

総括・一般報告

行施工の杭などへのネガティブロードなどの影響が生じ、本設構造物の沈下などへ直結すると想像される。

大規模工事が数多く行われる現在、以上のような問題を解決する方向の研究を集中して進め、これをとりまとめて

中小規模工事でも経済的で合理性が高く、しかも環境問題についても社会的に統一された見解が得られるような設計法、施工法および管理測定法が開発、成熟されてゆく事を願って総括とする。

土圧, アンカー

一般報告

榑大林組 森脇登美夫

620 圧縮型永久地盤アンカーの引抜き抵抗(その1)一周面摩擦抵抗—(森・幾田・丸岡・青木・尾崎・渡辺・小林・桂・真野)

621 圧縮型永久地盤アンカーの引抜き抵抗(その2)一付着抵抗—(桂・幾田・丸岡・青木・尾崎・渡辺・森・小林・真野)

622 圧縮型永久地盤アンカーの引抜き抵抗(その3)一周面摩擦抵抗と付着抵抗—(青木・幾田・丸岡・尾崎・渡辺・森・小林・桂・真野)

623 圧縮型永久地盤アンカーの引抜き抵抗(その4)一繰返し載荷の影響—(真野・幾田・丸岡・青木・尾崎・渡辺・森・小林・桂)

624 グラウンドアンカーの荷重-引抜き量関係の予測(池田・藤田・今村・藤崎)

625 摩擦アンカーの支持力について(前川・橋爪・軽部)

626 定着長が長いアースアンカーの地盤との摩擦抵抗分布(その2)(宮澤・坂巻・木田・渡辺)

627 地盤アンカー定着部の挙動(木下・野尻・笹尾・持田・松島)

628 AE法による地盤アンカー挙動モニタリングの適用性(松島・野尻・笹尾・木下・持田)

土圧, アンカーのうち本セッションでは, 9編のグラウンドアンカーに関する研究が紹介された。アンカーの種類はいずれも定着部のグラウト応力の状態によって, 圧縮型(620~623), 引張り型(624~626)および引張り・圧縮共存型(627, 628)の三種類に分類できる。以下, 各研究の概要について順次報告する。

620~623は, リブ付き鋼製カプセル(耐荷体)を用いた圧縮型アンカーの一連の研究報告である。まず620では, 原位置引抜き試験を行って耐荷体先端部から発生する周面摩擦抵抗の分布状況を示し, 極限周面摩擦抵抗は砂礫, 砂層で孔内水平載荷試験時の降伏圧, 土丹層では三軸圧縮試験結果の粘着力で与えることを提案した。

621は耐荷体とグラウト間の付着抵抗に関する報告で, 軸対称モデルおよび二次元モデルの室内試験を行い, グラウト中のすべり線の発生状況, 極限付着抵抗と拘束圧の関係について考察している。622では原位置試験結果をもとに極限周面摩擦抵抗および極限付着抵抗を検討したもので,

ともにその大きさは定着地盤による拘束圧と関係の深いことを明らかにした。623は繰返し載荷による周面摩擦抵抗および付着抵抗への影響を報告したもので, 実使用時レベルの繰返し荷重であれば, 周面摩擦抵抗の分布に変化がなく, また極限付着抵抗もほとんど低下しないことを示した。

624~626は, 通常の摩擦型アンカーの極限引抜き力, 周面摩擦抵抗および変形性状に関する報告である。624は極限引抜き力の推定および施工管理への適用を目的としてアンカー体部分の変形特性を解析したものである。周面摩擦抵抗と変位量の間を数学モデルで近似し, 良好な変位量の推定曲線が得られており, 今後の実測データの蓄積とともに実使用面で期待される。625は豊浦標準砂, ステンレス製の模型アンカーを用いた室内試験結果の報告で, 引抜き抵抗は砂の密度, およびダイレイタンスと密接な関係にあることを示した。626は定着長3mと13.5mのアンカーの原位置引張り試験結果に関する報告で, 定着長さの違いによるテンドン(PC鋼より線)の応力分布, 付着抵抗の発現状況の相違を示した。

627, 628はいずれも定着部を拡孔し, アンカー体部分に強化カプセル(波型鋼製シース)および支圧盤を設置した拡孔型アンカーに関する報告である。このうち627では定着部の抵抗機構, すなわちテンドン~グラウト間の付着抵抗および支圧盤上方にあるグラウトの支圧抵抗について, 原位置試験, 室内試験結果をもとに考察している。また, 628はアンカー体の健全性を調査する目的でアコースティックエミッション(AE)法の適用性を検討したものである。引張り試験時の周波数スペクトルを, アンカー構成要素である地盤, グラウト, カプセルおよびテンドンの周波数スペクトルと比較し, 応力の伝達状況を具体的に示している。AE法など非破壊検査法に関する研究報告は杭のセッションでは多く見られるが, アンカーを対象にしたものは珍しく, 今後の展開に期待したい。

個人発表に続く討論では, テンドン(カプセル)~グラウト間の付着抵抗に関する質疑が目立った。621については実験時の側方拘束, 622では耐荷体とグラウトのひずみの評価方法, 626では定着部テンドンの加工状態, そして627では強化カプセルの設計法に関する質疑応答がそれぞれあった。

アンカー体部分の周面摩擦抵抗および付着抵抗の発生機構は, 数年前から発表論文数も増え, かなり積極的に研究されている。アンカーについては, このほか群状態での抵

抗機構など十分に解明されていない項目も多くあり、今後とも継続的な研究姿勢が望まれる。

豊橋技術科学大学 河邑 眞

629 二本組グラウンドアンカーの引抜き抵抗(清・宮崎・森脇)

630 多数アンカー式擁壁の施工例(高野・石崎・毛利)

631 群アンカー引張り試験時に測定された地中変位(笹尾・野尻・木下・持田)

632 複数の多段式支圧型アースアンカーの動的挙動(高谷・北村・桜井)

633 土丹層に定着させた地盤アンカーの長期耐力評価(持田・野尻・笹尾・木下)

634 模型鉛直アンカーの周辺砂地盤の破壊モード(林・龍岡・井川)

635 下界定理に基づく塑性土圧の極限平衡解析(中村・荒井)

636 のり枠工の設計手法の選定に関する一考察(佐野・吉村)

本セッションでの発表はアンカーに関する研究が7編(鉛直アンカー:629, 631, 632, 633, 634, 擁壁・斜面:630, 636), 壁面土圧に関するもの1編(635)となっている。以下, 上述の発表番号順に研究内容を簡単に紹介する。

最初の3編は群アンカーの挙動についての報告である。629はローム層に打設した摩擦型の2本組鉛直アンカーの引抜き試験を原位置で行った結果である。5種類のアンカー間隔で試験を行い, 引抜き力に影響を及ぼすアンカー間隔などについて検討している。631はローム層に打設した拡径型の4本組アンカーの現場引抜き試験結果である。引抜き力と地中変位との関係などを調べている。また, アンカーを基礎に定着した場合についても考察を加えている。632は複数多段式支圧型アンカーの動的挙動についての研究である。地盤を粘弾性体と仮定し, 単一の支圧板に作用する動的荷重とアンカー中央の変位の関係を基礎式とし, 複数多段式アンカーの動的変位解析を行っている。以上, 3編の研究は群アンカーの挙動を予測する上で有用な結果を示している。測定精度の向上を計るとともにデータの蓄積が期待される。

次に, 633, 634は単一のアンカーに関する発表である。633はアンカーの長期耐力に関する研究であり, 土丹についての室内せん断試験と原位置での引抜き試験の結果を示している。アンカー体の周面摩擦抵抗の長期強度は短期強度に対して室内試験では53~59%となり, 現場では68~70%になるという結果を報じている。634では摩擦型鉛直アンカー引抜き時における周辺地盤の破壊モードについて理論と室内試験により考察している。アンカー表面における側圧係数と極限引抜き抵抗係数との関係を明確にしている。以上2編の研究は永久構造物としての地盤アンカーの設計に対して貴重なデータを提示しており, 今後の研究

の進展が期待される。

他の3編は擁壁もしくは斜面保護工に関する発表である。630は高さ10mの盛土に対する複数アースアンカー式擁壁の施工時における測定結果である。アンカーロッドの張力から擁壁前面の土圧係数を推定した結果を示している。アンカーロッドの張力の合力は設計土圧係数0.4により得られる土圧合力より小さな値となっている。636は斜面保護用のアンカーの耐力についての研究である。のり枠に作用するアンカー力とのり枠の変位の関係を室内試験により調べている。有限長の弾性支承上の梁の理論による算定値が測定結果によく対応すると報じている。635は壁面土圧算定手法に関する研究である。すべり土塊内での力の釣合条件, すべり線上での破壊条件などを制約条件とし, 最適化手法により壁面土圧を求める方法を示している。壁面摩擦がある場合や壁背面が傾斜した場合についての算定結果を示している。以上3編の研究は斜面保護工や擁壁の設計に対して具体的な結果を示したものであり, 現場での検証が待たれる問題である。

日本大学 巻内勝彦

646 鉄筋で補強した斜面の室内模型実験(その1)—実験概要および挿入長さの影響について—(鳥井原・山本・平間)

647 鉄筋で補強した斜面の室内模型実験(その2)—挿入ピッチの影響について—(山本・鳥井原・平間)

648 補強材を挿入した平面ひずみ模型実験(鄭・越智・壺内)

649 Finite Element Stability Analysis Method for Reinforced Cut Slope(辛・松井・永井)

650 ポリマーグリッド補強土擁壁における補強材の敷設間隔と補強効果について(荻迫・落合・林・桃坂)

651 一様でないひずみ場におかれた棒状材の補強効果(佐藤・落合・林・楊)

652 鉄筋挿入による補強土工法を用いた山留めの挙動(平野・藤井・塩月)

653 急勾配切土のり面補強工法の開削トンネルへの適用(久慈・神藤)

654 RBMSMによる補強盛土および擁壁の解析(波田・香川・木越・中西)

655 引張り材による補強斜面の載荷・切土実験(大谷・松井・天野・坂下)

656 補強材を配置した砂の一面せん断試験(峯岸・見波・嶋津)

657 補強土壁工法における壁面材の変位について(熊田・小林)

本セッションは, すべて斜面補強土工法に関するものであり, 12編を工法別に分けると, 鉄筋挿入工法(646~649, 651~653, 656), ルートパイル工法(655), 補強土壁工法(650, 654, 657)である。内容的には, 小型模型試験

一般報告・総括

(648, 651, 656), 土槽実験 (646, 647), 数値解析 (649, 650), 現場計測 (657), 数値解析と現場計測の対比 (652~655) の報告となっている。

646 と 647 は, 室内模型実験により, 補強鉄筋の長さや挿入ピッチの影響をそれぞれ考察している。補強効果は変形が進むほど大きくなること, 補強材の引張り抵抗により最小主ひずみを小さくし補強領域を一体化することなど, 基礎的かつ有益なデータを報告している。

648 は, 平面ひずみ伸張状態の小型モデル実験を行い, 棒・板状の補強材と砂の境界面での拘束効果を調べることを試みている。応力と変形状態から, アンカー式がセパレート式(鉄筋挿入工法)より大きな補強効果を示し, 補強材数により差がみられることを明らかにしている。

649 は, 補強切土斜面の二次元非線形 FEM 解析を行い, 局所安全率の分布を求めている。解析例を考察した結果, 補強材数の増加により安全率が高まること, 静止土圧係数の影響が顕著であることが判明した。

650 は, 補強土壁工法におけるポリマーグリッドの補強効果を評価する一手法として, 引抜き抵抗の変位依存性を考慮した FEM 解析を行っている。計算結果に基づき, 敷設数と間隔による土圧, 変位, 沈下量, 補強材張力の変化を詳しく検討している。

651 は, 中型のゾーンせん断試験を行い, 鉄筋の補強効果は引張り材として働くときに有効であることを確認している。またその方向(挿入角)は, せん断方向に傾けた場合に顕著に発揮されること, 鉄筋の曲げモーメントの補強効果はあまり期待できないことを報告している。

652 と 653 は, 鉄筋挿入工法による山留め工事の観測結果を示している。斜面水平変位(前倒れ)は掘削直後に生ずること, 鉄筋打設領域内の一体化が実測された。数値解析と比較して, 変形モードと鉄筋軸力の良好な傾向一致を得ている。このような貴重な実測データの蓄積と共に, 解析手法や計算パラメーターの精度向上のための一層の改良が期待される。

654 は, 剛体・ばねモデルによる補強壁解析例を, 模型と現場実測値と対比している。650 と同様, 補強材の埋設箇所付近で壁面土圧が部分的に減少する傾向を説明している。また変位と土圧の関係では比較的良好な結果が示されている。

655 は, ルートパイル打設した軟岩切土斜面の変位と補強材の軸応力分布の観測結果を報告している。補強材の抵抗としてアンカーとルートパイルの補強効果を考慮した円弧すべり解析を提案し, 設計法の有力な手がかりとなることを示している。

656 は, 大型一面せん断試験により, 丸棒とく形板を用いて挿入角と平面充填率の効果を調べている。補強効果は, せん断変位がある程度大きくなった時点で発生し, 表面積に比例することを報告している。

657 は, 壁面パネルの変位が補強材の引抜きによって生じ, パネル下端を支点とする回転変形をするものとして, 計算値と実測値を比べその適用性を確かめている。

斜面安定工法では, 補強材の適切な配置のため, 補強材や壁面に働く正確な応力分布の確認が重要なテーマであるが, 計測データの信頼性, 測定技術, 解析法に関して質疑が集中した。今後ともさらに精度向上に努力を傾注すべきであろう。室内模型実験(646~648, 651, 656)は, 補強メカニズムを詳しく調べるための有力な手段であるが, 作成試料状態が現場の地山のものとの差異がないか十分確認されるべきと思われる。今後に残された課題の一つといえよう。補強効果の表示には, 補強比や補強率(逆に低減率)などが使われ, 定義も不統一なところがある。単なる表現上の問題ではあるが, 公認指標としての用語を決めた方がよい時機にあるのではなからうか。

総括

(財)砂防地すべり技術センター 安江朝光

「アンカー」

地盤あるいは岩盤に設置されるアンカーは, 元来ヨーロッパで発達した工法であったが, 我が国でも昭和40年代に入ってヨーロッパからアンカー用の削孔機が導入され, 削孔機の性能が飛躍的に改善されるに及んで急速に普及し, その機能と便利さが広く認識されるようになった。

良質の地盤や岩盤に高強度鋼材をグラウト材によって定着し, 鋼材の緊張力によって構造物を地盤に緊結するアンカーとは別に, これに類似する工法に地盤や岩盤中に鋼材などの補強材を挿入して地盤や岩盤のある範囲の強度を増大させる, 機能的にはロックボルトに近い補強土工法とされるものも最近少しずつ用いられるようになった。

アンカーは用地が少なく比較的大きな反力が得られるが, 材料的な耐久性と引抜き抵抗力の長期安定性に対する信頼性に若干問題があり, 山留めなどの仮設的な使い方がされることが多かった。しかし, 最近材料の防食に対する技術開発が進んだこともあって, 永久アンカーとして使用されるケースが増えている。昭和62年土質工学会基準案として改訂され, 提示された「グラウンドアンカー設計・施工基準」でも永久アンカーの設計アンカー力に地震時を新たに設けている。

アンカーでは定着部のグラウトと周囲の地盤や岩盤との周面摩擦抵抗, 群アンカーの評価や設計法, 定着部周辺の地盤や岩盤のクリープなどのレオロジー的な挙動, 構造物と一体と見た時の全体としての設計法, 特にその中でもアンカー自由長の機能などが特に永久アンカーで重要な課題であるが, これらはまだ十分に解明されていない。今回の土質工学研究発表会でもこれらに関する研究成果が示されている。地盤や岩盤との周面摩擦抵抗は砂礫層では孔内水平載荷試験時の降伏圧, 土丹層では三軸圧縮試験結果の粘

着力で求めることが提案されているが、これらのデータが集積されれば設計時に役立つであろう。群アンカーについても3編の論文が発表されており、今後の成果の蓄積が期待される。

圧縮時の地盤や岩盤のレオロジー的な挙動は構造物の支持力特性などにおいて、またせん断時のレオロジー的性質が斜面崩壊などにおいて従来から研究されているが、アンカー定着部周辺の地盤や岩盤には引張り応力が発生しており、緊張荷重の経時的な低下などのレオロジー的な問題は新たな研究分野であり、永久アンカーが広く使用されるためにはどうしても解明されねばならない課題である。永久アンカーにとっては解決すべきもう1つの課題は防食である。これについては二重防食機構を有する特殊防食工が現在開発されているが、高温多湿な我が国においては更に進んだものの開発が望まれる。

地盤や岩盤を挿入した鋼材により補強する工法は斜面で

も最近用いられるようになった。斜面では風化や切土によりひずみが生じ、これが潜在的な崩壊面を形成することになるが、斜面内に補強材を配置するところの補強材の引張り抵抗力が地盤のひずみを抑制する働きをすると同時に潜在的な崩壊面に有効に直応力を作用させ、地盤のせん断抵抗力を増加する働きをなすとされている。

この工法は施工的に簡便であり、関係者の関心も高まって来ているが、補強効果が数量的に確認しにくいからである。今回の発表論文にもあるように、鋼棒の長さ、本数、配置の形状により補強効果が変わって来る。これについては、模型実験、試験施工時の鋼材の応力や斜面の変形、応力の計測、あるいは有限要素法等による理論的な解析などにより種々のアプローチがされているが信頼できる一般化された設計法の提示には至っていない。経済性、施工性から見て魅力的な工法には違いないので土質工学会が中心となって設計法をまとめられることを強く要望したい。

泥 水

一般報告

前田建設工業(株) 伊藤雅夫

- 637 水-ベントナイト-セメント, 三成分系の圧縮強度(古賀)
- 638 地中連続壁工事への新添加剤の適用結果 泥水工法における泥水材料の研究(その10)(飯塚・大塚・岐部)
- 639 泥水中で打設した鉄筋コンクリートの品質について 泥水材料の研究(その11)(岐部・綿貫・飯塚・内田)
- 640 泥水工法における泥水の化学的管理方法に関する研究—その10・分散剤の効率的使用方法の検討—(鈴木・武)
- 641 泥水工法における泥水の化学的管理方法に関する研究—その11・泥水管理試験の省力化に関する検討—(武・鈴木)
- 642 非分散系泥水の研究(原田・三浦)
- 643 セメント固化地盤の掘削泥水に関する研究(第2報)—セメント固化土が掘削泥水に及ぼす影響—(千野・喜田・炭田)
- 644 泥水工法における泥水の品質管理の自動化(第3報)—造壁性の自動計測装置の開発—(炭田・喜田・辻)
- 645 セメント系固化地盤を掘削する泥水シールド用海水泥水に関する研究(その1)(小口・宮原・伊藤・岩田)

638, 640, 642, 643, 645 は、泥水の海水やセメント改良地盤掘削等による劣化対策に関する研究である。

638 は連壁工事で有害イオンによる泥水劣化防止を目的とした新添加剤を使用し、その効果を現場の測定データを分析し確認しており、新添加剤の実績が着々と積み重ねられている感がする。今後は適用方法、コストの面での検討をお願いしたい。スライムの沈降性についての質問があ

った。

640 は海水混入や改良地盤からのセメント混入等、過酷な条件下での泥水材料の検討を新添加剤や CMC, 分散剤等の添加による効果の比較を8種類の泥水を使って行っており、その結果、脱水量、スライム沈降速度の点から、過酷な条件下でも新添加剤の効果が大きいことを述べている。新添加剤の適用範囲については今後の研究に期待したい。

642 は、ベントナイト泥水やポリマー泥水が分散系泥水であるのに対し、凝集性の NDS 材料を添加した泥水を非分散系泥水と称し、泥水中的掘削土を速やかに分離排除することを目的として検討を行っている。実験は水道水と人工海水を用いて行っている。非分散系の泥水は「処理」という面から考えると非常に有効であり、今後は、適用性についての検討に期待したい。土砂分離方法およびコストの面についての質問があった。

643 はセメント改良地盤での連壁工事で固化土を掘削した時、その材齢、粒径等が泥水への程度影響を及ぼすかを検討したもので、ベントナイト泥水とポリマー泥水を比較すると限界セメント量から考えて固化土に対しては耐セメント性に優れたポリマー泥水の方が有利であると述べている。ポリマー泥水とベントナイト泥水との比較についての質問、討論があったが時間不足で十分な結論は得られなかった。

645 は泥水シールド工事を対象としてセメント等の固化地盤を海水泥水で掘削したときの泥水劣化について、特に輸送、処理に支障が生じないよう、分散剤で再生する方法を提案しており、リグニンスルホン酸系の分散剤が良好であると述べている。海水泥水のセメント固化土に及ぼす影響については 640 と同様に実用化に向けた今後の研究に期