収縮低減剤を用いた中流動コンクリートの収縮特性と耐凍害特性

関西大学大学院理工学研究科　学生会員　○野村　晃平
関西大学環境都市工学部　正会員　鶴田　浩章

1. はじめに

近年，海岸線領域や風の強い湖岸地域において，台風の高波や高潮などで越波被害が出ている．従来の直立護岸では被害を抑制できていないのが現状であり，被害の改善のために考案されたのがフレア型護岸である．フレア型護岸は前面の円弧形状により越波阻止性能に優れている．

現在，施工においてスランプ 12cm の普通コンクリート(以下，NC-12)が打設されているが，円弧形状のためコンクリートが充填しにくく，施工効率に課題がある．そこで普通コンクリートより充填性，流動性に優れ，高流動コンクリートよりもコストを抑えられる増粘剤一液型高性能 AE 減水剤を使用した中流動コンクリート(以下，SSC-USV)の使用が期待されている[1)]．

フレア型護岸は西日本を中心に施工されており，東日本では山形県にフレア型護岸が施工されている．今後、山形県における寒冷地でもフレア型護岸が施工されることが予想され，凍害の被害を受けることが懸念される．しかし，既往の研究[2) 3)]より収縮ひび割れ対策として従来から使用されている膨張材(以下，HE)や収縮低減剤(以下，SRA)を使用したコンクリートは耐凍害特性が低いことが分かっている．

そこで，本研究では SSC-USV に耐凍害特性を向上させた SRA を用い，HE を用いたコンクリートと同等の収縮特性および耐凍害特性を有しているかを検討し，それぞれのコンクリートの基本的性質を評価した．

2. 実験概要

2.1 使用材料および配合

実際に使用した材料と物性値を**表-1** に，配合を**表-2** に示す．NC-12 の配合は実施工で使用されている配合を基に決定した．SSC-USV は目標スランプフローを 525±25mm，目標空気量を 4.5±1.5%とし，W/C は材料分離を抑えるため 45%とした．

表-1 使用材料の物性および記号

材料	種類	物性	記号
水	上水道	密度1.00(g/cm³)	W
セメント	普通ポルトランドセメント	密度3.15(g/cm³)	OPC
	高炉セメントB種	密度3.04(g/cm³)	BB
混和材	膨張剤	表乾密度3.16(g/cm³)，石灰系	HE
細骨材	川砂	表乾密度2.59(g/cm³)，吸水率1.20(%)	S
粗骨材	砕石	表乾密度2.67(g/cm³)，吸水率1.25(%)	G
混和剤	収縮低減剤	密度0.93(g/cm³)，炭化水素系化合物とグリコールエーテル系誘導体	SRA
	高性能AE減水剤	密度1.07(g/cm³)，ポリカルボン酸エーテル系化合物	SP
	増粘剤一液型高性能AE減水剤	密度1.07(g/cm³)，ポリカルボン酸エーテル系化合物	SP-USV
	消泡剤	密度1.04(g/cm³)，ポリアルキレングリコール誘導体	AE-1

表-2 配合

	W/C (%)	W/B (%)	単位量(kg/m³)									
			W	OPC	BB	HE	S	G	(g/m³) SRA	SP	SP-USV	AE (%) C×%
NC-12 OPC	45		160	336	–	20	795	1005	–	1956	–	–
SSC-USV OPC			170	358			868	881	2000	–	9256	
SSC-USV OPC (SRA)				378		–					7556	
NC-12 BB		45	160	–	336	20	769	1022	–	1778	–	0.001
SSC-USV BB			170		358		857	881		–	4156	0.001
SSC-USV BB (SRA)					378	–			2000		3778	0.002

2.2 実験方法

(1) 長さ変化試験

乾燥収縮試験を JIS A 1129-3 に準拠して行った．打設時にダイヤルゲージ法専用の型枠にゲージプラグを差し込み，練り上がったフレッシュコンクリートを 2 層に分け打ち込んだ．打設の翌日に脱型し，材齢 7 日まで水中養生した後，ダイヤルゲージを使用し乾燥収縮ひずみの測定を行った．

(2) 凍結融解試験

凍結融解試験を JIS A1148 の A 法に準拠して行った．評価方法として相対動弾性係数と質量減少率により評価を行った．300 サイクル完了もしくは、相対動弾性係数が 60%未満で、試験終了とされているが、表面劣化の考察に伴い、本研究の質量減少率については、300 サイクル完了まで測定することとした．

キーワード：護岸，中流動コンクリート，収縮低減剤，凍害
連絡先：〒564-8680　大阪府吹田市山手町 3-3-35　関西大学　鶴田浩章　TEL (06)6368-0899

3. 実験結果および考察

3.1 長さ変化試験結果

長さ変化試験の結果を図-1 に示す. OPC に関して，NC-12 と SSC-USV(SRA)の収縮ひずみがほぼ同等であるが，単位水量の小さい NC-12 が SSC-USV より大きくなっている．これは打設時の空気量の違いや気中養生に切り替えた後の質量減少率の差，静弾性係数の値等が要因だと考えられる．また，SSC-USV と SSC-USV(SRA)を比較してみると収縮低減剤の効果は確認することができなかった．

一方， BB において SSC-USV(SRA)の収縮ひずみは，SSC-USV より僅かに大きいがほぼ同等であると考えられる．

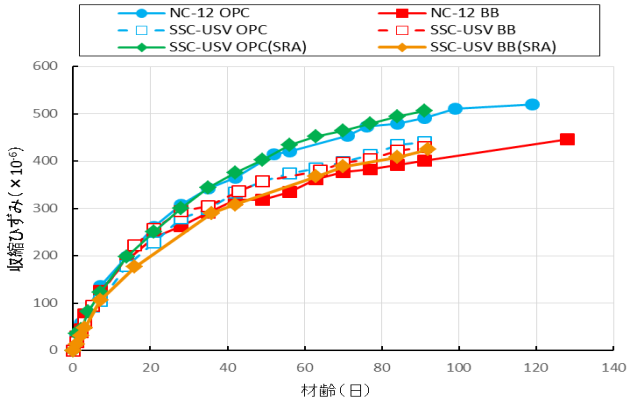

図-1 長さ変化試験結果

3.2 凍結融解試験結果

凍結融解試験結果を図-2 および図-3 に示す．図-2 より BB を用いた SSC-USV(SRA)が最も凍結融解抵抗性に優れていることが分かった．また SSC-USV は OPC，BB 共に凍結融解抵抗性が著しく低いことが明らかになった．これは既往の研究[2]より，HE を使用しているコンクリートは凍結融解抵抗性が著しく低下することが明らかになっており，SSC-USV においても同様な傾向が見られた．

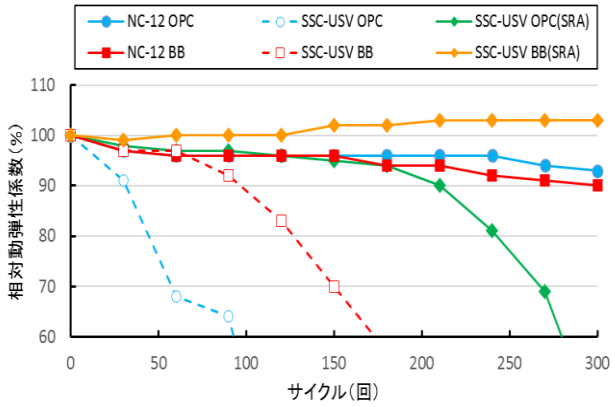

図-2 相対動弾性係数

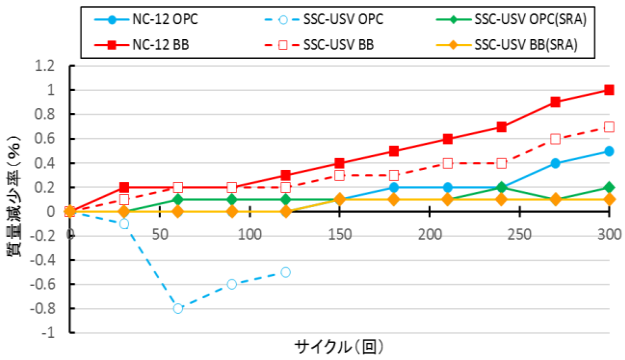

図-3 質量減少率

図-3 より NC-12 BB が最も大きな値を示していた．相対動弾性係数は約 90%であり，僅かなスケーリングが見られたが，内部劣化が生じているのは考え難い．また，NC-12 OPC，SSC-USV BB(SRA)についても同様な傾向が見られた．

4. まとめ

本研究で得られた知見を以下に示す．

(1) 収縮低減剤の収縮抑制効果はセメントの種類により異なり，BB を用いたものが最も効果を発揮しており，膨張材と同等の収縮抑制効果を確認できた．

(2) 収縮低減剤を用いた供試体は膨張材を用いた供試体より耐凍害特性に優れ，耐凍害性の向上効果も見られた．また，BB においては NC-12 の供試体よりも凍結融解抵抗性に優れていたことが確認できた．

以上より収縮低減剤を用いた SSC-USV はセメントの種類によって収縮特性と耐凍害特性が異なり，BB を用いたコンクリートが最も優れていたことが確認できた．また二つの特性において膨張材を用いた NC-12，SSC-USV と比較することで同等以上の性質を有していたことが確認できた．

参考文献

1) 村上真ほか:フレア型護岸に適用する増粘剤一液型高性能 AE 減水剤を使用した中流動コンクリート，土木学会第 68 回年次学術講演会講演概要集(CD-ROM)，V-555，2013.9

2) 竹下永造ほか:膨張材を混和したコンクリートの凍結融解抵抗性評価に関する実験的検討，コンクリート工学年次論文集，Vol.37，pp.817-822，2015

3) 正長眞理:混和材料を使用したコンクリートの物性変化と性能評価研究小委員会（333 委員会）No. 2，土木学会，p. 34（2010）