令和2年度地盤工学会賞（技術開発賞）

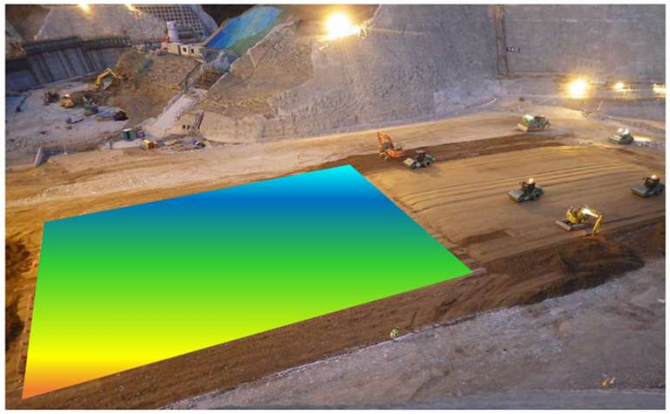
地盤剛性に基づく遮水性盛土の面的な締固め管理手法の開発

坂本博紀（(独)水資源機構）
龍岡文夫（東京大学・東京理科大学）
福島雅人（電源開発(株)，前（独)水資源機構）
小林弘明（鹿島建設(株)）
曽田英揮（国土技術研究センター，前（独)水資源機構）

水がささえる豊かな社会 独立行政法人 水資源機構　KAJIMA CORPORATION

● 技術開発背景

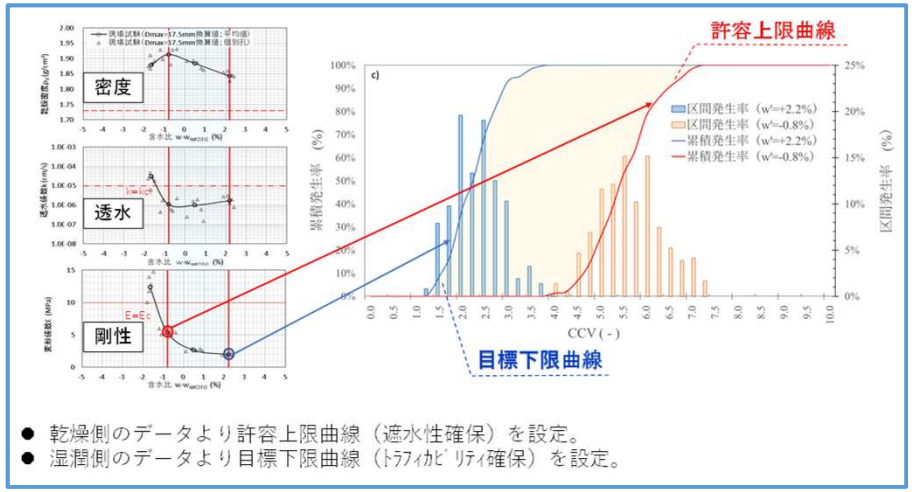
フィルダム建設における現場品質管理試験は、実務的に対応可能な頻度に限定されるため、品質の一様性や局所異常の有無については熟練技術者の技術的判断に頼る部分があった。しかし、近年の熟練技術者の減少により、技術者の経験・能力に大きく依存することなく、所要の品質を確保するための新技術の必要性が高まっている。一方、建設業界全体の流れとしてi-Construction推進による生産性向上が求められており、ICTによる施工管理・品質管理の高度化・合理化について様々な取組が行われている。その一例として、地盤剛性指標を用いた面的な管理手法が欧米を中心に一般土工では検討・適用が進んでいる。しかし、遮水性盛土等の高含水比材料では①締固めエネルギーの増減に対する剛性の変化が小さくエネルギーの評価が困難で、②一定のエネルギーで締め固めた場合、乾燥側になるほど乾燥密度は減少し透水係数は増加するが、地盤剛性指標は増加し、湿潤側では乾燥密度の変化に対して地盤剛性指標の変化が鈍感である。これらの理由により、従来の地盤剛性指標の下限値管理による面的な締固め管理手法は遮水性盛土への適用は困難とされてきた。このためフィルダム建設における面的な品質管理は従来の抜き取り検査型の品質管理の代替手法としては位置づけられていなかった。

従来法	開発技術
	

● 技術開発内容

地盤剛性の上限値管理による盛土の遮水性能管理

- 従来の地盤剛性指標による締固め管理は下限値管理であったが、**地盤剛性の上限値管理を行うことで遮水性能を効率的に管理できる**ことを室内試験と現場盛立試験で確認した。
- 高含水比材料では締固めエネルギーの増減による剛性の変化が小さいという課題については、**締固めエネルギーをICT施工により別途管理**することで解決した。
- 地盤剛性指標の評価には①落球探査法※1、②ローラ加速度応答法※2、の2種類の手法で段階的に導入し、**②により面的管理を実現**した。

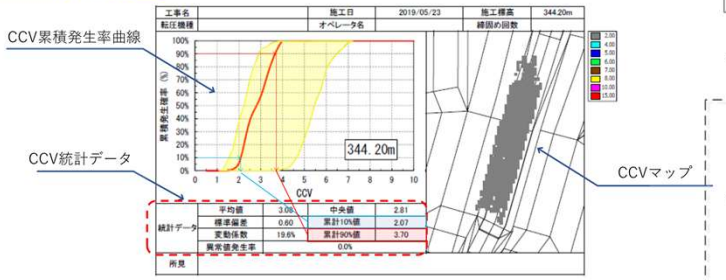


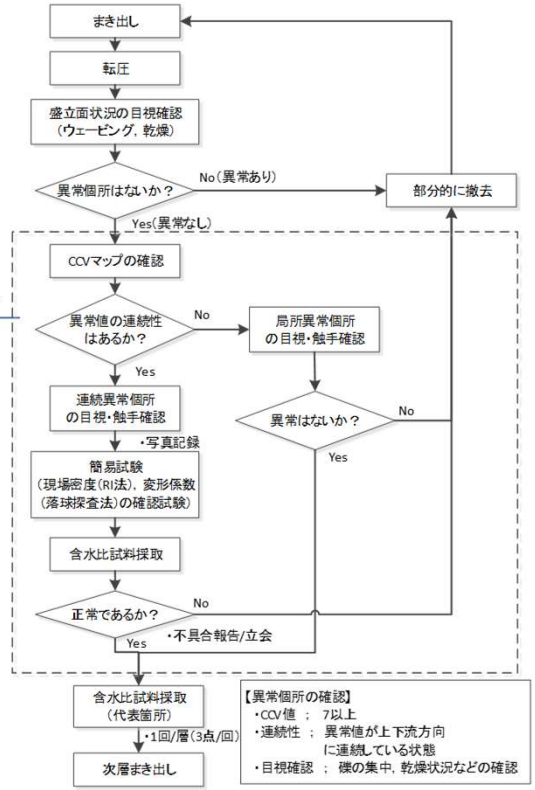
- 乾燥側のデータより許容上限曲線（遮水性確保）を設定。
- 湿潤側のデータより目標下限曲線（ﾄﾗﾌｨｶﾋﾞﾘﾃｨ確保）を設定。

※1 加速度センサーを内蔵した重錘を自由落下させて地盤剛性を測定する方法
※2 ローラ加速度応答法にはCCV（NETIS:KT-100107-VR）を採用

面的データの評価方法と管理フローの整理

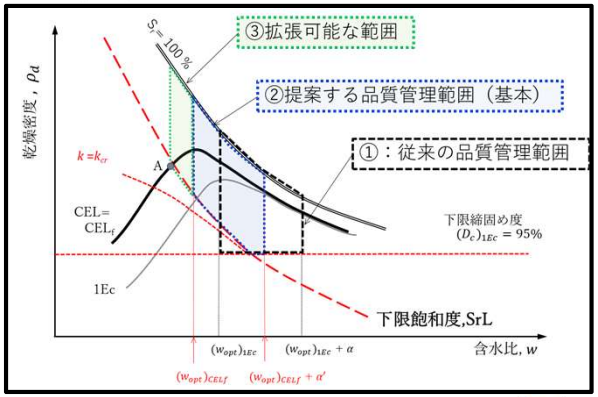
- データ分布状況を視覚的に確認できるよう、「累積発生率曲線」「マップデータ」による評価法を策定した。
- 実施工における管理フローを策定した。





締固め管理範囲の改善

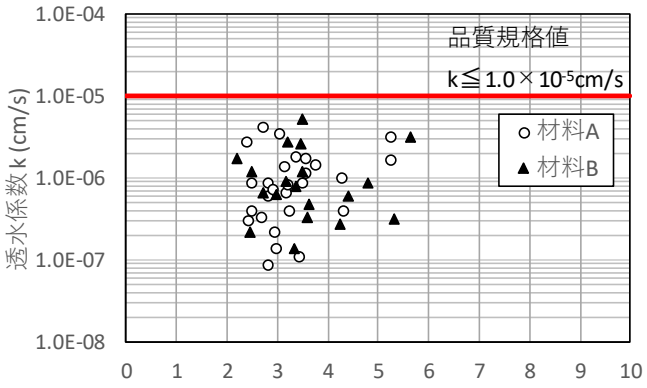
- **締固めエネルギーと飽和度を考慮することで締固め管理範囲を改善**した。
- この新たな締固め管理範囲に対応する地盤剛性指標の上限下限値を定めて管理することによって、地盤剛性指標に基づく締固め管理を新たに構築するとともに、実施工に適用した。

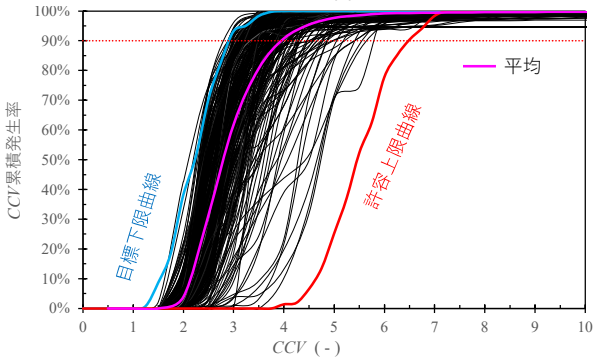


● 適用実績

小石原川ダム（H=139m）の遮水ゾーンの施工への適用

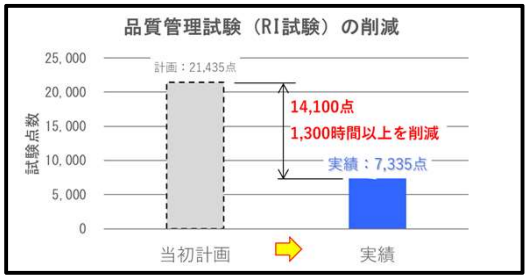
- 本開発技術の適用ダムでは、試行期間を含む面的管理手法を適用した全期間において、現場透水係数は全点で規格値を満足することを確認した。
- 地盤剛性評価は①落球探査法、②CCVの2種類の手法で段階的に導入し、②により、遮水性盛土に代表される**高含水比材料における「定量的かつ面的な締固め管理（Intelligent Compaction）」を初めて実現した**。
- 面的管理の適用期間中の評価対象データは全データで管理基準（90%以上のデータが許容上限曲線の内側に分布する）を満足し、平均では99.5%の範囲で許容上限曲線を満足することを確認した。





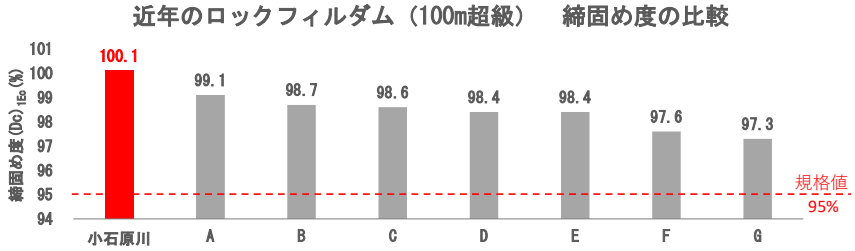
品質と生産性の向上

- 開発した品質管理手法の適用により、RI試験等の盛立面での試験を地盤剛性指標で代替することで**約1300時間の試験時間が短縮**され、施工効率の向上、コスト縮減にも資する結果を得た。
- マップデータの活用により、**品質の一様性および局所異常の有無を確認**できるようになった。
- 小石原川ダムのコアゾーンの品質は、近年の100m超級のロックフィルダムの中で**唯一、締固め度が100%を超過**しており、既設のダムと比して高い品質が確保されていることを確認した。
（締固め管理範囲の改善の効果）



● 今後の展開と有用性

- 従来の地盤剛性指標を用いた管理技術は下限値管理であったため、最適含水比より乾燥側での密度低下や築堤後の湿潤化した際のコラプス破壊の可能性のある状態を排除することができなかった。本開発技術の適用により、過剰に乾燥側の含水比で施工することによる品質低下を排除することが可能となった。**この手法は、遮水性盛土だけではなく、一般土工における管理にも拡張性があり、さらなる活用が期待される。**



水がささえる豊かな社会　独立行政法人 水資源機構　KAJIMA CORPORATION