

学会活動から

GeoEng 2000会議の報告（その1）

1. はじめに

2000年の11月20日から1週間、オーストラリアのメルボルンにおいて、GeoEng 2000と呼ばれる大きな学会が開催された。その参加報告を、何人かの参加者の共同執筆で、読者に提供する。ただし同時進行で幾つもの講演が行われたので、すべてに出席して会議全体を網羅的に報告することは不可能であった。したがって本稿は会議の部分的紹介にとどまらざるを得ない。いっそうのご興味のある読者には、CDで刊行された論文集を入手していただきたい。また会議で開催された現場見学の風景は、口絵写真で紹介した。

近年、学際領域ということが唱えられており、従来の発想の枠を越えてものを考える必要性のあることは、誰しも認めるところであろう。そこで、地盤という同じ対象物を扱う学問でありながら、従来ややもすれば意志の疎通を欠いていた地盤工学、岩盤力学 ISRM、応用地質学の3分野の国際学会（姉妹学会と呼ばれる）が、共同して国際会議を開いた。六つの中心テーマが提示されたので、ここに列記する：地盤環境問題、地盤耐震工学、

地盤改良と基礎構造、斜面安定問題、掘削およびトンネル、地盤工学の教育改革。

2000年のミレニアムを記念した行事であり、したがって1000年に1度の催しと思っていたが、第2回をなんと2004年に開こう、という様相になっている。会議の出席者数を国籍別に並べると、表—1のようになる。

2. 会議の内容

2.1 サテライト会議

プログラム順に、会議の内容を紹介する。本会議に先立って開かれたサテライト（衛星）会議が三つあった。これには、遠方からくる会議参加者を少しでも増やしたい、という目的がある。今後の大会議でも同様の試みは増え、会議参加者の旅程もサテライト会議の参加の有無によって、影響を受けることになるだろう。

11月18日の地盤耐震工学に関するシンポジウムは、TC4（地盤耐震工学に関する国際技術委員会）の主催である。液状化地盤の残留変形の問題に焦点が絞られた。委員長 香川大学の Finn（フィン）教授が司会を務め、冒頭に盛土の基礎が液状化したときの沈下に関する数値解析結果を紹介した。続いて建設省の松尾氏が、道路盛土を中心として、斜面の流動破壊に関する遠心模型実験を紹介し、また被害を防止するための最低限の締固め、という概念を説明した。また広島大学の佐々木教授や港湾技研の小濱氏は、護岸に関する振動台実験結果を紹介した。東京工業大学の時松教授は杭の被害事例を報告した。米国ワシントン大学の Kramer（クレマー）博士は、体積一定のリングせん断試験によって砂に大変形を生じさせた実験例を示したが、残留強度が大きすぎ、緩い斜面の流動破壊を生じさせられないのではないかと、思われた。透水、震動などの影響が入らないのである。東京電機大学の安田教授は永久変形解析と砂地盤の締固めに関する研究を発表した。このほかに、限界状態設計法、基礎の洗掘に関する会議も開かれた。

2.2 参加国の代表者会議

11月19日に、国際地盤工学会の非公式代表者会議が開催された。石原研而国際学会長による開会あいさつをうけて、以下の5議題について報告および意見交換が行われた。(1)国際学会評議会における主要議題の報告、(2)3姉妹学会の執行部による会合での議論（共通課題として、環境問題、室内および原位試験、物理探査、技術者教育などが考えられる）の紹介、(3)インターネットを活用した地盤工学分野の技術広告掲載ホームページの開設企画、(4)国際学会における法人スポンサーの現況と展望、(5)第15回国際地盤工学会議（Istanbul 2001）の開催準備状況の報告。

表—1 GeoEng 2000会議出席者の国籍別人数

オセアニア		西ヨーロッパ	
オーストラリア	231	オーストリア	7
ニュージーランド	26	ベルギー	10
バブアニューギニア	2	デンマーク	2
東アジア		フィンランド	6
中国	7	フランス	11
香港	6	ドイツ	16
インドネシア	1	アイルランド	2
日本	112	イタリア	15
韓国	19	ルクセンブルク	1
北朝鮮	2	オランダ	7
ラオス	1	ノルウェー	3
マカオ	1	ポルトガル	9
マレーシア	3	イギリス	32
台湾	6	スペイン	7
タイ	7	スウェーデン	19
シンガポール	6	スイス	12
南アジア		アフリカ	
インド	2	南アフリカ	10
西アジア		北米	
サウジアラビア	2	カナダ	16
東ヨーロッパ		アメリカ	54
チェコ	8	中南米	
ギリシャ	7	アルゼンチン	2
ハンガリー	3	ブラジル	7
ルーマニア	3	チリ	1
ロシア	12	メキシコ	1
ウクライナ	2	パナマ	1
トルコ	4	合計	
ポーランド	4		
スロベニア	4		

特筆すべきは、上記(4)の議題に関連してスポンサー付き冠ワークショップを積極的に推進しようという提案が、活発な意見交換の後に合意に達したことである。冠ワークショップを国際学会の肝いりで推進するからには、学術的に中立性を保つためにも基調講演者の役割が重要である。学術的に公正な基調講演に続いて、企業からの事例研究等の発表が行われるようなスタイルは、参加者への技術情報提供の観点からも好ましく、スポンサー側にとっても十分に魅力ある企画となり得よう、ということであった。

2.3 11月20日月曜日の会議から

表一2に5日間の本会議の日程を示す。開会式において、Morgenstern (モーガンスターン) 教授 (カナダ) が基調講演を行った。そこでは関係3分野の歴史を回顧しつつ、特にトンネルやダムが過去100年間に大進歩した、と述べた。そして近年の技術の変化の原因として、手法の発達 (コンピューターや現地調査の方法)、新しい分野の出現 (高温、低温、鉱山など)、社会からの新しい要求 (環境保護に対する責任) があることを指摘した。これらと同時に、建設費用、環境汚染、変形などの面で、不十分な成果しか挙げられない事例もある。その原因の一つに、地盤調査が十分でないこと、そして問題が発生した時には良い対応のできないことが挙げられた。特に防災の分野にそれがあり、国連主導による国際防災の十年が終わった後も依然としてベネズエラの集中豪雨災害やトルコ・台湾で地震災害が起きている。このように困難な仕事に取り組んでいるにもかかわらず、地盤工学のエンジニアの収入は、他の工学分野より低い。この状況を改善するために、地盤工学の力によって新しい付加価値を生み出す努力が必要である。それには、構造物の挙動を正しく予測する能力が不可欠である。付加価値創出の例として、原油生産の分野におけるオイルサンドの扱い、香港の豪雨と斜面崩壊に問題における人命保護の成果 (過去20年に死者が激減した)、水力発電における地下発電所の建設技術などが、説明された。そして最後に、地盤工学、岩盤力学、応用地質学の3分野の共同活動が重要なので、連合体的学会 (Union) を結成するべきである、と主張して、教授は講演を終えた。

正午からのセッションで、Dobry (ドブリ) 教授 (米国) と井合進氏との共著による地盤の地震応答特性とその設計基準化の講演があった。これは、地盤の非線形地震応答特性に関する最近の知見およびその設計基準化への動向について取りまとめたものである。設計基準化の部分については、米国で1997年に完成した米国内での統一設計基準 NEHRP (米国地震被害軽減プログラム) がベースとなっている。また、我が国での地震観測データや有効応力解析に基づく大地震時の軟弱地盤・液状化地盤の地震応答特性に関しては、我が国の港湾地域強震観測記録に基づく研究成果に米国での遠心模型実験結果を加える形で取りまとめている。

米国で採用されることとなった地盤増幅係数では、地表から30 m 以浅の平均せん断波速度を指標として、短

周期および長周期側に分けて、加速度レベル依存性を考慮した地盤増幅係数を提示している点に特徴がある。現在検討されているユーロコード8においても、この基準を参考とした内容のスペクトルが試案として提示されている。これらの方法では、表層地盤の厚さに関する指標が無視されており、この点が我が国の諸基準類と著しく異なる点である。理論上も、この点が何らかの限界を有するものと考えられる。論文の共同執筆においては、これらの点に関する注意点が加筆された。

午後2時から、Pecker (ペッカー) 博士 (フランス) と Pender (ペンダー) 教授 (ニュージーランド) の共同による、新設構造物のための基礎の耐震設計に関する講演があった。

まず、基礎の耐震設計で重要となる地盤・構造物の動的相互作用の問題を、(1)慣性による相互作用と、(2)幾何的相互作用に分離して考える。線形系であれば、厳密な意味で分離が可能である。慣性による相互作用はさらに、(a)上部構造の応答およびこれに応じて発生する基礎への作用力と、(b)この作用力によって誘起される基礎・地盤系の相互作用に分離される。幾何的相互作用とは、基礎周辺の地盤の地震時変位によって基礎構造物に及ぼされる相互作用を意味する。これらを個別評価して結果を足し合わせれば、動的相互作用の解が得られる。地震の加速度レベルが高くなり、かつ地盤が軟弱であれば、地盤の非線形性を考慮する必要も生じる。この際、等価線形的な観点から地盤剛性などのパラメーターを決定すれば、先に述べた線形解析の結果に基づいて動的相互作用を評価することが可能である。構造物近傍でひずみレベルが大きくなると想定される部分と構造物から離れた一般水平地盤部と分けてパラメーターを設定するとよい。既往の設計基準類と異なり現在作成中のユーロコード8においては、上に述べた動的相互作用に関するすべての事項が体系的に考慮されている。浅い基礎の各論では、安定条件を部分係数法により設定することとし、安定限界は、上部構造から基礎に加わる(1)曲げモーメント、(2)鉛直力、(3)せん断力の楕円型関数により与えられる。変位の評価が必要な場合には剛体滑動モデル的な方法により算定する。深い基礎の設計では、まず単杭の場合を対象として、地盤反力係数の設定、杭と地盤とのギャップ、組杭の問題、地盤の非線形性の考慮などを論じ、次に群杭の場合について、Dobry and Gazetas (1988) による単純化された評価法の導入などを論じた。最後に基礎の施工における細部について慎重な考慮が特に重要であることを強調した。

続いて佐々木教授が斜面崩壊と土石流について講演し、大型リングせん断試験の結果や幾つかの事例を参照しつつ、すべり面における土粒子構造の崩壊による過剰間隙水圧上昇が、流動破壊を招く重要な要因であることを説明した。

環境地盤工学は本会議の中心テーマの一つであり、会議第1日目基調講演を初めとしてほぼ連日課題講演や討論セッションが開かれた。ここでは注目すべき発表や

表—2 GeoEng 2000会議の日程

11月20日 (月)	21日 (火)	22日 (水)	23日 (木)	24日 (金)
開会式	Challenges, Risks and Ethics for International Groundwater Development Consultants Dr. L. Drury	Geoengineering Considerations in the Optimum Use of Underground Space Prof. R. Sterling	Geosynthetics: Innovative Materials and Rational Design Prof. K. Rowe and Prof. C. Jones	Seismic-Wave Based Testing in Geotechnical Engineering Prof. K. Stokoe and Prof. C. Santamarina
全体講演 Prof. N. Morgenstern	Total Geological history—A Model Approach to the Anticipation, Observation and Understanding of Site Conditions Prof. P. Fookes	Dam Risk Management Dr. R. Stewart	Computing and Computer Modelling in Geotechnical Engineering Prof. C. Carter	Dams Built on Pre-existing Landslides Dr. R. Shuster
Geotechnical Engineering of the Stability of Natural Slopes, and Cuts and Films in Soils Prof. R. Fell Geoenvironmental Engineering for Insitu Remediation Prof. C. Shackelford and Prof. S. Jefferis	Ground Improvement—State of the Art Dr. M. Terashi Solid waste Containment Systems and Mining Tropic-ally Weathered Rocks and Soils Prof. M. Manassero	Ground Support—Reinforcement, Composite Structures Prof. H. Brandtl Underground Works in Hard Rock Tunnelling and Mining Prof. P. Kaiser	Issues in the Geotechnics of Mining Wastes and Tailings Prof. G. Blight Design and Construction Issues for Excavation... Mr. N. Shirlaw and Dr. S. Hencher Advances in Grouting Technology Mr. J. Welsh	Terzaghi—Back to the Future Prof. J. Burland
Recent Development in the Understanding of Earthquake Site Response and Associated Seismic Code Implementation Prof. R. Dobry Underground Works in Soils and Soft Rock Tunneling Prof. E. Leca and Dr. Y. Leblais	Rock Slopes in Civil and Mining Engineering Dr. J. Read The State of the Practice of Seismic Hazard Evaluation Dr. N. Abrahamson	Teaching for the Millennium—or for the Students Prof. J. Steenfelt Case Histories Dr. Loew Prof. G. Barla Prof. F. Tatsuoka	投稿論文の中から9編を選んで口頭発表	岩盤力学の Rocha メダル授与式 Dr. P. Cosenza ベスト3 論文表彰式 閉会式
Quantitative Risk Assessment—Applications, Myths and Future Directions Mr. K. Ho Mechanism of Flows in Granular Soils Prof. K. Sassa Earthquake Resistant Design of Foundations—New Construction Dr. A. Pecker Ground Improvement Engineering—Issues and Selection Dr. G. Munfakh	Mechanisms and Rates of Slope Movements... Prof. Picarelli Deep Geological Repositories: A Safe and Secure Solution to Disposal of Nuclear Wastes Dr. A. Barley and Mr. C. McCombie On the Observational Method in Tunnelling Prof. K. Kovari	Earthquake Resistant Design of Foundations—Retrofit of existing Foundations Prof. G. Martin Recent Advances in Ground Anchor and Ground Reinforcement Containing Saturated Sands Dr. C. Windsor Reuse of Waste and its Environmental Impact Prof. M. Kamon	Strength of Intact Rock and Rock Mass Mr. G. Mostyn Fracture Systems, Fracture Propagation and Coalescence Prof. H. Einstein Observations of the Earthquake Response of Foundations in Soil Profiles Prof. S. Yasuda TBM Tunnelling in Difficult Ground Conditions Prof. G. Barla	
Discussion Sessions: Quantitative Risk Assessment and Determination, Ground and Ground-water Contamination and Remediation, Reliability of Rock Mass Classification Used in Underground Excavation and Support Design, Workshop on Ground Improvement	Discussion Sessions: Post failure Deformation of Slopes, Earthquake Geotechnical Engineering, Solid Waste Containment, Managing Geotechnical and Financial Risk in Underground Construction	Discussion Sessions: Lessons from Recent Earthquakes, Developments in Piling Practice and Design, Geotechnics of Mining Waste, Dredging and Tailings, Geo-Education	Discussion Sessions: Rock Slopes, Seismic Response and Design of Pile Foundations in Liquefiable Soils, Geoengineering Constraints on Underground Infrastructure Developments, Micropiles—State of Practice	
Reception		Mercer Lecture Prof. A. McGown	Conference Dinner	

討論について3日間の内容をここでまとめて報告する。まず、第1日目の基調講演として「原位置浄化技術のための環境地盤工学」と題して、Schakelford (シャッケルフォード) 教授 (米国) と Jefferis (ジェフェリス) 教授 (英国) が発表した。前者は米国における地盤汚染の歴史的変遷を振り返り、多種多様の浄化技術を総合的に取りまとめ、今後の発展性を分かりやすく整理した。後者は地盤汚染地域における浄化には、その取組みのための哲学が必須であることを解説し、リスク評価に基づいた合理的な浄化の実施には社会的なコンセンサスの確立が求められる、とした。第2日目の基調講演として「固体系廃棄物の最終処分システム」と題して、Manassero (マナセロ) 教授 (イタリア) が発表した。内容は極めて先進的であり、廃棄物処分物の底部ライナーの遮水性能評価・カバーシステムの最適設計・発生ガスの挙動解析など最近の成果を取り入れた聞き応えの有るものであった。討論セッションとして、2日目の夕方に固体系廃棄物処分が開催されたが、上記の基調講演を受けたものであり、ジオシンセティック・クレイ・ライナーの有機物適合性に関して Pasqualini (パスクァリニ) 教授 (イタリア) が、またアスファルトライナーの遮水性を室内試験と原位置試験の結果に基づいて性能評価した Bowlders (ボウルダーズ) 教授 (米国) などが、今後の発展につながる有用な研究成果の発表を行った。第3日目は課題講演として、「廃棄物の有効利用とその環境影響」と題して、嘉門教授が発表した。固体系の廃棄物の地盤工学的有効利用を中心に講演し、有効利用時に多用されるセメントからの六価クロム溶出影響を抑制するとともに、その他の有害性への配慮が必要であることが強調された。

2.4 11月21日火曜日の会議から

午前中の Fookes (フックス) 博士 (英国) の話は、地質の成立を地球の歴史全体を通して理解すれば、工学的問題の発生を十分予測できる、というものであった。これが total geological history と呼ばれていた。そして31の事例を引用して、地質と問題発生との関係を興味深く議論した。地盤踏査→過去の事例収集→必要なら地盤調査→観測施工という流れを組織的にたどることにより、無用のトラブルを避けることができる、と主張していた。Fookes 博士は極めて強い個性の持ち主のようで、長大かつ詳細な論文を寄稿した。ただ同氏の英語の発音が聞き取り困難であったので論文から判断したところでは、同氏のいう地盤調査は地質的なものに限られており、現場の載荷試験や不攪乱試料の採取、といった地盤工学的な調査は、含まれていない。

日建設計の寺師昌明氏は、地盤改良に関する基調講演を行った。はじめに広範多岐にわたる地盤改良技術を改良原理に基づき、置換、圧縮、圧密排水、注入、化学的固化、熱処理、補強、その他に分類し、それぞれの工法を概観した。Mitchell (ミッチェル) 教授 (米国) が

1981年のストックホルム会議で行った基調講演は、現在でも通用する地盤改良技術の総括報告である。ここでは、ストックホルム会議以後の20年間に著しい発展を遂げた技術は以下の5分野であることを指摘した。1) ジオシンセティック、アンカー、マイクロパイルなどによる地盤補強、2) 日本、北欧を中心とした深層混合処理工法の適用の拡大、3) 注入技術のイメージを変革したジェットグラウト工法の開発、4) 汚染地盤の修復への地盤改良の適用、5) 液状化を代表とする地震災害への対応技術としての地盤改良。本講演では特に深層混合処理について、詳しく紹介した。

地盤改良の効果的な活用にあたってはハードな技術も重要であるが、改良地盤に要求される機能を過不足なく発揮する最適の工法を選定することが重要である。このことを示すために、羽田沖合展開事業を例に工法選定のあり方を概説した。

現在開発が進んでいる新規の地盤改良工法として、イタリアの Suction Consolidation Process、我が国で砂質土対象に開発された静的締固め、同じく我が国の深層混合処理とジェットグラウトの複合技術が紹介された。

最後に過去50年間の改良地盤への要請の変化を概観し、その延長として将来を展望した。今後のこの分野への要請は、予測精度の向上、施工中のデータによる施工制御、情報技術による品質管理と品質保証、目的達成のための地盤改良技術と高度な構造技術の共同の必要性、そして環境への配慮であろう。

午後からは、McCombie (マッコンビー) 博士 (スイス) による使用済み核燃料の地中処分に関する講演があった。前半は一般に良く知られた内容を報告しているだけであったが、後半になって突然、世界で発生している放射性廃棄物をまとめて1箇所安全な場所で処分しよう、という構想が出された (PANGAEA プロジェクト)。その処分地の候補として豪州が挙がっているとまで話された。これに対して多くの質問が出され、「国によってエネルギー政策が異なるため廃棄物の形態も異なるので、処分施設の仕様を統一して設計できると思うか?」、「国外に持ち出すことは、本当に受け入れられるのか?」という質問があった。これに対して明解な答は無く「それをこれから考えるのだ」という答のようであった。講演後に「国際統一処分なんて信じられない。本当にできているのか」と意見を述べる参加者もいた。

(以下、来月号に続く)

文責：東畑郁生 東京大学
関口秀雄 京都大学
井合 進 国土交通省港湾技術研究所
嘉門雅史 京都大学
寺師昌明 (株) 日建設計中瀬土質研究所
小峯秀雄 (財) 電力中央研究所

(原稿受理 2001.1.16)