討議

長柱の弾性挫屈について

(土木学会誌第 37 巻第 1 号所載)

正員 工学博士 今 俊 三

非対称断面を有する理想長柱が弾性挫屈するときの挫屈方向の決定条件を吟味した岡本博士の上記論文は，それが従来漠然としか考えられなかつた挫屈機構の非常に重要な部分を明らかにする課題であり，又それにもかかわらずこれまで全然触れられなかつた問題でもあつたために，私は著者の創意に敬意を呈しつつ非常に興味深く拝見いたしました。今回土木学会からの依頼もあり，読後感じた点を以下に述べることといたします。

1. 断面 2 次率の減少のみを挫屈方向の決定条件とすることについて

圧縮荷重を負担する理想長柱の直線形は，柱の歪エネルギーを A_i，圧縮荷重による外力の仕事を A_e とすれば，周知の様に弾性の範囲では

$A_i-A_e>0$ のときに 安定

$A_i-A_e<0$ のときに 不安定

であります。即ち理想長柱は $\varDelta A=A_i-A_e$ が負の領域で小であるほど直線原形を離れて曲り易いと見られます。このことは問題の非対称断面の長柱では，最小断面 2 次半径をもつ主軸 x—x (原著参照) に直角な 2 方向の中で，$\varDelta A$ が負の領域で小である側により多く曲り易いことを指示するものであります。従つて挫屈方向決定の問題は，その方向の側に曲ることが反対方向の側に曲る場合よりも $\varDelta A$ がより小となることを証明することによつて解決するのが本筋ではないかと思われます。

2. 問題の困難性について

以上の様に考えますとどうしても挫屈曲線形が問題に介入して参ります。今

$$\varDelta A=\frac{1}{2}\left[\int EIy''^2dx-P\int y'^2dx\right] \quad (y：撓み)$$

のように表わしますと I が $(I\mp\delta I)$ に増減する場合 y が $(y\pm\delta y)$ となつてこれと対応し，これらを考えて柱が A-A 或いは B-B (原著参照) 方向に引張りであるように曲つたときの上記のエネルギー差をそれぞれ $(\varDelta A)_A$，$(\varDelta A)_{B}$ としますと

$$(\varDelta A)_A-(\varDelta A)_B<0$$

が証明されない限り長柱が A-A の側に引張りであるように曲ることが主張出来ないので，このように問題の中心に厄介な挫屈曲線形の因子が介入して来ます。ところがこの y が柱荷重 P の函数であるのみならず，(5) 式の δI も亦 P，y の函数である結果この問題の解明は著者が取扱つたように簡単ではなく，たとえ近似的にやれるとしても相当に困難であるように思われます。

セメントペーストの癒着について

(土木学会誌第 37 巻第 1 号所載)

正員 工学博士 篠 原 謹 爾

コンクリートの自然癒着の問題は，クラックの入つたコンクリート部材が自然状態で材令と共に癒着が行われ，どれ位の強度を回復するか，又，よりよく癒着させるためにはどういう方法を講じたらよいかというような点が研究の対象になると思います。構造物の一部にクラックが入つているのが癒着されて，ある程度まで強度を回復する状況を，数量的に実験によつて定めることはなかなかむづかしい問題と思われます。従つて結局は，実際の構造物の模型試験を行うか，或いは，出来るだけ単純な応力状態において試験を行い，これを基礎として一般的な問題に発展させるより仕方がないと思われます。著者村田氏はハリ型試験体によ

つて癒着に関する基礎的な性質を明らかにされています。ハリに生ずるクラックは組合せ応力によるのでありますから，ハリによる実験が必ずしも適切であるとは云いかねます。むしろ，ブリケットによる引張試験，円筒型による圧裂法の方がすぐれているようにも思われます。しかしもともと複雑な問題でありますからどの方法がよいというより，可能な種々の方法を併行して採用し，それらの結果から綜合的に結論される方が妥当であると思われます。次に，著者はクラックの生じることと破壊とを同一視されているように見うけられます。一つの部材又は構造物の一部にクラックを生じてもそれが即ち全体の破壊とは云えないと思います。癒着とはこわれてしまつたものが又もとのようにつながつて強度をもつというのではなく，一部にクラックが入つて強度が減少しているものがつながつて強度を回復する現象という風に解釈した方が実際的ではないかと思います。

Pre-Stressed Concrete の収縮とクリープについて

（土木学会誌第 37 巻第 1 号所載）

正員　猪　股　俊　司

岡田氏は (1) Davis, Glanville の法則 (2) Whitney の法則を基礎として，Dischinger の体系を発展された理論解であつて，pre-stressed concrete 部材に持続荷重 (sustained load) が作用しない場合の応力減少を明解に説明された。しかし持続荷重が作用している場合について，同様な理論解を応用することは非常に困難であろう。例えば鉄筋コンクリート梁のクリープ応力の解法にしても，学会誌 36—5 資料にある岡田氏の解法のように，簡単なものとはならないからである。筆者は工学的な設計計算の面から，数値計算の簡便な方法として，コンクリートの有効弾性係数を用いる解法を提案したい。これは応力減少計算の近似計算法ではあるが，持続荷重の作用している場合にも，簡単に数値計算が実施できることが非常に便利であると考えられる。

コンクリートの乾燥収縮およびクリープによつて部材のピアノ線位置におけるコンクリートの歪増加（縮み）はピアノ線歪の減少（縮み）に等しいのであるから，次のように考える。

(全歪—最初の弾性歪)≡(ピアノ線歪の減少)

即ち，

$$\frac{P_i-\delta P_i}{E_c' A_c}\left(1+\frac{e^2}{\gamma^2}\right)-\frac{Me}{E_c' I}+S_t-\frac{P_i}{E_c A_c}\left(1+\frac{e^2}{\gamma^2}\right)-\frac{Me}{E_c I}=\frac{\delta P_i}{A_s E_s}-\alpha\frac{P_i}{A_s E_s} \quad \cdots\cdots(1)$$

ここに，P_i：最初の緊張力，δP_i：緊張力の減少量，A_c：コンクリート断面積，A_s：ピアノ線断面積，e：ピアノ線偏心量，I：部材断面 2 次モーメント，$\gamma^2=I/A_c$，M：持続荷重による曲げモーメント，S_t：乾燥収縮量，E_s：ピアノ線の弾性係数，E_c：コンクリートの最初の有効弾性係数，E_c'：コンクリートのクリープを生じたときの有効弾性係数，$n=E_s/E_c$，$n'=E_s/E_c'$，$E_c'=E_c/(1+\phi_t)$，ϕ_t：クリープ特性，$n'=n(1+\phi_t)$，$S_t=K\phi_t$，α：ピアノ線クリープ量（%）

(1) 式を解いて δP_i を求めると，

$$\delta P_i=\frac{\left(KP_i-\frac{Me}{I}\right)(n'-n)A_s+S_t A_s E_s+\alpha P_i}{1+KA_s n'} \quad \cdots\cdots(2)$$

$$K=\frac{1}{A_c}\left(1+\frac{e^2}{\gamma^2}\right)$$

(2) 式で M としては最大値を用い，一様分布荷重の単純桁では $\frac{1}{8}wl^2$ を用いる。桁端に向つて曲げモーメントは減少するから，δP_i は大きくなるが，桁端に向つて外力による曲げモーメントは減少するから，ひびわれ発生の点からはほとんど問題とならないのである。

以上はピアノ線とコンクリートとは附着している場合であるが，附着のない場合には部材全長に沿つての変形を考える必要がある。今スパンを l としたとき，

$$\delta P_i=\frac{\left(KP_i-\frac{e}{l}\int_0^e\frac{M}{I}dx\right)(n'-n)A_s+S_t A_s E_s+\alpha P_i}{1+n'KA_s} \quad \cdots\cdots(3)$$

(3) 式の場合には $\int_0^e Mdx=\frac{1}{12}wl^2$ となるから (2) の附着のある場合よりも δP_i は大きくなる。応力減少の点からも附着のある部材の方が有利である。ピアノ線のクリープについても以上の解法によると簡単に計算上考慮できる。今 Magnel の試験結果について，岡田氏の結果と筆者の提案式との結果を比較すると次