

1. まえがき

骨材の破断面を観察すれば容易に認められるように、骨材内部には多数の空隙が存在する。これらの空隙が骨材の性質を支配することは明らかであり、骨材を対象とした研究を行うには多孔体の観察に直脚した取扱いが必要となる。本文では骨材の細孔構造に関して得られたいくつかの実験結果を述べ、それらが骨材の一特性である乾燥にとむる体積変化にどのように関連するものについて若干の考察を試みることにする。

2. 細孔構造の表示

細孔構造を表示する物理量のうち最も一般的なのは細孔容積であろう。従来、骨材の品質を左右する重要な因子のひとつであると考えられてきた吸水量がこの細孔容積に深く関連することは明らかであり、JISに定められた骨材に関する試験項目の中ではこれが細孔構造を直接知る唯一の手掛りであると言つてよい。もし、24時間程度の吸水で骨材が飽水状態に達したとすれば、細孔容積率（骨材の全容積に占める細孔の割合） P_1 は次式によって求まる。

$$P_1 (\%vol) = \rho w / (1 + \rho w) \times 100 \quad \text{ここに、} \rho: \text{真比重, } w: \text{吸水量} (\%wt) \quad (1)$$

細孔容積率は真比重と絶対比重を測定することにより、次式から間接的に求めることもできる。

$$P_2 (\%vol) = (1 - \rho_0 / \rho) \times 100 \quad \text{ここに、} \rho_0: \text{絶対比重} \quad (2)$$

表-1に各種骨材のこれらの実測値および計算値を示した。表中の P_1/P_2 は24時間吸水時までの飽水率と呼ぶことができる。普通骨材の飽水率は80%以上であり、このことは細孔容積率を求める式として(1)式が近似的に妥当であることを示している。一方、軽量骨材の場合はこれが32%以下で飽水が十分ではなく、(1)式を適用することはできない。(1)式を用いるには、加熱煮沸、真空脱気あるいは圧力注入などの方法により十分吸水させる必要がある。

細孔構造を表示する物理量としては上述した細孔容積のほかに、比表面積（単位重量あたりの実質で囲まれた空隙の内部表面積）、細孔径分布および平均細孔径などが挙げられる。また、空隙の形状も細孔構造を表示するひとつの指標と考えられる。このうち、比表面積はBET法を用いて測定するのが一般的であり、他の方法はほとんど用いられない。本実験でもBET法の簡便法であるBET-単法を用いて比表面積の測定を行った。吸着ガスとしては窒素を用い、計算には G_m （分子断面積） $= 16.2 \text{ \AA}^2$ を用いた。細孔径分布測定方法にはガス吸着法、水銀圧入法、気体透視法および光学、電気、走査型顕微鏡を用いる方法などが存在し、それぞれ長一短を有する。本実験では比較的信頼性が高く、広い細孔径範囲を測定できる水銀圧入法を用いてその測定を行った。

3. 細孔構造と体積変化との関連

上述した細孔構造を表示する物理量などのように骨材の特性に関連するものについて調べることが、骨材に関する諸問題を解明するうえで重要なことと思われる。ここでは骨材の特性として乾燥にとむる体積変化ととりあげ、この特性などの物理量にどのように関連するものを考察してみる。

表-1

骨材の種類	ρ_0	ρ	w	P_1	P_2	$P_1/P_2(\%)$
宇石川産花崗岩	2.59	2.68	1.2	3.1	3.4	91
〃 安山岩	2.45	2.62	2.1	5.2	6.5	80
〃 流紋岩	2.40	2.60	3.1	7.5	7.7	97
〃 凝灰岩	2.10	2.58	7.1	15.5	18.6	83
〃 頁岩	2.39	2.59	3.0	7.2	7.7	94
人軽骨造粒型M	1.20	2.42	8.1	16.3	50.4	32
〃 B	1.29	2.51	2.7	6.4	48.6	13
〃 非造粒型M	1.15	2.42	7.4	15.2	52.5	29

骨材は吸水して膨張する。(1)そして、その膨張量は浸透した水分の量に深く関連するものと考えられる。そこで、まず吸水量と膨張びりみとの関係を調べてみる。図-1はその測定結果である。膨張びりみはコンタクトタイプダイヤルゲージを用いて測定した。(2)図より、普通、軽量両骨材ともに吸水量と膨張びりみとはほぼ比例関係にあることが認められる。しかしながら、その比例定数は大きく、また普通、軽量両骨材のその関係を統一して説明することはできない。すなわち、両直線の勾配には大きな違いが存在する。したがって、吸水量は体積変化の道を規定する要因としては一義的でないことになる。吸水を長時間継続し、その時点での含水量と膨張びりみの関係を求めても、その傾向は図-1と同様であり、むしろ両直線の勾配の違いは著しくなるばかりである。このことは細孔容積のみで体積変化を単純に論ずるわけにはいかないことを意味する。

骨材の体積変化の主な起因は表面エネルギーの変化であると考えられる。(2)このことから、体積変化の道には比表面積が深く関連することが予想される。図-2にこの比表面積と長時間吸水時点での膨張びりみとの関係を示した。この場合には両骨材を包括した傾向が見受けられる。すなわち、膨張びりみは比表面積に近似的に比例する。この比例関係が近似的であるのは他の物理量もある程度体積変化に関連するためと思われるが、いずれにせよ比表面積が体積変化の道を規定する最大の要因であることは本実験結果が明らかにしたと言える。また、同図より、空隙が多く含水量も大きい軽量骨材の体積変化が予想外に小さいのは比表面積が小さいためであることが明らなされる。この比表面積が小さい理由としては、焼成にともなう骨材の実質の組織が再配列し、それにとむない実質間に存在していた微細な空隙が減少することが考えられる。そして、この微細な空隙の減少は軽量骨材の体積変化を小さくし、結局は軽量コンクリートの体積変化を小さくするという現象をきたす現象と言える。

上述の推定および細孔径分布の測定結果(2)より、軽量骨材は普通骨材にくらべて微細孔が少なく、粗大孔は逆に多いことが認められる。すなわち、普通骨材は比較的微細な空隙が均一に分布しているのに対し、軽量骨材のその分布は多様性を示す。そして、この細孔径分布の特質は軽量骨材の体積変化を複雑にする。たとえば、長時間水中浸漬したのち乾燥させた場合の含水量とびりみの関係の軌跡を示せば図-3のようになり、この関係は直線ではなく、また吸水時と乾燥時の曲線は一致しない。この複雑な現象には細孔径分布の多様性が関連することは明らかであり、この多様性と骨材内部での水分移動過程とにより、複雑な現象の原因が説明可能となる。

おわりに、本研究を御指導くださった東北工科大学教授藤藤正正王、実験に御協力いただいた岩手工科大学准教授成成氏、同工科大学院生飯泉章君、同学生菊地スに男君に深甚の謝意を表します。

参考文献：(1)、(2) 藤原・川治：昭和48年度土木学会東北支部技術研究発表会議要略

