各環境下における高炉スラグ微粉末を用いたコンクリートの収縮抑制効果に関する検討

オリエンタル白石㈱ 正会員 ○俵 道和
愛知工業大学 正会員 呉 承寧
竹本油脂㈱ 正会員 齊藤 和秀
竹本油脂㈱ 小林 竜平

１．はじめに

近年，海岸近くで生じる塩害や寒冷地で道路に散布される凍結防止剤などによるコンクリート構造物の早期劣化が問題となっている．プレストレストコンクリート構造物（以下，ＰＣ構造物）は，ひび割れを制御できることから耐久性の高い構造物と考えられていたが，ＰＣ構造物についても早期劣化が問題視されている．塩化物イオン浸透抵抗性の向上やアルカリ骨材反応抑制対策のために，コンクリート混和材として高炉スラグ微粉末（以下，ＢＦＳ）を適用した事例が増えている．しかしながら，ＰＣ構造物の場所打ちコンクリートにＢＦＳを使用した場合に，自己収縮や乾燥収縮により生じるひび割れが懸念されている．また，コンクリート構造物の耐久性を確保するために，収縮ひび割れを抑制・制御する対策が求められており，減水成分と収縮低減成分を含有する収縮低減タイプＡＥ減水剤が開発された．

本研究では，ＢＦＳを使用したコンクリートに収縮低減タイプＡＥ減水剤を用いた際の収縮低減効果について検討を行った．コンクリートの収縮低減効果について，室内の標準的な環境では数多くのデータが測定されているが，実際の現場環境における温度，湿度の影響を受けたコンクリートについて測定データが少ないのが現状である．本試験では，室内での標準環境および室外環境での長さ変化率を測定し，環境条件の違いによる収縮低減タイプＡＥ減水剤を用いたコンクリートの収縮低減性能の評価を行った．また，室外環境で打継表面処理を行った拘束コンクリートの上面に縦 7.5×横 1.5×厚さ 0.1m のコンクリートを打ち込み，その中心部に鉄筋ひずみゲージを設置し，鉄筋ひずみを測定するとともに場所打ちコンクリートのひび割れ観察を行った．

表-1　減水剤種類

記号	種類	減水率（%）	主成分
AE	AE 減水剤	15	ﾘｸﾞﾆﾝ系化合物
SP	高性能 AE 減水剤	18	ﾎﾟﾘｶﾙﾎﾞﾝ酸ｴｰﾃﾙ系
AE-SR	収縮低減タイプ AE 減水剤	15	ﾘｸﾞﾆﾝ系化合物，ﾎﾟﾘｶﾙﾎﾞﾝ酸系，ﾎﾟﾘｴｰﾃﾙ系化合物

表-2　コンクリートの示方配合

記号	W/B (%)	s/a (%)	減水剤添加率 (B＊%)	単位量（kg/m³）				
				W	C	BFS	S	G
Fc30-AE	49.0	46.0	0.5	165	168	168	830	975
Fc30-AE -SR	49.0	46.0	1.3	165	168	168	830	975
Fc50-SP	37.0	42.0	0.3	165	223	223	718	991
Fc50-AE -SR	37.0	42.0	1.3	165	223	223	718	991

※B=C＋BFS

表-3　長さ変化率の測定方法

保管環境	長さ変化率の測定方法
室内	成形後 24 時間脱枠後，水中養生 7 日後を基準とし温度 20℃，湿度 60%の恒温恒室で保管しダイヤルゲージ法で測定した
室外	成形後 24 時間脱枠後を基準とし，現場環境で保管し測定前日にポリエチレンフィルムで養生し，温度が標準養生と同じ 20℃とした後にダイヤルゲージ法で測定した

２．実験概要

2.1 収縮低減タイプＡＥ減水剤

収縮低減タイプＡＥ減水剤（以下，AE-SR）は，リグニン系化合物とポリカルボン酸系ポリマーおよびポリエーテル系化合物(収縮低減剤成分)を一液化したものであり，JIS A 6204「コンクリート用化学混和剤」ＡＥ減水剤標準形（Ｉ種）に適合し，コンクリートの収縮低減率を 10～20%程度を目的として開発した混和剤である．

2.2 コンクリートの使用材料および配合

セメント C は早強ポルトランドセメント（密度=3.14g/cm³），混和材ＢＦＳは高炉スラグ微粉末 6000（密度=2.91 g/cm³，比表面積 5760 ㎝²/g，せっこう添加有り），細骨材 S は茨城県桜川市産の砕砂（密度=2.66g/cm³），粗骨材 G は茨城県桜川市産の砕石 2005

キーワード：高炉スラグ微粉末，収縮低減タイプＡＥ減水剤，収縮低減，長さ変化率
連絡先：〒321-4367　栃木県真岡市鬼怒ヶ丘 5　オリエンタル白石㈱技術研究所　TEL0285-83-7921

（密度=2.66g/cm³）を用いた．減水剤は表-1 に示す３種類を用いた．コンクリートの示方配合を表-2 に示す．本試験で用いたコンクリートは，設計基準強度 Fc=30，50 N/mm²の２種類とし，ＢＦＳの添加量はセメントの 50%を内割り置換とした．目標スランプは 12±2.5 cm，目標空気量は 4.5±1.5%とした．

2.3 コンクリートの製造と試験方法

コンクリートは，実機ミキサー（水平２軸強制練りミキサー，公称容量 1.0m³）を用いて製造した．長さ変化率については，表-3 に示す養生条件で試験を行った．試験体は 100×100×400mm 角柱とした．試験体製作は平成 23 年 2 月上旬に行った。

３．試験結果

3.1 室内環境での長さ変化率

室内環境で保管した試験体の長さ変化率の測定結果を図-1 に示す．図-2 に室内環境での収縮低減率を示す．室内環境で収縮低減タイプＡＥ減水剤を用いたコンクリートは普通の減水剤を用いたコンクリートに比べ材齢 6 ヶ月で，Fc50 は 10%，Fc30 は 16%の収縮低減効果が確認された．材齢初期は大きな収縮低減効果を示すが材齢が長くなるにつれ収縮低減効果が小さくなることが確認された。

3.2 室外環境での長さ変化率

室外環境で暴露された試験体の長さ変化率の測定結果を図-3 に示す．室外環境で収縮低減タイプＡＥ減水剤を用いたコンクリートは，普通のＡＥ減水剤または高性能ＡＥ減水剤を用いたコンクリートに比べ材齢 6 ヶ月で，Fc50 は 13%，Fc30 は 15%の収縮低減効果が確認された．

3.3 場所打ちｺﾝｸﾘｰﾄの鉄筋ひずみとひび割れ観察

室外環境で拘束コンクリートの上面に打込んだコンクリートに鉄筋ひずみゲージ設置し測定した鉄筋ひずみを図-4 に示す．Fc30 については，初期材齢 7 日でほぼ同程度であるが，Fc50 については，約 50×10^{-6} の収縮低減効果が確認された．材齢 6 ヶ月までのひび割れ観察の結果について，Fc30-AE は材齢 89 日，Fc50-SP は材齢 43 日でひび割れが発生した．収縮低減型ＡＥ減水剤を用いたコンクリートは材齢 6 ヶ月でひび割れは確認されなかった．

４．まとめ

室内環境，室外環境および現場環境において高炉スラグ微粉末を使用したコンクリートについて収縮低減タイプＡＥ減水剤を用いた際の収縮低減効果を調べた．その結果は，室内環境，室外環境および現場環境で一定の収縮低減効果があり，ひび割れ抑制効果も確認された．

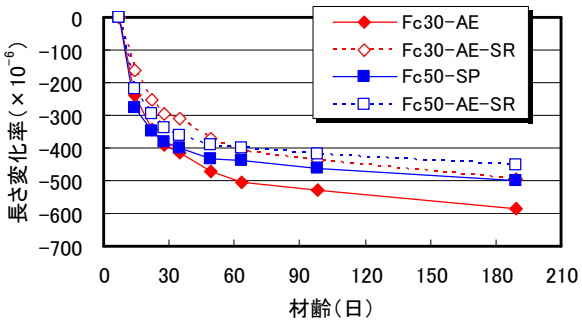

図-１　室内環境での長さ変化率

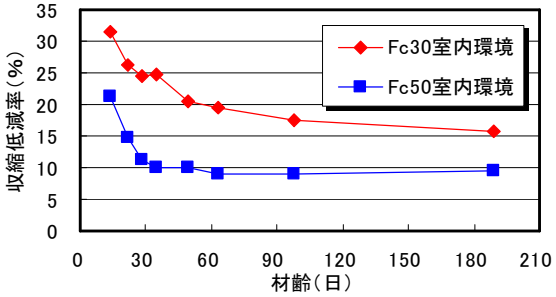

図-２　室内環境での収縮低減率

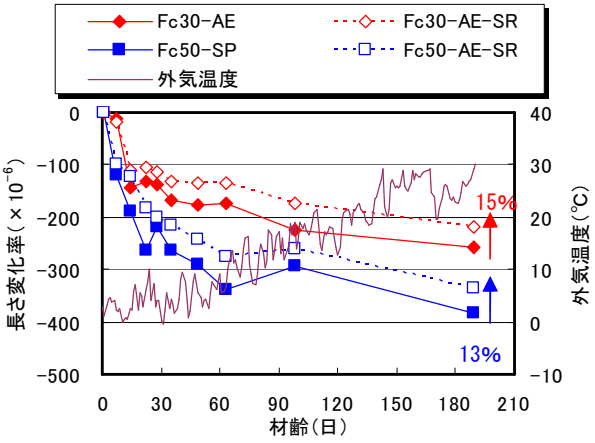

図-３　室外環境での長さ変化率

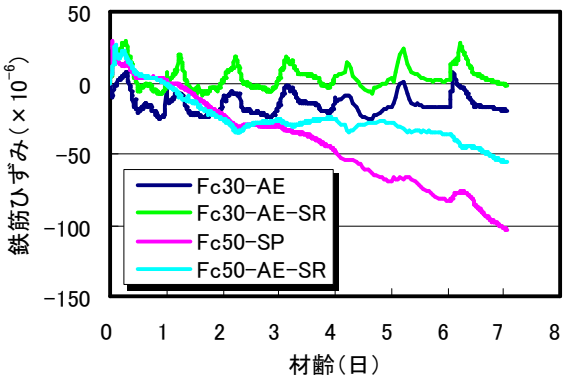

図-４　現場環境における版試験体の鉄筋ひずみ