

V-418 高品質人工軽量骨材の製造とその品質

清水建設(株) 正会員 橋 大介
 清水建設(株) 正会員 内藤憲一
 清水建設(株) 中西正俊
 新島物産(株) 木村 薫

1. まえがき

現在使用されている構造用人工軽量粗骨材は、比較的直径の大きい連続した気孔を多く含むことから、骨材強度が弱く、それを用いたコンクリートの圧縮強度にも頭打ちの現象が認められている。さらに、吸水性が極めて高いことも、施工性および耐凍害性の双方の観点から、重要な問題となっている。これらについては、独立した(不連続な)小さい直径の気孔を連行させることで解決できるものと考えられる。本報告は、独立気孔を有する人工軽量骨材の製造方法を検討し、試作した骨材の性能に関して試験を行い、優れた品質が得られたかを明らかにするものである。

2. 軽量骨材製造方法の考え方

軽量骨材の原料は抗火石(新島産・多孔質黒雲母流紋岩)を用いた。抗火石の主要な化学成分はSiO₂(78.7%)とAl₂O₃(12.3%)であり、鉄分(0.87%)等は少ない。骨材の製造は、図-1に示す製造フローにしたがって行った。本骨材製造上の特徴は、気孔の微細化や独立性を高め、焼成時のマイクロクラックの発生を防止するという観点から、原料の超微粉砕、造粒、高温焼成を行った点である。また、原料鉱物自体は膨張・発泡性が著しく小さいため、発泡剤の添加が必要になる。これにより、骨材の比重は要求品質に合わせて変化させて製造することが可能になるのである。

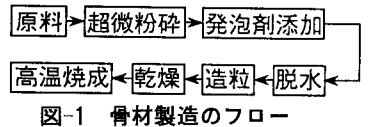


図-1 骨材製造のフロー

膨張・発泡性が著しく小さいため、発泡剤の添加が必要になる。これにより、骨材の比重は要求品質に合わせて変化させて製造することが可能になるのである。

3. 実験概要

3.1 使用骨材: 実験に使用した人工軽量粗骨材は、現在市販されている膨張頁岩・膨張粘土を原料とした2種類(以下 ME骨材、AS骨材という)と上記の製造方法の考え方にもとづいて製造したもの1種類(以下 NL骨材という)である。いずれの骨材も骨材最大寸法は15mm、粗粒率は6.50であり、JIS A 5002「構造用軽量コンクリート骨材」に適合するものである。ME骨材は非造粒型に成型したものを混入したタイプであり、AS骨材は非造粒型である。造粒型のNL骨材は、骨材の性能比較という観点から、空隙率がME骨材、AS骨材とはほぼ同等になるように発泡調整したものとした。

3.2 実験項目: 実験項目は、骨材の基本性能を明らかにするために、比重・吸水率試験(JIS A 1135)、微粉砕した骨材の真比重試験(JIS R 2205)および骨材の破砕試験(British Standard, B.S. 812)とした。さらに、気孔の大きさや分布状態を明らかにするために、圧力下での吸水試験、水銀圧入法による細孔容積の測定および走査型電子顕微鏡による骨材内部の観察を行った。なお、圧力吸水試験では、圧力容器に絶乾骨材を入れ、10kgf/cm² ピッチで 0~50kgf/cm² の水圧を加え吸水率を測定算出した。

4. 実験結果と考察

4.1 骨材の基本性能: 骨材の基本性能は、表-1に示すとおりとなった。NL骨材は、他の市販骨材2種類と比較して、絶乾比重が1.18と若干軽く、24時間吸水率は1/11~1/13の0.78%と極めて小さくなった。一方、空隙率は、骨材組成物の真比重がいくぶん小さいことから、ほぼ同等の51%となった。また、B.S.破砕値(40tf 載荷)も29.2%と小さくなり、骨材強度も改善されていると考えられる。これらの結果から、NL骨材中の気

表-1 骨材の基本性能

| 試験項目 | 種類 | NL骨材 | ME骨材 | AS骨材 |
|---------------------------------|----|----------------|------------------|-------------------|
| 絶乾比重 | | 1.18 | 1.31 | 1.26 |
| 24時間吸水率(%) | | 0.78 | 8.67 | 9.94 |
| 表乾比重 | | 1.19 | 1.42 | 1.38 |
| 骨材組成物の真比重 | | 2.41 | 2.51 | 2.57 |
| 空隙率(%) | | 51 | 48 | 51 |
| B.S.破砕値(%) (10%B.S.破砕荷重(tf)) | | 29.2 (16.3) | >30(36.3) 8.4 | >30(35.4) 11.2 |

孔は、独立した比較的直径の小さいもので形成されているものと考えられる。

4. 2 圧力吸水性状：圧力吸水試験結果を図-2に示す。NL骨材の圧力負荷直前までの初期吸水率は0.58% となり、圧力の増加に伴って吸水率も増加し、最大で1.42% となった。この吸水率はME骨材、AS骨材の約1/20以下の値であり、NL骨材中の気孔が独立して存在するために低吸水性を示したものと考えられる。また、除圧後(約30分後)の吸水率は0.83% となり、ME骨材、AS骨材と比較して、被圧水の戻りも著しく少なくなった。したがって、十分プレウェッチングしたNL骨材を使用することにより、コンクリート製造・打込み時における骨材への水の出入りが殆どない低吸水性軽量骨材コンクリートが得られると考えられる。なお、いずれの骨材においても、圧力負荷に伴って吸水率が増加したが、10 kgf/cm² の圧力までに最高圧力時の約 90%の吸水率となった。

4. 3 水銀圧入試験結果：水銀圧入法による細孔容積測定結果を図-3に示す。ME骨材およびAS骨材の細孔半径はほぼ全域にわたって分布していた。市販骨材の場合、同一種類、同一ロットにおいても、気孔組織の粗密の程度にかなりの差が見受けられるが、本試料では細孔半径1000~2000Å(1Å=1×10⁻⁴ μm)の気孔が多いようであった。一方、NL骨材では、細孔半径50Å(水銀圧約1300kgf/cm²)程度まで殆ど水銀が圧入されず、細孔半径50Å以下で急激に水銀圧入量が増加した。これは、NL骨材の気孔の大部分が独立したクローズド・ポアによって形成されているためであり、水銀圧が高くなり骨材組織が破壊したため水銀圧入量が増加したものと考えられる。

4. 4 走査型電子顕微鏡による観察結果：走査型電子顕微鏡(400倍撮影)による骨材内部の状態の一例を写真-1に示す。NL骨材では、試料間での差は殆どなく、直径0.5mm程度程度の気孔も点在するが、気孔の大部分は100 μm以下であり、直径2~30 μm程度の球状を呈した気孔の数が卓越しているようであった。一方、ME骨材、AS骨材では、NL骨材と比較して気孔寸法に極端な相違がないようでもあるが、骨材粒間にばらつきが認められ、1~3mm程度の寸法の気孔を有するものとそうでないものが混在していた。また、AS骨材では、気孔形状が不均等で気孔が網状構造のようであり、気孔中にさらに気孔が存在するといった状態を呈していた。なお、倍率10000倍までの顕微鏡観察によれば、いずれの骨材にも直径数千Å以下の気孔も観察されたが、その数は少なく、水銀圧入試験結果といくぶん相反する結果となっている。

5. まとめ

高品質人工軽量骨材の製造方法の考え方にもとづいて製造した軽量骨材は、気孔直径に関しては既存のものと同大差がないとも考えられるが、骨材粒間での気孔直径のばらつきが小さく、かつ気孔はほぼ完全に独立した形で連行されており、その物性から明らかなように、高品質な骨材が製造できたと言える。今後、さらなる高品質化(気孔直径の縮小化)、本骨材を使用したコンクリートのポンプ圧送性および耐凍害性に関して検討していく予定である。

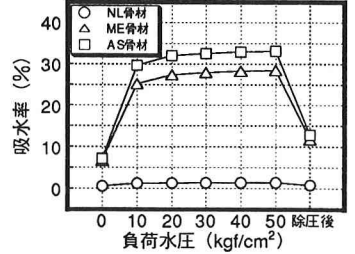


図-2 骨材の圧力吸水試験結果

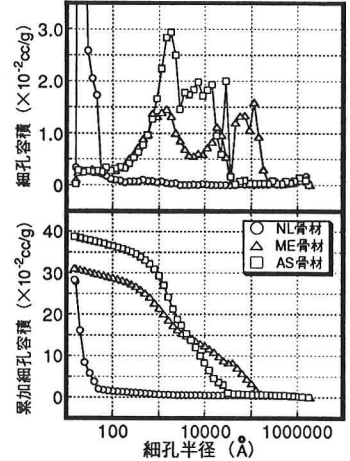


図-3 水銀圧入試験結果

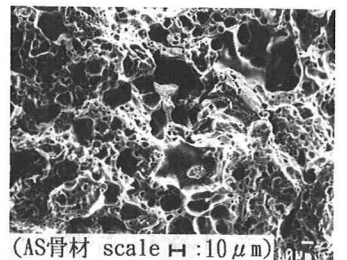
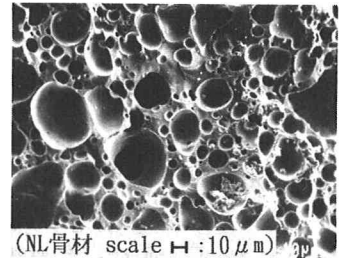


写真-1 骨材内部の気孔

本骨材を使用したコンクリートの