

III-356

地下開発が地盤環境へ及ぼす影響に関する検討事例

中央開発(株) 正会員 中村 裕昭
 同上 正会員 ○佐藤 純
 名古屋大学 正会員 植下 協

1. はじめに

従来の地下開発では、地盤調査等から得られる土質・地質柱状図等を中心とした局所的な地盤情報に頼って堆積層の構造、特性等を判断し、地盤のモデル化を行って、設計・施工を進めてきた。

しかし、今後の地下開発が現在よりさらに大規模あるいは大深度で行われ、あるいは輻輳化すれば、今までに経験したことのないような周辺環境への悪影響を引き起こす懸念がある。そこで、本論では地盤のモデル化にあたり、地層の形態や生成プロセス等を考慮することの重要性を指摘するとともに、地下開発が地盤環境へ及ぼす物理的および生物・化学的影響項目についての検討事例を報告する。

2. 検討内容

従来の浅深度における地下開発では、いわゆる地質学的地層の見方〔①地層累重の法則、②堆積初期の地層水平の法則、③堆積初期の地層連続の法則、④地層切断の法則〕に基づき、堆積層を大胆にモデル化して取り扱ってもさほど大きな問題を生じることはなかった。しかし、図-1に示したように地盤環境の内、地質構造や地盤物性等の工学的地盤特性は地層生成プロセスの影響を受け、同じ時代の堆積層でも地盤特性は様々に変化しており、また、深い深度では高土圧・高水圧が作用している事や、地盤環境の変化を地表から直接認識することが困難である等から、合理的で安全、かつ地下環境を損なわない設計・施工により地下開発を推進するためには、堆積環境や地質構造運動等の地層生成プロセスを考慮して、できるだけ正確に地層を評価し、設計・施工や地盤環境管理に反映させることが重要となる。

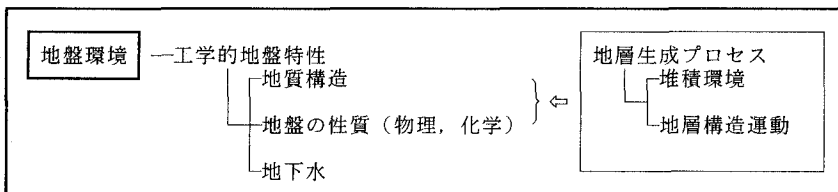


図-1 地盤環境の概念図

一方、地下開発を実施した場合に、過去に経験したあるいは今後起こり得る地盤環境変化は図-2に示す様に、主に現象面に着目して整理すると、物理的環境変化と生物・化学的環境変化の2つに大別する事ができる。

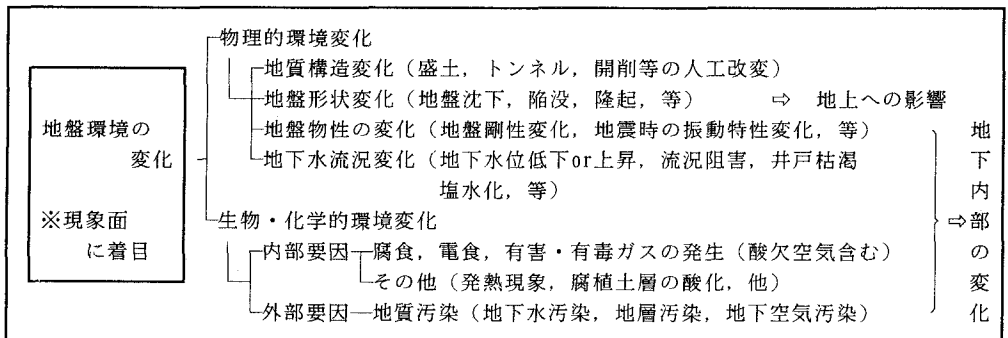


図-2 地下開発によって起こり得る地盤環境の変化の概念図

物理的環境変化は地質構造の変化、地盤形状の変化、地盤物性の変化、地下水流況の変化に大別される。『地質構造変化』にはトンネル、開削、切土、盛土、埋土、埋め戻し等のいわゆる『人工改変』があり、

『地盤形状変化』には地盤沈下、陥没、隆起、側方流動、崩壊、地すべり等があり、『地盤物性変化』には地盤剛性の変化、地震時振動特性変化等が挙げられ、『地下水流況変化』には、地下水位低下・地下水位上昇、地下水流況阻害、井戸の枯渇、塩水化等が挙げられる。

また、生物・化学的環境変化については、環境変化の要因が内部（地層の潜在的特性）にある現象と、外部（人為的行為）にある現象とに分けられる。環境変化の要因が内部（地層の潜在的特性）にある現象としては、腐食・電食、有害・有毒ガス（酸欠空気も含む）の発生、等が挙げられ、外部に素因がある現象としては、地質汚染（地下水汚染、地層汚染、地下空気汚染）があげられる。

これまで述べた地盤環境の変化の内、物理的環境変化は、インパクトを与えれば必ず変化が表れ、その変化を許容できる範囲に抑えることが要求され、生物・化学的影響変化の内、内部要因によるものは、地盤環境条件によって稀に起こる現象で、外部要因によるものは、そのメカニズムを理解し汚染源を人間が節度をもってコントロールすれば防げる種類のものである。

上記の地盤環境変化の各種現象は発生源に着目すると、例えば海成粘土に埋設された鋼管の腐食の様に「①発生源が地層の潜在的特性に起因するもの」と、例えば地下水低下工法に伴う地盤沈下や井戸の枯渇のように「②地盤環境外の人為的なものに起因するもの」とに分けられる。あるいは、帯水層中に敷設した構造物による地下水流況阻害のように「(a) 地下開発に伴い発生するもの」と、地質汚染のように「(b) 人為的原因に伴い発生するもの」とに分けることもできる。すなわち、地下環境の変化を検討するに当たっては例え現出する現象の形態は同じであっても、その背景（発生源、地質生成プロセス、地盤特性、素因と誘因等）が異なれば当然区別して考える必要がある。

そして、地盤環境変化の諸現象は、例えば開削に伴う周辺地盤の沈下のように「(1)地下開発に伴い1次的に発生するもの」と、例えば地下水位低下工法の採用に伴う地盤沈下のように「(2)その1次的発生事象が誘因となり、2次的に発生するもの」、更に、例えば海岸地域での地下水位低下工法の採用に伴う塩水化（塩水クサビの進行）、その塩水化による塩害の発生といった様に「(3)1次的発生事象・2次的発生事象となり連鎖反応的に3次的発生事象・4次的発生事象・・・等々となって現れる現象」等もある。

また、個々の現象が特定の発生源（素因と誘因）のもとに一義的に独立して起こることは稀で、複数の環境影響因子がお互いに影響し合いながら複合的にかつ連鎖反応的に発生するのが一般的であることに留意が必要である。

3. まとめ

これまで述べた以外にも、例えば、地下構造物内への漏水や陥没等、供用後の地下施設が外部環境へ与える影響、掘削残土による酸欠空気の発生や掘削残土が汚染源となる等の化学的影響等も、周辺環境への影響の要因となることに注意する必要がある。

ここで、取り上げた地下開発による環境変化項目は必ずしも環境変化事象を体系的に網羅している訳ではなく、あくまで、地盤環境の立場からみた地下開発に伴う環境変化事象の1例を検討したに過ぎない。しかし、繰り返し述べるように、大深度における地下開発は、これまでに経験のない未知の領域を対象に行うため、地盤環境をその生成プロセスを考慮して正しく理解し、過去の地下開発により起きた環境変化事象を体系的に整理することが特に重要と考えられる。

なお、本論文をまとめるにあたり、佐藤邦明助教授（埼玉大学）、楡井 久博士（千葉県水質保全研究所）、陶野郁雄博士（国立環境研究所）、西垣 誠助教授（岡山大学）、垂水尚志博士（鉄道総合技術研究所）、末岡 徹博士（大成建設）をはじめ、多くの方々に貴重な御意見と御教示を多数戴いた。巻末を借りて謝意を表します。

《参考文献》

- 1) 環境庁国立公害研究所編：大深度地下空間利用における地盤環境保全の評価手法に関する調査報告書、1989. 8