

도로의 지오향저드에 관한 리스크관리 핸드북

K-Risk 발간편집 위원회



ROAD GEOHAZARD RISK MANAGEMENT HANDBOOK

GFDRR THE WORLD BANK

목차

1. 도로의 지오향저드에 관한 리스크관리 (가을호)
2. 제도적 역량 및 조정 (겨울호)
3. 시스템 기획 (봄호)
4. 엔지니어링 및 설계 (여름호)
5. 운영 및 유지관리 (겨울호)
6. 컨틴전시 프로그래밍 (봄호)

※ 본 기사는 좌측 문헌의 단순 번역기사로서 K-Risk의 견해를 반영하는 것은 아니다.

K-Risk

※ 상기 이미지를 클릭하면 원문 다운로드가 가능합니다.

6. 컨틴전시 프로그래밍

6.1 서문

컨틴전시 프로그래밍의 단계는 세 가지이다.

- 비상 사태 대비: 지오향저드 사고 전에 발생하는 일
- 비상 대응: 사고 중 및 직후에 발생하는 것
- 복구: 도로망이 완전한 기능을 회복하기 위해 비상사태 이후 어떤 일이 발생하는가?

Part VI를 사용한 후의 성과는 다음과 같다.

- 지질 리스크 관리에서 간과되는 비상 대비 형태를 이해한다.
- 비상 점검 또는 재해 후 요구사항 평가에 필요한 항목 및 절차를 이해한다.
- 비상 교통 규제 및 공고의 절차를 이해한다. 그리고
- 복구 유형별로 컨틴전시 프로그래밍 활동을 이해한다.

핸드북의 파트 VI에 대한 참조 문서는 다음과 같다.

- 위임 사항(ToR 7), 재해 후 대응 및 복구를 위한 매뉴얼 개발(부록 A)은 비상 점검 또는 재해 후 요구 사항 평가, 비상 교통 규제 및 복구에 대한 매뉴얼을 공식화하기 위한 표준 위임 사항(ToR)이다.
- 도로 지오향저드 리스크 매니지먼트: 일본의 사례 연구(부록 C)에서는 일본의 재해 후 대응 및 복구 관행에 대해 논의한다.

6.2 비상사태 대비

본 핸드북에 설명된 이전 단계의 지오향저드의 주요 결과는 도로망 전반에 걸쳐 존재하는 리스크의 특성을 이해하는 것이다. 이 정보를 바탕으로 다양한 리스크가 발생할 경우 누가 어떤 조치를 취할 것인지에 관한 비상 대응 계획을 수립해야 한다. 성공적인 비상대비 완료를 뒷받침하는 두 가지 주요 활동은 다음과 같다:

- 비상 대비 및 대응 계획을 마련한다. 그리고
- 계획이 실행될 수 있도록 대비 교육을 실시한다.

6.2.1 비상 대비 및 대응 계획 개발

잘 설계되고 실행된 비상 대비 및 대응 계획은 도로 지오향저드 리스크관리의 핵심 요소이다. 다음 항목은 계획 프로세스에 필수적이다.

- 조직의 역할, 책임 및 권한 정의
- 효과적이고 효율적인 대응을 위해 필요한 자재, 장비의 식별 및 도로망에서 해당 자재와 장비가 있어야 하는 위치 파악.
- 비상통제센터 및 비상 대응팀 구축
- 대응 조치의 우선순위 기준 결정
- (a) 비상 수준의 분류, (b) 정보통신에 관한 사전 동의 또는 계약, 그리고 (c) 지역 사회 및 민간 기업을 포함하여 도로 관리 당국 내외부의 조직과의 비상 활동(특히 손상된 도로에 대한 긴급 복구 작업)에 기초한 대응 절차 개발
- 강력한 내·외부 커뮤니케이션 라인(지역 커뮤니티 포함) 및 기타 정부·민간 조직과의 조정 메커니즘을 포함하는 커뮤니케이션 프로토콜 개발
- 비상 대응 교육 및 훈련 실시

재해에 취약한 상황에 비상 대응은 일반적으로 다음과 같은 절차로 진행된다.

- 날씨, 도로, 교통상황 정보 수집
- 도로 관리 일지에 정보 확인 및 기록, 도로 관리 당국 임원에게 요약 보고서 작성

- 비상대응 인력소집 (항상 인명보호가 최우선이므로 도로이용자와 직원의 안전 확보 후)
- 자재(예: 임시 바리케이드, 리스크 구역 주변의 도로 차단, 토사유실의 즉각적인 복구공사를 위한 모래주머니 등) 배치
- 재난에 취약한 상황에 대한 조기 경보 발령 또는 예방적 도로 폐쇄를 포함한 교통 통제 조치 시작
- 지반붕괴의 일시적 방지를 위한 모래주머니 배치 등 긴급재난방호대책 발동
- 아래에 자세히 설명된 대로 일반 재해 후 대응 및 복구(지오향저드 피해로부터의 복구) 시작.

준비 과정에서 종종 간과되는 측면은 활동파괴로부터 나온 재료를 폐기하는 것이다. 지오향저드는 중대한 리스크 사고가 발생할 때 폐기해야 할 상당한 양의 물질이 포함될 수 있다. 제거된 자재를 어디에 폐기할 것인지 합의하면 복구 프로세스를 보다 효율적으로 만들고 부적절한 위치에 굴착된 자재를 배치하여 2차 지오향저드가 발생하는 것을 방지할 수 있다. 이러한 폐기 장소에 대해 필요한 모든 동의서를 영구적으로 보관해야 한다.

6.2.2 대비 훈련

지오향저드 리스크에 대처하기 위해 필요한 모든 법률, 규정, 프로세스 및 인력을 갖추는 것도 중요하지만, 지오향저드 리스크가 현실화될 때 훈련을 통해 관련 당사자들에게 필요한 교육을 실시해야 한다. 훈련을 통해 앞서 언급한 문서에서 부족한 부분을 파악하는 것도 필요하다. 재난 리스크 관리 정책 및 매뉴얼과 장비 동원 및 정부 대비와 같은 비상 대응의 실제 요구 사이에는 종종 큰 격차가 있다. 현지 사무실 직원은 중앙 본사에서 사용하는 지침에서 요구하는 첨단 장비에 대한 교육을 받은 적이 없었을 수 있다.

도로 당국의 구역 내에 있는 각 주요 지오향저드 유형 및 위치에 대해 매년(또는 정책, 장비 또는 유지보수 계약자 및 컨설턴트와 같은 주요 서비스 공급업체 변경과 같은 주어진 문제와 관련이 있다고 판단되는 경우 자주) 훈련(및 후속 교육)을 실시해야 한다. 이러한 훈련은 지오향저드 대응의 모든 측면을 테스트하도록 설계되어야 하며 중요한 개인과 연락이 닿지 않은 경우도 포함하여 모든 관련 당사자가 가능한 한 “실제와 같은” 훈련이 되도록 해야 한다.

6.2.3 자금 조달

재해 후 복구 자금은 리스크관리 프로세스의 필수 요소이다. 재해 복구 자금의 조달에 대한 접근 방식은 예상되는 재해 사건의 규모와 직접적으로 관련되어야 한다(표 6.1). 유지 관리 기준을 줄이는 옵션(즉, 한 지역의 지오향저드를 해결하기 위해 나머지 도로망의 유지 관리를 중단하는 옵션)은 권장되지 않는다. 그렇게 할 경우 장기적으로 원래 해저드로 인해 국가 전체에 드는 비용이 크게 증가할 수 있기 때문이다.

표 6.1: 재해 규모별 재해 후 자금 조달 방식

예상 재난 규모	접근법	설명
도로 당국의 평균 연간 예산에 비해 상대적으로 작음	우발 프로젝트	특정 자본 개선 프로젝트(예: 도로망에 용량 추가)는 발생하지 않는 리스크를 조건으로 하는 것으로 식별된다. 리스크가 발생하면 이러한 프로젝트는 연기된다.
보통 또는 특정 인프라 항목으로 제한됨	보험	도로 당국은 발생하는 지질학적 리스크에 대비하여 보험에 가입한다. 이는 전체 네트워크보다 교량이나 터널과 같은 특정 도로 자산에 더 실용적이다. 리스크가 높으면 보험 비용도 높아진다
도로 당국의 평균 연간 예산대비 중간 내지 대규모	도로청 예산 항목	도로 당국의 예산 내에 재해 사고를 처리하기 위한 항목이 포함되어 있다. 항목은 예를 들어 최대 10년에 1번 발생 확률의 사고를 처리하는 데 적합할 수 있다.
도로 당국의 평균 연간 예산에 비해 상대적으로 큼	중앙 재난기금	이것은 도로만을 위한 중앙 집중식 기금이거나 자연 재해의 영향을 받는 모든 세트를 위한 전체 기금일 수 있다. 이 접근 방식은 "셀프-보험" 중 하나이며 재난 기금 안팎으로 정기적 자금 흐름이 있을 것이라는 전제하에 작동한다. 발생 확률이 10년에 1회 미만인 대규모 사고에 적합하다.

세계은행과 같은 일부 국제 개발 파트너를 통해 특별한 "우발 프로젝트" 사례를 이용할 수 있으며, 이에 따라 표준 대출 계약에 제로-달러 긴급 대응 구성 요소(CERC)를 추가할 수 있다. 재난이 발생하면 미사용 자금을 원래 목적에서 전용하여 재난 대응에 즉시 사용할 수 있다.

모든 자금 조달 접근 방식에서 "얼마나 많은 자금이 필요한가?"라는 질문에 응답해야 한다. 지오해저드에 지속적으로 노출되어 오랜 기간 데이터를 수집해온 역사가 있는 국가도 언제나 제대로 파악할 수 있는 것은 아니다. 예를 들어 뉴질랜드에서는 2011년 크라이스트처치 지진으로 인해 중앙 정부의 국가 재난 기금을 초과하는 피해가 발생했다. 필요한 자금 규모를 결정하려면 다양한 지오해저드 시나리오와 결과 범위에 대한 분석이 필요하다.

6.3 비상 대응

Box 6.1 개요: 운송 부문 복구 및 재건

재난 직후, 긴급 구호 및 대응 단계에서 최우선 순위는 의료, 음식, 물 및 쉼터 제공을 포함하여 생명을 구하는 응급 서비스를 수행하는 것이다. 이를 위해서 도로, 항만, 공항을 포함한 중요한 운송 및 공급 경로에서 잔해물을 치워 대피가 이루어지고 생명 구조 서비스가 이루어질 수 있어야 한다.

즉각적 복구는 비상 대응 활동과 병행된다. 교통당국은 대중의 안전을 극대화하고, 교통시설을 최대한 보호 및 보존하며 최대한 빨리 교통체계를 복구하기 위해서 관련 대응기관과 잘 조율해야 한다. 한편, 운송 부문 복구 계획자는 파괴된 자산 및 운송 생산 흐름의 가치를 평가하여 재해 후 복구 및 재건 요구사항을 추정한다.

출처: World Bank 2018.

중대한 지오해저드 사고 직후 비상 대응 절차를 발동해야 할 수도 있다. 초기 비상 대응 단계에서 최우선 순위는 인명 구조 서비스이다(Box 6.1). 응급 구조원이 현장에 접근하거나 부상자를 현장에서 병원으로 이송하는 등 생명을 구하는 서비스에서 도로망의 역할은 매우 중요하다.

따라서 긴급 대응 단계의 초점은 제한된 정보를 사용하여 가능한 한 빨리 주요한 중요 경로(도로 중요도에 대한 3.2절 참조)를 최대한 빨리 복구하기 위해 현장에서 신속한 결정을 내리는 것이다.

대규모 지오해저드 사고(주요 기후 또는 지진 사고)의 경우, 비상 대응 요원(도로 당국 또는 계약자 소속)의 역할은 도로를 복구하고 현장에서 필요한 작업 규모에 대한 초기 평가를 제공하는 것이다.

6.3.1 비상 점검 또는 재해 후 요구 사항 평가

도로의 긴급 점검 또는 재해 후 요구 사항 평가는 다음을 결정하기 위해서이다.

- 도로의 손상 및 이상 여부
- 교란 또는 도로 폐쇄의 원인이 된 현상 및 2차 피해(예: 도로 표면 함몰 또는 도로 비탈면에서 떨어진 잔해)
- 물류, 보급품, 의료 등에 대한 도로 접근성
- 도로의 교통 기능에 대한 필요성과 우선순위.

재난 후 요구 사항 평가는 비정상적인 기상 조건 동안 긴급점검과 연계하여 실시한다. 긴급점검에서는 바리케이드, 장애물, 모래주머니 등을 설치해 붕괴사고를 포착하는 등 긴급히 필요한 조치를 취한다.

- 이상 징후 조기 발견을 위한 관측 순찰 및 해저드 모니터링
- 재난 및 이상 징후에 대한 긴급 정보 수집 시스템
- 재난 위험이 높은 상황에 대한 비상 대응
- 조기 경보 또는 예방적 도로 폐쇄를 포함한 도로 상황에 대한 비상 정보 시스템

대부분의 경우 긴급 점검은 도로의 일상적인 유지 보수를 수행하는 동일한 직원이 수행한다. 지방 정부, 도로변 주민, 경찰, 구조대 등 지역 공공 및 민간 조직과 원활한 의사소통이 중요하다. 긴급점검에서는 바리케이드, 장애물, 모래주머니 등을 설치하여 붕괴를 막고, 불투수성 시트를 지표면에 덮어 물의 침투를 방지하는 등 긴급 조치를 수행한다.

6.3.2 긴급 교통 통제 및 공표

긴급점검 결과 도로교통통행이 불가능하거나 매우 위험하다고 판단되는 경우, 도로관리청은 도로 복구가 완료될 때까지 우회도로를 지정하고 교통을 통제한다. 긴급 정보는 도로 이용자 및 주민에게 도로의 임시 또는 상시 안내판을 통해 공표된다. 상설전광판은 '비구조적 조치'와 연계된다.

조기 경고를 포함하여 도로상황정보시스템이 이상적이다. 정보 시스템은 텔레비전, 라디오, 자동차 내 비게이션과 같은 다양한 미디어와 연결될 수 있으며 도로 이용자가 여행 및 교통 활동과 관련된 결정을 내리는 데 도움이 될 수 있다.

6.3.3 긴급 작업

긴급대응은 도로교통이 차단되는 것을 방지하기 위한 간단한 작업이다. 대규모 홍수, 지진 등 큰 재해로 인해 넓은 지역에서 도로가 폐쇄되는 경우, 우선순위가 결정되어야 한다. 초기 조치로 잔해물 제거, 배수구 및 수로 지역 청소, 교량 안전 점검, 주동 활동 상황에 따른 구조물 및 비탈면 안전 점검 등이 포함된다.

긴급복구 및 도로장해물 제거를 위해서는 사전 비구조적 조치(초기 발견에 기여하는 육안점검, 강수량 및 지반이동 등의 관측, 이상현상, 도로교통상황 긴급정보시스템)로 긴급 복구 활동을 시작해야 한다. 비상 복구를 위한 사전 계획 및 준비—자재 및 장비 준비, 현지 건설 기계 및 사전 비상 복구 경험이 있는 민간 계약자와 관련된 계약, 비상 복구 예비 예산 등—는 모두 비상사태가 발생하기 전에 준비해야 한다. 도로관리지구 담당관을 재난대응의 중심에 가깝게 배치하여 의사결정을 신속히 하고 커뮤니케이션 라인을 단축해 긴급복구 속도를 높일 수 있다.

6.4 복구

Box 6.2 교통 복구 계획

단기 복구 단계에서 교통 부문 복구 계획자는 재해 후 요구 사항 평가 결과를 사용하여 복구 계획을 수립하고 제한된 자원에 대한 복구 요구사항의 우선 순위를 정하고 현재와 미래의 지역 사회 및 국가적 요구에 더 잘 부합하는 방식으로 교통 네트워크와 서비스를 재건하는 데 필요한 자금을 동원한다. 교통 당국은 피해 지역 사회와 협력하여 이들의 우려와 요구 사항을 이러한 계획에 통합해야 한다. 단기적인 복구 결정이 장기적인 영향을 미친다는 점을 고려한다. 예를 들어 자재 및 인력 조달에 대한 결정은 지역 경제에 영향을 미치며 잔해물 제거 장소의 위치는 장기적인 옵션을 제한할 수 있다.

중장기 복구 단계에서 운송 공무원은 새로운 정보를 통합하고 그에 따라 조정할 수 있는 모니터링 및 평가체계(즉시 또는 단기 복구 중에 설정됨)를 통해 목표 대비 복구 진행 상황을 지속적으로 평가해야 한다. 교통 당국은 미래의 토지 사용 계획과 향후 재난 발생 시 더 빠르고 효과적인 복구를 위한 대비 및 투자에 대해 생각하기 시작할 필요가 있다.

출처: 세계은행 2018.

사후 조치에는 교통 흐름을 회복하기 위한 도로 자산 복구와 함께 "개선된 복구"의 개념인 "더 나은 복구(build back better)"가 포함된다. 사후 조치는 아래에서 더 자세히 설명하는 바대로 긴급 복구(앞에서 다뤘음), 보수, 복원 및 재건으로 세분된다.

비상 대응 단계는 정의에 따라 기본 기능을 복구하기 위해 신속하게 수행되지만, 후속 단계는 옵션의 장기적 비용과 이점을 고려하여 보다 전체적으로 수행하는 것이 중요하다(Box 6.2). 대규모 재해가 발생했을 때, 기존 도로를 복구하는 것이 최선의 해결책이 아닐 수도 있다. 선형을 크게 변경하여 향후 도로망이 리스크에 노출되는 것을 줄이는 것이 해결책이 될 수 있다.

예를 들어, 1870년대 뉴질랜드에서는 마나와투 협곡을 통과하는 3번 국도가 처음 개통된 이후 계속해서 작은 산사태가 발생했다. 이 산사태들은 자체적으로 정리되었고 도로는 다시 개통되었다. 그러나 2011년 큰 사고 이후 도로가 장기간 폐쇄되었다(2012년 8월 일부는 여전히 1차로로 개통). 2015년 4월 도로가 또 다른 대형 활동파괴로 일시적으로 폐쇄되었다가 2017년 4월 더 큰 활동파괴로 완전히 폐쇄되었다. 그 활동파괴를 제거하는 동안 10,000m³의 암석 활동이 또 발생했다. 결국 뉴질랜드 교통국은 이 도로를 영구적으로 폐쇄하고 대신 리스크가 낮은 새로운 노선을 건설하는 데 자금을 투자하기로 결정했다.

6.4.1 복구 관리

일상적인 지오해저드의 경우 피해 복구는 표준 사업 운영을 통해 관리될 가능성이 높다. 다만, 대규모 재해의 경우 특별관리체제를 둔다. 예를 들어 호주에서는 2010년 퀸즐랜드 홍수로 도로망과 기타 중요한 기반 시설에 광범위한 피해가 발생한 후 초기 대응을 넘어 재건 프로그램을 조정하고 특별 구호 기금을 할당하기 위해 퀸즐랜드 재건 당국이 구성되었다. 당국은 이제 중요 인프라의 회복탄력성(resilience)을 높이는 역할도 맡고 있다. 또한 홍수와 관련된 모든 문제를 조사하고 적절한 교훈을 파악하고 실행하기 위해 별도의 조사 위원회가 구성되었다.

대규모 사고(특히 지진으로 인한 사고)의 경우, 도로망의 복구는 더 큰 복구 노력의 일환으로 관리될 것이다. 이와 같은 대규모 복구 노력은 도로 복원뿐만 아니라 도로에 매설된 유틸리티, 그리고 가장 큰 규모로 도로가 제공하는 토지 사용의 본질을 고려할 것이다. 2011년 뉴질랜드 캔터베리(크라이스트처치)

에서 발생한 지진으로 캔터베리 지진 복구 당국 CERA(Canterbury Earthquake Recovery Authority)가 설립되었다. CERA는 광범위한 권한을 가지고 있으며 지진 복구를 목적으로 법률 및 규정을 유예시킬 수 있었다. 이 당국은 2011년부터 2016년 4월까지 5년 동안 운영되었다. CERA에 의해 도시의 많은 지역이 주거 지역으로 부적합하다고 결정되었고 도로망이 재구성되었으며 주요 사회 서비스가 이전되었다.

뉴질랜드에서는 2016년 카이코우라 지진으로 막대한 피해가 발생해 주 고속도로와 인접한 철도가 거의 12개월 동안 단절되었다. 대응책 조정을 위해 도로 및 철도 당국을 모두 포함하는 연합체가 구성되었으며, 각 당국은 업계와 협력하여 단절되었던 연결부를 복구하였다.

6.4.2 보수

보수란 경미한 재해가 발생한 후 물 침투로 인한 도로 기반의 추가 변형을 방지하기 위해 도로의 균열 씰링과 같은 간단한 작업을 말한다. 또한 설계 및 예산 문제가 적용되지 않는 경미한 자산의 복구와 관련이 있다.

"보수 작업"으로 완료될 작업의 범위 또는 특성과 복구 또는 재건으로 수행해야 할 작업의 범위 또는 성격에 대해 사전 합의가 있어야 한다.

6.4.3 복원 및 재건

복원은 일반적으로 도급공사로서, 임시 복원과 전면 복원으로 구분된다. 임시 복원은 부분적인 도로 폭의 복구, 임시 우회 대안 및 임시 교량을 포함하여 교통을 확보하기 위한 것이다. 이러한 교통 재활성화는 장기간 교통중단이 지속되면 인근 주민들의 생활(예: 통근, 통학, 장보기, 의료기관 접근 등)에 큰 영향을 미치기 때문에 중요하다. 2차재해도 예상되는 경우 임시 복원에는 2차 피해를 방지하기 위한 대책이 포함되어야 한다.

전면 복원은 정밀조사 및 설계, 도로 확포장 등 도로 개선을 기반으로 필요한 재해 예방 조치를 수행한다. 전면 복원은 2차 재해를 예방해야 한다. 여기에는 상세한 조사를 기반으로 한 기존 대책에 대한 개선 작업과 새로운 대책의 설계가 포함된다. 도로의 유지 관리 비용을 최소화하기 위해 기존 대책을 강화하거나 새로운 대책을 수립할 수 있다.

도로 기능이 복합적으로 중단되어 장기간 폐쇄될 경우 교통 흐름을 회복하기 위해서는 단순한 복원이 아닌 재건이 실시되어야 한다. 대규모 재건의 경우, 신설 도로에 대한 지오해저드 리스크 관리 절차를 적용할 수 있다.

예를 들어, 뉴질랜드의 마나와투 협곡이 심각한 산사태로 폐쇄된 후, 뉴질랜드 교통국은 대체 경로를 조사할 기회를 얻었고 궁극적으로 지오해저드 리스크가 더 낮은 새로운 경로를 위해 기존 경로를 포기하기로 결정했다. 이러한 결정으로 인해 단기적으로는 교통 접근성 손실이 더 길어질 수 있지만, 장기적으로 새로운 경로의 개선된 신뢰성 향상은 가치 있는 절충안이 되었다.

6.5 복구

다음 주석 목록은 특히 6부에서 다루는 주제와 관련된 추가 자료를 제공한다.

FEMA (Federal Emergency Management Agency). 1993. “Emergency Management Guide for Business and Industry: A Step-by-Step Approach to Emergency Planning, Response and Recovery for Companies of All Sizes.” FEMA 141/October 1993, FEMA, Washington, DC. A recommended guidance document on the subject of contingency programming.

World Bank, 2018. “Transport Sector Recovery: Opportunities to Build Resilience.” Disaster Recovery Guidance Series, Global Facility for Disaster Reduction and Recovery (GFDRR), World Bank, Washington, DC.



2023 리스크전문가 양성과정 기본교육

TRAINING WORKSHOP

글로벌 수준의 공인리스크전문가에 도전하세요!
- 현재 제4기 교육생 모집중 -

2023.09.22(금)~ 09.24(일)
2023.10.06(금) - 10.07(토)
한국리스크전문가협의회 교육장