

ネパールと日本セメントの混合物を用いたモルタルの 収縮および物質移動に関する基礎的研究

宮崎大学 工学部 (学) 村岡 紅葉
宮崎大学大学院 農学工学総合研究科 松浪 康行
宮崎大学 工学教育研究部 (正) 李 春鶴

1. はじめに

現在、日本からネパールに対する様々な災害復興および発展を目的とした技術的支援が行われている¹⁾。海外でのインフラ整備を進める際には、現地で入手可能な材料を使用することが望ましいため、材料特性の理解が必要である。村上らの研究²⁾から、ネパール産普通ポルトランドセメントは、JISの規格より低熱ポルトランドセメントの特徴を持つことが確認されたが、ネパール製セメント硬化体は最終的な強度は小さく、乾燥収縮は大きい。そこで、ネパール製セメントの現場における品質の改良に着目し、ネパール産普通ポルトランドセメントと日本産普通ポルトランドセメントを混合した混合セメント硬化体の収縮および物質移動について研究を行った。

2. 実験概要

2.1 使用材料

セメントは表-1に示すネパール産普通ポルトランドセメント (NOPC) および日本産普通ポルトランドセメント (JOPC) を 1:1 の割合で混合した混合セメント (BOPC) を用いた。表-2に示すように、JISよりNOPCは低熱ポルトランドセメントの組成を示し、BOPCは中庸熱ポルトランドセメントの組成を示す。よって、比較用に日本産低熱ポルトランドセメント (JL) および日本産中庸熱ポルトランドセメント (JM) も用いた。表-3に各セメントを使用して作製したモルタルの配合を示す。なお、細骨材には表乾密度が 2.68g/cm³ で吸水率が 0.59% である津久見産の石灰石砕砂を使用した。

2.2 実験概要

本研究では、供試体の圧縮強度試験、長さ変化試験および酸素拡散試験を行った。

圧縮強度試験は、JISA 1108 に準拠して行った。供試体は φ50mm×100mm の円柱供試体を用い、材齢 1 日

表-2 セメントの鉱物組成 (Bogue 式による)

| 供試体名 | 鉱物組成 | | | |
|------|------------------|------------------|------------------|-------------------|
| | C ₃ S | C ₂ S | C ₃ A | C ₄ AF |
| JOPC | 59.08 | 14.09 | 9.18 | 9.61 |
| NOPC | 15.05 | 55.01 | 6.37 | 10.94 |
| BOPC | 40.06 | 34.60 | 7.78 | 10.25 |
| JM | 46.28 | 32.15 | 1.76 | 12.80 |
| JL | 28.55 | 54.64 | 1.75 | 9.24 |

表-3 モルタル配合表

| 供試体名 | W/C (%) | 各成分 (kg/m ³) | | |
|------|---------|--------------------------|---------------|------|
| | | W | C | S |
| JOPC | 50 | 306 | 612 | 1340 |
| NOPC | 50 | 306 | 612 | 1340 |
| BOPC | 50 | 305 | 305(J)+305(N) | 1340 |
| JM | 50 | 308 | 616 | 1340 |
| JL | 50 | 308 | 617 | 1340 |

脱型後、温度 20°C で水中養生させた。材齢 7, 14, 28, 56, 91 日 (JOPC は 56 日まで) に圧縮強度試験を実施した。

長さ変化試験は、JISA 1123 に準拠して行った。供試体は 40mm×40mm×160mm の角柱供試体を用い、材齢 1 日で脱型し、以下の 2 つの暴露を行った。乾燥収縮を測るために脱型後、供試体の半分は 28 日間水中養生を行った後に温度が 20°C、相対湿度が 60% の室内環境で暴露した。残りの半分は自己収縮を測るために、アルミテープで封緘してから温度が 20°C、相対湿度が 60% の室内環境で暴露した。

酸素拡散係数は、白川らが提案する気体拡散係数測定方法³⁾を用いて算定した。酸素拡散試験用の供試体は材齢 28 日まで、温度が 20°C で水中養生を行った。その後、厚さ 5mm 程度に切断し、φ 50 mm×5 mm の円盤供試体を作成した。3 日間アセトンに浸漬した後、温度が 20°C、相対湿度が 60% の室内環境で、質量変化が無くなるまで気中暴露し、試験に供した。

表-1 セメントの物性値・化学組成表

| 供試体名 | 密度 (g/cm ³) | 比表面積 (cm ² /g) | 強熱減量 (%) | 化学組成 (mass%) | | | | | | | | | | | | |
|------|-------------------------|---------------------------|----------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------|------|-----------------|-------------------|------------------|------------------|-------------------------------|-------|-------|--|
| | | | | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | Fe ₂ O ₃ | CaO | MgO | SO ₃ | Na ₂ O | K ₂ O | TiO ₂ | P ₂ O ₅ | MnO | Cl | |
| JOPC | 3.16 | 3,490 | 2.08 | 20.43 | 5.48 | 3.16 | 64.30 | 1.36 | 2.11 | 0.25 | 0.43 | — | — | — | 0.014 | |
| NOPC | 3.14 | 3,020 | 3.03 | 23.12 | 4.70 | 3.60 | 57.10 | 5.92 | 1.72 | 0.10 | 0.56 | 0.38 | 0.04 | 0.03 | — | |
| BOPC | 3.15* | 3,255* | 2.56* | 21.78 | 5.09 | 3.38 | 60.70 | 3.64 | 1.92 | 0.18 | 0.50 | 0.19 | 0.02 | 0.015 | 0.007 | |
| JM | 3.21 | 3,490 | 0.59 | 23.36 | 3.35 | 4.21 | 63.62 | 1.36 | 2.31 | 0.17 | 0.42 | — | — | — | 0.003 | |
| JL | 3.22 | 3,100 | 0.66 | 26.54 | 2.60 | 3.04 | 63.58 | 0.77 | 2.35 | 0.22 | 0.36 | — | — | — | 0.003 | |

*計算値

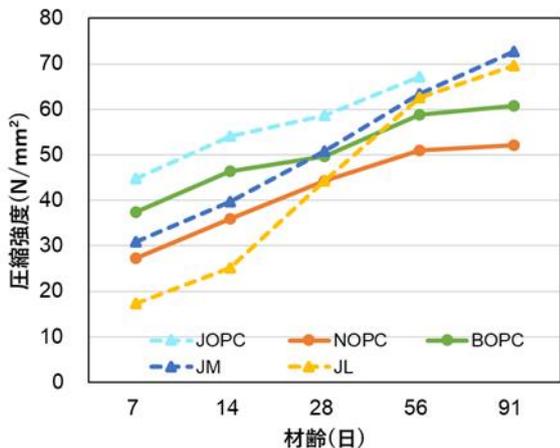


図-1 圧縮強度の比較

3. 実験結果および考察

図-1 に圧縮強度試験結果を示す．混合セメント BOPC を用いたモルタルの圧縮強度は，おおよそ JOPC および NOPC を用いたモルタルの圧縮強度の平均となっている．鉱物組成がおおよそ同様である NOPC と JL および BOPC と JM を用いたモルタルは材齢 28 日の圧縮強度が同程度であるが，NOPC と BOPC を用いたモルタルの長期強度の増進は認められなかった．

図-2 に自己収縮率を示す．ネパール産普通ポルトランドセメント NOPC を用いたモルタルの自己収縮は JM および JL を用いたモルタルの自己収縮と同程度であり，混合セメント BOPC を用いたモルタルおよび JOPC を用いたモルタルの自己収縮より 100 μ 程度小さいことが認められた．

図-3 には乾燥収縮率を示す．ネパール産普通ポルトランドセメントを含む NOPC および BOPC を用いたモルタルは，日本産セメントを用いたモルタルより乾燥収縮が大きい傾向を示した．

図-4 に酸素拡散係数を示す．平衡状態は，温度が 20 $^{\circ}$ C，相対湿度が 60%の室内環境で質量変化が一定となった状態を称する．絶乾状態は，温度が 40 $^{\circ}$ Cの真空乾燥を 48 時間実施した状態を称する．飽水度については，JOPC 以外の供試体は試験終了後に 24 時間浸水したのち，表面の水分を除去したものを表乾状態として計測し，JOPC は供試体切断後に計測した．同鉱物組成である混合セメント BOPC と JM を用いたモルタルおよびネパール産セメント NOPC と JL を用いたモルタルをそれぞれ比較すると，日本産の JM および JL を用いたモルタルは酸素拡散係数が大きくなった．

4. まとめ

混合セメント BOPC を用いたモルタルは NOPC を用いたモルタルより圧縮強度が大きく，酸素拡散係数は小さくなった．しかし，自己収縮および乾燥収縮については NOPC と同程度または増大した．

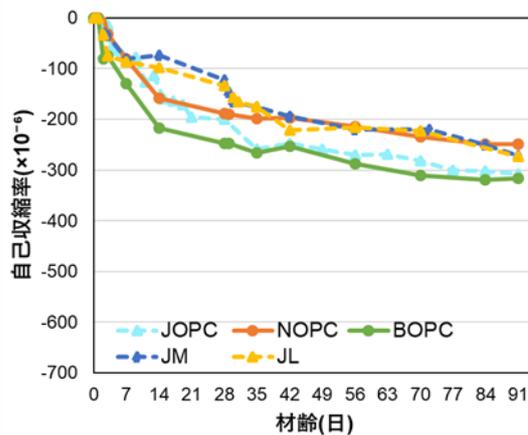


図-2 自己収縮率の比較

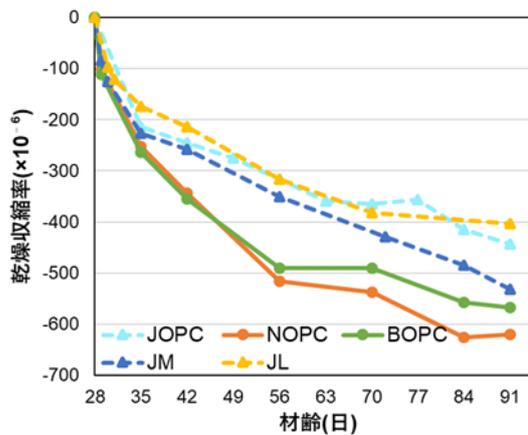


図-3 乾燥収縮率の比較

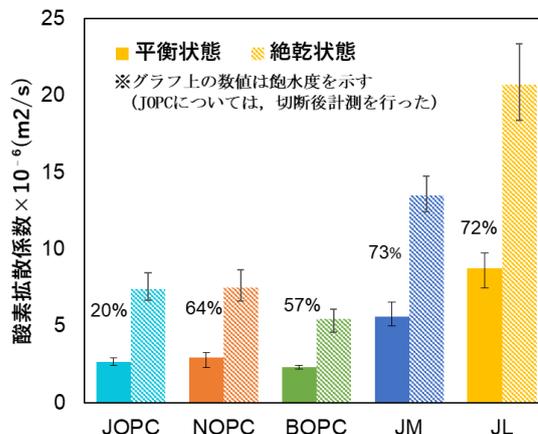


図-4 酸素拡散係数の比較

参考文献：

- 1) CRED : Natural disasters 2018, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, 2019.
- 2) 村上地洋, 松浪康行, 李春鶴 : ネパール製セメントを用いた硬化体の酸素拡散に関する基礎的研究, 第 75 回セメント技術大会, セメント協会, pp.232-233, 2020.
- 3) 白川敏夫, 島添洋治, 麻生実 : コンクリート中への酸素ガスの拡散に関する実験的研究, コンクリート工学年次論文報告集, Vol.17, No.1, pp.665-670, 1995.