

地下水関連技術の動向について

(株)大林組 正会員 三好 悟
東京電力(株) 正会員 谷 智之
東電設計(株) 星野 吉昇

1.はじめに

岩盤中の地下水の挙動を予測することは、従来からトンネルやダム建設などの分野において重要な課題とされてきた。長年にわたって種々の調査技術や解析技術が開発され、地下水挙動の予測精度は向上してきたと言える。近年浮上してきた石油やLPGの岩盤備蓄、汚染地盤処理および放射性廃棄物の地層処分の問題などでは、予測のさらなる高精度化と、岩盤中の汚染物質の挙動予測など新たな課題の解決が必要とされるようになっている。ここでは、近年の地下水予測技術に関する公開された国内の論文での研究の動向を調査・整理し、その結果を鑑み今後検討が必要であると考えられる課題について述べることにする。

2.調査方法

1994年から1999年に発行された次の文献の中から、地下水の調査、計測、解析、設計、施工等に関する論文や技術報告を調査対象文献とした。岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集、岩の力学国内シンポジウム講演論文集(土木学会)、土木学会論文集(土木学会)、土と基礎(地盤工学会)、ダム工学(ダム工学会)、ダム技術(ダム技術センター)、地下水学会誌(日本地下水学会)、動燃技法、サイクル機構技法(核燃料サイクル開発機構)、放射性廃棄物研究、バックエンド研究(原子力学会)

3.調査結果

上記のように取り上げた文献の総数は220であった。これらを、その文献が検討対象としている系と手法に基づき表1のように分類した。

表1 調査文献分類結果

	原位置調査・試験	室内実験	数値解析	場の評価	統合的手法	合計
地質・水理地質環境	24	—	—	17	—	41
飽和流動系	22	13	22	29	5	91
多相系	—	2	9	1	0	12
多成分系	6	2	18	3	7	36
連成系	1	2	12	—	—	15
グラウチング	6	5	4	4	6	25
合計	59	24	65	54	18	220

—：対象となる文献を見つけることができなかったもの

この表の縦軸の項目はそれぞれの文献が検討の対象とする系を、横軸の項目は手法を表している。

縦軸の項目について、「地質・水理地質環境」には亀裂系や水みちの調査技術あるいは地質および地質構造の把握技術などに関するものが含まれる。「多相系」では飽和—不飽和問題を含めて水—ガス系など2相以上の系を、「多成分系」では汚染物質の移流拡散問題など多成分系を、「連成系」では水—熱—応力など連成問題を、それぞれ対象とした。横軸の項目について、「数値解析」では順解析を、「場の評価」では離散的な情報を基に全体の場合を推定する技術を、「統合的手法」では調査・設計・施工など一連の複合技術を対象とした。

分類された文献の中で検討頻度の高い課題について、概要を以下に示す。

「地質・水理地質環境」「場の評価」に分類された文献のほとんどがトモグラフィを用いた岩盤の地質・水理地質構造把握技術に関する検討を行っているもの¹である。

「飽和流動系」「場の評価」では、透水係数の空間分布の推定に関するものが多く見られた。透水係数推定手法として逆解析を用いるもの²が主であり、その他には地球統計学的手法を用いるもの³も見られた。また、地質および地質構造調査で得られた亀裂系のデータを水理学的に等価な連続体モデルとして評価するもの⁴や、フラクチャーネットワークモデルやチャンネルモデルなどの不連続体モデルとして評価するもの⁵

Keyword：文献調査、地下水予測技術、岩盤、原位置調査、数値解析

連絡先：〒108-8502 東京都港区港南 2-15-2 品川インターシティ B 棟 TEL 03-5769-1309 FAX 03-5769-1972

が見られた。

「多相系」 「数値解析」では、不飽和特性を室内実験から求めるもの⁶、放射性廃棄物処分場の緩衝材内部における水—空気系挙動を予測するもの⁷、あるいは石油の地下備蓄基地およびその周辺の多相系流体挙動を予測するもの⁸などが見られた。

「多成分系」 「数値解析」では、地盤中の汚染物質の移流・拡散問題を解くもの⁹や、放射性廃棄物処分場の坑道に設置されるシーリングの効果をみるために汚染物質の移流・拡散問題を解くもの¹⁰などが見られる。また、「統合的手法」では実際の汚染地盤浄化現場において実施される一連の調査、解析および対策工について検討しているもの¹¹が多い。

「連成系」 「数値解析」では、放射性廃棄物処分場における熱—水—力学の連成問題¹²が多くとりあげられており、その他に、地下水による物質輸送問題において化学反応を考慮した水—化学系の連成問題¹³なども見られた。

「グラウチング」 「統合的手法」では、施工中の現場において施工孔の方向を最適化する¹⁴など、合理的な施工法について検討しているものが多い。「数値解析」では、不連続体モデルを用いて、グラウトの沈降・硬化過程を流体の粘性変化¹⁵やグラウト粒子の拘留として数学的に表現したもの¹⁶が見られた。

4. 考察及び今後の取り組み

「飽和流動系」において「場の評価」に関するものが多くなっている。場の評価技術は、離散的な地質および水理地質構造データの補間を高精度に行う技術であると言える。数値解析による地下水予測の精度向上を考えたとき、数値モデルや手法自体はすでに熟成してきており、インプットデータの高精度化が検討の中心になってきていると考えられる。また、「多相系」「多成分系」「連成系」において「数値解析」に関するものが多いのは、これらの問題に数値的課題が残されていることを反映していると考えられる。

以上は国内の文献における研究課題の動向であるが、諸外国ではエネルギーの岩盤貯蔵、汚染地盤の処理あるいは放射性廃棄物の地層処分などの問題に対して比較的早期から取り組み始めてきたことで、地下水予測に関する種々の分野において先進の技術を保有していると考えられるため、今後は諸外国の地下水に関する文献を調査する予定である。

【参考文献】 1)例えば、日比谷ら：比抵抗トモグラフィによる岩盤の水理地質構造評価について，第9回岩の力学国内シンポジウム講演論文集，p.p.331-336，1994 2)例えば、増本ら：多点非定常圧力とその時間変化率の自動マッチングによる岩盤水理特性逆解析，地下水学会誌第40巻第3号，p.p.273-287，1998 3)例えば、中屋ら：岩盤水理構造の地球統計学的推定，第28回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，p.p.273-277，1997 4)中屋ら：ルジオン試験を利用した亀裂性岩盤の三次元透水係数テンソルの測定法，第9回岩の力学国内シンポジウム講演論文集，p.p.127-132，1994 5)例えば、田中ら：神岡岩盤試験場での割れ目系特性調査とクロスホール透水試験へのDon-Chanモデルの適用，第27回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，p.p.196-200，1996 6)竹下ら：遺伝的アルゴリズムを用いた室内不飽和透水試験による不飽和浸透特性値の非定常算定方法，土木学会論文集 No.624/III-47，p.p.191-201，1999 7)竹内ら：高レベル放射性廃棄物の地層処分における緩衝材中の水分の気・液二相移動，動燃技報第89号，p.p.57-62，1994 8)山石ら：地下石油備蓄基地建設に伴う水文・水理挙動の数値シミュレーション，地下水学会誌第40巻第2号，p.p.167-183，1998 9)下村ら：地盤中における揮発性有機化合物の浸透およびガス拡散現象，土木学会論文集 No.631/III-48，p.p.25-32，1999 10)古市ら：高レベル放射性廃棄物処分場の埋戻し（シーリング）概念に関する検討，土木学会論文集 No.594/VII-7，p.p.21-32，1998 11)例えば、横山ら：汚染現況を念頭において粒子粗・液体相（2相）相互作用を考慮した3次元シミュレーション，地下水学会誌第40巻第4号，p.p.467-483，1998 12)例えば、小林ら：放射性廃棄物処理場ニアフィールドの連成解析，第27回岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集，p.p.361-365，1996 13) 靱井ら：化学反応を考慮した地下水中における物質輸送解析，地下水学会誌第38巻第2号，p.p.113-125，1996 14)吉田ら：岩盤の亀裂の卓越方向を考慮したグラウチング，ダム技術 No.122，p.p.23-29，1996 15)堀ら：二つのグラウト解析手法の提案，土木学会論文集 No.624/III-47，p.p.31-38，1999 16)伊藤ら：岩盤割れ目系における粘土懸濁液グラウトの充填性及び止水性に関する実験的研究，土木学会論文集 No.547/III-36，p.p.231-242，1996