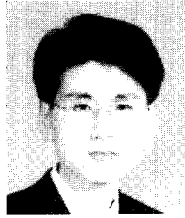


# 자연재해에 대비한 도로의 위기관리



김 태 병 | 건설교통부 도로정책과 사무관

## 1. 머리말

태풍 루사, 폭설, 지진 등 최근의 자연재해는 과거의 크고 작은 재해와는 비교되지 않을 만큼 위력적이고 국민들에게 오래도록 잊혀지지 않는 상처를 주고 있다.

2002년 태풍 루사의 경우 도로의 침수, 유실, 교량 파괴 및 침하, 낙석·산사태 등을 야기해 교통의 두절을 가져왔고, 교통두절은 인명구조 및 수해복구에 어려움을 야기하여 긴급구난을 더욱 곤란하게 했었다. 2004년 충청권을 중심으로 50cm 정도 내렸던 폭설도 과거와 달리 시간당 강설강도가 최대 13cm에 이를 정도로 높아 경부·중부 고속도로 통행을 전면 중단시키는 사상 초유의 사태를 야기했다. 최근에 발생했던 일본 후쿠오카 북서쪽 25km 해역의 리히터 규모 4.9 지진은 부산과 양산지역의 해안을 중심으로 고층 아파트 등에 2~3초동안 흔들림이 감지될 정도의 영향을 주는 등 우리나라도 지진피해로부터 자유로울 수 없다는 것을 보여주었다.

이러한 자연재해의 근본 원인은 최근의 전세계적인 기상이변 탓이며, 특히 수해, 설해 등 피해도 기록적인 폭우, 폭설로 인한 것이라고 하지만, 해마다 피

해가 반복되는 것에 대해서는 근본적인 검토를 통한 적극적인 대처가 필요하다고 하겠다. 또, 일본에서 발생하는 지진과 같이 우리와는 관계가 없다고 생각해왔던 재해도 이제는 적극적인 예방 및 대처방안 마련이 필요한 시점이라고 하겠다. 본 글에서는 그동안의 폭우, 폭설상황에 대한 자료를 정리하고, 이를 통해 개선되어 시행중인 방안들을 위주로 정리하였으며, 필자의 의견을 추가하였다. 본 글은 과거 필자가 도로관련 수해, 설해 등에 대해 직간접적으로 접해왔던 상황을 토대로 원인, 위기관리 등에 대해 의견을 제시하였으며, 최근의 기상재해를 줄이기 위한 방재기상 경보시스템 등은 심도있게 분석된 별도의 글을 참조하기 바란다.

## 2. 최근 도로부문 자연재해의 유형 및 주요 원인 검토

### 2.1 도로 수해

폭우로 인한 도로 침수 또는 유실은 주로 하천계곡부를 가로지르는 도로에서의 기록적인 시우량으로 인한 유실이 그 주요 원인이라고 볼 수 있다. 2002

년 발생한 태풍루사의 경우 도로 건설 당시 홍수위를 고려한 도로계획과의 반영 기준이 미흡하여 집중호우시 인근의 하천제방이 붕괴되면서, 도로 침수가 발생하였다. 즉, 도로 침수는 노선이 저지대에 위치하거나 하천에 인접하는 경우 등이다. 당시 피해가 컸던 도로는 2001.8월 지방도에서 국도로 승격된 2차로 도로로, 1990년대 초반까지 충분한 공사비의 확보가 이루어지지 못하여 최소한의 배수시설만 설치한 경우가 많으며, 대부분의 2차로 국도, 지방도에는 길어깨부에 노



그림 1. 태풍 루사로 낙석 93,000m<sup>2</sup>가 발생했던 국도 30호선 김천 가랫재

면수 처리를 위한 다이크가 설치되어 있지 않아 태풍시 도로 배수의 제기능을 발휘하지 못한 것으로 추측된다.

또한 도로 주변의 산림 등 형질 변경으로 인하여 시공당시의 유출 형태의 변화가 발생하여 현재 배수 시설의 통수능이 제기능을 발휘하지 못한 곳도 있을 수 있다. 특히 기존 배수관로 및 유출입구의 유지관리 불량으로 토사와 자갈, 벌목된 나무 등이 배수관로를 막아 도로 침수가 발생하는 경우도 많다. 그리고 도로의 기능을 마비시키는 주요 원인으로서 낙석·산사태로 인한 도로 차단, 성토비탈면의 침식·세굴로 인한 도로붕괴 등도 검토될 수 있다.

태풍 루사로 피해를 입은 많은 교량은 최근에 지방도에서 국도로 승격된 노선에 있는 것으로, 파손된 교량의 대부분은 20년 이전에 가설된 2등교 이하 교량이다. 이들 대부분은 원래부터 교각자체가 철근을 넣지 않고 콘크리트만으로 가설되는 중력식 교각으로, 빠른 유속으로 인하여 교각이 유실되면서 교량이 파손되었다. 철근을 넣지않는 중력식 콘크리트 교각은 과거 1960년대 이전에 높이가 낮은 교량에 사용되었던 공법으로 현재는 사용되지 않는다. 교량파괴의 첫 번째 원인이 세굴이라는 것은 주지의

사실이다. 국내의 교량세굴에 의한 피해사례는 1981년 이후 조사에 의하면 연평균 100여건에 육박하고 있으나, 교량 세굴에 대한 설계기준은 아직도 미비하고, 적절한 세굴방지대책 수립에 참고할 구체적인 지침이 없었고, 2003년이후 관련대책을 마련하기 위한 연구를 시행중이다. 국내 교량세굴은 중소규모 교량에 그 피해가 집중되고 있으며, 이는 상대적으로 1등교보다 규모가 작은 교량에서는 1등교와는 달리 기초선단이 암반층에 지지되지 못하고 있고 또한 적절한 보호공의 설치 및 관리가 결여되어 있기 때문이다.

## 2.2 도로 설해

지난 2004년 충청지역에 내렸던 폭설은 당초 약간만 내릴 것으로 예상되었던 눈이 50cm이상 내려 대처능력을 상회하는 등 1904년 기상관측 이후 100년 동안의 기간중 가장 많이 내린 강설이었고, 대전지역의 경우, 과거 최고치의 두 배라는 기록갱신을 할 정도였다.

당시 경부고속도로 옥천 부근에서는 대형트레일러가 중앙분리대를 침범해서 두 개 차로를 가로막는 사고까지 발생해 정체가 빚어졌고, 이런 상황에서

설상가상으로 눈발이 더욱 거세져 시간당 13cm라는 기록적인 폭설이 충청지역에 쏟아지기 시작했다. 제설작업은 계속 이루어졌지만 눈이 10cm이상 쌓인 상황에서는 염화칼슘은 소용이 없는데다, 갑작스러운 폭설로 인해 경부고속도로 남이고개 구간에서 대형트럭들이 언덕길에서 미끄러지기 시작했고 결국 사상초유로 고속도로에서 차량통행이 불가능하게 되었다. 이후로는 사고처리 차량과 제설작업 차량의 진입조차 불가능하게 되었고, 결국 경부, 중부 고속도로는 본선을 차단하고, 차량진입을 통제하게 되었다.

당시 폭설은 기상청도 전혀 예측하지 못했던 기록적인 폭설로 천재지변에 해당된다고 판단된다. 특히 남이고개 부근 차량이 급경사로 인해 미끄러져 엉키면서 제설차량 진입이 불가능한 상황이 되어 고속도로 상황이 장기화되고 악화되었고, 갓길에 차량을 정차하고 운전자가 이탈함에 따라 제설장비 및 사고현장 등에 진입이 곤란하여 재해는 더욱 악화되었다. 나중에 얼어붙은 차량들을 한대씩 한대씩 일일이 수작업으로 분리시켜 통행시키는 등 최선을 다하였지만 불가항력적인 상황이었다고 하겠다.

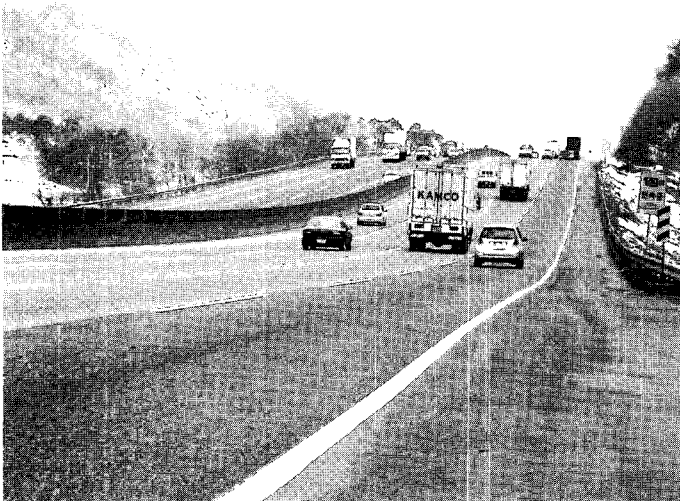


그림 2. 폭설시 급경사로 차량이 미끄러졌던 경부고속도로 남이고개

### 3. 자연재해에 대비한 도로의 위기관리방안

#### 3.1 폭우로 인한 도로 침수, 유실, 교량파손 대책

도로배수는 도로자체의 파손뿐만이 아니라 포장체 파괴, 수막현상으로 인한 안전주행의 저해 등 도로의 관리와 교통운영에 중요한 부분이다. 태풍 루사이후 배수시설 설계는 대폭 보완되어 현장의 상황에 따라 적용할 수 있게 개선되었다. 다만, 최근 배수시설 기준은 상향조정되었으나, 과거에 건설된 도로의 배수 시설은 성능이 낮은 기준으로 건설되었으므로 이들 시설의 기능 재검토 및 개선이 필요하다. 또한 주변 지형이 설계 당시와 많은 변화가 있는 지역의 배수시설물에 대해서는 배수시설물의 진단 및 관리가 필요하다. 배수시설물은 시설간 기능의 연계성이 필요하므로 유지관리 시스템의 구축과 지속적인 관리가 필요하다. 도로 침수는 도로 배수시설물 뿐만 아니라 도로 노선선정과도 관련이 있으므로 도로설계기준에는 노선 선정과 관련하여 노선선정 결정을 위한 사회적 요인의 검토항목으로서 '자연조건의 변화(수리, 기상)의 변화에 따른 수해, 냉해 등'을 평가하여 최적 조건을 선정하도록 하고 있으나, 태풍 루사발생시 이

와 관계되는 구체적인 지침이나 참고 자료는 없는 실정이었다. 따라서 도로의 노선계획 단계에서부터 도로수해를 방지할 수 있는 노선이 될 수 있도록 기본적인 조사항목 이외에 홍수와 밀접한 관련이 있는 모든 사항을 고려한 노선선정의 구체적인 지침 정립이 필요하다고 하겠다.

건설교통부는 그 동안 도로분야의 수해피해를 최소화하기 위하여 중장기 대책 마련을 추진하여 왔으며, 이러한 노력의 일환으로 유지관리 부문을 보완하여 설계자 및 관리자의 편익을 도모하고자「도로배수시설 설계 및 유지

관리지침」을 제정하였다. 또한, 잦은 호우로 인하여 발생한 도로유실, 침수, 산사태 등 도로시설물 피해가 매년 반복적으로 발생하는 점을 감안, 취약지구에 대한 사전 점검·정비를 통한 수해피해 사전예방 및 피해규모 최소화를 도모하고자, 도로취약개소에 대한 「수해피해 방지대책」지침시달 등으로 중점관리 하고 있으며, 재해취약부의 경우 도로단절에 대비하여 우회도로 123개소(고속도로 73개소, 일반국도 50개소)를 확보·운영중이다.

아울러, 교량설계에 있어서의 계획홍수량 산정은 '하천설계기준'을 준용하고 있으며, 태풍 루사와 같이 A급 하천의 재현기간 200년 빈도를 훨씬 초과하는 상황에서는 기준에 부합한 설계를 하였다하더라도 어려운 상황이 많았을 것으로 전문가들은 보고 있다. 또한 최근에 정립된 하천에서의 다리밑 공간에 대한 규정이나, 경간장 규정의 적정성은 인정되고 있으며, 과거의 기준으로 건설된 교량들의 재검토가 필요한 것으로 검토되고 있다. 교량 파손을 비롯한 재난 피해는 발생 시기별, 지역별로 원인과 결과가 다양하므로 이들의 명확한 원인 분석을 통하여 대안을 마련하는 것이 필요하다.

이와함께, 교량파괴의 가장 큰 원인인 세굴에 대한 대책이 가장 필요하다. 각 기초별로 세굴 보호에 대한 상위 규정을 마련하고, 미국의 경우와 같이 구체적인 교량 세굴 평가 매뉴얼을 작성할 필요가 있다. 미국의 경우 연방도로국에서는 HEC-18 (Hydraulic Engineering Circular No. 18)이라는 교량세굴 설계 매뉴얼을 따르도록 규정하고 있으며, 이 매뉴얼에는 세굴 예측, 설계, 조사, 유지관리 뿐만 아니라 방호공에 대해서도 자세히 규정하고 있다. 교량세굴 매뉴얼을 효율적으로 만들기 위해서는 1단계로 미국의 매뉴얼을 참고하여 우선적으로 시행할 수 있는 시안을 작성하여 사용하고, 2단계로 국내 환경을 반영할 수 있는 실험 및 이론적 연구를 통해 한국형 매뉴얼을 작성하는 것이 바람직하겠다.

현재 건설교통부는 상기 문제점 및 외국사례 등을 고려하여 2003년 8월부터 2005년 8월까지 교량세굴 기술매뉴얼 및 평가시스템 개발을 추진중에 있는 등 대책을 마련중이다. 본 시스템이 개발되면 교량세굴위험도 등급화 시스템이 운영되고 이에 따라 보강 계획이 수립되어 홍수시 재해예방이 가능해질 것으로 기대된다.

교량 파손에 대한 중요 대책의 또 다른 하나는 기존시설물의 안전진단과 보수 및 보강이다. 현재 주요 교량에 대해서는 안전점검을 실시하고 있으며 교량유지관리시스템(Bridge Maintenance system; BMS)을 운용중에 있다. 건설교통부 고시 '안전점검 및 정밀안전진단 지침'에 따르면 수중조사는 정밀점검에서는 실시하지 않고, 정밀안전진단에서 실시하게 되어 있으나, 태풍 루사때 완파된 교량은 정밀안전진단 대상에 포함되지 않는 2중 이하(500m 이하 교량)의 교량이었다. 그러므로 2년마다 실시하는 1·2중 교량에 대한 정밀점검시 2중교량에 대해서는 보다 정밀한 검토를 통해 교각의 세굴위험 등을 검토할 필요가 있다. 현행 안전점검은 구조물의 안전성 검토에 치중하도록 되어 있으나, 설계이후 계획홍수량 및 계획홍수위가 변경된 하천에 가설된 교량에 대해서는 수리계산, 통수단면 등의 재검토를 실시하도록 관련규정에 명시할 필요 있다. 미국점검규정(National Bridge Inspection Standard; NBIS)에는 교량점검시 교량수로 및 통수(channel and waterway)에 대하여 점검하도록 되어 있다.

### 3.2 폭설로 인한 도로 피해 최소화 대책

눈으로 인한 교통피해가 얼마나 클 수 있는가를 보여주었던 지난 폭설이후 건교부는 고속도로에서의 재해와 재난방지를 위한 특단의 조치를 세웠다. 첫째 설해방지를 위한 재해대비 기능강화를 위해 한국도로공사 교통정보센터를 「고속도로 재해·재난 관리센터」로 개편하였고, 건설교통부, 소방방재청, 경찰청 등



그림 3. 죽령터널 화재대비 모의훈련 시행전경

관계기관간 Hot Line도 설치하였다. 아울러 건설교통재난재해대책편람도 개정하였고, 한국도로공사내에도 방재총괄팀을 신설하였으며, 교통정보센터내 경찰청 직원을 24시간 합동근무토록 개선하였다.

둘째, 설해 등 실제상황에 적용가능하도록 재해대응메뉴얼을 대폭 정비하였고, 정기적인 재해대비 모의훈련을 실시하였다. 또한 재해발생시를 대비해 비상연락 및 구호품 긴급 지원체계를 구축하였고, 긴급사태시 통행로 감면을 위한 유료도로법 시행령도 개정하였다. 특히, 고속국도법 시행령을 개정하여 고속국도 관리자가 노면 적설량이 10cm이상인 경우, 기타 천재지변 또는 다중의 추돌, 위험물의 누출을 등

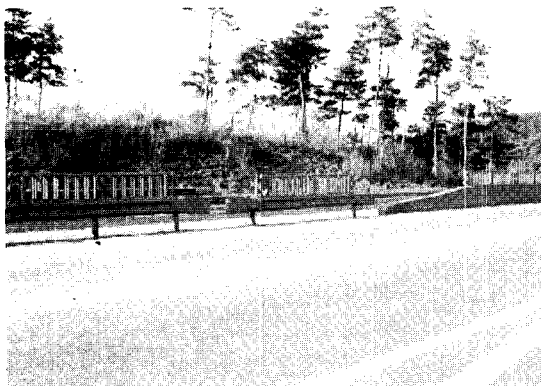


그림 4. 중앙분리대 개구부(이중가드레일)

반한 대형교통사고 등으로 인하여 특정지점의 교통이 마비되어 교통의 혼잡이나 정체가 현저하게 증가하거나 자동차의 통행상 위험이 현저하게 증가하는 경우 긴급 통행제한을 실시할 수 있도록 기준을 구체적으로 정하였다.

셋째, 급경사 등 도로구조가 취약한 남이고개, 경부고속도로 옥천-영동 구간에 CCTV, 가로등, 비상연결로, 갈매기 표지판 등 안전시설을 대폭 보강하였고, 옥천-영동 구간의 경우 2005

년에 개선을 위한 실시설계비를 반영하였다. 특히, 재해취약부의 경우 중앙분리대 개구부 설치를 확대(기존 시설개량 965, 신설 60)하고, 개폐가 용이한 구조로 개선할 계획이다. 대형교통사고 등으로 인한 고속도로 정체에 대비, 국도, 지방도 등과 인접한 구간에 비상연결로도 설치할 계획이다.

넷째, 고속도로 CCTV 등 현장설비를 2007년까지 442개 추가로 연차별 설치하고, 전광판도 265개소를 추가설치하여 재해취약지점의 상황파악을 강화할 계획이다. 아울러, 고속도로 차량고립시 음식물, 생수, 유류, 담요 등 구호품을 적기 공급하기 위해 필수품 목록은 기관별 비축관리토록 하고, 구호·구난기관 및



그림 5. 휴게소(죽암) 뒷문 비상연결로 전경

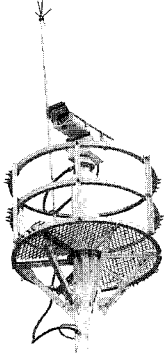


그림 6. 고속도로 CCTV 전경



그림 7. 고속도로 전광판 전경

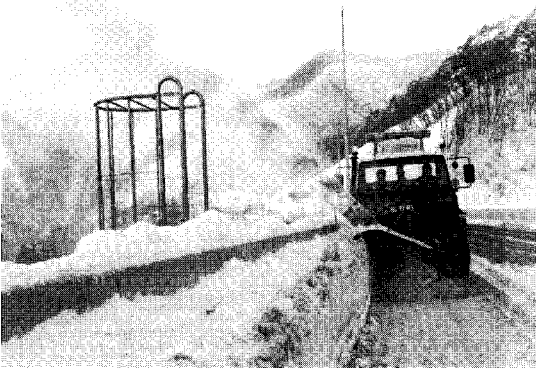


그림 8. 제설장비 전경

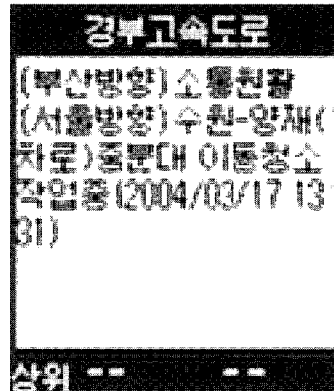


그림 9. 휴대폰 문자정보 시스템 표출사례

단체와의 비상연락망 구축 등을 통해 지역별 구호품 공급 비상연계체계를 구축하였다.

다섯째, 제설취약구간의 경우 자재적치장을 50m 마다 배치하도록 기준을 강화하고, 살포기, Blower, 종합장비 등 제설장비도 대폭 확충할 계획이다. 그 외 휴대폰을 이용한 상황전파체계(SMS) 구축, 겨울철 안전운전요령 리플릿 홍보 등 도로 이용자들에 대한 상황전파, 홍보, 교육 등을 대폭 강화하였다.

참고로 상기 언급한 대책들을 토대로 2005년 3월 경남지역 폭설시 대응한 결과, 특별한 문제없이 교통소통과 제설대책이 이루어졌다. 과거를 거울삼아 지속적으로 모의훈련을 실시하고, 인력과 장비를 사전에 배치하는 등 철저한 대비를 하였으며, 상황이 발생하

자 경찰과 협조하여 경부고속도로상 틀게이트를 적시에 통제하고, 중앙분리대를 신속히 개방하여 정체차량을 우회하여 피해를 최소화한 결과라 할 수 있겠다.

#### 4. 맺음말

최근 들어 자주 일어나는 홍수와 기록적인 강우로 인한 수해, 100년만에 발생하는 폭설에 의한 설해 등에 대해서는 어느 한 분야만의 대책이 아니라 관련되는 종합적인 대책이 필요하다. 즉 수해, 설해, 지진, 화재 등 재해·재난에 대비하여 도로(교량, 터널 등도 각각 대책마련이 필요하다), 철도, 하천, 댐, 공항 등

모든 시설물별로 적합한 수해예방 대책을 마련하지 않으면 안되는 시점에 이르렀다. 그리고 사후 대책 마련에 급급하기보다는 예방적 조치를 취하는 것이 더욱 중요하고 효과적임은 두 말할 나위가 없다.

특히 단기적 사후 대책보다는 시설물 종별 피해유형 및 사례조사와 체계적이고 심도 있는 조사·분석·평가를 토대로 항구적인 시설물 피해 방지를 위한 대책을 강구해나가야 하겠다. 그 대책으로는 우선 지속적으로 시설물 설계기준을 강화하는 것이 중요하며, 설계 측면 외에도 시공·유지관리 측면의 원인 분석을 통한 대책 마련도 필요하다. 아울러, 최악의 상황을 가정한 모의훈련을 통해 지속적으로 문제점을 보완하여 실전에서 재해대응메뉴얼이 모의훈련시와 같이 제대로 작동될 수 있도록 철저히 대비해야 한다. 특히 도로관리청별 모의훈련시 다양한 피해상황을 가정하여 피해를 최소화하고, 교통소통이 원활히 이루어질 수 있도록 만전을 기해 나가야 하겠다.

90년대 이전에 건설된 구도로에 대하여는 배수기능 문제 등으로 인한 수해 뿐 아니라, 교량 등에 있어

서는 관리상황을 명확히 판단하여 지진 등 발생시 대처할 수 있는 구체적인 시나리오도 준비되어야 하겠다. 신규 시설물은 물론 기존 구조물의 안전성, 피해 구조물의 재사용성 평가 관련 안전진단 기준 및 절차와 보수·보강 방안도 포함된 대책이 수립되어야 하겠다. 풍수해, 지진 등 자연재해·재난으로 인한 인명·재산 및 시설물 피해 규모와 설계기준 강화에 따른 시설물 추가 건설비용 규모를 비교하여 경제성과 안전성을 만족하는 대책 수립이 핵심이라고 할 수 있다. 강화된 설계기준을 모든 도로에 적용할 경우에는 막대한 국가예산이 낭비되므로, 강화된 기준의 적용대상 범위를 명확히 하고, 예방을 위한 사전조치를 철저히 하고, 사례분석집을 발간하여 기술자들의 전문성을 향상시켜나가야 하겠다.

이와 함께 앞으로는, 미국, 일본 등 선진국과 같이, 사전 및 긴급 재난시에 예·경보를 발령함과 아울러 일부 도로의 차단과 교통을 우회시키는 시스템을 구축·운영하는 방안을 검토하여 사전 재해피해 예방 및 피해 감소에 만전을 기해 나가야 하겠다.