

N-3

浄水場で得られた球状炭酸カルシウムペレットを用いたモルタルの強度特性 Strength properties of mortar with spherical calcium carbonate pellets obtained from water treatment plants

○斉藤寛人¹, 向後光亨², 梅垣哲士², 佐藤正己³, 小嶋芳行²*Hiroto Saito¹, Mitsuaki Kogo², Tetsuo Umegaki², Masaki Sato³, Yoshiyuki Kojima²

Abstract: At water purification plants in Okinawa Prefecture, spherical calcium carbonate pellets approximately 1-3 mm in diameter are generated when hard water used as tap water is softened. In this study, mortars using calcium carbonate pellets as fine aggregate were prepared, and the strength properties of the mortars were investigated by controlling the particle size distribution of the pellets. The strength of the mortar was equivalent to that of mortar using standard sand when the pellet size was reduced to 2 mm or less by sieving.

1. 緒言

近年、地球温暖化ガスである二酸化炭素(CO₂)の排出削減の取り組みとして、CO₂を炭酸カルシウムとして固定化する方法が注目されており、今後固定化による炭酸カルシウムの生産量の増加が予想される。しかし、生産された炭酸カルシウムの用途については検討されていない。そこで、炭酸カルシウムを建築材料として利用することに着目した。利用例として、コンクリートへの骨材としての添加が考えられる。炭酸カルシウムの生産例としては、流動床式の硬度低減化装置を用いた例が挙げられる。

沖縄県の浄水場では、硬度低減化装置を導入し、カルシウム濃度約330 ppmの高硬度の井戸水を約80 ppmに低減させ、軟水化して水道水としている。その際、炭酸カルシウムを種結晶として添加し、水酸化ナトリウムを用いて井戸水のpHを8~9程度に調節することで種結晶は成長し、直径約1~3 mmの球状の炭酸カルシウムペレットが生成物として得られる。そして、その生成量は1日で4t以上にもなる。得られたペレットは破碎され、道の舗装材などとして消費されているものの、余分なペレットは産業廃棄物として処理されている。すでに、浄水場で得られたペレットをセメントに混入することでモルタルの圧縮強度や引張強度が増加すると報告されている¹⁾。そこで、本研究では、炭酸カルシウムペレットの建設材料としての利用を目的とし、産地が異なるペレットを細骨材として用いたモルタルを作製し、ペレットの粒度分布などを制御した際の強度特性について検討した。

2. 実験方法

普通ポルトランドセメントを75 g、細骨材としてセメント強さ試験用標準砂またはA浄水場およびB浄水場で得られた炭酸カルシウムペレット(それぞれA産、B産)を225 g量り取った後に、純水を37.5 cm³加え、ただちにさじを用いて3分間十分に混合した。その際、かき混ぜ始めた瞬間を養生0日とした。その後、スラリーをセッコウ供試体成形用三連型枠に2回に分けて流し込み、脱気を行い、モルタル内の気体を取り除いた。型枠に入れたモルタルは1日静置した後に脱枠し、室温の水中に所定の期間静置し養生した。

得られた試料のキャラクタリゼーションは、X線回折、圧縮試験、曲げ試験、走査型電子顕微鏡(SEM)およびエネルギー分散型X線分析(EDX)を用いて行った。

3. 結果と考察

X線回折図形より、炭酸カルシウムペレットは産地に関わらずカルサイト単一相であった。そして、ペレットの純度は約91~98%、密度は約2.62 g・cm⁻³、吸水率は約0.7~0.9%であった。図1に各炭酸カルシウムペレットの積算分布曲線を示す。積算分布図より、セメント強さ試験用標準砂では通過質量百分率で0.5 mm以下は約65%であったが、B産ペレットは約8%、A産ペレットが0%であった。ペレットの粒径は1~2 mmの割合が最も高く約60~70%であった。そして、2 mmを超えるペレットの割合はA産ペレットが約20%、B産ペレットが約1%であった。また、圧縮試験より、1個のペレットの圧縮強さは産地に関係なく粒径約1~2 mmにおいて、最大で40 MPa程度となった。そして、ペレットの粒径が大きくなるに従い、圧縮強さの値は小さくなる傾向を示した。これは、炭酸カルシウムペレットが真球

1: 日大理工・院(前)・応化 2: 日大理工・教員・応化 3: 日大理工・教員・土木

ではないことや、ペレットが成長する際の、複数のペレット同士が結合した箇所がクラックの起点となったためと考えられる。

図2に炭酸カルシウムペレットを細骨材としてセメント中に添加した各モルタルの材齢28日での曲げ強さ測定結果を示す。細骨材にペレットを用いたときのモルタルの曲げ強さはA産ペレットが10.3MPa、B産ペレットが12.8MPaであった。また、標準砂を用いたときのモルタルの曲げ強さは11.4MPaであった。A産ペレットを用いたモルタルの曲げ強さは、他のモルタルと比較して約10%低い値を示した。これは、A産ペレットには粒径が2mm以上のペレットが約20%存在し、それらの粒子がモルタルの強度低下につながったためと推察される。そこで、粒径が2mmを超える粒子をふるい分けにより排除し、粒径を2mm以下に粒度分布を制御したA産ペレットを用いてモルタルを作製した。その結果、曲げ強さの値は改善し、11.2MPaとなり、標準砂を用いたモルタルの曲げ強さとおおよそ同等の値を示した。よって、粒径が2mm以下の炭酸カルシウムペレットは細骨材として利用できると考えられる。

図3に各モルタルの圧縮破断面のSEM写真およびEDX測定結果を示す。標準砂を用いた材齢7日のモルタル(a)では、標準砂表面に針状のセメント水和物が析出している様子が観察された。一方、ペレットを用いた材齢7日のモルタル(b)、材齢28日のモルタル(c)では、ペレット表面に厚さ約1~2 μm の板状の $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 層が形成されていた。この $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 層は、養生初期の段階ではペレット表面に対して垂直に $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 結晶が析出しており、養生期間の増加に伴い結晶が成長し、層になっていく様子が観察された。よって、ペレットを骨材として用いた場合、骨材とセメントペーストの境界面が緻密な $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 層になると推察される。また、写真(c)部分をEDX分析した結果(d)およびEDX点分析結果より、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 層にはSiが0.38~2.41at%、Alが0.26~0.46at%存在していた。よって、炭酸カルシウムペレット表面に形成される $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 層は不純物が少ないと推察される。

4. 参考文献

[1] 小宮康明, 農業土木学会全国大会講演要旨集, 2005, 570-571 (2005).

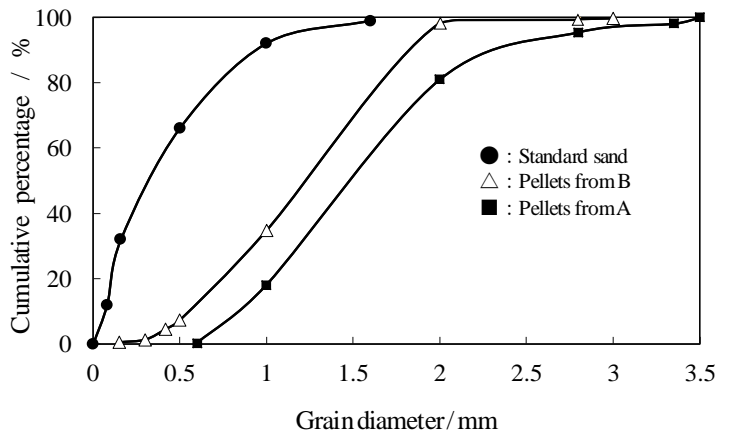


Fig. 1 Cumulative size distribution of each fine aggregate

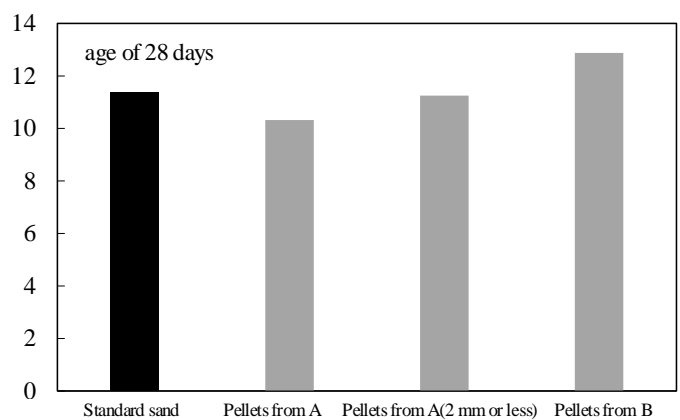


Fig. 2 Results of flexural strength measurement of each mortar

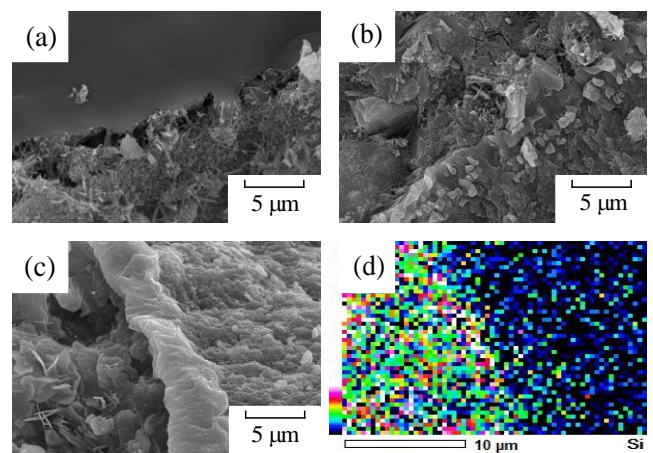


Fig. 3 SEM photographs of each mortar and EDX measurement results
Age / days, (a), (b) : 7, (c), (d) : 28