土木工学科学部学生に対する地質学教育

大 草 重 康 訳*

Geological Education for Undergraduate Civil Engineers

By D. C. Cawsey, C. M. G. Francis (The Hatfield Polytechnic)

Q. Jl Engineering Geology vol. 3, pp. 253~258, 1971.

どのような科目を教える場合にも起こってくる問題として、なにを教えるかということと、どのように教えるかということがある。教科の主要なコースに対して補助的なある種の科目においては、第3の問題が生ずる。第3の問題とは、その補助的な科目をはたして教える必要があるかどうかということである。工学系や理科系の学生に対する英語や、理科系の学生に対するドイツ語などは、このような科目の例である。良かれ悪しかれ、これらの補助的な科目は、全コースの時間の中のわずかの部分を占めるにすぎず、それでもなお時間割の中でなにかほかの科目を入れる必要がある場合には、これらの科目が削減の対象になる。これらの科目は、学生が彼等の主要なコースの勉学の達成に必要不可欠ではないと考えているので、教えることがもっとも困難である。その結果、学生はこれらの科目に対する興味を失ない、ほとんど注意を払わなくなり、彼等の主要な教科の科目に注意を集中するようになって、補助的な科目の試験の点数が悪くなる。補助的な科目は、ほとんどつねに“共通”(service)学部の教官によって教えられ、このことによって補助的な科目を主要なコースの科目から縁遠いものにしていく。このような困難は、主要なコースの科目を教えることにのみ専心し、補助的な科目は対応する共通学部が独立に教えるべきであると考えている主要コースの教官によって、しばしば倍増されている。

上述の事情は、補助的な科目が、無秩序に組織された主要なコースの科目とどのような関係になっているかをおおまかにスケッチしたものである。このような無秩序なシステムがどこかに存在していることを示唆しているのではなく、起こるかも知れない困難を明らかにするために、このスケッチを行なったのである。不幸にして地質学と土木工学との間の関係は、このような問題がもっとも起こりやすいような状態にある。さらに教育

時間数が限られている場合には、土木工学のコースにおいて地質学を含めるべきかどうかという問題が提起される傾向さえある。地質学が土質力学にとってかわられるかも知れないという危険性は、Peck (1962) によって指摘されている。

それにもかかわらず、過去10年の間に土木地質学を土木工学科の学生に教えるべきであるという認識は高まっている。土木工学コースにおける土木地質学の占める時間数の増大は、土木工事のほとんどの局面に地質学的方法が応用されることが多くなってきていることの反映である。Glossop (1968) や Woodland (1968) は、特殊な土木工学の問題に地質学の知識を応用したいくつかの例を述べている。Sevenoaks, Aberfan, Vajont Slide などの事故に対する本質的に地質学的な解の重要性は、多くの場面で強調されている。しかしながら、土木工学者は、このような災害が発生してから弁明したり説明したりするのではなく、それらが発生するのを完全に防ぐために、設計や施工の十分早い段階で地質学的知識を利用する能力をそなえていなければならない。

土木工学における地質学的技術 (techniques) の有用性は立証されているにもかかわらず、土木工学科の学生に対する地質学教育の (おそらく気の遠くなるような) 困難性は依然として残っている。そこには二つの主要な問題が存在するようである。第1は熟練した土木工学者の側のかんりの部分における地質学の彼等の職業に対する“真”の関係および有用性に関する懐疑論であり、第2は“なにをどのように教えるか”という問題である。多くの点において、第1の問題のほうが重要であり、満足のゆくように解決することは困難である。

土木工学者のうちのある人々の意見によれば、土質力学の発達とともに地質学を教える必要性はなくなってきた。大多数の土木工事、とくにイギリスにおけるそれが土の上で行なわれるので、これらの土の堆積物を研究し

* 東海大学海洋学部

なければならないと彼等は考えている。重要なことはおそらく、土質力学が主として土木工学者によって土木工学者のために発明されたのに対し、地質学は土木工学者によって地質学者のために発見されたということであろう。

周期的に Harding (1946) のような著名な土木工学者が、地質学的要素を考慮することの重要性を強調してきた。土質力学を現在あるような状態にまで発展させるのに大きな寄与をなしてきた Terzaghi でさえ、観察や経験のかわりに理論土質力学にあまりに多くの信頼をおきすぎるものの危険性を機会のあるごとに警告する必要性を痛感していた (たとえば Terzaghi 1939)。

地質学が土木工事に応用される仕方が問題である。土木工学、とくに site investigation に応用される地質学の内容は、普通、専門家の会社か大きな建設会社の独立した部門によって行なわれる特別な活動とみなされている。site investigation のあるものは、施工のかなり遅い段階で行なわれる傾向にあり、ある場合には単なるアカデミックな調査として行なわれ、結果が施工法の変更や最終設計の変更に用いられるようにあらかじめ準備はされていない。その結果、多くの土木工学者は、まれには土に地質学的レポートを読むくらいで、岩盤やある場合にさえ直接的になれ親しむことがない。もし土木工学者が site investigation や地質工学のその他の内容に関係することがないならば、地質学という特殊な分野に関する彼等の知識は、彼等がおそらく大学学部で学んだそれより以上には進歩しないであろう。

site investigation の重要性は Banwell レポートによって強調されたが、その報告書ではまた、site investigation と設計や施工とのより密接な統一がレコメンドされている。しかしながら、Institution of Civil Engineers によるレポートの討論の中で Bartholomew が述べているように、イギリスにおける site investigation の支配的な不満足な状態を克服して、いかにこの課題を正しく達成するかについては記載されていない。

地質学の通常非定量的手法も懐疑論を発生させる原因になっている。これは地質学者があまりにも長い間、土木工学で利用される地質学の部門を定量化する試みを行なわなかったことで説明される。このような状態は改善されつつあるが、遅々としている。このような遅れの理由の一つは、土木工学の分野で働く地質学者の数が少ないことである。土木工学の分野で働く地質学者でさえ、技術者が地表面下の条件についてなにを知る必要があるかということを正確に認識するのに困難を感じているかも知れない。土木工学の分野で少数の地質学者だけしか

採用されないのは、学部の地質学コースの“純粹”な性質のため、大多数の新卒の地質学者が彼等の科学を応用することについてなにも知らないという結果である。土木工学の分野で働くためには、したがって彼等が受ける給与の価値にみあう働きをする前に、かなりの量の付加的な訓練が必要である。土木の組織における地質学者の地位、機能および責任については、Burwell & Roberts (1950) によって討論されている。

上述の懐疑論にもかかわらず、土木地質学は土木工学の中にますます取り入れられるようになっている。この20年間に経験をたんだ土木工学者が土木工学教育に対してやっと影響力をもち始めたにすぎないので、時間的なずれは明らかに存在するであろう。そしてこれらの技術者こそ、彼等の仕事の過程でかなりの地質学的知識をもっとも必要とし、地質学の価値を評価してきた人達であろう。

土木工学科の学生に地質学についてなにを教えるかを正確に知るといことは、別の問題を提起する他の科目と同じように、教育時間数は限られている。地質学にあつては、少数の学生しか以前にそれを勉強したことがないので、困難はいっそう大きい。しかし大多数の土木工学科の学生は、一般教養専門科目において数学および物理学を学習しており、これらの科目は、たとえば構造地質学に対して有用な基礎をなしている。したがって、ある種の純粹な地質学は必要な基礎知識を与えるために教えられなければならない。しかしどの程度に? 土木工学科の学生に対する地質学が地質学科の責任で教えられているところでは、おそらく地下水学および孔内検層を除いて応用についてはほとんど教えられず、純粹の地質学が教えられる傾向にあった (そしておそらく現在でもそうであろう)。そのような教育方法は不適当と考えられる。この教育の課題は土木工学者を地質学者に変えるのではなく、地質学の基礎知識を土木工学者に与え、同時に土木工学に直接応用できる地質学のいくつかの分野をくわしく理解させることなのである。平均的地質学コースの限られた時間内で、しかも学生がこの時間をもっと実りのある構造設計や施工技術の学習に使うべきだとしばしば考えている中で、これら二つの主要な目的を達成することは、けっして容易なことではない。

コースの中になにを含めるべきか、範囲の程度はどのようなものかということは、使用できる時間数に大きく依存している。しかしながら、含まれるべき純粹地質学および応用地質学の分野や除外されるべき分野がおのずと存在している。表-1は、ある工科大学における土木工学の学部第2学年の1年間コースにおいて含まれる題目

表-1 C. N. A. A 土木工科学部 2 学年における
1 年コースに含まれる題目の教育計画
(数字は時間で表わした授業時間数)

講 義	
鉱 物 学	3
岩 石 学	3
岩石の工学的性質	2
構造地質学	3
風 化	1
土および土の発達	3
粘土鉱物学	1
応用鉱物学	1
地球物理学	2
航空写真の読解と応用	1
地 勢 解 析	1
サンプリング, ボーリング, 情報源	2
建設材料, 採石	1
質量移動, 斜面安定	1
岩石力学および応用	2
ダムおよび貯水池	1
河川および海岸保全	1
基 礎	1
計 (講義)	30
実 習	
鉱物学, 岩石学, 応用	6
地 質 図 学	6
岩 石 試 験	3
地球物理学および航空写真	3
site investigation project-野外実習	3
site investigation project-室内実習	3
計 (実習)	24

地質露出および実際の地質工学計画を説明するための
単時日のフィールド演習を含む (2 日)

を示したものである。全時間の約 1/3 は純粋地質学に配分され、残り 2/3 は土木地質学に配分されている。ある学部コースは 1 年間の純粋地質学の時間と、それに続く 1 年間の土木地質学の講義を有している。利用できる全時間の半分以上を純粋地質学に費やすならば、“純粋”の分野の偏重になるであろう。

教育計画に含まれる“純粋”な題目としては、鉱物学、岩石学、構造地質学、風化および土の生成がある。コースから除外される純粋地質学の分野としては、精密結晶学、古生物学および層序学があげられる。層序学は含めるべき題目ではあるが、短時間コースの中にこれが含まれる場合、これは無意味な地層名の羅列になってしまう危険性が存在する。

土木工学に対する地質学の応用は、このコースの主要な部分をなしている。これらの応用は簡単に四つのグル

ープに分けられる。

(1) **site investigation** はおそらくもっとも重要な応用である。これは地球物理学的方法、航空写真、サンプリング法およびボーリング孔の利用や、地質図の利用法および地質情報源の利用を含む。これらの技術は地勢解析 (terrain evaluation) の重要な概念を含むまで拡大されなければならない。

(2) とくに地質学的意味における多くの“岩石”は土として扱えるので、土質力学における地質学的部門が考察される。さらに土の組成および起源の研究は、しばしば土の挙動ときわめて重要な関係にある。質量移動および斜面安定も含まれなければならない。

(3) **岩石力学および岩石試験**は、ますます応用を広げている。このグループの中には、岩石や採石を研究するための鉱物学的技術も含まれる。岩石力学の岩石斜面の安定、トンネル工学および基礎工学に対する応用も考察されるべきである。

(4) **水理地質学**は第 4 の研究領域である。これはダムサイトおよび貯水池の選定、海岸および河川保全、あるいは地下水の運動と効用を含んでいる。

これらのものから除外された他の多くの応用分野が存在することはまちがいない。ここではすべてを列挙することを主目的としたものではなく、地質学がどのような部門で土木工学に主要な応用をもっているかを示そうとしたにすぎない。

なにを教えるかを考察したので、次に検討する問題はこれらの材料をどのように教えるかということである。純粋に学問的な方法で教えるよりも、地質学の土木工学に対する多様な応用を説明するために、case history を含めるとよい。学生の側に予備的な知識がない場合には、容易には理解できない基本概念を説明するために、どうしても横道にそれなければならないが、全コースをできるだけ case history を用いて教えるべきである。教育における通常の方法として、種々の方法を併用した折衷法が最良である。

学生によって地質学が副次的な科目であるとみなされている問題は、全授業を通じて土木工学に対する応用を強調することによって、部分的には克服されるであろう。地質学はまた土木工学コースで勉強される他の科目と関連を有している。たとえば写真測量学および航空写真学は測量学と共通であり、site investigation のある面は土質力学と、岩石試験および岩石力学はコンクリート工学および基礎工学と、貯水池、河川および海岸保全は水理学と共通している面がある。科目の境界を横断する合同授業 (joint project) は、科目同士の相互関連や応用を

学生が判断するのを助ける。

もし、講義でなされた題目と実習期間が現地の条件と適当に組み合わせられるならば、野外実習は特別な重要性をもつ。野外実習における計画演習 (project work) は道路の切り取りや斜面の安定調査、あるいは可能な貯水池やダムサイトの判定を含めてもよい。このような学習は地質工学的図面の作成、既存の地質図や出版物の解説、航空写真、地球物理学的方法、サンプリングおよび現位置試験の技術の利用などと組み合わせることができる。この学習の期間中に得られたサンプルは、これらの岩石の現位置における挙動や土木材料としての質を判定するために、後に室内実験に付すこともできる。この学習の結果は、学生に地質工学レポートとしてまとめさせる。

本論は土木工学科の学生に対する地質学のコースを計画するさいに従うべきなんらかの具体的な規則を決めることを意図したものではない。われわれは単に時々発生してくるいくつかの問題を述べ、これらの問題をわれわれの経験にてらしてどのように克服してゆくかを述べようと意図したにすぎない。本論で強調したことは、地質学の土木工学に対する応用を正しく判断できるよう基本的な知識を学生に身につけさせることである。独立した科学としての土木地質学の発達には、訓練された専門家が有用になってくるので、土木工学科の学生に地質学を教えるためのどのような議論も無駄にするかを知れない。しかし、学部課程で訓練された土木地質学者を新しく育てることは、地質学者と土木工学者の間の通訳的立場の“中間的人間”を作るだけなので、おそらく不必要であろう。注意しないと彼等は結果的には、専門的地質学者でも専門の土木工学者でもない単に都合のよい技術家としての彼等自身を見出すことになるであろう。土木地質学者の訓練および土木地質学者の立場については、Glossop (1969) によって検討された。

土木地質学者あるいは本来の地質学者の立場がどのようなものであっても、大多数の土木工学者は彼等がきわ

めて詳細な地質学の知識を必要とすることを理解し、そう感じ続けるであろう。このような事態は、土質力学、site investigation、水文学、公共衛生土木工学、基礎工学、道路工学などの分野における専門化された土木工学者の場合にとくに強く起こってくるであろう。地質学はもし正しく強調されるならば、土木工学コースの中の一つの統一的な科目になることができる。この土木工学コースは、かならずしも他との関連が一目瞭然でない多様な科目を含んでいるのである。地質学を副次的な科目として扱うことは、絶好の機会を逃がしているようなものである。

参 考 文 献

- BURWELL, E. B. & ROBERTS, G. D. 1950. The geologist in the engineering organisation. In *Application of geology to engineering practice, Berkeley Volume*. New York (Geological Society of America), 1-9.
- GLOSSOP, R. 1968. The rise of geotechnology and its influence on engineering practice. *Geotechnique*, **18**, 105-50.
- 1969. Engineering geology and soil mechanics. *Q. Jl Engng Geol.* (2) **1**, 1-5.
- HARDING, H. J. B. 1946. The choice of expedients in civil engineering construction. *Instn. Civ. Engrs, Wks Constr. Engng Div. Pap.*, No. **6**, 3-31.
- INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS. 1969. Contracting in civil engineering since Banwell. *Proc. Instn Civ. Engrs* **42**, Feb., 309-14.
- 1969. Discussion of contracting in civil engineering since Banwell. *Proc. Instn Civ. Engrs* **43**, Aug. 683-96.
- PECK, R. B. 1962. Art and science in subsurface engineering. *Geotechnique*, **12**, 60-6.
- TERZAGHI, K. VON. 1939. Soil mechanics—A new chapter in engineering science. *J. Instn Civ. Engrs*, **12**, 106-41.
- WOODLAND, A. W. 1968. Field geology and the civil engineer. *Proc. Yarks. Geol. Soc.*, **36** (4), 531-78.