鉄筋挿入補強土工法による地盤拘束効果[†]

嘉 門 雅 史* 宮 本 明 雄** 伊 藤 讓**
竹 垣 喜 勝*** 吉 田 浩****

Ground Confining Effect by Micropiling Reinforced Soil Method

by

Masashi KAMON*, Akio MIYAMOTO**, Yuzuru ITOH**

Yoshikatsu TAKEGAKI*** and Hiroshi YOSHIDA****

Recently, a micropiling reinforced soil method has been often used in the slope stability works. Its reinforcing mechanism, however, is still not clear and there is a confusion in different types of design methods.

In this paper the ground confining effect by the micropiling reinforced soil method is discussed with the in site measuring data of the slope deformation behavior at the express highway construction work. The roles of micropiles as the tensile reinforcing and the restraint of stress relaxation are clearly shown and then these results will be reflected for improving the design method for the slope stability.

Key words : Cutting, Reinforced soil, Micropile, Monitoring, Slope stability

1 はじめに

近年、補強土工法が注目をあびているが、その中で鉄筋挿入による自然地盤の補強工法は、徐々に施工例が増えてきており、今後さらに発展の可能性を秘めている。現在、現場での施工実績等から本工法は比較的小規模な斜面安定対策として非常に有効であることが明らかとなりつつあるが、その補強効果については不明確な部分が多く、そのため設計手法についても各種提案されてはいるが明確な指針のないのが現状である。

本報告では、工事現場での一計測例をもとに、鉄筋挿入工が施工された地盤ならびにその鉄筋の挙動を追跡し、その地盤に対する拘束効果を論じる。さらに、これらから設計手法の選定に際しての基本的な考え方を提案したものである。

2 現場条件

本研究に用いた現場計測箇所は、日本道路公団大阪建設局京滋バイパス建設工事の内畑第一橋下部工現場 (Fig. 1) であり、構造物掘削のための土留めとして施工された斜面安定工事において鉄筋挿入工が実施されたものである。

2・1 鉄筋挿入工法採用の経緯

内畑第一橋 P4 橋脚構造物掘削時に、小崩壊が相次ぎ発生したため、工事を中断してボーリング調査、斜面調査、トレンチ掘削等によって、地質条件の再検討が行われた。その結果、当斜面はき裂の多い断層破碎

Fig. 1. Location of site.

帯で、しかも強風化作用を受け粘土化した部分が存在することがわかり、橋脚の支持地盤としては良好であるが、以後の地盤掘削は困難であることが判明した。また Fig. 2 (b) に示すように P4 橋脚建設のために生じる掘削斜面上に A2 橋台基礎が計画されているため、安定勾配による切り直し再掘削は不可能である。

そこで、掘削方法が通常の普通掘削から何らかの土留対策を併用する特殊掘削に変更する必要が生じ、対策工法の比較検討結果から鉄筋挿入とモルタル吹付による土留工法が採用された。

このような斜面安定工事において地山安定補強効果を把握する必要があり、さらに A2 橋台下部の掘削が

† 原稿受理 昭和63年2月1日 Received Feb. 1, 1988

* 正会員 京都大学工学部 京都市左京区吉田本町, Faculty of Engineering, Kyoto University, Yoshida-honmachi, Sakyo-ku, Kyoto

** 日本道路公団大阪建設局 大阪市西区靱本町, Japan Highway Public Corporation, Utsubohonmachi, Nishi-ku, Osaka

*** 奥村組土木興業(株) 大阪市港区三先, Okumuragumi Construction Co., Ltd., Misaki, Minato-ku, Osaka

**** 鹿島建設(株)大阪支店 大阪市西区靱本町, Kajima Co., Ltd., Utsubohonmachi, Nishi-ku, Osaka

Fig. 2. General feature of slope stability work.

行われ、掘削による橋台支持地盤への影響を検討しなければならないため傾斜計、鉄筋計による計測工が計画、実施された。

2・2 設計条件

現地調査結果にもとづいて、この斜面内に破壊すべき線を想定して、破壊時の $F_s=1.0$ から逆解析により c 、 ϕ を決定し、掘削後の安全率 $F_s=1.2$ (仮設) を目標として鉄筋挿入工による仮設斜面が設計された。Fig. 2 に示すとおり上部永久斜面部に PC 鋼棒 (ゲビデスターブ) $\phi 23$ mm が、下部仮設部に鉄筋 D32(SD30) が用いられた。なお、斜面表層の保護は上部についてはモルタル吹付枠工 (200×200 mm) を、下部についてはモルタル吹付 ($t=5$ cm) が施工された。

2・3 施工方法

まず、上半分の永久斜面の施工は足場を設置し、通常の斜面アンカー工と同様に施工された。永久斜面部の施工が終了後、仮設斜面部は地山安定の押さえ盛土を足場として、2 m ずつ下方へ切り下がる逆巻施工が行われた。各ステップのサイクルは、掘削—ラス張—モルタル吹付—鉄筋挿入の順である。この様な逆巻施工を行うことは掘削に伴う地山のゆるみを最小限にするための有効な手段である。

計測工としては、PC 鋼棒と挿入鉄筋の応力測定および地中変位測定の 2 種類が実施された。その設置位置は Fig. 2 に示すとおりであり、設置は斜面安定工の施工と同時に進められた。

3 計測結果

S. 61. 9. 1 から S. 62. 1. 31 まで実施された計測データを用いて解析を行った。

3・1 地中変位について

地中変位の計測結果を Fig. 3 に示す。傾斜計初期値測定後から永久斜面部施工完了 (9 月上旬) までに生じた地中のひずみが、その後の仮設斜面部の掘削ならびに鉄筋挿入時にもそのままの形態で残っており、ひずみの分布形状に新たな変化が見られない。このことから、仮設斜面部の施工時に地

山に特殊な変状は生じず、工事の全体を通じて補強地盤が一体の構造物のような挙動を示したためと考えられる。

3・2 鉄筋計について

鉄筋に発生した応力変化は、Fig. 4 (a)・(b) に示すとおりである。

A1~A4 の 9 月の挙動から、応力発生が掘削直後ではなく降雨後に生じていることが読みとれる。これは、今回の斜面崩壊が降雨時に発生したことと関連付けられる。また、降雨のあとも高い応力レベルを保つことから、この原因が間引き水圧の発生による地盤の軟化に原因するものであり、ひとたび地盤に微小変形が生じるとほとんど復元しないことを示すものと考えられる。これに対して地下水位付近の B1~B4 では、若干前述の傾向が認められるものの、全体として掘削後

Fig. 3. Deformation data in slope.

1日ないし2日で応力が発生している。

鉄筋応力のピーク位置は掘削が下段に及ぶに伴い地表面付近から地中部へと移行し、その後一定位置をとる。このことは、一般に斜面崩壊の形状が斜面尻部で浅く、斜面中央で深くなっていることから裏付けられる。しかし、掘削線がある程度下がるとそれ以上内部に進行しない。これから、掘削に伴う応力解放は地盤の表層付近にとどまり、内部深くにまでは及ばない性格のものであることが予想される。

仮設部 B1~B4 で、B1~B3 と B4 では応力発生レベルに格差がみられるが、前者が既掘削部であり後者が未掘削部であったこと、さらに B4 で掘削時に生じたひずみが、埋め戻し時(12月)に回復に向かっていないことなどから、一旦応力解放された地盤は、埋め戻し程度ではそのひずみ状態が復旧し得ないといえる。さらに、鉄筋挿入が地盤の応力解放に抵抗している様子がうかがえる。

4 考察

以上より、鉄筋挿入補強土工法の斜面安定への適用にあたって、次のことが明らかになった。

① 鉄筋挿入時に段階施工を行った今回の工事例から、鉄筋挿入工は地盤の応力解放を抑える働きを有していると考えられる。掘削による地盤の変位の方向は掘削面の方向が卓越しているため挿入鉄筋には引張抵抗力により応力開放を抑える働きがあると考えられる。そのため、新設斜面の設計において逆巻施工を前提とすると、鉄筋の引張抵抗による設計が好ましく、鉄筋挿入方向も応力解放を抑えるように配置することが効果的である。(Fig. 5(a)のとおり)

ただし、既に応力解放を受けた斜面では現象が異なるのでこの考えは適用できない。むしろ、従来の直線すべりとしての設計が好ましいと考えられる (Fig. 5(b)であり、鉄筋挿入方向はすべり線との交角を小さくする方がよい)。

② 自然地盤の掘削による応力解放は瞬時に生じるのではなく、掘削後の降雨などを引きかねとして発生し、時間的遅れを有する。そのため、掘削後直ちに鉄筋挿入を行うことで地山を拘束し、応力解放を妨げることが効果的である。また、長時間放置した斜面は、その性質が変化していると考えねばならない。このことから、逆巻施工の重要性が証明される。

③ 掘削による応力解放は、掘削量に比例して掘削面から一定の深さで生じる傾向があると考えられる。このことから、鉄筋挿入を地山の拘束、応力解放防止という観点から使用するなら、挿入鉄筋の長さを上段から下段にかけて一様にするのが好ましいと考えられる。

5 おわりに

本報告においては、計測データをもとに鉄筋挿入補強土工法における挿入鉄筋と補強地盤の挙動について検討したところ、上述のような知見が得られた。

最後に、計測データの提供に協力いただいた日本道路公団大阪建設局 京滋バイパス工事事務所 前所長 高橋大輔氏(現・本社建設第一部工務第一課長)、所長 富岡康直氏、また計測工に関して献身的な努力をいただいた奥村組土木興業株式会社 本多顕治郎氏、桑本浩氏に深く感謝する次第である。

(昭和62年9月18日 土質安定材料シンポジウムにて講演)

(a) A-1 to A-4 in September, 1986 (1 to 7 are gauge points).

(c) Stress change during two months.

Fig. 4. Stress data of steel micropiles.

(b) B-1 to B-4 in October, 1986 (1 to 5 are gauge points).

Fig. 4. Stress data of steel micropiles.

Fig. 5. Arrangement design of cutting slope.

参考文献

1) 土質工学会編, “補強土工法, 土質基礎工学ライブラリ -29”, p. 430 (1986).

2) 吉田 浩, 鉄筋挿入補強土工法による地盤拘束効果について, 京都大学卒業論文, p. 28 (1987).