

수중 콘크리트의 분리 저항성에 미치는 증점제의 영향

The Influence of Viscosity Agent on Non-Segregation

Property in Underwater Concrete

김선만*

김영수**

Kim, Sun Man

Kim, Young Soo

ABSTRACT

The purpose of this study is to investigate the properties of underwater concrete using three kinds of cellulose ether which has viscosity and water retention.

The result is that water retention in underwater concrete shows in inverse proportion to PH value and the compressive strength is almostly effected by water retention. It can be certificated by the zeta electro potential value of an undispersed underwater concrete.

1. 서론

삼면이 바다로 둘러싸인 우리나라의 지리적 여건상 항만, 해양, 연육교동 바다와 관련된 공사가 많고 내륙에서도 댐, 교량의 건설 등으로 인하여 수중콘크리트의 필요성이 날로 증가하고 있다. 이러한 수중 및 해양공사에서는 수중구조물의 구축을 위하여 수중에 콘크리트 타설을 필요로 한다.

수중 콘크리트공사의 기술개발은 주로 콘크리트 타설방법을 개선하는 방향으로 진전되어 왔으나 시공방법의 개선으로는 콘크리트의 품질저하를 근본적으로 개선할 수는 없었다. 따라서 이러한 문제점을 해결하고자 개발된 것이 증점제를 이용한 수중불분리성혼화제이다. 수중불분리성 혼화제를 사용한 수중콘크리트는 수중에서 재료분리 및 시멘트 유실을 저감시켜 대기중 타설 콘크리트와 대등한 품질을 갖는 신뢰성 있는 콘크리트의 제조를 가능하게 하였다.

현재 국내의 수중불분리 콘크리트에 관한 연구¹⁻²⁾는 콘크리트배합에 따른 수중제작 공시체의 응결, 압축강도, 작업성등 제반 물성의 변화를 파악하는 단계에 머물러 있다.

따라서 본 연구는 수중불분리성 혼화제가 첨가된 수중콘크리트의 재료분리저항성 메카니즘을 관찰하기 위하여 모르타 상태에서, 수중불분리성혼화제의 원료로 사용되는 셀룰로스에테르계 증점제를 사용하여 증점제가 수중불분리 콘크리트의 분리 저항성에 미치는 영향과 재료분리 저항성이 압축강도에 미치는 영향을 파악하고자 하였다.

2. 사용 재료 및 실험방법

2.1 사용재료

본 실험에서 사용한 시멘트는 1종 보통 포틀랜드 시멘트로서, 이에 관한 화학적 성분과 물리적 성질은 <Table 1>과 같다.

모래는 주문진 표준사를 사용했으며 증점제

* (유)대주상사 기술연구소 연구원

** (유)대주상사 기술연구소 선임연구원

는 비이온성 셀룰로스에테르계로 국내 S사에서 생산된 제품을 사용했다. 증점제의 물리적 성질은 <Table 2>와 같다.

유동화제는 멜라민설펜산염계의 분말을 사용하였다.

<Table 1> Physical properties and chemical analysis of cement.

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Ig. loss	Fineness (Blaine) (cm ² /g)	Specific gravity
21.02	5.02	3.48	62.67	2.12	1.54	3200	3.15

<Table 2> Physical properties of viscosity agent.

Grade	Base	Viscosity(cps) (2% solution, 20°C, 20rpm)	Assay (%)
PMC 40HS	Hydroxy propyl methyl cellulose	3500 - 5600	98
PMC 15US		12000 - 18000	
PMC 40US		35000 - 45000	

2.2 실험방법

시멘트와 모래를 1:1의 비율로 배합하고, 증점제를 시멘트량에 대하여 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8wt.% 첨가하였으며 이때 물-시멘트비를 50%로 일정하게 하고 유동화제의 사용량을 변화시켜 Flow를 18±1cm로 유지시켰다. 이러한 모르터의 배합조건은 <Table 3>과 같다.

<Table 3>의 배합으로 모르터를 혼합하여 모르터의 점도, 현탁물질량, pH를 측정하고 수중에서 2x2x2in의 정육면체 시편을 제작하여 압축강도 및 겉보기 기공율을 측정하였다. Zeta전위와 보수성은 <Table 3>의 배합에서 잔골재를 제외한 시멘트페이스트 상태로 측정하였다.

보수성의 측정 방법은 내경이 3.5cm인 원통

용기(Glass)를 유리판 위에 놓고, 이 용기 속에 시멘트페이스트를 담고 상면을 평활하게 한다. 상부에 5A여과지를 살며시 놓은 후, 여과지가 바닥이 되도록 뒤집는다. 이 상태에서 10분 방치하여 여과지에 배어나오는 물의 흔적으로 부터 다음과 같이 계산한다.

원통 용기의 내경

$$\text{보수율(\%)} = \frac{\text{원통 용기의 내경}}{(L + V)/2} \times 100$$

L : 가장 길게 퍼진 물 흔적의 지름길이

V : 가장 길게 퍼진 물의 흔적 길이에 대해 직각을 이루는 흔적의 길이

<Table 3> Mix proportions of mortar.

Water/cement	Cement (wt.%)	Sand (wt.%)	Viscosity agent	
			Grade	Dosage(wt.%)
0.5	50	50	VA1	0.4
				0.5
				0.6
				0.7
				0.8
			VA2	0.4
				0.5
				0.6
				0.7
				0.8
			VA3	0.3
				0.4
				0.5
				0.6
				0.7

* VA 1 : PMC 40HS, VA 2 : PMC 15US, VA 3 : PMC 40US

<Table 4> Test results on the effects of viscosity agent.

Grade	Viscosity agent (wt.%)	Water retention(%)	pH	Zeta electro potential (mV)	Apparent porosity(%)	Compressive strength (kg/cm ²)
PLAIN	-	22.9	-	43.72	-	-
VA1	0.4	80.4	10.69	23.37	23.1	273
	0.5	84.6	10.50	21.42	22.9	277
	0.6	87.1	10.42	20.54	22.3	294
	0.7	81.3	10.65	23.42	23.7	280
	0.8	89.2	10.38	18.55	22.5	301
VA2	0.4	80.9	10.59	19.83	23.4	276
	0.5	87.5	10.38	15.36	22.7	299
	0.6	87.1	10.41	18.57	23.3	280
	0.7	80.8	10.45	16.11	22.9	286
	0.8	53.3	10.97	31.25	24.5	254
VA3	0.3	80.2	10.45	17.42	22.7	287
	0.4	82.9	10.41	17.27	22.9	302
	0.5	82.4	10.47	15.95	22.9	285
	0.6	84.5	10.27	11.47	22.3	325
	0.7	48.7	11.19	35.58	27.5	230

3. 실험결과 및 고찰

3.1 증점제 사용량에 따른 고유동화제 사용량 변화

증점제 사용량에 따른 고유동화제 사용량을 Fig.1에 나타내었다. 같은 모르터의 유동성을 얻기 위한 유동화제의 사용량은 수용액의 점성이 높을수록 사용량이 증가한다. 점도가 낮은 VA1은 증점제 사용량 증가에 따라 유동화제 사용량 증가가 완만하게 증가하나, 점도가 높은 VA3는 사용량 증가에 따라 유동화제 사용량이 급격히 증가하고 있다. 이는 첨가되는 증점제의 점도 차에 기인하는 것으로 판단되며, 증점제의 점도는 모르터의 유동성에 매우 중요한 인자임을 나타내고 있다.³⁾

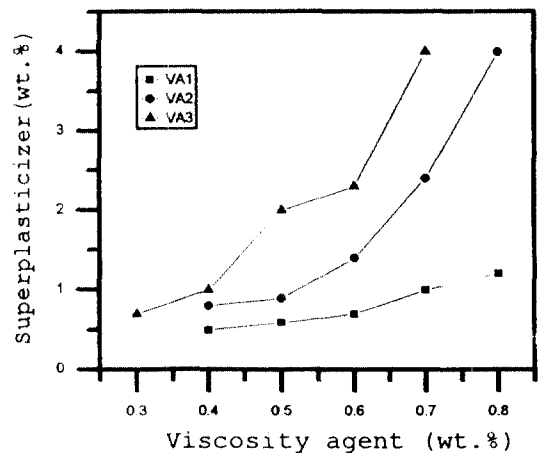


Fig.1 Relationship between superplasticizer and viscosity agent

3.2 증점제 사용량에 따른 모르터의 점도 및 현탁물질량 변화

증점제 사용량에 따른 모르터의 점도변화를 Fig. 2에 나타내었다. 모르터의 점도는 증점제 사용량 증가에 따라 급격한 증가를 보이다가 VA3는 0.6wt.%, VA2는 0.7wt.% 이상에서 모르터의 점도 저하가 일어난다. 이는 증점제의 사용량 증가에 비해 고유동화제의 사용량이 급격히 증가하여 모르터의 점도를 저하시킨 것으로 판단된다.

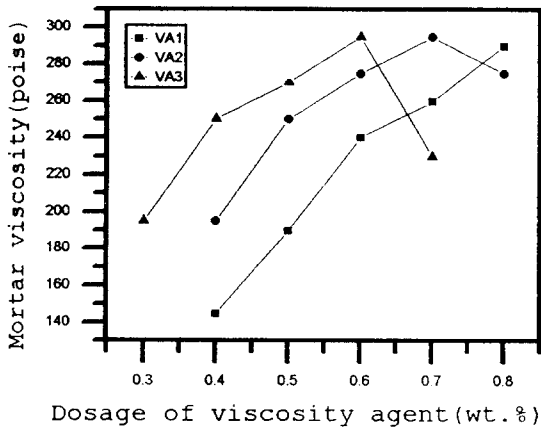


Fig. 2 Relationship between mortar viscosity and viscosity agent

증점제의 사용량과 현탁물질과의 관계를 Fig. 3에 나타내었다.

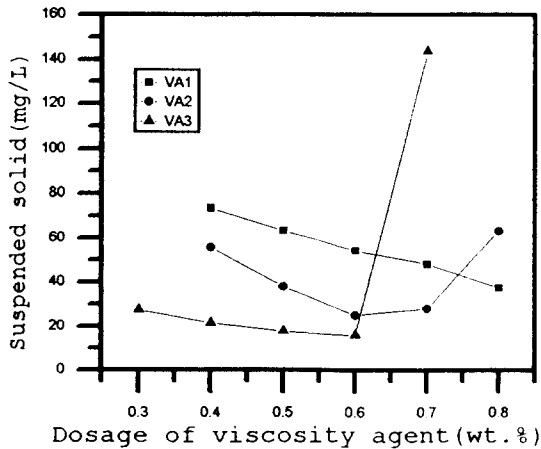


FIG. 3 Relationship between suspended solid and viscosity agent

일반적으로 모르터의 점도가 증가할수록 현탁물질량은 줄어든다. 그러나 모르터의 유동성을 위해서 유동화제가 과다하게 사용될 경우 현탁물질량이 오히려 증가하는 경향성을 나타내고 있다. 이러한 원인은 유동화제의 과량사용으로 증점제의 보수성이 저하되었기 때문이라고 판단된다.

3.3 보수성과 pH와의 관계

수중콘크리트가 물속에서 제 성능을 나타내기 위해서는 높은 보수성을 지니고 있어야 한다. 증점제를 넣지 않은 시멘트페이스트의 보수성이 22.9%인데 비하여 증점제를 넣은 시멘트페이스트는 보수성이 80% 이상을 상회하고 있다. Fig. 4는 보수성과 pH의 관계를 나타낸 것이다.

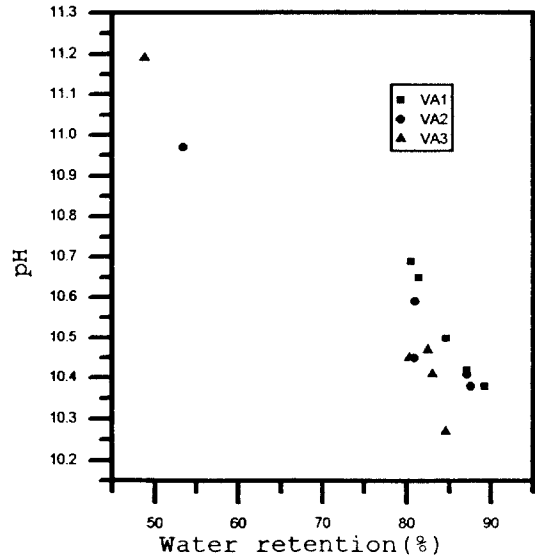


Fig. 4 Relationship between pH and water retention

보수성이 높을수록 pH는 낮고, 보수성이 낮을수록 pH는 높아지는 경향성을 보여주고 있다. 이는 보수성이 높아질수록 모르터내의 배합수가 유출되는 것을 방지하기 때문에, 따라서 시멘트 수화반응에 의하여 발생하는 알칼리 이온이 수중으로 유출되지 못하여 pH값이 낮게 나타나는 것으로 판단된다.

3.4 보수성과 압축강도와의 관계

수중에서 제작된 콘크리트는 기중제작보다 압축강도가 저하된다. 일반적인 강도저하 원인으로는 콘크리트 타설시 발생하는 시멘트 유출과 외부로부터의 물의 침입으로 인한 공극의 형성, 이에따른 충전의 불량으로 강도가 저하된다는 견해가 지배적이다. Fig.5는 보수성과 겉보기 기공율의 관계를 나타낸 것이다.

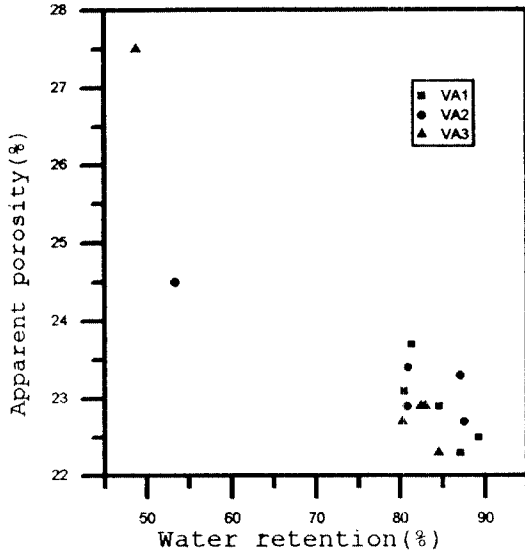


Fig. 5 Relationship between apparent porosity and water retention

보수성과 기공율은 반비례의 관계를 나타내어 보수성이 높으면 겉보기 기공율은 감소하고 있다. 기공율은 시멘트가 수화하고 남은 여분의 물이 증발하여 생성되는 공극이 대부분을 차지하고 있는데⁴⁾ 보수성이 높으면 수중 타설시 외부로부터 물의 유입이 적게 되기 때문에 따라서 기공율이 감소된다고 판단된다.

일반콘크리트의 압축강도를 결정하는 중요요인중의 하나인 물-시멘트비는 수중콘크리트에서도 콘크리트강도에 큰 영향을 미치고 있다. 보수성이 높으면 콘크리트 배합내의 시멘트의 외부 유출을 억제하는 효과와 함께 수중 타설시 물의 유입을 막아 배합수 이외의 물의 혼입을 적게하여 외부 물이 많이 침입한 것보다 물-시멘트비가 낮은 효과를 나타내기 때

문에 기공율이 줄어들고 압축강도가 높게 나타나고 있다고 사료된다. Fig.6은 보수성과 압축강도와의 관계를 나타낸 것이다.

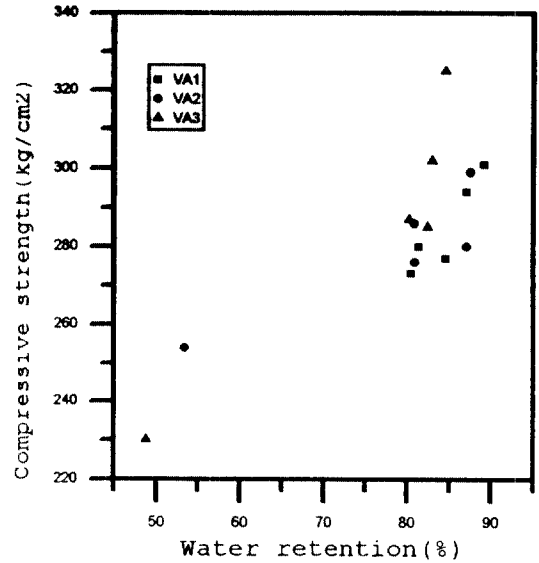


Fig. 6 Relationship between compressive strength and water retention

3.5 보수성과 zeta 전위와의 관계

보수성과 zeta 전위와의 관계를 Fig.7 나타내었다.

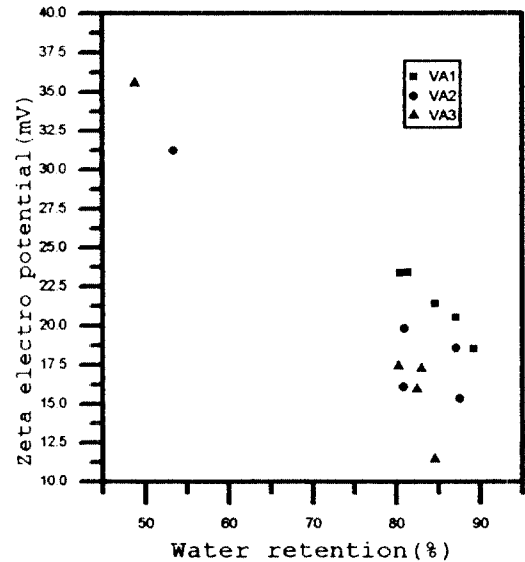


Fig. 7 Relationship between zeta electro potential and water retention

〈Table4〉에서 증점제를 첨가하지 않은 시멘트페이스트의 zeta전위의 절대값은 43.72mV로 높은 값을 나타내었으나 증점제를 첨가한 시멘트페이스트의 zeta전위 절대값은 10 - 30mV로 증점제를 첨가하지 않은 시료보다 낮게 나타났다. 이러한 원인은 증점제를 첨가한 시멘트페이스트는 보수성이 향상되어 수중에서 강한 응집력을 발휘하고, 따라서 분리저항성을 나타내는 것으로 사료된다.

보수성과 zeta전위의 절대값은 반비례의 관계를 나타내고 있으며 zeta전위의 측정으로 시멘트페이스트의 응집력(분리저항성) 정도를 알아볼 수 있다.⁵⁾ 보수성이 높으면 시멘트페이스트의 결합력이 강하여 수중에서 재료분리 저항성이 높은, 양호한 콘크리트의 제조가 가능하다고 판단된다.

4. 결론

본 실험은 시멘트 : 모래 = 1:1로 배합하고 시멘트량에 대하여 증점제량을 0.3 - 0.8wt.%를 첨가 했을때 수중 불분리성 및 압축강도 변화를 연구한 것으로 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 증점제 첨가량이 증가할수록 유동성이 떨어지고, 증점제의 점도가 높을수록 유동화제의 사용량이 증가하였다.
- 2) 모르터의 점도는 증점제의 사용량이 증가할수록, 증점제의 점도가 높을수록 증가하나 증점제의 사용량을 높여도 일정한 유동성을 유지하기 위해서는 유동화제의 사용량이 많아져 오히려 저하하는 경향성을 나타낸다.
- 3) 현탁물질량은 모르터의 점도와 반비례하며 유동화제가 과량사용될 경우 증점제의 응집력이 저하되어 오히려 증가한다.
- 4) 수중콘크리트의 압축강도는 증점제의 보수

성에 가장 큰 영향을 받으며 보수성이 높을수록 모르터의 기공율을 감소시켜 압축강도가 상승된다고 판단된다.

- 5) 수중콘크리트 분리저항성에 영향을 미치는 증점제의 사용량은 적정선이 있으며 증점제의 점도가 높을수록 적정 사용량은 낮아진다.

참고문헌

1. 신도철, 이종열, "수중불분리 콘크리트 물성에 미치는 혼화제의 영향에 관한 기초연구" 한국콘크리트학회 논문집, 제6권2호, 1994, pp.180-185.
2. 김진철외 3명, "수중불분리성 콘크리트의 기초물성에대하여" 한국콘크리트학회 논문집, 제7권1호, 1995, pp.1-7.
3. 조병영외 4명, "증점제를 이용한 고유동 콘크리트의 특성에 관한 기초적 연구" 한국콘크리트학회 논문집, 제7권2호, 1995, pp.41-44.
4. KOREA-JAPANCOLLOQUIUM, "BEHAVIOR OF WATER IN CEMENT AND CONCRETE" Vol.1.1, 1995, pp.1-15.
5. Liu Guanghua, Xu Yaping, ChenHeyun "MECHANISM AND EFFECT OF CELLULOSE ETHER IN UNDERWATER UNDISPERSED CONCRETE", The East Asia Symposium on Polymers in Concrete, pp.99-108.