

第30回土質工学シンポジウム概要

ジオテキスタイルを用いた工法—新材料・工法に関する技術的諸問題—

第30回土質工学シンポジウムを終って

前調査部長 渡辺 進

第30回土質工学シンポジウムが「ジオテキスタイルを用いた工法—新材料・工法に関する技術的諸問題—」をテーマに、昭和60年11月15日から2日間にわたり、東京（日本大学理工学部）で開かれた。

「ジオテキスタイル」の用語は数年前に生まれたばかりであるが、その後世界各国に急速に浸透した。ASTMはこれを「人工的なプロジェクト、構造物、システムを全体的に仕上げるために土や岩石等と共に用いられる透水性繊維材料」と定義しているが、実際には、ネット類やメンブレン類を含めた、広い意味での地盤用人工高分子材料として把握する方がよいような発展を示している。これらの材料は、近年の合成樹脂材料の多様化とその加工技術の進歩に支えられて、建設工事のさまざまなニーズ、すなわち、構造物の補強、材料の分離、排水や防水の制御管理等のニーズに合わせて、容易に選択され、変形、切断または接合され、使用される。ところで、その使用対象である地盤や土は、土地が異なれば構造や性質が異なるばかりでなく、水分により扱い方によってその性質や状態が大きく変化するものであることはよく知られている。したがって、土とジオテキスタイルの組合せ方は極めて豊富であり、換言すれば、その新材料群は展望に満ちた多種多様な問題を内包していると言えるわけである。

実際、ジオテキスタイルを用いる工法は、今日、次のような問題を抱えている。

- (1) 土質工学的側面からの要求を的確に満足するジオテキスタイルの検査法、試験法、基準等が整備されていない。
- (2) 土とジオテキスタイルの複合体としての力学的挙動が解明されていない。
- (3) 施工事例が少なく、ケースヒストリーとして十分な資料がない。

これらの問題に的確に対処するため、土質工学会は昭和58年8月にジオテキスタイル研究委員会（委員長：福岡正巳教授）を発足させ、これらの材料の研究と利用の状況を調査し、学会が取り組むべき課題の解明に努力を重ねてきた。今回開催されたシンポジウムは、当学会の恒例の土質

工学シンポジウムという形をとっているが、内容的には上記委員会の活動成果の報告の場でもあって、言わば、ジオテキスタイル研究委員会と学会本部との共催の性格をもつものである。

いずれにせよ、ジオテキスタイル利用のこの初期段階では生産者、利用者、研究者の三者が一堂に会して、それぞれの経験や問題を出し合い、忌憚なく討議し合うことがこの工法の健全な発展に寄与するものであり、今がその時機であるとの判断から、第30回土質工学シンポジウムのテーマに決められたのであった。また、この目的をよりよく果たすために展示コーナーも設けられた。このコーナーは第1日だけで、またシンポジウム会場とは少し離れた場所に設営されたのであるが、同実行委員会（委員長：岩崎高明）のご奮闘のお陰で19の企業、組織が参画され、見学者は200名に達し、盛況であった。

論文の応募数は当初の予想を越え、最終的には25編に確定した。十分にかみ合った討論ができるように、これらの論文を4～5編ずつ6セッションに分け、それぞれ下記の方々に座長をお願いした（敬称略）。

- セッションⅠ：龍岡 文夫（東京大学）
二木 幹夫（建設省建築研）
" Ⅱ：赤木 俊允（東洋大学）
中村 和之（東急建設）
" Ⅲ：伊東 孝之（国鉄鉄道技研）
寺師 昌明（運輸省港湾技研）
" Ⅳ：久楽 勝行（建設省土研）
嘉門 雅史（京都大学）
" Ⅴ：渡 義治（五洋建設）
巻内 勝彦（日本大学）
" Ⅵ：三浦 哲彦（佐賀大学）
了戒 公利（清水建設）

各セッションの内容については、別に詳細な報告があるので、ここではそれ以外の事項について大要を述べる。

第1日午後の冒頭に、東京理科大学福岡正巳教授の特別講演「国際ジオテキスタイル学会の活動について」があった。教授は、このシンポジウムに遠路来日された国際学会副会長の J.P. Giroud（ジルー）氏を壇上に紹介され、自ら、氏の「海外のジオテキスタイル利用状況」の講演に、通訳の労をとられた。氏は異なる機能をもつ複数の材料を

学会活動から

組合わせて使う方法の発展性を、実例を挙げて強調された。

第2日は、まず、ジオテキスタイル研究委員会の活動報告が設計分科会(主査:渡 義治)と試験法分科会(主査:久楽勝行)に分けて行われた。設計分科会からは、日本におけるジオテキスタイル関連製品(56社, 105種類)の調査, 既発表論文リストの作成, 同概要の作成(作業中)などの報告があった。試験法分科会からは、諸材料に関する現行の試験法を幅広くリストアップし、その中から土木分野関係の試験項目を選んで各試験方法を比較検討したこと, 今後検討すべき問題点を整理中であることなどが報告された。

この日の特別講演は九州産業大学山内豊聡教授の「日本におけるジオグリッドの利用について」であり、現場の施工例をスライドで紹介しながら、ポリマーグリッドの開発史とその研究, 応用, 将来展望などを話していただいた。

セッションIVの討論に先立って、前記 J.P. Giroud 氏からの下記のような伝言を福岡教授が紹介した:「日本のこのシンポジウムに提出された論文の質の高さに強い印象を受けた。これらの論文の著者に特にお願いしたいことがある。雑誌『ジオテキスタイル・アンド・ジオメンブレンズ』に特集号を作るので、その中に、このシンポジウムに提出された論文を使用させていただきたい」。

このシンポジウムが、このように大きな成功を収めたのは、各セッションを的確に運営し、討論をリードしていただいた座長の方々、内容豊かでユニークな特別講演をされた福岡, 山内両教授と J.P. Giroud 博士、質の高い論文を提供していただいた発表者、両日にわたり終始熱心に討論していただいた多くの参加者および、新企画の展示コーナーに協力していただいた企業・機関のみなさんのお陰である。これらの方々に厚くお礼申しあげる。また、当学会のシンポジウムに毎年快く会場を提供していただいている日本大学理工学部ならびに関係者の方々に深甚の謝意を表したい。

なお、この機会に、土質工学シンポジウムの企画運営等について会員各位から積極的にご意見をお寄せ下さるようお願いする次第である。

セッション I

座長: 龍岡文夫・二木幹夫

このセッションでは下記の4つの論文が紹介された。

- I-1: 高伸度ジオテキスタイルで補強した地盤の力学挙動(斉藤邦夫・木村 孟・高橋修三・永野 豊・加藤 一)
- I-2: 有限要素法による土中のジオテキスタイルの変形挙動解析(久楽勝行・護摩堂満・竹内辰典・前田幸男)
- I-3: ポリマーグリッドを応用した急勾配補強盛土の設計と実際(山内豊聡・尾曲伝吉・福田直三・池上正宏)
- I-4: 不織布で補強したのり面安定工法の現場実験(中村和之・益子孝次・田村幸彦・岩崎高明)

それぞれの報告の要旨と討議の内容を簡単に紹介する。

I-1: 2種類のジオテキスタイル(不織布)を使用し軟弱な沖積粘性土地盤上に盛土した場合の、表面補強効果に関する実験を、遠心力載荷装置を用いて行っている。その結果、

- (1) ジオテキスタイルは、載荷に伴って発生する地表面付近の変形を大きく拘束し、無補強の場合に比較すると約40%ほど減少させることができる。
- (2) この効果には、使用したジオテキスタイルと地盤の摩擦特性が重要な役割を果たしている。
- (3) ジオテキスタイルは、排水層としての機能を十分に有している。

などの結論を得たと報告している。

この論文に関しては以下の討議があった。

安原(西日本工業大学): 地表面変位を拘束する効果は材料と地盤との摩擦特性が深くかかっていると指摘されているが、材料AとBでは変形係数が10倍ほど違うということであれば、両者の剛性の違いがどのように影響するのか?

斉藤(東京工業大学): 両者の剛性は10倍ほど違っているけれども両者とも非常に薄い材料であるので、剛性についての検討はとくに加えていない。摩擦特性についても正確な値を求めておらず、現在準備中であるが、比較的摩擦の大きいA材料での効果が大きいため、ここでは摩擦特性の相違であろうと推察した。

I-2: 土とジオテキスタイル(実験ではポリマーグリッドを使用している)が一体となった複合体の変形挙動を解析する手法として、ジオテキスタイルと土とをジョイント要素と平面トラス要素に置き換えて、有限要素法による、No-Tention 解析を行うことを提案している。そして、ジオテキスタイルの引抜き試験、および橋台取付け部の段差防止効果に関する大型模型実験を実施して、実験値と解析値の比較を行い、提案した解析法の有用性を指摘している。

この論文については、以下の討議が行われた。

三浦(佐賀大学): 土構造物をジオテキスタイルで補強した場合、一般に土の強度は時間にもなって安定化していくのに対して、ジオテキスタイルの場合は強度的には低下していく。この点についてコメントをお願いしたい。

久楽(建設省・土木研究所): 土構造物を永久構造物と考えるか、あるいは使用年限を決めた構造物と考えるかによって補強材に対する考え方が異なる。前者の場合には、材料のクリープ特性を正確に把握した上で、許容安全率的なものを見込むような考え方も出来る。後者に対しては、ある定まった期間内さえ機能すれば良いので、その間のクリープを考慮すればよいのではないかと思う。

斉藤: 解析で用いられている定数の算出根拠は何か。

久楽: せん断降伏応力や、せん断弾性係数を規定する定数は引抜き試験結果から求めている。また、トラス要素の弾性係数は、既存の値を使用した。

小坂(日本工営):設計・施工上,ポリマーグリッドのピッチを,三軸圧縮試験等の結果から推定することについての考え方をうかがいたい。

福田(復建調査設計):その点については,現在検討中である。ただ,補強材料と土とが一体化して補強効果が発揮されていると考えると,強度の強いものをラフに入れるよりも,強度が小さくても均一に敷設する方が良いとも考えられ,このような補強効果も設計上生かしていくことが必要である。

斉藤:引抜き試験では,ジオテキスタイルのひずみ分布は,引抜き端部と内部とでは異なっている。このようなひずみ分布状態にある試験結果から定数を求め,大きな模型実験の解析に適用することについての考え方を伺いたい。

久楽:前述のような方法で求めた定数を使用して解析を行うと実験値とほぼ合ったということであり,設計上は極限状態のすべりや破壊領域で,この解析方法で良いのかどうか検討しなければならないと考えている。

I-3:我が国で初めて行われた,ポリマーグリッドを使用した急勾配補強盛土の設計および施工結果について,現場計測結果や有限要素法解析結果等から検討を加えており,設計上計算されるグリッド応力と実測値との対応が良いこと,ジョイント要素を設けた有限要素解析が有効であることを述べている。

この論文に対しては下記の討論が行われた。

三浦:p.16(図-16)のグリッドに作用するひずみは,張力を加えた後の増分値であるか? また,ひずみ分布が時間とともに,どのように変化したのか?

福田:張力を加え,木杭で固定した後の値である。また,後者の質問については,設計上見込んでいた張力よりも小さな値しか作用しなかったため,ひずみが長期的に増大するといった傾向は認められなかった。

I-4:不織布を用いたのり面安定工法の実用化を目的として,コンクリート板でのり面を被覆し,コンクリート板の効果および,施工性等について,現場実験を実施している。その結果,コンクリート版に作用する土圧が小さくなること,コンクリート版が紫外線劣化防止に役立っていること,不織布が排水材として十分機能していること,また,施工性がよく壁背面の転圧も容易である等を報告している。

(文責:二木幹夫)

セッションII

座長:赤木俊允・中村和之

このセッションでは次の4編の論文が紹介された。

II-1:ポリマーグリッドの設計強度の評価試験(山内豊聡・福田直三・周藤宜二)

II-2:ジオテキスタイルによる軟弱路床の補強に関する模型実験と数値解析結果(山岡一三・西形達明・坪井康之)

II-3:路盤噴泥対策工におけるジオテキスタイルの耐久性調査(伊藤孝之・須長 誠・御船直人・関口吉男)

II-4:ジオテキスタイルを用いたオーバーレイの耐久性について(廣田泰久・浦上康文・西川隆晴・原 富男)

ジオテキスタイルを地盤安定対策上有効に利用していくためには,幅広い用途でそれぞれの目的にみあう適切な設計方法が必要であり,確立が急がれている。我が国で本格的に研究に取り組んでから日は浅いが,ここ2~3年間に補強のメカニズムの解明を目的とした数多くの実験や計測がなされ,しだいに補強効果が確認されてきた。

しかし,実際の設計で重要項目になると思われる引張り強度や土との摩擦抵抗力など,十分に解明されていない点も多く,ジオテキスタイルの種類も多く用途も広いことから,今後一層幅広い研究が望まれる。

本セッションに報告された4編の論文は,対象とする構造物は異なっているが,グリッドの設計強度の決定方法,道路路盤厚の減少,鉄道路盤面被覆工の耐久性評価方法,オーバーレイのタックコート量の決定方法などについて,実験結果から具体的な提案をしており,いずれも今後,実用上の展開が望まれるものである。

II-1:この発表においては,1979年に英国で開発され,我が国でもすでに3年間の使用実績を積んで有用性が確かめられてきたポリマーグリッドの設計強度に関する研究成果を発表している。試験速度を変化させた引張り試験,クリープ試験および短時間に作用応力が増加した場合を想定したクリープ試験など,荷重条件を変えて実験した。その結果,ポリマーグリッドは試験速度によって引張り強度が変化する粘弾性体の挙動を示し,設計強度はクリープ試験によって評価するのが妥当であると述べている。また,一軸延伸グリッドの設計強度を,50%/minの試験速度によって得られた引張り強度の40%と具体的に提案した。さらに,短時間に荷重が増加するような条件下では,強度の割増しが可能であるとし,実施工でよく行われる段階盛土に対する配慮もなされた。討論の中で,粘弾性体の性質を有するポリマーグリッドの温度による強度の影響について取り上げられたが,今後の研究課題として残された。

II-2:この発表では,軟弱地盤上の道路路床の安定化を目的としてジオテキスタイルを用いた場合の効果について,土槽実験と数値解析の二つの手法を用いて研究している。まず土槽実験では,繰り返し載荷試験を実施した結果,無補強時に局部せん断破壊したが,ジオテキスタイルで補強した場合には全般せん断破壊の状況を示すことを,プーシネスクの応力分散式から述べた。また,ジオテキスタイルの利用によって,骨材(路盤)厚が減少可能であることを上式の逆算により求めた。一方,数値解析では,有限要素法(結合要素を用いた非線形解析)によりジオテキスタイルの有無についての応力と変形を比較して,ジオテキスタイルの補強によって路床部の変形が拘束され,路盤部の安定化に役立つことが報告された。

有限要素法は,ジオテキスタイルの補強効果を数値的に

学会活動から

解析する上で、今後有益な手段として適用されていくであろう。

II-3: この発表は、鉄道路盤の噴泥対策として全国の営業路線で実際に用いられているジオテキスタイルの耐久性について調査した結果をまとめたもので、調査方法は、道床を開削して道床下のジオテキスタイルを採取し、破損貫通孔の目視、貫通抵抗力試験、引張り試験、引張り疲労試験などを実施した。その結果、材質によって耐久性が相違するが、いずれも経年劣化が進んでおり、保護層の耐久性については、新品材料の抗張積（破断時の引張り強さと伸びとの積）を用いて評価する方法を提案した。

II-4: この発表では、道路面に発生するリフレクションクラックの発生緩和を目的としてジオテキスタイルを用いた場合の効果を、タックコート量を考慮したホイールトラッキング試験と透水試験をもとに調査した。その結果、タックコートを適量含んだジオテキスタイルは、防水機能とクラックの発生形態を変化させる機能を有するために、クラックの発生を遅延する効果が明らかとなった。討議の中で高温のタックコートによるジオテキスタイルの性能の変化について指摘があり、材質によって影響度の差が大きいことが説明された。また、舗装の寿命という現実的な問題に関し、曲げ試験における破断後の残留強度の影響について議論されたが、具体的な年限の提案は現場の状況を考慮すべきであることが示唆されるに留まった。

(文責：中村和之)

セッションIII

座長：伊東孝之・寺師昌明

近年、ジオテキスタイルの機能を有効に利用する試みが各方面で進められているが、複合体となった地盤全体の挙動は、素材の特性に加えて、地盤材料の特性、外力条件によって変化するもので未解明の部分が少なくない。本セッションでは、解析法の提案(III-2)、現地実証実験(III-1)、縮尺模型実験(III-3, 4)による研究の報告、国鉄技研伊東氏による総括、そして討論が行われた。

III-1: 超軟弱地盤における石炭灰高盛土基礎安定化のためのジオテキスタイルを用いた試験施工について(五十嵐・永野)

III-2: 覆土工事におけるジオテキスタイルの設計(渡・樋口)

III-3: 置換工法におけるジオテキスタイルの機能について(安原・平尾・塚本)

III-4: ジオテキスタイルによる軟弱地盤の沈下抑制工法に関する模型実験(安原・平尾・三浦・了戒)

III-1: 地下水位の高い(G.L.-1m)超軟弱地盤上に、石炭灰を転圧して高さ5mの盛土を建設するに当たって、盛土の底部と内部に不織布を敷設し、その効果を検討した現地実験の報告である。不織布使用の目的はあまり明りょうにされていないが、石炭灰の硬化反応に最も適した含水比を長期間維持させるために、排水機能を期待したもののよ

うである。このため、実測も盛土材料の強度特性の経時的な変化の把握に重点がおかれている。無処理部と不織布敷設部を対比した結果にはあまり大きな差はなく、むしろ盛土内部では不織布敷設がマイナスとなったと報告されている。

III-2: 軟弱地盤上での建設機械のトラフィカビリティを確保するための良質土の覆土に際する補助工法として、地表面に織布と格子状のロープを敷設する工法は従来より多用されている。本報告では地盤表層の非排水せん断強度 c_u が 0.1 tf/m^2 程度と超軟弱で盛土まき出し時の粘性土の流動が著しく生じる場合を対象にしている。格子状のロープ(大約60cm四方)で囲まれた実施工の織布の変形が空気膜構造の膜面変形の形状に類似している点に着目し、膜構造解析法を織布の設計に援用している。

本報告は、従来より経験的に進められてきた織布の選定方法を提案するもので評価出来る。ただし、解の適用に当たっては、ロープの変形量、織布に作用する面圧などについて仮定が必要である。今後、仮定の吟味、解の適用範囲の明確化のための実証が望まれる。

III-3: ジオテキスタイルの軟弱地盤への適用は、構造物の安定を目的とするものが多いが、本報告はむしろコントロールしながら地盤を破壊し軟弱地盤を強制的に置換えようとするもので極めてユニークな発想の適用例である。論文の主題は縮尺模型による定性的な現象の観察結果と、それを踏まえた適用性の議論である。

III-4: 軟弱路床上部の改良を砂層のみ、砂層と粘土層の境界または砂層中にネット、ポリマーグリッド、またはパイプネットなどを補強材料として敷設した場合の繰返し荷重による沈下現象を室内模型によって求めている。実験結果より、グリッド、パイプネットに沈下抑制効果のあることを結論している。

討論は実験研究に集中した。新しい適用法を模索して実物大の試験を行う場合(III-1)には、素材に期待する特性(目的意識)の明確化と、可能な範囲での事前予測の必要性が議論された。また、総括報告者よりポリエステル製不織布の耐アルカリ性について懸念が示された。

縮小模型を用いた研究(III-3, 4)は定性的な挙動の解明が主目的であったためか、模型材料や実験条件の設定理由があまり詳しく述べられていない。このため、補強材の効果的な設置位置、ネット、グリッドなどと併用したる紙の実験結果に及ぼす影響、などが議論された。縮小模型で実物規模の挙動を評価しようとする場合には、地盤条件、素材のモデル化に十分な配慮を加えておかなければ、実物規模とは異なる事象を観察する結果となる恐れがある。今後、各機関で模型の相似性の検討と実験結果の定量的な評価のための研究が望まれる。

いずれの研究もジオテキスタイルの有効利用を目指した意欲的な研究であり、討論も活発であった。しかし、個々

の研究の対象構造物，補強材料の利用目的が様々であったため，討論は発散気味であった。この種の研究の今後の展開が期待される。（文責：寺師昌明）

セッションIV

座長：久楽勝行・嘉門雅史

このセッションは「補強効果の検討と設計」に関して，5編の研究発表と討議が行われた。それぞれのテーマと発表者は次のようである。

- IV-1：ジオテキスタイルと砂の摩擦抵抗について（宮森建樹・岩井茂雄・巻内勝彦）
- IV-2：不織布などで補強した砂の中空円筒試験（福島伸二・古賀重利・鎌田正孝・久野悟郎）
- IV-3：ジオテキスタイルを壁面の一部に使用した多数アンカー式擁壁の研究（福岡正巳・今村芳徳）
- IV-4：不織布で補強した粘性土盛土の安定解析（安藤裕元・龍岡文夫・山本康博）
- IV-5：ジオテキスタイルを用いた補強盛土の設計法とその実施例（坂口昌彦・フィリップ・デルマス・ジャンピエール・グルック・イブ・マティシャル・ジョルジュ・ピロー）

本シンポジウムにおける主要テーマとして，①ジオテキスタイル材料の実験方法の確立，②ジオテキスタイルの補強効果の機構の解明，③材料の耐久性の把握，④設計手法の確立，⑤施工事例の研究等を挙げることができるが，本セッションでもこれらすべてのテーマが大なり小なり議論の対象となっている。IV-1，2が室内実験，IV-3～5は擁壁や盛土の設計・施工を取扱ったものである。

ジオテキスタイルを用いた補強盛土をはじめとする土構造物が，永久構造物としての市民権を獲得するためには，④補強メカニズムと全体の補強機構との相関と，①耐久性の2点の解明を挙げることが出来る。前者は設計のために必須であり，破壊時のジオテキスタイルのひずみ量と土のひずみ量との差が大きいことから，摩擦機構における拘束圧の影響とクリープ変形量の問題についての早期解決が急務であろう。本シンポジウムでも何度か話題となり，土とジオテキスタイルとの応力分担比を設定しようという動きがみられるが，限界状態での応力を説明することは可能でも，補強構造物全体の変形量を規定することは困難であるので，補強機構の解明は今後とも大きな課題と考えられる。

耐久性については，従来からジオテキスタイルを地表面上にあるような形式で利用する場合，紫外線劣化が避けえないとされている。安価な材料を用いて，維持・管理・補修で対応するか，ジオグリッドに用いられているような炭素樹脂混合例にみられる耐久性向上で対応するかの2通りの方策が考えられる。いずれにしても劣化レベルの的確な把握が必要である。

それぞれの研究発表の内容と討議結果は次のとおりである。

IV-1：各種の不織布と砂との摩擦抵抗を直接せん断試験

機を用いて調べたものである。材料の種類と厚さ，乾湿の程度によって摩擦抵抗に差を生じ，最大摩擦を生じる変位量に差がみられることを明らかにしている。

西形(関西大学)：不織布を板にはりつけて摩擦を求めているが，布自体の変形を拘束したことになるか？

岩井：不織布表面と砂との摩擦を検討したものであり，布自体の変形は考慮していない。ただ，布の厚さによる応力-ひずみ特性の変化にその影響が出ている可能性がある。

IV-2：中空円筒試験によって人工材料による砂地盤の補強機構を検討したものであり，特に切土斜面などの除荷時の変形挙動，すなわち，最小主応力の変化の影響を追求している。実験条件は現実の不織布の利用形態と必ずしも対応していないが，砂という摩擦材料への補強機構解明という点から興味深い。

安原(西日本工大)：補強材の効果は見かけ上 c が上がって， ϕ は変わらないという報告が従来多い。ここでは除荷過程における補強効果として ϕ が上がるとみなしてよいか？

福島：補強機構として ϕ に期待しうるものと考えている。

IV-3：多数アンカー式擁壁の壁面の一部へジオテキスタイルを応用した例を示したものである。安価でかつ補修が容易な材料を用い，5年間の長期にわたって計測・管理を行い，補修方式の検討をも実施したものである。

シートタイプとネットタイプの引張り強さの劣化についてとりまとめ，4年間で引張り強さが使用以前の40%までに低下したという説明があった。耐久性について明らかにした貴重な例であり，今後も被覆による劣化抑制効果をも含めた継続的検討が期待される。

IV-4：不織布補強粘性土盛土の設計法の確立を主テーマとして，試験施工をしたものであり，一連の系統的研究のうちの安定解析例を示している。極限釣合い方式で想定複合すべり面の解析結果では，多くの仮定が入るものの試験施工盛土の挙動を一応説明しうることを明らかにしている。ただし，多様な破壊パターン形式に対応しうるまでには至っていないという説明であった。

荒井(福井大)：すべての不織布と土とが同時に極限状態に達するという仮定の下での安全率という考え方には問題がある。

安藤：そのとおりであり，不織布に対する強度安全率とかクリープを考慮した安全率を求める必要のあることが分かっている。しかし，ここではひずみを考慮しなくて良い極限釣合い方式の簡便性を重要視して示したものである。

荒井：不織布と土との変形特性が異なるから，土が先に極限状態に達したとして，それに対して不足分を不織布が負担するという応力分担の考えで補強効果を評価しうるか？

安藤：個々の不織布に作用する引張り力や変形量を把握して盛土全体の変形を表現することが重要である。応力分

学会活動から

担比についても考慮してゆくべきであり、今後の設計法の問題として検討したい。

IV-5：フランスにおける織布を用いた補強盛土の設計法と5つの実施例を紹介したものであり、限界ひずみを用いる設計手法を説明している。これは土と織布との複合体の破壊ひずみを設定し、破壊引張り強度限界と変形係数を定めるもので、厳しい規定である。しかしながら、これを前提とした上で実際には柔軟な運用が図られており、従来の慣習にとらわれない大胆な適用が試みられていることは興味深い。

福岡(東京電機大)：J.P. Giroud(ジル)博士の紹介したファイバーを土中に混入した斜面防護方法について補足説明して欲しい。

坂口：実験を見たが、20本ぐらいの糸の束をパイプに入れ、圧搾空気で吹き付け、同時に土を吹き付けて現地で混合する方式である。

中村(東急建設)：日本における設計・施工との関連から、織布のひずみの出方と必要強度の関係、盛土の不陸による織布の局部変位の増大の可能性はどうか？

坂口：フランスでは厳格なひずみ規制よりは、盛土全体の変位を規制するという方針がみられる。

青山(新潟大学)：寒冷地道路における不等凍上の防止へのジオグリッドの適用例はどうか？

坂口：調べて後日回答する。

小田(中部大)：補強盛土断面の織布の配置について、下部ほど層厚を小さくすると弾塑性解析では合理的になるはずである。設計計算上はどうしているか？

坂口：そういう計算はしていないが、施工上その方が確実ということで、経験的に実施されている。

以上、当日の討議の簡単な紹介を含めてとりまとめた。ジオテキスタイルの考え方は日本では古くから実用されていたものである。しかしながら、近年用いられつつあるジオテキスタイルは、地盤工学上の新材料として多様な利用の可能性を有している。それらの製品特性を十分理解した上で、的確な適用を図るとともに、先に触れたように補強盛土の設計において重要な破壊機構の解明が必ずしも完全でない現在、モデル試験や現場試験での継続的な検討が今後とも求められている。

(文責：嘉門雅史)

セッションV

座長：渡 義治・巻内勝彦

このセッションでは、下記4編の論文が発表された。

V-1：ジオテキスタイルの試験法について(山岡一三・田中茂・西形達明)

V-2：ジオテキスタイルの排水性能に関する実験(二木幹夫・佐藤雅宏・吉田 正)

V-3：ジオテキスタイルのろ過機能と目詰まり現象(山岡一三・西形達明・坪井康之)

V-4：ジオテキスタイルを用いた地下排水暗渠の排水能力調査報告(浦上康文・田中信昭・吉原武志)

論文の詳細についてはシンポジウム論文集を参照していただくとして、以下に当日の討論の要旨を記す。

渡座長(五洋建設技研)：最初に先ほどの論文内容紹介(巻内座長)の中で、V-1に関する幅広と従来の引張り試験の比較データについての質問からお願いします。

山岡(関西大学)：表-1のデータに関しては、その後良い結果を得たので改めて発表したい。それから、ネックダウンを起こした時点の強度をとっても、それ自体あまり意味がないと考えている。

巻内(日本大学)：実際にはネックダウン現象や載荷速度などいろいろな問題が関係していると思うが、V-1の表-1のデータをみる限りネックダウンは問題になっていないと見受けられたので質問した。

山岡：今年のロスアンゼルス会議での折、ペル教授と米国の業者は不織布の幅は4対1、織布は1対1が良いと主張しているので参考になる。

渡座長：次に、フロアからの発言をお願いします。

林(フジタ工業)：V-2とV-3の2~3か月間の長期試験を行った場合、透水性の低下に与えるバクテリアの影響の有無について見解をうかがいたい。

渡座長：まずV-2、続いてV-3の順でお願いします。

佐藤(東京ソイルリサーチ)：長期間を経て、黴(かび)が生えていたという報告もあるが、今回は化学・生物学的チェックはしていない。しかし、目でみた限りでは状態の変化はみられなかった。

坪井(関西大学)：実際の土壌中ではあり得ると思うが、ここでは確認していない。

渡座長：次の質問に移らせてもらいます。

中村(東急建設技研)：現場では、縦排水とかトラフィカビリティは1万時間、排水を期待した盛土補強等では10万~100万時間となるが、V-2とV-3の長期試験のサイクルは短いと思われる。V-3の図-8ではシルトを使用しているが、ジオテキスタイル排水層の土は大体はこれより下になると思う。この図で100時間近くのところをたどっていくと下方にその差が結構大きい感じに見える。さらに図-9で、透水係数は10万~100万時間のあたりではオーダーが1つ下がる。これを実用上生かすとなれば設計上考慮しなければならないが基準はあるか。

渡座長：では今度はV-3、次にV-2からコメント願います。

坪井：どの程度の動水勾配で目詰まり状態発生となるか、まだ測定資料がなくはっきりしない。また図-8と9では、透水係数が1オーダー変わるまで長期試験で調べてない。

山岡：今の話に関連して、オギニック氏やマーク氏(テネシー大学)は、いったんシルト層なりブリッジングが形成されると平衡状態となり以後変わらず、その時間は3~4

日と言っている。我々は1000時間ぐらいと思っている。

佐藤：試料がもつ透水係数により傾向は異なると思うが、長期試験は面倒なので、粒径に応じてどのくらいの時間で試験をすればよいか目安がつくデーターを積み重ねたい。

渡座長：先般から排水の問題というものが盛んに出てますので、これに関連して討議願います。

岩崎(三井石油化学工業)：長期試験をCL, MH, SWの土について2年間ぐらい継続的に行っているが、目詰まり状態をみると、100時間～1週間で透水性が安定しその後一定となる。急激に低下した時を調べてみると、不織布にはバクテリアは付かず、土の表面に細粒分やバクテリアが発生する。表面の土をそっと搔くと、再び元の状態に戻る。また、不織布の穴の径が関係するが、急激な圧力をかけると目詰まりを起こしやすいので、初期に水圧の勾配をコントロールすれば長期間目詰まりは起きない。

渡座長：現場からの貴重なご意見と申します。

久楽(建設省土木研究所)：V-4では、W(割栗)タイプが良好な結果となっている。現場では種々のファクターが働くのでジオテキスタイルの選定を誤らなければ、C(クラッシャーラン)でもWタイプでも良いと思う。CとWタイプでは本質の違いはあるか。

浦上(建設省近畿技術事務所)：クラッシャーランは透水性が非常に悪く、Wタイプの方が空隙が大きいので排水性能が良い。また、現場の観測結果から判断した。

渡座長：残り時間が少ないのであと一問だけどうぞ。

渡辺(クラレトレーディング)：V-1のp. 88に10%のひずみ時の割線係数が用いられ、軟弱地盤上の盛土補強の設計では5%と書かれている。これらのひずみの絶対値の関係をお教え願いたい。

山岡：堰堤の補強土砂の下で部分的に5%が最大、全体として10%とし、米国では10%を採用基準としている。

渡辺：例えば軟弱土でのジオテキスタイルのヤング率の具体的な数値は与えられているか。

山岡：5～10%時には上層の土は既に大変形を起こしているので大体10%で抑える。局部的には5%としている。

渡座長：活発な討議有難うございました。なお、山岡先生から、御連絡下されば試験装置の図面等希望者にお送りしますとの申し出が只今ございました。

(文責：巻内勝彦)

セッションVI

座長：三浦哲彦・了戒公利

このセッションでは、4編の研究発表と討論が行われた。それぞれのテーマと発表者は、次のとおりである。

VI-1：ジオテキスタイルおよび多孔性物質の振動流に対する透水性の研究(大草重康・栗田 豊・坂田康之)

VI-2：不織布を敷設した斜面の飽和・不飽和浸透流解析(前田 征利・加藤 進・笠原清磨・荒井克彦)

VI-3：板状排水材を使用した盛土内排水工(安達 治・菊地富

良)

VI-4：PP不織布による底泥脱水効果試験(吉田龍夫・中村正春・岩崎高明)

本セッションは排水、ろ過の機能をねらった報告が主である。このような排水機能へのジオテキスタイルの利用の背景としては、次のことが考えられる。

- ① 排水材としての砂および礫の入手が困難である。
- ② サンドマットの層厚およびその連続性等の高い品質の要求がある。
- ③ 施工が容易である。

このような利用にあたって、ジオテキスタイルの材料自身の問題として、排水材の耐久性、つまり時間の経過とともに、目詰まりが生じたり、排水材が圧縮変形して、所定の排水能力がなくなり、安全率が低下することがある。

また、研究方法の問題点として、室内のモデル実験では常に問題となるスケール効果がある。つまり、土粒子径とジオテキスタイルの間隙の比をどのように決定するか。また、実験結果の一般性あるいは再現性がなければ、設計への適用が困難となるなどの問題点がある。

以下に個々の論文についての概要と討論結果について示す。

VI-1の論文は、周期を有する海洋波のジオテキスタイルの透水性を求めするために振動論から透水係数を求める方法を提案し、それによる計算結果と定水位透水試験との比較検討を行うと同時に、その方法によりジオテキスタイルと多孔性物質(礫、砂、ビー玉)との複合体の透水性の検討を行っている。

その結果、多孔性物質の粒径が小さくなると、複合体の透水係数は、ジオテキスタイルによって変化しないとの指摘があり、波を堤体内に浸透させるか、逆に、波を浸透させないで反射させるかなどの工法選択に、本実験の結果が有効な示唆を与えるものと思われる。

VI-2の論文はジオテキスタイルの不飽和特性を求め、その結果を飽和・不飽和浸透流解析に導入して、ジオテキスタイル(短繊維、長繊維)を敷いた盛土(豊浦標準砂)の浸透流実験と比較検討を行ったものである。

その結果、保水性の大小よりも、ジオテキスタイルの透水係数が盛土の排水効果に大きく影響することを指摘している。

不飽和浸透流実験において、初期の飽和度や間隙水圧の設定方法について質疑がなされたが、今後の検討課題として残された。

VI-3の論文は、盛土の排水材として板状の排水材を使用して、関東ローンを10数mの高さで盛土したときの動態観測結果の貴重な報告である。この中で排水材の盛土内の布設形状や盛土材の薄層まき出し方法を新しく提案している。その結果、ジオテキスタイルを敷設することにより、圧密沈下量と圧密継続時間が小さくできることを指摘している。

学会活動から

排水材の設置位置やその間隔について質疑応答があった。ジオテキスタイルの耐候性に問題があるので、盛土中央排水とし、内側に水を落とす方式にした。排水材が重機により破損するのを防ぐために、30 cm まきだした後に締めれば、ジオテキスタイルの破損あるいは圧縮変形の問題はないとのことであった。

VI-4の論文は浚渫土の脱水処理に耐薬品性(耐アルカリ, 耐酸性)に優れたPP(ポリプロピレン)不織布を使用した実験結果の報告である。この中で天日乾燥工法では、含

水比 w /液性限界 w_L の値が1.5より小さくなりにくい、底面脱水工法では、搬出可能な含水比に急速に近づくとの報告がなされた。

不織布の透水試験時の透水方向による透水係数の差について質疑があったが、縦横による透水係数の差はなく、しかも、継目を熱癒着しており、それによる透水係数の減少もないとのことであった。

(文責: 了戒公利)
(原稿受理 1986. 4. 17)

近着の市販雑誌から

○基礎工 1986. 5 (総合土木研究所)

特集 各地の地盤特性と基礎・山留め工事例
(九州・沖縄編) 総括編集 幾田 悠康委員
土質基礎工学における実験について 山内 豊聡
九州地方の地盤について 落合 英俊

○橋梁と基礎 1986. 5 (建設図書)

場所打ち杭の支持力に関する信頼性評価
—九州横断自動車道小郡地区の事例— 前田 良刀外2名

○土木技術 1986. 5 (土木技術社)

船川港・曲面スリットケーソン堤
(南防波堤工事) 馬場 孝博
橋梁デザインメモ・アーチ橋の造形 関 淳
九州縦貫道・八代~人吉間の工事現況 千々岩敏弼外1名
朝日小川第1発電所・北又ダムの設計と施工 住吉 隆司

岩盤層における下水道幹線管きよの施工
(第4回) 北海道方工事(後編) 城野 修身外3名
北川 修三外1名

○土木施工 1986. 5 (山海堂)

札幌市創成川処理区幹線下水道第2期工事
新しい土砂搬送装置によるシールド工事 佐藤 宣男外1名
横須賀港(久里浜地区)防波堤築造工事
鋼とコンクリートのハイブリッド港湾構造物 阿部 久外4名
鋼・コンクリート合成管による火力発電所取・放水管工事
マレーシア・パカ火力発電所建設工事 嶋津 洋二外2名
中国産石材で昭和の石橋を架ける
7.23長崎水害・中島川改修より「一覽橋」 小島井 清外1名
十勝中央大橋(斜張橋)主塔の設計, 施工 秋本 修外1名
石炭灰の新しい有効利用技術 秋谷 元外4名

最近の学会活動から

○グラウンドアンカー基準改訂委員会 (61. 4. 22)

- 1) 基準案全体についての検討
- 2) PC技術協会からの追加委員について

○掘削工事の安全技術に関する調査研究委員会 (61. 4. 23)

- 1) 報告書原稿の審議

○特殊圧密試験方法に関する研究委員会 (61. 4. 24)

- 1) アンケート調査(内容の検討, 送付先)について
- 2) 比較試験について

○地盤と土構造物の地震時の挙動に関する研究委員会 (61. 4. 25)

- 1) 震害事例の報告・検討

新 入 会 員 (4月理事会承認)

正 会 員

小畑 耕一 フジタ工業 土木本部工事統括部技術課
片山 智博 道本測量設計 地区画整理部
氏家 久芳 東北電力 土木部土木建設課
中間 敏 不二建設 設計部設計課
佐々木 勇一 榊間組 松ヶ房ダム作業所
木村 征訓 梅林建設 東京支店土木部
川田 明夫 榊建設 地質コンサルタント
石井 昭 広島市役所公園緑地部公園建設課
西川 朝洋 飛鳥建設 横浜支店土木部設計課
長尾 尚顕 住鉦コンサルタント 四国支店地質部
北 莖 真広 秋田ボーリング 調査部試験室
平出 務 建設省建築研究所第3研究部基礎研究室
上田 輝則 イズミ建設コンサルタント 技術部
太田 浩司 広島県農政部耕地課
花田 久 富士ビーエスコンクリート 福岡支店技術部
井上 英雄 榊オリエンタルコンサルタント 名古屋支社技術部
大羽 宏和 日本鋼管 土木建築技術部シビル・エンジニアリ

ング開発室
森 永 慶 日本鋼管 土木建築技術部土木技術室
中田 順 憲 極東工業 大阪支店営業部設計課
広瀬 恵一 榊日建地質調査所技術課
脇村 嘉郎 三星化学(株)
西村 末三 榊協立設計事務所
手塚 広行 太陽コンサルタント 榊
田中 昌明 御所コンサルタント 調査課
池岡 宣彦 鹿島建設 大阪支店
高野 武三 秩父セメント 榊企画開発本部試験研修センター
平 館 忠男 千葉ボーリング工業 榊
小西 武 三井不動産建設 技術本部技術部技術課
三田 賢治 鹿島建設 横浜支店土木部設計課
西浜 譲二 榊鴻池組 土木工務部技術課
上田 日出男 日本鉄道建設公団関東支社計画部調査課
伊藤 則昭 日本鉄道建設公団関東支社計画部
山崎 裕 佐藤工業 榊名古屋支店土木部
川上 進 榊銭高組 広島支店土木部土木課
押木 典夫 首都高速道路公団第一建設部西葛西工事事務所