

根切り山留めについて思うこと

Think about Excavation and Bracing

宮 崎 祐 助 (みやざき ゆうすけ)

広島工業大学 客員教授

1. はじめに

新聞紙上を賑わせるような山留めの事故は、少なくともここ30年以上耳にしていない、といった書き出しで雑誌の原稿を書いた記憶があります。世に出てこない大小のトラブルも以前に較べたら減法少なくなってきたと感じています。こういう現象をどのように評価すればいいのか。山留めの設計施工技術の進歩があり、学会や諸機関の指針類が完備されたことが大きな要因であることは間違いないでしょう。加えて、山留めに関する実業務が専門者に集約され各専門企業の技術が飛躍的に高まったことも大きな要因とも思います。

一方で、山留めの事故が少なくなってきている要因として、安全性と経済性のバランスが崩れてきているのではとの見方もできます。

例えば、かつては、切梁は、長手方向の切梁の上に短辺方向の切梁を載せて架設していました。これは、短辺方向の切梁には大きな軸力が作用するので、解体時の山留め架構全体の安全性を考えれば、必然的にそうすることが合理的であった訳です。すなわち、軸力の大きい短辺方向の切梁から解体を始めれば全体の安全性の確認も併せてできるということになります。然るに、現在とは言えば、施工的に利便性が良い短辺方向の切梁の上に長辺切梁を載せて架設しています。

一般的には、今も昔も、山留めは、切梁の架設時より解体時の方が危険度が高くなります。だからこそ軸力の大きい短辺方向の切梁を先に、場合によっては、数本を試みに解体して全体の安全性を語ったものです。今、その必要性が無いというのはなぜか……。技術が進歩したことや指針類が完備したこととは無関係なことであることは言うまでもないことです。山留めの計画や設計をゼネコンが放棄し他人任せにしたこと、山留め架構の計算も人間の判断要素の少ないソフト任せパソコン任せになっていること、等々、多様な要因が考えられます。しかし、いずれにしても、仮設構造物の設計と施工の必須条件である安全性と経済性のバランスが崩れてきているのではと思わざるを得ません。

年寄りがいつまでもしゃしゃり出ることのみっともなさを知らぬ訳ではないのですが、自分の専門と自称している山留めに関して書けと言われれば断るのも心苦しく、最後の憎まれ口をきく思いでこの稿を受けることにしました。

以下、思い付くままに根切り山留めの課題と考えていることを次のような項目に絞って書いておきます。

- (1) 根切りと山留めは個別の物ではなく一体である
- (2) 「安全性」と「経済性」がお題目となっていないか
- (3) 山留めの設計は「解析」では無い
- (4) 設計指針や基準の本質を知る努力をしない
- (5) 分かっていることと分かっていないことを知る
- (6) 先人の知恵や考えに学ぶ

2. 根切り山留めについて思うこと

- (1) 根切りと山留めは個別の物ではなく一体である

昨今、発注者（官工事）やゼネコン（民間工事）が、自ら担当すべき山留めの計画設計を、人材不足か経費節減（欲ポケ）かは知らぬが、（タダでやってくれる）専門会社任せとしている状態がしっかりと定着しているという現状、これを誠に由々しきことと思っています。ある意味、課題の根源がここにあるとさえ思っております。

私は、30数年ゼネコンで土と基礎に関する研究開発業務を担当してきました。根切り山留めはその主要分野でした。当時、山留め計画の相談を受けた際、担当者と「この工事の所長はしっかりしているから少しシビアにやろう」とか、「ここの所長は少し大目に安全を見込んでおいたほうがいいのではないか」、といったような会話をしておりました。「山留め」を計画した会社がそれを実行することになる「根切り」までをやるからこそそういうさじ加減もできたし、工事中の管理のポイントも掴んでいた訳です。現在のように、山留め計画をした会社とそれを実行する会社とが違うのでは、このようなことは絶対にできません。いや、このような話し自体が信じられないことかと思えます。でも紛れもない事実です。

どのような人が根切りを担当するのが分からなければ、山留めの計画も最大公約数でやらなければならないということですよ。当然なことです。

でもこれでは技術の進歩も多くは望めないこととなります。たとえ、地盤条件や根切りの規模が同じような物であっても、実際の工事においては、全く同じように推移するなどということはあり得ません、これが土と基礎に関する工事の宿命です。「金太郎アメ」などということはないということです。

側圧の決定に至る判断など設計上のプロセスも知らずに管理し、施工するなどということは矢張り不自然だと

総 説

思います。

「根切り山留め」は、用語の範囲でのみ一体としてあるのではなく、その実行段階においてこそ一体とって行われるべきものと考えております。ゼネコンがやらないのであれば、専門会社が山留め計画も根切りの実行も担当すべきかと思えます。このような不自然なことが当たり前のことと受け止められている現状を問題視する時の来ることを願っています。

(2) 「安全性」と「経済性」がお題目となっていないか

「根切り山留め」に関する記事を書く際に、多くの人は、根切り山留めは、仮設構造物であるから「経済性」と「安全性」という相反する要求を担保するところにその難しさがある、と書いています。私もそのように何回も書きました。事実その通りであると思えます。しかし、今日それは単なるお題目となっているのではないだろうかと思っています。

山留め計算で採用した側圧が、どの程度の余裕を持ったものであるのか、それを切梁や腹起しなどの各部の設計にどのように反映したのか、工事中のどの段階が最もシビアになるのか、等々、かつては、これは山留め設計者の常識的感覚でした。今もこういう感覚を持っている方も多いとは思いますが、設計ソフトに機械的にインプットし、アウトプットを一人歩きさせる設計担当者も多いのではと思っています。

クーロンやランキンの土圧論、テルツァーギの圧密理論・支持力理論などを出すまでもなく、おおよそ、現在、土と基礎の設計に実用されている設計計算式や外力の算定式には、それ自体に何かしらの安全性・余裕が含まれているものだと思っています。危険な結果をもたらすものは、長い年月において淘汰されていて実用化されていない筈です。

本当に安全性と経済性を念頭において設計するのであれば、この設計における「余裕度」をきちんと認識し考慮すべきかと思えます。これは、言うは易く行うは難しで大変難しいことと思えます。でも、これができなければプロフェッショナルとは言えません。

例えば、建築分野では、地盤の長期許容支持力を下式で算定しております。

$$q_a = 1/3 \cdot (i_c \cdot \alpha \cdot c \cdot N_c + i_\gamma \cdot \beta \cdot \gamma_1 \cdot B \cdot \eta \cdot N_\gamma + i_q \cdot \gamma_2 \cdot D_f N_q) \dots\dots\dots (1)$$

この式から地盤の長期許容支持力は、破壊に対して安全率3を見込んで決められるとしております。しかし、実際には、第1項の4つの係数、第2項は6つの係数、第3項の4つの係数、計14個の係数のそれぞれに余裕があり、その余裕を含んだそれぞれの係数を乗じ、そして、加算しています。その評価されていない余裕を持った値を安全率（私はこれを、本当のことは分からないので取り敢えず1/3にしておこう、といったことと解して「無知率」と呼んでおります）と称している3で除し長期の許容支持力としています。更には、算定式そのものにも余裕がある筈です。したがって、地盤の長期許

容支持力には、破壊に対して安全率3が見込まれているなどという言い方は不適当だと思っています。安全率3以上にもっと多くの余裕が含まれていると言うべきであると思っています。多くの実務者は、この余裕度を個々人で把握し対応していると思っています。こういう対応をしていない、あるいはできていない技術者は、ゼニを取ってはいけないアマチュアと言わざるを得ません。

山留めは、あくまでも仮設構造物です。したがって、安全であればいいという訳にはいきません。その意味でも、安全性と経済性という相反する要求を担保していない設計計画は、あってはならないと思っています。

更に、一言付け加えるなら、根切り山留めに限ったことではなく、土と基礎に関する設計法や荷重の取り方などの方法を提案される方々は、ただ単にその研究結果を提案するだけではなく、その提案したものにどのような余裕があるかを併記して提案すべきである。これが、実務における提案の基本姿勢であり責任でもあると思っています。

(3) 山留めの設計は「解析」では無い

山留めの設計は、来るのか来ないのか分からない地震対応の設計と違って、数カ月以内の近々に必ず想定した状態が実現し、その想定した状態に対しての安全を保証しなければならないものなのです。山留めの設計は、いわば、実大実験の安全を検証しているようなものでもあり、洒落や冗談、ウソの通用しない世界だと思えます。

設計技術のソフト・ハード面が飛躍的に進歩し、一昔二昔前なら検討できなかったようなことも比較的容易に対応できるようになってきております。それはそれで素晴らしいことと思えますが、シンプルイズベストということもあります。耐震壁という考えを建築の設計に取り入れ、日本の耐震設計の父と呼ばれ、また、東京タワーを始め多くの塔状建物の設計をシタワー博士とも呼ばれた内藤多仲先生は、我々が学生時代に愛用したヘンミの計算尺を唯一の武器として、数々の歴史的建築物の設計をされたと聞いております。山留めの設計も、計算段階の要所要所を担当者が容易に確認できるようなものがないのではと思っています。計算書の厚さと設計の良し悪しは無関係です。

同じことを言っても手書きのものより活字化された物の方が信用され易いということもあります。高度なソフトを使っただけの検討結果を信用したくなる気持ちも分かりますが、計算過程がブラックボックスという不安感も大いにあります。計算書ではその良し悪しは判断できないので、それを図面化したもので判断しますという話を聞いたことがあります。こんな妙なことがまかり通っていいとは思えません。

誤解を招く発言になると思いますが、山留めの設計には、設計者や施工担当者が、必要に応じて、あるいは、状況に応じて四捨五入ができるシンプルな設計がベストであると思っています。

(4) 設計指針や基規準の本質を知る努力をなさい 現行の日本建築学会の「山留めの設計施工指針」は、

私とその作成委員会の委員長を仰せつかりまとめました。この指針には、「…すべきである」とか「…しなければならぬ」といった表現は避けております。その代わりに、「…望ましい」とか「…好ましい」というような表現にすることを徹底しました。これは、不確定要素の多い山留めの設計を、このような表現で厳格に規定も拘束もできないということからの判断です。また、側圧係数を求める目安値を、例えば、軟弱地盤では $K=0.8\sim 0.6$ といったように幅を持たせて提案いたしました。

これは、計算結果に支配的な影響を与える側圧の設定に、設計者の判断才慮に拘束を与えるようなことの無いようにという配慮からでした。仮設構造物の設計指針としては至極当然の姿勢と思っていました。ところが、こういう配慮を知ってか知らずか、「こんなに幅があったのでは側圧を決められない」といった類の声が多々耳に入ってきました。少し驚いたのですが、使われない指針を作る訳にもいきませんので、基準本文は、原案通りの幅を持たせたものとして、解説で細分化した側圧係数表を掲載することといたしました。山留めの外力を、土圧と水圧を合算して側圧として扱うことにしたのにも相当の理由があります。また、山留めの設計においては、地震時の外力を特段考慮しなくともよいとしております。これは、地震時土圧の評価法が分からないからという理由ではなく、あの阪神・淡路の直下型の大地震でさえ工事中の山留めに大きなダメージが生じなかったということから決めたものです。これは解説にもきちんと明記してあります。

基規準の作成には、このような本意を書けない、伝えられない裏話的なものは多々あります。勿論、なぜ本文をこのように制定したかなど内容的に書くべきと考えたものは解説に書かれておりますが、書かれていない本意もあるということです。基規準類は、制定されると必ず一人歩きいたします。だからこそ、このような話は、何かの形で伝えていかなければならないのではと、当事者の一人として反省しております。

(5) 分かっていることと分かっていることを知る

土と基礎の設計施工には、検討しなければならない項目が多々あり、それぞれに検討方法がこれまた多々提案され実用に供されています。実用に供されている物の多くは学会や各機関の基規準に掲載されています。基規準に掲載された検討方法は、一応、その現象を検討するうえで「分かっていること」と考えがちです。しかし、この「分かっていること」も、もう少し細かくみると、「ほぼ分かったとしていだろうという範疇」、「はっきり分かってはいないがまあ分かったことにしておこう」、あるいは、「まだ不明な点が多々あるが取り敢えず、当面これで対応していこう」、といったような仕分けができるのではないかと思います。本来、このようなことは基規準に明記しておくべき重要事項であると思います。

これも当事者の一人として反省しております。日本建築学会の指針は、そろそろ改定作業に入ると聞いております。是非ともこのあたりについても言及して頂けたらと思う次第です。

(6) 先人の知恵や考えに学ぶ

3年ほど前だと思いますが、本会から「山留めの創意工夫となるほど納得 Q&A」といった本を刊行いたしました。これには、世に埋もれていた優れた創意工夫技術を、編集委員会レベルですが、その有効性を検証した上で紹介しています。また、本会の講習会として「トラブルから何を学ぶか」といったものも開催されています。根切り山留めに関しては、筆者が担当し、自身が経験したトラブルから得た教訓といったものをご披露しております。根切り山留めは、間違いなく経験工学です。魔法の杖のような、何でも解析できる FEM だけで解決できるものではありません。先人の知恵を学ばない手はないと思います。ベテランの職人さんは、切梁の上を歩いてどのくらい軸力がかかっているかを判断できた、という話を聞いたことがあります。こんな神業を継承することは無理としても、学会として何とかして先人の知恵を継承させていく術を考えるべきと考えます。

3. おわりに

山留めの研究者、設計者は、本当の意味での現場をもう少し知ってもらいたいと強く思っています。山留めの研究は、机上だけの研究ではおさまらない点が多々あります。実現現象から判断して、まあ分かっているとしてよいだろうと位置付けられること、掘削側の側圧の取り方など分かっているとは言いがたいが当面このように割り切って考えていいのではないかとされること、ほとんど分かっていないこと、などといった仕分けをする必要があるのではと考えます。その上で、それぞれの位置付けに基づいた「余裕の度合」を調べていくといった方向に進むべきではないでしょうか。山留めの分野での大きなテーマが少なくなったからといって、重箱の隅をつつくような研究が主流となるようではいけません。研究発表のための研究ではなく、実務者のための研究、経済性と安全性を定量的に把握できるような研究、そんな研究を大いに期待したいと願っています。

深く大規模な山留めはまだしも、最も施工事例の多い 10 m 未満の山留めに関しては、発注者もゼネコンもほとんどが他人任せで自分達で汗を流していない。我々が若いころに流した冷や汗などは遠い昔話となっていると思わざるを得ない。こういった姿勢が、発注者やゼネコンの山留めに関する技術が、少々弱体化してきているのではないと思われる現状に繋がっているのではないのでしょうか。これを読んでそんなことはないと言ってきたら、それはそれで嬉しい限りであります。

(原稿受理 2014.4.15)