

土木工學者가 본 地質과 土質과의 關聯性*

秦 柄 益**

1. 地質學의 本質

地質學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 우리들의 社會生活과의 關係로부터 많은 變遷을 하여 各研究者의 관심을 달리하는 수도 있다.

한편 人類는 地殼으로부터 各種金屬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 原動加으로 해서 시멘트, 아스팔트 등의 많은 化學工業製品(이것들도 地殼으로부터 얻은 原料에서 生成되었지만)을 만들어 내고 있다. 이와같이 地殼을 中心으로 해서 研究하는 地質學은 다음과 같이 專門分野로 區別된다.

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), 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 應用方面을 研究하는 部門으로 여기에는 鑛山地質學(Mining geology), 土木地質學(Engineering geology) 및 農業地質學(Agricultural geology) 등으로 細分된다.

여기서 말하려는 것은 鑛山地質과 土木地質로 묶을 수 있는 應用地質과 工學的인 面에서 다루고 있는 土質사이의 關係에 대하여 筆者가 생각하고 있는 바를 쉽게 다루면서 그의 關聯性을 찾아 보려는 바입니다.

2. 地質學과 다른 自然科學과의 關係

一般的으로 自然科學을 研究하는 態度로서는 物理學的인 것과 化學的인 것이 있는데, 地殼을 研究對象으로 하는 地質學의 研究態度에도 첫째, 構成物의 物質을 論하려는 物質의 科學, 즉 歷史的 意味에 있어서의 化學的인 態度와 둘째, 構成物에 作用하는 힘에 대해

서 알리고 하는 에너지의 科學, 즉 古典的 意味에 있어서의 物理學的인 態度가 있다.

自然科學에는 研究對象도 研究態度도 中間的인 것과 包括的인 것이 있어 서로 關聯지어지지만, 地質學을 中心으로 해서 생각했을때, 이들 相互間의 關聯性은 그림과 같이 概括지어 볼 수 있다.

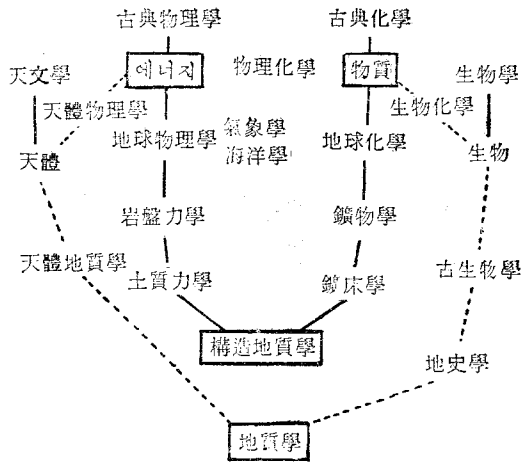


그림-1 地質學과 다른 自然科學과의 關聯性

歷史적으로 보면 地質學에서는 주로 化學的인 態度가 많이 취해져서 物理學的인 態度, 즉 에너지의 科學으로서는 그다지 發達하지 않은듯 한 感이 있다.

즉 鑛物學, 鑛床學등도 地質學中에서 발달하여는 왔지만 넓은 뜻에서 보면 地球化學中에 포함될 性格의 것이었다고 보겠다. 또 地層의 堆積, 分布狀態, 生成過程등은 당연히 地質學中에서 큰 關心事였었고, 지금도 그렇겠지만 이것들도 주로 生物의 進化와의 관계로 古代地理學으로 미루어져 그들의 物理的 또는 力學的인 研究態度는 近年에 이르기까지 매우 微弱한 것으로 알고 있다.

* 本學會 第五次 定期總會講演

** 大韓土木學會 理事(土質 및 基礎委員會委員長)

3. 地質學과 土質力學

어느 地層을 調査할때, 일반적으로 그 地層은 地質의 歷史中에서 언제 어떠한 環境下에서 生成되어 얼마만한 두께와 넓이를 갖고 있으며, 주위의 地層과는 어떠한 관계에 있는가? 그리고 어떠한 經過를 거쳐 現在에 이르러왔나를 調査하게 되는 것으로 알고 있다. 그리고 調査가 매우 詳細하게 進行되고 있는 경우에도 物理的 力學的性質에 관해서는 겨우 어느 地層을 構成하는 數子土層 塊의 흙의 粒度나 比重分布, 또는 어느 部分에 特殊한 軟質土가 포함되어 있나를 指適해 줄 뿐이다. 그러나 地層이 生成된 地質的 過程을 알게 되면 그 地層이 몇개소에 대해서 土質試驗을 하여, 그 部分에 대한 物理的이고 力學的인 性質을 알게 되어, 따라서 다른 部分에 대한 性質도 地質學的으로 判斷될 것이다. 이로 말미암아 純粹理學인 地質學的의 土質調査에의 유대가 필요해지는 것이다.

表-1에는 地質學을 物質科學的인 態도와 에너지科學的인 態도로 보았을때의 土質力學的의 性格을 挿入하여 理學과 技術과의 聯關을 表示해 본 것이다.

表 1 理學, 技術, 實業과의 聯關

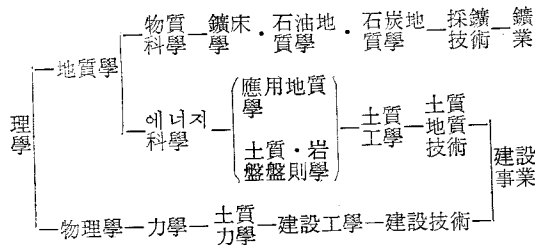


表-1로부터도 알수 있는바와 같이 純粹理學과 實業의 中間的인 役割을 하는 것이 廣用理學이 되는 것이다.

古典化學(物質科學)의 立場에서의 地質學은 應用地質學으로서의 鑛床學·石炭地質學·石油地質學등을 통해서 地殼으로부터 物質을 採掘하는 鑛業에 이어지고 古典物理學(에너지 科學)의 立場에서의 地質學은 岩盤力學·土質力學·土木地質學등을 통해서 土木·建築工學등의 建設工學으로 發展하여 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 連續된 分野가 存在하고 있다.

土木(특히 土質을 中心으로한)을 하는 사람으로 地質學的의 發達過程을 뜯어 보면 現在로는 表-1에서 地質學—鑛山業系를 잇는것보다 地質學—建設事業系를 잇는 쪽이 훨씬 微弱한 狀態에 있다고 보여진다.

이 後者쪽에 土質力學을 넣는다는 것에는 異議가 있을수도 있겠지만, 흙이나 물도 地質學的의 研究對象으로 되기 때문에 各地域의 地質狀態에 따른 土質調査를 施行하여 該當되는 試驗을 하고, 工學的인 解析을 하여 相互間的 聯關性을 지을수도 있는 것이다.

그러므로 地質學—建設事業은 보다 強化된 學門으로서의 關聯이 濃厚해 질 것이며, 發層過程에도 큰 도움을 주게 될것으로 생각된다.

위에서도 말한 바와 같이 土質에 關心을 갖는 사람들에게 理解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, 地山)을 넣어 고려한다면, 土質力學과 같이 岩石(盤岩)力學이 存在함을 理解할 것이다.

即, 土質力學에 對應하는 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 地山내지 地殼을 넓은 對象으로 하고 岩石力學은 岩石을 力學的으로 解明하는 學問인 것이다. 이들 中間의 크기의 것을 對象으로 研究하는 學問이 岩盤力學이 된다. 그러므로 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의 力學的研究는, 일찌기 1911년에 側壓에 대한 系統的인 岩石의 三軸壓縮試驗이 Karman에 의해서 施行되었었다. 또 Terzaghi는 흙의 力學的性質을 研究하여 近代土質力學的의 體系를 이루었을 무렵(1925年) 鑛業方面에서는 Livingston이 岩盤의 破壞에 대해서 系統的인 理論을 세웠다.

4. 地質的意義를 갖는 흙

다시 原點으로 되돌아가 흙을 생각해 보자.

土質力學的의 目的에서 보건, 土壤學的의 目的에서 보건 흙의 本質은 흙이다.

即, 地質은 理學에서, 土質은 工學에서, 土壤은 農學에서 研究對象이 되어, 이들은 各各 地質學, 土質工學, 土壤學등의 學門分野로 發展하여 왔다. 그러나 어떤경우나 이들은 “흙”(岩石포함)을 主對象으로 삼고 있다는 共通點이 存在하고 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 다른

사람은 흙이 여기까지 運搬되어 온 경과를 알려고 할 것이다. 이때 첫번째 사람은 土質的으로 두번째 사람은 土壤的으로 그리고 세번째 사람은 地質的으로 흙을 보고 있는 것이다.

岩石에 대해서도 같다. 여기 하나의 岩石의 덩어리가 있다고 하자. 어느 사람은 이것을 庭園石이나 盆石으로 했으면 하면서 色이나 形狀을 생각하고, 다른 사람은 이것이 어떠한 經過로 生成되었나하며 하는 또 다른 사람은 이 岩石의 무게나 堅固性을 생각하게 될 것이다.

이와 같을 때 各人의 흙과 岩石을 어떠한 見地에서 보든지 다른 쪽은 無關心하다고는 할 수 있으나, 그러나 無關係하다고는 할 수 없다.

要는 理學의 地質學에서는 거기에 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 흙의 力學性과 關聯을 맺어 建設事業에 관한 여러 문제를 解決하여 主도록 해야 할 것이다.

우리들이 現場에서 관찰하는 흙은 어떠한 自然 또는 人爲的인 過程을 거쳐, 거기에 存在하게 되었겠지만, 地質學에서는 原則的으로 自然的인 原因에 의한 것에만 더 關心을 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 주어진 귀중한 要素로 되어있기 때문이다.

이러한 것을 工學的인 土質力學的으로 관찰한다면 흙의 力學的 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 기친 여러 實驗資料에 의해서 判斷되도록 하고 있는 것이다.

이러한 理由로 해서 地質學의 區分에서는 “흙”이나 “岩石”을 일반名詞로 부르는 것보다 오히려 固有名詞로 부르는 것이 그의 區分의 特性을 나타내는데 편리하므로 固有名詞를 形容詞로 해서 地質이나 岩石을 부르는 方法이 쓰여지고 있는 듯하다. (물론 그렇지 않은 경우도 많겠지만) 그러나 土質工學的인 分類에서는 固有名詞를 形容詞로 해서 부르는 경우는 드물다. 그것은 土層의 깊이에 따라 또는 橫方向에 따라 物理的인 力向性에 많은 差가 있기 때문이다.

5. 岩盤(岩石)의 力學的性質

前述한 바와같이 地質學에서는 自然的인 原因에 의한 것에 관심을 더 두고 있으나, 土質力學에서는 岩石과 岩盤에 대한 物理的이고 力學的인 性質을 더욱 다루고 있는 것 같다. 이러한 境遇에는 數値로서 그 性質을 表現 할 必要가 있으나 이것이 困難할때자 많

다. 特히 風化라든가 節理의 狀態등은 應用地質學의 인 면에서도 고려하여야 할 地質狀態로써 이들의 性質이 構造物의 安定性등에 크게 영향을 주게 되는 일이 많다 따라서 構造物의 安定을 다루는 土木技術者로서는 이들을 어떠한 形式으로라도 數値로서 表現해 주는 것이 중요하다고 생각되나, 현재로는 그 表現方法이 確立되어 있지 않다. 여기에 2,3의 例를 들어 보기로 한다.

(1) 風化에 대하여

風化란 岩石이 物理的인 化學的인 變化를 받아 흙으로 되는 過程을 총칭하는 말이다. 따라서 “風化岩”이라는 말 가운데에도 여러가지의 것이 포함되어 있는 셈이다.

風化作用에는 氣溫의 變化에 의한 物理的인 破碎作用과 물이나 炭酸가스등에 의한 造岩鑛物의 化學的인 變化를 동시에 받고 있는 것도 많다.

物理的인 作用에 의해서 岩石에 龜裂이 생기면 그 면에 따라 地下水가 들어가 化學的인 作用이 促進되어 岩盤全體의 風化가 進行되는 것이다. 이와같은 風化作用의 影響으로 말미암아 節理가 발달하며 그 위에 建設되는 各種 構造物의 基礎에 영향을 주게 되는 것이다.

(2) 節理에 대하여

岩盤中에는 일반적으로 節理나 龜裂이 많이 存在하여 이것이 岩盤을 破裂하여 分離시키는 原因이 된다. 따라서 節理등에 대해서는 항상 測定하고 있는 走向, 傾斜외에 특별히 工學的인 表現方法을 생각하는 것이 필요한데도 불구하고, 現今으로는 個個의 節理등에 대해서 특별한 취급을 하고 있지는 않는 듯 하다. 그러나 여러 節理의 方向을 統計的인 方法에 의해서 整理해 보면 一見 不規則的으로 발달한 듯한 것이라도 어떤 方向性을 보여주는 일이 많다.

이와 같은 岩盤이 外部로부터 힘을 받을 경우에는 破碎帶가 생기는 것과 같이 그 方向으로 弱線이 存在하게 될 것이므로 岩盤中의 節理의 卓越方位를 찾아낸다는 것은 중요한 것이다.

이러한 卓越方位를 統計的으로 찾아내는 方法은 地質學에 있어서 옛부터 變成岩의 組織·構造를 研究하기 위해서 쓰여지고 있는 方法을 應用하는 것으로 Schmidt網 또는 Wulff網이라는 그래프가 쓰여지고 있는 것으로 알고 있다. 이것을 使用하여 密度分布圖를 만들면 節理등의 卓越方位를 보여 줄뿐 아니라 때에 따라서는 各標高에 있어서의 礫의 스테스트와 節理의 卓越方位와의 관계도 表示할수 있어, 地山의 安定檢討의 模型實驗을 하는 경우 地質條件의 선택에 대해

서 有用하게 쓰여지기도 한다.

以上에서 말한바와 같이 岩盤은 風化作用의 영향이나 節理의 多少등에 따라 構造物의 基礎로서의 性質에 큰變化를 이끄는 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 狀態를 서로 組合해서 各種의 實用的인 岩盤의 強度를 數値로 表示하고 있으니, 이를 略記해 보면 表-2와 같다.

이들 資料등은 앞으로 더욱 科學的인 근거에 의해서 開發되어야 할 것이며, 土木技術者 특히 土質技術者등은 이 資料를 적극 活用하는 方向으로 注力해야 할 것이다

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	거의 固結로 볼수 없는 정도의 岩石	1.5 以下
soft	100 以下	1.5~2.2
medium	100~1000	2.2~4.0
hard	1000~2000	4.0~5.5
very hard	2,000 以上	5.5 以上

6. 岩盤의 地質調查

土木構造物 가운데에서도 大型構造에 屬하는 댐工事가 최근에는 우리나라에서도 적지않게 設計되어 施工되고 있는바, 그의 基礎로 되는 岩盤의 性質을 解明하는 것이 尙ほ 必要하게 되었다.

일반적으로 岩盤은 節理나 破碎帶등의 存在, 風化作用의 영향등에 따라서 異方的인 性質이 있기 때문에 力學的인 性質에는 變化가 많아진다.

따라서 흙의 경우와 같이 小型의 test piece에 의한 試驗資料로서 力學的인 性質을 表示하듯이 岩盤의 力學的인 性質도 表示하는 것은 좀 困難하다.

이를 위해서 조금이라도 現地의 狀態에 가까운 岩盤의 性質을 알려고 努力하고 있는데, 다음과 같은 方法이 研究되고 있는 것으로 알고 있다.

그 中 하나의 模型에 의한 方法이다. 이것은 節理나 風化의 정도등의 岩盤中의 地質條件을 理想化하여 다

른 條件을 省略한 模型을 만들어 이것에 荷重을 가해서 變形·破壞를 이르게 이때의 應力分布 및 破壞面의 形狀등을 求하는 것이다. 이 實驗에서는 필요로 하는 地質條件의 선택, 模型으로서의 表現方法에 대해서 될 수 있는 한 現地의 狀態에 適應하도록 고려하는 것이 重要하다.

또 하나의 方法은 構造物이 計劃되어 있는 現地에서 岩盤의 試驗體를 만들어 이것의 荷重에 의한 變形, 破壞의 狀態를 아는 方法이다.

이들의 方法은 그의 研究 및 調查의 目的에 따라 여러가지로 實施되어 있지만, 어느 경우에도나 岩盤의 地質條件을 확실하게 해 둘 필요가 있다.

이 경우에 고려해야 할 地質條件으로서의 다음의 것 들을 들 수 있다.

- (1) 節理, 破碎帶등 分離面이 나타내는 性質로서 分布·空腔內의 充填物質, 面의 平面性, 平滑度등.
- (2) 岩石 그 자체의 性質로서, 風化程度, 壓縮強度, 彈性係數, 堅固性, 結構組織등.

따라서 現狀으로는 이들의 地質條件과 岩盤試驗結果와의 對應性을 求한다는 것은 어려운 일이지만, 岩盤의 模型實驗에 따르면 節理와 같은 不連續面은 岩盤의 力學的인 性質에 현저한 變化를 주는 原因으로 된다고 알려져 있다.

以上은 岩盤試驗을 실시함에 있어서 그 結果의 一般성을 評價하기 위해서 實施되고 있는 各種地質調查의 對象과 方法등을 설명 했지만, 그 表現方法도 여러가지이고, 또 地質條件이 어떠한 영향을 끼쳐줄 것인가에 대해서도 아직 完全히 解明되어 있지 않은듯 하다. 따라서 岩盤의 力學的인 研究는 應用地質의 分野에 있어서 비교적 새로운 學問이므로 今後에 있어서 各種地質條件의 表現方法을 開發하기 위해서도 關聯分野의 專門知識을 서로 교환하여 좋은 研究成果가 出現됨을 期待하는 동시에 특히 土木構造物의 基礎分野를 研究하는 土質 및 基礎工學과의 學問的인 유대가 더욱 공고히 되어 우리나라 建設分野에 보다 큰 貢獻이 있게 되길 바라는 바이다.