

地下空間利活用のための地下構造物の性能評価について

深田地質研究所 フェロー会員 ○亀村 勝美
エンジニアリング振興協会 吉澤 一雄

1. はじめに

これまで地下空間の利用推進に当たっては、長期耐久性やメンテナンスフリーなどを基に供用期間を通してのトータルコストを以って優位性を示してきた。しかしながらコンクリートや岩盤で構成される地下構造物においても、当初設定された機能、性能を維持するためには性能の経時変化を念頭に置いた検討と事前の対応が必要であることが明らかとなってきた。

一方で、バブル経済崩壊以降は、同じ機能をもつ施設であれば地下に立地する方がコスト高であるとされ、地下空間利用がなかなか進まない状況にある。

本研究の目的は、地下構造物に関する安全性をはじめとする様々な性能をコストとして評価し、建設コストと合わせて評価することにより地下空間の性能を明確に示すことができないか模索することにある。一般に、地下構造物は地上構造物に比べ地震に対する安全性は高い、とされているが、それが具体的にどれほどの価値を持つかについては議論されていない。これに対し建築分野では、不動産の資産価値を評価する際に災害危険度を考慮することが行われている。同様にして例えば、災害危険度評価によって地下構造物の価値評価が具体的に提示できれば、地下空間利用の推進に繋がる可能性がある。

2. 地下空間利用技術に求められるもの

人類とともに発展してきた地下構造物の建設技術は、様々な形での地下空間活用を可能としてきた。これからも社会のニーズに応え新たな技術が開発され、その新たな技術が更に新たなニーズを生んでいくであろう。

一方で、低成長経済、少子高齢化時代にあっては、地下空間の利用に当たっても、より高い安全性と合理性が求められる。また今後は施工の安全性や合理性ばかりでなく、周辺環境への影響の低減や供用後の維持管理コストの最適化も求められる。すなわち、単に地下空間を如何に活用するかだけでなく、地下空間のあり方そのものが問われるようになってきている。その地下構造物は自然に優しいのか？無駄な社会資本は投じられていないか？社会の発展、価値観の変化に対応できるのか？など、地下空間利用技術も新たな視点からの取り組みが求められている。すなわち「もの造り」から「もの使い」への発想の転換が求められているのである。

このような現状認識の下、地下空間利用技術を顧みると、「作ることによって、こう便利になる」、「こんなに素晴らしいものが作れる」などの「もの造り」からの発想が多く、必ずしも「もの使い」にシフトした今の社会のニーズには応えられていないように見受けられる。社会のニーズに的確に応えられる地下空間利用を可能にするためには、地下構造物の持つ様々な機能を具体的に判りやすく評価することが不可欠である。

3. 地下空間利用における課題

現在実施されている地下空間にかかわる大規模プロジェクトは、鉄道や道路のトンネル、エネルギーの地下備蓄施設、揚水発電のための地下発電所、都市再開発に伴う地下通路、地下街の整備など、従来の利用形態の域を出ていない。では、地下空間利用は必要ないのか？

この問いに対する答えは、「地下に造ることが合理的な構造物は作るべきである。」である。しかし問題は、何を以って合理的というのか？また、その合理性は誰にとってのものか？を説明できるかどうかにある。ただしこれまでのように、事業者とその関係者だけの論理で合理性を議論し、説明するだけでは十分ではない。より広い範囲の利害関係者（ステークホルダー）に対し、地下空間利用に関わる建設コスト、維持コスト、用地問題、環境問題、耐震問題などについて、その合理性を説明する必要がある。しかし、環境問題や地球温暖化などにおける地下空間利用のメリットを具体的に＝数値指標で示すことは難しい。それは、

- ・性能や建設コストが、立地地点の地盤、地下水条件などに依存する
- ・同様の利用例が少なく、経験から判断できない
- ・建設期間が長くコストの変動や基本的な条件が変化する可能性がある
- ・保つべき性能が不明確であり、またそのための維持管理手法が確立していない

などの地下構造物ならではの理由による。

4. 性能評価の指標

表 地下立地の有用性評価結果

表は、地下立地が可能な様々な構造物について、コストを評価指標として、地上立地と比較した結果である。このように、地下を使うことのメリット、裏を返せば地上を使うことの損失を景観、騒音、災害、利便性、隔離性などの項目について具体的に経済性指標（＝コスト）として評価する。こうすることによって地下立地の有用性が、より具体的に示され、プロジェクトに関わるステークホルダーの合意形成にも役立つと考えられる。

更に、地震などの災害によりその施設が供用停止となった場合の損失、すなわち停止期間中の営業損、復旧コスト、社会的信頼性などもコストに換算して評価する。維持管理についても、その方法、期間を想定し、

	施設	求められる性能	評価指標	地下立地	
			建設コスト	地上に比べ高い	地下に比べ安い
1	データセンター	常時：情報化機器の集約 非常時：データサービスの継続	地震リスク	地震被害を最小限にすることができる	地震被害は免れない。ただし、建物の免振化などにより対応は可能である
			トータルコスト	建物被害だけではメリットはないが設備、機器の被害を考慮するとメリットあり。更に空調などの維持費を考慮するとメリットがある。	建物の免振化などにより対応は可能である
			建設コスト	地上と同等	地下と同等
2	LPG貯蔵タンク	非常時：エネルギー安定供給	地震リスク	地上設備の被害が多少ある程度	被害が大きい。また間接被害の可能性も高い。
			トータルコスト	地中と同等か更に優位である。地震以外の自然災害にも強い。	3方式の中では最も高くなる。
			建設コスト	地上と同等	地下と同等
3	使用済み燃料中間貯蔵施設	常時：安全な一時貯蔵 非常時：施設の健全性	地震リスク	大きな地震被害が予想される地域では、地下立地は地震リスクの低減にメリット。	建物の耐震化によりリスク低減は可能であるが、排気シャフトの耐震性確保が重要。
			トータルコスト	有意な差はないが深度によっては合理化が可能。また、覆工コンクリートの合理化によるコストダウンも考えられる。	金属ヤスリ貯蔵に比べてコストダウンが期待できる。用地の確保が難しい。
			景 観	地上構造物は排気口等の一部であり周辺施設との調和性に優れる。	地上部分の容積が大きいいため景観への影響は大きい。
			立地条件	既存の原子力発電所敷地内立地を考える場合、用地確保が比較的容易。	既存施設内立地は困難
			建設コスト	地上に比べ高い	地下に比べ安い
4	地下原子力発電所	常時：安全な操業 非常時：安全性、隔離性、遮蔽性	運転コスト	地上と同等	地下と同等
			維持管理コスト	地上に比べ高い	地下に比べ安い
			地震リスク	耐震性が高く、最小限の被害。復旧も早い。	想定外の地震により損傷の可能性はある。
			トータルコスト	地上に比べ高いが、最悪の災害時のメリットあり。	想定事象内では、地下より安い。
			立地条件	用地は小さく、取得は容易。	広い用地が必要。
			隔離性	隔離、遮蔽性が高い。	地下に比べると劣る。
			建設コスト	地上に比べ高い	地下に比べ安い
5	横断歩道	常時：安全な歩行横断 非常時：健全性	地震リスク	特に問題はない	耐震設計がなされているが、落橋した場合大きな支障となる
			維持管理コスト	照明、排水が必要	塗装などのメンテが必要
			トータルコスト	地上に比べ高いが、景観の維持などメリットはある	地下より安い
			建設コスト	地上に比べ高い	地下に比べ安い

コストを出す。また、建設から施設完成後の長い供用期間中の維持管理におけるコストの変動リスクも計算する。これらを合わせて評価することにより、より明確に性能を評価することができる。

5. おわりに

地下空間は貴重なフロンティア空間であるが、構造物を造ることも、また使うことも難しい空間である。何よりも一度作ると改変、撤去は非常に困難である。地下空間利用を議論するに当たっては、こうしたことを念頭に置いた上で検討を行う必要がある。また、地上構造物に比較し長い供用期間が期待される地下構造物では、その長い供用期間に価値観が変わる可能性があることも忘れてはならない。

ここで示したように、地下構造物の性能を具体的に評価することは重要であるが、非常に困難なことでもある。しかし、敢えてそれに挑戦しなければ、地下空間はフロンティアには成り得ない。

謝辞：本研究は、エンジニアリング振興協会 地下開発利用研究センター「地下構造物に関する安全性評価の経済指標への換算に関する検討サブWG」によるものです。メンバー各位に感謝いたします。

キーワード 地下空間，性能評価，コスト，地震リスク

連絡先 〒113-0021 東京都文京区本駒込 2-13-12 公益財団法人 深田地質研究所 TEL03-3944-8010