

# 論文 超遅延剤添加による生コンスラッジの有効利用に関する一研究

会沢 賢一\*<sup>1</sup>・西村 正\*<sup>2</sup>・渡辺 清\*<sup>3</sup>

**要旨:** 本研究は、管理型の産業廃棄物として処理されている、あるいは最近再生利用の検討がなされている生コンスラッジの有効利用を目的に、超遅延剤を添加したスラッジ水をコンクリートの練混ぜ水として使用した場合の、スラッジ及びコンクリートの性質について検討した。スラッジ水に超遅延剤を添加することにより、セメントの水和は抑制されるが、水和抑制期間は超遅延剤の添加率及びスラッジ濃度に影響される。超遅延剤を適分量添加したスラッジ水をコンクリートの練混ぜ水として用いた場合、コンクリートの諸性質に悪影響を及ぼすことなく使用できることが明らかとなった。

**キーワード:** スラッジ、超遅延剤、管理型産業廃棄物、有効利用

## 1. はじめに

生コン工場では、ミキサ及びアジテータ車ドラム内の洗浄や戻りコン・残コンの廃棄により相当量のスラッジが発生する。この大部分は脱水（スラッジケーキ化）し管理型の産業廃棄物として適宜処理されているのが現状である。この量は200万トン/年間にもなると推定されておりその対応策として最近JCIを含めた関連業界において、スラッジの再利用や処理方法が検討されている[1]。

本研究は、スラッジ水をコンクリートの練混ぜ水として使用できることを確かめる目的で、超遅延剤のセメント水和抑制性能に着目して、市販の超遅延剤を添加した場合のスラッジ水の性質（スラッジの強熱減量及び沈降状態）を把握すると共に、これをコンクリート練混ぜ水に使用したコンクリートの性質（フレッシュ時及び硬化時）について実験を行った。

## 2. 実験方法

### 2.1 スラッジ水の作製

生コン工場から発生するスラッジはセメント以外に細骨材の微粒分が含まれており、その割合の多くは20%前後である[2]。しかし、本研究は、スラッジを混入したコンクリートの性質を把握することを目的とし、スラッジ水の経過日数（セメントの水和の程度）を実験要因の一つとしたため、本研究で用いたスラッジ水は、経過日数と共に水和反応が進行するセメントのみのスラリーとした。

使用したセメントは、市販の普通セメントを三種等量混合したものであり、また、超遅延剤は減水性を有する市販のオキシカルボン酸類を成分とするものを使用し、その添加時期はセメントが水と接してから2時間後とした。これは、コンクリートを練ってからアジテータ車で運搬・荷卸後、ドラム内を洗浄するまでに要する時間を想定したものである。スラッジ水は20±3℃で、ふた付きフラスコを用い、スラッジが沈澱しないよう常時かく拌した。

\*1 デンカグレース(株) 技術部厚木研究室 (正会員)

\*2 デンカグレース(株) 技術部、部長、工修

\*3 デンカグレース(株) 技術部厚木研究室、主席研究員

## 2. 2 超遅延剤添加スラッジの性質

### (1) スラッジ固形分の強熱減量実験

スラッジ濃度を10wt%とし、超遅延剤の添加率をスラッジ水に対し、0, 0.075, 0.15及び0.30vol%それぞれ添加し、1, 2, 3, 4, 7及び10日目に測定を行った。また、スラッジ濃度 5, 10, 15及び30wt%のものそれぞれに超遅延剤をスラッジ水に対し0.15vol%添加し、1, 2, 3, 4, 7及び10日目に測定を行った。測定方法は、前処理として吸引る過後、アセトンで洗浄し、105～110℃で恒量になるまで乾燥した後、JIS R 5202強熱減量の定量方法に従った。

### (2) スラッジの沈降率実験

スラッジの沈降率実験方法を図-1に示す。スラッジ濃度を10wt%とし、超遅延剤の添加率をスラッジ水に対し、0, 0.075, 0.15, 及び0.30vol%それぞれ添加し、1000mlメスシリンダー内でかく拌してから静置し、その後、メスシリンダー内のスラッジ分が沈降終了した時の目盛りを読み取り、沈降率を求めた。

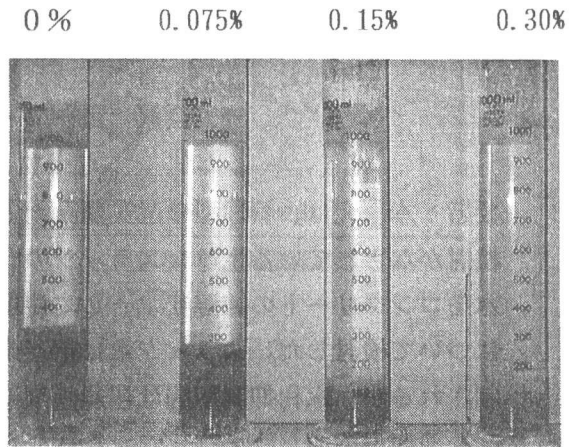


図-1 沈降率実験（3日経過後の状態）

## 2. 3 コンクリート実験方法

### (1) 使用材料

- ・セメント：三種等量混合 比重3.16
- ・細骨材：大井川産 比重2.64 FM2.67 吸水率1.37%
- ・粗骨材：青梅産碎石2005 比重2.67 FM6.72 吸水率0.56%
- ・混和剤：AE減水剤標準形I種及びAE調整剤

### (2) コンクリートの種類

- ・基準コンクリート：上水道水のみ用いたもの。
- ・スラッジ水混入コンクリート：10wt%のスラッジ水を用いたもの。
- ・超遅延剤添加スラッジ水混入コンクリート：超遅延剤を0.15vol%添加した10wt%のスラッジ水を用いたもの。

### (3) 配合

表-1に示す配合により、JIS A 6204に従って各種実験を行った。

各種コンクリートの単位セメント量を一定、水セメント比55%、基準コンクリートの細骨材率47%とし、スラッジ固形分は細骨材に重量置換した。基準コンクリートの目標スランプは18cm空気量は各々のコンクリートについて $4.5 \pm 0.5\%$ になるようにAE調整剤で調整し、練上がり温度は $20 \pm 3^\circ\text{C}$ とした。

表-1 コンクリート配合

スラッジ 固形分 添加量	単位量 [Kg/m <sup>3</sup> ]						混和剤 C×%
	水	セメント	スラッジ水		細骨材	粗骨材	
			水	固形分			
C×0%	177	320	-	-	840	959	1.0
C×3%	90.6	320	86.4	9.6	830	959	1.0
C×5%	33	320	144	16	824	959	1.0
C×7%	0	320	177	22.4	818	959	1.0

### 3. 実験結果及び考察

#### 3. 1 超遅延剤添加スラッジの性質

##### (1) スラッジ固形分の強熱減量

スラッジ濃度を10wt%と一定とした試料に超遅延剤を 0, 0.075, 0.15及び0.30vol%添加した場合のスラッジ固形分の強熱減量実験結果を図-2に示す。これから明らかなように、超遅延剤の添加率及び経過日数の違いにより、スラッジの強熱減量は異なる。超遅延剤の水和抑制期間は、0.075vol%では1日、0.15vol%では7日、0.30vol%では10日以上であり、添加率と比例関係にないことが解る。

スラッジ濃度の違いによるスラッジ固形分の強熱減量を検討するために超遅延剤の添加率を0.15vol%一定とし、スラッジ濃度を 5, 10, 15及び30wt%とした場合のスラッジ固形分の強熱減量の実験結果を図-3に示す。超遅延剤の水和抑制効果はスラッジ濃度により異なり、超遅延剤の水和抑制期間は、スラッジ濃度と比例関係にないことが解る。

##### (2) スラッジの沈降率

スラッジ濃度10wt%一定において超遅延剤をスラッジ水に対し、0, 0.075, 0.15及び0.30vol%それぞれ添加したときのスラッジ沈降率を図-4に示す。この結果より、超遅延剤を添加したスラッジ水のスラッジ沈降率は超遅延剤の添加率の増加に従って小さくなりスラッジ固形分の強熱減量の実験結果と同様な傾向を示すことが言える。また、超遅延剤を添加したスラッジの沈降速度は極めて遅くその時の沈降率は小さい値を示す。これは超遅延剤の分散及び水和抑制効果であると思われる [3]。

#### 3. 2 コンクリート実験

##### (1) スランプ

図-5にスラッジの混入によるスランプの変化を示す。スラッジ水混入コンクリートのスランプは、スラッジ固形分のセメントに対する添加率の増加に伴い小さくなる。超遅延剤添加スラッジ水混入コンクリートにおいて

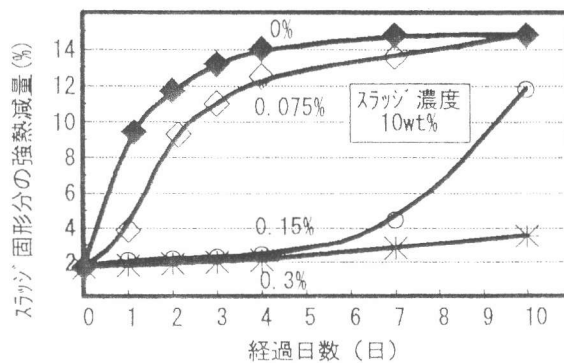


図-2 超遅延剤添加率の違いによる経過日数とスラッジ固形分の強熱減量の関係

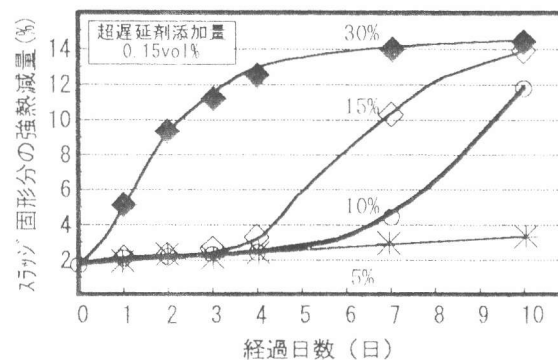


図-3 スラッジ濃度の違いによる経過日数とスラッジ固形分の強熱減量の関係

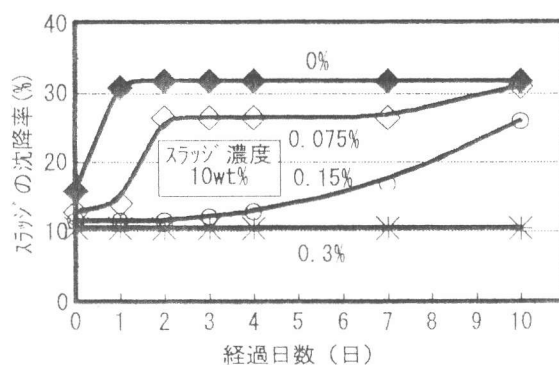


図-4 超遅延剤添加率の違いによる経過日数とスラッジ沈降率の関係

は、逆に若干大きくなる傾向にある。これは超遅延剤のセメント分散効果によるものと考えられる。また、経過日数の異なるスラッジ水を用いたコンクリートのスランプは、スラッジ水の経過日数が長くなると低下する。これは超遅延剤のセメント分散効果の低下によるものと考えられる。

### (2) 空気量

図-6 に基準コンクリートと同一の空気量 ( $4.5 \pm 0.5\%$ ) を得るためのAE調整剤量とスラッジ固形分の添加率との関係を示す。スラッジ混入コンクリートは、スラッジ固形分のセメントに対する添加率の増加に伴いAE調整剤量は増加する傾向を示す。また、経過日数の違いについても同じように、日数の経過に伴いAE調整剤量は増加する傾向を示す。これはスラッジの微粒分がAE調整剤を吸着するためであると推察される。

超遅延剤添加スラッジ水混入コンクリートについては、AE調整剤量の増加傾向は認められない。このことは、スラッジ微粒分表面に超遅延剤が吸着してAE調整剤の吸着を抑制しているものと考えられる。

### (3) 凝結

凝結時間とスラッジ添加率の関係を図-7 に示す。スラッジ水混入コンクリートは、スラッジ固形分のセメントに対する添加率の増加に伴い凝結時間が短くなる傾向にある。超遅延剤添加スラッジ水混入コンクリートについては、凝結

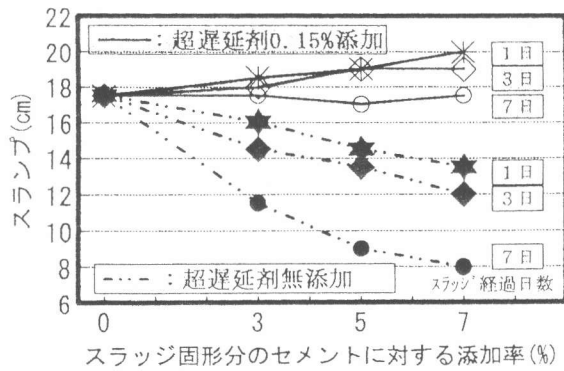


図-5 スラッジ添加率とスランプの関係

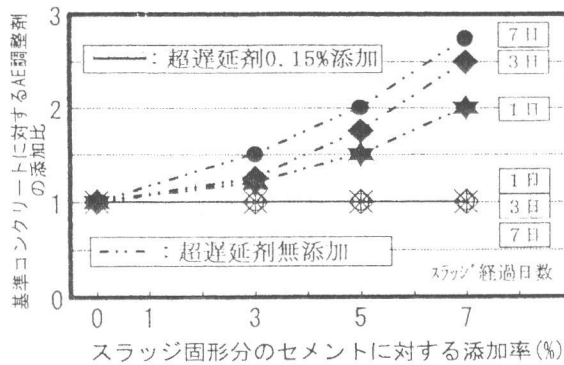


図-6 スラッジ添加率と基準コンクリートに対するAE調整剤の添加比の関係

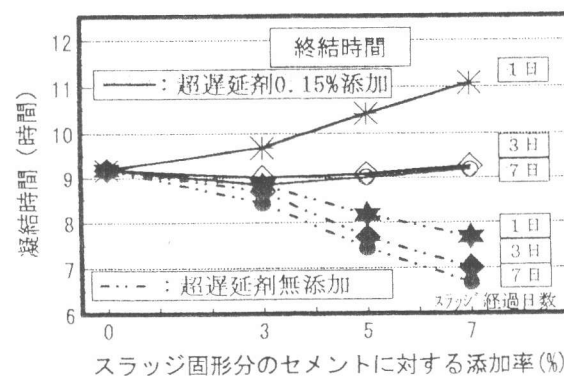
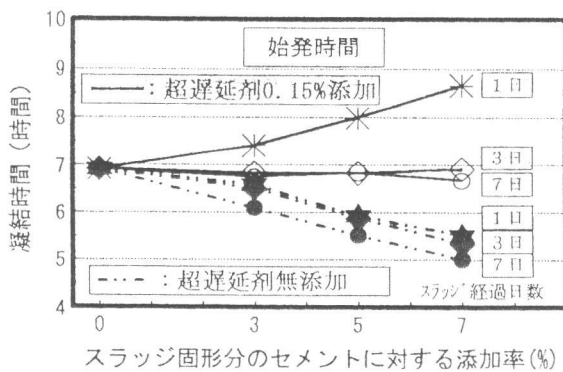


図-7 スラッジ添加率と凝結時間の関係

時間は逆に長くなる傾向にある。これは、超遅延剤の遅延効果によるものと考えられる。また、スラッジ水の経過日数の違いについては、超遅延剤の有無に関係なく、日数が経過しているもの程凝結時間は短くなる。

(4) プリーディング

プリーディング量とスラッジ添加率との関係を図-8に示す。スラッジ水混入コンクリートのプリーディング量は、スラッジ固形分のセメントに対する添加率の増加に従い減少する傾向を示し、特に、スラッジの経過日数7日ではその傾向が著しい。超遅延剤添加スラッジ水混入コンクリートのプリーディング量は、スラッジの経過日数1日では若干増大するが、その他の場合は基準コンクリートと同じ程度である。

(5) 圧縮強度

図-9に圧縮強度とスラッジ添加率との関係を示す。この図から、スラッジ水混入コンクリートは超遅延剤の有無に関係なく、スラッジ固形分のセメントに対する添加率の増加に伴い圧縮強度は増大する傾向にあるが、超遅延剤添加スラッジ水混入コンクリートの方がその傾向が顕著である。これは強熱減量実験結果に示したように、超遅延剤をスラッジに添加することによってセメントの水和が抑制されたスラッジが、コンクリートに混入されたためであると考えられる。

(6) 凍結融解に対する抵抗性

図-10に相対動弾性係数とスラッジ添加率の関係を示す。ここではスラッジの混入によるコンクリートへの影響は見られない。コンクリートの凍結融解に対する抵抗性は、主にコンクリート中の空気量に依存するものと考えられる。

(7) 乾燥収縮

スラッジ添加率とコンクリートの乾燥収縮の関係を図-11に示す。超遅延剤添加スラッジ水混入コンクリートはスラッジ水混入コンクリートの乾燥収縮量とほぼ同じ値を示す。

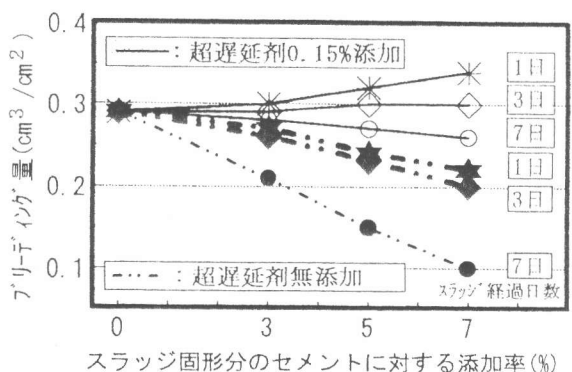


図-8 スラッジ添加率とプリーディング量の関係

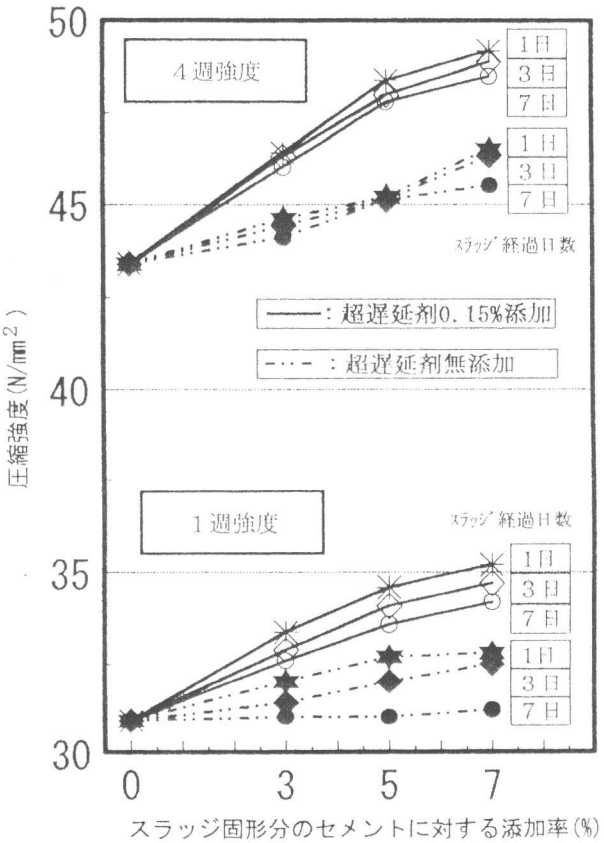


図-9 スラッジ添加率と圧縮強度の関係

また、基準コンクリートと比べると若干収縮が大きくなるようである。これは超遅延剤のスラッジ水への添加により水和が抑制されたセメント分が混入したためと考えられる。

#### 4. まとめ

本研究では、スラッジ水をコンクリートの練混ぜ水として使用することを目的に、超遅延剤をスラッジ水に添加することによるスラッジの性質、及びそれを練混ぜ水に使用したコンクリートの性質について検討した。本研究で得られた結果をまとめると、以下の通りである。

(1) スラッジ水に超遅延剤を添加することによりセメントの水和は抑制されるが、その抑制割合及び期間は、超遅延剤の添加率及びスラッジ濃度に影響される。また、スラッジ水中のスラッジ固形分の強熱減量とスラッジの沈降率とは、同様な傾向を示すことが解った。

(2) スラッジ濃度10wt%、超遅延剤0.15vol%添加したスラッジ水中のセメントは、7日間程度水和が抑制され、これを練混ぜ水として用いた場合、コンクリートの諸性質を損なうことなく、セメントに対するスラッジ固形分を3%、もしくはそれ以上使用することが可能である。

(3) 実際の生コンへの適用に際しては、各種条件による検討を行う必要があるが、スラッジを有効に利用できる一方法と考えられる。

#### 参考文献

- [1] 畑中重光、谷川恭雄：生コンスラッジに関する研究の現状、コンクリート工学、Vol. 33, No. 6, pp. 14-24, 1995. 6
- [2] 笠井芳夫、斎藤鶴義：スラッジ混入コンクリート、コンクリート工学、Vol. 13, No. 9, pp. 31-42, 1975. 9
- [3] 真鍋敏男、川田尚哉：初期水和時のセメントペーストに対するリグニンスルホン酸カルシウム系分散剤の作用について、セメント技術年報XⅢ、pp. 206-213, 1959

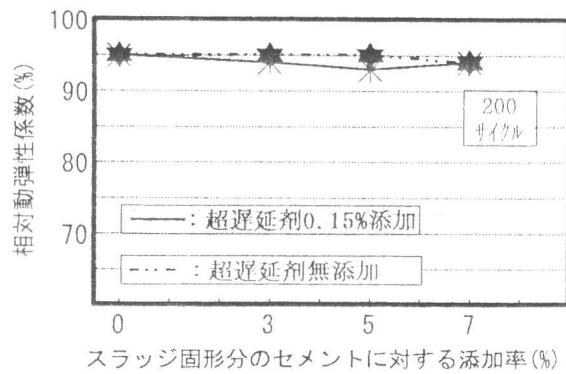


図-10 スラッジ添加率と200サイクル時の相対動弾性係数の関係

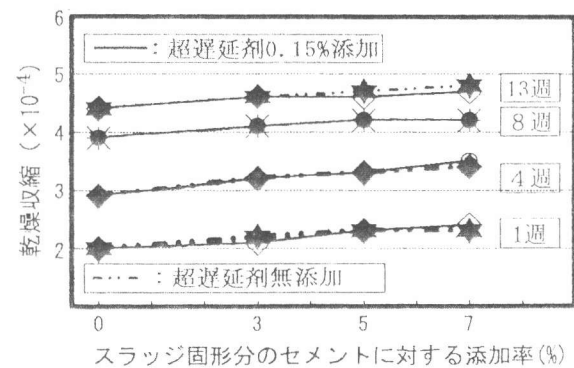


図-11 スラッジ添加率と乾燥収縮の関係