

高性能減水剤使用コンクリートの気泡組織と耐久性

北見工業大学 正員 鮎田 耕一
 正員 猪狩 平三郎
 学生員 ○ 遠藤 友志郎

1 まえがき

高性能減水剤を使用することにより、設計基準強度が 800 kg/cm²クラスの高強度コンクリートを、従来より行われている通常の練りませ、養生方法によっても得ることが可能になった。この種の高強度コンクリートの力学的性質及び諸物性については、かなり解明されてきており、その結果、すでに山陽新幹線の橋梁等に應用され成果をおさめている。

高性能減水剤を使用した高強度コンクリート構造物を、北海道のような積雪寒冷地に建造する場合、当然のことながら凍結融解作用に対する耐久性の検討が必要となる。耐久性に関する研究は最近多く発表されているが、しかしながら、減水剤使用に伴いコンクリートの耐久性が増加するという実験結果と、増加しないという実験結果があり、その結論は極端にわかれている。たとえば、単位セメント量が約 430 kg、水セメント比が 35%で同一の減水剤を使用したと思われるコンクリートの急速凍結融解試験の結果、一方では 300サイクル経過時でも動弾性係数はほとんど変化していないのに対し¹⁾、他方では、わずか 50サイクル経過時で動弾性係数比が 60%代に低下したと報告されている²⁾などである。

また、高性能減水剤を使用したコンクリートのコンシステンシーは、普通のコンクリートにくらべて、極めて粘りがあり、スランプ試験の場合でも、スランプコーンを引き抜いてからスランプが落ち着くまでには、普通コンクリートの場合よりも若干時間がかかると同時に、練置き時間に伴うコンシステンシーの変化は、普通コンクリートにくらべて顕著のようである。

一方、凍結融解作用に対するコンクリートの耐久性は、コンクリート中の空気量に大きく影響されることは明らかであるが、高性能減水剤を使用したコンクリートの場合、ミキサからの排出時間に伴うコンシステンシーの変化が大きいため、それに伴いコンクリート中の空気量、とりわけ気泡組織が変化することが考えられる。

筆者らは、高性能減水剤使用コンクリートの耐久性の評価が定まらない原因の一つとして、このコンシステンシーの変化に伴う気泡組織の変化を考へ、練置き時間、減水剤量の変化に伴うまだ硬まらないコンクリートのスランプ、空気量の変化及び硬化したコンクリートの空気量、気泡組織について測定を行ったので、その結果についてここに報告する。(参考文献 1) 斎藤鶴義他、セ技年報、昭和50、2) 小林正凡、セ技年報、昭和49)

2、実験方法

2-1 凍結融解試験

コンクリートの配合諸条件、打設時及び硬化時の空気量と凍結融解抵抗性との関連を知るために ASTM C 666に準じて水中における急速試験を行った。用いたコンクリートの配合は表-1に示すとおりである。使用したセメントは普通ポルトランドセメント、細骨材は比重 2.60、吸水率 0.87%、粗粒率 3.06の常呂産海砂、粗骨材は比重 2.78、吸水率 1.06%、粗粒率 6.67、最大寸法 25 mm³⁾の常呂川産砕石である。粗骨材の石質は主として、凝灰角礫岩、輝緑凝灰岩、レッドチャートであった。使用

記号	C (kg)	w/c (%)	S/G (%)	減水剤 (%)	AE剤 (%)	強度 (kg/cm ²)			
						3日	7日	14日	28日
5M30	500	30	30	1.85	—	410	539	699	709
5M35	500	35	30	1.00	—	314	445	490	547
5A 30	500	30	30	1.60	0.14	378	507	506	573
5A 35	500	35	40	—	0.03	153	223	279	359
7M25	700	25	30	4.00	—	503	627	622	647
7A 25	700	25	30	2.10	0.22	497	594	580	625
5N37	500	37	40	—	—	254	377	519	577

混和剤は単位セメント量当りの%で表わしてある。

表-1

した減水剤はポリアルキルスルホン酸塩系のものである。AE剤は減水剤メーカー指定のものを使用した。凍結融解試験用の供試体は、 $10 \times 10 \times 40$ cmのものであり、長さ変化率を測定するために、両端にゲージプラグを埋め込んだ。打設終了後、材令1日まで型枠をつけたまま恒温恒湿室（湿度85%以上）内で養生し、その後脱型して水中養生を行った。凍結融解試験開始の材令は14日とした。凍結融解試験は1サイクル4時間で行い、長さ変化率、動弾性係数の測定は約30サイクルごとに行った。

2.2 空気量の測定

まだ硬まらないコンクリートの空気量は、ミキサで練りませた後、さらに鉄板上で混練したコンクリートを用いて測定した。空気量の測定はJIS A 1128 空気室圧カ方法による。ミキサ排出後から空気量測定までの時間は約5分間であった。またこのとき同時にスランプも測定した。

硬化したコンクリートの空気量は、ASTM, C457 ポイントカウント法による。測定は $10 \times 10 \times 20$ cmの供試体を材令14日で打設面に垂直に切断して、その切断面を金剛砂（#60, #200, #600を順次使用）で入念に磨いた後、赤インクを塗布しさらに#600の金剛砂で研磨した供試体を用いて行った。測定の範囲は、 $9 \text{ cm} \times 18 \text{ cm}$ とし、割線の間隔は0.1 cmとした。なお、硬化コンクリートの空気量の測定は表-1の供試体のうち、5M30, 5M35, 5A30, 7M25の4種類の配合のコンクリートについてのみ行った。また練置き時間の経過に伴う影響を調べるために、第一回目の測定後さらに、10分～20分間隔ごとに練返し、スランプの変化、空気量の変化を測定した。さらに、このとき、硬化コンクリートの空気量測定用の供試体を打設した。また、減水剤の使用量を変化させたコンクリートを用いてスランプ、空気量に及ぼす影響についてもあわせて測定した。

3 実験結果及び考察

3.1 凍結融解抵抗性及び強度について

凍結融解作用による長さ変化、動弾性係数の変化の測定結果を図-1, 図-2に示す。

これによれば、水セメント比が30%、35%（単位セメント量500 kg）とも、200サイクルの凍結融解繰返しで、約 1000×10^{-6} の長さ変化率を示しているが、水セメント比が小さい30%の方がやや抵抗性があるようである。

これに対して、水セメント比が25%（単位セメント量700 kg）の場合の劣化の程度は小さい。また、AE剤を混和したコンクリートはいずれも極めて抵抗性が大きかった。

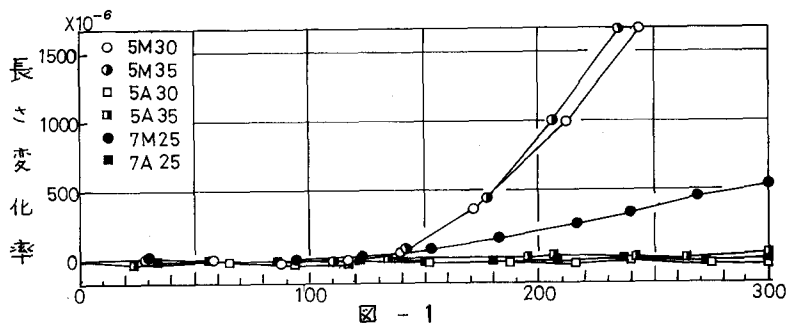


図-1

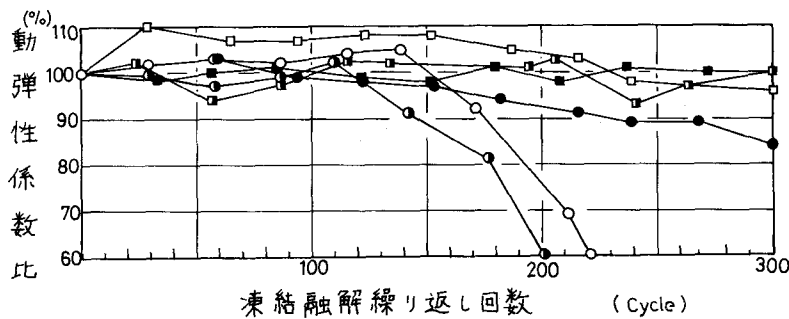


図-2

図-3は水セメント比と300サイクル終了時の長さ変化率の関係を示したものである。単位セメント量の違いはあるが、水セメント比が増加すると耐久性が減少することを示している。

表-2はコンクリートの空気量の測定結果を示したものであり、また図-4は300サイクル終了時の長さ変化率と空気量の関係を示したものであるが、nonAEコンクリートには空気連行性がなく、従って一般に凍結融解

記号	5M30	5M35	5A30	7M25	7A25
水セメント比 (%)	30	35	30	25	25
フレッシュコンクリートの空気量 (%)	1.5	1.5	4.5	0.9	4.0
硬化コンクリートの空気量 (%)	1.2	1.4	4.4	1.2	—
〃の気泡間隔係数(μ)	748	749	372	664	—

表 - 2

抵抗性も小さい。同様に図-5は気泡間隔係数との関係を示したものであるが、凍結融解作用に対して抵抗性の大きいコンクリートは、non AEコンクリートであっても、気泡間隔係数が小さいことを示している。

以上の実験結果から、減水剤を使用したnonAEコンクリートの場合、凍結融解抵抗性に影響を及ぼすのは空気量ではなく、気泡間隔係数であることが明らかになった。

次に図-6は配合別の圧縮強度を示したものであるが、高性能減水剤を使用し、水セメント比を小さくした割には、強度が小さかったようである。高強度が得られなかった原因としては、比較的軟練りのコンクリートを用いたこと、使用した粗骨材は比重の比較的大きなものであったが、石質が高強度を得るのに適しているとされている硬質砂岩、安山岩質のものでなかったことなどが考えられる。特に、破壊後の状態を観察すると一部の粗骨材が破碎しているのが見受けられ、高強度を得るためには、粗骨材の石質を吟味しなければならないのではないかと思われる。

(参考文献 3) 宮坂慶男 コンクリート工学 vol14, No3, '76)

3.2 練置き時間に伴う気泡組織の変化について

コンクリートの練りませ後、時間の経過に伴うスランプ・空気量の変化を測定した供試体は5M30, 5M35の2種類であるが、比較のために減水剤を使用していないコンクリート(5N37)についても、フレッシュコンクリートのスランプ・空気量を測定した。

練置き時間の増加に伴う高性能減水剤使用コンクリートのスランプの減少を、当初のスランプ値を100%とした値で示すと図-7のようになる。なお、当初のスランプの値は $10\text{cm} \pm 2\text{cm}$ である。これによれば、当初のスランプが同程度の場合、水セメント比の相異にもかかわらず、時間の経過に伴うスランプの減少率は、ほぼ同じであり、約30分経過時点で当初の50%前後までスランプが減少している。これに対して減水剤を使用していないコンクリートのスランプの減少率は小さく、高性能減水剤使用コンクリートが普通のコンクリートにくらべて、経過時間に伴うコンシステンシーの変化が大きいことを明瞭に示している。

図-8は経過時間に伴う空気量の測定結果であり、上段が硬化したコンクリート、下段がフレッシュコンクリートの空気量の測定結果を示しているが、経過時間に伴う空気量の変化は少く、表-2からも明らかのように硬化コンクリートとフレッシュコンクリートによる空気量の測定値に差はほとんどない。また、高性能減水剤を使用したコンクリートと

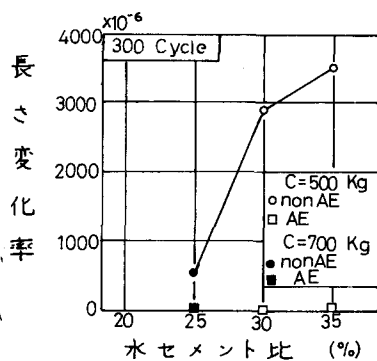


図 - 3

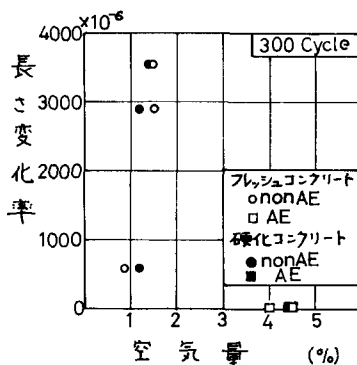


図 - 4

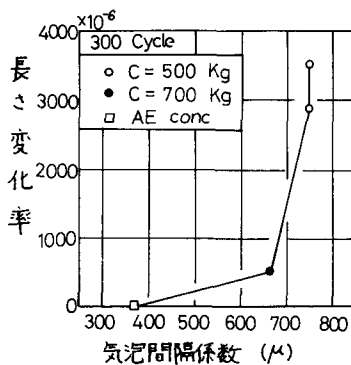


図 - 5

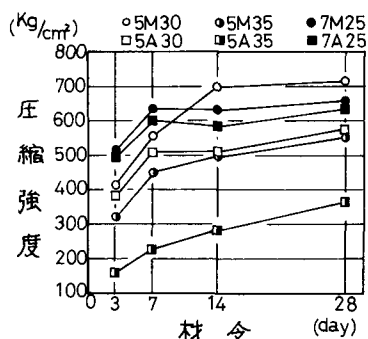


図 - 6

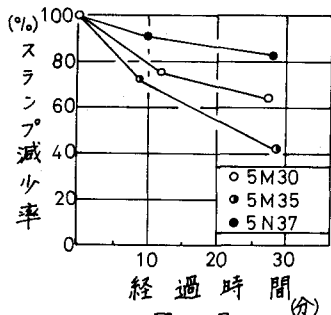


図 - 7

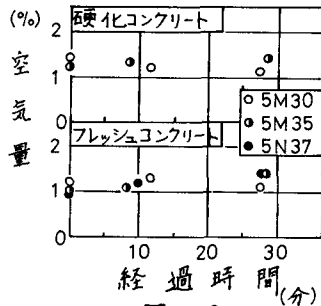


図 - 8

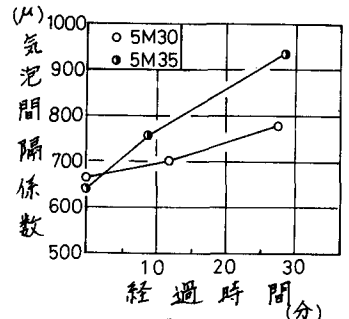


図 - 9

使用していないコンクリートの間にも差はない。図-9は経過時間に伴うコンクリートの気泡間隔係数の変化をあらわしたものであるが、これによれば、経過時間に伴う空気量の変化がほとんどないにもかかわらず、その気泡間隔は経過時間とともに大きくなる傾向にあり、特に水セメント比が35%のコンクリートでは、経過時間の影響が大きいようである。

これらのことから、高性能減水剤使用コンクリートでは、普通コンクリートにくらべて、練りませ終了後からの時間経過に伴ってコンシステンシーの減少が著しいが、その変化は空気量にはほとんど影響しないことが明らかになったとともに、気泡間隔は経過時間とともに増加することが確認された。

3.3 減水剤使用量の変化に伴う気泡組織の変化について

減水剤使用量の変化に伴うスランプ、空気量、気泡間隔の変化の測定結果を、図-10、図-11、図-12に示す。これらによれば、本実験で使用している高性能減水剤の場合、使用量が増加するにつれて、顕著なコンシステンシーの増加が見られ、それに伴い気泡の比表面積が増加し、気泡間隔係数が小さくなっているが空気量には影響がない。時間経過の場合と同様に、減水剤の使用量の増加に伴う空気量の増加は見られないのに対して、硬化コンクリートの気泡組織には明らかな相異が生じているわけであり、これらが凍結融解抵抗性に与える影響は無視できないのではいかと推測される。

4 まとめ

以上の実験結果を要約すると以下のようになる。

- 1) 減水剤を使用したコンクリートに、特に空気連行性は認められず、その結果、凍結融解作用に対する抵抗性は小さい。AE剤を併用すると、耐久性は増加するものの、強度がやや小さくなる。
- 2) 練置き時間の増加に伴うコンシステンシーの減少は普通コンクリートにくらべてかなり大きく、その結果、気泡間隔が大きくなる。しかしながら、空気量には変化がない。
- 3) 減水剤の使用量が増加すると、著しいスランプの増加が見られ、それに伴い、気泡間隔係数が小さくなる。

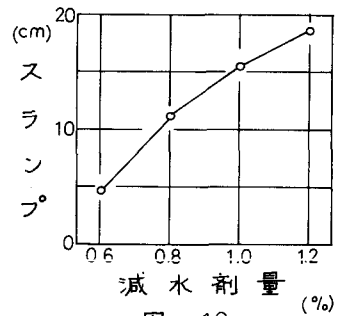


図 - 10

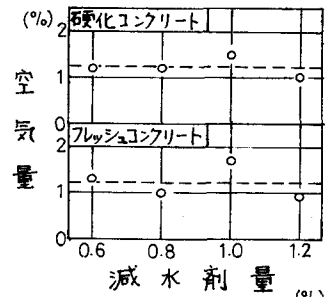


図 - 11

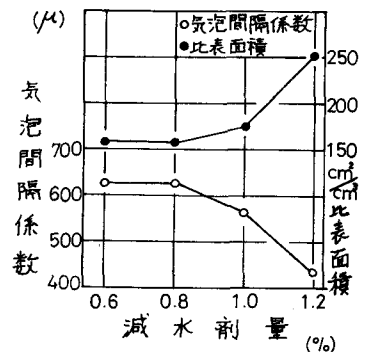


図 - 12