

今月は論文集第150号(43年2月発行)登載論文としての5編を紹介いたします。今月紹介した論文に対する討議は43年8月20日まで受付けます。次号では第151号(43年3月発行)登載予定論文として下記の5編を紹介する予定です。

- 平井 敏・岡内 功・宮田利雄：吊橋の耐風安定性に関する風洞実験とその考察
- 村上巴里・三田村 武：長大吊橋に用いるキャットウォークの一試案と、その風荷重応力および温度変化の影響について
- 丹羽義次・佐藤 誠：縦衝撃を受ける多層棒内の応力伝播に関する実験的検討
- 末石富太郎・勝矢淳雄：下水道系統における滞流現象の実験的検討
- 吉川和広・春名 功：ネットワーク手法による施工計画のシステムアプローチに関する研究

## はりの固有値の逆数和に関する 二、三の考察

中 川 建 治

### 1. 固有値の逆数和

静定ばりの固有値の逆数和(固有周期の自乗和)は比較的簡単に求められることに着目して、断面変化にともなうはりの固有値の逆数和  $\Gamma$  の変化状態を検討した。曲げにともなうたわみ振動にのみ着目すれば、固有値を  $\lambda_i$ 、単位長さ当りの質量を  $\rho(x)$ 、載荷点載荷方向たわみを  $w(x)$  とし、固有値の逆数和  $\Gamma$  は、

$$\Gamma = \sum_{i=1}^{\infty} \frac{1}{\lambda_i} = \int_L \rho(x)w(x)dx \dots\dots\dots(1)$$

より求められる。

単純支持ばりや片持ばりにおいては  $\Gamma$  中に  $\lambda_1$  の占める割合が大きいため、 $\Gamma$  の変化によって基本周期  $T_1$  のおおよその変化状態を把握することを試みた。変断面ばりの  $\Gamma$  と同じスパンの等断面ばりの  $\Gamma$  とが等しくなるような等断面を決定し、この断面を動的等価断面と仮称する。おもな変断面ばりの  $\Gamma$  を級数和として求めたが、 $\Gamma$  の第1近似値をもとにして概略計算によって等価断面を決定する方法を示した。

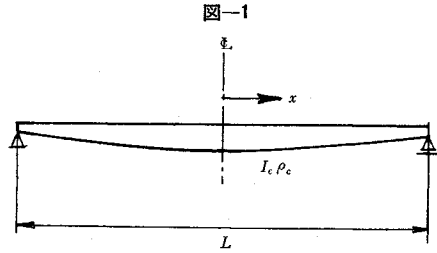
### 2. 単純支持ばり(図-1)

スパン中央を座標原点として曲げ剛さ  $EI(x)$  と単位長さ当りの質量分布  $\rho(x)$  を

$$\left. \begin{aligned} EI(x) &= (1-\beta^N|x|^N)EI_c \\ \rho(x) &= (1-\gamma^M|x|^M)\rho_c \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

と表示し得るような対称変断面単純支持ばりを想定する。等断面ばりの  $\Gamma$  は、スパンを  $L$  とすれば  $\rho L^4/90$

$EI$  となる。式(2)の断面をもつ単純支持ばりの  $\Gamma$  と



等断面ばりの  $\Gamma$  とが等しくなるような断面を決定すれば、式(2)にもとづいて、

$$\begin{aligned} EI_0 &= (1-\beta^N|\alpha_N L/2|^N)EI_c \\ \rho_0 &= (1-\gamma^M|\alpha_M L/2|^M)\rho_c \end{aligned}$$

と与えられる。ここに、 $\alpha_M, \alpha_N$  は表-1より求められる。

表-1 換算係数  $\alpha$

M, N	1	2	3	4	5
$\alpha_M, \alpha_N$	5/16	$1/\sqrt{7}$	$3\sqrt{5}/4$	$1/4\sqrt{21}$	1/2

### 3. 片持ばり(図-2)

曲げ剛さ  $EI$ 、単位長さ当りの質量分布  $\rho$ 、スパン  $L$  をもつ等断面ばりでは、 $\Gamma = \rho L^4/12EI$  となる。変断面ばりと等しい  $\Gamma$  を与えるような換算断面を近似的に求めて表-2に掲げる。表中 \*印は厳密値である。

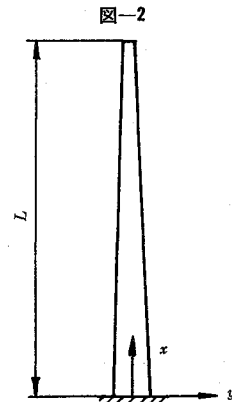


表-2 換算断面

実 際 の 変 断 面		動 的 換 算 断 面	
曲げ剛さ	質量分布	曲げ剛さ	質量分布
$EI(1-\beta x)$	$\rho(1-\gamma x)$	$EI(1-\beta L/5)$	$\rho(1-4\gamma L/5)$
$EI(1-\beta x)^3$	$\rho$	$EI(1-\beta L/5)^3$	$\rho^*$
$EI(1-\beta x)^3$	$\rho(1-\beta x)$	$EI(1-\beta L/5)^3$	$\rho(1-4\beta L/5)$
$EI(1-\beta x)^4$	$\rho$	$EI(1-\beta L/5)^4$	$\rho^*$
$EI(1-\beta x)^4$	$\rho(1-\beta x)$	$EI^*$	$\rho^*$
$EI(1-\beta x)^4$	$\rho(1-\beta x)^2$	$EI^*$	$\rho(1-4\beta L/5)^*$
$EIe^{-\beta x}$	$\rho e^{-\gamma x}$	$EIe^{-\beta L/5}$	$\rho e^{-4\gamma L/5}$

(1967.4.13・受付)

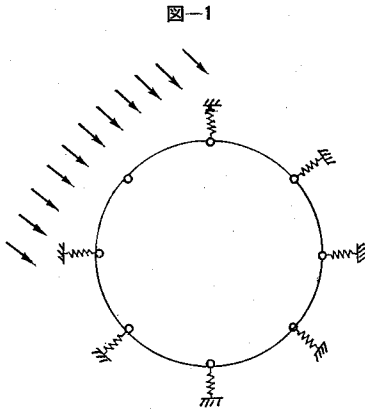
[筆者・正会員 工修 山口大学助教授 工学部]

# 多ヒンジ系セグメントリングの 設計計算法

山本 稔・遠藤浩三・福井正憲

この論文は、円形シールドトンネルのセグメント覆工を対象とした設計理論にかかるものである。

ヒンジ数が3個より多い多ヒンジ系セグメントリングは、不安定構造物であるが、これが地中に存在する場合には、地山から作用する主働土圧の外力と受働土圧的反力である抵抗土圧とを受けながら主としてセグメント相互のリンク運動によって変形し、不安定構造から安定構造へ移行していくと考えられる。いま、多ヒンジ系セグメントリングが、不安定から安定へと移行する過程においてセグメントを剛体と考えれば、その多ヒンジ系セグメントリングは、ヒンジにのみ地盤反力を受ける力学系で置換えることができるから、これを簡単に図示



のごとくヒンジに接続したスプリングで表示することになれば、外力の作用にともなって発生するリングの変形とともにヒンジにはつきつきとスプリングすなわち地盤反力が現われ、終りに1つのヒンジだけにスプリングの現われない状態が出現する。このとき、スプリングの方向いかにえれば地盤反力の方向が明らかであれば、この状態にある多ヒンジ系セグメントリングは静定であり、セグメント相互のリンク運動は、ここに至ってまったく停止する。そこで、セグメントリングをこの状態で解き、必要な変位計算を行なって構造の崩壊にたいする安全性を吟味すれば、多ヒンジ系セグメントリングは、始めに不安定構造物としてリンク運動するが、それが終わった後は少なくとも静定構造物に到達しうることが証明できたことになる。そして、えられた計算結果をそのまま利用してセグメントの構造計算も行なおうというのが筆者らの提案する設計計算法の原理である。

多ヒンジ系セグメントリングの解法には、筆者らの方法のほかにソ連邦ですでに実用に供されていると思わ

れる方法がある。この方法は、上述の解法原理に基づけばスプリングの方向も反力の大きさとともに未知とする場合に区分される。したがって、ここでは多ヒンジ系セグメントリングを不静定構造物として取扱い関係から、それにとりまぬ不便はまぬがれず、ことにこの種の不安定構造物において検討を要すると考えられる構造の安定性にたいする吟味に明確さが欠けるうらみがある。

筆者らの方法は、これらの欠を補うばかりか独自の立場からシールドトンネルの力学現象を抽象化することによってソ連邦の方法にも解法の原理的基礎を与える見解を打ち出したことに特長がある。解は、いまだ反力の発生していないヒンジすなわち非拘束ヒンジを1つもつ図示のセグメントリングが、反力の方向を含めた数種の仮定のもとに静定構造物として必要かつ十分条件を満たすことに着目して直接これを解き、応力と、変形とを分離して計算できるように工夫してある。この方法によれば、セグメントリングに作用する主働土圧の外力に制限を設ける必要がないばかりか、地山の変位と抵抗土圧との間にソ連邦の方法のごとく線形関係を置く必要もない。しかも、構造の安定性に関する吟味においては曖昧さが排除されているから、解の信頼性が高いと考えられる。

セグメント覆工の施工に当ってセグメントは、ボルト継手によってリングに組立てられるのが普通である。しかし、この種ボルト継手の実際は、ヒンジ構造に近いと考えられるし、またこれを積極的にヒンジと考えるならば、ボルト継手の弱点は排除されるから、ボルト継手をもつ従来のセグメントリングにおいても多ヒンジ系セグメントリングの設計計算法を適用する途があるように思われる。しかも、この設計法によれば、ボルト継手は、単にセグメントリングの自立に役にすぎないとして処理できるから、その構造を簡略化することができる。そのうえさらに、多ヒンジ系セグメントリングの断面力は、完全リングのそれに比して軸方向力は増大するが、曲げモーメントは減少するので、ことにコンクリートセグメントでは経済的な設計が可能になる。しかし、多ヒンジ系セグメントリングの真の利点は、その機能に適合したセグメントにおいて始めて具現されるものであるから、関係方面にその開発をお願いしたい。

(1967.5.22・受付)

山本：正会員 工博 東京都立大学教授 工学部  
遠藤：正会員 東京都交通局高速電車建設本部  
福井：正会員 同 上

## シールドセグメントの応力に対する 継手剛性の影響

久保慶三郎・結城 皓曠

シールド工法によるトンネルでは、数個のセグメント

をボルトで結合してリングを組み上げ、このリングを連結してトンネルを形成しているが、一般にセグメントどうしの継手の剛性、強度はセグメント本体部より劣るため、この目地をトンネル軸方向に通さないように千鳥に連結される。

このトンネルに土圧が作用すると、各リングは互いに変形を拘束し合うため複雑な不静定構造となり、リングの応力、たわみは継手のない一様リングよりも大きくなると考えられる。しかしながら、このセグメントの設計は一般に、継手なしの一様リングとして扱われており、継手剛性がリングの応力、たわみにおよぼす影響についてはほとんど研究がなされていない。実際には予想以上の応力が作用している可能性があるため、この問題について研究した。

筆者らは、目地が互いに通らないように連結されたリングが二軸対称な分布荷重のみを受け、周囲は土等で支持されていない場合について解析した。6個の継手と4個の継手を持つ2種類のリングについて、継手剛性の低下によってセグメントの応力、リングのたわみがどのように影響されるかを理論的ならびに実験的に調べ、一様リングとの差を明らかにした。

その結果、つぎのような結論を得た。

- 1) 継手の剛性が低下するとリングどうしの継手にはせん断力が作用し、その値は剛性の低下にしたがって増大する。
- 2) 前記せん断力の作用によって、セグメントの応力は一様リングよりも大きくなる。
- 3) リングのたわみも継手剛性の低下にしたがって増加する。
- 4) 前記のせん断力、セグメントの応力、リングのたわみは継手剛性がある値より小さくなると急激に増加する。
- 5) 継手剛性が0に近づくと、セグメントの曲げ応力は一様リングの約2倍になる。

(1967.7.12・受付)

久保：正会員 工博 東京大学教授 生産技術研究所  
結城：正会員 石川島播磨重工業(株)技術研究所

## コンクリートの品質の検査方法に関する考察

水野 俊一

現場でつくられたコンクリート供試体の強度試験結果から、つくられたコンクリートの品質の可否を判定することは、工事の責任施工が増加するとともに次第に広く行なわれることになるであろう。

コンクリートの強度試験は、大規模な工事現場を除いては一般に回数が少ないので、少数の試験値から品質の

可否の判定を行なわなければならないことが多い。ところが、試験値の数が少ない場合には検査力が低下するから、最も効果的な検査方法を用いなければ、誤った判定を下すおそれが多くなり、また、品質の不良なコンクリートでも容易に検査をパスすることになるので、検査方法の選択は非常に重要な問題である。

そこで、コンクリートの品質検査に最適な検査方法を求めるため、いくつかの問題点について検討を加え、検査方法の提案を行なった。

(1) コンクリートの強度試験結果が満たすべき条件を規定する場合とか、また条件が与えられて配合を定める場合には、それが品質管理の条件か品質検査の条件かを明らかにしなければならない。

(2) 強度試験結果が満たすべき条件「設計基準強度 $\sigma_{ck}$ の $q$ 倍以下のものは試験値の数の $1/h$ 以下でなければならない」においては、品質検査の立場からは、 $q$ は大きい方が望ましい。

(3) 品質検査の立場からは、平均強度に関する条件は望ましくない。また、移動平均は普通の平均とくらべると異常な値が生じやすく、またその分布が複雑なので、品質検査に用いるのは好ましくない。

(4) コンクリート標準示方書(無筋・鉄筋・ダム)における第1および第2のいずれの配合条件によって配合強度が定まる場合でも、平均強度が低下した不良コンクリートは、計数検査・計量検査の両者とも、ほとんど第2検査条件によって検出され、第1検査条件では検出されることが少ないこと、また、変動係数が18%をこえる場合には、第2検査条件も著しく検査能力が低いことを明らかにした。そして、その対策についての提案を行なった。

(5) 平均強度の低下を検出するには、計量検査の方が計数検査よりも効果的であるが、両者の検査力の差は大きくないので、簡便な計数検査を用いることができる。

(6) 無筋コンクリート標準示方書に示されている計数検査方法の生産者危険率は、示されている値より相当大きいので、使用に当っては注意を要することをのべ、その望ましい使用方法を示した。

(7) 強度のばらつきが大きくなった不良コンクリートを検出するのは、配合が第1および第2のいずれの配合条件によって定められる場合でも、計量および計数検査とも、ほとんどの場合第1検査条件であること、そして、この場合、計量・計数の両検査とも検査力が相当に低いことを明らかにした。

(8) 強度のばらつきを検出するため、つぎのような変動係数の分布を求めて、ばらつきの簡単な検査方法を示した。 $n$ 個の試料の変動係数を $V=u/\bar{x}$ で表わすと

き、 $v = V/\frac{\sigma}{m}$ の分布は

$$f(v) = \frac{2 \left(\frac{n-1}{2}\right)^{\frac{n-1}{2}} v^{n-2}}{\sqrt{2\pi\sigma^2/nm^2} \cdot \Gamma\left(\frac{n-1}{2}\right)}$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} e^{-nm^2/2\sigma^2(\xi-1)^2 - n-1/2v^2\xi^2} \cdot \xi^{n-1} \cdot d\xi$$

となる。ここで、 $u$  は不偏分散の平方根、 $m$  は母平均、 $\sigma^2$  は母分散である。

この式から変動係数の棄却限界を求め、容易に使用できる検査図を示した。そして、この検査と計量あるいは計数検査とを併用しなければ十分な検査とはならないことを明らかにした。

(9) 試験値の数が少ない場合に、検出される不良コンクリートの質を大きく低下させない方法を示した。

(1967.3.15・受付)

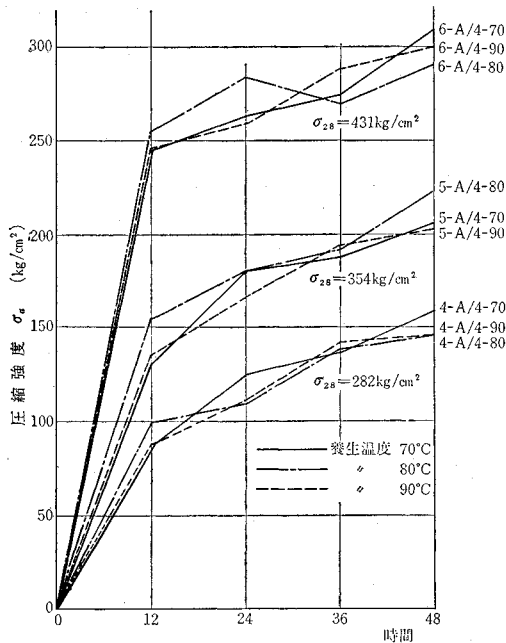
【筆者：正会員 工博 大阪市立大学助教授 工学部】

## コンクリートの管理特性として用いる高 温水養生供試体の圧縮強度に関する考察

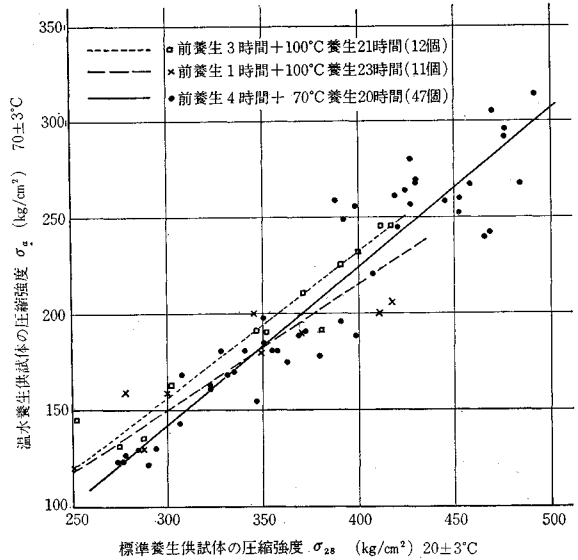
後藤幸正・尾坂芳夫・外門正直

所要の品質を有する現場コンクリートを経済的につくるために工事中コンクリートの工程を管理することが大切である。工程が管理状態にあるかどうかは、その工程でつくられるコンクリートの品質の試験値によって判断されるが、管理に用いる品質特性はコンクリートに必要な真の特性であることが望ましい。コンクリート構造物

図一 圧縮強度—時間の関係



図二 相関図表



が従来から一般に用いられている方法で設計施工される場合、標準養生円柱形供試体の材令 28 日における圧縮強度は事実上真の特性と考えられる。しかしながら、この特性には試験値を得るまでに長時日を要する欠点があり、そのため、多くの場合、この特性によって工程管理の効果をあげることは困難である。材令 3 日ないし 7 日程度における圧縮強度を管理用の特性とする方法も研究されているが、この方法においても基本的な改善は望まれない。スランプ値、まだ固まらないコンクリートの分析値、等はコンクリートの代用特性と考えられ、工程の一部の段階を管理するために有用であるが、決定的な管理特性とはなり得ない。

70°~100°C の温水で養生した円柱形供試体の圧縮強度試験の結果によると、温水養生 24 時間圧縮強度は、標準養生供試体の材令 28 日における圧縮強度との相関が高く、工程の管理に用いる品質特性としてつぎのすぐれた性質を有している。

- i) 短時間に試験値が得られ、試験結果を速かに工程の管理に反映できる。
- ii) 材料・配合・計量・練りまぜ・運搬・等について、構造物におけるコンクリートと同じ因子をもっている。
- iii) 試験方法が容易である。
- iv) 供試体をつくったと同じ翌日の時間帯に圧縮強度試験ができる。
- v) 養生用温水の温度を一定とする場合は、供試体の養生を容易に行なうことができ、コンクリートの作業の進捗に有害な影響をおよぼすことがない。

(1967.4.22・受付)

【後藤：正会員 工博 東北大学教授 工学部  
尾坂：正会員 国鉄構造物設計事務所  
外門：正会員 東北大学助手 工学部】