繊維材料を用いたコンクリートの乾燥収縮抑制効果について

東洋建設（株）　正会員　○水谷　征治
東亜建設工業（株）　正会員　網野　貴彦
五洋建設（株）　正会員　内藤　英晴
早稲田大学　フェロー　清宮　理

1．はじめに

近年, ひび割れ抑制対策としてひび割れ抵抗性の向上や収縮低減効果を付与する方法が数多く開発され, 採用事例も増加している. ひび割れ抑制対策の中に繊維材料を用いた方法があるが, 繊維の形状や材質が様々であり, これらのひび割れ抑制効果について定量的に評価した事例は少ない. 本報告では, 繊維ネットと短繊維という形状の異なるものおよび短繊維については材質の異なる 2 種類の材料を用いたコンクリートの乾燥収縮ひずみを計測し, 乾燥収縮ひび割れの抑制効果について定量的な評価を試みた.

2．実験概要

使用材料を**表-1** に, 配合と検討ケースを**表-2** に示す. 供試体の形状・寸法を**図-1** に示すが, 無拘束(S1)と下面を鋼材で拘束した(S2)条件でひずみ計測を行った. 供試体の曝露条件は 20℃, 55%RH 環境とし, 乾燥面を側面のみとした. また, 各供試体のひずみ計測は, 無拘束供試体についてはミクロンストレインゲージ, 鋼材による拘束供試体についてはひずみゲージを用いて乾燥開始から材齢 19 週まで行った(乾燥開始は, 打込み後 1 日).

3．無拘束（S1）供試体のひずみ計測結果

無拘束供試体のひずみ（自由ひずみ）の経時変化を**図-2** に, 収縮がほぼ安定した材齢 91 日におけるケース 1 に対する各ケースのひずみの比を**図-3** に示す. 内部に鉄筋もしくはガラス繊維ネットを配置したケース(ケース 2,5）については, 鉄筋比もしくは配置枚数に比例した収縮ひずみの低減効果が見られたが, 短繊維を混入したケース（ケース 3,4）については, 標準量の 2 倍混入したケース（ケース 3-2,4-2）のみで若干効果が見られた程度であった. また, ガラス繊維ネット 1 枚配置が鉄筋比 0.5%と同程度の低減効果となることが確認された.

4．鋼材による拘束（S2）供試体のひずみ計測結果

鋼材による拘束を受けた供試体の上･下縁でのひずみ

表-1　使用材料

使用材料	物理的性質など
ｾﾒﾝﾄ(C)	高炉ｾﾒﾝﾄB種(BB)／密度:3.04g/cm^3, 比表面積:3,900cm^2/g
細骨材(S)	陸砂:茨城鹿島産,表乾密度:2.66g/cm^3,吸水率:0.76%,粗粒率:2.49% 砕砂:茨城岩瀬産,表乾密度:2.65g/cm^3,吸水率:1.07%,粗粒率2.95%
粗骨材(G)	茨城桜川産,表乾密度:2.66g/cm3,吸水率:0.71%,実績率:62.1%,粗粒率:6.46%
AE減水剤(Ad)	ﾘｸﾞﾆﾝｽﾙﾎﾝ酸化合物とﾎﾟﾘｵｰﾙの複合体
ｶﾞﾗｽ短繊維(G繊維)	耐ｱﾙｶﾘ性ｶﾞﾗｽ繊維,繊維径:14μm,弾性係数:72,000MPa,引張強度:1,700MPa（ﾒｰｶｰ仕様）
ﾎﾟﾘﾌﾟﾛﾋﾟﾚﾝ短繊維(PP繊維)	材質:100%ﾎﾟﾘﾌﾟﾛﾋﾟﾚﾝ,比重:0.91,繊維長:12mm, 標準添加量:0.1vol%（910g/m^3）（ﾒｰｶｰ仕様）
ｶﾞﾗｽ繊維ﾈｯﾄ(Gﾈｯﾄ)	ﾒｯｼｭ寸法:30mm×30mm,引張強さ:15,000N/21cm幅（ﾒｰｶｰ仕様）

表-2　配合と検討ケース

検討ケース	単位量(kg/m^3) W	C	S	G	Ad	G繊維	PP繊維	鉄筋比(%)	Gﾈｯﾄ(枚)	拘束条件 S1	S2
1	159	328	784	1041	3.49	-	-	-	-	○	○
2-1						-	-	0.7	-	○	
2-2						-	-	2.0	-	○	
3-1						0.6	-	-	-	○	○
3-2						1.2	-	-	-	○	
4-1						-	0.91	-	-	○	○
4-2						-	1.82	-	-	○	
5-1						-	-	-	1	○	○
5-2						-	-	-	2	○	

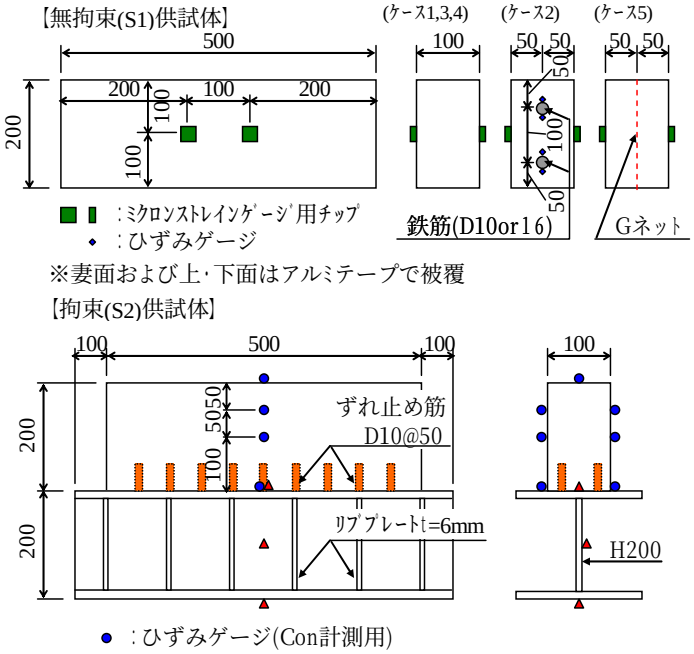

図-1　供試体形状・寸法

キーワード　繊維ネット，短繊維，乾燥収縮，ひび割れ
連絡先　〒300-0424　茨城県稲敷郡美浦村受領 1033-1　東洋建設（株）美浦研究所　ＴＥＬ029-885-7511

（実ひずみ）の経時変化を**図-4** に示す．無拘束供試体のひずみに比べて上縁のひずみは収縮が大きく，下縁のひずみは収縮が小さい結果となった．これは，下縁のみが鋼材に拘束されたことにより，供試体に曲げ変形が生じ，上縁では圧縮応力，下縁では引張応力が発生したためと考えられる．

また，各ケースのひずみの大きさは，上縁では自由ひずみとほぼ同様の大小関係を示しているが，下縁では明確な大きさの違いが見られなかった．これは，上縁は拘束の影響が小さく，ひずみの大きさは自由ひずみの傾向で決定されるが，下縁は拘束の影響が大きく，自由ひずみの傾向が明確に表れなかったためと考えられる．

5．乾燥収縮ひび割れ抑制効果

鋼材による拘束供試体の何れのケースにおいてもひび割れは発生しなかったため，ひび割れの発生要因である引張の有効ひずみの大きさを比較した．有効ひずみは，実ひずみから無拘束供試体で計測したひずみ（自由ひずみ）を減じた値で表される．引張の有効ひずみが最も大きくなる下縁の有効ひずみ（材齢 91 日）を**図-5** に示す．

短繊維を混入したケース 3 および 4 については，プレーンなコンクリート（ケース 1）の引張の有効ひずみとほぼ同等もしくはやや大きい値となり，乾燥収縮に伴い発生する引張応力の低減効果は確認できなかった．ガラス繊維ネットを配置したケース 5 については，引張の有効ひずみが 15%程度低減されており，乾燥収縮ひび割れの抑制効果が確認できた．

6．まとめ

(1) ガラス繊維およびポリプロピレン繊維の短繊維は，標準量の 2 倍程度添加した場合に自由収縮ひずみを若干低減する効果が確認された．

(2) 鉄筋およびガラス繊維ネットは，自由収縮ひずみを低減する効果があり，本実験の配合では，ネット 1 枚が鉄筋比 0.5%で鉄筋を配置した場合とほぼ同程度の低減効果を有することが確認された．

(3) ガラス繊維およびポリプロピレン繊維の短繊維を標準添加量混入した場合，外部拘束を受けるコンクリートの引張の有効ひずみの低減効果は確認されなかった．

(4) ガラス繊維ネットを配置した場合，外部拘束をコンクリートの引張の有効ひずみ低減効果が確認された．また，今回の実験条件においては，ネット 1 枚の配置により，引張応力が 15%程度低減された．

なお，本研究は，早稲田大学清宮研究室，あおみ建設（株）五洋建設（株），東亜建設工業（株），東洋建設（株），若築建設（株）の共同研究として実施したものである．

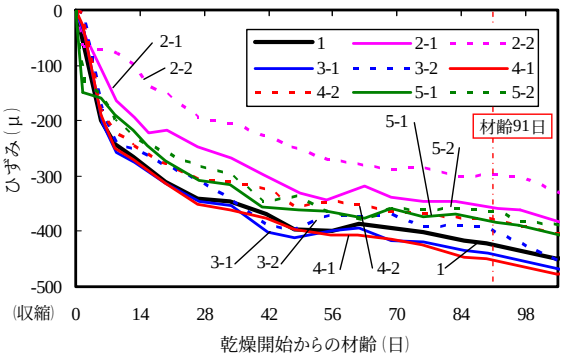

図-2　自由ひずみの経時変化

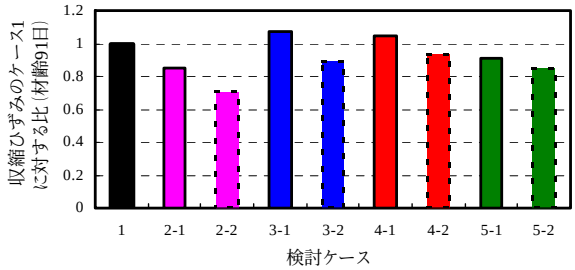

図-3　自由ひずみの比較（材齢 91 日）

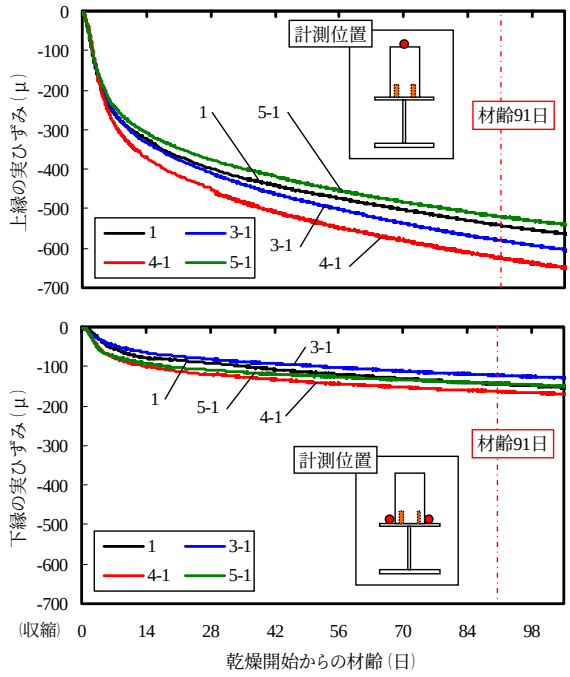

図-4　実ひずみの経時変化

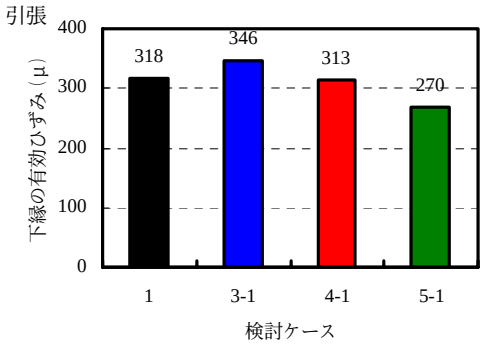

図-5 有効ひずみの比較（材齢 91 日）