

화학 혼화제가 PSC용 그라우트 품질 특성에 미치는 영향

Effects of Chemical Admixture on the Quality Characteristics of Grout for Prestressed Concrete

고경택¹ · 류금성¹ · 안기홍^{1*}

Kyung-Taek Koh¹ · Gum-Sung Ryu¹ · Ki-Hong Ahn^{1*}

(Received March 3, 2017 / Revised March 24, 2017 / Accepted March 25, 2017)

The study investigates the effects of the content and using method of chemical admixtures such as superplasticizer and viscosity modifying admixture on the fluidity, bleeding ratio, volumetric change and compressive strength of the grout in order to provide basic data for the development of high-quality grout for prestressed concrete. It appeared that the combination of superplasticizer and viscosity modifying admixture decreased the fluidity of grout with small content of superplasticizer. On the contrary, Grout used more than 0.1% of superplasticizer appeared to have significant effect on the improvement of the fluidity. On the other hand, bleeding of grout reduced according to increasing the content of viscosity modifying admixture. Superplasticizer with less than 0.05% had practically no effect on the reduction of bleeding, whereas superplasticizer with more than 0.1% appear to have significant effect on the reduction of bleeding. Also the combination of superplasticizer with 0.15% and viscosity modifying admixture with 0.15% resulted in satisfactory fluidity accompanied with fair reduction of bleeding and shrinkage of the grout.

키워드 : 그라우트, 프리스트레스트 콘크리트, 화학 혼화제, 블리딩, 유동성

Keywords : Grout, Prestressed concrete, Chemical admixture, Bleeding, Fluidity

1. 서론

프리스트레스트 콘크리트(Prestressed concrete: PSC) 구조물은 사용기간 중에 예상되는 단면력 또는 응력상태에 효과적으로 대처할 수 있도록 시공 중 긴장재를 이용하여 콘크리트에 미리 응력을 가하는 공법이다. PSC 교량와 같은 PSC 구조물에서 긴장재에 부식이 발생하면 전면적인 붕괴 위험에 노출될 우려가 있으므로 이를 방지하기 위해 그라우트로 덕트 속을 완전히 매워 긴장재의 부식을 방지하고 있다. 그라우트의 충전이 불량하거나 경화된 그라우트의 균열 및 공극이 발생할 경우에는 긴장재의 부식으로 내구성 문제가 야기될 수 있기 때문에 그 중요성이 크게 인식되고 있다. 외국에서 강연선 부식에 의한 PSC 구조물의 붕괴 사례를 통해 그라우트의 품질과 충전 상황이 밀접한 관계가 있는 것으로 분석되었다(TRRL 1987; FDOT 2001). 이후 북미, 유럽, 일본 등에

서 그라우트 재료, 시험방법, 주입방법·장치 및 시공품질 확보에 대한 연구가 지속적으로 진행되고 있으며, 그라우트의 품질 규정, 시공절차 및 시방규정이 개정되고 있다(PTI 2013; AASHTO 2010; FIB 2002; BS EN 445 2007).

한편 국내에서도 최근 PSC 구조물에서 그라우트의 충전 불량 등으로 긴장재의 부식과 파단 사례가 보고되고 있다(Koh 2016). 국내에서 사용되는 그라우트는 대부분 물-시멘트비가 약 40%대로 비교적 높고, 가스를 발생시키는 금속성 팽창재의 다량 사용으로 블리딩 발생 가능성이 높고 품질 관리가 어려운 것으로 알려져 있다(Lee et al. 2010). 이와 같은 이유로 외국에서 PSC 교량용 그라우트에 금속성 팽창재의 사용을 금지하고 있다(AASHTO 2010).

최근 외국에서 사용되는 그라우트는 시멘트와 함께 고로슬래그, 플라이애시, 실리카폼을 혼합하여 사용하거나, 팽창재 및 수축저감 재료를 사용하여 수축을 저감시키고 있다. 그리고 증점제를 사용하

* Corresponding author E-mail: agh0530@kict.re.kr

¹한국건설기술연구원 (Korea Institute of Construction Technology, Kyonggi-do, 10223, Korea)

여 그라우트에 점성을 부여함으로써 블리딩을 저감시키고, 고성능 감수제를 사용하여 그라우트에 유동성을 부여함으로써 작업성을 확보하고 있다. 그러나 국내에서 이런 재료를 사용한 그라우트에 대한 연구가 부족한 실정이다. 저자들은 광물질 혼화제가 그라우트의 품질에 미치는 영향을 검토한 결과(Koh et al. 2014), 플라이애시는 유동성을 향상시키나, 블리딩과 수축 저감에 효과가 거의 없는 것으로 보고하였다. 이와 반대로 고로슬래그와 실리카퓌ם은 유동성을 저하시키나 블리딩과 수축 저감에 효과가 큰 것으로 나타났다. 그라우트의 블리딩을 저감하기 위해서는 증점제 사용이 유효하나, 이로 인해 그라우트의 유동성이 저하될 수 있다. 그라우트의 유동성 증진과 블리딩 저감을 동시에 확보하기 위해 증점제와 감수제의 병행 사용이 필요하나, 이에 대한 연구가 부족한 실정이다.

따라서 이 연구에서 프리스트레스트 콘크리트용 고품질 그라우

트를 개발하기 위한 기초 자료로 활용하기 위해 그라우트의 혼화 재료로 증점제와 화학 혼화제가 유동성, 블리딩률, 체적변화 및 압축강도에 미치는 영향에 대해 검토하였다.

2. PSC용 그라우트의 품질규격

Table 1은 국내외 프리스트레스트 콘크리트용 그라우트의 품질 기준을 비교한 결과이다. 국내 표준시방코드 프리스트레스트 콘크리트(KSC 14 20 01 2016)에서는 그라우트를 비팽창성 타입과 팽창성 타입으로 구분하고 있으나 미국, 유럽, 일본 규격에서 이런 구분이 없고 AASHTO에서 알루미늄 분말 등 금속성 팽창재를 그라우트에 사용을 금지하고 있다(AASHTO 2010). 블리딩은 대부분 0%에서 0.5%로 규정하고 있다. 그러나 Fig. 1에 나타난 바와 같이

Table 1. Standards specifications for grout for prestressed concrete

Property	Korea		America	Japan	EU
	Concrete specifications	KS F 4044	PTI, AASHTO	Concrete specifications	BS EN 445 &447, ISO 14824
Fluidity	Specified by construction plan	Cone : $\leq 60\text{sec}$ flow : $\geq 225\text{mm}$	11~30sec(cone)	6~14sec(Cone)	Cone : $\leq 25\text{sec}$ flow : $\geq 140\text{mm}$
Bleeding	0%@24hrs	0.5%@20hrs	0%@3hrs	0.3%@3hrs 0.0%@24hrs	0.3%@3hrs
Volume change	Non-expansion type : -0.5~0.5% Expansion type : 0~10%	< 0.40%	0~0.2% @24hrs, 28days	-0.5~0.5%	-1~5%@24hrs
Compressive strength	Non-expansion type : 30MPa@28day Expansion type : 20MPa@28day	7.0MPa@1day 18.0MPa@3day 24.0MPa@7day 35.0MPa@28day	21MPa@7day 30MPa@28day	$\geq 30\text{MPa@28day}$	27MPa@7day $\geq 30\text{MPa@28day}$
Chloride ion content	0.06% by mass of cement	0.30kg/m ³	0.08% by mass of cementitious material	Normal grout : 0.08% Prepacked grout : 0.3kg/m ³	0.1% by mass of cement
Other required property	-	Setting time : $\geq 1\text{hrs}$ (initial) $< 10\text{hrs}$ (final)	Permeability: ≥ 2500 coulombs@28day Initial setting time : $\geq 3\text{hrs}$	Unit volume mass : $\pm 1.5\%$ by calculated values from grout mix proportions	Setting time: $\geq 3\text{hrs}$ (initial) $\leq 24\text{hrs}$ (final), Sulfate(SO ₃): $\leq 4.5\%$ by mass of cement

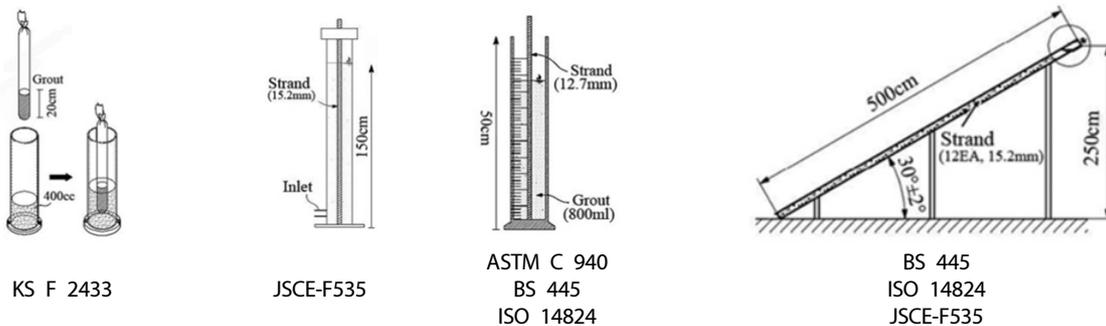


Fig. 1. Test method of bleeding and volume change for grout

그라우트의 블리딩을 평가하는 방법은 국내에서는 시료 높이도 20 cm로 작고 특히 강연선을 배치하지 않아 심지효과(wicked effect)를 고려하지 못하는 것으로 알려져 있다(Ryu et al, 2015; Lee et al, 2016). 또한 국내에는 20시간만을 기준으로 하고 있으나, 외국에서 3시간 또는 24시간을 함께 기준으로 하고 있다. 그라우트의 블리딩은 2~5시간 경과 시 최대로 발생하고, 그 이후는 감소하는 것으로 알려져 있으며, 특히 24시간 경과되면 블리딩은 없는 것으로 평가되는 경우가 있다. 이에 외국에서 블리딩의 기준을 3시간으로 설정하고 있다. 또한 외국에서의 체적변화율 시험방법은 강연선을 삽입한 1m 정도의 수직관 시험 또는 5m 정도의 경사관 시험으로 수행되나, 국내에서 이런 시험 규정이 없다. 따라서 국내에서도 프리스트레스트 콘크리트용 그라우트의 품질을 향상시키기 위해 외국 수준의 규격을 강화시킬 필요가 있다.

3. 시험개요

3.1 사용재료 및 배합비

그라우트의 블리딩 최소화를 위한 구성재료의 하나로 고성능 감수제와 증점제를 사용하였다. 고성능 감수제는 물-시멘트비를 낮게 사용한 그라우트에 대해 블리딩을 억제하고 유동성을 향상시킬 목적으로 사용하였으며, 폴리칼본산계 고성능 감수제(고형분 30%)를 사용하였다. 폴리칼본산계 고성능 감수제의 시멘트 분산성 메커니즘은 시멘트 입자표면에 혼화제의 고분자 3차원 흡착층이 일정 두께로 둘러싸여 물리적 반발력에 의한 입체장애 작용으로 설명할 수 있다(KCI 2004).

증점제는 그라우트의 블리딩 제어와 적절한 점도를 제어하기 위해 사용되었으며, 셀룰로오스계 증점제를 사용하였다. 셀룰로오스계 증점제는 천연에 존재하는 고분자 화합물로 본래는 분자 사이의 강한 수소결합에 의해 물에 용해되지 않지만, 분자의 일부를 화학적으로 에테르화시켜 물에 용해되기 쉬운 성분으로 변화시킨 혼화제의 일종이다. 셀룰로오스계 증점제는 평균적으로 분자의 길이가 약 1 μ m, 굵기가 약 0.001 μ m의 긴 체인을 가진 고분자의 일부가 시멘트 입자에 흡착하여 입자 사이에 가교 구조를 형성하여 입자들 간에 강한 결합을 유도한다(Shimushi 1988).

Table 2는 그라우트의 블리딩 최소화를 위한 구성재료의 조합이다. 고성능 감수제는 시멘트의 0, 0.05, 0.1, 0.15%, 증점제는 물의 0, 0.05, 0.10, 0.15%로 하여 서로 조합하여 16종류의 시험을 수행하였으며, 변수당 3개의 시료를 수행하여 평균값을 구하였다. 물-시멘트비는 0.42로 하였으며, 이것은 일반적으로 사용되는 그

Table 2. Using amount and combination of chemical admixture

No.	Superplasticizer(SP) (cement mass×%)	Viscosity modifying admixture(VMA (water amount×%))
1	0	0
2	0	0.05
3	0	0.10
4	0	0.15
5	0.05	0
6	0.05	0.05
7	0.05	0.10
8	0.05	0.15
9	0.10	0
10	0.10	0.05
11	0.10	0.10
12	0.10	0.15
13	0.15	0
14	0.15	0.05
15	0.15	0.10
16	0.15	0.15



Fig. 2. Test of bleeding and expansion for grout

라우트의 물-시멘트비를 반영한 것이다.

3.2 시험방법

그라우트의 유동성을 평가하기 위해 KS L 5111에 규정되어 있는 플로우 콘을 사용하여 다짐 및 낙하운동 없이 플로우와 KS F 4044에 규정되어 있는 깔때기를 사용하여 유하시간을 측정하였다.

그라우트의 블리딩률과 체적변화는 ASTM C 940에 의거하여 강연선 유무에 따라 평가하였다. KS F 2433에도 그라우트의 블리딩률과 체적변화를 평가하는 시험방법이 있으나, PSC 구조물에서 강연선 배치의 영향인 심지효과(wick effect)를 고려하지 못하는 것으로 지적되고 있다(Lee et al, 2010; KICT 2013). 따라서 PSC용 그라우트의 심지효과를 고려하기 위해 ASTM C 940에 준하여

직경 50mm의 실린더를 400mm 높이 까지 채운 뒤 타설 후 3시간 블리딩 양을 각각의 변수마다 3개의 시편을 제작하여 측정하였으며, Fig. 2에 블리딩률과 체적변화를 평가하는 시험을 나타내었다.

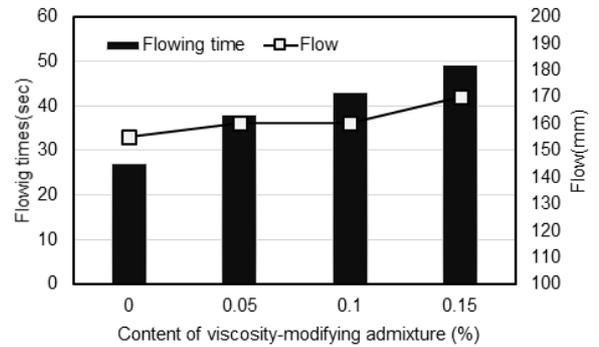
그라우트의 압축강도 시험은 KS F 2426에 준하여 공시체를 제작하여 KS F 2405에 준하여 재령 7일, 28일에서 압축강도를 측정하였다.

4. 시험결과 및 고찰

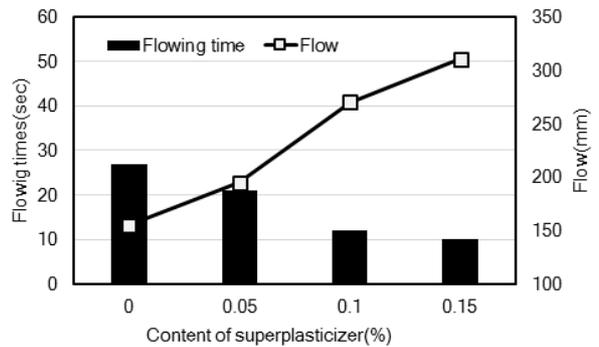
Table 3은 고성능 감수제과 증점제의 화학 혼화제 사용에 따른 시험결과를 정리한 것이다.

4.1 유동성

Fig. 3은 증점제와 고성능 감수제의 사용량이 유하시간과 플로우에 미치는 영향이다. 증점제의 사용량이 증가할수록 플로우와 유하시간이 증가하는 것으로 나타났는데, 일반적으로 증점제를 사용하면 시멘트 페이스트에 점성이 부여되기 때문에 유동성이 감소할 수 있다. 그러나 이처럼 플로우가 증가한 것은 증점제를 사용함으로써 재료분리 등을 방지하여 시멘트 입자가 균질하게 분포되었기 때문으로 사료된다. 고성능 감수제의 사용량이 증가할수록 유하속도는 빨라지고, 플로우는 급격히 증가하는 것으로 나타났다.



(a) Viscosity modifying admixture



(b) Superplasticizer

Fig. 3. Fluidity according to content of chemical admixture

Table 3. Test results

Parameter		Fluidity		Bleeding ratio(3h, %)		Volume change(3h, %)		Compressive strength(MPa)	
SP (%)	VMA (%)	Flowing time(sec)	Flow(mm)	No strand	Strand	No strand	Strand	7days	28days
0	0	27	155	0.2	1.9	-0.6	-2.6	33.7	55.1
	0.05	38	160	0.2	1.9	-0.3	-2.3	45.0	57.2
	0.1	43	160	0.2	1.8	-0.1	-2.2	39.9	54.3
	0.15	49	170	0.1	1.3	-0.4	-1.2	41.0	56.3
0.05	0	21	195	0.4	3.8	-0.5	-4.1	42.4	56.8
	0.05	24	190	0.1	2.5	-0.1	-2.6	37.0	53.2
	0.1	36	185	0.1	2.1	-0.5	-2.1	40.9	54.7
	0.15	98	175	0.1	1.7	-0.2	-1.9	38.2	52.8
0.1	0	12	270	0.3	2.9	-0.3	-3.2	37.7	51.9
	0.05	16	255	0.1	1.6	-0.2	-1.7	44.2	56.7
	0.1	17	225	0.1	0.9	-0.3	-1.2	45.2	54.3
	0.15	24	220	0.0	0.9	0.0	-1.1	43.0	53.6
0.15	0	10	310	0.2	1.8	-0.4	-2.0	32.3	45.2
	0.05	15	290	0.1	1.8	-0.2	-1.8	29.8	44.1
	0.1	19	260	0.0	1.3	-0.2	-1.2	30.5	46.8
	0.15	18	420	0.1	0.7	-0.3	-0.7	30.1	46.1

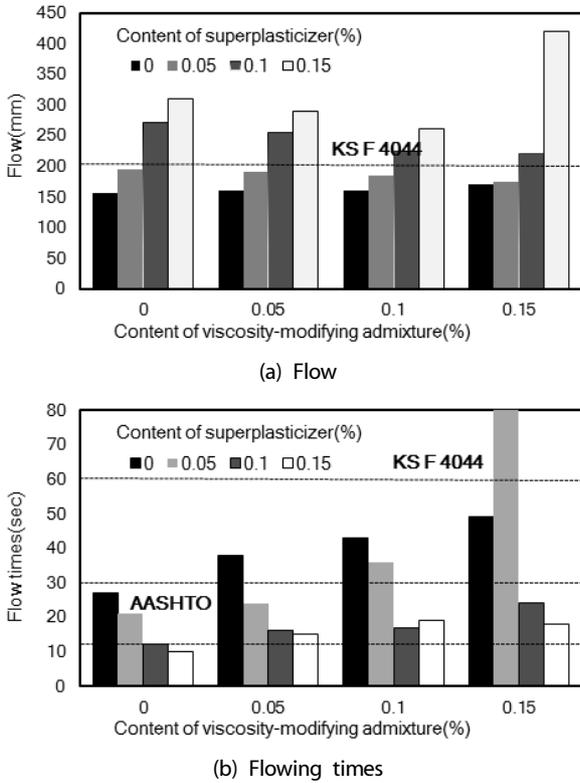


Fig. 4. Fluidity of grout with combined chemical admixture

고성능 감수제는 시멘트 입자의 분산성을 높이는 역할을 하므로 플로우가 증가하고, 유하속도도 빨라지고 있다. 유하속도가 과도하게 빨라지면 재료분리가 발생할 가능성이 있기 때문에 적정량의 고성능 감수제 사용이 필요할 것으로 판단된다.

Fig. 4는 각각 증점제와 고성능 감수제의 조합사용이 플로우와 유하시간에 미치는 영향이다. 증점제와 고성능 감수제를 조합하여 사용한 경우에는 일부 특정 사용량에 따라 증점제와 고성능 감수제의 사용량이 증가할수록 플로는 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 증점제와 고성능 감수제를 조합 사용함으로써 적절한 점성과 유동성이 부여되어 그라우트의 플로우가 증가된 것으로 판단된다. KS F 4044에서 그라우트의 플로우를 225mm 이상 규정하고 있으며, 이를 만족하는 조합은 증점제 사용량에 관계없이 고성능 감수제의 0.1% 이상 사용하는 조합으로 분석되었다. Fig. 4(b)에 나타난 바와 같이 증점제의 사용량에 관계없이 고성능 감수제 사용량 0.05%에서 유하시간이 길어지는 결과를 보이고, 증점제 사용량 0.15%에서 유하시간이 98초로 그라우트가 막히는 현상이 발생하였다. 증점제를 사용한 경우 고성능 감수제의 사용량이 적으면 응집현상이 발생하는 것으로 알려져 있으며(KICT 2013), 본 연구에서도 동일하게 설명할 수 있는 것으로 판단된다. 시험결과에

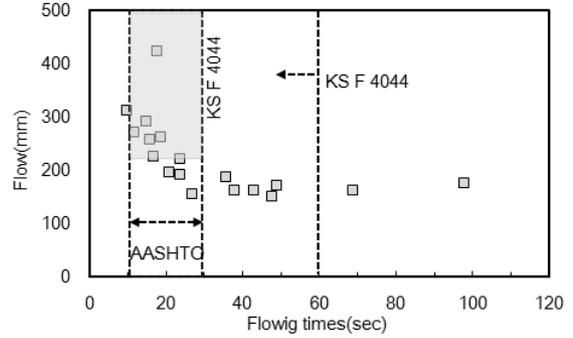


Fig. 5. Relationship between flow and flowing times with chemical admixture

의하면 증점제를 사용할 경우에는 고성능 감수제를 0.1% 이상 사용해야 응집현상이 발생하지 않고 유동성이 향상되는 것으로 나타났다. KS F 4044에서 그라우트의 유하시간을 60초 이내로 규정하고 있고, AASHTO LRFD에서 11~30초로 규정하고 있다. 본 시험 결과에서 유하시간 60초 이내는 증점제 0.15%와 고성능 감수제 0.05%의 조합을 제외하고 모든 배합이 만족하는 것으로 나타났으며, 유하시간 11~30초는 증점제 0.05%와 고성능 감수제 0.1% 등 6종류의 조합이 만족하는 것으로 나타났다.

Fig. 5는 증점제와 고성능 감수제를 조합사용한 그라우트에서 유하시간과 플로우의 관계이다. 유하시간이 30초 이내에서 플로우가 증가함에 따라 유하시간은 빨라지는 경향을 보이고 있다. 그러나 유하시간 30초 이상부터는 플로는 변화되지 않고 유하시간만 증가하는 경향을 보이고 있다. 이상의 결과로부터 플로우와 유하시간은 상관관계를 보이지 않을 가능성이 있기 때문에 그라우트의 유동성을 플로우와 유하시간을 적절히 선정하여 평가할 필요가 있다. 그리고 AASHTO LRFD의 유하시간 11~30초와 KS F 4044의 플로우 225mm를 동시에 만족하는 조합은 증점제 0.1%에서 고성능 감수제 0.1%, 0.15%의 조합 2종류, 증점제 0.15%에서 0.1%, 0.15%의 조합 2종류이다.

이상과 같이 증점제와 고성능 감수제가 유동성에 미치는 영향에 대해 검토한 결과, 증점제와 고성능 감수제를 조합사용한 경우에는 고성능 감수제의 사용량이 너무 적으면 응집현상이 발생하여 유동성이 저하되나, 고성능 감수제 사용량 0.1% 이상부터 유동성이 크게 향상되는 것으로 나타났다.

4.2 블리딩 및 체적변화

PSC 교량용 강연선은 일곱 개의 와이어가 나선형으로 꼬여져 구성되어 있다. 이 와이어 사이의 틈을 통해 그라우트 내의 수분이

통과할 수 있는 물길(path of water travel)이 만들어져 그라우트 주입 시 결합재와 물의 재료분리가 촉진되는 심지 효과(wick effect)가 나타난다(Lee et al, 2010; Shockker et al, 2001). Table 3에 나타난 강연선 유무에 따라 블리딩률과 체적변화의 결과를 보면, 강연선을 배치한 경우에는 강연선을 배치하지 않은 경우에 비해 블리딩률은 7배~25배, 체적변화는 2.3~26배 정도 증가하는 것으로 나타났으며, 이런 결과는 심지효과에 의한 것으로 분석된다. 따라서 PSC용 그라우트의 품질을 평가할 때에는 AASHTO 및 BS Code와 같이 강연선을 배치한 심지효과를 고려할 필요가 있는 것으로 판단된다.

Fig. 6은 각각 증점제와 고성능 감수제의 사용량이 블리딩률과 체적변화에 미치는 영향이다. 증점제의 사용량이 증가할수록 블리딩률과 수축량이 감소하는 것으로 나타났는데, 증점제의 흡수 또는 팽윤 작용에 의한 것으로 분석된다. 고성능 감수제는 0.05%까지 블리딩률과 수축량 모두 증가하나, 0.1%부터 블리딩률과 수축량이 모두 감소하는 것으로 나타났다. 즉 고성능 감수제를 그라우트 제조에 사용할 경우에는 일정 양 이상을 사용해야 효과가 있을 것으로 판단된다.

Fig. 7은 각각 증점제와 고성능 감수제의 조합사용이 블리딩률

과 팽창률에 미치는 영향이다. 증점제와 고성능 감수제를 조합하여 사용한 경우에는 증점제의 사용량에 관계없이 고성능 감수제의 사용량 0.05%와 조합한 그라우트 배합에서 전반적으로 블리딩률과 수축량이 모두 증가하는 것으로 나타났다. 4.1의 유동성 결과에 따르면 고성능 감수제의 사용량이 일정량 이상보다 적게 사용하면 응집현상이 발생하여 증점제의 흡수·팽윤 작용이 발휘되지 않아 고성능 감수제의 분산 작용도 되지 않기 때문에 블리딩이 증가하고, 그에 따라 수축량도 증가한 것으로 분석된다. 그러나 고성능 감수제 사용량 0.1% 이상부터 증점제의 사용량이 증가할수록 전반적으로 블리딩과 수축량이 감소하는 경향을 보이나, 일부에서 감소정도가 반드시 고성능 감수제의 사용량에 비례하지 않은 것으로 나타났다. 그리고 이 실험에서 증점제와 고성능 감수제의 영향만으로 평가하기 위해 팽창재와 같이 수축저감재료를 사용하지 않고, 강연선을 배치하였기 때문에 일정 이상의 블리딩률과 수축이 발생한 것으로 판단된다. 이 결과로부터 블리딩률과 수축을 저감시키기 위해 증점제와 고성능 감수제의 사용량을 각각 0.15%의 조합이 가장 효과적으로 나타났다.

Fig. 8은 증점제와 고성능 감수제를 조합사용한 그라우트에서 블리딩률과 팽창률과의 관계이다. 증점제와 고성능 감수제를 조합

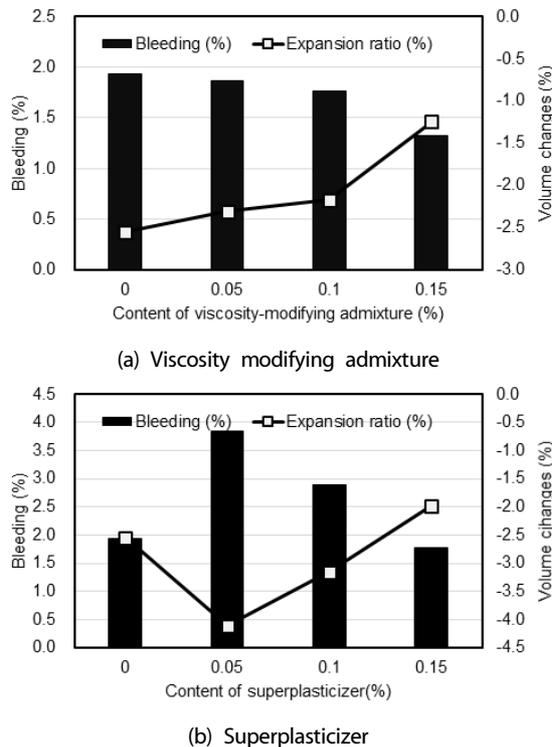


Fig. 6. Bleeding and volume change according to the type and content of chemical admixture

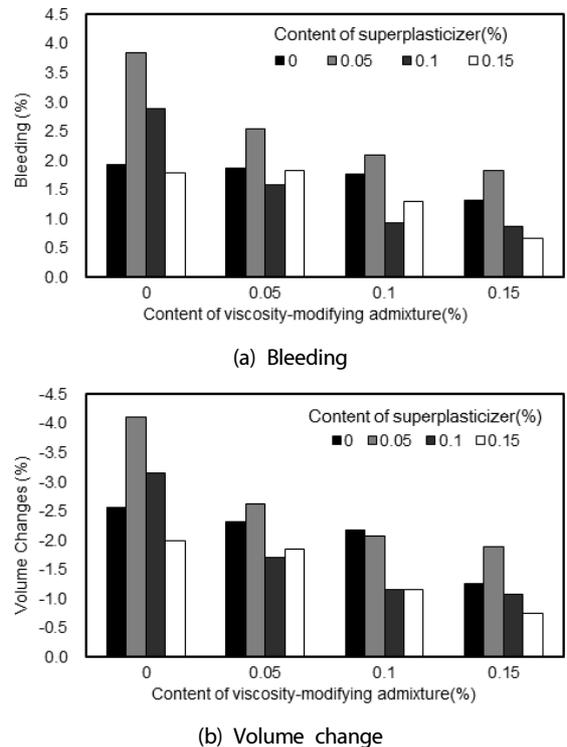


Fig. 7. Bleeding and volume change of grout with combined chemical admixture

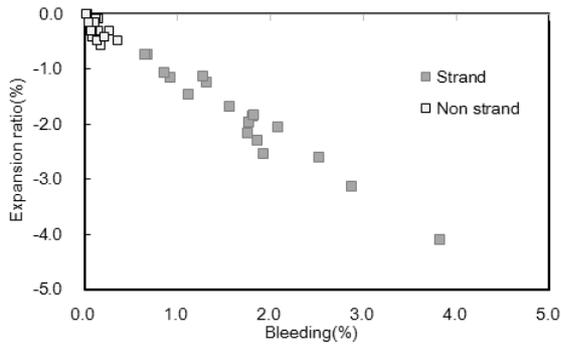


Fig. 8. Relationship between bleeding and volume change of grout with chemical admixture

사용한 그라우트에서 강연선 배치에 관계없이 블리딩률과 팽창률과의 관계가 양호한 상관이 있으며, 이 결과로부터 그라우트의 블리딩률이 증가할수록 수축량도 증가하고 있음을 알 수 있다.

4.3 압축강도

프리스트레스드 콘크리트 구조물에서 그라우트의 압축강도는 부재 콘크리트와 긴장재를 일체화시키는 부착강도와 관련되어 있으며, KS 규격 및 콘크리트 표준시방서 등에서 규정하고 있다. Table 2에 나타낸 화학 혼화제를 사용한 그라우트의 압축강도는 고성능 감수제와 증점제의 사용량이 0.15% 조합에서 전반적으로 강도가 작은 것으로 나타났다. 그러나 KS F 4044에서 규정한 재령 7일과 재령 28일의 기준값인 각각 24MPa과 35MPa 이상, 콘크리트 표준시방서에서 규정한 재령 28일에서 기준값 30MPa 이상을 모두 만족하고 있다.

5. 결론

본 연구에서는 PSC 구조물용 고품질 그라우트를 개발하기 위한 기초 자료로 활용하기 위해 그라우트의 고성능 감수제와 증점제의 양과 사용방법이 유동성, 블리딩률, 체적변화 및 압축강도에 미치는 영향에 대해 검토하였다. 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 증점제와 고성능 감수제가 유동성에 미치는 영향에 대해 검토한 결과, 증점제와 고성능 감수제를 조합사용한 경우에는 고성능 감수제의 사용량이 너무 적으면 응집현상이 발생하여 유동성이 저하되나, 고성능 감수제 사용량 0.1% 이상부터 유동성이 크게 향상되는 것으로 나타났다.
2. 증점제의 사용량이 증가할수록 블리딩률이 감소하며, 고성능 감수제는 0.05%까지 블리딩률이 증가하나, 0.1%부터 블리딩률

이 감소하는 것으로 나타났다.

3. 이상의 결과로부터 일반적으로 적용되는 PSC 구조물용 그라우트의 물-시멘트비가 0.42인 경우 고성능 감수제와 증점제를 각각 0.15%를 조합한 그라우트의 배합이 유하시간, 플로우, 블리딩 및 체적변화 측면에서 가장 양호한 것으로 분석되었다.

감사의 글

본 연구는 한국건설기술연구원 주요사업 “PSC 교량의 스마트 긴장력 관리 및 고품질 그라우트 기술 개발” 지원에 의해 수행되었습니다.

References

- AASHTO (2010). LRFD Bridge Construction Specifications, 3rd Edition, American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Aitcin, P., Ballivy, G., Parizeau, R. (1984). “The use of condensed silica fume in grouts, innovative cement grouting,” SP-83, J. P. Welsh, ed., American Concrete Institute, Farmington Hills, Mich, 1-18.
- BS EN 445 (2007). Grout for Prestressing Tendons-Test Method, British Standards Institution, BSI, London.
- FDOT (2001). Mid-Bay Bridge Post-tensioning Evaluation, Final Report, Corven Engineering, Inc., Florida Department of Transportation, Tallahassee, FL, USA.
- FIB (2002). Grouting of Tendons in Prestressed Concrete, International Federation for Structural Concrete, FIB bulletin 20.
- Koh, K.T. (2016). “Direction on improvement of specification criteria on grouting for PSC bridges,” Proceeding of KSCE, **42** [in Korean].
- Koh, K.T., Ryu, G.S., Ahn, K.H., Kang, S.T. (2014). Effects of mineral admixture on the characteristics of grout for psc bridge, Journal of the Korean Recycled Construction Resource Institute, **2(1)**, 26-33 [in Korean].
- Korea Concrete Institute(KCI) (2004). Advanced Concrete Engineering for Special Uses, KCI-B-04-001 [in Korean].
- Korea Institute of Construction Technology(KICT) (2013). Development of Void Zero Grouting Technologies for

- Prestressed Concrete Bridges, KICT 2013-219 [in Korean], KS F 2433 (2014). Standard Test Method for Bleeding and Expansion Ratios of Grouting Mortar, KS Standard, Korea [in Korean].
- Lee, J.K., Choi, J.H., Yoon, J.S., Cho, I.S. (2010). Study on material segregation of grout and filling characteristics of grouting for post-tensioned concrete beam, Journal of the Korea Concrete Institute, **22(3)**, 419-426 [in Korean].
- Lee, J.S., Koh, K.T., Ahn, G.H., Kang, S.T., Kwon, S.H. (2016). Effects of diameter of cylinder and the number of strand on the bleeding of cement paste, Journal of the Korean Recycled Construction Resource Institute, **4(1)**, 38-46 [in Korean].
- Post-Tensioning Institute(PTI) (2013). Specification for Grouting of Post-tensioned Structures, 3rd edition, PTI M55, 1-12.
- Saric-Coric, M., Khyat, K.H., Tagnit-Hamou, A. (2003). Performance characteristics of cement grouts made with various combinations of high-range water reducer and cellulose-based viscosity modifier, Cement and Concrete Research, **33(1)**, 1999-2008.
- Schokker, A.J., Breen, J.E., Kreger, M.H. (2001). Grouts for bonded post-tensioning in corrosive environments, ACI Materials Journal, **98(4)**, 296-305.
- Shimushi (1988). Technologies and Market of Admixture for New Concrete [in Japan].
- Trejo, D., Hueste, M.B.D., Gardoni, P., Pillai, R.G. (2009). Effect of voids in grouted, post-tensioned concrete bridge construction, FHWA/TX-09/0-4588-1.
- TRRL (1987). Seventh Report of the Committee for The Two Years Ending July 1987. EA/88/4, Standing Committee on Structural Safety, Transport and Road Research Laboratory, UK.
- Yahia, A., Khayat, K.H. (2001). Experiment design to evaluate interaction of high-range water-reducer and antiwashout admixture in high-performance cement grout, Cement and Concrete Research, **31**, 749-757.
- Yoo, D.Y., Ryu, G.S., Yuan, T.F., Koh, K.T., Yoon, Y.S. (2015). Cracking behavior of posttensioning grout with various strand-to-duct area ratios, Journal of Materials in Civil Engineering, **27(6)**, 1-9.

화학 혼화제가 PSC용 그라우트 품질 특성에 미치는 영향

본 연구에서는 프리스트레스트 콘크리트용 고품질 그라우트를 개발하기 위한 기초 자료로 활용하기 위해 그라우트의 화학 혼화제로 고성능 감수제와 증점제의 양과 사용방법이 유동성, 블리딩률, 체적변화 및 압축강도에 미치는 영향에 대해 검토하였다. 증점제와 고성능 감수제가 유동성에 미치는 영향에 대해 검토한 결과, 증점제와 고성능 감수제를 조합사용한 경우에는 고성능 감수제의 사용량이 너무 적으면 응집현상이 발생하여 유동성이 저하되나, 고성능 감수제 사용량 0.1% 이상부터 유동성이 크게 향상되는 것으로 나타났다. 증점제의 사용량이 증가할수록 블리딩률이 감소하며, 고성능 감수제는 0.05%까지 블리딩률이 증가하나, 0.1%부터 블리딩률이 감소하는 것으로 나타났다. 또한 고성능 감수제와 증점제를 각각 0.15%를 조합한 그라우트의 배합이 유하시간, 플로우, 블리딩 및 체적변화 측면에서 가장 양호한 것으로 분석되었다.