

<技術解説>

土質과 地質과의 關聯性

漢陽大學校 教授, 工博 秦 柄 益*

1. 머리 말

土木, 建築, 農業土木, 鑛山 및 그밖의 建設工學의 分野에 있어서 그 취급하는 構造物은 직접 또는 간접으로 흙을 주로 한 基礎地盤위에 축조된다.

그리고 河川의 堤防, Fill Dam, 道路 및 鐵道의 築堤 그리고 비탈장의 滑走路의 路盤과 같은 構造物에는 흙 그 자체를 축조재료로 쓰고 있으며 水路의 굴착, 航路의 준설 및 각종 “터널” 등은 직접 자연의 地盤에 施工된다.

이와같이 構造物의 일부를 형성하거나 構造物을 버티고 있는 흙은 그 自重이나 荷重때문에 應力을 받아 力學的性質이 달라지곤 한다.

이와같이 [우리가] 취급하는 構造物에 크게 영향을 끼쳐주는 흙에 대하여는 오래전부터 알고 있었으나 그것은 극히 적은 일부에 지나지 않았고 이것이 土質力學 또는 土質工學등으로 體系가 선 近代科學으로 발달하게 된 것은 아주 近年의 일이다.

元來 土質力學이라 함은 주로 흙 자체에 작용하는 힘의 변화를 취급하는 自然科學의 한 部門으로 力學的 및 水理學的인 法則을 적용하는 하나의 學問으로 넓게 말해서 靜力學, 動力學, 流體力學, 水理學, 材料力學등과 아울러 應用力學의 한 分科를 이루고 있는 것이라 할 수 있다.

그러나 같은 흙을 主體로 다루는 地質學과는 가까우면서도 상당히 먼 學問처럼 취급해 왔으며 사실 建設事業에 있어서도 이렇다 할만큼 密

接한 學問的인 關聯性을 맺지 못한채 現今에 이르고 있는 실정이다.

따라서 여기서는 地質學分野를 중심으로 土木人이 이해할 수 있도록 土質과 地質과의 關聯性을 筆者가 그 동안 느낀 점을 적어 보려는 바이다.

2. 地質學의 定義

地質學(Geology)은 地球 특히 그의 表層部인 地殼의 本質, 構造, 成因, 그리고 歷史등을 研究하는 自然科學이라고 定義하고 있다.

그러나 우리들 社會生活과의 關係로 부터 많은 變遷을 하여 각 研究者의 관심을 달리하는 수도 있다.

한편 人類는 地殼으로 부터 각종 金屬을 추출하여 產業의 骨格으로 하고 또한 石油, 石炭이나 水力, 原子力등의 에너지源을 얻어 이것을 原動力으로 해서 “시멘트” “아스팔트”등의 많은 化學工業製品을 만들어 내고 있다. 이같이 地殼을 중심으로 해서 研究하는 地質學은 다음과 같이 專門分野로 구별된다.

즉 天文地質學(Astronomical Geology), 動力地質學(Dynamic Geology), 構造地質學(Structural Geology), 地史學(Historical Geology), 層序學(Stratigraphy), 古生物學(Palaeontology) 및 應用地質學(Applied Geology) 등이 있다.

이 가운데 應用地質學은 地質學의 應用分野를 研究하는 部門으로 여기에는 土木地質學(Engineering Geology) 鑛山地質學(Mining Geology)

* 土木技術士(土質 및 基礎)

4. 地質學과 土質力學

어느 地層을 調査할 때, 그 地層은 地質의 歷史중에서 언제 어떠한 環境下에서 生成되어 얼마만한 두께와 넓이를 갖고 있으며, 주위의 地層과는 어떠한 관계에 있는가?

그리고 어떠한 경과를 거쳐 현재에 이르러 왔나를 조사하게 되는 것으로 알고 있다.

그리고 調査가 매우 상세하게 진행되고 있는 경우에도 物理的, 力學的 性質에 관해서는 겨우 어느 地層을 構成하는 土層들의 흙의 粒度나 比重分布 또는 어느 부분에 특수한 軟質土가 포

함되어 있나를 지적해 줄 뿐이다.

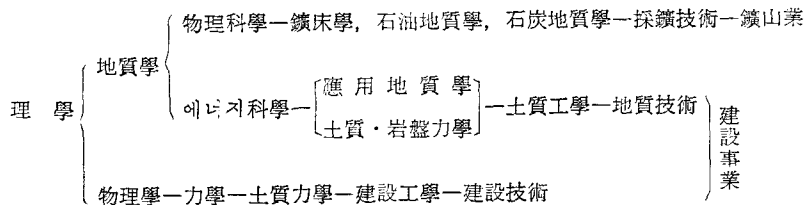
그러나 地層이 生成된 地質의過程을 알게 되면 그 地層의 몇개소에 대해서 土質調査를 하여 그 부분에 대한 物理的이고 力學的인 성질을 알게 되어 다른 부분에 대한 성질도 地質學的으로 판단될 것이다.

이로 말미암아 純粹理學的인 土質調査의 유대가 필요해지는 것이다.

表 -1에는 地質學을 物質科學的인 태도와 에너지科學的인 태도로 보았을 때의 土質力學的인 性格을 삽입하여 理學과 技術→實業과의 關係를 表示해 본 것이다.

表 -1로 부터도 알 수 있는 바와 같이 純粹

表 -1. 理學—技術—實業과의 關聯



理學과 技術의 中間的인 역할을 하는 것이 應用理學 및 工學이 되는 것이다.

古典化學(物質科學)的 입장에서의 地質學은 應用地質學으로서의 鑛床學, 石炭地質學등을 통해서 地殼으로부터 物質을 채굴하는 鑛業에 이어지고 古典物理學(에너지科學)的 입장에서의 地質學은 土質力學, 岩盤力學등을 통해서 土木, 建築工學등의 建設工學으로 발전하여 建設事業에 이어지고 있다.

이와같이 地質學과 建設事業사이에도 土木地質學으로부터 土質工學으로 이어가는 연속된 분야가 존재하게 된다.

土木(특히 土質을 중심으로 한)을 하는 사람으로 地質學의 발달과정을 돌이켜 보면 현재로는 表 -1에서 地質學—鑛山業系를 잇는것 보다 地質學—建設事業系를 잇는 쪽이 훨씬 미약한 상태에 있다고 보여진다.

이 後者쪽에 土質力學을 넣어 地質學의 研究對象으로 하고 各地域의 地質狀態에 따른 土質調査를 시행하여 해당되는 試驗을 하고 工學的인 解析을 하여 상호간의 關係성을 지을수 있도

록 하여야 하겠다.

그러므로 地質學—建設事業의 보다 強化된 學問으로서의 關係가 농후해 질 것이며 발전과정에도 큰 도움을 주게 될 것으로 생각된다.

위에서도 말한 바와 같이 土質에 관심을 갖는 사람들에게 이해 되기 쉬운 系列은 物理學—力學—土質力學—建設工學을 거쳐 建設事業에 이어지는 系列일 것이다.

이 系列中에 對象物로서 “흙”과 “岩石”(岩盤)을 넣어 고려한다면 土質力學과 같이 岩盤(岩石)力學이 존재함을 이해 할 것이다.

즉, 土質力學에 대응하는 岩石의 物理的性質을 취급하는 學問으로 岩石力學 또는 地質力學이 있다. 이 가운데 地質力學은 岩石의 集合體로서의 山地 내지 地殼을 넓은 對象으로 하고 岩石力學은 岩石을 對象으로 力學的으로 解明하는 學問인 것이다. 따라서 이들 中間 크기의 것을 對象으로 研究하는 學問이 岩盤力學이 되며 사실상 土質力學에 對應하는 것이 對象의 規模로 보아 岩盤力學 내지 岩石力學이 될 것이다.

地質學에서의 岩石에 대한 力學的 研究는 별

써 1911년에 Karman에 의해서 側壓에 대한 系統的인 岩石의 三軸壓縮試驗이 施行되었었다.

또 Terzaghi는 흙의 力學的인 性質을 研究하는 近代土質力學的의 體系를 이루었을 무렵(1925年) 鑛山方面에서는 Livingston이 岩盤의 破壞에 대해서 系統的인 理論을 세웠다.

5. 흙의 本質

다시 原點으로 돌아가 흙을 생각해 본다. 우리가 土質力學的의 目的에서 보건, 地質學의 目的에서 보건, 또 土壤學의 目的에서 보건 흙의 本質은 흙이다.

即 土質은 工學에서, 地質은 理學에서, 그리고 土壤은 農學에서의 研究對象이 됨에 따라 土質力學(土質工學) 地質學 土壤學등으로 그 學問分野가 정해지나 어떻던 “흙”(岩石 포함)을 主對象으로 삼고 있다는 공통점이 존재하고 있다.

여기 흙덩어리가 있다 하자.

어느 사람은 粒子의 集合體로서의 흙의 力學的性質을 관심사로 하여 粒子의 集合狀態와 力學的性質과의 關係를 物理的으로 解明하려고 할 것이며 다른 사람은 植物의 生育을 고려한 物理化學的인 方向으로 解明하려고 할 것이다.

또 다른사람은 흙이 어떻게 해서 여기까지 운반되어 왔나 하는 經過를 알려고 할 것이다.

이 때 첫번째 사람은 土質的으로 두번째 사람은 土壤的으로 그리고 세번째 사람은 地質的으로 흙을 보고 있었던 것이다.

岩石에 대해서도 같다. 여기 하나의 岩石 덩어리가 있다 하자. 어느 사람은 이것을 庭園石이나 盆石으로 했으면 하고 色이나 形狀을 생각하고, 다른 사람은 이것이 어떠한 經過로 해서 生成되었나 그 成因을 생각하고, 또 다른 사람은 이 岩石의 무게나 壁固性을 생각하게 될 것이다.

이와 같이 각각 흙과 岩石을 어떠한 見地에서 어떻게 보던 다른 쪽은 無關心하다고는 할수 있으나 無關係하다고는 할수 없음을 알 것이다.

결국 理學的의 地質學에서는 거리에 있는 흙이 지나온 過程을 아는 것이 目的이 되어 應用地質學에서는 이 地質學의 基本知識에 立脚해서 흙

의 力學的인 學問인 土質力學 또는 土質工學과 關係를 맺어 建設事業에 관한 여러 문제를 해결하여 주도록 해야 할 것이다.

우리들이 現場에서 관찰하는 흙은 어떠한 自然 또는 人爲的인 過程을 거쳐 거기에 존재하게끔 되었겠지만, 地質學에서는 원칙적으로 自然的인 原因에 의한 것에만 더 관심을 갖게 된다.

이것은 自然現象의 解明이 地質學의 研究對象과 研究態度로서 귀중한 要素로 되어 있기 때문이다.

이러한 것을 工學的인 立場에서 土質工學的으로 관찰한다면 흙의 力學的인 諸性質, 構成要素, 強度, 透水性, 剪斷強度, 그리고 壓縮強度 등의 立場에서 관심을 갖고 室內試驗 또는 現場試驗을 거친 여러 實驗資料에 의해서 판단되도록 하고 있는 것이다.

이러한 이유로 해서 地質學의 구분에서는 “흙”이나 “岩石”을 一般名詞로 부르는 것 보다 오히려 固有名詞로 부르는 것이 그의 區分의 特性을 나타내는데 편리 하므로 固有名詞를 形容詞로 해서 地質이나 岩石을 부르는 경우가 많다.

그러나 土質의 경우에는 土層의 깊이에 따라 또는 橫方向에 따라 物理的, 力學的인 性質에 많은 차가 있으므로 土質工學的인 分類에서는 固有名詞를 形容詞로 해서 부르는 경우는 극히 드물다.

6. 岩盤(岩石)의 力學的 性質.

前述한 바와같이 地質學에서는 자연적인 원인에 의한것에 관심을 더 두고 있으나 鑛山地質學에서는 岩盤 및 岩石에 대한 物理的이고 力學的인 性質을 土質力學에서 다루고 있는 것과 같이 이것을 數値로서 표현하고 있는데 이것이 表現하기가 곤란한 것이 많다.

그중에서도 風化라던가 절리의 상태등은 應用地質學的인 面에서도 고려하여야 할 地質狀態이고 이들의 性質이 구조물의 安定性등에 크게 영향을 끼쳐주게 되는 일이 많다.

따라서 構造物的 安定을 다루는 土木技術者로서는 이들을 어떠한 形式으로라도 표현해주는 것이 중요하다고 생각되나 현재로서는 위에서

말한 바와 같이 그 表現方法이 확립되어 있지 않으므로 여기에 2.3의 예를 들어 설명해 보기로 하겠다.

1) 風化에 대하여

風化란 岩石이 物理的 化學的인 변화를 받아 흡수로 되는 과정을 총칭하는 말이다. 따라서 “風化岩”이라는 말 가운데에도 여러가지의 뜻이 포함되어 있는 셈이다.

風化作用에는 氣溫의 변화에 의한 物理的인 破碎鑛物의 化學的인 변화를 동시에 받고 있음이 많다.

物理的인 作用에 의해서 岩石에 龜裂이 생기면 그 面에 따라 地下水가 들어가 化學的인 작용이 촉진되어 岩盤전체의 風化가 진행되는 것이다.

이와 같은 風化作用의 영향으로 말미암아 節理가 발달하여 그 위에 建設되는 각종 구조물의 基礎에 영향을 끼쳐 주게 되는 것이다.

2) 節理에 대하여

岩盤中에는 일반적으로 節理나 龜裂이 많이 존재하여 이들이 일체로 되어있는 岩盤을 분리시키는 원인으로 되어 岩盤전체의 성질에 큰 영향을 주게 되는 것이다.

따라서 節理등에 대해서는 항상 測定하고 있는 走向, 傾斜의에 특별히 工學的인 표현방법을 생각하는 것이 필요한데도 불구하고 現在로서는 개개의 節理등에 대해서 특별한 취급을 하고 있지는 않은듯 하다.

그러나 여러 節理의 方向을 統計的인 方法에 의해서 정리해 보면 얼핏 불규칙적으로 발달한 듯한 것이라도 일정한 方向性을 보여주는 일이 많다.

이와 같은 岩盤이 外部로부터 힘을 받을 경우에는 破碎帶가 있는 것과 같이 그 方向으로

弱線이 존재하게 될 것이므로 岩盤중의 節理의 卓越方位를 찾아 낸다는 것은 중요한 것이다.

이러한 卓越方位를 통계적으로 찾아내는 방법은 地質學에 있어서 옛부터 變成岩의 組織 構造를 연구하기 위해서 쓰여지고 있는 방법을 應用하는 것으로 “그래프”가 쓰여지고 있는 것으로 알고 있다.

이것을 사용하여 密度分布圖를 만들어 節理等의 卓越方位를 보여줄 뿐 아니라 때에 따라서는 각 標高에 있어서의 “뎀”의 “스래스트”와 節理의 卓越方位와의 관계도 표시할 수 있어 山地의 安定檢討와 模型實驗을 하는 경우의 地質條件의 선택에 대해서 有用하게 쓰여지기도 한다.

以上에서 말한 바와 같이 岩盤은 風化作用의 영향이나 節理의 多少등에 따라 構造物의 基礎로서의 성질에 큰 변화를 일으키는 일이 많다.

따라서 최근에는 壓縮強度, 彈性波速度 또는 肉眼觀察에 의한 風化나 節理의 상태를 서로 組合해서 각종의 실용적인 岩盤의 強度를 數的으로 표시하고 있으니 이를 여기에 略記하면 表 -2와 같다.

表 -2. 岩盤(岩石)의 強度와 彈性波速度

狀 態	壓縮強度 (kg/cm ²)	彈性波速度 (km/sec)
very soft	固結로 볼 수 없을 정도 의 岩石	1.5 이하
soft	100 이하	1.5~2.2
medium	100~1,000	2.2~4.0
hard	1,000~2,000	4.0~5.5
very hard	2,000 이상	5.5 이상

이들 資料등은 앞으로 더욱 科學的인 근거에 의해서 개발되어야 할 것이며 土木技術者 특히 土質 및 基礎技術者는 이러한 資料를 가지고 적극 活用하도록 주력해야 할 것이다.