

撥水性多孔質粉体を用いたモルタルの基礎性状

正会員 ○菅原奈美*¹ 同 村井洋公*¹
同 平野彰彦*² 同 濱 幸雄*³

細孔構造 撥水性多孔質粉体 耐凍害性
空気連行性 気泡間隔係数

1. はじめに

コンクリートの高強度化のためには、水セメント比を小さくするとともに空気量を少なくすることが求められるが、作業性や耐凍害性の低下が問題とされ、強度低下を抑えつつ、耐凍害性を確保できる技術が望まれている。耐凍害性の向上には、凍結融解時に発生する水圧を緩和できる、水の入らない空隙が有効であるとされ、一般にその空隙の形成には AE 剤により連行される空気泡が利用されている。また、コンクリートの軽微な乾燥により、水の抜けた細孔が水圧を緩和する効果を持つことにより、耐凍害性が向上するという報告もされている。¹⁾そこで、凍結融解時の水圧が緩和でき、強度低下を起ささない空隙を形成するひとつの手段として、細孔レベルの水の入らない空隙を持つ材料を混入することにより、耐凍害性を向上させる方法が考えられる。

本研究では、そのための材料として撥水性を有する軽量気泡コンクリート(撥水性 ALC)に着目し、その効果を確認することを目的とした。

2. 撥水性多孔質粉体とは

撥水性多孔質粉体とは、製造時に撥水性を付与するためにシリコンオイルを添加した軽量気泡コンクリート(ALC)を微粉砕したものである。写真-1に、ALC と粉体を示す。図-1 に示すように、撥水性多孔質粉体は、普通モルタルよりも細孔量が多い構造となっている。ここで、多孔質粉体がモルタル中に 10%含まれていると仮定した時の細孔構造を図-2 に示す。この中で、粉体の細孔に相当する部分が、AE 剤による気泡と同様に、凍結時の水圧を緩和できる可能性がある。

3. 実験計画および方法

表-1 に使用材料、表-2 に調合条件を示す。試験体はすべて、普通ポルトランドセメント(密度 3.16g/cm³)と、細骨材として登別産陸砂(表乾密度 2.69g/cm³)を使用した。水セメント比を 50%とし、多孔質粉体については、撥水性の無い粉体と、撥水性の有る粉体の 2 種類を使用した。粉体の粒径を 75 μm 以下、75 μm~150 μm、150 μm~300 μm、300 μm~600 μm の 4 水準とし、置換率を外割りで、0%、5%、10%、20%の 4 水準とした。練り上がり後、直ちに空気量、フロー値の測定を行い、4×4×16cm の試験体を作製した。4 週水中養生後、強度試験を

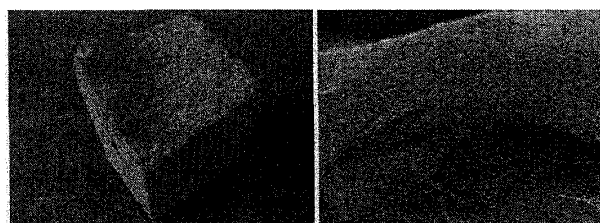


写真-1 ALC と撥水性多孔質粉体

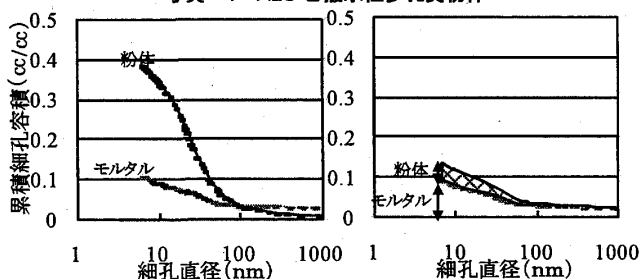


図-1 モルタルと粉体の細孔構造

図-2 粉体が 10%vol 含まれたモルタルの細孔構造(計算値)

表-1 使用材料

| | |
|-------|-----------------------------------------|
| セメント | 普通ポルトランドセメント(密度:3.16g/cm ³) |
| 細骨材 | 登別産陸砂(表乾密度:2.69g/cm ³) |
| 多孔質粉体 | 撥水性無し(見掛け密度:0.715g/cm ³) |
| | 撥水性有り(見掛け密度:0.857g/cm ³) |

表-2 調合条件

| 試験体番号 | W/C(%) | 多孔質粉体 | | |
|-------|--------|---------|---------|--------|
| | | 種類 | 粒径(μm) | 置換率(%) |
| A | 50 | — | — | — |
| NL10 | | 撥水性無し | 300~600 | 10 |
| NL20 | | | | 20 |
| DL10 | | 撥水性有り | 300~600 | 10 |
| DL20 | | | | 20 |
| DM5 | | 150~300 | 75~150 | 5 |
| DM10 | | | | 10 |
| DM20 | | | | 20 |
| DS10 | | | | 10 |
| DSS10 | | ~75 | 10 | |

行い、JIS A 1148A 法に準じて水中凍結融解試験を行った。さらに、硬化したモルタルを切り出し、研磨した断面について顕微鏡を用いて気泡組織の測定を行った。

4. 実験結果および考察

図-3 に、圧力法による空気量の測定結果を示す。撥水性を有する粉体を混入したものは、粉体を混入しないもの、撥水性の無い粉体を混入したものとは比べ、優れた空

気連行性を示した。これは、AE 剤の起泡作用と同様に、撥水性を有する粉体の疎水性により、練り混ぜによって水と空気の界面で起泡し、空気を連行したと考えられる。粒径については、 $150\mu\text{m}\sim 300\mu\text{m}$ の粉体のもので良好な空気連行性を示し、置換率が大きいものほど空気量が増加する結果となった。一方、撥水性の無い粉体を混入したものは、空気量の増加は認められなかった。

図-4 に、フロー値と空気量の関係を示す。一般的に、空気量の増加に伴いフロー値も増加するが、本実験では、粉体を混入したものは空気量が大きく、フロー値が小さくなる結果となった。撥水性の無い粉体を用いたもの、置換率が大きいものほどフロー値が小さくなる傾向を示していることから、粉体の吸水性の影響が考えられる。

図-5 に、圧縮強度と空気量の関係を示す。空気量が多いものほど、圧縮強度は低下している。一般に、空気量 1%につき圧縮強度が 3~5%程度低下するといわれており、本実験でもほぼ同程度の低下率を示した。撥水性の無い粉体を混入した試験体については、圧縮強度が大きくなる結果となり、これは空気量が少ないことに加え、撥水性の無い粉体がモルタル中の水を吸収し、単位水量が減少したためであると考えられる。

図-6 に、耐久性指数と空気量の関係について示す。一般に、空気量が 4~7%の範囲で良好な耐久性を示すといわれており、本実験でも空気量が 3%以上となった撥水性を有する粉体を混入した試験体については、良好な耐凍害性を示した。撥水性の無い粉体を用いた試験体については、空気が連行されず、耐凍害性が劣る結果となった。

図-7 に、耐久性指数と気泡間隔係数の関係を示す。一般に、気泡間隔係数が $200\mu\text{m}\sim 250\mu\text{m}$ 以下であれば良好な耐凍害性を示すといわれており、撥水性を有する粉体を混入した試験体については、良好な耐凍害性を示した。一方、粉体を用いていない試験体では、気泡間隔係数が粉体を用いた試験体とほぼ同程度であるにもかかわらず、耐凍害性が劣る結果となった。

4.まとめ

本研究では、以下に示す知見を得た。

- 1) 撥水性多孔質粉体は空気連行性を有している。
- 2) 撥水性多孔質粉体を用いたモルタルの圧縮強度は、空気連行によって通常モルタルと同様に低下する。
- 3) 本研究では、撥水性多孔質粉体の水を含まない細孔による凍結時の水圧緩和効果を期待して実験を行ったが、予期せず空気連行性が確認され、耐凍害性に及ばず気泡と細孔の役割を分離して評価することができなかった。所期の目的である水を含まない細孔の効果については、今後の検討が必要である。

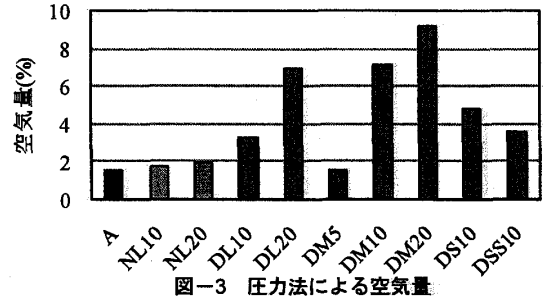


図-3 圧力法による空気量

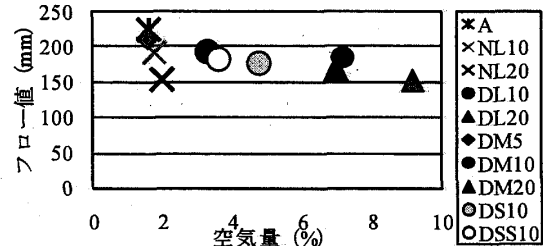


図-4 フロー値と空気量の関係

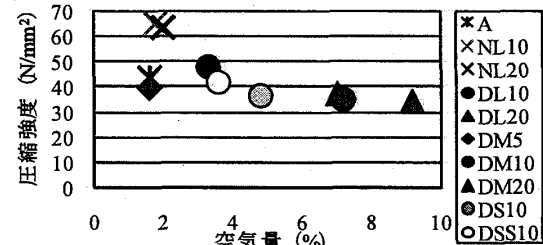


図-5 圧縮強度と空気量の関係

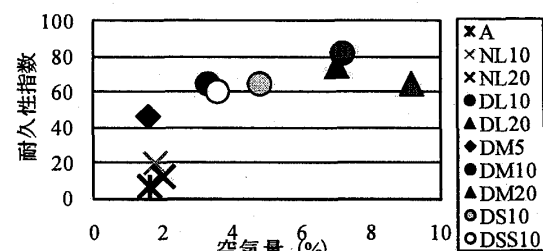


図-6 耐久性指数と空気量の関係

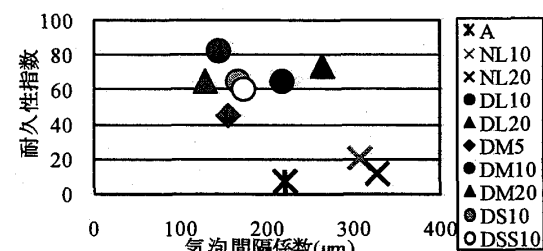


図-7 耐久性指数と気泡間隔係数の関係

【謝辞】本論文を執筆するにあたり、住友金属鉱山シボレックス(株)青野義道氏に多大なご協力を頂きました。示して感謝の意を表します。

【参考文献】

- 1) 田畑雅幸, 鎌田英治, 宮崎重宗: コンクリートの耐凍害性におよぼす乾燥の影響, セメント・コンクリート(1979)
- 2) 青野義道: コンクリートのナノ構造変化がおよぼす耐凍害性への影響に関する研究, 室蘭工業大学大学院 学位論文(2007)

*1 室蘭工業大学大学院

*2 北海道職業能力開発大学校 教授

*3 室蘭工業大学 准教授・博士(工学)

*1 Graduate School, Muroran Institute of Technology

*2 Prof., Hokkaido Polytechnic College

*3 Assoc.Prof., Muroran Institute of Technology, Dr.Eng.