

展 望

ジオシンセティックスの浅層地盤改良への展開にあてて

九州大学 安福 規之

1. はじめに

昨年(2020年)の師走、とても懐かしい方から電話を頂いた。現在、IGS 日本支部の技術情報誌編集委員を務めているとのことだった。その方の電話の用件は、ジオシンセティックスを浅層地盤改良に今後どのように展開するのか、その方向性を私見で良いので記してほしいというものであった。私は、当初、直感的に引き受けたくないという思いが走り、「なぜ私ですか。もっと適任の方は多くおられるのではないですか。」といったことをお伝えした。そうすると、その方は、「先生たちのグループが、企業の方と連携してジオグリッドマットレス工法について再び検討を始められていることを聞いているのですが。。。とか、これまでの山内先生、三浦先生、落合先生、林先生、安原先生。。。などのやってこられている経緯も考えて。。。。」といったことを付け加えられた。そういった切り口で言われると私はとても困ってしまう。その後、オンラインで繋がったり、メールでのしばらくのやり取りがあり、結局、申し訳けないような気持ちにもなり、私でよいならお受けいたしましょうか。ということになった。コロナ禍が続く中、オンラインで繋がったその方はとてもやつれているように私には見えた。そうしてそれとなく伺うとやはり 10kg 以上痩せたということだった。さらに聞くと、その要因は外との付き合いが決定的に減ったことにあり、やつれたのではなく健康的になったと笑顔でおっしゃった。自分とは真逆のことだったので、コロナ禍の影響の表れ方は物理的にも心理的にもひとそれぞれなんだということを改めて認識した。翻って、表題のテーマについても先入観を持ちすぎず、多様な視点からとらえ、考えることが大切なんだろうねとお伝えした。

本文では、このような個人的背景の中、「新技術」、「科学技術基本法の改正」、「産学官民の連携・協働」、「ジオシンセティックスと浅層地盤改良」など思いつくキーワードを頼りに、私の限られた経験とお送りいただいたマットレスとジオセルに関係した資料などを切り口として、ジオシンセティックスの浅層地盤改良への今後の展開に繋がられるようにできるだけ記したい。なお、技術そのものについては、深みのあることに言及していないので、そのことを期待されている読者の皆様にはご容赦いただきたい。

2. 浅層地盤改良におけるジオシンセティックス技術の位置づけ

筆者の理解が十分でないこともあり、まず、地盤工学会用語辞典を頼りに、二つのキーワード「ジオシンセティックス」と「(浅層)地盤改良」がどのように定義されているのかを整理し、地盤改良の中におけるジオシンセティックス技術、さらには、今回焦点をあてているマットレス補強などの地盤補強工法の位置づけの理解を試みた。図-1は、ジオシンセティックスの分類をまとめたものであり¹⁾、これにより全体の枠組みがあらためてイメージできる。ジオシンセティックスは、地盤工学会標準用語となっており、“地盤に土以外の人工材料を組み合わせることにより、土構造物の機能を高めたり付け加えたりする工法で使用される主に高分子材料からなる面状、棒状、帯状、パイプ状などの製品で、広義のジオテキスタイル、ジオメンブレンおよびジオコンポジッ

トを総称してこのように呼ぶ”と記されている。この図を見れば、広義と狭義のジオテキスタイルの違いも知ることができる。狭義のジオテキスタイルは、ジオウオープン(敷布)、ジオノンウオープン(不敷布)およびジオニット(編物)の総称として使われていて、広義のジオテキスタイルは、狭義のジオテキスタイル、ジオグリッド、ジオネット、ジオテキスタイル関連製品の総称として使われている。個々の製品の特色を含む名称の詳細についてはここでは触れないが、図-1 に示されているジオシンセティックスの有する基本的な機能としては、補強(reinforcement)、排水(drainage)、ろ過(filtration)、分離(separation)、保護(protection)および遮水(barrier)の6つが挙げられている。

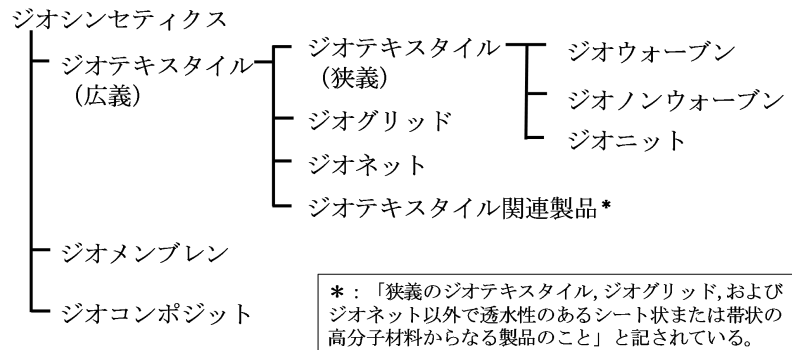


図-1 ジオシンセティックスの分類 (地盤工学会用語辞典, 2006) (筆者が一部加筆)



図-2 地盤改良・補強に関する工法の大分類と地盤補強工法の位置づけ (筆者が、地盤工学会用語辞典, 2006 の付録(p514)にまとめられている地盤改良の樹形図をもとに、当該辞典の本文中の工法分類表(p411)の大分類の内容をほぼ含んだもの。付録では、「地山補強土工法」のところが「ジオシンセティックス」となっていた。何がしかの意図があるようにも思えたが、ここでは工法分類表を優先した。)

したがって、実際に適用する場合には、このような機能を踏まえ、用途や目的に応じて適切なジオシンセティックスの種類や製品の選択が求められることになる。その中で、本文は、主として「補強」機能に着目して書いている。

次に「地盤改良」についてである。これも地盤工学会標準用語であり、“地盤の工学的性質を人為的に改善することをいう。”となっており、その考え方には、“軟弱な土そのものを改善する方向と、対象となる土とは異なる特性をもつ材料を導入することで地盤の変形に拘束を与えたり、土に不足する特性を補うなど、地盤をシステムとして改善する方向の二つがある。”と記されている。脇道にそれるが、「浅層地盤改良」と地盤改良に浅層と付されるとこの辞典では見出し用語にもなっていなかった。さて、地盤改良のこのような考え方に基づけば、ジオシンセティックスによる補強は、後者に該当することは容易に理解でき、浅層あるいは表層での地盤改良として認識される。つまり、ここで言うところの「地盤改良」には、補強による地盤の改善を含めており、「地盤改良・補強」と記しても大きくは変わらないと考えられる。

図-2 は、地盤改良や補強原理に基づいて、補強土工法に主眼を置いて、地盤改良と補強に関する技術(工法)を大分類したものである。原理から考えると、上から順に、置換、圧密・排水、締固めなどの「物理的安定処理」、セメントなどによる化学的固化を期待する「化学的安定処理」、薬液などの地盤内空隙への充填による「地盤注入」、凍結や電気浸透などによる「熱的および電気化学的固化」そして土以外の材料による「地盤の補強」(補強土工法)に大別される²⁾。この図か

ら分かるように、大分類としての補強土工法は、中分類として「地山補強工法」、「繊維補強工法」、「補強土壁工法」、「補強盛土工法」、「地盤補強工法」の大きく5つの工法に分けられている。例えば、今回、着目する地盤の支持力を増加しながら水平地盤の埋め立てや盛土を行うような「地盤補強工法」は、軟弱地盤表層補強工法として位置づけられ、目的に応じて、覆土や盛土のための補強工法、杭体との併用による補強工法、路盤・路床のための補強工法などに分けられている。ちなみにマットレスやジオセルを用いた工法は、**図-3**に示すように盛

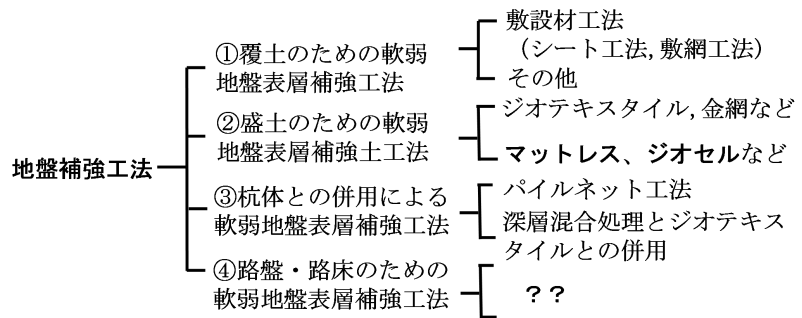


図-3 地盤補強工法を中心にして描かれた樹形図
(地盤工学会用語辞典によるものを抜粋し筆者が一部加筆)

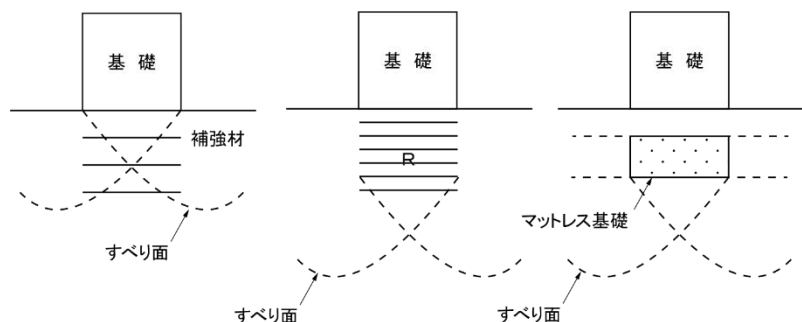


図-4 補強領域の一体化の効果を期待したマットレス系の基礎
(参考文献3)のp.345の図を引用している)

土のための軟弱地盤表層補強工法として分類され、**図-4**のように、補強領域の一体化の効果を期待する工法として紹介されている³⁾。こうして工法の整理を筆者なりに行ってあらためて、全体からマットレスなどを用いた工法を俯瞰すると、なんとも辺境の片隅に位置するような工法（技術）なんだといった感慨を改めて持つ。また、それがゆえに個人的には大切にしないといけない工法であるといった思いにもなる。こうした片隅にあるような工法の展開を丁寧に掘り下げることが、全体にとって何がしか有益な情報になるととても良い。

3. 浅層地盤改良へのジオシンセティックスの適用の現状とこれから

(1) この10年の投稿論文とIGS日本支部賞の傾向からみる方向性：

ここでは、まず、過去10年程度のジオシンセティックス論文集への投稿論文、それからIGS日本支部賞の研究や技術の傾向を2011年から2021年までの「ジオシンセティックス技術情報誌3月号⁴⁾（特に、この10年間、中村先生が取りまとめをされているシンポジウムの報告を参考にした）」や「IGSの国内ホームページ」に掲載されている記録を基本にして分析し、マクロな視点からの地盤補強工法に関する研究や技術の動向を推察し、思うところを述べる。

図-5は、過去10年ほどのJC-IGS論文集(2010-2020)に投稿されたその年の全論文の中で地盤基礎、表層改良の補強を主眼に置いた地盤補強工法系の研究、技術開発に関する論文①と材料特性、相互作用、物性評価などをキーワードとした基礎的な研究・技術論文②がどの程度の割合を占めているのかを年度ごとでまとめたものである。図中に示した%の数値は論文①が掲載論文数に占める割合を示している。地盤補強工法に関する①の論文は、この10年間、5%程度から30%程度の範囲で推移しているが、最近の2年は18%と29%であり、相対的な割合は高くなっている。このように書くと、なぜだろうと思われる読者もおられると思う。**図-6**は、そのことを分

析してみたいと思って、作成したものである。具体的には、図-5中の地盤補強工法に関する論文①の内訳の変化と材料特性に関する基礎的な研究論文②の変化を時系列的にみたものとなっている。図中の①～④は図-3中の①～④に関係した論文にそれぞれ対応する。この結果が統計的に有意な結果なのかどうかは別にして、この結果が示すことと筆者が思ったことをまとめると、

- 1) ①の覆土に関する研究発表はこの数年なされていない、既に研究対象とならないほどに安定した技術として定着しているのかもしれないこと、
- 2) この数年は②のマットレス、ジオセルなどが含まれる盛土のための液状化対策への展開も含めた軟弱地盤表層補強に関係した研究発表が多くなっていること、それと同時に、
- 3) ジオグリッドなどを活かした④の路盤・路床のための軟弱地盤表層補強に関係した研究発表がこの2年、顕著に増えていること、また、
- 4) この10年でも⑤の基礎的な研究は、かなり減ってきていること、などである。

この現状を踏まえ、2)と3)のことを少し深掘してみると、2)については、工

法そのものは古くからあるものなので、その付加価値性をどのように高めていくのかといった視点、地形・地質の特性や施工現場の特性に応じて従来の設計法の高度化や効率化をどのように図っていけばよいのかといった視点での研究が複数なされている状況⁵⁻⁹⁾にあり、そうした研究の成果が、我々が目指すべき技術水準のスパイラルアップに資するものとなっていくことを期待したいと思う。また3)については、ジオシンセティックスの適用を路床・路盤の補強に広く展開したいといった視点での研究が数多くなされている。特徴的なキーワードとして、災害復旧技術として、ジオシンセティックスと他の技術（例えば、土のう）との組み合わせとして、長寿命化道路舗装への適用の可能性について、空洞による不安定化抑止として、段差や不同沈下抑制技術としてなどと多様な視点での研究がなされていることが読み取れ、それぞれの目的に応じた多くの貴重な室内・外でのデータが蓄積されて来ている。おそらくしばらくはこのような切り口での研究が継続され、さらなる貴重なデータがとられていくものと推察される。その上で、蓄積されたデータや知見を活かして、将来的には新技術として図-3中の??の部分具体化され、ジオシンセティックスを含む構造体として性能が規定されることやその優位性や経済性、効率性などが客観化されていくことが望まれるところである。そして、そうした動きを本学会がプラットフォーム的な役割を担って支え、設計法と共に材料の選定基準の整備などが具体的に進んでいくことを願

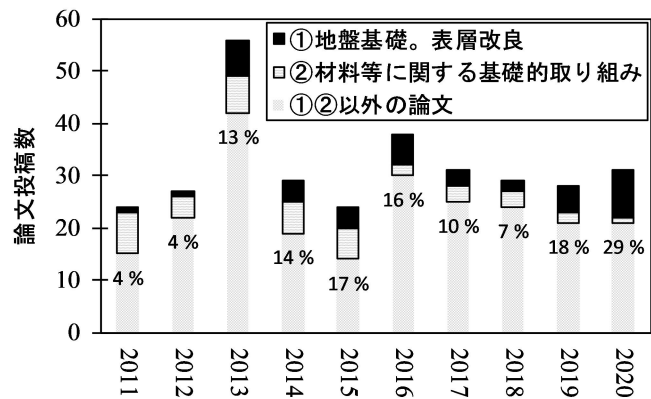


図-5 過去10年ほどのJC-IGS論文集(2010-2020)に投稿された論文数に占める物性評価と表層地盤補強系の論文が占める割合

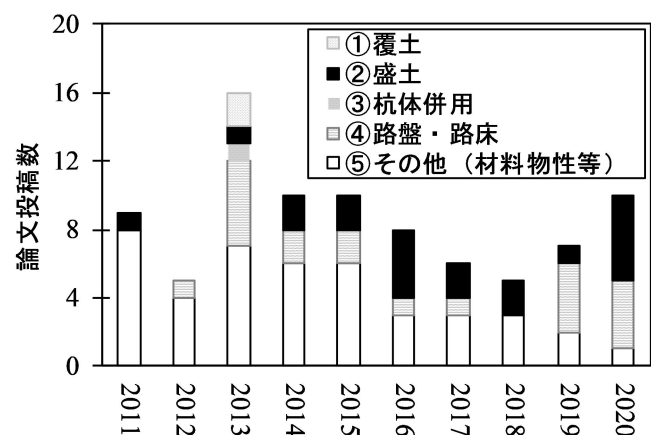


図-6 過去10年ほどJC-IGS論文集(2010-2020)に投稿された表層地盤補強系の論文を対象ごとで分類した結果(材料物性などの対象が明確でない要素試験的な論文もこの統計に加えてこの10年程度の傾向をみている)

うものである。加えて、国や自治体にも新しい技術として登録されるための働きかけや、緊急時のみならず平時における有効な路床・路盤を補強する適用技術として安定的に社会実装されていくことを期待している。国は、昨年度、新技術の活用を推進する方向に舵を切り、また、時代に応じた新技術の適正な評価のあり様についても具体的な議論が始まっている。是非そうした機会を活かしていただきたいと思っている。

次は、IGS 日本支部賞についてである。

状況と感想のみ簡潔に述べる。支部賞には、論文賞、論文奨励賞、技術賞、技術奨励賞の4つの賞が用意されている。目的には、いずれの賞も「ジオシンセティクスに関するもの」と記されており、論文賞は、「学術および技術の進展に顕著な貢献をしたと認められる論文の著者」、論文奨励賞は、「将来、学術および技術の進展に貢献が期待される論文の著者」、技術賞は、「技術の進展に顕著な貢献をしたと認められる業績を対象に、個人、グループあるいは機関」、技術奨励賞は、「将来、その実用化等に発展が期待される業績を対象に、個人、グループあるいは機関」にそれぞれ授与されるものとなっている。

図-7は、IGS 日本支部賞(2011-2020 年度の10年)の中で地盤補強に関係した業績の占める割合を支部賞ごとに整理したものである。図からわかるように、筆者の整理の仕方が間違っていなければ、この10年、今回の主たるテーマである地盤補強に関係した業績で論文賞をもらった著者は残念ながらおられない。しかし、論文奨励賞、技術賞、技術奨励賞の順に受賞割合は増加しており、技術奨励賞では全体の45%が地盤補強に関係した業績で個人あるいはその機関が受賞されている。先にも記した各賞の主旨に基づくと、この結果は、技術としての実用化はまだなされていないけれども、将来、その実用化等に発展が期待される多くの芽があるということを示しており、どこに技術の価値があるのかを分析し、戦略をしっかり立て、実績を積み重ねて、実用化技術として展開いただけるよう願うところである。

(2) 時のとまっているガイドラインから補強土基礎のことを考える：

この原稿の依頼を受けた際に、補強土基礎の現状やマットレス工法の設計法について知りたいという思いがあって、連絡を頂いた編集委員の方にお願ひし、緑色のカバーの『『ジオグリッド工法』ガイドライン(第1分冊)-材料試験法, 設計法ガイドライン-』の書籍(冊子)をお送りいただいた。なお、冊子の表題にあるジオグリッドは、図-1のジオシンセティクスの分類からみると、広義のジオテキスタイルの一つということになる。このガイドラインは、“ジオグリッドの土質・基礎工への応用にあたり、その材料物性の評価方法、土とグリッドの相互作用を調べる試験方法、さらに、各種土質構造物の設計法と施工法に関する研究成果・実績等を調査・研究し、もって「評価法」、「試験法」、「設計法」および「施工法」の基準化に資すること”、を目的として二分冊で編集され、ジオグリッド研究会(代表：山内豊聡先生)から1990年7月に出版されている

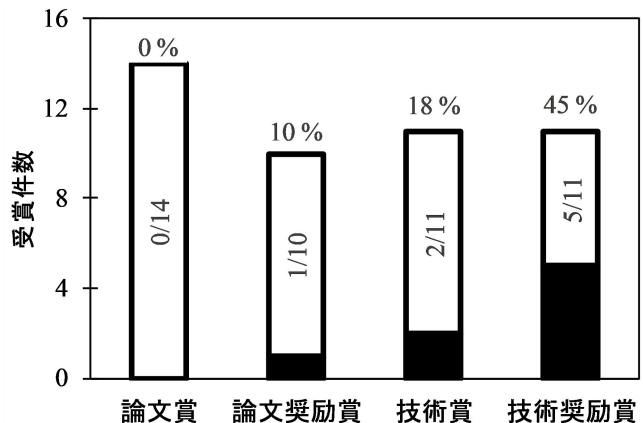


図-7 IGS 日本支部賞(2011-2020 の10年)の中で表層の地盤補強に関係した業績の占める割合

10) 出版までの研究期間は、1987年11月から1990年3月となっているので30年以上の年月が経過している。第1分冊の「第2編 ジオグリッドによる補強土構造物の試験・設計法」の目次構成の主要な骨組みを補強土基礎に多少の焦点をあてて示すと図-8のようになる。図中のマットレス工法に関していうと、今も落合先生らの提案している設計法¹¹⁾が実務として利用されている。また、補強土基礎

第2編 ジオグリッドによる補強土構造物の試験・設計法

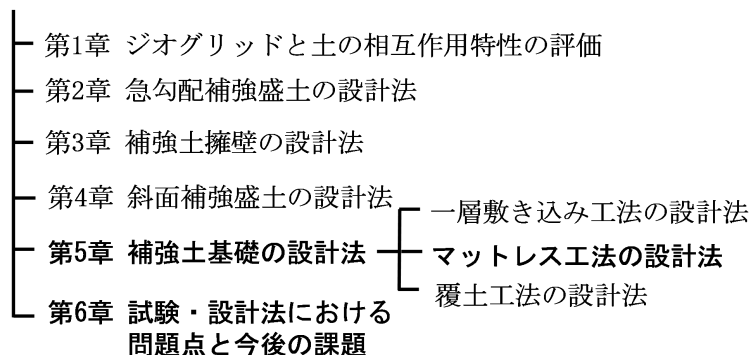


図-8 補強土基礎に焦点をあてて描いた『ジオグリッド工法』ガイドライン(第一分冊)の第2編の構成の骨組み
(なお、図-2と対比すると、現状分類名で考えると、急勾配補強盛土と斜面補強盛土が「補強盛土」工法に集約され、補強土擁壁が「補強土壁」工法、また、補強土基礎が「地盤補強」工法に相当していると判断される)

に関するいずれの工法も現状では改訂も何もなされていないとのことだったので、時のとまっている或いは安定したガイドラインなんですねといったやり取りをした。なぜ時代に応じて改定などが適宜なされてこなかったのか。その要因に、いずれの工法の場合も工法的にほぼ確立されたものとの認識が業界内にあるのかもしれないと思ったりした。ただ、変化のない技術は、いずれ輝きや魅力を失っていく。技術への援用が可能だとすると、進化論が示唆するところである。そうした中、先にも紹介したように、この数年、液状化対策としての可能性も含めて、ようやく施工環境に応じた設計法の効率化や高度化について新たな検討が始まっており^{7,8)}、その成果が設計法の中に適切に反映されていくことを期待している。

お送りいただいた資料をベースに、もう少しマットレス工法について考えてみる。マットレス工法の特徴には、①耐久性、②加工性、③施工性、④全体としての一体化、⑤応力分散効果、⑥透水性の改善や⑦土中水上昇防止効果、などのあることが知られている^{3,11)}。こうした特徴を活かして、適用範囲を新たに広げていくためには、目的にかなった機能の明確化と、該当する機能の学術に裏付けられた指標化を比較技術と対比させながら、設計に適用できるかたちで実現していくことが必要ではないかと思う。その上で、それらの結果を余裕代といった概念ではなくて、設計法の中に直接的に反映していくための方策を指向していくことが、今の時代、大切になっているのではないだろうか。

図-8にあるようにガイドラインの第6章には、その当時の試験法・設計法における問題点と学術的な課題¹⁰⁾が整理されている。具体的には、

- 1) 課題1：土中におけるジオグリッドのクリープおよび応力緩和特性の解明と評価：クリープによる低減係数の実際の応力状態に対する検証と評価方法の確立の必要性を問うている。
- 2) 課題2：土中のジオグリッドの変位・変形の評価：引き抜き試験の結果について変位・変形を考慮した評価法とそれを取り入れた設計法の開発、
- 3) 課題3：ジオグリッドによる土の拘束現象の評価：ジオグリッドに挟まれた土の拘束状態を評価する方法の開発と設計への応用、
- 4) 課題4：地震時の相互作用特性の解明と評価：橋台等の重要構造物への適用に際しては、地震時の相互作用特性の解明と評価・検証の必要性、

の4つが挙げられている。それぞれの課題に対してその後の状況を整理すると次のようになる。なお、この課題の現状を分析するにあたり、当時、事務局として課題等の取りまとめをされた福田直三氏（前、復建調査設計㈱）と1990年の出版後、補強土分野の主な環境の変化と進展ということで意見交換をさせていただいた。以下は、その結果を踏まえて、筆者の責任でまとめたものである。この4つの技術的課題は、補強土基礎にのみ焦点をあてているわけではないが、読者の皆様がこれからの展開を考える上で有益な情報になるのではと思って、上記の4つの課題と関係づけてメモ的に記している。引用については、オンラインなどを通して調べたので、適切な引用になっておらず片手落ちや十分でないと思われる読者がおられるかもしれない。できたら、ご容赦いただきたい。

- 建設省土木研究所官民共同研究（1988～1990）（1992年土木研究センタージオテクスタイル補強土工法普及委員会、1993設計施工マニュアル初版・設計プログラムの発行）¹²⁾。
- 龍岡先生・鉄道総研によるRRR工法開発研究¹³⁾（1991年RRR協会、1993年技術マニュアル初版の発行）。
- ジオグリッド補強土が地震の影響を受けたのは1989年のロマプリータ地震、日本では1993年の釧路沖地震、その後兵庫県南部地震、中越地震、東日本大震災、熊本地震など激甚な災害に見舞われることになった。その結果、補強土工法は耐震性に優れることが確認された（課題4に相当）。
- 振動台実験、遠心模型実験による地震時の補強土構造物の補強メカニズムの研究の進展（課題2、3に相当）（東京大学、東京工業大学、埼玉大学、防衛大学校はじめ数多くの大学、研究所、民間企業などの研究成果多数あり）。
- FEM数値解析（土と補強材間のジョイント要素）による補強メカニズムの研究¹⁴⁾（課題2に相当）（九州大学はじめ複数の大学、研究所、民間企業などの研究成果あり）。
- 龍岡先生・鉄道総研：補強土壁にプレストレス・プレロードをかけ剛壁面を後打ちして補強効果と供用後の変形を抑えるGRS橋台、GRS一体橋梁¹⁵⁾の開発（課題4に相当）。
- 補強土構造物を対象としたNEWMARK法による地震時変形の解析手法の開発¹⁶⁾（東京大学、防衛大学校、土木研究所ほか多数の研究成果あり）（課題4に相当）。
- 熊本地震による活断層および付随する断裂構造上の激甚な地震動による被害¹⁷⁾（補強土構造物含む）の調査と分析（課題4に相当）。
- 設計施工マニュアルの活用によって多くの施工実績ができるとともに、多くの豪雨・地震災害を経験し、それらの被災調査・解析などが行われてきた。これらの経験は設計手法の妥当性を追認するとともに、設計時の条件と施工時の条件の差異を如何に施工時に反映するかも検討された。
- 補強土構造物の性能規定型の設計手法への展開¹⁸⁾（維持管理と健全性の評価）
「…性能規定型の設計法を基本としている。しかし、マニュアルに示す具体的な設計法は、これまでの実績・経験から所定の性能を有すると見なせる従前からの慣用的な方法によることとし、性能設計に必要な要求性能や限界状態、その指標、性能の照査・検証方法等については規定していない」と記されている。考え方は示せたとしても、具体的に実施するには、難しさがあるのだろうと推察される。
- 軟弱地盤における支持力確保について、特に超軟弱な浚渫埋立て地盤については、ジオグリ

ッドの敷設により覆砂を如何にその上に均等に撒き出すかの施工上の工夫、その後のバーチカルドレーン施工機械載荷時の不同沈下を防ぐための表面の補強といった当初の設計手法をもとに施工上の工夫が行われている。施工当初が最も安定性（安全率）が低く、その後地盤の安全率は上昇していくため、当初の段階で補強材が安定を保てばよいということで、設計の見直しがおこなわれるまでには至っていない（課題1に相当）。

- 以上のような背景を含めて考えると、1990年当時に課題としていた事項に関係した研究は、時代を映しながらかつて的に深化していくものと推察されるが、特に長期性能や維持・補修性の視点からは、1)、3)の基礎的な事項は、現状においても継続的な課題と考えられ¹⁹⁾、出口を見据えたさらなる研究の進展が望まれる。

(3)まとめ -伝えたいこと-

ここでは、補強土基礎工法に着目して、過去10年の研究の傾向、『ジオグリッド工法』ガイドラインの内容などを通して、浅層地盤改良への展開の現状とこれからの方向性について思うところを述べた。新たな展開を考える上で、こういったことがあるといいなと思うことを記してまとめとしたい。

- 1) 過去を良く知り、新しきに挑戦する。新たな展開の方向性として、技術が安定している場合には、その設計法の高度化や効率化、適用範囲の拡張にむけた既往技術の改善の方向があり、これからの技術については、工法そのものの付加価値性と機能性を高めた技術開発が望まれる。いずれにしても、新たに対策工を展開していく上で求められることとして、「対象とする外力と環境の評価」、「対象とする対策地盤の性状」、「対策の目的や求められる機能」、「短期・長期などの対策期間」、「必要とされるジオテキスタイルの性状」などの整理・分析が挙げられる²⁰⁾。そのためには、まず、先人たちのこれまでの優れた成果を丁寧に拾い上げ、現状分析を丹念に行ってほしい。
- 2) 学術に裏付けられた技術革新のためには、産学官民の水平的で共創的な環境を創ることが効果的であるとの指摘がある^{21,22)}。浅層地盤改良の展開についても、研究者、開発者、設計者、ステークホルダーが対話し、信頼を築ける共創的な環境が創れば、互いの得意な分野を活かした新たな展開に繋がりやすい。特に、自らの知的好奇心に基づくアイデアを持たれている若手の研究者は少なくないと聞いているので、それを活かせるような開発者、設計者、ステークホルダーとのマッチングが気楽にできるような場があると良いのだがと思う。例えば、オンラインなどを上手に活用すると、経済的な負担も少なく、我々の分野におけるボトムアップ的な多様な研究を守り、育てる環境に繋がるに違いない。
- 3) 国は、新技術の枠組みを広げようとしている。旧来の一般的な認識は、新技術=NETIS登録技術であるが、昨年来、その新技術の見直しが行われている。「ICT関連技術」、「BIM/CIM関連技術」、「ニーズ・シーズマッチング検証技術」、「新技術導入促進(II)型活用技術」なども含めて新技術と定義し、より広義なものとするのが考えられている。そうすると、実用段階に達していない技術や要素技術など研究開発段階の技術も新技術に位置づけられることになる²³⁾。この「広義の新技術」を直轄土木工事の現場で必ず活用することが、国の言う「原則義務化」の主旨とのことである。こうした機会をうまく、是非、活かしたい。また、ジオシンセティックスを用いた「表面安定処理(軟弱地盤処理)」に関するNETISへ

の登録技術を調べると、4件抽出(5月19日現在)された。そのうちマットレス工法は2件あったものの、NETISに「敷設材工法」の分類がないためにマットレス工法の分類が明確になっていないとのことであった。そうだとすると、こうした状況を改善するための働きかけも地道に行っていく必要があるのではないかと思う。今後、「情報革命」の時代を反映させつつ、ジオシンセティックスのもつ多様な機能を目的に応じて複数融合させるような新たな技術(工法)の革新が図られていくものと推察されるが、その過程で大切だと思うことがある。それは、蓄積される技術力を当該分野の技術水準の向上とイノベーション力アップにどのようにして持続的に繋げていくかということに関する個々人の意識である。

4. おわりに

ご存知の方も多くおられるのではないかと思うが、大学においてこのところ、「STEAM教育」が注目されている²⁴⁾。Science(科学)、Technology(技術)、Engineering(工学)、Arts(芸術/リベラルアーツ)、Mathematics(数学)の頭文字をとった言葉である。一見、結びつかないような分野を組み合わせ合わせた教育方法のことを指している。ある課題に取り組むときにこれらを結び付けて答えを探ろうというもので、互いに掛け合わせることでイノベーション(革新)を生み出していこうとするものである。この考え方をベースにした事例研究が多くの大学で実践されていると聞く。新しい何かを持続的に生み出すための方法論の一つである。

異分野や異業種の水平的な連携の大切さを根底に据えて、本文のジオシンセティックスの浅層地盤改良への展開に当てはめて考えるといくつかの可能性が見えてくるように筆者には思える。

最後に、多くの資料をお送りくださり、本文をまとめる機会を与えていただいた西村淳氏(三井化学産資㈱)、ガイドラインに記された課題の今について貴重なご意見を頂いたその当時事務局を担っておられた福田直三氏(前、復建調査設計㈱)に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 地盤工学会編：地盤工学用語辞典 20.地盤改良, pp.405-420, 2006年3月.
- 2) 地盤工学会編：地盤工学用語辞典 付録, pp.514, 2006年3月.
- 3) 土質工学会編：補強土工法 土質基礎工学ライブラリー 29, 第2章 地盤・盛土の補強工法, pp.271-354, 1986年5月.
- 4) 中村努：25回-35回ジオシンセティックスシンポジウム開催報告, IGS 日本支部会誌, 2011年3月～2021年3月号, 2011年3月-2021年3月.
- 5) 卷内勝彦, 峯岸邦夫, 萩尾泰弘, 榎本尚之：ジオセル敷設層のマットレス補強効果, 第15回ジオシンセティックスシンポジウム論文集, pp.146-151, 2000年12月.
- 6) 弘中淳市, 平井貴雄, 谷津 淳：載荷実験によるマットレス工法の補強メカニズムの解明, 第20回ジオシンセティックスシンポジウム論文集, pp.211-216, 2005年12月.
- 7) 吉田真輝, 伊藤修二, 横田善弘, 荒井克彦, 市川東：盛土基礎補強地盤の動態観測, ジオシンセティックス論文集, 第16巻, pp.97-102, 2001年12月.
- 8) 石藏良平, 安福規之, 横田善弘, 辻 慎一郎：載荷幅に着目した新たなジオグリッドマットレス補強地盤の支持力特性とその評価, 第35回ジオシンセティックスシンポジウム論文集, pp.1-6, 2020年12月.

- 9) 横田善弘, 辻 慎一郎, 和田崇良, 小島啓介 :ジオテキスタイルを用いた新マットレス工法による液状化被害軽減対策, 第 35 回ジオシンセティックスシンポジウム論文集, pp.89-94, 2020 年 12 月.
- 10) 『ジオグリッド工法』ガイドライン (第 1 分冊) -材料試験法, 設計法ガイドライン- :ジオグリッド研究会, 1990 年 7 月.
- 11) 落合英俊, 松下博通, 林重徳 : 硫酸イオンを含む地盤における住宅基礎, 土と基礎, 34-6, pp.45-50, 1986 年 6 月.
- 12) 例えば、ジオテキスタイル補強土工法普及委員会 : 第 2 回改訂版ジオテキスタイルを用いた補強土の設計・施工マニュアル, 土木研究センター, 2013 年 12 月.
- 13) 例えば、龍岡文夫(監修) : 新しい補強土擁壁のすべて-盛土から地山まで-, 「新しい補強土擁壁のすべて」編集委員会, 総合土木研究所, 2005 年 10 月.
- 14) 坂井晃, 落合英俊, 林重徳 : ジオグリッドを用いた補強土の変形解析法, 土質工学会論文報告集, Vol.27, No.3, pp.147-155, 1987 年 9 月.
- 15) 例えば、龍岡文夫, 館山勝, 平川大貴, 渡辺健治, 清田隆 :GRS 一体橋梁の特徴と開発経緯, 第 24 回ジオシンセティックスシンポジウム論文集, pp.205-210, 2009 年 12 月.
- 16) 例えば、中島進、古関潤一、渡辺健治、館山勝 : 補強土擁壁の地震時変位量計算手法の構築及び実被害事例への適用, 第 23 回ジオシンセティックスシンポジウム論文集, pp.201-208, 2008 年 12 月.
- 17) 地盤工学会, 平成 28 年熊本地震地盤災害調査団 :平成 28 年熊本地震地盤災害調査報告書, 地盤工学会, 2017 年 4 月.
- 18) 一般財団法人土木研究センター : 補強土壁工法の性能の基本的な考え方, 2013 年.
- 19) 安福規之, 落合英俊 : 土-ジオグリッド系補強土における拘束効果とその評価, 第 22 回ジオシンセティックスシンポジウム論文集, pp.1-12, 2007 年 12 月.
- 20) 福田直三 : ジオテキスタイルによる軟弱地盤対策, 総合土木研究所/軟弱地盤の改良⑧, pp.42-52, 1990 年 7 月.
- 21) 有本建男 : 科学技術基本法体系の変容 : 1995 から 2020-理念と現実と実行の課題-, 学術の動向, 第 26 巻第 5 号, 通巻 302 号, pp.48-55, 2021 年 5 月.
- 22) 須田桃子 : 「科学技術の司令塔」の変質と日本の研究力衰退, 学術の動向, 第 26 巻第 5 号, 通巻 302 号, pp.63-67, 2021 年 5 月.
- 23) 安福規之 : 新技術活用の現状と今後の展望 -新技術とその評価の方向性-, 産学官建設技術セミナー講演資料, 産学官建設技術交流会, 2020 年 8 月.
- 24) 例えば、毎日新聞 : 受験のトビラ(やる気レシピ)-他分野掛け合わせ知恵と現実接続, 2021 年 5 月 24 日.