

締固めた粗粒材の合成比重と間隙比*

著者回答：石 井 武
大 迫

美** (Takemi Ishii)
光*** (Hikaru Oosako)

著者らは、討議者に、この論文を御討議下さったこと、それに伴い論述の補足を行う機会を与えて下さったことに厚く感謝致します。

著者らも、各専門分野で比重や間隙比の呼称、ひいてはそれらの概念が統一されていないことにより、対照の必要が生ずるつど、それらの概念の内容を確かめねばならないことに不便を感じている。比重は、物質の属性の内でも基本的で身近なものの一つであるがゆえに、現実的にはそれぞれの専門分野で必要に応じて定義がなされている。しかし、専門領域間の交流が盛んになるに従い、用語および概念の統合が急がれねば、討議者が指摘する以上の混乱がやがて顕然化するかもしれない。とりわけ、土質工学会は諸種の専門領域の集合体であるから、混乱の影響を受けやすいことは確かであり、著者らもこれを機に用語に関する討論の深まるのを期待している。

以下、指摘に沿って回答を進める。

(1) 「真比重」

討議者は、密閉されている空隙（著者らも討議者にならない「密閉空隙」と以下称す）の取扱いに関して、また、「計算真比重」なる用語に関して見解を述べられた。

御指摘のように、著者らはこの論文で密閉空隙を考慮から外している。しかし、そのことは意識してのものであった。それは、今回論じようとした「合理的間隙比」の定義にとって、密閉空隙を考慮に入れた真の「真比重」が特段の意義をもたないこと、密閉空隙を「計算真比重」の中に繰り込んでおいたほうが多くの技術者に対して現状の比重の認識に混乱を与えないと考えたことからである。さりながら、「計算真比重」をあえて定義したのは、現在多くの技術者が「計算真比重」に相当する比重によって締固めた粗粒材の間隙比を整理していることから、「計算真比重」による間隙比と「合理的間隙比」の対応を与えておけば、従来のデータが今回論じた間隙比に容易に転換できると考えたからである。

式(3)で定義される比重を「真比重」とせず、あえて「計算真比重」としたのは、あくまでこれは真の「真

比重」ではないことを示そうとしたわけであり、討議者のいう『JIS A1202の方法で求まる「土粒子比重」¹¹⁾に近い』比重を著者らも意識していた。しかしながら、討議者も著者らも JIS A1202の方法で求まる土粒子比重が真比重ではないという見解で一致しているにしても、一般には、例えば、参考文献⁵⁾の p.253 には、「 G_s ：土粒子の真比重(JIS A1202)」とあったり、参考文献¹¹⁾の p.50 には、「粒子内部に間隙をもつ材料の内部間隙量の計算」として G_{st} が粒子を粉碎して得た級ごとの平均比重と定義され、 G_s があたかも真の「真比重」に近いものとして取り扱われているのが現状では大多数のようである。こうした例は枚挙にいとまがないが、参考文献¹¹⁾の p.292 の図 5.1.1 のような図が多くの教科書に掲載されているから、図中の説明の「土の固体部分」ならびに比重の定義式に助けられて、「土粒子の比重」なる語と記号 G_s がからまり合い、「土粒子の比重」すなわち「真比重」であるとの印象が多くの技術者に形成されているとみなさざるを得ないようである。こうした現実を踏まえたうえで、更に、初めに述べたように、今回の論旨が真の「真比重」を論ずることにはなかったことにより、この論文で取り扱っている比重が真の「真比重」でないことを示すにとどめる意味で、「計算真比重」と「計算」を真比重に冠したわけである。

もちろん、真の「真比重」は、討議者の指摘するように、少なくとも土質工学の分野で工学的意義に基づく限り、「全空隙を除いた状態で測定される正味の比重」であることに異存はない。しかし、岩石等の真の「真比重」を真剣に求めようとした場合には、岩石等に含まれる鉱物粒子あるいはガラス粒子が内包するガス泡をも完全に破断する程度に粒子を微粉碎したか否かの検証がなされねばならないことはいままでもなかる。また、鉱物学の領域では周知のように、鉱物の真比重は、単位格子の体積、1化学式単位の分子量、Avogadro 数、単位格子中の化学単位数の測定によって決定される。この場合の真比重は、対象とする物質に全く欠陥のない状態における比重ということになる。要するに、真の「真比重」といっても、工学あるいは物理学の必要とするところによって、概念が変動するものであることも認識しておかざるを得まい。

なお、著者らは、粒状体表面からエントレインされた

* 第21巻第3号、1981年9月、pp.117~122（討議者：福本武明、第22巻第3号、1982年9月、p.181）。

** フジタ工業(株)技術研究所土質基礎研究室 室長（横浜市港北区大綱町74）

*** フジタ工業(株)技術研究所土質基礎研究室（横浜市港北区大綱町74）

空隙を「粗粒材中の有効空隙」と称した。これは、原油あるいは天然ガスの賦存量を評価する工学において、岩盤の空隙を検討する際に「岩盤の有効空隙」なる概念を用いることから、これを援用したにすぎない。討議者の「開口空隙」がこの論文の範疇では空隙の概念を明りょうに表していると考えられるので、今後は「有効空隙」を「開口空隙」と呼び替えたい。

(2) 「合理的間隙比」

著者らが、絶乾比重と乾燥密度、あるいは表乾比重と表乾密度で求まる間隙比を「合理的間隙比」と称し、「有効間隙比」と称さないのには理由がある。それは、文字面がよく似た「有効間隙率」なる用語が存在するからである^{12)~14)}。この「有効間隙率」は「実効間隙率」ともいわれるが¹²⁾、岩石の全体積に対する開口空隙の割合を百分率表示したものである。参考文献¹²⁾には、特に命名されてはいないが、密閉空隙を含んだ岩石の固体部分に対する開口空隙の比の定義がなされている。この間隙比に、あえて名をつけるとすれば、「有効間隙比」となりはすまいか。もし、それが許されるならば、この「有効間隙比」と参考文献⁶⁾の「有効間隙比」との関係はどうかなるであろうか。同一のものを異称するより、全く異質のものを同一名で呼ぶほうの混乱が大きいと考えられること、および著者らの日常接する専門分野では岩盤工学に通ずる技術者が多いことから、「合理的間隙比」なる用語を提案したのである。

もちろん、岩石粒子内の隙間を空隙と称し、岩石粒子間の隙間を間隙と称すよう全専門分野にわたる統合がなされたうえで、岩盤工学の分野で「有効間隙率」を「有効空隙率」なりに変更されたあかつきには、著者らの「合理的間隙比」を「有効間隙比」とも「実効間隙比」とも変更されるのは一向に構わない。ただし、「合理的間隙比」を「見かけの間隙比」とよぶのは、著者らがこの論文で新たに「見かけの間隙比」を定義していることから、避けて頂くのを希望する。また、参考文献¹⁵⁾では、「合理的間隙比」を「絶乾間隙比」と称している。これ

は、その書の編集委員会でその書に限って統一するよう決められたものであるが、既に述べたように、この間隙比は、表乾比重と表乾密度の組合せでも求まるものであり、「絶乾間隙比」と称するのは片手落ちであり、適切でないことを再度指摘しておきたい。

(3) 「相対密度」

「相対密度」なる語およびその概念の周辺では、第 17 回土質工学研究発表会 (1982) においても、論争が絶えていない。

著者らは、「相対密度」の概念の中に、粒子破碎を伴わない手法によって、 e_{min} および e が決定されることを求めている。ところが、著者らが日常取り扱っている材料、および現実的締固め手法で、粒子破碎が生じないことは、むしろまれである。そこで、著者らは「相対密度」と「締固まり指数」を同一式で定義しながらも使い分けることにしている。「締固まり指数」には、施工体系上現実的な方法で締固められたものならば、粒子破碎が生ずるのが現実なのだから、それをも含めて締固め状態を評価しようという概念を含ませている。したがって、討議者の指摘するものの中では、「締固め度」にその概念が似ているが、定義式が異なるゆえに「締固まり指数」としているわけである。著者らの概念を満たすよりよい用語の提案を期待してやまない。

参 考 文 献

- 11) 土質試験法改訂編集委員会編 (1979): 「土質試験法 (第2回改訂版)」, 土質工学会, p. 36.
- 12) 土質工学会岩の力学委員会編 (1974): 「岩の工学的性質と設計施工への応用」, 土質工学会, p. 103, p. 154.
- 13) 土木学会岩盤力学委員会「土木技術者のための岩盤力学」改訂小委員会編 (1975): 「土木技術者のための岩盤力学・昭和 50 年改訂版」, 土木学会, p. 103.
- 14) 進藤一夫訳 (1966): 「J. タロブル岩盤力学」, 森北出版, p. 171.
- 15) 土質工学会ロックフィル材料の試験と設計強度編集委員会編 (1982): 「ロックフィル材料の試験と設計強度」, 土質工学会.