

## 土工と情報化施工



\* 福田正晴

### 1. 土工と新技術

土工とは、土の掘削、積込み、運搬、敷きならし、転圧など土を動かす工事の総称<sup>1)</sup>であり、切土や盛土だけでなく、それに付帯する構造物、たとえば、道路土工では、法面保護工、排水工、擁壁、カルバート、軟弱地盤対策工なども含んでいる。

言うまでもなく、道路、河川などの土木事業において、土工は、全体の工費や工程に大きな影響を持つ重要な工事要素である。このため、古くから研究や技術開発が行われ、戦後の機械施工の本格導入や各種の地盤改良技術、耐震対策技術などの開発・普及、設計・施工基準の制定などにより、工期の短縮、コスト縮減、安全や品質の向上が図られてきた。

土工の新技術の開発状況を、国土交通省のNETISで見してみよう。NETISへの新技術の申請総数は2009年3月12日現在、3613件であるが、「土工」とそれに付帯する「法面工」、「排水構造物工」、「擁壁工」、「ボックスカルバート工」、「軟弱地盤処理工」に875件が登録（重複あり）されている。また、「土工」をキーワードに含む新技術は652件で、全体の18.0%を占める。土工技術の広がり概ね相応しい程度に新技術が開発されていると言えよう。

### 2. 不確実性への対応と維持管理

自然地盤は複雑で不均質な地質で構成されることが多く、地盤の物理化学的、力学的特性はそもそも複雑である。したがって、土工の設計や施工に当たっては、コンクリート構造物や鋼構造物と比べて、これらの不確実性に十分な配慮が必要となる。力学的な設計においては、地質調査の実施と解釈、地盤定数と計算モデルの選択、計算モデルの負荷条件・境界条件の設定、そして最終的に安全率・基準値との検証が適切に行われなければ

ならない。

通常的设计・施工はこのような過程を経て実施に移されるが、大規模な構造物や不確実性が大きい場合などでは、試験施工や観測施工が行われる。本施工の前に行われる試験施工は、多くの現場で行われている。観測施工は、地盤の挙動を観測しながら施工中に設計変更を行って、合理的かつ経済的に施工しようとするもので、カール・テルツァーギが1948年にその概念を提唱した。現在では、観測施工は情報化施工と呼ばれることが多く、「施工中の現場計測によって得られる情報を、迅速かつ系統的に処理、分析しながら次段階の設計、施工に利用する施工管理システム」と定義される<sup>1)</sup>。

情報化施工は、トンネル、山留め、切土、軟弱地盤、近接施工などで活用され、迅速かつ適切な判断が可能となって、安全性の向上や工事コストの低減に大きく寄与している<sup>2)</sup>。今後は、情報化施工の事例蓄積、長期挙動の把握など、理論、試験・実験、実証のPDCAサイクルを機能させることにより、一層の技術発展が期待できる。

設計技術において、より積極的に不確実性に向き合おうとするのが、信頼性設計である。構造物の破壊する確率をある許容値以下に制御するという考え方で、コンクリート構造物や鋼構造物などに導入されている。基礎構造物については、地盤工学会が、部分係数法による信頼性設計と構造物の要求性能に基づく性能設計の考え方を取り入れ、地盤コード21を提案している<sup>3)</sup>。この地盤工学会の動きは、ヨーロッパにおいて設計コードのISO規格化を狙うEurocode7(EC7)の制定、我が国のWTO/TBT協定の締結などが契機となっているが、土工全般に信頼性設計を導入することは、技術的にも様々な課題があり現状では困難である。しかし、設計の技術体系の世界的な潮流として十分に考慮すべき事項である。

土構造物の維持管理について触れたい。適切に構築された土構造物は、本来、ライフサイクルコストが小さく、維持管理が容易である。しかし、

\*財団法人河川環境管理財団 技術参与（前独立行政法人土木研究所 技術推進本部長）

社会資本ストックの増大と高齢化、社会的な要求水準の見直しなどに伴い、古くに建設された土構造物の耐震性などの向上、切土やグラウンドアンカーなどの老朽化対策、土構造物の特性に起因して潜在する不確実性への対応など、維持管理の重要性が増大しており、土木研究所においても重点的に研究に取り組んでいる。

### 3. 機械施工と情報化施工

情報化施工という言葉は、幅広い意味に使われ、最近、土工などの機械施工に関連して、情報化施工が語られることが多い。地盤工学的な情報化施工とは情報化による効率化という点で共通するものの、意味・内容が異なる。

国土交通省は、2008年7月に「情報化施工推進戦略」を策定した。この戦略は、機械施工が中心となる舗装や土工などにICTを導入して、生産性と施工品質の向上を目指すものである。技術的には、建設機械の制御の高度化と施工の情報化が内容となる。国土交通省は、推進戦略の中で、2012年度までに情報化施工を直轄の道路土工、舗装工、河川土工の標準工法とするという目標を定め、当面、大規模な工事を中心に試行を開始した。一方、この戦略を包含して、施工だけでなく公共事業全体の生産性向上やコスト縮減などを図るため、CALS/ECの構想やアクションプログラムが推進されている。情報化施工の普及が可能となったのは、TSやGNSSなどの測量技術、建設機械の数値制御技術、CALS/ECの進展など、近年においてICTの急激な発展があったからである。

建設機械の制御の高度化には、ブルドーザやグレーダなどの操作員に必要な操作を指示するマシンガイダンスと、機械を自動操作するマシンコントロールがあるが、いずれも既に商品化または実用化がなされている。また、施工の情報化については、得られる施工情報を施工管理や監督・検査などに活用し、逆に、情報化施工を前提として設計基準や管理基準を見直すため、所要の検討、研究が行われている。我が国は情報化施工の情報標準のISO規格化で主導的な役割を果たしたが、現状の情報化施工は、機械施工の情報化という色彩が強い。今後は、より幅広く有益な情報をCALS/ECの視点から共有、交換、活用するという方向性も強化していく必要があると考えている。

2008年10月、国土交通省ほかは、米国における情報化施工の動向を調査し、米国では小規模土工にも情報化施工が浸透していると報告している<sup>4)</sup>。同報告では、その要因として、GNSSの補正情報が発注者から提供されること、品質向上、工期短縮等に対するインセンティブが制度化されていること、柔軟な監督・検査体制であることなどを挙げている。米国とは国柄が違うが、情報化施工が無理なく普及するための環境整備にも注力していく必要がある。

### 4. 土地質学のすすめ

土工の設計は性能規定化が進められ、技術革新が行いやすい環境になりつつある。また施工では情報化施工が推進され、設計や維持への波及効果が期待されている。土構造物の管理もより重要になってくる。新たな次元で土工を捉え直すべき時代にあると考えるが、現場においては、現状でのリスクマネジメントが重要である。土工のリスクは、自然地盤の不確実性に起因することが多い。

土質力学の父と言われるカール・テルツァーギは、自らの研究と世界各国でのコンサルティング活動から得られた教訓として、土木工事における土地質学的な考察の重要性を、ハーバード大学における講義(1957年)で厳しく説いている<sup>5)</sup>。

「このコースの主要な目的は、一般に土木工事に対して地質学的な要因が及ぼす影響、そして地質学的な推論によって引き出せる利益について、諸君の目を開くことである。(中略)これが理解できない人は、土工エンジニアリングに近づかない方がよい。何故なら、この分野における失敗例の多くは、計算ミスによるものではなく、地質学的な要因のもたらす結果を無視したことによるものだからである」

#### 参考文献

- 1) 地盤工学会：地盤工学用語辞典、2006
- 2) 鈴木明人：情報化施工入門、130p、工学図書、2004
- 3) 菊池喜昭、本城勇介、松井謙二：EC7と地盤コード21の比較、第39回地盤工学研究発表会、2004
- 4) 森下博之、竹本憲充、古屋弘、福川光男、藤島崇：米国における情報化施工の動向調査報告、日本建設機械化協会、2008
- 5) リチャード・E・グッドマン(赤木俊允 訳)：土質力学の父 カール・テルツァーギの生涯、pp.478~497、地盤工学会、2006