

仮設における近接施工と対策

THE NEIGHBORING CONSTRUCTION AND PROTECTION TO
TEMPORARY WORKSたま
玉 置おさむ
脩*

1. ま え が き

近接施工ときくと、大変だと思ってしまう。首都高速道路の建設をやっていると、既設構造物の近傍で仕事することがしばしばある。そのようなときには、既設構造物の管理者から、キツイ条件が示される。なんとかこの条件を守りながら、仕事を進めるのは容易ではない。しかし誰かと雑談をしていたとき、公団さんもきついですよ、ということを書いた。そんなことはあるめえ、公団はそんなことを言うめえ、とは思ったが、実は公団で管理の立場にいたことがないので、よく知らないのだ。一度誰かにキツイ条件を出してみたいものである。とにかく、近接施工には二つの面がある。攻める側と守る側だ。守りは常に固く、攻める側はフーフー言いながら、守りの間隙をぬって——いや、ごまかすわけではない。いろいろと対策を考えて、という意味だ。——なんとか仕事をしていくのである。

2. 近接施工とは

近接施工とは何であろうか。一般に近接施工といって問題にするときには、工事によって地盤に変位を与えて、その結果既設構造物に悪い影響を与える場合をいっているようである。

地盤に変位を与えるような工事とは、まず地下に構造物を作るような工事であろう。土木でいえば、直接基礎、杭基礎、ケーソン基礎等の基礎構造物、道路トンネル、地下鉄などの鉄道トンネル、共同溝、電々、東電の洞道、下水道などの構造物が考えられる。施工法もいろいろあるが、特に掘削については、開削工法とシールド工法がある。また地下構造物以外には、盛土や切土がある。

既設構造物に与える悪い影響とは、例えば建築物に与える、大きな沈下、傾斜、き裂、破損などがある。また道路や鉄道の交通に支障を与えることが考えられる。特に鉄道の橋梁に大きな変位を与えると、車両の脱線、転覆につながり、大惨事となりかねない。道路でも地盤の陥没などで交通に大きな障害を与えることがある。また交通信号、通信、電力などの機能を犯すこともある。

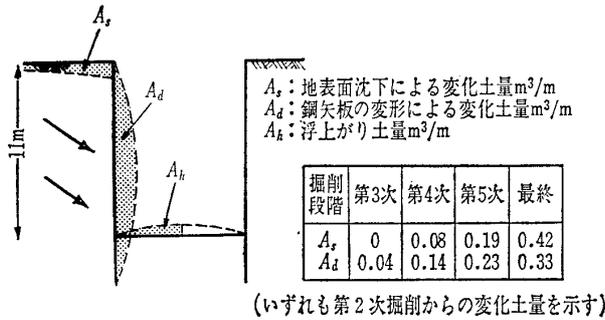
ところで、ある川の橋梁の下流で工事をしていた杭打ち船が、強風で移動して橋梁の橋げたにぶつかり、部材を変形させたことがある。また工事の杭打ち機やクレーン車が倒れて、近隣の建物や電灯線、電話線などに、被害を与えることも考えられる。これらは地盤に変位を与えた結果起こったものではないが、やはり一種の近接施工であろう。しかしこれらを一般に近接施工の仲間に入れていないのは、具体的に、いつ、どこで、どの程度起こると予想することができないもので、したがって、一般的な対策以外の具体的な対策をたてることができないものであるからであろう。これらは事故とよばれるものなのだ。

もう一つ、地盤に変位を与えるために起こり、ある程度予測もされるが、近接施工の仲間には入れていないものに、工事損害がある。工事によって付近の民家や商店に、例えば、雨もりがしたり、雨戸がうまく動かなくなったり、壁にひび割れが入ったり、たたきが割れたり、家が傾いたり、といった軽微な被害を与える場合だ。これに対しては、工事中に応急修理をすると同時に、工事完了後、被害の程度を調査して損害賠償をしている。これを一般には近接施工の仲間に入れていないことから考えると、近接施工とは、工事によって地盤に変位を与えて、既設構造物に大きな悪影響を与えることが予想される場合に、あらかじめ特別の対策をたてて、予想される被害が起こらないようにして行う工事ということになる。両者の違いは、あるいは被害の程度の差ともいえる。近接施工として、あらかじめ特別の対策を必要とする工事は、被害の程度が大きくて、予想される被害を与えると、大問題となるような工事である。工事損害として、あとで損害賠償をする工事は、被害の程度が小さくて、被害が起こったときに、損害賠償で解決しても問題とならないような工事、といえよう。もっとも両者の違いは微妙であって、例えば、工事損害を少なくするために、鋼矢板を埋殺しにすることも一種の対策であるから、これは近接施工ということになるだろうか。

このほか構造物の完成後に、その構造物が破壊したり変形したりして、あるいはまた周辺の環境条件や地形条件を変化させたりして、既設構造物に悪影響を与えることも、広い意味では近接施工といえるかもしれないが、ここでは

*首都高速道路公団 工務部長

総説



図一1 土留め壁の変形と土量の変化

とりあげないことにする。

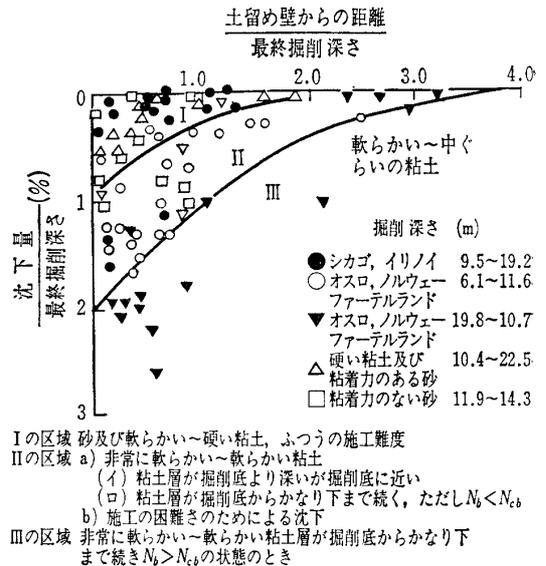
3. 仮設と近接施工

まずここでいう仮設とは何かを決めておこう。それは土留めや締切りである。すなわち、いわゆる親杭横矢板による土留め、あるいは鋼矢板による締切り、そのほか鋼管矢板や連続地中壁による締切りなども含まれる。これらは掘削に伴って必要となるものであるから、掘削と近接施工といった方がよいかもしれない。

既設構造物の近傍で掘削すると、既設構造物は、掘削している方へ移動しようとする。あるいは沈下しようとする。図一1に示すように、土留め壁はどうしても掘削側にはらみ出して変形する。この変形に対しては、腹起こし切ばりなどの支保工をいれておさえていくのであるが、掘削後にこれらの支保工をいれるので、掘削中に起こった変形を、完全に元に戻すことはできない。このことは当然背面の地盤にも、変位を起こさせることになる。図一1は羽田トンネルにおける国鉄での測定例¹⁾であるが、鋼矢板の変形に伴って、地表面の沈下が起こっていることがよく分かる。締切り背面の土も、矢印のような変位をして体積変化があるかもしれないことを考えると、鋼矢板の変形によるはらみ出し土量 A_a と、地表面の沈下量 A_s とは、比較的よくあっている。掘削底面のふくれ上がり量 A_b と、毎回の掘削底面以下の鋼矢板のはらみ出し量も一致するはずであるが、底面は常に掘削されているので、 A_b の正確な値をつかむことは難しい。

さてこのように、仮設近傍の地表面は沈下するので、そこにある建造物は当然、沈下あるいは傾斜しようとする。また矢板のはらみ出しに伴って、図一1の矢印のように、地中でも地盤の変位が起こるから、そこにある既設構造物の基礎も、当然掘削側に押されるような力を受ける。このためしっかりした基礎があっても、既設構造物に悪影響を与えてしまう。

ではどのくらい離れたところで、どのくらいの沈下が起こるかは、ペック (Peck) の有名な研究²⁾があるから紹介すると、図二のようなになる。この図で例えば、IIとIIIの境目の領域で掘削深さを10mとすると、掘削背面での沈下量は20cmになり、40m離れたところまで沈下があること



図二 土留め壁からの距離と沈下量 (ペック)

になって、かなり大きな変位とその範囲である。

以上は単に、掘削に伴う矢板のはらみ出しと、地表面の変位であるが、これを促進したり、量を多くしたりするものがある。砂地盤では、地下水排出に伴う地盤沈下がある。更にこれが激しくなると、地下水とともに締切り背面の土砂が流出してきて、そのあとの空洞に、背面土が大きく陥没してきたりする。もっとひどくなると、ボーリングで掘削底面が破壊し、仮設構造物も崩壊したりする。こうなると事故である。軟弱な粘土地盤では、ヒービングによる掘削底面の破壊と、それによる仮設構造物の崩壊事故がある。既設構造物の近傍でこのような大変状を仮設構造物に与えれば、既設構造物の被害は当然甚大なものとなるから、近接施工で事故を起こすようなことは、絶対にしてはならない。

4. 仮設における近接施工対策

前述のように、近接施工の問題は、掘削に伴う土留め壁の変形によって起こるので、この変形を小さくするにはどうしたらよいかを考えてみよう。

設計上はまず、変形の大きさを予測し、同時に既設構造物に与える被害を予測することが必要である。掘削に伴って起こる土留め壁のたわみを、掘削段階を追って求める計算方法は、いくつか提案されている。しかし土の性質、地盤の性状が複雑なこともあって、実際とは一致しないことが多いが、まず何らかの計算を試みる必要がある。FEMでも計算できる。

次に同じたわみでも、既設構造物の位置と種類によって、被害の程度が違おうであろう。既設構造物の位置、すなわち土留め壁からの離れの程度による影響は、前述のペックの図や、後に述べる指針などが参考になる。既設構造物の種類については、まず直接基礎をもつ構造物、建築物の被害

が大きかろう。不同沈下の計算が必要なこともある。支持杭による基礎、ケーソン基礎などは、比較的影響が少ないかもしれないが、地盤沈下によるネガティブフリクションの計算、あるいは土留め背面土の移動による水平力の計算などが必要となる。また既設構造物の機能によっても違ってくる。例えば鉄道橋の基礎であれば、変形はきびしく制限される。

さてこのようにして、予想される土留め壁の変形と既設構造物の被害の程度が分かったら、次は対策である。まず仮設側の対策としては、壁のたわみを小さくすることであるから、壁の剛性を大きくすることと、地盤改良をすることが考えられる。あるいは支保工のピッチを小さくすることである。

壁の剛性を大きくするためには、鋼矢板であれば大型のものを用い、更に鋼管矢板、連続地中壁などを使えばよい。鋼管矢板も板厚を厚くし、径を大きくすれば、剛性は増すが、施工能力に限界がある。連続地中壁も厚いほど剛であるが、これも限界がある。このほか現場打ちコンクリート杭の柱列なども用いられる。

地盤改良もいろいろ種類がある。比較よく使われるものに、生石灰杭がある。掘削側の土の強度を増すために使われるようで、水と反応して消石灰になるときの体積膨張を利用するものである。薬液注入も数多くある。水ガラス系の薬液で市販されているものの商品名をあげると、70以上あるといわれている。このほかセメントが使われる。最近では施工方法の研究が進んで、2重管を使って瞬結性のグラウトを圧入する工法が使われている。またサンドパイルやサンドドレーンなども一種の地盤改良であるし、一時的なものでは凍結工法などもあるが、いずれも採用に当たっては、慎重な検討が必要である。

このほか掘削に伴う土留め壁の動きを、強制的におさえる工法を採用したことがある。桜木町付近の国鉄根岸線の橋脚にごく接近して、首都高速道路のトンネルを作ったときであるが³⁾、図-3のd)のようなトンネルを作るに当たって、鋼管矢板で土留めをしたほかに、同図a)に中壁と書いてある連続地中壁を、土留め壁と平行に施工し、その壁と橋脚側の土留め壁との間に、これらと直交する隔壁を、やはり連続地中壁で掘削前に作った。図のハッチしてある部分である。こうしておけば、掘削に伴って、橋脚側の土留め壁が変形しようとしても、隔壁でおさえられて変形できない。更に切ばりのほかに防護スラブを打ち、上床を作って、逆巻きで隔壁を壊しながら完成させた。費用はかかったが、非常に慎重に工事を行って、安全に施工できた例である。

次に施工面で考えられる対策を、若干列挙してみる。まず土留め壁の変形を少なくするために、切ばりにプレロードをかける。また切ばりと腹起こしとの間のあそびをなくすために、コンクリートを打つ。親杭横矢板では、裏込め

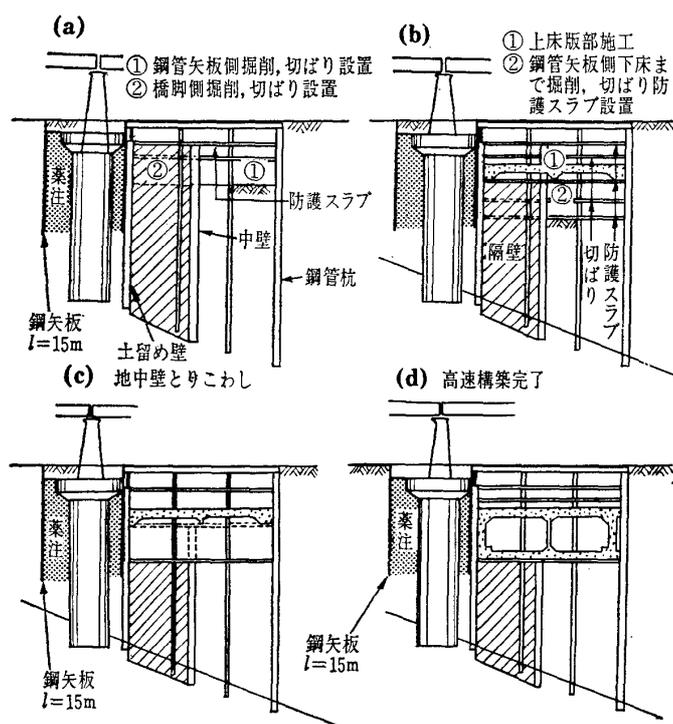


図-3 土留め壁に直交する地中壁

をしっかりとる。場所打ちコンクリート杭の杭本体より上の部分で、あとで掘削するところの埋戻しもしっかりとる。切ばり、腹起こしをいれるための余掘りも、できるだけ小さくする。構築物ができ上がったあとの、土留め壁との間の埋戻しも、十分に締め固める必要がある。鋼管矢板等の引抜きあとも、軟弱地盤では問題なので、埋殺すことも考える。周辺の地下水の処理も大切である。必要に応じて、強制排水することもあるが、逆に水位低下で、粘性土が圧密沈下することもあるので、そのようなときには、排水した水をリチャージする。このほか注意すべき点は多々あるが、総じて細かい配慮が必要で、神経のゆき届いた施工管理をすべきである。

施工管理をよりよくするために、最近では計測が行われるようになった。特に国鉄の橋脚の近傍での工事などでは、仮設構造物自体の計測による管理のほかに、橋脚の挙動を計測管理することが必要である。

しかし十分な施工管理をしても、土留め構造物に大きな変状が起こりそうときには、思いきって水をいれるとか、背面土を大幅にカットするとかの、措置が必要である。

5. 近接施工に関する指針

近接施工に関する指針をあげると、次のようである。

日本国有鉄道

昭和42年3月

近接橋台橋脚の設計施工指針(案)

東京都交通局

昭和49年

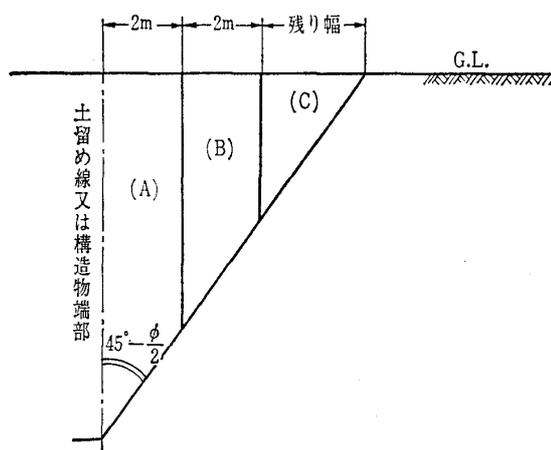


図-6 電々公社の指針における近接範囲

$$(2) x \leq (f - F_2) \tan(45^\circ - \phi/2)$$

$$(3) x \leq 30\text{m} + H$$

要注意範囲(T_1): (4)(5)(6)で決まる範囲

$$(4) 10\text{m} < x \leq H + 10\text{m}$$

$$(5) (f - F_1) \tan(45^\circ - \phi/2) < x \leq (f - F_2) \tan(45^\circ - \phi/2)$$

$$(6) 30\text{m} < x \leq 30\text{m} + H$$

条件範囲(T_2): (7)(8)(9)で決まる範囲

$$(7) x \leq 10\text{m}$$

$$(8) x \leq (f - F_1) \tan(45^\circ - \phi/2)$$

$$(9) x \leq 30\text{m}$$

この図で示された範囲は、地下鉄構造物が長方形の場合であるが、シールドの場合も示されていて、その場合には図中の H がシールド断面の直径に、数字の10mが15mに、30mが45mになっている。また範囲の(T_1)は首都公団の

範囲(Ⅱ)に、(T_2)は(Ⅲ)に相当し、(T)は(T_1)と(T_2)をあわせたものである。工事が(T_2)の範囲で行われる場合の設計施工上の注意や対策は、首都公団の場合と同じである。

電々公社の指針では、図-6のようになっている。図の範囲(A)に電気通信用施設が入る場合には、例えば、グラウト注入工法、石灰工法などで地盤改良をしたり、掘削幅を広げて露出させ、受け防護、つり防護をしたり、あるいは連続地中壁や連続柱列杭等の仕切り壁を設けることなどを、事前にすることが必要である。範囲(B)では、工事前、工事中、工事後に、洞道、マンホールの沈下状況調査、管路の通過試験などを行うことが必要である。範囲(C)では、測量を行って、地表面変化の管理をすることが必要である。

6. あとがき

仮設における近接施工の問題点と対策、各種指針などを概観したが、十分に意をつくせたとはいえないのが残念である。計算例、施工例をもっと載せるつもりであったが、紙面の都合で割愛した。都市内においては、今後ますます難しい近接施工が増えるであろうから、十分慎重に設計、施工して、安全な工事をしたいものである。

参 考 文 献

- 1) 吉川恵也：掘削工事に伴う地盤の変位とその防止，基礎工，1974.10
- 2) Peck, R. B.: Deep Excavation and Tunneling in Soft Ground, 7th I.C.S.M.F.E., 1970
- 3) 河野・三好・早坂：横羽線（Ⅱ期）桜木町付近隧道工事，道路，1977.8

(原稿受理 1980. 4.16)

※

※

※