

フレッシュコンクリート中の水の塩化物イオン濃度試験 における試料溶液の採取方法に関する検討

(株)内山アドバンス ○ 齊藤 丈士
ものづくり大 中田 善久
太平洋マテリアル(株) 長井 義徳
(独)建築研究所 棚野 博之

清水建設(株) 栗田 守朗
(財)建材試験センター 鈴木 澄江
(株)竹中工務店 瀬古 繁喜

1. はじめに

高性能 AE 減水剤が規格化された 1995 年の JIS 改正からおよそ 10 年が経過し、最近では、高強度コンクリートなどの高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートが一般的に使用されるようになってきた。高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートは、従来の AE 減水剤を用いたコンクリートとはフレッシュコンクリート性状が著しく異なる場合があるため、これらに対応するために、コンシステンシーの試験方法や供試体の採取方法などの規格が新たに制定され、活用されるようになった。しかし、フレッシュコンクリートに含まれる塩分の試験に関しては 1986 年に JIS の附属書に試験方法が定められてから現在まで内容に大きな変更はなく、高性能 AE 減水剤を用いたコンクリートへの対応が十分とは言い難いのが現状である。特に、ブリーディング量の著しく少ない高強度コンクリートにおいては、試験に用いる試料ろ液の採取に多大な時間および労力を要する場合や必要量の試料ろ液が採取できない場合があり、調合から求めた塩分量を検証せずにコンクリートを構造物に打込むこともある。

これに対し、筆者らは、フレッシュコンクリートの塩化物イオン濃度試験に供する試料ろ液の採取を容易にし、作業に要する時間および労力を軽減するために、水により希釈したコンクリートから試料ろ液を採取する方法(希釈法)を提案し、この希釈法は試料ろ液の採取に要する時間を大幅に短縮させるため、試料ろ液の採取にかかる労力を低減できる可能性の高いことを示した¹⁾。しかし、現状で

は、この希釈法において変化させることが可能なコンクリートへの水の添加量(希釈倍率)などの要因が試験結果に及ぼす影響については不明な点が多い。

そこで、本研究は、希釈法において変化させることが可能な各要因が試験結果に及ぼす影響を把握するために、コンクリートまたはモルタルを試料として実験的検討を行ったものである。ここでは、希釈するコンクリート試料の量および試料の希釈に用いる水の量(希釈倍率)ならびに希釈したコンクリートからの試料ろ液の採取方法の違いが試験結果に及ぼす影響について述べる。

2. 本研究において検討している希釈法

本研究において検討している希釈法は、計画調合からコンクリート試料に含まれている水の量を計算によって求め、これを所定の倍率に希釈するために必要な量の水を添加してかくはんし、浮き水から塩化物イオン濃度試験に供する試料ろ液を採取するものである。この希釈法は、ブリーディング量が著しく少なく試料ろ液を採取するのが困難なコンクリートから試料ろ液を採取する作業について、省力化を期待して考案したものである。

3. 実験概要

コンクリート試料またはモルタル試料を用い、希釈法におけるコンクリート試料の量、希釈水の量(希釈倍率)および希釈した試料の浮き水から試料ろ液を採取する方法をそれぞれ変化させ、これらの変化要因が塩化物イオン濃度試験結果に及ぼす影響を調べた。

表2 試料ろ液の採取方法

従来の試料ろ液の採取方法	水により希釈したコンクリートからの試料ろ液の採取方法	
	コンクリート試料の量：約 2kg	コンクリート試料の量：約 7 ℓ および約 30kg
JIS Z 8801-1 に規定する呼び寸法 4.75mm のふるいによってウェットスクリーニングを行って分離したモルタル分から、吸引る過によって採取した。	容量 2 ℓ の広口ビンにコンクリート約 2kg と計算により求めた量の水(純水)を入れ、これを転倒震盪によりかくはんしたものの上部の懸濁水(浮き水)から、吸引る過により採取した。	かくはんしても水が飛び散らない程度の大きさの容器に約 7 ℓ または約 30kg のコンクリートと計算により求めた量の水(純水)を入れ、ハンドミキサーによりかくはんしたものの上部の懸濁水(浮き水)から、吸引る過により採取した。

表1 コンクリートの調合

水セメント比 (%)	スランプ [°] (cm)	Cl ⁻ 濃度* (%)	単位量 (kg/m ³)				
			水	セメント	細骨材	粗骨材	混和剤
40	50 ± 7.5	0.064	170	425	881	822	6.375
		0.218					6.800
		0.373					6.800
30	60 ± 10.0	0.066	170	567	765	822	9.639
		0.220					9.923
		0.375					9.923

*：調合におけるコンクリート中の水の塩化物イオン濃度

表3 調合による塩化物イオン濃度と希釈倍率の組合せ

水セメント比 (%)	砂セメント比	調合によるモルタル中の水の塩化物イオン濃度 (%)	モルタル中の水に対する希釈倍率 (倍)
30	1:1	0.037	2
		0.136	2
		0.337	1(希釈なし), 15, 2, 3
		0.537	2, 3, 5

3.1 コンクリート試料の量の影響

希釈するコンクリート試料の量を変化させて試験を行い、コンクリート試料の量が試験結果に与える影響を検討した。

(1)対象とした試料

希釈の対象とした試料は、水セメント比が 40 % および 30 % でそれぞれ塩分量を調合によって変化させたコンクリートである。コンクリートの材料には、上水道水、普通ポルトランドセメント、砂(千葉県君津市産)、砕石 2005(栃木県栃木市産)および高性能 AE 減水剤(ポリカルボン酸系)を使用した。対象としたコンクリートの調合を表 1 に示す。

(2)コンクリート試料の量と試料ろ液の採取方法

コンクリート試料の量を約 2kg、約 7 ℓ (JIS A 1128 の空気量試験に用いる定量容器) および約 30kg と変化させ、希釈倍率を 2 倍として希釈を行い、浮き水から吸引る過により試料ろ液を採取し試験を行った。また、比較のために、従来の試料採取方法により採取した試料ろ液についても試験を行った。試料ろ液の採取方法を表 2 に示す。

(3)塩化物イオン濃度の試験方法

塩化物イオン濃度の試験方法は、JIS A 1144 に従い、JIS K 0101 に規定されるチオシアン酸水銀()吸光光度法とした。

3.2 試料中の水の希釈倍率の影響

塩分含有量を調整したモルタル試料に添加する水の量(希釈倍率)を変化させて試験を行

い、希釈倍率が試験結果に与える影響を検討した。

(1)対象とした試料

希釈の対象とした試料は、水セメント比が 30 %、砂セメント比が 2 で調合において塩分量を変化させたモルタルである。モルタルの材料は、純水、普通ポルトランドセメント(研究用セメント)、砂(セメント強さ試験用標準砂)、高性能 AE 減水剤(ポリカルボン酸系)である。

(2)希釈倍率と試料ろ液採取方法

モルタル試料に含まれる水に対する希釈倍率を 1(希釈なし)、1.5、2、3 および 5 倍と変化させて希釈を行い、浮き水から吸引る過により試料ろ液を採取し試験を行った。調合によるモルタル中の水の塩化物イオン濃度と希釈倍率の組合せを表 3 に示す。

(3)塩化物イオン濃度の試験方法

塩化物イオン濃度の試験方法には、前項と同様にチオシアン酸水銀()吸光光度法を用いた。また、一部の試料ろ液では、JIS K 0101 に規定される電位差滴定法によっても試験を行った。

3.3 希釈した試料から試料ろ液を採取する方法の違いの影響

希釈倍率を変化させて希釈したモルタル試料からの試料ろ液の採取方法を変化させて試験を行い、試料ろ液の採取方法が試験結果に与える影響を検討した。

表 4 希釈倍率と試料採取方法の組合せ

水セメント比 (%)	砂セメント比	調合によるモルタル中の水の塩化物イオン濃度 (%)	モルタル中の水に対する希釈倍率 (倍)	試料ろ液の塩化物イオン濃度 (%)	試料ろ液の採取方法
30	1:1	0.300	1(希釈なし)	0.30	吸引る過 圧搾
			2	0.15	
			3	0.10	

(1)対象とした試料

希釈の対象とした試料は、水セメント比が 30 %，砂セメント比が 2 のモルタルであり，調合におけるモルタル中の水の塩化物イオン濃度を 0.30 % で一定とした．モルタルの材料は，前項と同様に純水，普通ポルトランドセメント，砂および高性能 AE 減水剤である．

(2)希釈倍率と試料ろ液採取方法

モルタル試料に含まれる水に対する希釈倍率を変化させて希釈を行い，試料ろ液を採取し試験を行った．試料ろ液の採取方法は，吸引る過および加圧る過(圧搾)とした．希釈倍率と試料採取方法の組合せを表 4 に示す．

(3)塩化物イオン濃度の試験方法

塩化物イオン濃度の試験方法には，前項と同様にチオシアン酸水銀()吸光光度法および電位差滴定法を用いた．

4．結果および考察

4.1 コンクリート試料の量の影響

調合におけるコンクリート中の塩化物イオン濃度と試験結果の関係を図 1 に示す．ここで示している試験結果は，吸光光度法により求められた試料ろ液の試験結果に希釈倍率を乗じ，希釈前のコンクリート試料の試験結果に換算したものである．

試験結果には全体に若干のばらつきが見られたが，従来の試料採取方法による試料ろ液の試験結果は，調合におけるコンクリート中の水の塩化物イオン濃度とほぼ同等であった．また，希釈法による試料ろ液の試験結果は，従来の試料採取方法による試料ろ液よりも若干ばらつきが大きく，このばらつきは，希釈に用いるコンクリートの量が少なくなると幾分大きくなるようであった．ただし，希釈法による試料ろ液の塩化物イオン濃度は，

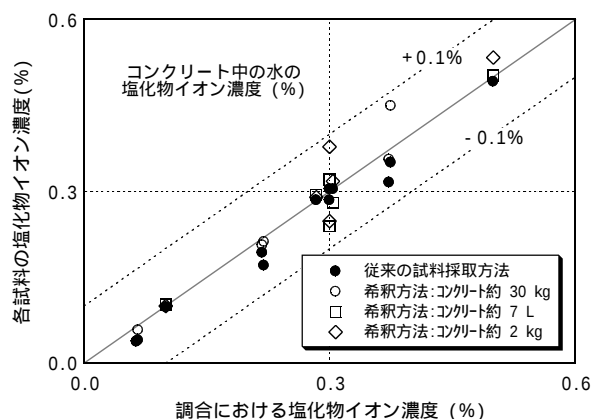


図 1 調合におけるコンクリート中の水の塩化物イオン濃度と試験結果の関係

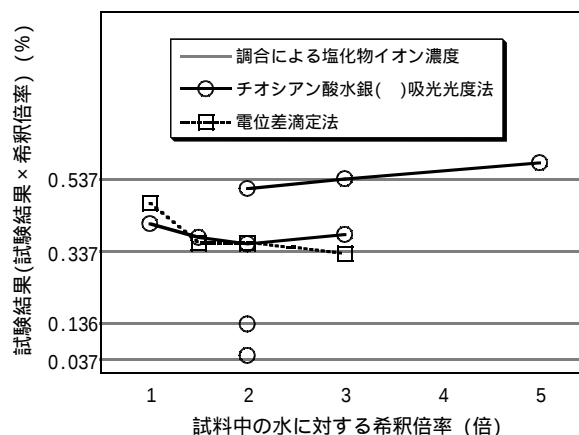


図 2 試料中の水に対する希釈倍率と試験結果の関係

全て調合によるコンクリート中の水の塩化物イオン濃度に対して $\pm 0.1\%$ の範囲にあった．なお，本検討の結果からは，希釈に用いるコンクリートの量の違いが塩化物イオン濃度に及ぼす影響に明確な傾向は見られなかった．これらの結果より，希釈に用いるコンクリート試料の量が試験結果に与える影響は小さいと思われるが，コンクリート試料の量が少ない場合には希釈法による試験結果のばらつきが大きくなる可能性がある．

4.2 試料中の水の希釈倍率の影響

試料中の水に対する希釈倍率と試験結果の関係を図 2 に示す．ここで示している試験結果は，求められた試料ろ液の試験結果に希釈倍率を乗じ，希釈前のモルタル試料の試験結果に換算したものである．

試験結果には若干のばらつきが見られるが，希釈倍率が変化しても調合による塩化物イオン濃度を大きく逸脱する試験結果は見ら

れなかった。また、試料中の水に対する希釈倍率の大きさと試験結果の関係には明確な傾向は見られなかったが、希釈倍率が1倍の場合(希釈を行わない試料から試料ろ液を採取した場合)には、試験結果が大きくなる傾向が見られた。これは、希釈を行わない試料(希釈倍率1倍)から試料ろ液を採取する場合、試験に必要な試料ろ液を採取するための吸引過に要した時間が著しく長かったため試料ろ液が減圧環境に長時間さらされており、蒸発の影響で試料ろ液が若干濃縮した可能性があると考えられる。

4.3 希釈した試料から試料ろ液を採取する方法の違いの影響

希釈したモルタル試料から吸引過により採取した試料ろ液の試験結果と圧搾(加圧過)により採取した試料ろ液の試験結果の関係を図3に示す。ここで示している試験結果は、希釈したモルタル試料から採取した試料ろ液の塩化物イオン濃度試験結果である。

試験結果にはばらつきが見られ、調査における試料中の水の塩化物イオン濃度との差がやや大きい場合があった。また、吸引過により採取した試料ろ液は、希釈倍率が1倍(希釈を行わない試料から試料ろ液を採取した場合)の場合、試験方法にかかわらず圧搾により採取した試料ろ液よりも試験結果が大きくなる傾向にあった。本検討においても希釈を行わない試料(希釈倍率1倍)から試料ろ液を採取する場合に吸引過に要した時間は著しく長かったことから、希釈を行わない試料(希釈倍率1倍)からの試料ろ液の採取に吸引過を用いると、試料ろ液が濃縮する可能性があると考えられる。

5. まとめ

希釈法において変化させることが可能な各要因が試験結果に及ぼす影響を把握するために実験検討を行い、次の知見を得た。

希釈に用いる試料の量が試験結果に与える影響は小さいが、試料の量が少ない場合にはばらつきが大きくなる可能性がある。

希釈倍率が試験結果に与える影響は明確で

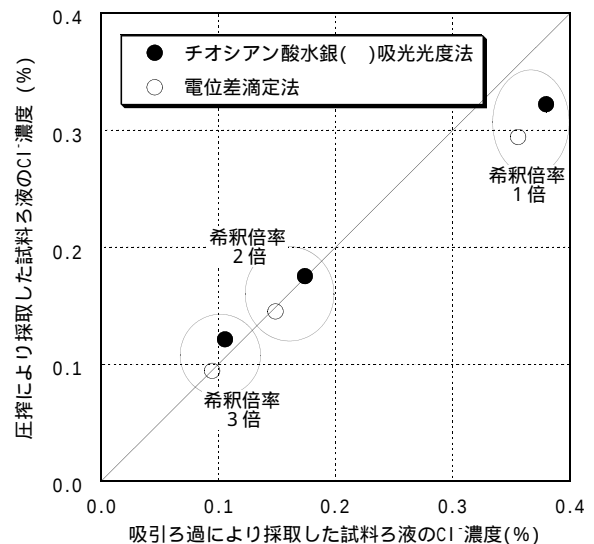


図3 吸引過により採取した試料ろ液の試験結果と圧搾により採取した試料ろ液の試験結果の関係

はなかった。

希釈しない試料から吸引過により試料ろ液を採取する場合、試料ろ液が濃縮する可能性がある。

今後は本希釈法を種々の試験方法に適用して検討を重ね、ブリーディングの著しく少ないコンクリートからの試料ろ液の採取方法として確立していきたいと考えている。

【参考文献】

- 1) 齊藤丈士, 中田善久ほか:「フレッシュコンクリート中の水の塩化物イオン濃度試験における試料採取方法に関する検討」, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.359-362, 2006.9

【謝辞】

本研究は、(社)日本コンクリート工学協会 コンクリート試験方法 JIS 原案作成委員会(委員長:阿部道彦 工学院大学教授) フレッシュコンクリート試験方法 WG(主査:棚野博之 (独)建築研究所)の活動の一環として実施しているものです。

本研究を行うにあたり、山宗化学(株) 榎本哲也氏、(株)内山アドバンス中央技術研究所 白鳥秀幸所長、女屋英明課長、ものづくり大学大学院 鈴木大介氏、ものづくり大学中田研究室ならびに日本大学清水研究室の学生諸君より多大なるご協力を頂きました。ここに付記し、感謝の意を表します。