

폭설에 대한 제설방향

심 기 오 (국립방재연구소 연구관)

1. 들어가며

우리나라는 지형학적으로 아시아 대륙의 중위도 동쪽에 위치하며, 서쪽으로는 서해와 중국대륙이 있으며 동쪽으로는 동해바다와 일본열도가 있고, 남쪽으로는 동지나해 및 태평양과 접하는 국가로서 3면이 바다로 둘러싸인 국가이다. 지형적 특성으로는 서해사면은 경사가 완만하지만 동해사면은 경사가 급경사인 동고서저의 형태를 이루고 있으며, 하천은 유로길이 짧고 하상경사가 급하다.

기후는 4계절의 변화가 뚜렷한 온대성 기후로서 봄에는 건조한 날이 많으며, 여름에는 강수량이 많고, 겨울에는 눈이 많이 내리는 기후학적 특성을 지니고 있다. 겨울철에 내리는 눈은 보통 12월~2월 중에 발생하며 국지적으로는 도로의 교통소통에 막대한 지장을 초래하며, 농촌지역에서는 비닐하우스, 축사 등에 피해를 발생시키고 있다.

겨울철에 눈이 내렸을 경우 교통안전과 환경보호를 위해 또는 경제성을 고려해서라도 내린 눈은 조기에

치워야 한다. 보통 눈이 내리기 시작하면 도로 위에 염화칼슘을 뿌리기 시작하는데 이를 통해서 내린 눈이 견고해지지 않으며 노면에 달라붙지도 않게 된다.

관할기관 제설구역의 도로경계구간은 제설기관간의 제설장비와 제설제의 확보량 차이 및 제설작업의 실시 시작시간도 일치하지 않고 있으므로 한쪽구역의 구간만 제설작업이 시행되는 경우가 있을 수 있으므로 도로경계구간에서의 교통정체로 인한 제설효과가 떨어지는 경우가 있다.

2. 제설제의 특성

제설제는 용설제와 마찰제로 구분된다. 용설제는 눈을 녹이는 물질로서 일반적으로 눈 위에 살포되었을 때, 눈과 반응하여 화학작용을 일으키며 발열 또는 흡열반응으로 눈을 녹인다. 표 1은 국내에 알려진 용설제의 종류를 정리한 것이다.

용설제는 크게 염화물계 용설제와 비염화물계 용설

표 1. 국내에 알려진 용설제의 종류

구분	형태	용도	액상농도	비고	
염화물계	염화칼슘	고체/액체	도로 제설용	20~45%	우리나라의 주 제설제이며, 북미 추운 지방에서 소금과 혼용
	소금	고체	도로 제설용	-	미국, 캐나다, 유럽 및 일본의 도로용 주 제설제
	염화마그네슘	고체/액체	도로 제설용	25~35%	북미 추운 지방에서 소금과 혼용
	염화칼슘+방청제	고체	도로 제설용	-	국내 개발
초산염계	CMA	고체/액체	도로 제설용	25%	미국과 캐나다에서 일부사용
	초산칼륨	액체	공항도로 제설용	50%	-
	산화칼슘계	고체	도로 제설용	-	국내 개발(모래 혼합)
기타	복합유기산염	고체	도로 제설용	-	국내개발

제로 구분된다. 염화물계 용설제는 염화칼슘(CaCl_2), 소금(NaCl), 염화마그네슘(MgCl_2) 등이 있으며, 비염화물계 용설제는 요소($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$), CMA(Calcium Magnesium Acetate), 초산바륨(Potassium Acetate), 초산나트륨(Sodium Acetate), 산화칼슘계 등이 있다. 현재 국내에서 가장 보편적으로 사용되는 용설제는 염화칼슘이다.

마찰제는 압설 또는 결빙된 도로에 살포되어 화학 반응으로 눈을 녹이지 않고, 단지 차량바퀴와 노면과의 마찰계수를 증대시켜 노면에서의 미끄러움을 방지하는 역할을 한다. 마찰제로는 모래가 가장 대표적으로 사용되며, 시내에서 긴급도가 낮은 도로에서 사용이 가능하다. 마찰제를 사용하면 다음과 같은 단점들이 있다.

- ① 모래에 의해 집수정과 배수로가 막혀 우천시 노면에 물이 고이게 되며 이로 인하여 주행차량의 하이드로플래닝(Hydro-planning)현상, 조향불능 등으로 사고위험을 초래한다.
- ② 노면에 살포된 모래를 수거하기 위한 별도의 작업이 수반되어야 하며, 회수된 마찰제의 재사용은 현재로는 경제성이 없다.
- ③ 살포된 모래로 인한 주행차량의 도색손상으로 민원발생이 야기될 수 있다.
- ④ 용빙제에 비해 월등하게 많은 양을 준비해 놓고 보관해야하고, 모래는 눈을 녹이지 못하며 압설 또는 결빙도로에서는 제동력을 증대시키는 데 큰 도움이 되지 못한다.

이러한, 문제점을 해소하기 위해 우리나라에서도 수년전부터 모래살포를 지양하고 염화칼슘만의 살포에 의존하고 있다.

3. 제설작업

3.1 제설작업

폭설이 내릴 경우 교통안전과 환경보호 및 경제성을 고려해서 눈을 조기에 치워야 한다. 눈을 치우는

방법이나 사용해야 될 장비는 눈의 온도, 눈의 용적하중에 따라 다르며 눈의 용적하중은 $50\sim 800\text{kg/m}^3$ 으로 눈의 다짐정도 및 경도에 따라 큰 차이가 있다.

도로에 얼어붙은 얼음을 차후에 제거하는데는 경비가 훨씬 많이 드는 장비를 동원해야 하기때문에 폭설시 눈의 조기제거가 필수적이다. 시내에서는 도로변에 눈을 쌓아 둘 장소가 부족한 경우 트럭에 실어 운반해 가야 할 필요가 있는데, 이런 경우는 미리 눈을 버릴 곳을 선정해 두는 것이 좋다. 그러므로 시내 주요도로의 경우 사전에 도상훈련을 통하여 눈의 적치장소 등을 지정해두는 것이 바람직하다.

3.2 살포작업

용빙제(주로 염화칼슘) 살포만으로는 눈을 완전히 제거하기는 어렵고 제설작업과 병행해야 하는데 그 이유는 다음과 같다.

- ① 노면 얼음 발생을 방지한다.
- ② 이미 발생된 얼음을 녹이기 위해 필요하다.
- ③ 눈이 내릴 때 노면에 눈이 달라붙지 않고 쉽게 치워내기 위함이다.

염화칼슘을 사용할 때 노면의 결빙을 효과적으로 방지할 수 없으며, 동일한 제설효과를 얻으려면 염화칼슘과 비교할 수 없을만큼 다량의 모래를 살포해야만 한다. 모래사용의 단점은 모래 쇄석 따위가 통행차량에 의해 쉽게 도로변으로 밀려난다는 것이다.

모래(완화제)의 사용은 교통량이 많지 않고 차량의 진행속도가 빠르지 않은 곳에서 사용이 가능하다. 도로에 눈이 많이 쌓여있고 기온이 낮아 염화칼슘 사용이 경제적이지 못할 때에는 완화제가 꼭 필요하며, 살포량은 염화칼슘보다 훨씬 많이 살포하여야 하며 경우에 따라서는 살포횟수를 반복해야 한다.

겨울철 날씨는 쉽게 변할 수 있기 때문에 도로관리소에서는 짧은시간 간격으로 도로조건과 기상상태를 기록유지하는 것이 필요하다. 도로관리소에 근무하는 사람들은 불시에 정상근무시간 이외에 도로제설작업에 동원될지 모르기 때문에 겨울철에 들어서면 비상대기 계획을 수립·시행하여야 한다.

3.3 제설제의 사용 현황

국내에서 주로 사용되고 있는 제설제는 염화칼슘과 모래가 있다. 염화칼슘은 탄산소다 제조시 부산물로 생산되며 국내에서 유일하게 동양화학에서 생산하지만, 가격이 비싸기때문에 상대적으로 저렴한 중국산 수입이 늘고 있으며, 우리나라에서는 제설제의 안정적인 공급이 가능하며 가격도 저렴한 대체 제설제의 개발이 요구된다.

모래는 전량 국내에서 공급하지만 자연자원의 한계와 환경파괴 문제가 야기되고 있으며, 살포 후 적지 않은 수거 비용이 소요되고 있어 그 사용량에 대한 검토가 필요하다.

국내에서 제설제로 가장 흔히 사용되는 염화칼슘과 모래의 사용량 추세를 보면 점점 증가하고 있는 것을 알 수 있다.

가. 염화칼슘

제설제로는 1999년 염화칼슘 사용량이 약 3만5천톤, 2000년 겨울에는 폭설의 영향으로 약 6만톤을 사용하였는데 이는 전년도에 비해 약 1.7배 증가한 것이다. 도로관리청별 염화칼슘 사용량 비교를 표 2에 제시하였다.

표 2. 도로 관리청별 염화칼슘 사용량

(단위 : 톤)

구 분	사 용 량		증가율(%)
	'99. 11~'00. 3	'00. 11~'01. 2. 17	
한국도로공사	9,945	11,180	112
국도유지관리사무소	2,646	4,786	181
서울특별시	7,310	15,661	214
지방자치단체	14,145	25,286	179
계	34,046	56,913	167

표 3. 도로 관리청별 모래 사용량

(단위 : 톤)

구 분	사 용 량		증가율(%)
	'99. 11~'00. 3	'00. 11~'01. 2. 17	
한국도로공사	42,743	66,898	157
국도유지관리사무소	42,786	85,572	200
서울특별시	1,100	9,050	823
지방자치단체	159,452	249,369	156
계	246,081	410,889	167

나. 모래

1999년 우리나라 전체 모래사용량은 약 25만³m³이며, 2000년에는 폭설의 영향으로 약 41만³m³를 사용하였는 바 이는 전년도에 비해 약 1.7배 증가한 사용량이다. 도로관리청별 모래 사용량을 표 3에 제시하였다.

각 지역의 특성을 고려한 적절한 제설장비의 구입은 제설제의 사용량 증가에서 감소방향으로 나아갈 수 있는 방안으로 생각된다. 동시다발적으로 도로에 내리는 눈을 제거하기 위해서는 동시에 많은 양의 제설장비가 도로 적재적소에 투입될 수 있도록 해야한다. 제설제의 사용을 가능한 줄이고 장비를 확보하므로써 제설을 시행하는 것은 환경보호 뿐만아니라 궁극적으로는 예산을 효율적으로 사용하는 결과를 낳게 될 것으로 판단된다.

3.4 현행 제설의 개선방안

폭설시 도로의 주 기능인 교통량 확보와 지역경제 발전의 장애를 최소화하기 위한 개선방안을 제시하면 다음과 같다.

- ① 폭설대비 도상 모의훈련 필요 : 대부분의 자치



그림 1. 제설작업 광경

단체들이 제설장비 및 제설제의 확보에만 관심을 가지고 있으므로, 폭설이 발생하였을 경우 제설작업에 있어서는 비효율적으로 작업이 실시되어 피해를 가중시킬 수 있다. 현재 폭설을 가정한 제설대비 모의훈련을 실시하는 자치단체는 거의 없으므로, 겨울철 재해대책 사전준비기간에 제설훈련을 도상에서 실시하므로써 효율적인 제설체제의 구축이 가능할 것으로 판단된다.

- ② 폭설에 따른 제설제 선정과 사용방법 지침서 작성 : 제설제의 성능은 지형적 및 기후학적 특성에 따라 좌우되므로 특성들을 고려한 제설효과 분석을 하므로써, 폭설에 따른 적절한 제설제의 선택 및 사용방법에 대한 지침서 등이 개발되어야 하겠다.
- ③ 구간별 제설작업을 위한 민간기관의 활용 : 폭설시 도로의 경우 초기제설작업이 매우 중요하므로 지형적 위치를 고려한 민간기관의 제설장비를 활용하므로써 효율적인 제설체제를 구축하도록 하여야 한다. 또한 자치단체간의 접근지

역 및 취약구간 위치를 고려한 제설대책을 상호 협조하므로써 폭설에 대한 효율적인 제설대책을 수립할 수 있겠다.

- ④ 제설을 위한 교통통제 기준의 설정 : 제설취약구간에 대하여는 사전교통통제가 매우 중요하며, 많은 차량들이 월동장비를 구비하지 않고 운행을 하기때문에 교통사고로 이어지는 경우가 많으므로 지역별 특성을 고려한 교통통제기준을 설정하여 제설작업 후에 차량을 통행시키기 위한 교통통제기준의 설정이 요구된다.
- ⑤ 지역특성을 고려한 제설방법 매뉴얼 개발 : 산지가 많은 우리나라는 국지적인 폭설에 대비할 수 있는 제설방법의 개발이 필요하며, 산악지 또는 경사지 등에 적용할 수 있는 제설방법 매뉴얼이 필요하다.
- ⑥ 제설요원의 사기 진작 : 폭설시 제설작업을 하는 사람은 대부분 비정규직이므로 경우에 따라서는 야간작업을 계속함에 있어서 시간외 수당 및 야간근무수당 등을 받지 못하는 경우가 있을 수 있다. 지역에 따라 강설이 지속적으로 내릴

경우 제설작업자는 과도한 근무를 하게되어 피로누적으로 인한 안전사고 발생의 위험이 상존하게 되므로, 사기진작을 위한 증원 또는 처우의 개선이 요구된다.

- ⑦ 제설대기소의 확충과 작업원의 근무환경 개선 : 겨울철 제설관련 작업원이 대기하는 장소는 매우 여건이 열악한 가건물 형식의 제설대기소에 근무를 하게 되므로써 대기소의 근무여건을 대폭 보완할 필요가 있다.
- ⑧ 개발된 신 제설장비의 확보 : 제설작업을 시행함에 있어 인력에 의한 제설은 지양을 하고 기계에 의한 제설작업이 주류를 이루고 있으므로 새로운 제설장비에 대한 정보수집과 확보방안에 대하여 인식하는 것이 중요하다.

4. 맺는말

도로에 폭설이 내릴 경우 우리나라는 효율적이고 과학적인 제설방법 및 제설체제 등이 정립되어 있지 않다. 폭설이 연속되는 상황에서는 아무리 좋은 제설장비를 활용하여 제설을 시행한다고 하여도 교통소통이 원활하기는 매우 어렵지만, 최소한의 차량통행을 가능하게 하므로써 차량을 이용하는 사람들에게 불편을 최소화하도록 노력해야겠다.

국지적 이상기온으로 겨울철의 제설대책이 점점 더 주목을 받고있으므로 제설작업자들의 사기진작이 필요하며, 제설취약구간에 대해서는 노면 heating 장치, 지하의 지열을 노면으로 전달시키기 위한 지열전달관 설치, 도로변에 제설용액 분무살포장치의 설치 등 많은 연구가 필요하다고 판단된다.

참고문헌

김진영, "2001 겨울철 재해상황 및 대책", 대한토목학회지, 제49권, 제4호, pp. 59-61, 42-44, 2001. 4.
 박찬범, "도로제설 문제점 및 개선방안", 대한토목학회지, 제49권, 제4호, pp. 45-51, 2001. 4.
 신진호, 허항록, 신정식, 김민영, 신재영, "제설제가 환경에 미치는 영향 연구", 대한위생학회지 제16권 제4호, pp. 31-37, 2001. 12.
 이종화, "제설작업은 어떻게 추진되어야 하나?", 고속도로 35, pp. 148-155, 1987. 12.
 한국건설기술연구원, "도로제설 매뉴얼 제정을 위한 연구", 건설교통부, 2002. 4.