

海外で活躍する地盤工学

Geotechnical Engineers Actively Participate in International Projects

木 村 亮 (きむら まこと)

京都大学大学院 教授 工学研究科

1. はじめに

「インフラ海外展開における地盤分野の取り組み」と題する特集号の発刊に際し、①建設業の海外工事受注の動き、②中国の例えばアフリカでの爆発的な活動状況、③地盤工学会の建設産業の海外展開支援の動き、④本号掲載の海外で活躍する地盤工学事例、⑤地盤工学を軸とした草の根国際協力の活動例に対して記載する。

2. 建設業の海外工事受注の動き

図一1は、建設業の海外工事受注の推移を示したものである¹⁾。建設業の海外工事受注の推移を概観すると、国内市場の縮小、停滞が続く中、活況を呈する海外市場に注目が集まり、06、07年度に海外工事の受注額が著しく高まったことがわかる。特に中東での工事受注の伸びが大きかった。08、09年度は世界的な景気後退の影響により連続して大きく水準を下げたが、10年度はアジアを中心に09年度から増加に転じた(9100億円/年)。国内市場規模に対する割合も10年度は2.2%と回復しており、中長期的には大手建設会社にとって海外市場の重要性は高まっていると言える。また、我が国の建設業の国際展開に関しては、その促進に向けた政府の取り組みが活発化している。

例えば、2012年の6月27日のウェブニュースでは「日本企業の途上国インフラ整備参入を支援」と題して、以下のような記事が掲載されていた。少し長くなるが以下に引用する。

『政府は、日本企業がアフリカや東南アジアの途上国で、利益が大きいインフラ整備に参入できるようにする

ための総合的な支援策をまとめ、円借款を活用しながら、相手国と協力して開発計画を策定する取り組みを強化するとしています。

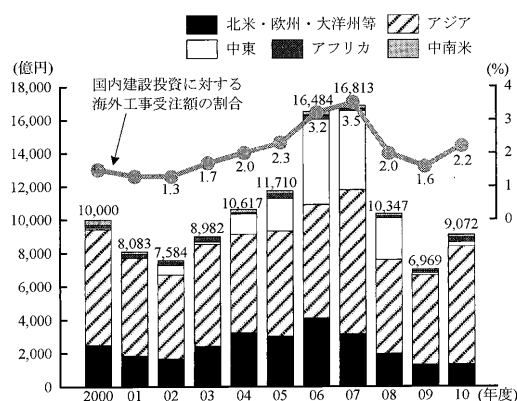
政府は、途上国の発電所や、高速鉄道などのインフラ整備事業への日本の進出について、中国を念頭に、「新興国に押されて出遅れている」と分析しています。このため、新たにまとめた支援策では、日本企業が途上国で利益が大きいインフラ整備事業を受注できるよう、相手国と協力して開発計画を策定し、計画全体に対し円借款を積極的に供与する取り組みを強化するとしています。そして、現地で官民が一体となって情報収集などに取り組む組織を作り、日本企業の進出を後押しするとしています。(中略) こうした支援策を政府がまとめるのは初めてで、6月27日に藤村官房長官らが出席して開かれる関係閣僚会合で決定することとしています。』

あくまで円借款という日本の資金を活用しながら、現地で官民が一体となって情報収集などに取り組む組織を作り、相手国の建設ニーズに応えられるように協力して事前に開発計画を策定し、日本企業の進出を後押しするのである。次のステップは、円借款以外の資金に対しても、何らかの日本政府の後押しが望まれる。

3. 中国の例えばアフリカでの爆発的な活動

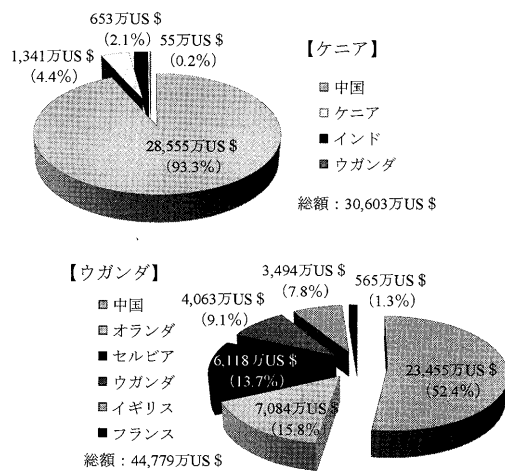
筆者はアフリカ諸国をよく訪れているが、ここ10年間の中国の建設産業への進出は爆発的な勢いがある。法令遵守の精神に従わず政府高官筋と付き合い、安い労働力を中国大陆からそのまま連れてきて、現地の生活になじまず仕事だけ取っていく。資源の権利獲得のために、おまけのように現地の国民が望む目立つ構造物を作る。サッカースタジアムと国会議事堂である。国民的スポーツであるサッカーに熱狂する住民の記憶には、中国が作ってくれたという記憶が、良きにせよ悪きにせよ強烈に残る。街にあふれる中国製の雑貨とともに、中国は9億人の経済基盤のあるアフリカで、ダイナミックな活動を展開している。「中国、アフリカを席巻。建設現場に商店街に100万人超。工事一手に受注、大量動員」という見出しが、最近の新聞²⁾に踊っている。

世界銀行による公開入札の結果を見ても、中国企業がアフリカにおいて高い競争力を持つことがうかがえる。図一2は世界銀行の行うケニア、ウガンダにおける土木工事及び建設プロジェクトの公開入札(2000年～2012年6月現在)の落札結果をもとに集計したものである。



図一1 海外工事受注の推移(文献1)を加筆・修正)

総 説



図ー2 世界銀行の土木工事及び建設プロジェクトの公開入札の落札結果 (2000年～2012年6月現在)

ここでの集計は機材供給やコンサルティングサービスを除いている。

コンサルティングサービスの分野では欧米の企業が圧倒的な強さを見せる一方、中国企業の契約数はケニア、ウガンダの2カ国では皆無で、世界全体のプロジェクトを通して非常に少ない。しかし、例えばケニアのプロジェクトをみた場合、コンサルティングサービス1件あたりの額が100万ドル前後のものが多くにに対し、中国企業が獲得したケニアでの請負工事は、最も高額な案件で約6,000万ドルである。中国企業の特徴は、契約金額が高い大規模な案件を多く獲得しているということで、その額は近年、増加傾向にある。現在ナイロビ市内の交差点の立体交差化や道路の拡幅、近郊までの高速道路の建設に積極的に取り組んでいる。

筆者のザンビアでの経験から言うと、ザンビア政府の国内建設事業費の75%は中国企業が受注しているとのこと、日本でいう土木研究所の所長が高級外車を乗り回しながら「国の安定的な発展のため中国・日本・欧州が均等に仕事をシェアしてもらいたい」という発言は虚しく聞こえ、中国企業の逞しさにある種の感動すら覚える。

4. 地盤工学会の建設産業の海外展開支援の動き

地盤工学会では11年度、天野玲子副会長を委員長にする建設産業の海外展開支援WGが設立された。日下部治前会長の活動方針は、①公益法人体制の定着、②若手・女性会員数の増加、③地盤工学の科学史・技術史と未来図の作成、④建設産業の海外支援、の4本の柱で構成されており、一つの柱である建設産業支援に関する方針では、以下の事項が指摘されていた。

- 1) 将来建設産業は現在以上に国際展開すると予想される
- 2) 建設産業が海外で成功するには、いかに正確な地盤情報を入手・分析できるかが鍵である
- 3) 国際地盤工学会のネットワークもある
- 4) 産業界と協力しつつ世界の地盤情報の集積をは

かることは、学術の面からも有用である

建設産業の海外展開支援WGでは、「海外展開する建設会社への、地盤工学会の支援内容・方法に関する原案作成と具体化への道筋を決定」することをミッションにして、「ターゲット市場をアジアとし、各国のローカル情報を以下の流れのように提供する」ことが議論された。情報のリソースを有効利用し、ローカル情報（その国特有の問題土質、試験基準、主たる業者、国際地盤工学会ネットワークなど）を取得し、情報のデータベース化を行い、ユーザーに還元する。

現地での地盤の地域性を把握するだけでなく、地盤サンプリングや室内実験の信頼性を事前に把握しておかないと、初期設定を大きく誤り正しく施工できない可能性が有り、工期や工費に大きな影響が出る。

5. 本号掲載の海外で活躍する地盤工学事例

本号掲載記事には、海外プロジェクトでの地盤工学的な対応が記載されている。各現場で地盤特性の把握を行い、日本人の技術者らしく緻密にその特性を調べ、問題を解決する姿勢には頭が下がる。今後も、安全で丁寧な技術力を有する、信頼される技術者集団であってほしいと願う。そうすれば、相手国の国民気質をとらえて、日本人地盤技術者が活躍し必要とされる場は多いと思う。

5.1 ポスボラス海峡横断鉄道建設工事（大成建設）

世界に類を見ない大水深・急潮流下での、沈埋トンネル建設に関わる水中ソイルモルタル打設に関する事前検討と施工内容が紹介されている。本現場の沈埋函は、浅瀬手前の一般水深部まで敷設し、函体端部のトレンチ浚渫部分を水中ソイルモルタルで埋め戻し、最後にシールドトンネルが浅瀬部とこの埋戻し部を貫通して沈埋トンネルに直結する前例のない方法を採用した。

ソイルセメントのソイル部にはシールドトンネル掘削時に排出された発生土（碎砂）を利用した。流動性の検討や一定のモルタル性状を確保するための砂の諸特性と必要水量に関する知見、急潮流下での水中ソイルモルタルの施工に関する工夫などが報告されている。

5.2 シンガポールの地下鉄プロジェクト（西松建設）

最大掘削深さが30 m 弱の軟弱粘性土中の掘削を含む工事における、土留めの崩壊事故を教訓とした設計・施工の紹介。責任を明確にし、責任ある技術者による重層の照査・管理体制を構築している。海成粘土であるMarine Clayは厚い箇所では40 m 程度堆積し、土留め及び杭の設計・施工には十分な配慮が必要である。

設計における配慮事項のうちFEM 感度解析を実施している。すなわち、鋭敏性の高いMarine Clay及び脆性破壊性の高い高圧噴射攪拌工法等の改良体について、せん断強度及び弾性係数について上限値と下限値を用いた解析により設計値を幅で管理している。

5.3 米国ニューオーリンズの堤防嵩上げのための深層混合処理工（不動テトラ）

延長8.4 km におよぶ堤防の嵩上げ工事による軟弱粘土地盤の沈下・安定対策として、深層混合処理工法が本

格採用された。米国では最大規模である。施工業者も実設計に参加し、細かい改良仕様などを設計者に提案しながら一緒に設計を固めていく ECI (Early Contractor Involvement) 方式が採用された。

日本の沖積粘土とは異なり、攪拌しても団粒状になりむらが発生するので、必要強度を満足するためには日本よりセメント量を増加させる必要があった。X線解析などで調査した結果、粘土中にモンモリロナイト鉱物が含まれ、その膨張性(吸水)やイオン交換性がセメントスラリーによる攪拌混合を阻害することがわかった。

5.4 フーバーダムバイパス コロラドリバー橋の施工(大林組)

岩掘削と基礎を中心に、コロラドリバー橋(支間323 mのアーチ部を含む、全長578 mの橋梁)の施工が報告された。アーチアバット部は急峻な渓谷の中腹に配置され、特にアリゾナ州側ではアーチアバット構築のため、路面から約100 m下まで掘り下げる必要があった。

本工事区域の岩質は、凝灰岩と玄武岩で、RQD (Rock Quality Designation) は75から100の範囲であった。基礎構築に必要な総量52 000 m³の掘削は、主に発破にて実施した。本工事では、特記仕様書にて、コロラド川への許容落石量が定められており、掘削時の落石量を1 800 m³以下に抑えなければならなかった。そこで、掘削に先駆け、落石防止を目的として、防護工を行うとともに、落石量の常時モニタリングも行った。実際の落石量は許容値の約半分に抑えられている。

5.5 サハラ砂漠における天然ガスプラント(日揮)

サンドペーパーの原料にできるほどそろった粒径を持つサハラの砂の中でのプラント工事の報告。現地ではTuffと呼ばれる、仮設道路やプラットフォームなどの砂漠でのトラフィカビリティ確保には欠かせない地盤材料を紹介した。石膏などの自硬性を持つ材料は含まれていないが現場敷設後に高強度化する。由来と強度発現メカニズムは今後調査する必要がある。国民気質を踏まえた現場運営手法の実例も紹介されている。

6. 地盤工学を軸とした草の根国際協力の活動例

筆者は2005年から土のうを路盤材料に使った住民参加による道直しを発展途上国で実施している³⁾。どのようにしたら機械を使わずに住民が自らの力で道直しが出るのか、という問題意識に基づき地盤工学に社会科学の要素を加えて、非営利活動法人(NPO)として展開している。発展途上国の農道では、水がコントロールできていない箇所は雨季には泥田状態になってしまう。雨季に通行不能な箇所のみを修繕し、農作物を市場に運べず換金できない事態を解消する事で、地盤工学の技術者としても貧困削減に貢献できる。

2005年にパプアニューギニアで初めて実施工し、



写真—1 タンザニアの理想的な土の道

2007年にウガンダで2 kmの道路を約30万円で修理し、住民達に自分達でできるという自信をもたらす事に成功した。道路整備によって、買取業者の集荷順位も集荷頻度も増え、運搬費も下がった。持続的な道直しを実現するためには、農民を組織化し道直しのコストを見積もりプロポーザルを書けるように支援するボトムアップと、中央官庁の地方分権化・設計法の標準化を支援し土のう袋代とトラック代を捻出してもらえようようなトップダウンの両方のアプローチが必要である。

現在 NPO としての組織も強化され、アジア開発銀行、ILO、JICA、外務省から仕事を委託され、事業実施国は13カ国である。横断勾配を付け路面に水が溜まらないようにし、両側に水路を確保し、自転車や頭に荷物を載せるお母さんが、子供の手を引く何気ない姿が見られる道(写真—1)を目指している。

最後に、筆者が地盤工学の技術者として発展途上国で質問されたことを列挙し、本拙文を閉じたい。

- 1) ミャンマーのイラワジ川下流の一面軟弱粘土が堆積する湿地に800 kmの道路を盛土で作りたい。使える機械はバックホーだけで、地盤改良の材料はない。湿地を掘削してトレンチにし、5 m 離して5 mの盛土を盛ったら、盛土が円弧滑りした。破壊しないように作る方法と破壊後の対策を教えてください。
- 2) ケニア東部の道路工事現場で、中国人技術者と飯場で食事しながら(山のように入った数種類のおかずを丼に盛って食べながら)。盛土を締固めるときに、真水がないので海水を使いたい、問題ないか。

かなりの応用力が試される。

参 考 文 献

- 1) ㈱日本建設業連合会、2011建設業ハンドブック。
- 2) 朝日新聞：2012年7月19日国際13版、p. 13。
- 3) NPO 法人 道普請人 HP、<http://michibushinbito.ecnet.jp/>

(原稿受理 2012.7.20)