

設計概念の再構築に向けた「地盤構造物」の一考察

大成建設技術センター 正会員 ○石井 裕泰
 元日本道路公団 非会員 栗原 則夫
 キタック フェロー会員 末岡 徹

1. はじめに

土木構造物は一般的な工業製品と同様に、意図を持って造り出される人工物であるが、地盤上や内部に位置することから、地盤との関係を勘案した設計が不可欠となる。また、多くの対象は「自然」地盤であり、地質学的な成因と特性が設計でのばらつきと不確実性の考慮につながるが、造成地や埋立地のような人工地盤ではその程度は相対的に小さくなる。以上は工業製品の設計手続きとして、地盤に関わる場合の特異性と言える。

土木構造物のうちコンクリート構造物、鋼構造物、木構造物などは規格化された人工材料を用いて、並びに道路盛土、河川堤防などは自然材料を用いて築造され、全体構造物中の要素としての設計法が確立されている。その手続きでは人工・自然材料の工学的性質を定量化し、構造・材料力学などに基づいた設計計算が行われる。

一方、地盤との関係を何等か勘案したものが「地盤構造物」と称され、上記人工物も包括しつつ、その設計法は土質力学・地盤工学の発展の歩みに合わせて独自に整備されてきた。しかし、施工上のトラブルが絶えない実情を鑑みると、個別の設計及び施工マネジメントの観点のみならず、地盤構造物としての設計の概念・考え方について改善すべき点が内包されていると著者らは考えている¹⁾。

本報では、以上を背景とし、あらためて「地盤の機能と構造」について整理し、これを礎に「地盤構造物」の定義を再考した。

2. 地盤の機能と構造

人間は、太古から自然地盤をそのままの状態、あるいは様々に改良・補強して利活用してきた。一般にも知られるギザのピラミッドは石材で積み上げられた構造物であるが、堅固かつ一様な特性を持つ砂質地盤上に築造されているため、建設段階から安定して存在し続けている。ピサの斜塔は建築中から傾斜が生じながら、それを調整しながら完成させたが、基盤の不均一性による不等沈下が生じたものであり、事前の地盤調査が不十分であったと言われている。以上の事例は、築造された構造物が「荷重を支える」という地盤の機能を活用したもので、地盤の力学特性の差異により建設段階以降の構造物挙動に大きな相違が生じた。

一方、**図-1(a)**の大境(おおざかい)洞窟住居跡(富山県氷見市)は、自然現象によって出来た空洞、**(b)**のカップパドキア地下都市は地盤を人力掘削して造成した空洞であるが、そこに住居空間等の用途を求めて利活用されたものである。現代のこの種の地下空間の典型例はトンネル掘削であり、比較的大きな掘削断面で支保工を施した地下構造物として認識される。そのことと共に一元的に解釈すれば、**図-1**の例は自然現象と人為作用を問わず形成された、支保工が施されていない構造物として認識することができる。そして、上記の「荷重を支える」機能に対して、「掘削面を自立させ、自ら自重を支える」地盤の機能を活用したものと区別することができる。



(a)大境洞窟住居跡(縄文時代前期)



(b)カップパドキア地下都市(前4世紀～)

図-1 自然地盤の機能の利活用

キーワード：土木構造物、地盤構造物、盛土、基礎構造物、地下構造物

連絡先：〒245-0051 神奈川県横浜市戸塚区名瀬町344-1 大成建設(株)技術センター TEL 045-814-7221(代表)

3. 地盤構造物の再定義

地盤構造物，並びに土構造物の定義としては，次のようなものが提示されている²⁾。

地盤構造物： 土構造物，および地下室・地下埋設パイプライン・上下水道等の地中構造物や橋梁や建築物等の基礎構造物

土構造物： 道路・鉄道・宅地などの盛土・切土・擁壁，埋立地等の人工地盤，河川堤防・ため池・フィルダムなど土を用いて建設した構造物や，自然斜面・地盤を掘削し安定化した構造物

これらの定義によれば，地盤構造物には，地中構造物，橋梁や建築物等の基礎構造物，盛土・切土・擁壁，人工地盤，土を用いて建設した構造物，自然斜面・地盤を掘削し安定化した構造物など様々なタイプの構造物が含まれている。地盤構造物という1つのカテゴリとして括るにはいささか統一性に欠けること，なぜ土構造物が地盤構造物の1つに位置付けられるか不明瞭なことに著者らは課題認識を持つ。おそらく土と地盤に直接関わる構造物を慣習的に地盤構造物と呼称し，細部の議論に至っていなかったことがその認識につながったと考えられる。そこで本報では，「2. 地盤の機能と構造」で論じた地盤と構造物の機能的・構造的観点での相対関係に着目して，地盤構造物を表-1のように2つのタイプに区分することを提案する。

表-1のうち，土構造物，基礎構造物，水利構造物，沿岸・海洋構造物は，土・岩石といった自然地盤由来の材料やコンクリート・鉄のような規格化された材料を用いて地盤の上に築造される人工構造物である。これらの構造物は，i)それ単独で存在するのではなく，地盤の上に存在するという構造的な関係にある，ii)構造物の荷重が下位の地盤に作用し，それを地盤が基盤として支持するという機能的な関係にある。表-1のうち，地中構造物，切土構造物，土留め構造物は，地盤（あるいは地山）の表層または内部を掘削し，必要に応じて人工構造物を設置した地盤構造物である。これらは，掘削した地盤の土圧が構造物に作用し，それを構造物が支持するという機能的な関係にあるため，「抗土圧タイプ」の地盤構造物と呼ぶことにする。ここに提示する「地盤構造物」の定義の要点は，「土構造物」を含めた人工構造物と下層・周辺に位置する自然地盤・人工地盤の機能的な関係が含まれていることである。「坑土圧タイプ」の場合，設置される人工構造物の合理化を図るため周辺地盤を改良・補強するケースが多く，地盤と人工構造物の組み合わせを検討する上で，「地盤支持タイプ」の場合にくらべて，一体的な構造的関係がより明瞭になる傾向があると著者らは考える。

表-1 地盤構造物の区分

区分	大分類	小分類	特徴
地盤支持タイプ	土構造物	盛土，補強盛土，補強土壁，擁壁(盛土部)など	自然地盤や人工地盤の上に構造物を築造したもの
	基礎構造物	杭，ケーソン，地中連続壁など	
	水利構造物	フィルダム，コンクリートダム，堤防，砂防ダムなど	
	沿岸・海洋構造物	港湾構造物，海岸構造物など	
抗土圧タイプ	地中構造物	トンネル，地下埋設物，地下空洞など	自然地盤や人工地盤の表層又は内部を掘削して構造物を築造したもの
	切土構造物	切土，補強地山など	
	土留め構造物	擁壁(切土部)，根切・山留め，仮締切り，グラウンドアンカーなど	

4. おわりに

本報では，築造物や地下空洞と下層・周辺地盤との力学的・構造的関係性を明示し，その上で「地盤構造物」を「地盤支持」，「坑土圧」に区分して，「地盤構造」の構成要素としての各種構造物を体系立てる整理方法を提案した。あわせて著者らは，設計検討から施工，メンテナンスで関わる地質・地盤調査の位置づけとあり方に新たな視座を見出し，地盤構造物の設計概念を再検討している¹⁾。インフラ整備が高度化・大規模化する中，トラブル回避に向けた一つのアプローチとして参照頂きたい。

参考文献

- 1) 栗原 則夫・末岡 徹・石井 裕泰：人工物工学の設計論に基づく地盤構造物の設計概念の再構築，土木学会論文集 F4(建設マネジメント)，2022.4(掲載予定)。
- 2) 地盤工学会 2007 年度会長特別委員会：地震と豪雨・洪水による地盤災害を防ぐために－地盤工学からの提言－，p.11, 2009。