

ダイレクトスプレー法によるケミカルプレストレスの導入について

鹿児島大学工学部 学生員 ○前田 剛志
 鹿児島大学大学院 学生員 上原 尚也
 鹿児島大学工学部 正会員 松本 進

1. はじめに

ダイレクトスプレー法とは、写真-1に示すように繊維とモルタルを別々のノズルから型枠上に層状に吹き付ける方法である。このため、プレミックス法に比べて繊維混入率を容易に上げることができ、曲げ強度を高め、また、モルタル膨張を拘束する効果が大きくなる。このことから、大きなプレストレスを導入できる可能性がある。そこで、本研究ではダイレクトスプレー法に膨張材を用いてケミカルプレストレス薄肉版を作製し、膨張特性及びケミカルプレストレス導入量の検討を行った。

2. 実験概要

本実験の使用材料を表-1に示す。モルタル配合の決定にあたっては、有効にケミカルプレストレスを導入するため、過膨張による強度低下を起こさない範囲でなるべく大きな膨張ひずみを得る必要がある。ここでは、繊維混入状態での材齢7日における膨張ひずみとして 3000×10^{-6} を目標値とした。膨張材の使用量については予備実験を行い決定した。予備実験では $40 \times 40 \times 160$ (mm)のモルタルバー供試体を用い、ガラス繊維混入率は2.0%(体積比)とし、結合材中の膨張材量の割合を0~20%で変化させて膨張ひずみを測定した。また、モルタルをスプレーノズルで吹き付けるには適度な流動性が必要なため、落下運動なしでのフロー値が180mm程度となるように高性能AE減水剤の添加量を調整し、材料分離防止のため増粘剤を添加した。モルタル配合を表-2に示す。

ダイレクトスプレー実機でのガラス繊維混入量は3.7%(体積比)とした。各配合につき一体、寸法 $1000 \times 1000 \times 10$ (mm)の薄肉板を作製した。打設翌日に脱型し、膨張ひずみ測定用供試体として寸法 $300 \times 300 \times 10$ (mm)、曲げ載荷試験用供試体として寸法 $300 \times 100 \times 10$ (mm)に切断した。養生条件は材齢7日まで水中養生、以後気中養生とした。養生中の膨張ひずみは測定長100mmのコンタクトゲージを用い、製造ライン方向及び製造ライン直交方向(写真-1参照)について測定した。曲げ載荷試験も同様の2方向について材齢7日、14日、28日で試験を行った。曲げ載荷試験は図-1に示すようにスパン200mmの一点集中載荷で行った。載荷時には供試体下面にひずみゲージ(60mm)を貼付し、得られた荷重-ひずみ曲線の傾きの急変点をひび割れ発生荷重とし、曲げひび割れ強度および曲げ強度を求めた。

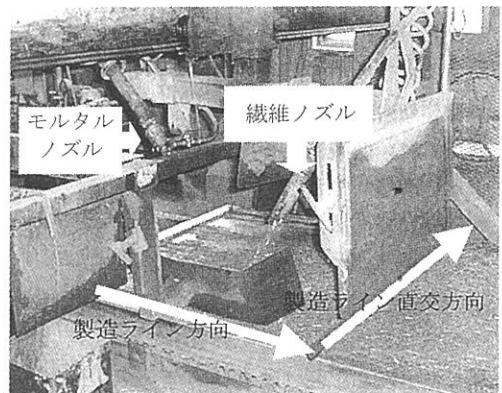


写真-1 ダイレクトスプレー法による薄肉版作製状況

表-1 使用材料

材料	特性
セメント	早強ポルトランドセメント (密度 3.14g/cm^3)
細骨材	種子島砂(密度 2.68g/cm^3)
混和剤	ポリカルボン酸系高性能AE減水剤
膨張材	エトリンガイト系(密度 2.92g/cm^3)
増粘剤	メチルセルローズ系
繊維	耐アルカリガラス繊維ロービング (密度 2.8g/cm^3 , $\phi 13\mu\text{m}$)

表-2 モルタル配合

配合番号	W/B (%)	S/B	膨張材有無	単位量(kg/m^3)					
				W	B		S	SP	MC
					C	E			
①	50	1.5	無	363	726	0	1088	6.9	0.1
②			有	363	606	120	1088	6.9	0.1
③	40	1.0	無	356	890	0	890	8.01	0.1
④			有	356	740	150	890	8.01	0.1

(E: 膨張材, SP: 高性能AE減水剤, MC: 増粘剤)

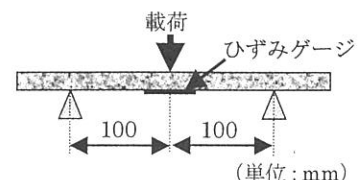


図-1 曲げ載荷試験図

3. 実験結果及び考察

膨張ひずみの経時変化について、製造ライン方向のひずみを図-2(a)に、製造ライン直交方向のひずみを図-2(b)に示す。膨張材を混入した配合②及び④について材齢7日における膨張ひずみを見ると、配合④は方向による差はあるものの平均すると 3000×10^{-6} 程度であり目標に近い膨張ひずみが得られたが、配合②は 1200×10^{-6} 程度となり目標には至らなかった。方向による違いについて図-2(a)及び(b)を比較すると、配合①及び③ではほとんど差は見られないが、配合②及び④については製造ライン直交方向のほうが製造ライン方向より大きくなっている。

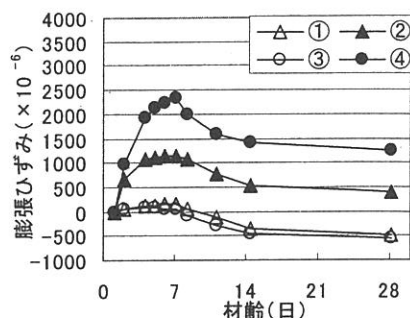
次に、ダイレクトスプレー法を用いた場合の繊維の配向特性について調べた。図-3に繊維の配向特性を繊維の方向角の度数分布で示す。なお、図中の角度0度は製造ラインの進行方向を示す。おおむね一様な角度分布であるが、配向係数を求めると、製造ライン方向については0.672、製造ライン直交方向については0.596となり、若干製造ライン方向に偏っていることが分かった。繊維の配向係数が高いとモルタルの膨張がより強く拘束され、膨張を抑制する効果が大きくなる。製造ライン方向は製造ライン直交方向よりも繊維による拘束効果が大きくなるため、配合②及び④の膨張ひずみにおいては製造ライン方向が小さくなっていると考えられる。

曲げひびわれ強度の経時変化を、製造ライン方向について図-4(a)に、製造ライン直交方向について図-4(b)に示す。これを見ると、材齢が増すにつれ強度も増加している。また、いずれの材齢においても膨張材を混入した配合②及び④は、膨張材無混入の配合①及び③よりも $2.0 \sim 4.0 \text{ N/mm}^2$ の範囲で曲げひびわれ強度が増加しており、ケミカルプレストレスの効果が確認できる。また、製造ライン方向の強度が製造ライン直交方向のものに比べ大きくなっている。これは、繊維の配向状況が若干製造ライン方向に偏っているため、補強効果が大きいことが原因として考えられる。

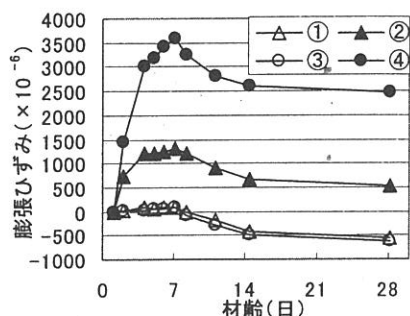
4. まとめ

ダイレクトスプレー法によるケミカルプレストレス薄肉版の実験結果から、膨張材を混入することにより曲げひびわれ強度が増大し、ケミカルプレストレスの導入が確認された。しかし、強度のばらつきや薄肉版の上・下面での不均一な膨張による反りなどの問題が明らかとなった。今後、繊維や膨張効果の不均一性、施工方法等の改善を行うことで、安定した強度及びケミカルプレストレスを得ることができると考えられる。

【謝辞】本研究はインフラテック(株)との共同研究により行われました。インフラテック(株)には、供試体作製の援助および実験施設の提供を賜りました。ここに、記して謝意を表します。



(a) 製造ライン方向



(b) 製造ライン直交方向

図-2 膨張ひずみの経時変化

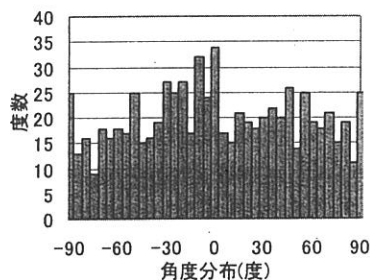
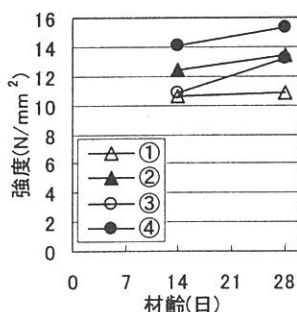
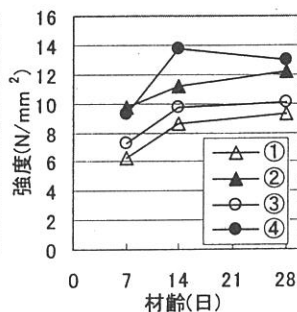


図-3 繊維の配向特性



(a) 製造ライン方向



(b) 製造ライン直交方向

図-4 曲げひびわれ強度の経時変化