

제설제 추가 비축을 위한 적정량 추정에 관한 연구



신 성 필 | 정회원 · 한국건설기술연구원 전임연구원
 양 충 현 | 정회원 · 한국건설기술연구원 수석연구원
 하 동 수 | 비회원 · 국토해양부 도로운영지원과 과장
 백 봉 기 | 비회원 · 국토해양부 도로운영지원과 사무관
 차 종 선 | 비회원 · 국토해양부 도로운영지원과 주무관

1. 서론

제설작업에 투입된 인력과 장비, 제설제 사용량에 대한 새로운 기록들이 갱신되었던 지난겨울, 국토해양부에서는 주요 간선도로의 원활한 소통을 위해 철야 근무를 지속적으로 실시하기 위해 전년 대비 최고 70%까지 증가한 인력과 장비를 투입하고, 염화칼슘(CaCl₂)과 염화나트륨(NaCl) 사용량은 약 16만 톤에 이르는 등 동절기 도로관리에 총력을 기울였다.

평소 눈이 많이 내리는 강원도 지역의 경우, 양양 지역에서 하루 최대 77cm의 눈이 내렸으며, 연속된 강설로 인해 누적 적설량이 4m에 달하기도 하였다. 강릉 지역은 7일 연속 눈이 내리기도 하였으며, 평년보다 많은 눈이 내린 만큼 일반국도와 고속도로의 제설작업에도 많은 어려움이 있었다. 특히 2009년 이후에는 강원권 지역뿐만 아니라 서해안 인근의 호남권에도 폭설이 내려 극심한 교통체증이 발생하기도 하였다. 지구 온난화 등에 의한 이상기후 영향으로 20cm 이상 눈이

내리는 경우 발효되는 대설경보 발령 횟수가 매년 증가하고 있는 추세에 있으며, 강설 빈도의 증가와 특정 지역에 대한 기습적이고 국지적인 폭설 같은 동절기 재해 발생도 점점 증가하고 있다. 이러한 기상 이변 상황 속에서 향후 발생 가능한 동절기 자연재해에 대한 대응 방안으로써 국가 전체의 도로제설능력을 점검하고, 국가 제설역량을 획기적으로 보강해야 할 필요성이 대두되고 있다. 이를 위해서 주요 국가 간선도로망에 대한 제설제 사용 및 보유 현황을 파악하고, 권역별로 폭설로 인한 국가재난 상황 예방을 위해 필요한 추가 비축 제설재량을 추정, 보관하여 폭설 시에도 제설제를 신속히 확보, 제공할 수 있는 체계가 갖추어져야 한다. 따라서 본 기사에서는 제설제 도입을 위해 전국을 4개의 주요 권역별(수도권, 충청권, 강원권, 호남권)으로 구분하여 일상적인 제설업무 외에 국가 재난에 준하는 폭설 시 제설제 부족현상으로 인한 제설작업 지연 사태를 예방하기 위해 추가로 필요한 제설제 비축량의 추정방법에 대해 기술하고자 한다.

2. 제설제 사용 현황 파악

제설제 운영 현황 파악을 위해 고속국도와 일반국도를 포함한 국가 주요 간선도로와 전국 지방자치단체 관할 지방도를 대상으로 2007년부터 2010년 동절기 기간 동안 제설제 종류별 보유량과 사용량 현황을 조사하였다.

지난 3년 동절기 동안 전국단위 제설제 운영현황을 조사·분석한 결과, 고체 염화칼슘 (CaCl₂)이 국내 주요 제설제로 사용되고 있지만, 점차 고체 염화나트륨(NaCl)과 염화나트륨 수용액(NaCl-w)의 사용이 증가하는 추세인 것으로 파악되었다. NaCl의 증가는 CaCl₂에 비해 초기 융설 반응 속도는 느리지만 지속성에서 강점이 있다. 수용액 형태의 제설제 살포 증가는 고속화도로 연장의 증가와 관련이 있다. 고속화도로에 고체형태의 제설제를 살포한 경우, 차량의 고속 주행에 의해 많은 양의 제설제가 도로 밖으로 유출되어 효율적인 제설 효과를 거두기 어렵기 때문이다. 표 1은 지난 3년 동절기 동안 사용된 제설제 사용량을 제설제 종류별·도로 형태별로 조사한 결과를 나타낸 것이다.

표 2는 2007-2008년 동절기간, 2008-2009년 동절기간, 2009-2010년 동절기간에 대한 전국적인 제설제 종류별 보유 및 사용 현황을 나타낸 것이다.

NaCl의 경우, 동절기 제설제 보유량은 전년대비

표 1. 지난 3년 동절기 기간 동안 평균 도로 형태별 제설제 종류별 사용현황

제설제 종류	고속국도	일반국도	지방도
NaCl (고체 염화나트륨)	91,976 톤	43,485 톤	3,432 톤
CaCl ₂ (고체 염화칼슘)	15,699 톤	14,179 톤	1,758 톤

표 2. 지난 3년간 전국적인 제설제 종류별 보유량 및 사용량

기 간	NaCl (톤)		CaCl ₂ (톤)	
	보유량	사용량	보유량	사용량
07-08 동절기	112,637	95,815	69,894	49,056
08-09 동절기	154,132	138,981	74,932	56,572
09-10 동절기	227,781	214,848	93,269	85,530

각각 37%, 48% 증가하였으며, 사용량은 전년대비 각각 45%, 55% 증가하였다. CaCl₂의 경우 2008-2009년 동절기 보유량은 2007-2008 동절기에 비해 약 7% 증가하였고, 2009-2010 동절기는 2008-2009 동절기에 비해 무려 25% 증가하였다. 특히, NaCl의 보유량과 사용량이 모두 CaCl₂보다 많다는 것을 알 수 있다. 요약하면, 제설제 사용량은 지난 3년 동절기 동안 전국적으로 증가하는 추세이며, 국내 제설제 사용 경향이 선진국과 같이 CaCl₂에서 NaCl으로 변화되고 있는 추세임을 알 수 있다.

일반적으로 강설량은 제설작업의 빈도와 밀접한 관련이 있다. 대설특보 발생 빈도가 매년 증가함에 따라 제설작업 투입횟수가 증가하고 이로 인해 자연스럽게 제설제 사용량이 증가하고 있다. 또한 도로 상태에 대한 높은 서비스 수준을 요구하는 민원에 대응하기 위해 빈번한 제설작업이 이루어지고 있으며, 설계속도가 높은 고속화도로의 연장 증가로 인해 특별 관리를 필요로 하는 제설작업 구간이 늘어나고 있는 점이 지속적인 제설제 사용량의 증가 요인으로 파악되고 있다.

3. 적정 제설제 비축량 추정

제설제 비축량에 대한 외국 사례를 살펴보면 영국의 경우 평균 연간 제설제 사용량만큼 또는 그것의 1.5배 정도를 한 해분으로 비축한다. 미국의 경우 적어도 동절기 평균 필요량의 100%를 정확히 채워서 비축할 것을 권고하고 있다. 국내의 경우, 서울시는 지난 5년 평균 제설제 사용량의 1.5 배 비축을 원칙으로 하고 있고, 한국도로공사의 경우, 습염살포 제설작업 도입 이후, 각 지사별로 적정 제설제 보유량을 산정하고 있다. 지난 3년 동절기 기간동안 전국 5개 권역에 대한 제설제 보유량과 사용량을 분석한 결과, 영남권은 다른 권역에 비해 제설제의 보유량과 사용량이 절반 이하 수준 밖에 되지 않는 것으로 나타났다. 예를 들어 제설제 사용량이 많은 고속국도의

경우에 경남본부의 지난 3년 동절기 기간 동안 CaCl₂ 보유량과 사용량이 408톤으로 경기본부, 강원본부, 충청본부 사용량의 약 10% 수준에 머물고 있다. 이는 영남지역의 기상특성과 밀접한 연관이 있는 것으로 판단된다. 따라서 제설제 추가 비축량 추정 시에 영남권은 배제하였다.

앞서 기술한 대로, 본 기사에서는 동절기 예기치 못한 폭설로 인한 국가 재난에 준하는 비상상태에 대비하기 위해 앞서 조사한 자료를 근거로 하여 제설제 비축 여유량을 추정하도록 한다.

- ① 권역별 지난 3년간 동절기 제설제 사용량 (NaCl+CaCl₂)
- ② 권역별 2009-2010 동절기 제설제 사용량 (NaCl+CaCl₂)

일반적으로 도로관리기관에서는 전년도 제설제 사용량을 근거로 당해 연도 제설제 보유량을 추정한다. 따라서 올해 (2010-2011 동절기)에 고속국도, 일반국도, 지방도 제설을 위해 도로관리기관별로 2009-2010 동절기에 사용한 양만큼 제설제를 비축한다고 가정했을 때, 지난 3년간 동절기 평균 제설제 사용량과 2009-2010 동절기에 사용된 전체 제설제 간의 차이만큼 비축하는 것이 타당할 것으로 판단된다. 다음 표 3과 표 4는 고속국도, 일반국도, 지방도에 대한 NaCl 및 CaCl₂ 보유량과 사용량을 나타낸 것이다.

분석 결과, 지난 3년간 동절기에 CaCl₂과 NaCl의 사용량은 모두 보유량의 약 100%에 미치지 못하는 것으로 나타났는데, 이는 제설제 구매와 관련된 것이다. 예를 들어, 동절기 기간 시작 전에 고속국도, 일반국도는 물론, 모든 기관에서 예년 사용량을 기준으로, 또는 지난 몇 년간의 사용량의 평균을 기준으로 제설제를 비축한다. 그러나 동절기 기간 동안 비축창고의 부족으로 제설제 필요량을 한 번에 구입하지 못하고, 단계별로 또는 강설량에 따라 추가적으로 구입하고 있다. 결과적으로, 제설제 보유량과 사용량이 매년 정확히 일치하기는 어렵다. 표 5는 지난 3년간 동절기 동안의 권역별 제설제 (NaCl+CaCl₂) 보유량을 나타낸다.

표 3. 지난 3년 동절기 권역별 NaCl 보유량 및 사용량 (톤)

권역별	07-08 동절기		08-09 동절기		09-10 동절기		3년간 평균	
	보유량 (톤)	사용량 (톤)	보유량 (톤)	사용량 (톤)	보유량 (톤)	사용량 (톤)	보유량 (톤)	사용량 (톤)
수도권	19,957	18,938	20,728	17,389	36,036	35,324	25,574	23,884
강원권	33,912	32,229	39,309	35,288	88,878	62,315	54,033	43,277
충청권	22,866	18,137	35,076	33,303	49,111	46,892	35,684	32,777
호남권	20,614	15,149	38,751	35,382	40,429	36,800	33,265	29,110
합계	97,349	84,453	133,864	121,362	214,454	181,331	148,556	129,048

표 4. 지난 3년간 동절기 CaCl₂ 보유량 및 사용량 (톤)

권역별	07-08 동절기		08-09 동절기		09-10 동절기		3년간 평균	
	보유량 (톤)	사용량 (톤)	보유량 (톤)	사용량 (톤)	보유량 (톤)	사용량 (톤)	보유량 (톤)	사용량 (톤)
수도권	6,441	6,127	6,839	5,748	8,352	8,330	7,211	6,735
강원권	10,086	8,221	9,145	6,984	10,508	9,879	9,913	8,361
충청권	6,164	4,074	7,541	6,507	9,325	8,331	7,677	6,304
호남권	7,394	4,762	11,345	8,998	11,658	9,996	10,132	7,919
합계	30,085	23,184	34,870	28,237	39,843	36,536	34,933	29,319

표 5. 지난 3년간 동절기 권역별 염화나트륨 + 염화칼슘 보유량

권역	07-08 동절기	08-09 동절기	09-10 동절기	3년간 평균
수도권	26,398 톤	27,567 톤	44,388 톤	32,784 톤
강원권	43,998 톤	48,454 톤	99,386 톤	63,946 톤
충청권	29,030 톤	42,617 톤	58,436 톤	43,361 톤
호남권	28,008 톤	50,096 톤	52,087 톤	43,397 톤
합계	127,434 톤	168,734 톤	254,297 톤	183,488 톤

2008-2009 동절기 전체 제설제 보유량은 2007-2008 동절기보다 약 32% 증가하였으며, 2009-2010 동절기의 경우에는 2008-2009 동절기보다 약 51% 증가하였다. 참고로 2009-2010 동절기 전체 제설제 보유량은 2007-2009 동절기 평균 보유량보다 무려 72% 증가하였다. 표 6은 지난 3년 동절기 동안의 권역별 제설제 (NaCl+CaCl₂) 사용량을 나타낸다.

2008-2009 동절기 전체 제설제 사용량은 2007-2008 동절기보다 39% 증가하였고, 2009-2010 동절기 전체 제설제 사용량은 2008-2009 동절기보다 46% 증가하였다. 2009-2010 동절기 전체 제설제

표 6. 지난 3년간 동절기 권역별 염화나트륨+염화칼슘 사용량

권역	07-08 동절기	08-09 동절기	09-10 동절기	평균
수도권	25,065 톤	23,137 톤	43,654 톤	30,619 톤
강원권	40,450 톤	42,272 톤	72,194 톤	51,639 톤
충청권	22,211 톤	39,810 톤	55,223 톤	39,081 톤
호남권	19,911 톤	44,380 톤	46,796 톤	37,029 톤
합계	107,637 톤	149,599 톤	217,867 톤	158,368 톤

사용량은 2007-2009 동절기 사용량의 평균보다 69% 증가하였다. 지난 3년간 동절기 평균 제설제 사용량은 158,368 톤이므로, 2009-2010 동절기 전체 사용량(217,867 톤)과의 차이는 59,499 톤이다.

따라서 약 60,000톤 가량이 이상적인 비축량으로 추정될 수 있다. 이 비축량은 2009-2010 동절기 제설제 사용량의 27% 수준이다. 지난 3년간 동절기 제설제 사용량을 근거로 하여 권역별 사용비율을 계산하면, 수도권 19%, 충청권 25%, 강원권 33%, 호남권 23%로 나타났다. 표 7은 권역별 제설제 추가 비축 여유량을 나타낸다.

표 7에 기술되어 있는 전국 규모의 약 60,000톤 비축량은 한국도로공사에서 보유하고 사용한 제설제 자료를 포함한 추정치이다. 고속국도의 경우, 제설제 보유량과 사용량이 일반국도나 지방도 보다 압도적으로 많고, 도로특성(유료도로)이 다른 점을 감안하여 고속국도 자료를 제외한 일반국도와 지방도 제설제 현황만을 활용하여 제설제 비축량을 추정하였을 경우에는 표 8과 같다.

표 7. 권역별 제설제 추가 비축 여유량(고속국도 포함)

권역	09-10 동절기	3년간 동절기 평균	추가비축량
수도권	43,654 톤	30,619 톤	13,035 톤
강원권	72,194 톤	51,639 톤	20,555 톤
충청권	55,223 톤	39,081 톤	16,142 톤
호남권	46,796 톤	37,029 톤	9,767 톤
합계	217,867 톤	158,368 톤	59,499 톤

표 8. 권역별 제설제 추가 비축 여유량(고속국도 제외)

권역	09-10 시즌	3시즌 평균	추가비축량
수도권	11,210 톤	9,120 톤	2,090 톤
강원권	36,839 톤	25,343 톤	11,496 톤
충청권	18,556 톤	13,102 톤	5,454 톤
호남권	17,910 톤	14,205 톤	3,705 톤
합계	84,514 톤	61,770 톤	22,745 톤

4. 결론

우리나라는 선진외국에 비해 기상이변으로 인한 폭설에 대해 효과적이고 과학적인 제설체계 정립이 다소 미흡한 실정이다. 그동안 강원권 등 일부지역을 제외한 권역에서는 동절기 제설대책을 일과성 업무로 여겨왔기 때문에 예산투자 및 인력충원에 적극적으로 이르지 못했다.

최근 들어 예기치 못한 폭설로 인한 피해가 특정 지역에서 전국적으로 확대되는 추세이기 때문에 권역별로 근본적인 제설 개선 대책 마련이 필요하게 되었다. 이를 위해서는 안정적인 제설제 작업 환경여건을 위한 제설제 비축이 필수불가결하며, 본 기사에서 추정한 비축량을 토대로 제설제 비축제도의 도입이 추진되어야 할 것이다.

참고 문헌

American Association of State Highway and Transportation Officials, Guide for Snow and Ice Control, Washington D.C., 1999.

Salt Institute, The Salt Storage Handbook : A Practical Guide for Storing and Handling Deicing Salt. Alexandria, VA, 2006.