

III-89 ロックボルトとアンカーを 混在併用する切土面の安定

東京都立大学 西村和夫

1. はじめに

基礎やのり面などの大規模掘削では安定勾配で掘削することが行われるが、原地形を大きく変化させること、多くの用地を確保する必要があること、土量が多くなること、そして、掘削自体が工事の目的ではないことなどを考慮すると、施工性の良い、より合理的で経済的な山留工を採用する必要がある。そこで、切土面の高さが高い場合、アンカー工やロックボルト工が用いられている。掘削面の変形を許容したくないときにはアンカーで掘削面を確実に支持する必要がある。一方、変形を許容できる場合にはロックボルト工でかなりの高さの掘削面まで支持することができる。掘削面上部に建物があるような場合を除けば多くの場合、多少掘削面の変形を許容することができるが、そのような場合でも大規模掘削となると、アンカーを用いたり、掘削面上部にはロックボルトを打設し、下部ではアンカーを打設するような方法が取られているようである。これは、ロックボルトは施工性、経済性に優れているが、変形を抑止できない、むしろ変形を生じることによって地山を支持する作用効果を持っているのに対し、アンカーは施工性、経済性で不利となることがあるが、大きなプレストレスで掘削面の変形を確実に抑止できることを考慮しての結果であろう。

アンカーとロックボルトは表-1にも示すように、互いに相反する利点欠点を保有しているが、逆にこれらは合い補う関係にもある。アンカーとロックボルトがそれぞれの利点を損なわないような条件を満たしておけばアンカーとロックボルトはそれぞれ欠点を補い合うよう作用する。以下にどのような条件を満たせばアンカーとロックボルトを混在併用して合理的に大規模掘削面を支持できるかを考察する。

2. アンカーとロックボルトの作用効果

アンカーは想定されるすべり線より奥の不動の基盤にアンカー部を定着して緊張し、その緊張力によってすべり線に沿うせん断抵抗を増加させて安定を図る工法で、多くは現場打ちやプレキャストの剛な表面保護工と組み合わせて用いる。アンカーの支保原理はすでに明解となっている。

ロックボルト工は、比較的短いロックボルトと変形に対して柔な表面保護工を組み合わせる掘削面を支保する工法であり、ロックボルトは変形する地山内に定着されていて地山と共に変位するためその作用効果は理解されにくい面がある。システムティックに打設されたロックボルトは、個々にロックボルト回りの地山を一体化した地山ブロックで構成されるたわみ性の疑似擁壁を斜面内に形成する。この疑似擁壁は積み重なった地山ブロック間の、地山が本来有しているせん断抵抗を変形によって動員し、作用する背面土圧に対抗する。

両者を混在併用するとき、アンカーとロックボルトは相互にどのような影響を与えるか、アンカーとロックボルトを混在併用した実験は行っていないが、ロックボルトを用いた三枚落し戸¹⁾や斜面²⁾、立坑³⁾の実験結果から推定することができる。図-1は三枚落し戸の実験から得られた土圧～変位の模式図である。図中、点線は三枚分の大きさを持つ一枚落し戸の結果である。落し戸を三分割して同じ長さのロックボルトを取り付けて実験（Case 1）を行うと土圧～変位曲線は一枚落し戸のときより小さい値となる。これは、落し戸間の相対変位による土圧の再配分の結果である。土圧の再配分による中央落し戸の土

表-1

ロックボルト工		アンカー工
鉄筋	部材	P C鋼材
速い	削孔	遅い
柔構造	表面補護工	剛構造
許容	変位	抑止
受動的に軽減	土圧	能動的に付加
いなして支保	作用	力で支保

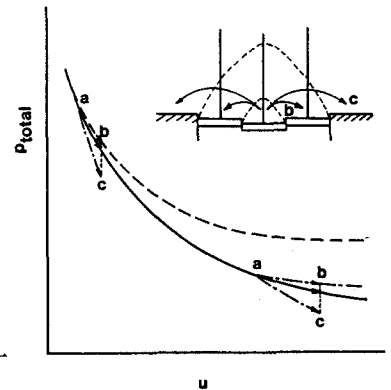


図-1

圧の減少分の全てが両側の落し戸に分配される（b）とすると三枚落し戸の合計土圧は変わらない。また、減少分の全てがさらに外側の固定床に分配される（c）と合計土圧はその分減少する。実際にはbとcは同時に生じるから曲線はグラフのbとcの間の値をとる。

図-2は両側のロックボルト長を24cmに固定し、中央のロックボルト長を18, 20, 26, 30, 45cmにした場合の実験（Case 2）の、自立したときの中央ボルトの軸力と両側のボルトの合計の軸力を示している。Case 1と2を比較すると、前者ではボルト長が短くなるに連れて自立時の軸力は減少してゆく。Case 2では、中央のボルトについてはcase 1と同じ挙動であるが、両側のボルトの軸力の合計は $L_c = 24\text{cm}$ を境に反転した結果となっている。 $L_c > 24\text{cm}$ の領域ではCase 2の両側のボルト長は中央のボルトやCase 1の場合よりも短いため支持できる軸力は少なく、Case 1よりも小さい値となっている。中央のボルトの軸力がCase 1, 2ともに等しいから、Case 2では土圧の一部が再配分のためさらに外側の固定床に配分されていることがわかる。反対に、 $L_c < 24\text{cm}$ の領域ではCase 2の両側のボルト長は中央のボルトやCase 1の場合よりも長いいため中央の再配分の土圧をCase 1の場合よりも多く両側のボルトが支持していることがわかる。このとき、中央落し戸から固定床への土圧の再配分は少なくなっていることになる。

以上の結果は水平に支持した落し戸での結果であるが、鉛直面でも斜面や立坑の実験結果から土圧の再配分の挙動は同様である。図-3は立坑の場合の結果で、7段掘削終了時での作用土圧の大きさを示している。実線はすべて同じ長さで引抜耐力を持つロックボルトで支持したときの結果であり、破線は4段目に引抜耐力が標準の10%のロックボルトを1本打設した時である。4段目で土圧が減少し、その値に見合う分だけ4段目の上下段に土圧が再配分されていることがわかる。

3. まとめ

このように、①ロックボルトはその支持能力に応じた土圧を支持し、残りを周辺部に再配分する。②そのための相対変位を許容する必要がある。③土圧はより変形に対する剛性の大きいところに再配分される。この結果、アンカーとロックボルトを混在併用して共に作用効果を発揮させるには、①ロックボルトをシステムティックに柔な表面保護工と組み合わせて打設し、②相対変位を許容することによってアンカーへの土圧の再配分を促す。③アンカーは変位拘束と土圧の再配分の受け口として機能するように広い間隔で打設する。したがって、④アンカーはボルトからの土圧の再配分を加味して設計する。⑤ロックボルトの表面保護工は柔な構造とし、逆にアンカーのベアリングプレートは支圧面積の大きい剛性の高いものとする。⑥ボルトやアンカーは千鳥配置とする。⑦ロックボルトはアンカーを施工するまでと、施工後のアンカー間の地山を支保する。⑧アンカーは全体の支保と変形を抑制する拠点として作用する。

参考文献

- 1) 山本・西村・渡辺：水平天端に打設されたロックボルトの作用効果に関する研究、JSCE第37回年講、Vol. 3、pp.343-344、1982
- 2) 西村・山本：比較的短いロックボルトを用いた切り取り斜面の安定について、Proc. of JSEC, No. 388/III-8、pp.217-226、1987
- 3) 坂戸・山本・西村：立坑におけるロックボルトの作用効果、JSCE第42回年講、Vol. 3、pp.592-593、1987

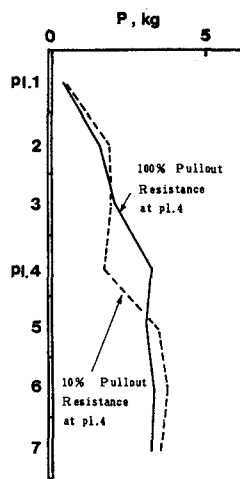


図-3

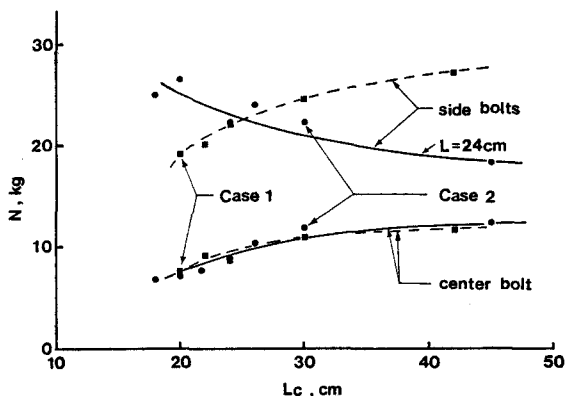


図-2