

## 【討 議】

## 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 共著

(土木学会論文集 第150号 昭和43年2月所載)

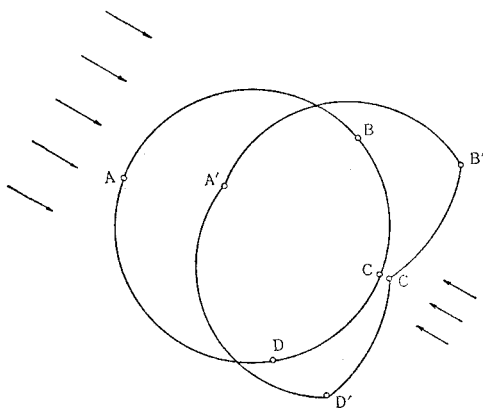
討 議 者：長 尚 (信州大学工学部)

本論文の計算法の原理について、著者らの考え方を要約するとつぎのようになる。

継手をヒンジ構造にした円形シールドのセグメント覆工、すなわち多ヒンジ系セグメントリングは、地山から作用する主働土圧的外力と、地山の受働土圧的反力である抵抗土圧を受けながら変位し、本来構造としては不安定であるが、崩壊せずに安定化して行く。この状態は、本論文の図-1に示されるように、地山から拘束されていないヒンジ(非拘束ヒンジ)が1つで、他のヒンジは地山方向への変位が拘束された力学的モデルとして捉えることができる。このモデルは、非拘束ヒンジが相隣るヒンジとの幾何学的関係において、リングの内側に自由に変位しうようになるまでは崩壊せず、安定である。したがって、本構造の設計は、1個の非拘束ヒンジをもったセグメントリングを解く(本論文の図-2で示されるように、抵抗土圧の発生する方向を規定して考えれば、静定構造物として解くことができる)ことと、その結果の抵抗土圧を用いて各ヒンジの変位を求め、非拘束ヒンジがリングの内側に崩壊するかどうかの幾何学的条件を検討することに帰せられる。

著者らの考え方の骨子は以上のようなものであるとして、つぎの諸点についてご質問します。

図-1



(1) 「非拘束ヒンジを1つ残す構造においてまったく安定であることがわかる」(p.10, 左下から7~6行目)とあるのは、「拘束ヒンジはすべて地山方向に向かって変位するので多ヒンジ系セグメントリングの崩壊は、最後に残った1つの非拘束ヒンジの飛躍によって発生するにすぎない」(p.10, 右下から27~30行目)という考え方が前提となっているものと思われる。しかし、たとえば図示のように、C点がB, D点に比べて、地山が固くて変化しがたい場合とか、C点に主働土圧的外力が働き、受働土圧的外力の発生がわずかなようなときなどでは、地山に拘束されたヒンジの中でも崩壊することが考えられる。

したがって、本構造の安定性の検討は、非拘束ヒンジの崩壊条件を吟味することだけでは済まされないのではないか?

(2) シールドに作用する荷重および地山の抵抗係数( $K$ )は一般に把握しがたく、またそれらの値のばらつきが非常に大きい。しかも本構造にはいわゆる重ね合せの原理が適用できない。したがって、設計に用いる荷重の大きさ、その分布状態、地山の抵抗係数( $K$ )などは、安全を考えて、実際に起こりうる極端な状態もしくは値(たとえば一部分の湧水などによる部分的な $K$ の値の極端な減少など)を幾種類か想定しなければならない。しかし、このような種類をすべて想定しつくすことは、実際問題としては相当困難と思われるから、本構造のとくに安全性の確認はむずかしいのではないかと?

(3) 本構造において、曲げモーメントが小さいのは、リングに作用する力の合力の作用点各ヒンジ点を通るように抵抗土圧が発生するからで、このような抵抗土圧が発生するのは、ヒンジによってリングの変位が容易にされているためと考えることができる。しかし、継手が多少モーメントに抵抗できる構造(ボルト継手構造)においても、継手が降伏すると、同様な傾向が現われ、究極的には合力の作用点各ヒンジ点付近を通るように抵抗土圧が発生するから、曲げモーメントが大きく発生することはない。また継手以外の点に降伏ヒンジが発生しても同様な抵抗土圧の発生によってモーメントは大きくならな

い。したがって、同一強度のセグメントを用いた継手をヒンジとした構造と、ボルト結合した構造を比較したとき、後者が前者より、強度および安定度の点で勝るとも劣ることはない。

したがって、「多ヒンジ系セグメントリングでは曲げモーメントが減少するから経済的構造となる」という結論は、単に設計の考え方としてだけでなく、実際の構造においても、継手をヒンジにすることに対しては、当を得ていないのではないかと。さらに前項で述べたように、本構造の安全性の確認が困難であるとすれば、やはり実

際の継手はボルト結合にすべきではなからうか？

(4) 「設計計算の対象となる構造は解の存在の可能性をもつすべての静定構造である」と、本論文の 3.(2) の終りにあるが、形状および主働荷重が一定なものに対応する静定なつり合い状態は 1 種類しか存在せず、したがって、解が 1 つ見つければ他の静の存在の可能性について検討を加える必要はないのではないかと。

(5) 数箇所に「地山とセグメントリングとの間に相対的ずれを……」とあるが、相対的ずれとは具体的にはどのようなことを指すのかご教示願いたい。

## 【回 答】

山 本 稔(都立大)  
遠 藤 浩 三(都交通局)  
福 井 正 憲(同)

(1) 本設計計算法はあくまでも設計計算を対象としたものであるから、セグメントリングの周辺地山の性質がほぼ均一であり、シールド工法採用可能な地山について適用するものである。したがって、設問のごとくたとえば C 点が他のヒンジ点に比べて地山が固くて変位がたい場合(地山の抵抗係数  $K = \infty$ ) のように特殊な地山条件では、この点の主働土圧的外力、あるいは抵抗土圧を集中荷重の形で与える等の特別な工夫を施して解くことが必要と考えられる。このような特殊な場合はかならずしも非拘束ヒンジの飛躍によってリングの崩壊が起こるとは限らず、解かれた静定構造物の変形状態の吟味で、非拘束ヒンジの発生位置とは無関係に安定性の検討を行なわねばならないことになる。

(2) 地山の抵抗係数 ( $K$ ) の値については、一般に推定しがたいのは事実である。本設計計算法では、つりあい条件で抵抗土圧を求めることができるから、外力と抵抗土圧が変位に無関係に定まり、変位計算が簡略化されるので安定計算が明快になっている。したがって、すべてのヒンジ点で異なる  $K$  の値を想定して計算しても変位計算はさして面倒ではない。困難なのはあくまでも実情にあった  $K$  の値を正しく把握すること自体にあるのであって、このことは静定構造物のみならず不静定構造物においても同様に言えることである。

設問中、「しかも本構造にはいわゆる重ね合せの原理が適用できない」とは、この質問に対してどのような関係があるのだろうか。

(3) ボルト継手構造のセグメントリングは、完全閉合リングとして設計されるか、あるいは、多ヒンジ系リングとして設計されるかにより 2 つの考え方がある。この設問では、いずれの考え方に基づくものか不明である。後者の考え方によれば、筆者らが本文 23 ページに既述

済みであるから、ここでは省略させていただくとし、前者の考え方によれば、継手を剛結合として取扱うから、セグメント部材に発生する最大モーメントは多ヒンジ系リングのそれに比べて大きくなり、継手あるいは他の部分が降伏してヒンジとなった段階では、はじめの設計上の余裕ある強度は無意味となるばかりか不経済となる。

また、このような降伏ヒンジでは、降伏状態が全同一になるとは限らず、きれつやその他セグメントに重大な欠陥を生じさせることになりかねない。これはセグメントリングの防水を困難にさせ、また、リングのリンク運動をも阻止することになる。

上記のような欠陥を生じさせないような構造をセグメントに与えておくならば、それは、はじめからヒンジ構造そのものであり、当初から「継手が多少モーメントに抵抗できる構造にしておく」必要性は毫末もないはずである。

(4) 設計計算の対象となる構造は解の存在の可能性をもつすべての静定構造 ( $n$  個) ではなく、これらを解いて得られる抵抗土圧  $q_i$  が  $q_i \geq 0$  となる静定構造のみに限られる。

静定なつりあい状態は、 $n$  個のセグメントからなる多ヒンジ系セグメントリングでは合計  $n$  個存在しうるが、現実に存在しうるものは、これらの中  $q_i$  の 1 つ以上に引張りの抵抗土圧が発生しない静定構造に限られる。この静定構造が 1 種類しか存在しないことは証明を要することであるから、解が 1 つ見つかったからといって他の解の存在の可能性をただちに否定することはできない。

(5) ここでいう「相対的ずれを認めること」とは、地山とセグメントリングとの間に働く摩擦力、すなわち地山の抵抗土圧の接線方向成分を無視して、地山に対するセグメントリングのずれを全く自由と考えたことである。これは、ソ連邦の方法においては、抵抗土圧の接線方向成分を考慮してすべりを認めていないため設計計算上危険側となっているのに対し、本設計計算法ではそれだけ安全側の処置をしたことになる。

# PARTNER

# K12

パートナー

エンジンカッター

# 切る

### ■誰でも切れる

スターターを引張るだけで誰にでも簡単にエンジンがかけられます。切断作業は一人で行い、特別の熟練を要しません。

### ■どこでも切れる

小型で軽量ですから持ち運びに至便です。その割に馬力は強く、どの様な姿勢でも操作出来、どこでも切れます。

### ■何でも切れる

鉄、コンクリート、その他何でも切れます。ヒューム管、土管、鉄骨、鉄筋など土木建設、その他種々の業務の切断作業に威力を発揮します。

### ■はやく切れる

例えばコンクリート道路で3cmの深さ、15mの長さに要する切断時間はわずか約15分です。

### ■きれいに切れる

切口はきれいに切れます。切断作業の後バリトリとか仕上とかの必要はほとんどありません。

### ■安全に切れる

特にパートナーカッター用に製作したディスクを用いておりますので切断作業は極めて安全且、迅速に行えます。

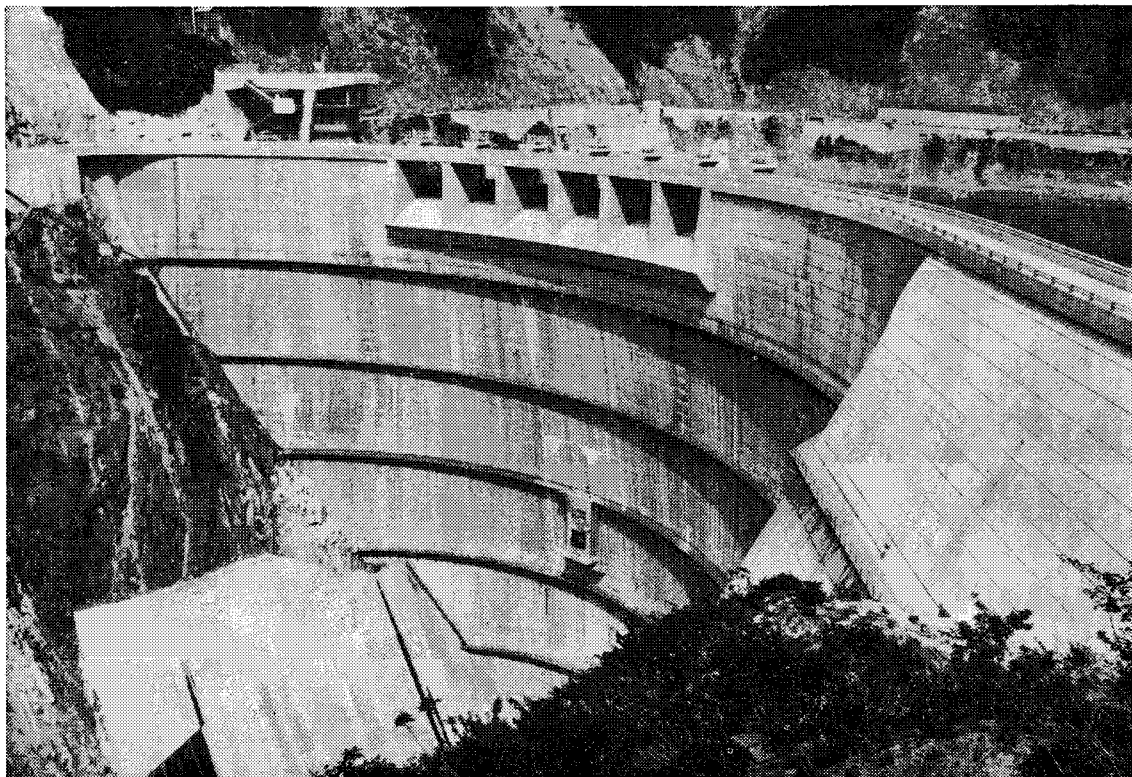


- 鋳 鉄 管
- ダ ク タ イ ル 管
- ヒ ュ ー ム 管
- 道 路
- ワ イ ヤ ー ・ ケ ー ブ ル

## 日本アレン機械部

東京都豊島区巣鴨7丁目1875番地 TEL(944)1711(代)  
本社 東京都千代田区内神田2丁目4-4 TEL(256)6551(代)  
大阪支店 大阪市北区牛丸町55東洋ビル内 TEL(372)4571(代)  
福岡営業所 福岡市露町149 TEL(53)1515  
広島営業所 広島市三川町10-13 TEL広島(47)6351  
北海道出張所 北海道苫小牧市音羽町13の11 TEL(苫小牧)2-5016

最も良い最も経済的なコンクリートを造る



# DURABLE CONCRETE

## ポゾリスコンクリートの耐久性

コンクリートの耐久性はコンクリートの諸性質上極めて重要な性質であります。凍結融解に対する耐久性、酸・アルカリ・塩類等の化学的浸蝕、磨耗及び中性化に対する抵抗力等、ポゾリスの各種類はどれも大きな耐久性を示します。ポゾリスは、最高の均質性と作業の容易性を提供する最良の混和剤です。

——カタログ贈呈——



標準型  
遅延型  
早強型

種類 / No.5 / No.5L / No.8 / No.8 IMP / No.10 / No.100〔N.R.XR〕

東京都港区六本木3-16-26 ☎ 582-8811  
大阪市東区北浜3-7(広銀ビル) ☎ 202-3294  
仙台市東二番丁6-8(高ビル) ☎ 24-1631

ポゾリス物産株式会社  
日普マスタービルダース株式会社

名古屋市中区新栄町1-6(朝日生命館) ☎ 262-3661  
広島市八丁堀12-22(築地ビル) ☎ 21-5571  
福岡・二本木・高岡・札幌・千葉