

PVA を混練した高強度コンクリートの耐久性向上を目的とした実験

㈱富士ピー・エス 正会員 ○東野正明
 大阪市立大学 麓 隆行
 太平洋セメント㈱ 西沢義人
 アイゾール産業㈱ 中村有里

1.はじめに

メンテナンスフリーの建設材料として広く普及したコンクリートは、半世紀以上の長期耐久性が求められ、またその要求事項を満足する材料として社会生活に様々な形で貢献してきた。しかし近年、中性化やアルカリ骨材反応などの要因によるコンクリート構造物の早期劣化が顕在化し、大きな問題とされている。特にわが国で見られるアルカリ骨材反応については主にアルカリ・シリカ反応があげられるが、各地域で同反応を誘発する反応性骨材が現在も使用されていたという事実が発覚し、抜き取り検査の結果では24件中12件のプラントで異常が認められたとの報告が伝えられている。また、マスコンクリートなど部材断面積が大きい構造物に対する打設時のコンクリート充填不良や、特殊技能職（大工・鉄筋工など）の労務単価が低下していることによる特殊技能者の減少および技術力の低下に伴う施工不良が顕在化しており、プラントより搬入したコンクリートによる場所打ち施工の品質および信頼が徐々に低下しつつあるといえる。また一方で、建設コスト削減などを目的としたVEの一環として橋梁部材断面の縮小などが考えられている。そこでその断面縮小に耐えうるコンクリートの超高強度化（100N/mm²程度）が求められこととなるため、フレッシュコンクリートの品質管理が非常に重要になってくるといえる。

このような情勢の中で近年、橋梁架設方法が現場打ち架設から工場製作によるプレキャストコンクリート部材の架設に移行しつつある。これは、工場による製作が、材料品質からコンクリート打設までの一貫した管理を可能としたこと、また高性能 AE 減水剤に代表される化学混和材（剤）や、ミキサー等の機械設備の向上等により高強度コンクリートの打設が可能となってきたことが要因としてあげられる。しかし、高強度コンクリートは非常に粉体量が多く、プラスチックひび割れが水和反応および凝結時に大量に発生する。よってプレストレスコンクリート部材に用いる高機能性コンクリートにおいて、プラスチックひび割れなどによる初期欠陥が供用後の長期耐久性に影響を与えることが懸念され、初期ひび割れの抑制が必要といえる。

2.本実験の位置付け

そこで、高機能性を要求される高強度コンクリートのプラスチックひび割れを抑制することを目的として、PVA（ポリビニルアルコール）を主成分とした特殊躯体混和剤を混入したコンクリートを製作し、フレッシュ時と硬化時の基本的物性および目視による打設面の観察を行った。

3.PVA(ポリビニルアルコール)について

本実験で用いた特殊躯体混和剤はPVA（ポリビニルアルコール）を主成分とした液状物質で、ポリ酢酸ビニルを水酸化ナトリウムで加水分解することで得られるポリマーである。現在、PVA は主に合成繊維の原料や接着剤などに用いられており、土木分野では PVA 繊維の繊維補強コンクリートへの適用など研究事例が一部あり。図1にPVAの構造式を示す。

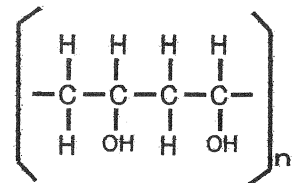


図1 PVAの構造式

表2 実験配合 (kg/m³)

バッチ *1	W/C (%)	S/a (%)	C	W	S		G		高炉 スラグ	AE 減水剤	AI	S.F**2 (mm)	Air (%)
					川砂	石灰細砂	5号碎石	6号碎石					
N	25	43	660	165	337	346	377	565		7.3		55×56	1.4
NAI	25	43	660	165	337	346	377	565		7.3	33	37×37	2.1
L	25	43	660	165	338	350	380	570		6		57×57	1.5
NS	25	43	495	165	333	350	374	562	165	8.6		70×65	1.6
NSAI	25	43	495	165	333	350	374	562	165	6.6	24.7	59×60	2.1

※1 N: 基本配合 NAI: AI 混入 L: 低発熱形セメント使用 NS: 普通セメント+高炉スラグ NSAI: NSにAI 混入

※2 S.F スランプフロー

4. 実験概要

表 1、2 に実験要因、実験配合を示す。単位水量は 165kg/m³ の一定とした。セメントは普通タイプと低発熱形タイプの2種類を用い、水セメント比(高炉スラグ混入配合は水粉体比)を25%とした。次に混和材は、スランプフローを大きくするために、高炉スラグを使用した。ただし、高炉スラグ使用配合ではセメント重量の25%を高炉スラグに置換した(全粉体量は全配合で一定の660 kg/m³)。混和剤はPVAを含む混和剤(以降、AI とする)をセメント重量×5%添加した。各要因および水準を組み合わせた配合によるスランプフロー、圧縮強度および、コンクリート打設面の外観の比較を行った。

表1 実験要因

要因	水準
セメント	普通ポルトランド, 低発熱形ポルトランド
水セメント比	25%
混和材	高炉スラグ (置換率 25w%)
混和剤	PVA を含む混和剤 : AI (C 量 × 5% 添加)

5. 考察

5.1 スランプフロー比較

まずフレッシュコンクリートの性状として、スランプフローを比較する。図2に各配合のスランプフローを示す。AI (PVA 混和剤) を混入することで、普通コンクリートで 18~19cm、高炉スラグ混入コンクリートで 5~11cm 程度スランプフローが下がる傾向が得られた。これは、AI の主成分である PVA が、接着剤にも用いられるポリマーであり、図1に示すような鎖状の構造をしているため、AI が混入されることで、フレッシュコンクリートの粘性が上昇したものと考えられる。また、AI を使用するにあたり無添加のコンクリート N と同様のスランプフローを確保するためには、高性能 AE 減水剤の添加量を増やすなどの措置を行う必要がある。

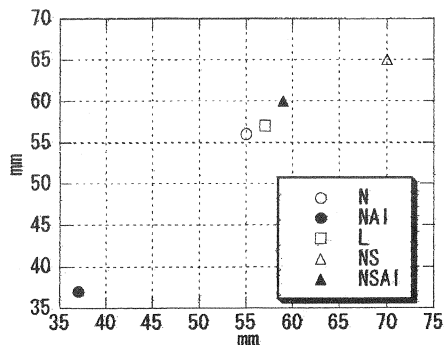


図2 各配合のスランプフロー (mm×mm)

5.2 圧縮強度の比較

材令 21 日および 91 日における、各配合コンクリートの圧縮強度を表 3 に、材令による圧縮強度増加の推移を図 3 に示す。AI を混入したコンクリートは、無混入コンクリートに比べて圧縮強度が若干低い傾向が見られた。表 2 から見ても明らかであるが、AI を混入するとフレッシュコンクリート時の空気量が、無混入のものより 0.5% 程度増加しており、高強度コンクリートのような低空気量の領域では 0.5% の空気量の増加が圧縮強度に影響を与えると思われる。ただし、圧縮強度減少量は配合 N の圧縮強度の変動係数 (10%) 以内であり、大きな差はなかった。

また、材令による圧縮強度の推移について、長期材令を示す材令 28 日から 91 日について比較すると、AI 混入の有無による、長期材令のコンクリート硬化の進み方に明確な差異はなかった。これにより、AI の混入の有無による長期強度に及ぼす影響は特になんことが確認できた。また、低発熱形セメント配合 L については他の 4 配合とは硬化の進み方がかなり異なっていた。

表 3 各配合の圧縮強度

バッチ	圧縮強度(N/mm ²)	
	28 日	91 日
N (基本配合)	86.7	94.5
NAI (AI 混入)	83.1	90.8
L (低発熱形セメント)	65.7	81.6
NS (高炉スラグ混入)	95.5	101.0
NSAI (高炉+AI 混入)	89.2	96.4

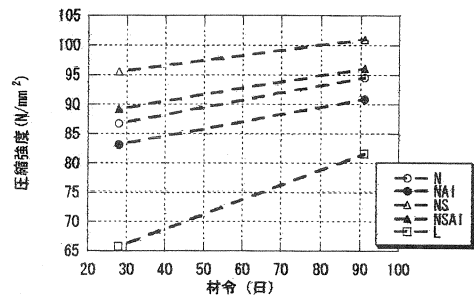


図 3 材令による圧縮強度増加の推移

5.3 打設面のひび割れ性状

図 4 にフレッシュコンクリート時の打設面のひび割れ性状を示す。この図 4 は打設後 2 時間経過したときの状況であるが、AI を混入していない配合 N は、打設面全体にプラスチックひび割れが見られた一方、配合 NAI はプラスチックひび割れがほとんどなく、コンクリートの自己収縮が抑制されていることが明らかであった。これは、先ほど述べた、AI 中の PVA の化学構造によるものと考えられる。よって、PVA を主成分とした混和剤を用いることで、硬化過程で発生する自己収縮によるプラスチックひび割れを抑制し、高強度コンクリートの耐久性向上に寄与することができるものと考えられる。次に図 5 に材令 91 日経過した硬化コンクリートの打設面の性状を示す。図 5 の供試体は屋外にて気中養生を行い、1 週間ごとに NaCl3% 水溶液を噴霧した非

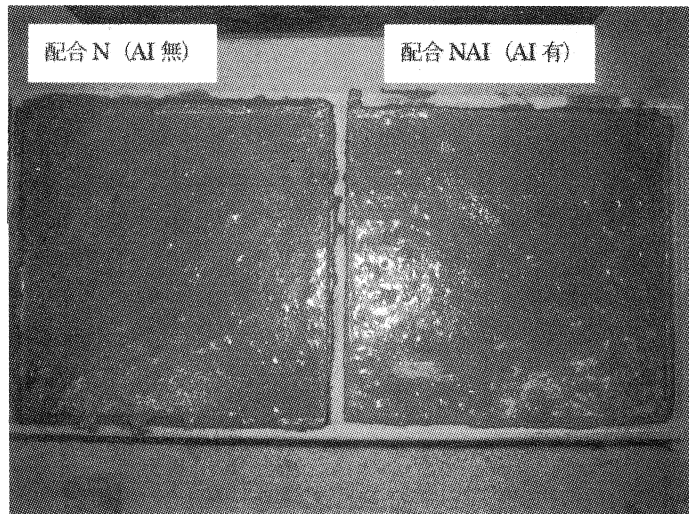


図 4 フレッシュコンクリート時の打設面のひび割れ性状

りての打設面の性状を示す。図 5 の供試体は屋外にて気中養生を行い、1 週間ごとに NaCl3% 水溶液を噴霧した非

常に厳しい条件のものである。図を見ても明らかのようにAI混入の配合NAIは自己収縮ひび割れおよび乾燥収縮ひび割れの発生がほとんど見られず、フレッシュコンクリート時の性状と同様、コンクリート硬化時においても良好な表面性状を維持していた。また、新設コンクリートにおいてコンクリートの耐久性に悪影響を与え、美観を損ねる1次エフロレッセンス(白華)の発生を材令91日経過した時点でも抑制しており、死荷重、活荷重などによる構造的ひび割れ等が発生しない限り、エフロレッセンスがほぼ発生しないと考えられる。

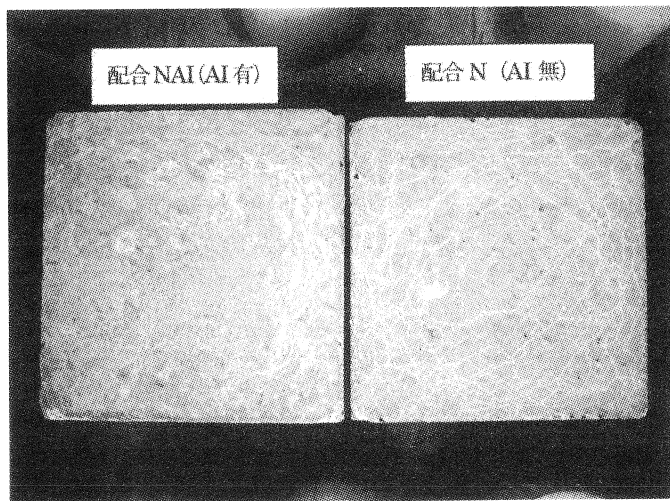


図5 硬化コンクリート時の打設面のひび割れ性状(材令91日)

6. 結論

本実験は、高機能性を要求される高強度コンクリートのプラスチックひび割れを抑制することを目的として、PVA(ポリビニルアルコール)を主成分とした特殊躯体混和剤を混入したコンクリートを製作し、フレッシュ時と硬化時の基本的物性および目視による打設面の観察を行った。その結果、得られた知見を述べる。

1. コンクリートにPVAを主成分とした躯体混和剤を混入して練り混ぜることで、フレッシュコンクリート時の自己収縮による初期収縮ひび割れ、硬化コンクリート時の乾燥収縮によるひび割れおよび1次エフロレッセンスを抑制し、高強度コンクリートの耐久性向上に寄与することを確認できた。
2. コンクリートにPVAを主成分とした躯体混和剤を混入して練り混ぜることで、スランプフローが低下した。これはPVAがポリマーの構造をしているため、粘性を向上させたためといえる。
3. コンクリートにPVAを主成分とした躯体混和剤を混入して練り混ぜることで、コンクリートの圧縮強度が若干低下する傾向が得られた。これは空気が無混入配合より0.5%程度大きかったことによるものと考えられる。
4. 躯体混和剤の有無により、材令28日以降におけるコンクリートの硬化の進み方に影響を与えることはなかった。

参考文献 1) 関田徹志, 斎藤忠, 坂田昇, 平石剛紀: PVA繊維を用いた高靱性FRCによる吹付け材料の鉄筋錆び膨張モデル実験, コンクリート工学年次論文集, Vol23, No.1, pp.475~480, 2001