

第25回土質工学シンポジウム概要

アースアンカー工法——その設計・施工に関する技術的諸問題——

第25回シンポジウムを終わって

土質工学会調査部長 井 上 嘉 信*

第25回土質工学シンポジウムは、昭和55年11月11日(火)の午前と午後、東京都千代田区神田駿河台の日本大学理工学部9号館901教室で開催されました。シンポジウムのテーマは表題のとおりで、次のような三つのセッションに分けられ、それぞれについて()に示した数の論文が提出されました。

I アンカーの施工と施工管理(3編)

II アンカーの耐力(5編)

III アンカー工の設計と施工(3編)

アース・アンカー工法が、我が国に導入され広く用いられるようになってから、十数年が過ぎようとしています。この間、土質工学会としても、昭和51年「アース・アンカー工法——付・土質工学会アース・アンカー設計・施工基準案——」を発刊し、昭和52年には「土質工学会基準アース・アンカーの設計・施工法(JSF規格:D1-77)」を制定しました。また、昭和54年2月土と基礎で「アース・アンカー」小特集を行いました。この工法は、前述の「アース・アンカー工法」の発刊が契機となり、各種の工法が実用化され、急速に普及するとともに、現在なお新しい工法の開発や既往工法の改良が行われています。しかし、この

工法は、現場における実際の使用が先行し、その理論的検討や設計技術の確定には後追的傾向があり、技術的に未解決な問題が数多く残されているのが現状です。これらの問題について、広く現場の技術者や研究者から、工法の実施例をも含めて問題提起と討論をしていただくことは、この工法の適正な使用と今後の発展のために有意義であり、しかもこの工法の重要性が今後ますます増大すると考えられるところから、時宜を得たものとして、今回のシンポジウムが行われた次第です。

シンポジウムの参加者は170名でした。後に各セッションの概要を報告いただいた各先生の司会のもとに、論文の発表・討論が行われました。テーマがアース・アンカーという工法を対象とし、限定されたものであったにも拘らず、例年と変わらない参加者があり、座長をお願いした先生方の的確なリードで、技術的にも突っ込んだ質疑応答と意見交換がなされ、活発な討論のうちに終了することができました。

ご多忙な中を座長として各セッションの司会を務められるとともに、概要を取りまとめてくださった先生方、論文発表に御協力くださった発表者の方々、および活発な討論

表-1 土質工学シンポジウムの開催年月日とテーマ

回	開 年 月 日	テ マ	回	開 年 月 日	テ マ
1	30.11.28	三軸試験	14	44.11.5	タワミ性の壁(矢板、支保工、カルバートなど)に働く水圧
2	32.11.8	軟弱地盤の力学的性質とその対策	15	46.2.3 ~4	軟弱地盤改良工法とその効果
3	34.3.2	原位置における試験および測定法	16	46.11.12	飽和砂質地盤の液化化について
4	34.11.10	基礎地盤のサンプリング(創立10周年記念シンポジウム)	17	47.11.10	調査・設計・施工における土の判別分類の諸問題
5	35.11.11	土質安定工法	18	48.10.12	マサ土
6	36.11.17	斜面の安定	19	49.11.8	圧密試験法とその結果の解釈
7	37.11.20	軟弱地盤に関連する土質力学上の諸問題	20	50.12.4 ~5	一軸および三軸圧縮試験法とその応用
8	38.11.19	深い基礎の設計と施工に関する土質力学上の諸問題 ——ただし既成グイを用いたクイ打ち基礎を除く——	21	51.11.9	施工管理
9	39.11.10	砂質土に関する土質力学上の諸問題(その調査・試験・設計・ 施工について)(第9回から「土質工学シンポジウム」となる)	22	52.11.9	地盤と構造物の相互作用
10	40.11.8 ~10	「規程課題」土質試験法および「自由課題」	23	53.11.21	場所打ち杭と埋込み杭の評価
11	41.10.31 ~11.1	土質試験結果の解釈と利用	24	54.10.31 ~11.1	構造物と基礎のケース・ヒストリー(Case History) 土質試験の新しい方法および計測技術 (創立30周年記念事業)
12	42.9.29	土質工学における安全率について (この年から委員会主催のシンポジウムの開催が始まる)	25	55.11.11	アースアンカー工法 ——その設計・施工に関する技術的諸問題——
13	43.11.4	土と水			

*清水建設(株)研究所 主席研究員

によりシンポジウムを守り立ててくださった参加者の方々に、心からお礼を申し上げます。

以上、第25回土質工学シンポジウムの概要について報告しましたが、25回目という一区切に当たり、これまでのシンポジウムを振り返り、最近の状況と今後について少しく述べてみたいと思います。年一回秋季に1～2日間、東京での開催が恒例となっているこの年次シンポジウムも、昭和30年11月の第1回から通常毎年開催され、今回で25回目になりました。昭和54年10月に土質工学会が創立30周年を迎えたことを考えると、この年次シンポジウムは学会の発展とその歩みを共にし、我が国の戦後における土質・基礎工学の発展に大きな役割をはたしつつ、今日に至ったといえましょう。

第1回からの開催時期やテーマは表1に示すとおりであります。テーマとしては、その時どきにおける土質・基礎工学の重要な問題が適宜に取り上げられ、会員各位に日頃の研究成果を発表し、討論を通じて、新しい問題に関する情報交換の場を提供してきました。この間に、昭和26年から始まった年ごとの春季・秋季講演会が、昭和41年から土質工学研究発表会として新たに始まりました。また、学会における学会基準やJIS原案の作成、あるいは土質・基礎工学に関する問題の研究を行う各種委員会の、活動の充実と活発化により、昭和42年頃から年次シンポジウムとは別途に、これらの委員会が主体的に企画・運営する、いわゆる委員会主催のシンポジウムも実施されています。このシンポジウムは、委員会のテーマに関する問題点や研究の状況を把握したり、委員会の成果を公表したりする目的で行われ、昭和54年には5回、同55年には3回開催されています。これら委員会主催のシンポジウムは、委員会活動の一環としてより専門的で、狭い範囲のテーマで行われていますが、委員長はじめ委員各位の御努力により、最近は非常に充実した密度の濃いものが多く、時には年次シンポジ

ウムより盛大な場合もみられるようになりました。

当初は、土質・基礎工学に関する研究の興隆と、研究成果の活用を図るために年次シンポジウムが考えられ、実施されてきたと思われます。現在においても、この趣旨の重要性には変わるところはありませんが、25回目を迎えた今日では、その背景をなす学会や現場の状況、更にはこれらを取り巻く国内外の情勢も大きく変わってきております。例えば、学会の状況変化としては、土質工学研究発表会の活況、学会機関誌や出版物の充実、委員会シンポジウムの定着、支部活動の活発化、各分野の多様化と専門化等々がありますし、現場の状況については、工事の多様化と高度化に伴い新工法の研究・開発の必要性、技術が細分化や専門化されていく反面、土質・基礎工学の分野のみならず他の分野も含め総合化する技術の必要性等が強く求められています。更に、国内外の情勢に関しては、環境・エネルギー・食糧等に関して急迫した問題が社会的に提示されています。また、昭和52年(1977年)の第9回国際土質基礎工学会議の東京開催を契機に、国際的活動の必要性も一段と強くなってきています。

このような状況の大きな変化を考えると、年次シンポジウムについても、これまでとは違った観点からの見直しが必要ではないかと思われます。どのような観点で新しい方向を検討するかは、今後の課題ですが、学会の中立性を保持しつつ、技術の応用と展開に関して、より柔軟に対応しうる場として、またより多くの会員が気軽に参加できる有益な情報交換の場として、更には国際化への対応の場として、などがポイントとして考えられねばならないと思われます。

調査部としては、年次シンポジウムのあり方やその方向等について、今後検討していきたいと考えていますので、この機会に会員各位にシンポジウムの企画・運営についての御意見をお知らせいただきたく、お願いする次第です。

I アンカーの施工と施工管理

ふじ たい けい いち
藤 田 圭 一*

発表論文は3編であって、1編は多くの施工経験からまとめた施工の問題点の解決方法、1編は施工上の工夫とその結果の確認、1編は施工上の改良と新しい管理手法について述べている。いずれも、従来のシンポジウムではほとんど見られなかった現場の匂いの強い貴重なもので、討論もまた施工の経験がにじみ出るものがあつた。発表の内容および討論の要旨を紹介する。

論文要旨

(1) サイクル法による新しい緊張管理手法について

(山門明雄, 酒井文雄, 鈴木和夫, J. モクソー)

アンカーは原則としてプレストレスを導入して定着されるのであるが、定着機構上の問題から実際の定着荷重が所定の大きさに比べて減少するので、実際の大きさを知ることが困難である。アンカーに繰返し引張り力を与えることによって得られる荷重-変位量関係におけるループに着目して、実際の定着荷重を推定するサイクル法を提案し、ア

*(株)間組 専務取締役

学会活動より

ンカー引張り材変位量とジャッキ圧力から簡単に求められることを立証している。

(2) 反覆加圧注入装置を用いたアンカーの繰返し注入効果について

(鈴木和夫, 酒井文雄, J. モクソー)

アンカーの長期的な信頼性・安全性などを高める目的で、反覆加圧注入装置を用いて繰返し加圧注入を行い、その効果を調査している。対象地盤によって異なるが、高圧下での繰返し注入によってアンカー体の有効径が増大し、アンカーの限界耐力や変形係数などの力学的特性が向上していることが認められた。

(3) 施工者のみたアンカーの問題点

(高橋 弘, 稲垣 修)

施工者の立場から、アースアンカーの削孔ならびにトラブル・施工管理について検討している。まず、標準的な条件下での削孔の限界長を土質の種類・孔径・施工機械に応じて経験的に与えている。次に、アンカーのトラブルの原因を設計段階10・施工段階8・その他3, 合計21種類に分類し、それぞれについて典型的な現象、トラブルを確認する時期とその方法、発生背景にある技術員の能力と熟練度、トラブルの及ぼす損失の程度、その発生の頻度と最近の傾向、トラブルの事後対策などについて述べている。

討 論 要 旨

藤田座長(間組): 山門の話題に関して討議します。

形山(新構造技術): 実験に用いた PC 鋼材の定着方法はナット式で、定着時のセット量が小さく、プレストレスの減少がほとんどないのではないかと？

山門(法政大学): 実験をやってみると接触の問題がある。

形山: くさび式の場合には、図中 $\delta' = 1.7 \text{ mm}$ のように小さなセット量ではなく、10 mm 位になるので、プレストレスの減少量ははるかに大きくなる。

山門: この δ' は引きしろだけである。くさび式はまだやっていない。くさび式のようにセット量が大きいものは誤差も大きくなる。サイクルを数多くやれば、摩擦とかいろいろなものが省けるので正確になる。理論は非常に単純であるので今後現場で試験をしていただきたい。

小黑(大林組): ナット式の場合はサイクル法でよいが、くさび式のうち VSL 方式の場合、一度定着のくさびを入れてしまうと戻らないのでサイクルできない。

鈴木(ライト工業): くさびをかけないでできる。

小黑: いわゆる引張り試験みたいな形ではできるが、そのまま定着するわけではない。定着するときにはどの程度になるかは、また別の一段階である。

山門: だから定着したあと変形をはかる。

小黑: いや、確認試験のあとジャッキを緩めるとくさびが入ってサイクルできない。

座長: 定着、くさび、試験装置などがお互いに理解されていない。別の場所で議論をお願いする。

中村(日本ユー・エイ・シー): 現場の感じとしては、いわゆる定着荷重の減少は地盤のクリープによるものが多いので問題視している。

山門: 粘土の場合はクリープの問題があると思うが、実験結果によれば、締まった砂質土の場合はクリープはほとんどないので、地盤を弾性体として考えてよい。

座長: 鈴木の話の話題に移ります。

荒木(新技術開発): 繰返し注入による耐力の増大は、摩擦型アンカーにおける地盤の N 値の増加によるとしているが、繰返し注入の場所を限定すれば、砂地盤における拡孔型アンカーが可能になるのではないかと？

鈴木(ライト工業): ある深度にルーズな地層があれば、そこにスリーブを利用して集中的に注入量もしくは注入圧を与える。掘り出すと、アンカー体が膨らみ拡孔型のような形状のもの、地盤を割裂したような形のものもあって、かなり複雑な形で膨らんでいる。

荒木: 球根状のもので支圧が期待できると思う。

木下(鹿島建設): マンシュートチューブの材料は？また凝固したものを割裂させる圧力は？

鈴木: 大体塩化ビニール製である。固結したものを割る瞬間は約1か月置いたもので $80 \sim 90 \text{ kgf/cm}^2$ である。一度割れると図示のように $30 \sim 40 \text{ kgf/cm}^2$ 程度になる。

木下: 適度な時期に繰返し注入すれば効果がうんぬんであるが、固まる前か後か？

鈴木: パッカーの注入材が硬化する前に $40 \sim 50 \text{ kgf/cm}^2$ の高圧をかけることは無理かと思う。パッカー自身の強度的な制限もあるので、パッカーが硬化した後か、注入材がある程度の強度を持ったときに再注入するとよい。流動性の状態で加圧してもあまり意味はない。

木下: スtrandにパッカーをかませられるか、そして 40 kgf/cm^2 に対して大丈夫か？

鈴木: ばらの線の1本1本の周りにコーキング材を巻きつけると、すき間が充てんされて圧力に耐えられる。パッカー自身に 40 kgf/cm^2 かけるわけでない。50 cm ごとにスリーブが切っており、局部的に高圧がかけられる。

座長: 高橋の話題の話題に移ります。

川辺(東急建設): 試験の結果によれば、ばねのばらつきが大きい。原因は地盤のほか、施工たとえば削孔や定着の状況もあるのではないかと。設計サイドでばらつきをどの程度考えるか。作業員の技術の差もあると思うが、アンカー業者は今後どのように教育するのか、資格制度はあるか？

高橋(新技術開発): ない。将来、地盤調査の調査技士程度のものは必要であろう。同じ地盤で変形係数等のばらつきがあれば、削孔が原因であることが多い。アンカーの削孔は、時間をかけても必ずしも良い孔に仕上がっている

わけではない。非常に優秀なオペレーターは、孔の中が見えるという言葉で表現している。それには素質が要求されるので、教育でばらつきを改善することは非常に難しい。むしろ機械の改善等で、個人の差が出にくい方式を開発する必要がある。

川辺：しかし機械でやると、礫に当たったのかどうかかわからない。引張ってみて初めてばらつきが出る。また、極限耐力も極端な差がある。同じ地盤でも終局耐力が落ちないものもあれば、いきなり落ちるものもあるのは、使う側としては安心できない感じをうける。

高橋：機械化によって地盤の状況が把握できない場合は、むしろ地盤の問題であると思う。

川辺：地盤は地上からは見えないから、斜めに削孔する

と2～3mの差は出てくる。やはり掘っている人の判断が一番大切じゃないかと思う。

高橋：もちろん大切であるが、ただ把握できる部分とできない部分がある。さまざまなケースにぶち当たり、現場の経験を積み重ねないと答えを引き出せるようなオペレーターに育たない。孔の中における作業の場合には、画一的に教育をするのは非常に難しいと思う。

座長：学会のアンカー基準は、我が国で初めて設計と施工を一貫したものである。基準によると、1本1本について確認試験をするので、地盤が変化するという要素以外の問題、例えばワークマンシップに関する巧拙は荷重と変位の関係で現れる。したがって、現場における施工管理が非常に大切であることを理解すべきである。

II アンカーの耐力

やま かど
山 門

あき お
明 雄*

アンカー耐力として発表された論文は5編であるが、その中で3編はアースアンカーについての現場での観測結果からの考察、アンカー体の周面摩擦に対する解析方法の提案、模型実験による土留めアンカーの報告である。あとの2編は爆圧アンカー工法の施工例をもとに工法の特徴を述べたものとブロックアンカーの水平抵抗に関する模型実験の報告である。発表の内容および討論を以下に要約する。

(1) 施工例からみたアンカー耐力の若干の考察

(中村隆地・末広修三・土井茂樹)

現場で施工されたアンカー耐力についてその引抜き力を現場での現象面から問題点を提案し、影響要因として地盤の性状、アンカーの種類(普通アンカーと除去アンカー、拡孔型アンカーとストレート型アンカー)、施工法(削孔方式と注入方法)、アンカー用途などについてアンカーの設計、施工、引抜き試験の一連の現場経験からの問題点について次のように考察されている。

(1) 設計の段階でアンカー耐力を土質工学会編アースアンカー工法に記載されている摩擦抵抗を用いた場合は小さく安全側となることが多い。(2) アンカー体の位置によって τ の分布は異なる。(3) 削孔ケーシング内から注入材の流出を防止すれば地下水位の高さはアンカー耐力にその差異は認められない。(4) ロータリーパーカッションとロータリー式の削孔法の差異は認められない。(5) 注入量、加圧の条件はアンカー耐力に影響が大きい。(6) 多サイクル載荷の引張り試験結果をみると、塑性変位の低減傾向は確認できない。などについて述べ、10地点での施工現場の引抜き試験結果についての報告がなされた。

この発表に対して、ロータリーパーカッションとロータ

リー式の削孔法に差異は認められなかったことについて、ロータリー式で設計耐力が得られなかったが、ロータリーパーカッション式で施工したら十分設計耐力が得られた実例についての討議が行われた(野村)。

(2) アンカー体の周面摩擦力について

(上田勝基・草深守人・中村隆地)

アンカー耐力を算定する場合、アンカー体周面積に周面摩擦力を乗じて算定されるが、その場合アンカー体の有効長を考慮して許容引抜き力に上限を設定するか、またはアンカー本体の長さによって周面摩擦力を低減することによって許容引抜き力を小さく押えるかの方法がとられている。既往の資料から現状のアンカー体長と設計荷重の関係、アンカー体長と周面摩擦力の関係、アンカー体長と極限引抜き力の関係を図表に整理されたものの説明が述べられ、荷重作用時の周面摩擦については摩擦杭の概念からアンカー体の周面摩擦応力度分布の測定結果をそれと対比させ、周面摩擦応力度と変位の関係についての挙動の予測を述べている。そして周面摩擦応力度はその点の変位量の0.5乗に比例するという関係を導入し、変形法の線形解式によってアンカーの耐力をアンカーモデルの数値解析を行うことによって推定する試みについて報告されたものである。

この発表に対して、周面摩擦応力の分布をどのように測定されたのか(鈴木)、砂礫の N 値によってあたかも周面摩擦力が比例するように表で述べられているが、掘削式の施工では周辺の砂地盤は緩められるのではないかと、特に斜めに掘られる場合はかなり緩められるので、その影響を考慮する必要はないのか、また実際に用いられる τ に関しては十分な土かぶり深さを有すること、すなわち土かぶり圧との関係もあると思うが(川辺)について、またアンカー

*法政大学教授 工学部土木工学科

学会活動より

体のコンクリートの周辺地盤からの拘束圧によってアンカー一体とストランドとの付着応力度は相当変わるのではないかと、長くてもアンカー力があり大きくないのはなぜか、自由長がアンカー体下部まであるアンカー方式（複式アンカー）の場合はどうなるのか（木下）についての質疑討論がなされた。

（３）爆圧アンカー工法と施工

爆圧アンカー工法とは地すべり防止対策のために開発された工法で、爆圧によるモルタル埋設工（本文では単に爆圧工法）と、アースアンカーを組合せたものである。地すべり地区では擁壁などの土留め工に一般のアースアンカーを用いると、土圧以外に滑動を伴う推力が大きく作用するために長大なアンカーロッドを必要とし、施工面、経済上で問題が多い。そこで地すべりの推力をおさえるための爆圧工法によるモルタル杭（ジベル式杭）を地すべり面に設け、このジベル杭をアンカー一体として擁壁の転倒、滑動に対抗するように用いるものである。本文ではこの爆圧用ボーリング作業についての施工方法および爆圧掘孔作業、アンカー鋼材の挿入作業とモルタル注入作業についての現場作業の詳細について述べられ、アンカー耐力についての爆圧回数との関係、引抜き抵抗力の試算方法について論じている。

この発表に対して、爆破時点で爆破部分に事前に中空部をつくられた上での時差発破をさせたのか、写真から分析すると実施された地域は新三紀の泥岩かまたは砂岩の互層の地層ではないかと思うが、そこで爆破させた場合、このような大きなジベル杭が作られるような空洞をどのように想定されているのか、ダイナマイトを10本爆破させた場合地下内部にき裂の発達とか上部の健全な地盤の強度低下がおきないかについての考えなり調査結果について（佐藤）の質問が出された。

（４）模型実験による粘性土中のブロックアンカーの水平抵抗に関する研究（高橋邦夫）

海洋構造物においてアンカー主に支圧式アンカーは重要な構成要素である。しかも対象地盤として比較的軟弱粘性土層が多いので、実験土槽（径1.6 m、高さ1.5 m）に海成粘土を空気圧で圧密させた粘土地盤を使って、立方体・球体の受圧面積を種々変化させたもの36個のアンカーに

ついでに水平引張り試験を実施した結果について検討されたもので、アンカーの抵抗は埋設深さに比例するがある深度以上になると一定の抵抗を示し、その限界深さの上部と下部では抵抗に対する挙動は変わること、立方体と球体では単位面積当たりの抵抗力は立方体の場合のほうが約18%大きいこと、極限抵抗力が生ずるに必要なアンカーの移動量は、アンカーブロックの大きさの約25%であるなど、埋設型アンカーについての実験結果の報告がなされた。

この発表に対して、実験土層の中に入れた抵抗体を速度を変化させて引張った場合について、0.5 mm/min の速度で行われた根拠は、抵抗体が壁に近づいて来た場合壁の影響が出始めた実験をやられたかどうかについての質問（大津留）についての討論がなされた。

（５）土留めアンカーモデル実験

（橋本 功・岡田和夫・中西 章・山田邦光）

土留め工にアンカーを用いる場合の構造系全体の安定についての地盤の破壊挙動を求めるための基礎実験として、幅1.5 m、長さ3.0 m、高さ2.3 m で一面は強化ガラス製（厚さ20 mm）とし地盤の挙動を観察できるようになっている。この土槽に珪砂を均一に近い状態にバイブレーターで締固めた土層を作り、この模型地盤にL-30×30×5 mm、 $l=1.4$ m のアングルを埋設し、引張り材として $\phi 1.6$ mm のピアノ線を使用、アンカー長を種々変化させアンカーが一段の場合、二段の場合、初期導入力を与えない場合と種種与えた場合などの組合せについての実験結果と考察について述べたもので、擁壁の壁の移動と土圧の関係より、完全に壁体の変形を抑えようとする場合は静止土圧以上のプレストレスを与える必要があること。二段アンカーの場合、上段のアンカー力を減ずると下段のアンカーに荷重が増加してゆき、二つのアンカーの合力が主働土圧以下になると壁体は傾くなど、アンカー力と定着体の変位の関係などの報告がなされた。

この発表について、アンカーの抵抗体の抵抗する図-5のブロック部分と壁の主働崩壊面の関係は、2段アンカーで行った場合にはどういう崩壊の形になるのか、深い位置にアンカーが作られた場合はどうなるのかについて（浜塚）の質疑が行われた。また支圧抵抗に対する解析方法についての意見なども述べられた。

Ⅲ アンカー工の設計方法

やま だ くに みつ
山 田 邦 光*

このセクションで発表された3編は、アンカーを設計・施工するために必要な条件を求めるための試験方法、斜面安定解析への適用と手法および実際に行った検討結果と、

現場計測結果との対比について述べたものである。また、プレストレスングを行わないルートパイル工法について、その設計手法と、仮定条件について発表された。

*大成建設(株) 技術研究所 室長

(1) 斜面安定に用いるアンカー工

(安江朝光・石川芳治)

斜面安定工事におけるアンカー工の試験を行った結果から、設計・施工に対して検討を加え、独自の考え方を述べている。

試験は、主としてアンカーの引抜きテストおよびクリープテストを行っており、その結果が土質工学会その他の基準に対比して、どの位置にあるかを調べていると同時に、斜面の安定度計算方法として、FEM(有限要素法)を用いて、各エレメントにおける安全率の変化を求める場合と、従来からの円弧すべり法による場合との対比を行っている。

これによると、定着地盤の付着耐力は、地盤の状態によってばらつきが大きく設計に用いる付着強度は、 N 値だけでなく地盤の強度特性(一軸圧縮強度や弾性係数など)との相関性など事前調査の重要性を強調している。

更に1年半にわたるクリープテストの結果、初期緊張力の減少率は今回の実験では20%程度あり、アンカー引張り力が大きくなるほど、クリープ速度も大きくなることが確認されており、引抜き試験とクリープテストの結果を関連づけて、各荷重段階ごとのクリープ速度から、アンカー極限引抜き力を推定することができるという興味ある発表があった。また、有限要素法は、斜面安定工の解析方法として、有効な手段の一つであるが、その計算結果は、地層区分や地質条件の決め方によって大きく左右されるので、多くの調査を行う必要がある。

討議では、アンカーケーブルに貼付したストレインゲージは、何を測定する目的であったか、また、アンカーの載荷テストに使用された反力板の影響について質問され、これに対する答えとして、アンカーケーブルに作用している応力を測定し、付着切れの位置と有効定着長を調べることであり、反力板の間隔については広いほど、その影響は小さくなるがそれにも限度があるため、今回の試験では4m離して設置している。

アンカーの設計においては多くの現地調査と地質調査を十分に行うとともに、現場における引抜き試験を行って現状に近い設計条件を与えることによって、より安全に、経済的な施工を行うことができる。

(2) 地山補強工法(ルートパイル工法)による斜面の安定

(岩淵 丞・荒井満男・鈴木 保)

不安定な斜面の安定対策工としての地山補強工法(呼称ルートパイル工法)について、その基本的原理と設計手法および実施例について述べたものである。

当工法は、コンクリートによる斜面の覆工・グラウトによる緩み領域の改良およびアンカーとしての効果の3要素により成立っており、その原理は規模、目的により次の二つのタイプに大別される。

- ① 作用土圧による合成力がミドルサードに入るような重力式構造物を形成する。

- ② すべり面を想定し、すべり土塊全体を不動地盤内に定着固定する。

また、解析手法としては、次の2ケースに大別される。

- ① 覆工およびアンカーの剛性が高い場合で、緩みゾーンの横抵抗を無視し、緩みゾーン内または境界に仮想固定点を有する地上突出しラーメンとして扱う。
- ② 覆工およびアンカーがある程度変形する場合で、緩みゾーンの横抵抗を考慮し、定着ゾーン内に仮想固定点を設ける。

上記のケースについて、既往のデーターによる地盤を想定し、FEMによる計算を行った結果、次のような特徴を得ることができた。

- (i) 覆工内のモーメント、せん断力、軸力はアンカー径の2.5~3倍の半径内の範囲が卓越する。
- (ii) アンカーのモーメントは、頭部および緩み領域下端付近で顕著に現れるが、その大きさは覆工のそれの10~20%程度である。
- (iii) アンカーに発生する断面力としては、軸方向引張り力がほとんどであり、緩み領域以深においては、モーメント、せん断力ともにほとんど無視し得る。

討議の中では、グラウトの費用、プレストレスを与えていないことによる地山の緩み、すべり面下のアンカー長の決め方、アンカー軸力測定の有無についての質問が出され、これらに対する答えとして、“ルートパイル工法はアンカー工法とは異なりプレストレスを導入しないで多少の変形は許容するものとし、すべり面下の長さは周面摩擦抵抗力から求めている。また、削孔径の3倍のグラウティング効果を期待するには相当にいいな注入を要するが、費用については十分なデーターがなく、軸力の測定も行われていない”とのことであった。

ルートパイル工法および類似の工法は、まだ国内では緒についたばかりであり、データー的にも十分とは言えず、今後それらの集積が望まれるが、将来この種の工法は大いに伸びるものと思われる。現に、小樽望洋パークタウンではこの種のアンカーが大規模に施工されており、各種測定も計画されている。このことに関しては建設省土木研究所藤田室長、小樽市西尾章部長、山田らが別の機会に発表したいと考えている。

(3) アースアンカー土留めのプレロードを考慮した設計法

(藤代裕三・石川智康・伊藤克彦・小松賢一・坂口 武)
土留めの設計計算・アースアンカーの耐力設計計算に壁の変位を考慮した弾塑性法が普及し、切ばりやアンカーのばねを考慮する傾向が出てきた。

ここでは、その計算にアースアンカーのプレロード導入から掘削までの工程を、その挙動に即したモデル化を行い解析を試み、実測値との比較を行い、おおむね一致したよい結果が得られたと、報告された。

学会活動より

解析上の仮定は、土留め壁の支承条件として、土留め壁前面の弾塑性ばね、アンカー弾性ばね、土留め壁背面地盤と等価な弾塑性ばねを考慮したこと、また、掘削時に作用する土圧は、各掘削段階を通じて一定とし、掘削開始前の静止土圧としている。

ゆえに土留め壁が前に変位すると、変位量に背面ばね定数を乗じたものが静止土圧から減じられることになる。

したがって、土留め背面の土圧はインプットとしてではなく、変形後に生ずる力としてアウトプットされるべきものであるとしている。

また掘削による掘削側地盤底面のばね反力の除去も考慮されており、その手法は、除去荷重と等価な荷重を背面地盤から作用させるものである。

実測値として二つの例をあげているが、土圧、変位とも解析値とよく一致している。

討議では、壁の剛性の変化に対する考え方や土圧および変位測定に採用した計測器との計測の方法、壁の変位の戻りがあるにもかかわらず、プレロードの荷重の減少が少ないことに対する見解などについて質疑応答がかわされた。

これらに対する答として、コンクリート連壁の剛性は引張り側の応力が 30 kgf/cm^2 で、クラックが発生して変化すると考えて、それ以下の応力では全断面有効としての剛性を、それ以上では、コンクリートの引張りを無視することとしている。

測定は、土圧計、変位計、挿入式の傾斜計を用いている。結果を見ると、壁の戻りが大きい割にプレロードの荷重減少が少なくなっており、アンカー自由長が長い場合、ばね定数としては非常に小さく、壁のところで $3 \sim 2 \text{ cm}$ 変位しても、その変化は小さいことを示している。

最後に、ノンセクションで、アースアンカーは永久に十分使用し得るものかとの質問があった。これに対して座長は、現在のところ日本の規準には明確化されていないが、最近、FIP（国際プレストレストコンクリート連盟）指針では腐食防止を含めたケーブル加工の方法、緊張後の品質管理に関して網羅されてきており、日本においても、準備は進められており、近年中に明確化されるものと考えられると説明を行った。

学会刊行物案内

入門シリーズ

B 6 判 送料各 1 冊 300 円

1. 土質工学入門

172ページ 会員特価 1,200円 定価 1,500円

2. 土質・基礎工学へのコンピュータ利用入門

277ページ 会員特価 2,000円 定価 2,500円

3. 土質・基礎工学のための地質学入門

199ページ 会員特価 2,000円 定価 2,600円

4. 構造物基礎入門

301ページ 会員特価 2,300円 定価 2,900円

5. 土の見分け方入門

151ページ 会員特価 1,300円 定価 1,600円

申込み先 社団法人 土 質 工 学 会 〒101 ☎03-251-7661(代)

東京都千代田区神田淡路町2-23 菅山ビル 郵便振替 東京4-40786