

高炉モルタルへのけい酸塩系表面含浸材の施工量とひび割れ発生抵抗性の関係

高知高専 学生会員 ○濱田義大 高知高専 正会員 近藤拓也
(株)安部日鋼工業 正会員 辛 軍青 (株)安部日鋼工業 正会員 宮島 朗

1. 序論

高炉スラグ微粉末による混和材としての効果を十分に発揮させるためには、高炉スラグ微粉末が有する潜在水硬性を促進させることが必要である。そこで、pH=11～12 であり、コンクリート表面に塗布することで外見を変えることなく含浸部の性能を向上させることのできるけい酸塩系表面含浸材(以下、表面含浸材)に着目した。高炉スラグ微粉末と表面含浸材を組み合わせることで、潜在水硬性の促進と表面含浸材の改質効果が見込まれ、既往の研究でも、圧縮強度の増加が確認されている¹⁾。

しかし収縮ひずみの増加や Cl⁻浸透抑制効果が低下する傾向が確認された。これは、収縮の増加でひび割れが発生したことが原因と考えられる。ひび割れは、コンクリートを緻密化することにより効果をもたらす両者にとって好ましくない事象である。

そこで本研究では、高炉スラグモルタルの表面含浸材の施工量がひび割れ発生抵抗性に与える影響について評価を行った。

2. 研究方法

本研究の試験要因を表-1 に示す。表面含浸材の施工量は改質断面積の増加につながるため、試験要因とした。供試体はモルタルとし、W/B=55%とした。また高炉スラグ置換率は 50%，高炉スラグ微粉末の粉末度は 4000 ブレーンとした。供試体は 40mm×40mm×160mm の角柱とし、あらかじめゲージ長 2mm のひずみゲージを貼り付けた鋼材(Φ6mm)を中央に配置した拘束供試体と鋼材を配置しない収縮供試体の 2 種類とした。なお鋼材はひずみゲージ貼付け部を含む中央 40mm 区間をブチルゴムで巻き、モルタルとの付着が作用しない措置を行った。拘束供試体のひずみゲージ配置図を図-1 に示す。

供試体は材齢 7 日まで水中養生を行い、その後材齢 35 日まで室内環境下で存置した。同日表面含浸材を施工した。表面含浸材の施工は、打込み面と底面(40×160mm)の

表-1 けい酸塩系表面含浸材の概要

主成分	モル比 (pH)	施工量 (L/m ²)
けい酸ナトリウム系	3.2 (11.2)	0.2
		0.4

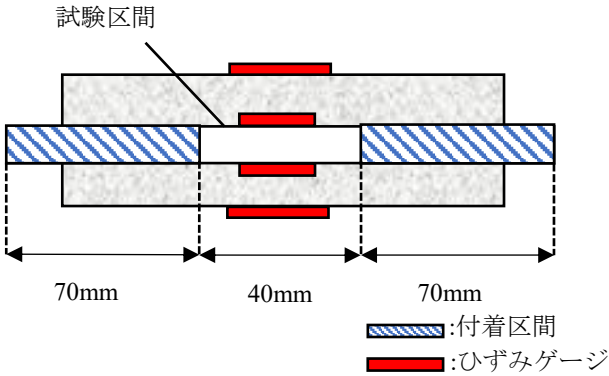


図-1 拘束供試体略図

2 面に行い、他の 40×160mm の 2 面にゲージ長 30mm のひずみゲージを貼りひずみ測定を行った。表面含浸材はけい酸ナトリウム系を主成分とし、[Na₂O]/[SiO₂]比(以下モル比)は 3.2 とした。表面含浸材の施工は 0.2L/m² ずつ行い、各回終了後水分を供給することで養生を行った。その後、20℃、60%R.H.の環境下に供試体を存置した。

本研究では、収縮試験およびビッカース硬さ試験を行った。拘束供試体のモルタル表面および鋼材の測定ひずみから、収縮を考慮した力のつり合い式より拘束応力を算定した。ビッカース硬さ試験では、別途作製した無筋角柱供試体を 40×40×20mm に切断し、改質効果および改質深さを推定した。

3. 実験結果と考察

3.1 ビッカース硬さ試験

ビッカース硬さ試験の結果を図-2 に示す。ビッカース硬さが無施工供試体に交わるまでのモルタル表面からの距離を改質深さと定義した。

改質深さは施工量 0.2L/m² で 8mm、施工量 0.4L/m² では 9mm を示した。そのため施工量で比較した場合、改

質深さに大きな差は確認できなかった。これは、高炉スラグモルタルが緻密であるため、モルタル中への表面含浸材の浸透が毛細管現象であることが支配的になるためと考えられる。一方ビッカース硬さ増加量はともに約7HVとなり、施工量による硬さ増加量に変化は見られなかった。これは既往の研究でも示したとおり、潜在水硬性にはpHの寄与が大きいとありと考えられる。

3.2 ひずみの経時変化

表面含浸材を施工したモルタル表面のひずみの経時変化を図-3に示す。図中縦軸の正を膨張方向、負を収縮方向とした。表面含浸材の施工がひずみの経時変化に与える影響を検討するため、表面含浸材の施工直前(材齢34日)を基準点(0日)とした。表面含浸材の施工後に一旦膨張し、その後収縮する傾向を示した。また施工量0.4L/m²において、無施工供試体よりも収縮量が抑制される傾向を示した。施工量0.2L/m²では水分供給が1層目施工時のみであるが、施工量0.4L/m²では2層目の施工時にも水分を供給するため、水分供給量および供給終了時間が異なると考えられる。そのため、供給された水分による膨張で生じた差が、時間が経過しても継続しているものと考えられる。

拘束供試体と無筋供試体ではモルタル表面のひずみに差が生じている。この差が拘束応力である。拘束供試体、無筋供試体ともに要因間での収縮ひずみの発生状況に差は確認できなかった。拘束供試体では収縮ひずみの発生とともに鋼材にも収縮ひずみの発生を確認した。

3.3 拘束応力の算定

拘束供試体中における鋼材ひずみを使用し、算出した拘束応力を図-4に示す。算出した拘束応力は引張強度を超えるとひび割れを発生させる可能性がある²⁾。表面含浸材の塗布から100日経過後には、拘束応力が施工量0.2L/m²では約0.29N/mm²、施工量0.4L/m²では約0.31N/mm²となり、施工量の変化では拘束応力に大きな変化がないことが確認できた。なお、割裂引張試験より得られた引張強度は4.9N/mm²であった。これより、拘束応力が引張強度よりも大きな値となるにはかなりの期間を要することが予想できる。今回は表面含浸材の施工が与える拘束応力のみを測定したが、今後は打込み直後から発生する拘束応力について考慮することも必要である。

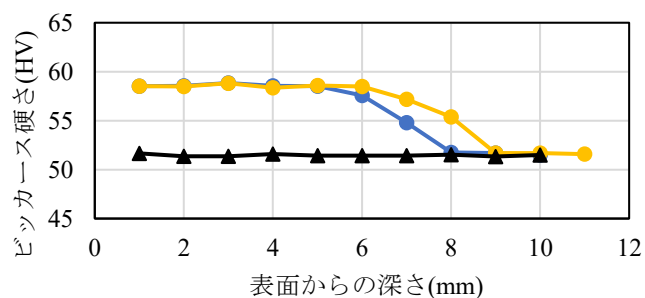


図-2 ビッカース硬さ分布

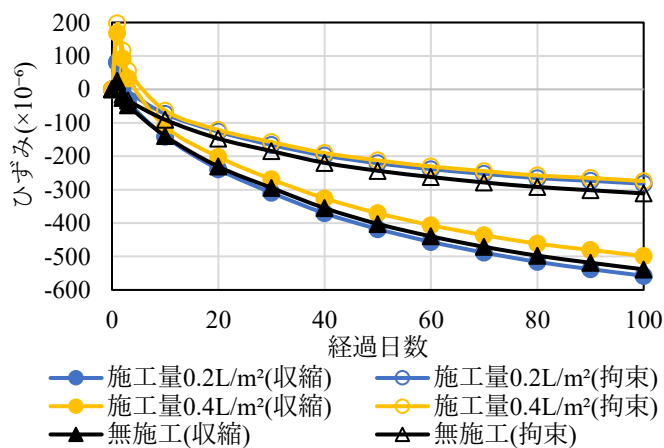


図-3 ひずみの経時変化

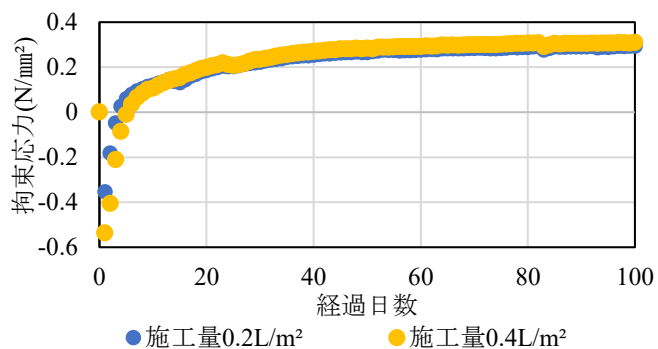


図-4 拘束応力の経時変化

4. 結論

本研究では、高炉スラグ微粉末を混入したモルタルに表面含浸材を施工し、ひび割れ発生抵抗性について検討を行った。その結果、表面含浸材の施工量により、ひび割れ発生抵抗性に明確な差は見られなかった。しかし、表面含浸材による収縮増加要因は他にも存在するため、さらなる検討が必要である。

【参考文献】

- 1) 二神啓ら：けい酸塩系表面含浸材を施工した高炉セメントモルタルの耐久性，コンクリート工学年次論文集，Vol.20，No.1，pp.1067-1072，2021.7
- 2) 吉川悟史ら：モルタル供試体を用いた収縮ひび割れ試験方法に関する実験的研究，コンクリート工学年次論文集，Vol.38，No.1，pp.513-518，2016.7