軸比で状態変数，$\alpha=be/N$…(9)，$f=d'/d$…(10) である。目的関数：$Z=(1+2pq)H\to min.$…(11)．ここに q はコンクリートの単価に対する鉄筋の単価の比である。この最適化問題の最適解は式（8）の範囲で，式（5）～（8）の境界に存在するから，最適化の手法としては直接探索法を用いた。

3．計算結果　　種々な σ_{ca}，σ_{sa}，α，q の組み合わせについて H_{opt}，p_{opt} を求めた。$\alpha=0.25$ の場合について示したのが図－2で，次式より最適解が求められる。$h_{opt}=H_{opt}N/b$…(12)，$A_{sopt}=p_{opt}\,b\,h_{opt}$…(13)　ここに，$H_{opt}=H^{l}_{opt}$（$H<H^{l}_{opt}$ のとき），H_1（$H^{l}_{opt}\leqq H_1\leqq H^{u}_{opt}$ のとき），H^{u}_{opt}（$H_1>H^{u}_{opt}$ のとき）…(14)，$p_{opt}=p^{u}_{opt}$（$H_{opt}=H^{l}_{opt}$ のとき），p_0（$H_{opt}=H_1$ のとき），p^{l}_{opt}（$H_{opt}=H^{u}_{opt}$ のとき）…(15)　ここに H_1，p_0 はつりあい断面の係数である。具体的に図－2を利用するには，まず H_1，p_0 を求め，ついで H_{opt}，p_{opt} を決定する。



（$\alpha=0.25$）　＊応力の単位は kg/cm² である。
図－2

4．考察　　q が余り小さくなく，σ_{ca} が高く，逆に σ_{sa} が低い場合には p_{opt} は p_0 より小さく，H_{opt} は H_1 より大きくなる。これは比較的費用が高く，強度の低い鉄筋をなるべく少なくし，逆に費用が安く，強度の高いコンクリートを多く使った方が経済的となることを意味している。この場合コンクリートの応力度は σ_{ca} 以下となる。次に q が小さく，σ_{ca} が低く，逆に σ_{sa} が高い場合には，$H_{opt}<H_1$，$p_{opt}>p_0$ となる。これは前の場合と逆であるが，このようなケースは少ない。この場合鉄筋の応力度は σ_{sa} 以下となる。最適解がつりあい断面と一致するのは，q が余り小さくなく，σ_{ca} が低く，σ_{sa} が高い場合であるが，このようなケースとなるのは少ない。したがって最適解はほとんどつりあい断面より高さが高く，鉄筋量は少なくなる。つりあい断面に対する費用の節約率は，例えば $q=100$，$\sigma_{ca}=80$ kg/cm²，$\sigma_{sa}=1800$ kg/cm²，$\alpha=0.1$ の場合約8％であった。