

凝結促進用混和材ACF-Wによるコンクリート上面の仕上げ作業の時間短縮効果

Advanced Concrete Finishing Work Using Additive for Setting Time Adjustment

浦野 真次*1、黒田 泰弘*2

1. はじめに

コンクリート工事の生産性向上のため、ICT（情報通信技術）の活用などが積極的に推進されている。レディーミクストコンクリートを現場で施工する場合においても、生産性向上を目的として、コンクリートの品質を確保した上で省力化や機械化が進められている。しかし、これまで通りの材料や施工管理の体制を前提として進めていても、大幅に生産性向上を図ることは難しいのが現状である。これは、コンクリートの現場での施工性や作業時間は、外気温の影響を受けやすく、コンクリートの流動性の低下や硬化するタイミングが季節で異なるためである。

現状では、夏期では流動性低下や凝結が早いために作業人員を多くして短時間で作業を行う必要があり、冬期では流動性低下や凝結が遅く仕上げなどの次作業ができるまで待機する必要がある。そのため、生産性は向上しない要因となっていると考えられる。コンクリートの品質についても、施工者が制御・コントロールすることを容易に行うことができず、打込み、仕上げ、養生などの各作業における品質確保は技術力に依存する場合も多い。

今後、現場での生産性向上および働き方改革を推し進め、コンクリート工事の機械化・自動化を目指すためには、品質確保と施工の合理化を一体として進め、従来の方法にとらわれずに革新的な方法を導入する必要がある。そのためにはまず、施工をコンクリートの性状に依存したものとせず、温度などの環境が変化しても現場内で施工者が品質をコントロールできる方法を採用して、コンクリート工事生産性向上と品質確保を

同時に達成しなければならない。これにより外気温などの外的環境に左右されることなく高品質なコンクリートを確保すると同時に、コンクリート工事そのものの生産性を飛躍的に向上させ、現場打ちであっても残業のない施工を実現することができる。

アドバンスドコンクリートフィニッシュ工法（ACF工法）は、コンクリートの床・土間・スラブ工事に着目し、その生産性向上を図るものである。床・土間・スラブの冬期のコンクリート工事では、気温低下による凝結時間の大幅な遅延が生じ、仕上げ作業がある場合には残業～深夜作業になる場合も多い。打込み作業の終了時間が遅くなるほど、夕～夜間の気温低下により、凝結が遅延するだけでなく、ブリーディングが継続する場合があり、品質の低下をもたらす。この対策のため、現状は耐寒促進剤・早強剤を使用する必要があるが、ほとんど生コン工場で添加するタイプ（液状で単位水量の一部として計量）であり、現場でコントロールするものではない。外気温や施工条件によって作業時間が左右されずに、標準期と同様な施工性と作業時間とすることができれば、品質の良い床・土間・スラブ工事の仕上げ方法を確立することができる。上記の課題を解決するための工法であるACF工法は、冬期のコンクリートにおける凝結促進用混和材（以下、ACF-W）を適用した工法である。本報では、ACF-Wを用いたコンクリートの基礎的性状に関する検討^{1)~3)} および試験施工を行い、実施工時の凝結時間短縮効果の確認を行った結果^{4)~7)} について報告するものである。

*1 URANO Shinji : 清水建設（株）技術研究所 主任研究員

*2 KURODA Yasuhiro : 清水建設（株）技術研究所 主席研究員

2. ACF-Wを用いたコンクリートの基礎的性状

2.1 実験概要

2.1.1 使用材料および調合

本研究の使用材料を表-1に示す。ACF-Wはサルフォ系塩を主成分とする粉末で、主な化学成分は Al_2O_3 ：28~30%、 SO_3 ：68~70%であり、流動性を確保するための界面活性剤を予め添加したものである。セメントは、普通ポルトランドセメント(N)、高炉セメントB種(BB)、中庸熱ポルトランドセメント(M)の3種類とした。ACF-Wを添加する前のベースコンクリートの調合を表-2に示す。水セメント比は55%または40%とした。これらの調合に対して、後添加するACF-Wの添加量は、0~4kg/m³の中で調整した。ACF-Wを添加した調合名は、例えば添加量を4kg/m³としたとき、N55ACF4と表記する。調合名のPLはACF-W添加なしを示す。

2.1.2 練混ぜ方法

環境温度は10℃および20℃とした。強制二軸ミキサに骨材、セメントを投入し、空練りを10秒行った後、水を入れて30秒練り混ぜ、掻き落としを行い、さらに30秒練り混ぜた。ベースコンクリートはその時点で排出した。一方、ACF-Wを添加するコンクリートに関しては、現場でのアジテータ車への投入を想定し、ベースコンクリートを練混ぜ後、ACF-Wを後添加し、30秒練り混ぜ、コンクリートを排出した。

2.1.3 試験項目

以下に、本試験で実施した試験項目の詳細について示す。凝結試験は、プロクターによる貫入抵抗値を測定した。いずれの硬化体物性の試験項目においても、各環境温度にて材齢1日まで養生し、その後、脱型し、次の①~⑩の各種試験に供した。脱型後の養生条件を、表-3に示す。

- ①スランプ測定：JIS A 1101に準拠
 - ②空気量測定：JIS A 1128に準拠
 - ③コンクリート温度測定：JIS A 1156に準拠
 - ④凝結試験：JIS A 1147に準拠
 - ⑤ブリーディング試験：JIS A 1123に準拠
 - ⑥圧縮強度試験：JIS A 1108に準拠
 - ⑦長さ変化試験：JIS A 1129 - 2 附属書Aに準拠
 - ⑧水中凍結融解試験：JIS A 1148に準拠
 - ⑨スケーリング試験：ASTM C 672に準拠
 - ⑩透水量試験：JSCE-K 571に準拠
 - ⑪促進中性化試験方法および中性化深さ測定方法：JIS A 1153およびJIS A 1152に準拠
- ⑧のJIS A 1148に準拠した水中凍結融解試験では、10×10×40cmの供試体を各調合3本ずつ作製し、300サイクルまで30サイクル毎に質量減少率と相対動弾性係数を測定した。また、⑨のASTM C 672に準じたスケーリング試験では、φ10×8cmの供試体を作製し、気中乾燥過程で、図-1および写真-1に示すように供試体の打込み面周りに内径10cmの塩化ビニル管とシリコン

表-1 使用材料

材料名	記号	仕様
セメント	N	普通ポルトランドセメント, 密度 3.16g/cm ³
	BB	高炉セメントB種, 密度 3.04g/cm ³
	M	中庸熱ポルトランドセメント, 密度 3.21g/cm ³
細骨材	S	千葉県君津市産山砂, 表乾密度 2.62g/cm ³ , 吸水率 1.62%, 粗粒率 2.45
粗骨材	G	栃木県鹿沼産砕石 2010 : 1505 50:50, 表乾密度 2.64g/cm ³ , 吸水率 0.90%, 実積率 62.0%
水	W	上水道水
減水剤	AD	AE 減水剤高機能タイプ, 高性能 AE 減水剤
混和材	ACF	ACF-W, サルフォ系塩

表-2 コンクリートの調合

調合名	Gmax (mm)	W/C (%)	Air (%)	s/a (%)	単位量(kg/m ³)				
					W	C	S	G	AD
N55PL	20	55	4.5	45.6	165	(N)300	829	998	Cx0.6%
BB55PL	20	55	4.5	45.6	165	(BB)300	833	986	Cx0.6%
N40PL	20	40	4.5	45.0	180	(N)450	732	920	Cx1.0%
M40PL	20	40	4.5	45.0	180	(M)450	735	927	Cx1.0%

表-3 脱型後の養生条件

試験項目	養生条件
圧縮強度	測定材齢(7,28日)まで20℃水中養生
長さ変化試験	材齢7日まで20℃水中養生後、20℃/60%RH恒温室にて気中養生
水中凍結融解試験	材齢28日まで水中養生後、試験開始
スケーリング試験	材齢28日まで水中養生後、20℃/60%RHで14日間気中養生

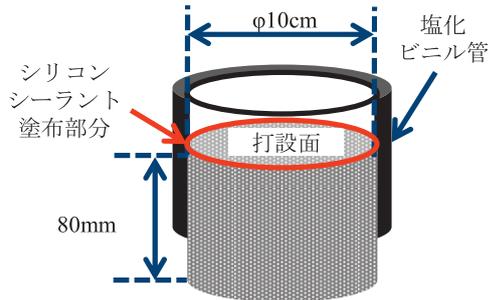


図-1 スケーリング供試体の模式図



写真-1 スケーリング供試体の状況

シーラントで土手を作製した。打込み面から高さ6mmまで、試験液として4%のCaCl₂水溶液で満たした。1日1サイクルとなるように、-18℃で16時間、+23℃で6時間、冷却・昇温過程1時間となる凍結融解工程とし、25サイクル実施した。5サイクル毎に目視による表面の観察に加えて、スケーリングしたコンクリートを採取し、40℃で3時間以上乾燥させ計量した。

⑩の透水量試験は、写真-2に示すように表面含浸材の試験方法(案)(JSCE-K 571)で示されている透水量試験に準拠し、口径75mmの漏斗をコンクリート打設面に設置して水頭高さを250mmとして透水量を測定した。

2.2 実験結果

2.2.1 フレッシュ性状

各環境温度においてACF-W添加量を0および4kg/m³としたコンクリートのフレッシュ性状を表-4に示す。環境温度10℃においては、セメントの種類に関わらず、練上り温度、空気量およびスランブのいずれにおいてもACF-Wの添加の有無によらず同等であった。一方で、



写真-2 透水量試験状況

表-4 コンクリートのフレッシュ性状

実験ケース	練上り温度	空気量	スランブ
	(℃)	(%)	(cm)
N55PL(20℃)	22.0	5.7	12.0
N55ACF4(20℃)	22.2	5.4	15.5
N55PL(10℃)	13.8	5.7	17.0
N55ACF4(10℃)	13.8	5.8	18.0
BB55PL(10℃)	10.3	4.5	17.5
BB55ACF4(10℃)	10.2	3.7	20.0
N40PL(10℃)	12.0	3.4	20.0
N40ACF4(10℃)	13.0	3.8	20.5
M40PL(10℃)	11.0	5.2	21.5
M40ACF4(10℃)	12.0	3.8	20.5

環境温度20℃においては、練上り温度、空気量は同程度であったが、ACF-Wを添加したコンクリートのスランブが3.5cmほど大きくなった。これはACF-W中の流動性を制御する成分により、流動性増進効果が発揮されたためと推察される。

2.2.2 ブリーディング性状

各環境温度においてACF-W添加量を0および4kg/m³としたコンクリートのブリーディング試験の結果の一例を図-2に示す。図には、コンクリートの練上り時を起点とし、経過時間に伴うブリーディング水の累積量を示した。10℃で練り混ぜたACF-W無添加のコンクリート(N55PL)のブリーディング率は6.6%でブリーディングが終了するまで330分程度を要した。20℃で練り混ぜたN55PLのブリーディング率は5.0%で、ブリーディングが終了するまで240分程度を要した。一方で、ACF-Wを添加したコンクリート(N55ACF4)のブリーディング率はいずれの環境温度においても、ACF-W無添加より著しく小さく、10℃の場合で0.18%、20℃で練り混ぜた場合で0.10%であった。ブリーディングが終了するまでいずれも60~90分程度であり、ブリーディングの低減効果について確認できた。他のセメント種類の調

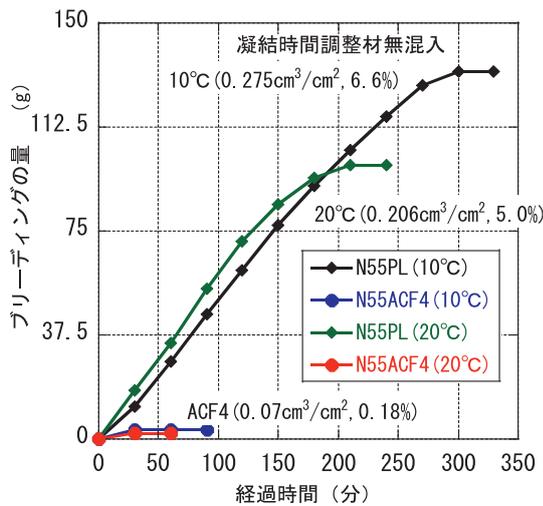


図-2 ブリーディング試験結果の一例

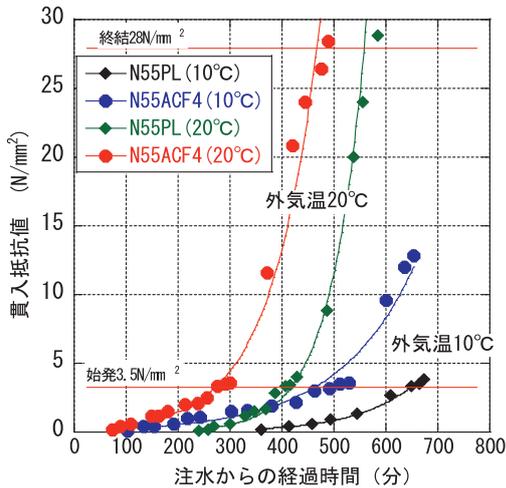


図-3 N55における凝結試験結果

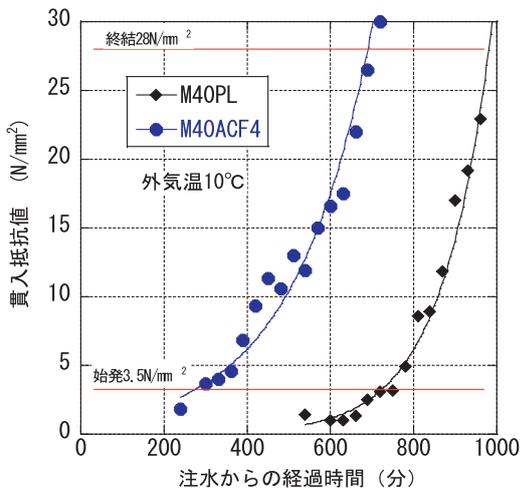


図-4 M40における凝結試験結果

合についても、同様にブリーディングの低減効果を確認している。

2. 2. 3 凝結性状

N55調合について、図-3に各環境温度においてACF-W添加量を0および4kg/m³としたコンクリートの凝結性状を示す。環境温度20°Cにおいては、ACF-W無添加のコンクリート(N55PL)は420分程度で始発に到達したのに対して、ACF-Wを添加したコンクリート(N55ACF4)は300分程度と120分程度短縮された。また、環境温度10°Cにおいては、N55PLは660分程度で始発に到達したのに対してN55ACF4では480分程度と、180分程度凝結が短縮された。

次に、M40調合の凝結試験の結果を図-4に示す。ACF-W無添加のコンクリート(M40PL)は750分程度で始発に到達したのに対して、ACF-Wを添加したコンクリート(M40ACF4)は300分程度と450分程度短縮された。ACF-Wの添加による凝結始発時間の短縮効果は、始発の時間において10°C環境下で7時間程度であることが確認され、特に低温環境下においては、セメント自体の凝結が遅い中庸熱セメントとの組合せにおいてより高い凝結促進効果を示した。

2. 2. 4 圧縮強度

図-5に、N40およびM40の調合におけるコンクリートの圧縮強度を示す。20°Cおよび10°Cのいずれの環境下においても、ACF-Wの添加による圧縮強度への影響は大きくなく、概ね無添加の場合と同等の結果となった。10°C環境下においては、ACF-Wの添加により若干強度が増加する傾向を示したが20°Cの結果も踏まえるとACF-Wの添加による圧縮強度への影響はほとんどないものと考えられる。

2. 2. 5 長さ変化

N55調合における各環境温度で作製した供試体の長さ変化の測定結果を図-6に示す。いずれの環境温度においても、PLよりACF4の方がわずかに大きい傾向を示し、材齢140日時点で、ACF4(20°C)はPL(20°C)より40μ程度、ACF4(10°C)はPL(10°C)より80μ程度大きくなった。これはACF-Wの添加によりブリーディングが減少した影響も考えられるが、今後詳細に検討する予定である。

2. 2. 6 凍結融解抵抗性

図-7にN55調合における各環境温度で作製した供試体の300サイクルまでの相対動弾性係数を示す。いずれの環境温度においても、PLとACF4は同等であり、比較的良好な凍結融解抵抗性を得ることができた。水セメント比55%の調合において、適切な空気量の導入を行っていたことからこのような凍結融解抵抗性を得られたと考えられ、ACF-Wの添加による影響はないことが

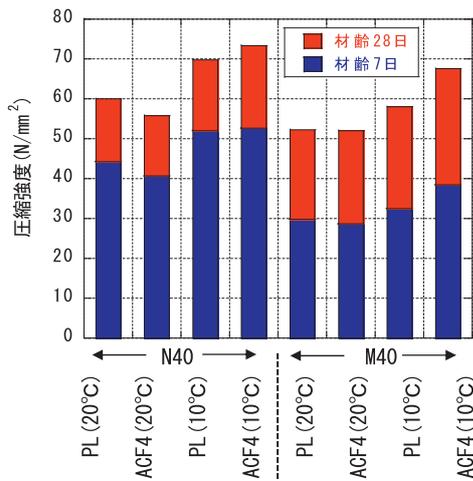


図-5 圧縮強度試験結果の一例

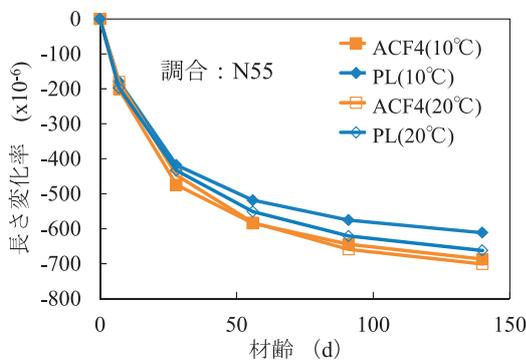


図-6 N55の長さ変化試験結果

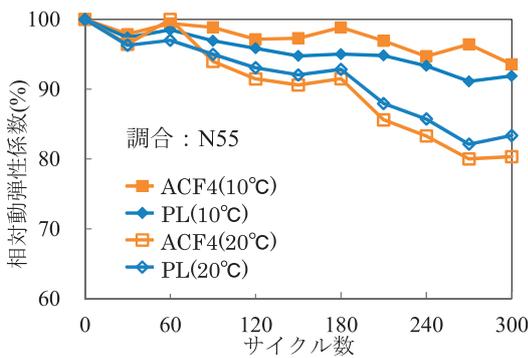


図-7 N55の凍結融解試験結果

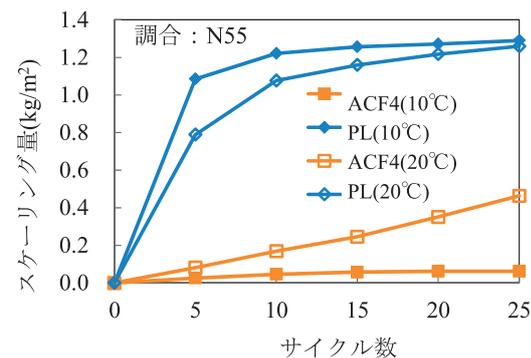


図-8 N55のスケーリング抵抗性試験結果

確認された。一般的にはブリーディング量の抑制により、凍結融解抵抗性は高くなるとされているが、そのブリーディング量の差による影響は認められず、PLとACF4が同等の凍結融解抵抗性が得られる結果となった。

2.2.7 スケーリング抵抗性

N55調合における各環境温度で作製した供試体の0サイクルからの総スケーリング量変化の結果を図-8に示す。PL (20°C)、PL (10°C) の25サイクル終了時点における総スケーリング量はともに、1.3kg/m²程度であり、総スケーリング量は5サイクルまでに急激に増加し、それ以降緩やかに増加する傾向であった。また、PL (20°C)、PL (10°C) の表面 (打込み面) の観察結果では、どちらも10サイクルで打込み面全体に砂利が露出していた。これはブリーディングによって生成したレイタンス層が試験初期段階にて剥離したためと推察される。また、レイタンス層以下の硬化体は緻密であるためスケーリング量の変化が5サイクル以降緩やかになったと推察される。一方で、ACF4 (20°C)、ACF4 (10°C) の25サイクル終了時点における総スケーリング量は、環境温度に拠らずPLよりはるかに低く、それぞれ、0.5kg/m²、0.1kg/m²以下であった。また、PLのような試験初期段階における急激なスケーリング量変化は無かった。ACF4 (20°C)、ACF4 (10°C) の表面の観察結果では、どちらも10サイクルで打込み面の剥離はほとんど無く、25サイクル終了時点においても剥離した部分はPLより少なかった。これらの結果からACF-Wの添加によって打込み面のスケーリング抵抗性が向上することを確認できた。これはACF-Wのブリーディング低減効果に伴い、打込み面の表層がACF-W無添加よりも緻密となり、表層品質が向上したためと推察される。

2.2.8 透水量

透水量試験結果を図-9に示す。打込み面の透水量は、PLの透水量に対して、ACF-Wを添加したものは概ね半分以下となり、環境温度が低い10°Cの場合の方がより透水量が少なくなった。すなわち、スケーリング抵抗性試験の結果と同様に、ACF-Wのブリーディング低減効果に伴い、打込み面の表層がACF-W無添加よりも緻密となり、表層品質が向上したためと推察される。このため、実施工においても硬化体の表面仕上げを施した打込み面の表層品質は、ACF-Wの添加により改善する可能性があると考えられる。

2.3 仕上げ面の中酸化抵抗性

ACF-Wを添加すると、ブリーディング抑制効果によって水分を逸散させないことから、本文2.2.5長さ変化において示したように、長さ変化が40~80μ程度

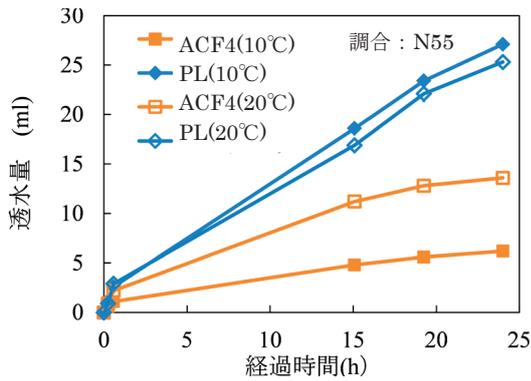


図-9 N55の透水量試験結果

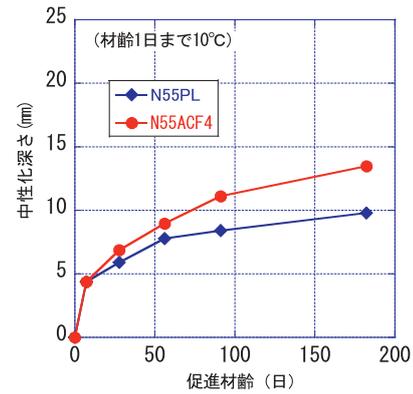
大きくなる場合がある結果となった。そこで、ACF-Wの添加が仕上げ面のコンクリートの中性化抵抗性に与える影響について検討した。表-2に示した調査のうち、水セメント比55%、ACF-Wを0,3,4kg/m³とした調査について、促進中性化試験における中性化深さの測定結果を図-10に示す。

本試験結果より、ACF-Wを添加したコンクリートと無添加の場合と比較すると、供試体側面から促進中性化させたものは、図-10(a)に示すように中性化深さがACF-Wを添加した方が若干大きくなる傾向を示した。一方、仕上げ面(打込み上面)から促進中性化させたものは、図-10(b), (c)に示すようにNでもBBでも無添加のPLの方が大きくなる結果となった。Nセメントの調査においてACF-Wを無添加の仕上げ面(打込み上面)から促進中性化させたものと、ACF-Wを添加して側面から促進中性化させたものとの中性化深さの比較をしたものが図-10(d)である。この結果から、側面と仕上げ面(打込み上面)において、最も中性化深さが大きくなっているのはACF-Wを無添加の仕上げ面であることがわかる。これは、ACF-W無添加のコンクリートの場合には、ブリーディングなどの水分の移動によって仕上げ面(打込み上面)では実質の水セメント比が大きくなり、中性化に対する抵抗性が低下する傾向を示したものと考えられる。したがって、ブリーディングを抑制しているACF-Wを添加したコンクリートは、ACF-Wを無添加の仕上げ面(打込み上面)の中性化深さを超えない範囲であることから、中性化に対する抵抗性は品質低下要因にはならないと考えられる。

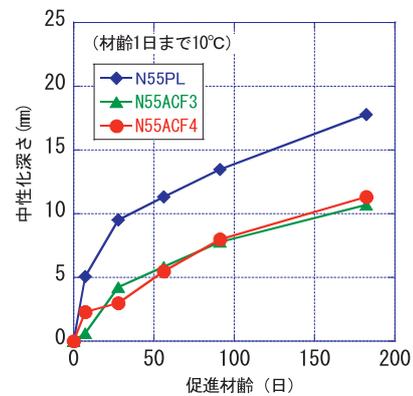
3. ACF-Wを用いたコンクリートのフーチングへの適用

3.1 施工の概要

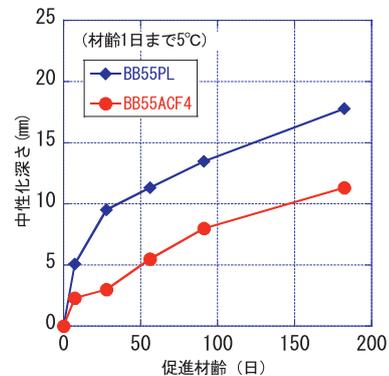
傾斜を有する形状のフーチング(図-11参照)につい



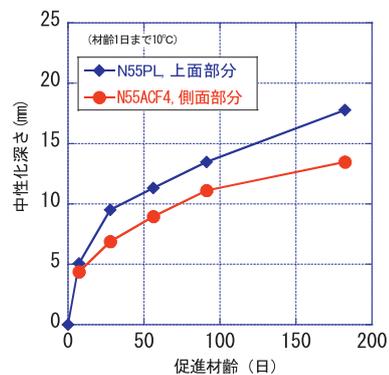
(a) 側面の結果 (N使用)



(b) 仕上げ面の結果 (N使用)



(c) 仕上げ面の結果 (BB使用)



(d) 仕上げ面と側面の結果の比較

図-10 促進進中性化深さ試験結果

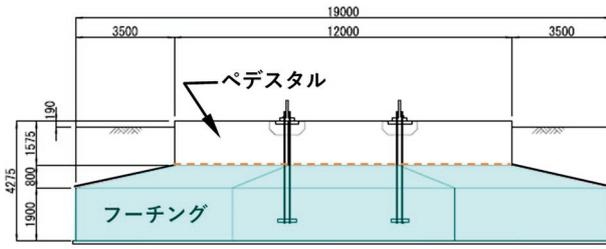


図-11 フーチングの形状

表-5 レディーミクストコンクリートの割合

W/C (%)	s/a (%)	単位量 (kg/m ³)				AD (C×%)
		W	C	S	G	
44.0	40.7	167	330	721	1070	1.0

上記に、凝結促進用混和材 ACF-W を後添加で約 3.3kg/m³ 投入した。

表-6 フレッシュ性状および圧縮強度

試料	コン温度 (°C)	空気量 (%)	スランプ (cm)	28 日圧縮強度 (N/mm ²)
ベース ACF 無添加	16.0	3.5	14.5	53.9
ACF 添加後 (3.3kg/m ³)	16.5	3.5	17.0	54.8

て、コンクリートの施工が日中10℃、夜間5℃程度となる寒冷期の環境において行われた。最終の仕上げ箇所となる傾斜部分の作業は、気温の低下する夜間となるため、作業関係者の負担が大きくなることが想定された。さらに、外気温低下で凝結が進まず、長時間継続するブリーディングやコンクリートの沈降等により、斜面の傾斜方向に直交するひび割れの発生が懸念された。

このため、コンクリート上面の仕上げ作業をできるだけ早期に着手・完了し、同時に仕上げ面のコンクリートの品質確保が可能な施工の実施を目的として、ACF-W を適用することとした。

フーチングの下部にはACF-W無添加のコンクリートを順次打ち込み、傾斜部の最上部鉄筋下まで充填した。その後、現場でトラックアジテータにACF-Wを混入したコンクリートを圧送し、傾斜部20~30cmの厚さで打ち込みを行った。このとき、下層のコンクリートと一体となるように締固めを確実にを行った。締固め後、表面の荒均しを行い、傾斜を所定のレベルに調整して待機した。専門工事業の通常感覚により、仕上げのタイミングを判断して金ごて押えを実施した。

3.2 フーチングに適用したコンクリート

3.2.1 割合

使用したレディーミクストコンクリートの割合(呼び方

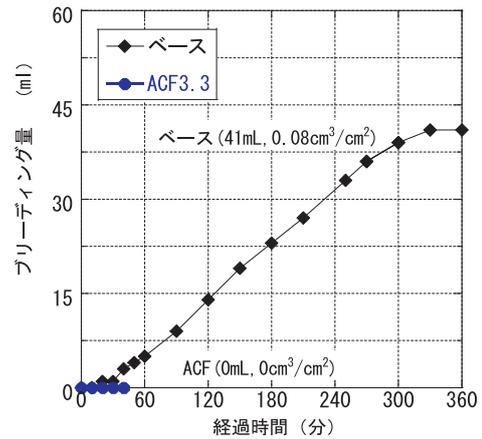


図-12 ブリーディング試験結果

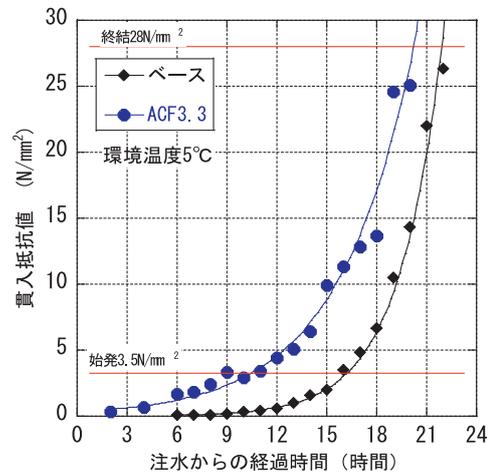


図-13 凝結試験結果

普通40-12-20N)を表-5に示す。ACF-Wは1袋14kgで梱包されたものを用いて、コンクリート運搬量4.25m³のトラックアジテータに現場で投入した。この添加量は、約3.3kg/m³となる。投入後2分間の高速攪拌を行い均一に混合した。この添加量は、施工当日の外気温およびコンクリート温度より判断したものである。

3.2.2 フレッシュ性状および強度

施工実施時の環境温度が5℃程度の状況においてACF-Wを添加する前後にコンクリートを採取し、フレッシュ性状の試験および採取した供試体の強度試験の結果を併せて表-6に示す。コンクリート温度、空気量は同程度であったが、ACF-Wを混入したコンクリートのスランプが2.5cmほど大きくなった。これはACF-W中の流動性を確保するための界面活性剤により、流動性増進効果が発揮されたためと推察される。ACF-Wの混入の前後で圧縮強度はほぼ同程度であり、影響がないことを確認した。

3.2.3 ブリーディング

ACF-W混入前後のブリーディング試験の結果を図-12

コンクリート	時刻										
	～16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	24:00	25:00～	
ベース (想定)	フーチング打込み作業			待機時間						仕上げ作業	
ACF-W (3.3kg/m ³)	傾斜部打込み			仕上げ作業		作業終了					

図-14 実施工における仕上げ作業短縮効果



写真-3 施工翌日の仕上げ面の外観

に示す。無混入のベースコンクリートのブリーディングは6時間程度継続した。水セメント比が比較的小さいため、ブリーディング量としては大きくないが、長時間継続する結果となった。一方、ACF-Wを混入したコンクリートは、ブリーディングが著しく減少し、測定できなかった。これまでの実験では外気温が10℃程度であったが、本施工における外気温5℃でも同様にブリーディング低減効果があることを確認した。

3.2.4 凝結

図-13に凝結試験の結果を示す。ただし、現場では試験がかなりの長時間となり、現地での試験実施が困難であったため、環境温度を5℃と一定とした実験室内で試験用ミキサによりコンクリートを製造し、凝結試験を行った。ACF-W無添加のコンクリートは始発（貫入抵抗値3.5N/mm²）が約16時間であったのに対して、ACF-Wを混入したコンクリートは約11時間と5時間程度早くなった。終結（28.0N/mm²）は、無混入が約22時間であったのに対して、ACF-Wが20時間半と1時間半程度早まった結果となっていた。室内の実験結果から、ACF-Wは主に始発以前の段階での凝結を促進する効果を有しており、終結に近いほど外気温の影響を受けて、無添加との差が小さくなったものと考えられる。仕上げ作業における金ごて押さえを行うタイミングの1つの目安が0.3N/mm²程度とされているが、0.3N/mm²の凝結時間はそれぞれ無添加が約10時間、ACF-Wは約2時間となった。したがって金ごて押さえを行うようなタイミングでは、ACF-Wの

添加によって大きな時間差が生まれ、約8時間早めて作業を着手できる結果となったことが確認された。

3.3 フーチングコンクリートへの適用の効果

実施工における仕上げ作業短縮効果を図-14に示す。ACF-W無添加の場合、室内実験結果図-2に示したように仮に6時間後までブリーディングが生じたとすると、想定ではあるが24時頃まで作業が待機となることが予想された。しかし、ACF-Wを添加したこのフーチングのコンクリートでは、打込み後1時間以内には仕上げ作業に着手し、21時前には終了することができた。これにより、施工管理の職員やコンクリートの施工関係作業者は、深夜にまで及ぶ作業がなくなったため、負担を大幅に軽減できた。さらに、無混入では外気温低下で凝結が進まない状況において、無理な押さえ作業や長時間継続するブリーディング等により、斜面の傾斜方向に直交するひび割れが施工翌日には発生する可能性がある。写真-3に施工翌日の状況を示す。傾斜部にはひび割れは観察されず、良好な仕上げ面を確保することができた。

4. まとめ

本報では、寒冷期のコンクリートの凝結促進用混和材ACF-Wを用いたコンクリートの基礎的性状を把握したうえで、実施工を行い、施工時の凝結および作業の時間短縮効果の確認を行った。

室内試験の結果、サルフォ系塩を主成分とする粉末状のACF-Wを用いることにより、フレッシュ性状を確保

したうえで、ブリーディングを低減させ、10℃の環境下で凝結を促進することができた。また、硬化後の性状については、圧縮強度への影響はほとんど認められず概ね無添加の場合と同等であり、ブリーディングの低減効果によって打込み・仕上げ面の表層品質向上を図ることができる可能性が示された。

フーチングコンクリートの実施工では、ACF-Wを約 $3.3\text{kg}/\text{m}^3$ 混入することにより、フレッシュ性状を確保したうえで、ブリーディングを低減させ、5℃程度の環境下で凝結を促進することができた。また、ブリーディングの低減効果によって傾斜部の打込み・仕上げ面の品質向上を図ることができたと考えられる。さらに、仕上げの作業着手時間、終了時間を大幅に早めることができ、施工管理の職員やコンクリートの施工関係作業者の負担を大幅に軽減することができた。

これらの知見に基づき、ACF-Wを用いたコンクリートを建築構造にも適用拡大ができるよう、2021年11月、一般財団法人日本建築総合試験所の建設材料技術証明を取得した。これにより実際の建築工事に展開し、栃木県で施工した「獨協医科大学日光医療センター」の約 90m^3 の建築構造床の施工に初適用した。冬期の低気温環境下、 $3.3\text{kg}/\text{m}^3$ のACF-Wを添加し、表面積約 500m^2 のスラブおよび梁を施工し、ACF-Wの凝結促進効果により、仕上げ作業に着手するまでの待機時間を通常工法と比べて3時間短縮することができた。

寒冷期のコンクリートの凝結促進用混和材ACF-Wを用いたアドバンスコンクリートフィニッシュ工法(ACF工法)により、寒冷期の床仕上げ作業が残業・深夜業になるのが当たり前という状況を終わりにし、かつ品質向上に寄与でき、生産性向上および現場の働き方改革に貢献できるよう、さらに検討していく予定である。

謝辞

凝結促進用混和材ACF-Wは、デンカ株式会社との共同開発であり、基礎性状試験および現場施工実験などを共同で実施した。ここに記して感謝の意を表する。

【参考文献】

- 1) 石井泰寛, 宮口克一, 浦野真次, 依田侑也: 寒冷期における凝結時間調整のための混和材の効果に関する検討, コンクリート工学年次論文集, Vol.40, No.1, pp.231-236, 2018
- 2) 石井泰寛, 伊藤慎也, 荒木昭俊: 凝結時間調整のための混和材がコンクリートの耐久性に及ぼす影響, コンクリート工学年次論文集, Vol.41, No.1, pp.155-160, 2019



写真-4 建築構造床の施工に適用したACF-Wの投入状況

- 3) 石井泰寛, 伊藤慎也, 浦野真次, 黒田泰弘, 依田侑也, 高橋圭一: 凝結調整のための混和材によるコンクリートの凝結促進効果に関する検討, 土木学会第75回年次学術講演会V-274, 2020
- 4) 黒田泰弘, 浦野真次, 依田侑也, 齊藤亮介, 宮口克一, 石井泰寛: 凝結促進のための混和材を用いたコンクリートの床施工に関する検討, 土木学会第73回年次学術講演会, V-022, pp.43-44, 2018
- 5) 浦野真次, 黒田泰弘, 高橋圭一, 依田侑也, 石井泰寛, 伊藤慎也: 凝結促進用混和材を用いたコンクリートの仕上げ作業時間短縮効果に関する検討, 土木学会第75回年次学術講演会V-275, 2020
- 6) 浦野真次, 石橋均, 鬼頭達矢, 高橋圭一: 風車フーチングにおける凝結促進用混和材を用いたコンクリートの適用-中泊くにうみウインドファーム-, コンクリート工学, Vol.59, No.6, pp.519-524, 2021.6
- 7) 浦野真次, 相澤一裕, 伊藤慎也, 黒田泰弘: 凝結促進用混和材を用いたコンクリートの仕上げ工法 -アドバンスコンクリートフィニッシュ工法(ACF工法), セメント・コンクリート, No. 896, pp.22-29, Oct. 2021

【執筆者】



*1 浦野 真次
(URANO Shinji)



*2 黒田 泰弘
(KURODA Yasuhiro)