

氏 名	もり 森 充 広
学位(専攻分野)	博 士 (農 学)
学 位 記 番 号	論 農 博 第 2533 号
学位授与の日付	平 成 16 年 5 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 題 目	ダムの築造および管理過程における非破壊調査技術の応用に関する研究

論文調査委員	(主 査) 教 授 青 山 咸 康	教 授 三 野 徹	教 授 河 地 利 彦
--------	----------------------	-----------	-------------

論 文 内 容 の 要 旨

貯水ダムのような巨大構造物の健全度を、大規模な掘削などを伴わず、非破壊で評価することは近年の重要課題となっている。こうした大型構造物の力学的健全度診断の最大の問題は、固体内部の状況が不可視であることに存する。本研究は、この問題解決のために拡張された地質調査法としての電気探査法や電磁波照射法を応用する試みである。

研究の中心的手法は地盤や土構造物における比抵抗トモグラフィ法の応用にある。固体の比抵抗は、棒状固体においてその電気抵抗は長さに比例し、断面積に反比例するとの関係を想定したときの比例定数である。比抵抗は土壌や岩盤の間隙率、飽和度、体積含水率、間隙中を満たす水質などの性質を反映している。このような比抵抗のもつ特性を利用して目的とする構造物や基礎の物理性を推定しようとするものが、比抵抗トモグラフィ法である。またトモグラフとは対象領域の周辺から電流や電磁波を照射しその投影像から特定の物性値の分布を再構成するものである。

論文の構成内容は以下のようにになっている。

第1章では上記のような研究目的と手法を概説している。

第2章では比抵抗トモグラフィ法のダム基礎調査への応用(調査段階)を試みている。ここではまず、地盤内の鉛直断面に設定した長方形領域の3辺に配置した直列状電極線(一定間隔で並んだ電極が直線状に位置する)による多数の電流経路における比抵抗計測結果をシミュレートし、トモグラフィ法の有効性を示した。これにより10倍の差のある比抵抗領域が存在するとそれを検知できることを明らかにした。この比抵抗法をダム建設の調査段階である地質調査や、第4章における現場モニタリングに応用する方法を検討した。ここではある適当な距離だけ離れた二つのボーリング孔に多数の電極を下ろし、さらにこの2孔を結ぶ地表の電極を配置することで門形の電極トポロジーを形成した。これによる比抵抗計測と、ボーリングから得られている岩質や風化の程度等との対応を示した。調査段階におけるこの方法の特徴は、在来のボーリング・コア採取を中心とする調査方法ではボーリング孔に沿った直線状のデータしか得られないのに対し、計画した断面内の連続した平面情報が得られるという特徴のあることを論じた。

第3章は、地中レーダーによるRCDコンクリートの施工管理技術の開発(施工段階)であり、300 MHz~1 GHzの電磁波を地中に照射し、その反射波から内部の粗密を検査できる事を室内実験で先ず検証した。その後ローラー転圧コンクリートの施工品質を検査できることを実例で示した。これは従来困難であった施工不良箇所を比較的容易に発見できる方法として位置づけている。

第4章は、比抵抗トモグラフィ法によるダム安全管理システムの開発(安全管理段階)であり、本研究の中核をなす。すなわち予め大規模な電極網を観測計画に従って埋設し、長期間に亘る計測により、ダムの状況変化がトモグラフィにより分析できることを、先ず模型実験で確認した上、現実の25 m級フィルダムに応用しその有効性を示した。ここにおいても、予備解析としてフィルダム遮水ゾーンに亀裂が生じた場合のトモグラフィによる検出可能性を確認した。更に、一般には困難である閉鎖型の観測電極網を敷設することが解析精度向上に役立つことを実証し、実験や現実の計測にこれを採用した。この方法により、フィルダムにおいては最も現実的に検証の困難な初期湛水時~水位降下時の遮水ゾーン内における水の移

動を実ダムで推定しようとした。そのため、現実ダムにおける遮水ゾーンの比抵抗トモグラフィの時間的変化を観察し、2次元浸透流解析結果と比較して、比抵抗の変化を土塊内水分量変化と対応付けた。また、これらの解析を行う過程で時系列トモグラフィの概念を提唱しその有用性を述べた。更に、シミュレーションによって最適な電極線配置についても議論した。

第5章は結論であり、以上の3章に行った手法の成果をとりまとめている。そして今後の展開としてトモグラフィ法とボーリング調査結果とのより強い関連法則の発見、地中レーダーの今後の発展によりより優れた施工性の確保が可能なること、さらにモニタリング技術の発展を論じている。

論文審査の結果の要旨

ダムのような大型の構造物本体やその基礎地盤を構成するコンクリートや、岩石、土塊、岩盤など固体内部の物理状況を的確に把握することは、ダム工学における長年の課題である。従来このために最も頻繁に用いられてきた手法はボーリング掘削によるコア観察である。この方法は確実なものではあるが、ボーリング孔上の直線における情報しか得られない。これに対し、古くからある電気探査法を拡張し、比抵抗トモグラフィを描く方法により、計画した面内での物理情報を得る事ができる。本研究はこの方法を中心にボーリングによらず土やコンクリートの物理情報を得ようとしたもので評価できる点は次の5点である。

1. 非抵抗トモグラフィ法においては、有限要素法を利用し、最初に仮定した比抵抗分布から定まる理論電位分布を計算し、これと実測した電位分布を比較する。両者の相違を最小ならしめるための、比抵抗分布の修正（逆解析となる）手順を行う反復アルゴリズムを開発した。このため誤差の定義には通常の RMS 誤差の他に、ブロック比抵抗回復度を定義し、その効果を示した。この手法は本論文の中核をなす手法である。
2. 地中レーダー法において、使用するレーダー電磁波の周波数と検層深さの関係を明らかにし、硬練りコンクリートの施工管理に使用できる事を、模型実験及び現実のダムコンクリートの施工において示した。
3. 計測を計画する断面を取り囲む電極配置が解析精度向上につながることをシミュレーションで検証し、現実の計測計画における電極配置にも、通常困難なこの配置を採用した。
4. フィルダムの貯水による湛水の土中への浸潤および落水による土中水の流出・減少は、その比抵抗の減少と増加という反応になることを示した。またこの計測における温度の影響を明らかにした。
5. 上において経時的な比抵抗トモグラフィ法を論ずるに際して、その変化を明確にするため時系列トモグラフィ法の概念を提唱し、その有効性を示した。

以上のように、本論文は、地質調査における比抵抗トモグラフィ法を拡張し、ダム堤体や基礎地盤における精度の高い鉛直面内物理情報を得る事に成功し、また地中レーダーの応用によりコンクリートの施工管理実績を飛躍的に向上できることを示唆した。これらはダム工学、地質調査法、地盤工学、施設機能工学に貢献するところが大きい。

よって、本論文は博士（農学）の学位論文として価値あるものと認める。

なお、平成16年4月21日、論文並びにそれに関連した分野にわたり試問した結果、博士（農学）の学位を授与される学力が十分あるものと認めた。