

# 山留め工事の問題点

た なか おさ み  
田 中 修 身\*

## 1. はじめに

根切り工事に伴う山留め工事に関連する研究は、昭和30年頃より目立って来ており学会などで発表された文献も100編以上を数えるが、計算基準とか施工指針的なものにまとめ上げる活動は遅れており、現在は建築学会の構造標準委員会・仮設構造分科会で「山留め工事設計施工指針（仮称）」の作成に取りかかっている程度であろう。

ただ、工事の進め方は非常に変わって来ており、経験とかにだけたよっていたものから、最近のほとんどの現場ではボーリングなどの調査に基づいて計画図書（計画・計算・施工図）を作成し、これにそって施工を進めるやり方が多くなり、切バリ反力測定や周囲地盤の沈下測定などの計測管理を行なう事例も多くなっている。

以下、最近の山留め工事とその問題点につき思いつままま述べてみたい。

## 2. 最近の山留め工事

自動車の排気ガス問題以前から建設工事に関連する公害問題は発生しており、最近ますますその制約を強く受ける様になっている。建設工事の公害は、騒音・振動・地盤沈下・地下水枯渇がその代表的なものであるが、その大半は山留め工事に関係しているため、山留め工事は公害防止を取り入れた施工方法に変わって来ている。一例をあげると親ガイ・横矢板工法に用いるIビームなどの打込み方法は、従来デルマックなどの打込み機械で直接地中に打込んでいたものを、最近では、スクリーオーガー機で削孔もしくはゆるめた所にIビームをそう入し、根入れ部分だけをモンケンで打込む方法を用いる例が市街地工事では多くなっているし、場合によっては地中連続壁などの無騒音・無振動工法を採用するようになってきている。

透水性の良い地盤での排水工法も従来のように現場周囲の水を無制限にポンプアップしていたのを極力やめて、地中連続壁を用いるなどして掘削敷地内だけの水をポンプアップし周囲の地盤沈下を防止する方法が多くなったため、山留め壁に加わる荷重（土圧+水圧）が大き

くなり山留め支保工もより剛性の大きなものを必要としている。山留め矢板の根入れ長さも、以前はヒービングの恐れのある所以外はあまり深く根入れをとっていなかったが、最近では掘削敷地内に地下水を流入させないために根切り底より10mも下にある粘土層まで根入れをさせた例がある。

このように公害防止対策に神経を使いながら工事を進めているのが最近の山留め工事の特色の一つになっているが、このためのコストアップも相当のウェイトを占めるため山留め計画立案の際は十分なる調査に基づいた入念なる計画が要求される。

最近の根切り・山留め工事のもう一つの大きな特色は機械化施工による短期間の工事になっていることであろう。安全施工の面から考えると安定している地盤を短時間に掘削すると、急激なバランスの崩れが生じ事故につながる危険度が高くなる。特に掘削による地盤条件の変化は、じわじわと行なわれるので事故発生のタイムラグは半日～3日と遅れてくるし、また、事故防止対策は数時間という短時間では取りにくいので、機械による短時間での過剰掘削は厳に慎まなければならない。

しかしながら、最近の労務費の高騰、労務者不足からどうしても機械による施工にならざるを得なく、機械を使つての施工のスピードアップによりコストダウンをはかるというのは人情なので、どこでバランスをとってスムーズな施工を行なうかという判断が現場管理者に要求されてくる。

第三の特色は、掘削機械の性能を十分に発揮させるために支障となる水平切バリを全部省略したり、切バリ架設スパンを大きくして作業空間を広げるためのタイバックアンカー工法とか、コンクリート切バリ工法などの新工法がだんだんと使われだして来ていることであろう。

最近の建設工事の大きな変化は施工の機械化であり、このための根切り・山留め工法の変化は自然の成りゆきであるが、くれぐれも掘りすぎなどの急激なバランスのくずれに注意した慎重な施工が望まれるところである。

## 3. 山留め工事の問題点

山留め工事についての問題点、未知の事項はまだまだ数多く、一番大切な荷重項としての「土圧、水圧」の仮

\* フジタ工業（株）技術開発センター技術指導部チーフエンジニア

定も適確に行なえないのが現状であろう。

同一地盤で同一条件の根切り工事を行なう場合でも、「親ガイ・横矢板工法」で施工する場合と「シートパイル工法」で施工する場合と、「地中連続壁工法」で施工する場合とでは山留め支保工に加わって来る荷重項は違ってくる。止水性のある山留め壁では地下水圧の荷重分だけ増加すれば良いというものでもなく、山留め壁のタワミ量の大・小も荷重項に変化を与える。

このように、調査や施工条件に基づいた仮定、その仮定を設定した条件通りの施工をやっているか否かなど、数多くの要因によって「土圧・水圧」の荷重項は変化してしまうので計画立案者と施工者のコンビネーションが重要になってくる。

以下、気のついた問題点につき少し述べてみたいと思う。

### 3.1 土圧、水圧

現在、山留め工事計画立案者が多く用いている荷重項としての土圧、水圧の推定は、ランキンやクーロンの古典的土圧論によったり、テルツァーギやチェボタリオフの土圧式を用いたりしている場合が多い。建築技術者は建築学会基礎構造設計規準 48 条による土圧分布式を使用する場合が多いようであるが、これも現在、建築学会・構造標準委員会の基礎構造分科会で改訂する動きにあるようである。

筆者なりに考えている問題点を以下列記してみる。

1) 軟弱地盤の場合山留め壁には根切り底以深にも山留め壁を押す土圧が発生すると思うがこれをどう考えるか、またその発生深度と土圧分布形をどう考えるか。

2) 矢板のタワミ量によって土圧は変化するが、根入れ部分の矢板の固定点（不動点）はチャン（chang）式によるクイの反曲点を求める式より推定しても良いものかどうか（特に剛性の高い地中連続壁工法の場合）。

3) タワミ量と土圧変化との関係（定性的ではなく）。

4) 根入れ部分の抵抗土圧は受働土圧の考え方で良いのか。受働土圧が十分期待できるまでには相当量のタワミが生ずる場合も地盤条件によっては考えられる（実測値からみると計算値の  $1/3 \sim 1/2$  しか生じていないようだが……）。

5) フラットな根切り底をもつ場合の受働土圧は測定によるチェックも行なわれている。しかし斜面をもった矢板根入れ部の受働土圧の算定法の場合は、運輸省港湾技術研究所の沢田源平氏の提案式ほか 2, 3 の方々の提案式も見られるが、いずれも実測値との比較検討がなされていないので、現在の所では安心して使用できない状態であろう。

6) 山留め壁面に加わる荷重と切バリ反力との関係。

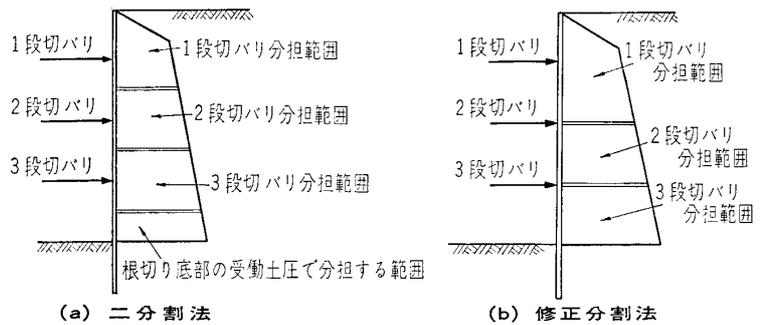


図-1

切バリ分担面積の考え方、すなわち従来から行なわれている上下方向の各段切バリ間隔の2分割法以外に、最近鹿島建設の野尻明美氏の提案した「修正分割法」がすべての地盤条件に使用可能なものであるかどうか。

筆者の考えでは、軟弱地盤では修正分割法の考え方が実情に近いが、ある程度以上の縮まった地盤の場合には根切り底部分の受働土圧が十分抵抗し得るので、2分割法の方が実情に近いものと考えている。ではどの程度以上に縮まったら2分割法の考え方にすれば良いのかはチェック出来ていない。現在の所、便宜的に、根切り底以深の地盤が  $N \geq 15$  の砂質地盤および  $N \geq 6$  以上の粘土地盤であれば2分割法が良いものと私なりに考えている。

7) 地震時土圧に関する問題。砂地盤に対しては多くの研究がなされているけれども、まだ不明な点が多く体系化されていない。粘土地盤に関してはほとんど研究されていないのが実状であろう。

筆者が実際の工事現場で測定したり、測定データを拝見したりした結果から考え、地震時には山留め自体が周囲地盤と一緒に動いているようで、切バリ反力が地震時に大きく増加する傾向は見られないようである。ただし、隣りに剛な地下室がある場合にはこの建物に直交する切バリ反力は大きくなるようで、新潟地震の際、某工事現場の剛な建物側の腹起こし部材のフランジが曲がっていたり、建物方向に向かっている切バリの一部が座屈していたことから傾向的にはこの考え方が正しいものと考えている。

8) 山留め壁に加わる地下水圧は、一般に水密性山留め壁の場合は全静水圧を考慮し、親ガイ・横矢板工法のような非水密性山留め壁の場合には地下水圧を全然考慮しないという考え方で現在計画や山留め計算をしているが、水密性山留め壁の場合でも場合によっては山留め壁に加わる地下水圧を低減出来ると思われるが間違っているだろうか。例えば、

i) 地盤の透水性が良く、山留め壁内にかかる排水設備によって、周囲地下水位が低下する場合。

ii) 粘性土と砂質土が互層になっており、かつ地下

水には過剰間ゲキ水圧がないと、掘削敷地内でドライワークをするために行なうポンプアップにより周囲地盤の間ゲキ水圧が低下しやすい。この影響は、山留め壁先端部に近いほど多く受け、かつその地層の上部に粘性土があるとその影響が大であると思われる。

iii) 水密性山留め壁であっても、その種類と施工方法によっては完全止水することが困難であると思われるので、山留め壁付近の地下水位や地盤の間ゲキ水圧が低下する。

筆者の今迄の測定経験からいうと、砂質土の下に厚い不透水性の粘土地盤があり、かつ、山留め壁がこの粘性土に完全に根入れをされた場合の上部砂質土の地下水圧を除き、荷重項としての山留め工事設計用地下水圧は低減可能と考えているが明確な裏付け資料が非常に少ないので、当面の間は純土圧（有効土圧）と地下水圧とを分離せずに、建築学会基礎構造設計規準に示されている山留め壁に働く土圧分布図のように、荷重項が山留め壁に加わるものとして計算する方がより現実的であると考えている。

以上のように、土圧・水圧に関する問題点は主として施工計画・山留め計算を行なう場合に問題となることが多く、また、この問題点も判らないことが多いのであるが、現実には工事を行なわなければならない。したがって、施工計画立案者や山留め計算を行なう者は、現状では周囲条件、工事規模、建物の重要度をにらんで適当に安全率を加算して処理しているようである。

### 3.2 上載荷重

山留め付近の地盤面上に建物、盛土、施工機械などの上載物がある場合の考え方として、一般には図-2のように、上載荷重に一定の係数（土圧係数）を掛けた値が深さに関係なく無限に影響するとしているが、1967年に労働省産業安全研究所で行なった大型実験によると、「静的上載荷重の影響は全深さ（この場合：5m）の1/2程度の範囲にとどまっておき、増加土圧の分布は弾性地盤内の水平応力分布曲線と類似している」と発表して

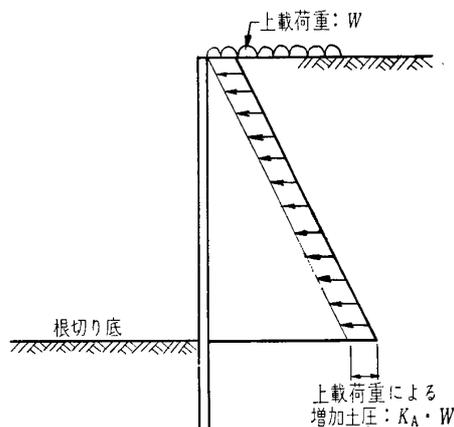


図-2

いる（図-3 参照）。

動的上載荷重による影響に関しては、適当なデータは見当たらないが、同じ労働省産業安全研究所でのブルドーザー走行実験では「大きさ・分布形状いづれも接近距離に大きく影響を受けており、

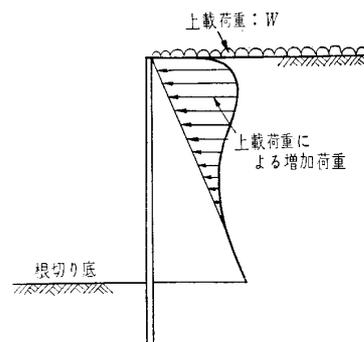


図-3

静的上載荷重と同様、深さにより減少する傾向もあり、また、山留め壁面に対して動的上載荷重が走行する方向（直角に動くか、平行に動くか……）によっても変化する」と定性的な傾向はつかめたが、定量的には明確でないようである。

このように上載荷重による土圧の増加程度も判らない問題の一つであろう。

### 3.3 山留め部材の許容応力度

建築工事の場合は、建築基準法施行令 136 条、建築学会・建築基礎構造設計規準 48 条で「鋼材および鉄筋コンクリート部材に対しては短期許容応力度、木材に対しては長期許容応力度と短期許容応力度の平均値を許容応力度としてとる」と規定されている。

土木工事の場合は、所轄官公庁ごとに規定しているようであるが、共通の基準値は決められていないようである。

労働安全衛生規則では第 163 条の 16（材料）で「土止め支保工の材料については、いちじるしい損傷、変形または腐食があるものを使用してはならない」とのみ規定している。

問題となるのは、建築関係の「鋼材および鉄筋コンクリートに対して短期許容応力度を許容応力度としている」ことであり、従来は、工事が比較的短期間であり、仮設構造物であるという考え方に基づいていたためにこの規定がなされたと思われるが、最近の様に工事が大規模かつ長期間の工事が多くなり、また、使用鋼材もリース会社の品物が多くなっていることから考えると、鋼材の許容応力度は短期許容応力度ではなく、いくらか低減して計画・計算しなければならないものと考えている。

### 3.4 ヒービング

ヒービングによると思われる事故例やこれを未然に防止したと思われる例は時々見聞するが、ヒービング現象に関する調査研究や資料は非常に少ない。

これは、途中段階での根切り地盤面のレベルがはっきりしていないため地盤の盛上がり現象が最終床付け（捨てコンクリート打設時）以前にはつかみにくいこと、および、崩壊につながる様な大規模な事故であれば、地盤

の動きが急速に生ずること、緊急に行なわねばならない事故処理のために事故原因を正しく検討する余裕がないことなどの理由によるためであろう。また、実験的に検討したくてもその研究方法が容易でないために、ヒービングの破壊機構の現象がまだはっきりつかめていないのが現状であろう。

現在ヒービングに関しては、テルツァーギまたはチェボタリホフの提案式によって十分なる安全率をもつように計画・計算しているのであるが、このチェックによって本当に十分だったのか、本当は過剰設計だったのではないかなどの検討が出来ないために、ヒービングの検討をする時はいつも納得できないまま計算しているのが大方のご意見であると考えている。

問題となる点を列記してみると次のようなものがあげられる。

1) ヒービングとスベリ破壊現象が似ているので区別しにくい。一般にヒービングの場合、山留め壁が沈下するといわれているが、山留め壁ごと動かすような大きなスベリ破壊の場合にも、山留め壁は沈下しながら横移動すると思われるのでこの区別がなかなかつきにくい。

2) ヒービングのスベリ面は根切り底部分までは垂直で、その下は円弧スベリ面と推定して計算するがこのスベリ面はこれで良いのか。

3) テルツァーギやチェボタリホフなどの計算式ではスベリ面での抵抗値としてセン断力 ( $s$ ) = 粘着力 ( $c$ ) として粘着力の値を採用しているが、現地でベーンテストにより地盤のセン断抵抗を測定してみると大きな違いが出る場合が多い。同一深度・同一地盤での測定例は非常に少ないが、参考までに測定例を表-1に示す。なおこの表に示す内部摩擦角、粘着力はサンプリング後に行なった三軸圧縮試験結果(非圧密・非排水)によるものであり、セン断力は現地でポーリング中に併行して行なったベーンテスト結果によるものである。この様に、小さな内部摩擦角でもスベリ面で抵抗するセン断抵抗力は粘着力のみの値より相当大きくなるので、スベリ面の型

表-1

深度(m)	地盤名	内部摩擦角	粘着力およびセン断力
G.L. -15	シルト	2°~4.5°	c=2.4 3.6 s=3.5 5.3 c:粘着力 s:セン断力 単位: t/m <sup>2</sup>
-20	シルト	4°~5°	c=2.6 5.0 s=6.0 10.0以上
-25	シルト 粒分析試験 結果 砂:5.5% シルト:10.5% 粘土:84.0%	2.5~4.5°	c=4.3 5.2 s=7.3 10.0以上

さえもっと明確になればより合理的な検討が出来ると考えているし、またヒービングに関する検討を行なう場合には原位置でのベーンテストによるセン断抵抗力を測定し、この値を用いての検討を心がけるべきであると考えている。

4) 図-4のような地層で根切り底より下の粘土層が薄い場合、その下の砂レキ層の被圧水圧の大きさによっては、この厚さ  $D$  mの粘土層が持ち上げられてしまう。この現象もヒービングの一種であるが、では何  $t/m^2$  の被圧水がある時に何mの粘土層があればヒービングが発生しないかの検討方法がはっきりしない。

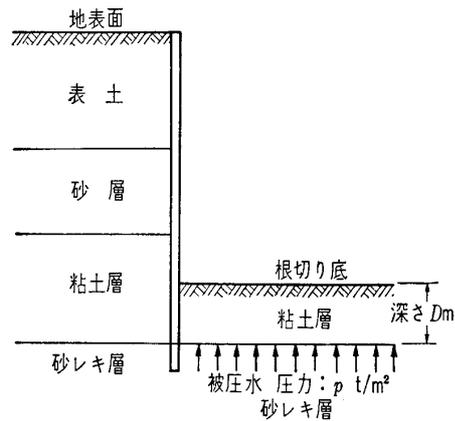


図-4

一般には、

$$p(t/m^2) < r(t/m^3) \cdot D(m)$$

ただし  $p$ : 被圧水の圧力 ( $t/m^2$ )

$r$ : 粘土層の湿潤密度 ( $t/m^3$ )

$D$ : 薄く残った粘土層の厚さ (m)

であればヒービングは生じないとチェックしているが、この式の右辺にある粘土層の重量は良いとしても、この式の左辺である砂レキ層の被圧水が、粘土層を持ち上げようとする力 ( $p t/m^2$ ) は被圧水をもつ地盤の間ゲキ比、またはその他の要因によって低減がなされるのではないかと疑問に思っている。すなわち、

$$p = n \cdot p_0 < r \cdot D$$

ただし  $n$ : 低減常数

$p_0$ : 理論水圧 (この例の場合

$p_0$  = 被圧水圧)

で検討すべきでないかと考えている。この考え方は、圧力理論から考えると矛盾しているがニューマチックケーソンの理論作業気圧をこの考え方でやる人がいること\*、および  $p > r \cdot D$  以上の圧力水があっても施工出来たという人の経験談を聞いたりすると、何かこの低減常数  $n$  が存在するのではないかと思ひ現在これに関する実験を計画中である。

\* 参考文献「基礎とずい道の掘削」飯吉精一著、技報堂刊 p. 46.

### 3.5 施工上の問題点

「2. 最近の山留め工事」の項でも述べたように、最近の山留め工事は、施工方法の面でも相当変化して来ている。以下、気のついた点を少し列記してみたい。

#### 1) 深い山留め壁の施工

地下室の階数は昭和 30 年頃までは 2 階程度だったもので、G.L. -10 m 前後の根切り工事がほとんどであったが、昭和 35 年頃より地下 4 階、地下 5 階の工事が出て来ており、G.L. -20 m, G.L. -30 m の掘削工事を行なうようになって来ている。土木工事でも地下鉄や共同溝が二重、三重に交差している場所では G.L. -20 m, 以上の深い掘削工事が出現している。

このため山留め壁の施工深度も 20 m, 30 m, 35 m と非常に深い所まで施工しなければならなくなっており、従来から一般に用いられているシートパイルの施工限度が 20 m 程度であるといわれていること、ならびに深い所の土圧・水圧が大きくなるため山留め壁の剛性が要求されてくること、および、公害防止対策を盛り込んだ施工でなければならないことなどの理由により、山留め壁は「鋼管矢板」、「現場造成クイによる柱列」、「地中連続壁」などの使用が多くなって来ている。この場合問題となることは、施工経験の豊富さ、土質や深度に対する施工機械の限界、などにより山留め壁の施工精度や止水効果の差が出て来ることで、さらにこの施工精度や止水効果は掘削前に確認しにくいことという点が根切り、山留め工事をむづかしくしている。

#### 2) レキ、岩などの掘削困難な地盤での施工

今迄の都市形成状況からみると、大きな建物の建つ場所は三角州などのチュウ積層地盤が多かったが、最近では市街地の拡大により洪積層地盤での施工も多くなって来ている。それも、地下階数の関係から今迄掘削していなかった様な砂レキ層や、泥岩、砂岩、風化岩などを相当深く掘削しなければならない場合も時々見られる。

この際問題となるのは、山留め壁の施工と掘削方法であらう。

砂利層や砂岩や土丹層での山留め壁としては、シートパイルなどでは全然打込めないため「親グイ・横矢板工法」による施工が適しているが、この場合、周囲の地下

水をポンプアップし、地盤沈下や地下水枯渇などの影響を与え公害騒ぎを起こしやすいので、この場合も完全止水をねらった地中連続壁工法による山留め壁を施工する機会が多くなってきている。

しかし、前述したように地中連続壁工法の施工はその施工経験によってその施工精度に差が出てくるため、今迄施工していなかったレキ層や岩盤層での施工には多くの問題点、特に予測できない事態や見込み違いの発生する恐れが多分にある。

#### 3) 隣接した複数現場の同時施工

市街地での土木工事が活発化するにつれて隣接した地下工事が時々見られるようになって来ている。

同時期に同一深さの建築物の根切り山留め工事であるならば、歩調をあわせて施工して行けば大した問題はないと思われる。

しかし、工期がずれるとか、掘削深さが違うとか、異なった地下工法、たとえばシールド工法とか潜かん(函)工法などの地下鉄工事と一般建築物の山留めオープンカット工法との同時施工などが平面的に平行したり、地中で交差したりした工事の同時施工などという非常に厄介な地下工事が多くなって来ているようである。

このような工事例で、最近私の経験したり見聞したりした例とその際の問題点を少し説明してみたい。

i) 埋立地に工場団地を建設している最中、団地内の地表面より約 13 m 下の所を圧気式シールド工法による地下鉄工事を施工した例。

この時は工場建築のため根切り・山留め工事とは直接あまり関係がなかったが、それでもシールド掘削機部分が通過した時のエアブローによる種々の影響があり、また、判らない問題点が多かった。たとえば、一時的エアブローによる打設したばかりの摩擦グイの耐力低下の割合、支持グイに対する一時的エアブローによるネガティブフリクションの増加程度、エアブローにより一時的に地下水位が上昇したが、エアブロー終了直後の地盤沈下の程度などが問題となった。

似た様な例として台東区の某建築現場で、親グイ・横矢板工法により G.L. -12 m ほど掘削した時エアブローして来たのであわてたが、原因は約 300 m 離れた所で行なわれた圧気式シールド工法による埋設管工事によるものと判明したが、エアーが硬質粘土層 ( $N=12\sim 21$ ) の下で横走りしたのと、その下の砂層が  $N=36\sim 63$  と締まっていたので問題にならなかったが、ゆるい砂層やシルト層の場合には、山留め壁の沈下とか掘削地盤のゆるみなどいろいろの問題が発生するものと思われる。

ii) 山留めオープンカット工法による建築物の根切り・山留め工事にごく隣接して圧気式潜かん工法によ

【参考】 ニューマチックケーソンの理論作業気圧の求め方の一例

$$p = m \cdot p_0$$

ただし  $p$ : 理論作業気圧

$p_0$ : 理論水圧

$m$ : 地盤の土質による常数

地盤の種類	$m$
液性土層	1.0
粗い粒性土層	1.0
細かい粒性土層	0.8~0.9
粘性土層	0.5~0.8
塑性土層	0.1~0.3
剛性土層	0

## No. 662

る地下鉄工事を非常に深くまで施工する例。

現在施工中であるが、横浜市の某所で行なわれている例で、約 G.L. -14.5 m の建築物の根切り工事に約3~10 m 隣接して G.L. -28~31 m の圧気式潜かん工事による地下鉄工事がほとんど同時に施工されるので問題となった。

一応建築工事の方を地下鉄工事と平行に二分割して施工することになったが、潜かん工事側から考えると、沈下作業中に傾斜や横移動が大きくなるいかとか、建築工事側に圧気が抜けて異常漏気による潜かん体の急激沈下が生じないかななどの問題点があり、建築工事側から考えると、潜かん体の周囲地盤がゆるめられたり沈下したりした場合に、山留め壁に偏土圧がかかったり山留め壁が横移動するのではないいかとか、地盤が軟弱であるために圧気によりヒービングが助長されないかとか、潜かん体の沈下時の横揺れにより山留め壁に加わる土圧が増加しないかとか未解決の疑問点が多く難工事が予想される。

iii) 海岸から 30 m 離れた所で根切り工事を行ったり、競艇場などのように水中に構造物を建てねばならないなど地下水の非常に豊富な場所での施工。

この様な場合には完全しゃ水をして、根切り底からのゆう水量が豊富なので排水設備が大規模になる。揚水をすぐ海や河に戻せる場合にはよいが、中途半端な距離になり既設の下水道では排水能力が不足し、別

途排水管を設置しなくてはならない場合もあるし、ミズミチがついてパイピングの恐れも多分にある。もっと困難なのは熱海のように玉石層だらけの海岸での施工であり、完全しゃ水の山留め壁の施工は非常に困難となろう。

また、新潟や千葉のように掘削すると有害なメタンガスが吹き出す場合もある。この場合には換気設備だけでなくシールドのエアブローによる影響と同様、根切り・山留め工事にどんな影響を与えるのかははっきりしない問題が多い。

#### 4. おわりに

以上、思いつくままに最近の山留め工事の問題点につき述べてみたが、この外にも従来からある不安定な地業をもつ建物に隣接しての根切り・山留め工事の問題点などまだまだ数多くあると思われる。

何回も述べるようであるが、根切り・山留め工事を行なう場合、まわりになんら影響を与えることなく工事を済ますことは不可能に近いが、その影響を極力減らすべく、種々の問題点を解決するように努力しなければならないが、その解決策は計測管理に基づく施工管理によって不測の事態を事前にキャッチすることと、未解決の問題点を出来るだけこの計測管理によって解決して以後の工事資料にするよう努力する以外にないと考えている。

(原稿受理 1972.2.3)

#### 土質工学会出版物案内

### 土質工学会 土質基礎工学ライブラリー

1. 軟弱地盤の調査・設計・施工法  
(A 5判 布クロス上製本 310 ページ) 会員特価 1,000 円 定価 1,200 円 ㊦ 160 円)
2. 軟弱地盤における工事実施例  
(A 5判 布クロス上製本 225 ページ) 会員特価 700 円 定価 900 円 ㊦ 160 円)
3. 掘削のポイント  
(A 5判 布クロス上製本 242 ページ) 会員特価 900 円 定価 1,100 円 ㊦ 160 円)
4. 土質調査試験結果の解釈と適用例  
(A 5判 布クロス上製本 306 ページ) 会員特価 1,000 円 定価 1,300 円 ㊦ 160 円)
5. 建設工事における土質工学の実用例  
(A 5判 布クロス上製本 376 ページ) 会員特価 1,000 円 定価 1,300 円 ㊦ 160 円)
6. 鋼グイ (鋼グイ研究委員会報告)  
(A 5判 布クロス上製本 375 ページ) 会員特価 1,000 円 定価 1,300 円 ㊦ 160 円)
7. 土と基礎実用数式・図表の解説  
(A 5判 布クロス上製本 443 ページ) 会員特価 2,300 円 定価 3,000 円 ㊦ 170 円)

(社)土質工学会 東京都港区西新橋 1-13-5 東亜別館  
㊦ 105 TEL 03-502-6256 郵便振替番号 40786