

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

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

※ 상기 이미지를 클릭하면 원문 다운로드가 가능합니다.

5. 운영 및 유지관리

5.1 지오향저드에 대한 운영 및 유지관리 조치 개요

V부에서는 운영 및 유지관리 단계에서 준비 또는 기타 비구조적 조치를 통해 도로 지오향저드 리스크 관리를 강화하는 절차를 설명한다.

본 핸드북의 V부에서는

- 긍정적인 효과를 높이기 위한 비구조적 조치 및 중요한 관행을 정의하고 설명한다.
- 비구조적 조치에 관한 절차 및 운영 고려 사항을 설명한다.

독자는 또한 V부와 관련된 다음 문서를 참조하는 것이 좋다.

- 참조 약관 5(ToR 5), 도로 지질 공학 자산의 운영 및 유지관리를 위한 매뉴얼 개발(부록 A)은 구조적 조치 유지관리, 조기 이상 감지 및 비상 정보 수집, 비상 대비 및 대응.
- 참조 약관 6(ToR 6), 비상 정보 시스템 개발(부록 A)은 조기 경보 또는 예방적 도로 폐쇄를 포함하여 도로 비상 정보 시스템을 개발하기 위한 표준 ToR이다.
- 도로 지오향저드 리스크관리: 일본의 사례 연구(부록 C)는 일본의 비구조적 조치의 예를 보여준다.

V부를 활용한 이후 성과는 다음과 같다.

- 비구조적 조치의 목적과 절차를 이해한다.
- 비구조적 조치의 계획 및 운영 고려 사항을 이해한다.
- 효과적인 비구조적 조치를 위해 주요 이해관계자와의 원활한 의사소통 및 참여의 중요성을 이해한다.

5.2 비구조적 조치의 정의

구조적 조치와 달리 도로 지오해저드에 대한 비구조적 조치는 물리적 시공을 포함하지 않는 모든 조치이다. 이는 구조적 조치보다 저렴하며 다음을 포함한다.

- 이전에 구성한 조치의 일상적 유지관리;
- 지오해저드 모니터링(잠재적으로 자동 경고보 시스템에 연결된 자동 계측 장치 사용)
- 지오해저드 이벤트 전(또는 도중) 피해를 방지하기 위한 도로 폐쇄.

비구조적 조치는 지오해저드가 발생하더라도 차량 파손 및 인명피해를 방지하기 위한 리스크_회피수단(예: 사전 경고 또는 도로 폐쇄)을 포함하며, 지오해저드 리스크관리를 위한 구조적 조치의 효율적인 유지를 도모한다.

5.3 도로 재해 인식

5.3.1 인간 활동으로 인한 도로 재해 통제

인간 활동은 종종 도로 지오해저드를 유발한다. 예를 들어, 도로변 배수로의 쓰레기 및 축적된 퇴적물(부지 접근을 위해 의도적으로 측면 배수구를 채우는 행위 포함)은 배수의 효율성을 떨어뜨리고 도로 지오해저드를 일으킨다. 관개 또는 삼림 벌채와 같은 물 사용과 활동 가능성이 있는 비탈면 정상부의 독 쌓기 또는 비탈면 선단의 굴착도 지오해저드를 유발할 수 있다.

대중의 인식을 높이는 것은 도로에서 지오해저드를 유발할 유해한 인간 활동을 중단시키기 위한 첫 번째 단계이다. 지오해저드를 유발할 수 있는 유해한 인간 활동을 금지하기 위해 토지이용을 통제하는 법과 규정이 필요하다.

5.3.2 인식을 높이기 위한 교통 표지판

도로관리 당국은 재해 및 사고로부터 도로이용자를 보호하기 위해 교통 표지판을 설치하고 지능형 교통시스템(ITS), 휴대전화 경고, 소셜 미디어, 웹 사이트 또는 기타 채널을 사용하여 위험에 처한 도로 위치, 위험이 발생하기 쉬운 도로구간 및 예방을 위해 도로 폐쇄 등을 도로이용자에게 알린다.

5.3.3 도로 이해관계자 참여를 위한 인식 제고 및 교육

1차 도로 이해관계자(도로 사용자 및 도로 주변 거주자)의 참여는 인간 활동으로 인한 도로 재해의 통제(위에 언급된 바와 같이)뿐만 아니라 모든 비정상(아래 5.5.3절에 설명된 대로)에 대한 정보를 요구한다. 이를 위해 인식 제고 캠페인이나 교육을 실시하는 것이 바람직하다.

도로 안전 캠페인 또는 지역 사회 재난 대피 훈련과 함께 캠페인 또는 교육을 실시하는 것은(도시 지역에 있거나 지오해저드로 인해 지역 사회가 고립될 경우) 실질적인 단계이다. 이러한 인식 캠페인, 교육 또는 훈련에는 5.6절에 설명된 대로 다양한 제도적인 파트너십이 포함되는 것이 실용적이다.

5.4 구조적 조치의 유지관리

구조적 조치의 적절한 유지관리는 적절한 효과가 있다. 본 핸드북에는 비구조적 조치 내에 구조적 조치의 유지관리가 포함된다. 이러한 유지보수는 특별한 설계가 필요하지 않은 작업이기 때문이다. 적절한 유지관리를 위해서는 점검 일정, 유지관리 절차, 자재 및 장비를 준비해야 한다.

유지관리에는 사방댐 또는 샌드트랩 내의 퇴적물 제거와 비탈면 식생 보존이 포함된다. 유지관리 비용과 가용성은 계획 단계에서 고려된다. 구조적 조치의 타당성 평가는 일반적으로 유지보수 비용에 포함된다.

도로 또는 그 인접 도로에 구축된 구조적 대책방법의 유지관리는 포장도로 등의 도로_유지관리와 일체화되어 도로관리청, 지사, 민간업체 및 근로자의 위탁을 받아 수행된다. 도로관리 당국은 구조적 조치 방법(시스템, 순찰 또는 점검 일정, 재료 및 기계 부품 준비)의 유지관리 계획(예: 연간 유지관리 계획)을 개발한다. 그들은 도로 유지관리 계획의 일부로 예산을 결정한다.

구조적 조치 방법의 유지 및 관리는 종종 도로 유지관리 기관의 운영에 국한되지 않는다. 이러한 방법(예: 댐이나 침사지 등의 토사제거 및 유역_내의 파종·식재작업 등)은 토사류, 토석류, 홍수, 돌발홍수 등의 재해 유형에 대비해 도로관리지 밖의 도로교차로나 측방의 계곡계천 및 하천에 설치된다. 따라서 도로관리청은 재난관리청은 물론 물이용 및 산지보전, 하천개량, 침식 제어 및 관개 등을 유지관리하는 기관, 지자체, 지역사회 등과 함께 계획 및 예산을 조정한다.

5.5 조기 이상 감지 및 비상 정보 수집

5.5.1 조기 이상 감지를 위한 육안 검사 및 해저드 모니터링

이상 징후의 조기 발견은 재해를 예방하고 도로이용자의 피해를 방지하는 데 중요하다. 육안 점검과 특정 지오해저드 모니터링은 모두 제 역할을 한다. 육안 점검은 다양한 도구와 기술을 사용하여 차량을 이용하거나 도보로 이루어진다. 점검 빈도에 따라 다음과 같이 세분된다.

- 정기 순찰: 매일, 매주 또는 시간 간격에 따라 차량을 이용하여 수행되는 육안 관찰. 이러한 작업은 일반적으로 지오향저드 기술 전문 지식은 조금 부족하더라도 도로망에 대한 상당한 경험이 있고 망이 어떻게 기능하고 고위험 위치가 어디인지 알고 있는 직원이 수행한다.
- 점검 순찰: 우기, 지진 또는 기타 잠재적으로 위험한 이벤트 전후 위험에 처한 도로를 점검한다. 해저드 기록지와 사진이나 스케치를 포함하여 과거 기록을 바탕으로 수행된다.
- 긴급 순찰: 재해에 취약한 상황에서 점검하거나 도로 사용자 또는 다른 관찰자의 이상 관찰에 대한 대응. 초기 비상 순찰은 전문가의 점검이 필요할 수 있다.
- 자동화된 지오향저드 모니터링: 폭우 또는 지하수면 상승과 같은 지오향저드 유발 요인 및 낙하, 붕괴 또는 활동 등의 비탈면 지반 이동 모니터링(표 5.1). 모니터링은 예산 또는 기술적인 어려움으로 인해 구조적 조치가 구현되지 않은 우선적으로 위험에 처한 도로에 대해 수행된다. 모니터링 결과는 도로이용자의 피해를 방지하기 위한 조기 경보 및 예방적 교통 폐쇄의 기준으로 사용된다.

표 5.1: 지오향저드 모니터링 유형 및 사용된 장비

지오향저드 현상	하드웨어 지원
지표면 이동	CCTV 카메라 모니터링 낙석 감지기 신장계 크랙 게이지 표면 기울기 측정기 GPS 장치 LiDAR
하부지반 이동	지중경사계 파이프 스트레인 게이지 미터
지하수 변동	지하수위계 간극수압계
강우	우량계 자동 기상 관측소

지오향저드 정기 순찰은 도로 운영 유지보수와 같은 다른 활동과 결합될 수 있다. 교육을 받은 순찰 직원을 지오향저드가 발생되기 쉬운 도로 구역에 배치하여 지오향저드 이상을 찾아야 한다. 이상적인 솔루션은 표 5.1에 표시된 모니터링 장비를 사용하는 것이다. 그러나 비용이 허용되지 않는 경우 값비싼 기계와 재료가 필요하지 않은 간단한 모니터링 기술이 있다. 예를 들어, 완전히 자동화된 기상 관측소 대신 수동 우량계도 지오향저드 리스크 프로파일 모니터링에 대한 중요 입력값을 제공할 수 있다.

LiDAR(Light Detection and Ranging) 시스템은 점점 더 저렴해지고 있고 특히 비디오 및 사진 데이터를 캡처하기 위해 드론과 결합할 때 많은 도로 당국이 사용하는 표준 장비 세트의 일부가 되고 있다. 고위험 현장의 경우 일정한 간격으로 드론을 띄우고 지리 정보 시스템(GIS) 내에서 비교한 결과 3차원(3D) 육상 모델을 통해 토부지 이동의 면적과 규모를 식별할 수 있다. 이는 종종 지오향저드에 센서를 설치하는 것보다 더 저렴할 뿐만 아니라 동일한 비용으로 보다 많은 지오향저드를 관리할 수 있다.

5.5.2 비상 정보 수집 시스템

비상 정보는 도로 사용자 및 이해 관계자, 지오향저드 모니터링을 통해 얻어진다. 도로 사용자와 도로 주변 거주자는 전화, 인터넷, 대면 커뮤니케이션을 통해 도로관리 당국에 연락하여 도로 이상을 알릴 수 있다. 일반적으로 이러한 비상 통신을 위해 특정한 전화번호가 할당되며, 단일 유형의 비상 사태(예: 지오향저드)에 국한되는 경우는 거의 없다. 이해 관계자의 참여를 보장하기 위해 도로 재해 인식 노력도 필요하다(5.3절 참조). 도로관리청은 도로이용자나 주민으로부터 정보를 받아 이상 유무를 확인하고 필요한 경우 긴급조치를 취한다.

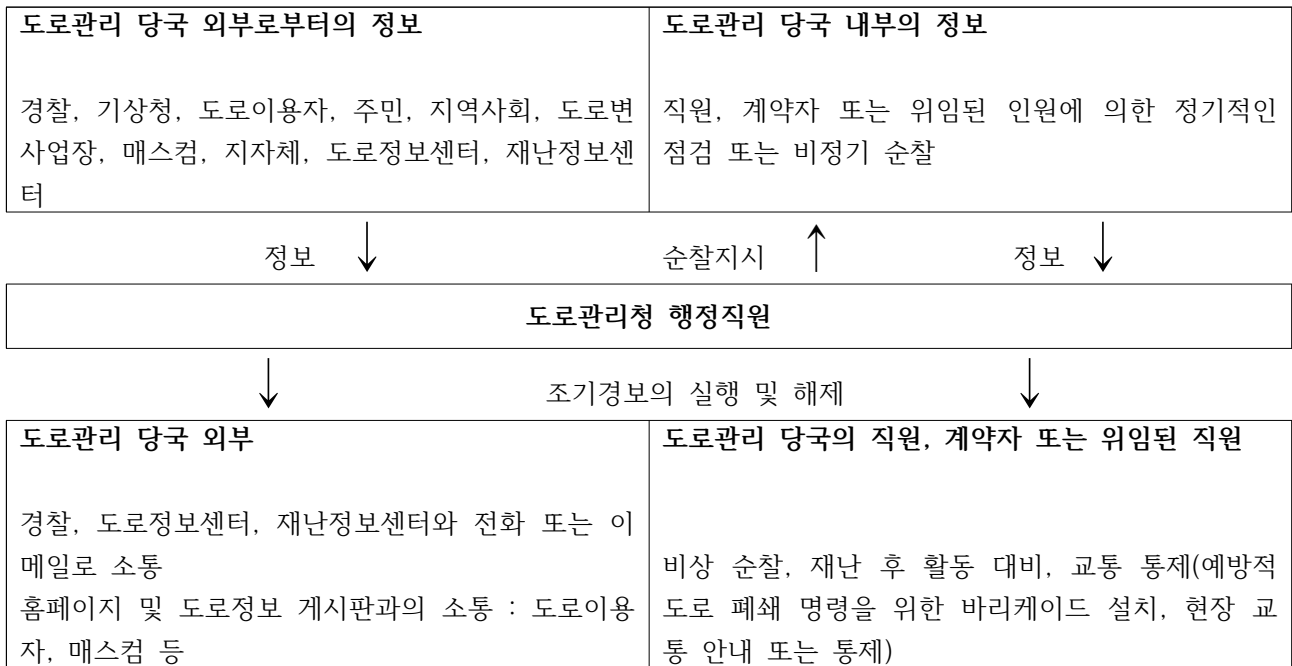
5.5.3 조기 경보 또는 예방적 도로 폐쇄를 포함하는 도로 비상 정보 시스템

도로상황 비상정보시스템은 도로이용자에게 지오향저드 피해 발생, 지오향저드에 취약한 상황, 도로 폐쇄 등 교통상황에 대한 정보를 제공하는데 효과적이다. 이러한 조기 경보 및 예방 정보로 인해 도로 사용자는 대체 경로를 선택할 수 있고 불리한 조건에서 손실을 최소화할 수 있으며 극단적인 경우 인명 피해를 방지할 수 있다.

지오향저드는 종종 폭우로 인해 발생한다. 따라서 강우 지수(rainfall index)는 종종 조기 경보를 제공하고 예방적 도로 폐쇄의 기준으로 사용된다. 이 정보는 도로 정보 게시판, 도로 운영 및 유지관리 직원, 교통경찰, 매스컴, 웹 사이트, 휴대 전화 알림 및 주유소 같은 도로변 시설을 통해 전파될 수 있다. 정보의 전파는 지오향저드 리스크 감소에 매우 중요하기 때문에 도로관리 당국, 지역 또는 고속도로 경찰, 매스컴 간의 강한 협력이 필요하다.

지질재해로 인한 조기 경보 또는 예방적 도로 폐쇄 정보의 흐름(그림 5.1)은 정보 수집 및 분산과 관련된 다각적인 문제를 반영한다.

그림 5.1: 지오해저드로 인한 도로손상 우려가 높은 상황에서의 조기경보 또는 예방적 도로폐쇄의 흐름



지오해저드 경보시스템은 짙은 안개, 강풍 등 재난 및 교통사고에 취약한 모든 상황을 포괄하는 전반적인 도로당국의 조기경보시스템의 일부가 되어야 한다. 조기경보는 아무런 물리적 조치가 없는 경고에 불과하지만, 예방적 도로 폐쇄는 도로 폐쇄를 결정하는 명령이다. 경고를 발령하고 도로 폐쇄를 명령하는 결정은 위험 수준과 확립된 절차에 따라 신중하게 결정되어야 한다. 도로관리당국은 조기 경보 또는 예방적 도로 폐쇄를 위한 도로 구간 - 하천 범람이나 조수 등 이상기후 또는 기타 상황에서 재난 다발 또는 사고 다발 도로 구간 -을 선정한 후 다음과 같이 정해진 절차를 따라야 한다.

- 조기 경보 또는 예방적 도로 폐쇄 기준 마련. 도로관리당국은 선정된 각 도로 구간에 대한 조기 경보 또는 예방적 도로 폐쇄 기준을 설정하기 위해 해저드-트리거 상태 또는 지오해저드 활성화 지수(예: 강수량 또는 해빙량, 풍속, 느리게 움직이는 지반의 속도 증가[스트레인 게이지 또는 자동 측량 장비를 사용하여 측정 가능], 화산 활동 등)를 사용한다.
- 조기 경보 또는 예방적 도로 폐쇄 실행. 도로관리당국은 조기경보 또는 예방적 도로폐쇄가 시작되면 도로관리당국에서 도로정보표지판 등을 이용하여 도로 위험 구간은 물론 교통사고를 유발할 수 있는 지오해저드_피해상황 또는 위험상황이 발생할 가능성을 알린다. 예방적 도로 폐쇄 명령 시, 도로관리당국은 각 위험 도로 구간의 시점과 종점에 바리케이드를 설치하여 교통을 차단한다. 예방적 도로폐쇄는 우회로, 통행개통 대기시간, 통행취소 등으로 도로이용자에게 피해를 주기 때문에 운영상의 어려움이 있다. 따라서 도로 폐쇄 기간을 최소화할 필요가 있다. 실질적으로 첫 번째 단계는 도로를 폐쇄하지 않는 조기

경보여야 한다. 예방적 도로 폐쇄는 해당 법률에 따라 교통경찰의 지원을 받아야 한다.

- 조기 경보 또는 예방적 도로 폐쇄 취소, 도로관리당국은 조기경보나 예방적 도로폐쇄 해제를 위해 이상기후나 기타 위험상황이 발생한 이후 위험 구간에 순찰을 보내 이상 징후가 없는지 확인한다.

5.6 지오해저드 리스크관리에서 자원봉사자, 지역사회 및 기관 파트너십의 역할

도로 부문, 지역 이해관계자 및 주민을 포함한 민간 부문 간의 파트너십은 정보 공유를 강화하고 도로 재해를 예방하며 도로의 지오해저드 리스크관리를 개선할 수 있다. 다음 조치는 좋은 파트너십을 형성하는 데 도움이 될 수 있다.

- 정보 공유(앞서 5.3과 5.5에서 설명한 대로) 및 지역사회 또는 지자체의 재난 비상 정보 시스템과 도로 비상 정보 시스템의 통합
- 지자체, 버스 및 택시운송기관, 국도행정기관 간담회
- 도로재해 관리를 위한 자원봉사 지원 프로그램 (예: 쓰레기 치우기, 제설기, 가로수 및 도로 사면 식생 유지 등 도로 배수 유지관리)
- 지원 단체 또는 민간 기업을 홍보하기 위한 도로변 광고판 설치와 같은 자원 봉사 지원에 대한 인센티브 창출.

5.7 재난 대응 자산 관리

II부 2.2절에서 언급한 바와 같이, 지오해저드 관리는 도로 당국 내의 전체 자산 관리의 일부이며 그림 2.1은 전체 자산 관리 프로세스의 예이다. 기후변화가 지오해저드 관리와 같지는 않지만, 두 주제 사이에는 상당히 중복되는 부분이 있다. 자산 관리 프로세스를 검토하고 기후 변화가 적절하게 해결되도록 프로세스의 각 단계에 통합되어야 하는 구체적인 추가 활동을 제안한 Henning, Tighe 및 Greenwood(2017)의 조치를 반영할 가치가 있다. 그들이 제안한 접근 방식에는 자산 관리(Asset Management, AM) 프로세스의 각 단계에서 지오해저드 관리를 고려하기 위해 구현해야 하는 일련의 특정 이니셔티브가 포함된다(표 5.2).

표 5.2: 지오해저드 관리를 자산 관리에 통합하기 위한 권장 사항

단계	AM 프로세스 단계 (그림 2.1 참조)	주요 추가 조치
요구 사항 이해 및 정의	AM 정책 개발	<ul style="list-style-type: none"> • AM 정책 선언문 내에서 계획할 지평을 포함하여 지오해저드 리스크 관리를 구체적으로 다룬다. • 큰 사고가 났을 때 피해에 대한 자금 조달 방법과 재정 지원 대상자에 대해 합의한다.
	서비스 및 성능 수준 정의	<ul style="list-style-type: none"> • 네트워크 복원력 측정(예를 들어, 100년에 한 번 있을만한 홍수가 일어났을 때 12시간 이내에 모든 주요 도로 복원)이 서비스 수준 프레임워크에 포함되어 있는지 확인한다. • 변화하는 기후 현상의 빈도를 고려하여 설계 지침을 수정하고 지오해저드에 대한 설계 표준이 마련되어 있는지 확인한다.
	미래 수요 예측	<ul style="list-style-type: none"> • 인구 통계학적 변화 및 교통량 증가와 같은 미래 수요 예측은 인프라의 예상 성능에 대한 지오해저드 영향과 통합되어야 한다. • 하이-리스크 영역에서 미래 성장을 위한 제공은 피해야 한다(또는 적어도 성장이 허용되기 전에 완전히 이해해야 함).
	자산 기반 이해	<ul style="list-style-type: none"> • 도로 자산과 그 취약성 또는 결함에 대한 데이터가 완전하고 최신인지 확인한다. • 모든 데이터 수집 프로세스는 지리 공간적으로 참조되어야 한다. • 도로 데이터 및 정보는 다른 인프라와의 상호 의존성을 강조해야 한다. • 기본 데이터에서 자산 그룹 간의 수명선과 중요한 상호 작용을 연결한다.
	자산 상태 평가	<ul style="list-style-type: none"> • 데이터 수집에는 도로망에 대한 특정 지오해저드 리스크 영향 측정 및 기록이 포함되어야 한다.
	자산 및 비즈니스 리스크 식별	<ul style="list-style-type: none"> • 지오해저드가 자산 및 서비스 제공에 대한 리스크로 인식되도록 한다. • 리스크 및 취약성 평가는—지오해저드 관리에 이미 일반적으로 사용되는—조직 리스크 관점에서 리스크관리와 통합되어야 한다. • AM 리스크와 통합은 효율성이 상당히 향상된다.

단계	AM 프로세스 단계 (그림 2.1 참조)	주요 추가 조치
자산 라이프 사이클 전략 개발	라이프 사이클 의사 결정 기술	<ul style="list-style-type: none"> • 현재 분석 프로세스는 다목적 기능을 통합해야 하며 종종 리스크-기반 코스트를 포함하도록 개선해야 한다. • 지오향저드 관리를 AM 의사결정에 도입할 때 의사결정에 커뮤니티 참여를 더 강조해야 한다. 종종 솔루션은 접근의 신뢰성을 낮춘다.
	운영 전략 및 계획	<ul style="list-style-type: none"> • 운영 계획에는 배수 구조를물을 청소하고 막힘이 없는지 확인하는 것과 같이 부적절한 조치를 식별하고 해결하기 위한 분명한 조치가 있어야 한다. • 현저하게 부족하다고 확인된 기반 시설을 개조해야 한다. • 일반적인 지오향저드에 대한 더 나은 라이프 사이클 솔루션을 제공할 수 있는 새로운 설계를 시도한다. • 운영 절차에는 재해 대응을 위해 식별된 정책 및 프로세스가 포함되어야 한다.
	유지관리 전략 및 계획	<ul style="list-style-type: none"> • 유지관리 전략 및 계획에는 특정 허용치를 포함해야 하며 지오향저드 영향을 제한하는 항목을 해결하는 데 중점을 두어야 한다. • 많은 지오향저드 시뮬레이션 모델의 보정에 이러한 데이터가 필요하므로 지오향저드에서 제거된 내용에 대한 정확한 기록이 있는지 확인한다.
	자본 사업 전략 및 계획	<ul style="list-style-type: none"> • 지오향저드 전체를 해결하려면 현재의 설계 기준을 업데이트해야 한다.
	재정 및 자금 조달 전략	<ul style="list-style-type: none"> • 재무 및 자금 조달 전략은 지오향저드 완화에 대한 다양한 투자 시나리오의 영향을 조사해야 한다. • 잠재적인 재난 사건에 대응하기 위한 재정 및 자금 조달 전략이 마련되어야 한다.
가능한 자산 관리 활용	자산 운용팀	<ul style="list-style-type: none"> • 지오향저드 관리와 AM의 효과적인 통합은 조직 내 경영진 수준에서 주도해야 한다. • 조직 전체에서 이러한 모든 조치를 추진할 누군가를 지오향저드 관리 옹호자로 임명한다.
	자산 관리 계획	<ul style="list-style-type: none"> • AM 계획이 특히 지오향저드를 다루고 있는지 확인한다.

단계	AM 프로세스 단계 (그림 2.1 참조)	주요 추가 조치
가능한 자산 관리 활용	정보 관리 시스템 및 도구	<ul style="list-style-type: none"> 정보 관리 시스템에는 계획 목적을 위한 특정 지오해저드 데이터의 기록이 포함되어야 한다. 재해 계획 요구 사항에 대응하기 위한 데이터 상주 계획이 마련되어 있어야 한다.
	AM 서비스 제공 및 조달	<ul style="list-style-type: none"> 법률 및 조달 프로세스는 충격 이벤트에 대한 대응을 허용해야 한다.
	품질 관리	<ul style="list-style-type: none"> 지오해저드 조치의 품질 관리는 충분하게 기능해야 한다.
	지속적인 개선	<ul style="list-style-type: none"> 지오해저드 관리에 필요한 개선 사항을 파악하고 이를 도로 당국의 전반적인 개선 계획에 통합시킨다.

경험에 따르면 비상 상황에서 우수한 비상 대응 정책을 개발하는 것은 극히 어렵다. 따라서 위험 사고 전에 다음과 같은 문제를 해결하는 정책을 마련해야 한다.

- 재개할 도로의 우선순위
 - 우선순위 지정에는 교통량만으로는 도로의 중요성을 나타내지 않는다는 것을 인식하는 "라이프라인" 경로의 개념이 포함된다. 교통량이 적거나 중간 정도인 도로는 정수장, 병원 또는 민방위 시설과 같은 주요 비도로 기반 시설로 연결될 수 있으며 유지관리 및 복원을 위해 적절한 우선순위를 지정해야 한다.
- 사고 이전의 유지보수
 - 예측된 호우와 같은 기상 현상으로 인해 지오해저드가 발생한 경우, 강우가 발생하기 전 사전에 미리 지정된 장소를 확인하여 배수 인프라가 사고 중에 설계 대로 작동하는지 확인해야 한다.
- 의사소통
 - 누가 무엇을 누구에게 전달할 것인가?
 - 언론과 대화할 수 있는 권한은 누구에게 있는가?
- 설계 없이 수행할 수 있는 긴급 보수
 - 도로에는 종종 다른 많은 서비스가 시설이 포함되며 그 중에 대표적인 것이 민간 지장물일 수 있다. 정책으로 인해 임시 보수에 대한 과잉 투자가 발생하지 않도록 해야 한다.
- 지오해저드 사고에 대한 공공과 민간 부문 대응의 혼합
 - 민간 부문은 비상시에 대응하는 공공 사업만큼 동등하게 능력이 있을 수 있다.
 - 민간 부문을 사용하는 경우 모든 도로를 포괄하는 계약이 있는지 확인한다.
 - 계약은 민간 부문이 공공 사업 대응의 일부로 지시될 장비와 인력을 공급하도록 요구할 수 있다.

자연적인 과정은 중대한 지오향저드 리스크를 제거하는 방향으로 진행되지만, 기후 변화 리스크에 적용되는 접근 방식을 검토하면 물리적 작업에 대한 투자 필요성이 비_자산 솔루션을 통해 종종 상쇄될 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 뉴질랜드 오클랜드의 북부 고속도로 일부는 만조와 폭풍 해일 동안 물에 잠긴다(사진 5.1). 수억 달러를 투자하면 도로를 높일 수 있지만 현재의 통행 접근 방식, 운영 차선 폐쇄 및 잔해 제거를 위한 유지관리를 통해 이러한 투자 없이도 네트워크를 운영할 수 있다.

사진 5.1: 오클랜드 고속도로 홍수 관리



위치: 뉴질랜드 오클랜드 북부 고속도로

교통량: 1일 약 150,000대

문제: 조수와 폭풍 해일의 조합으로 남쪽 방향 차로(버스 전용 차로 포함)이 만조 시 1~2시간 동안 물에 잠긴다.

대응: 예상되는 조위를 모니터링하기 위한 프로세스 마련됨. 미디어 및 표지판을 통한 사전 경고. 교통관리계획이 제정되었다. 유지관리 직원들이 물이 빠지면 도로를 청소할 준비가 되어있다.



결과: 대부분의 운전자는 밀물을 피해 이동 시간을 변경하여 보통 영향을 받지 않는다. 도로 건설에 대한 잠재적인 주요 투자는 비_자산 솔루션을 통해 완화되며 교통에 미치는 영향은 최소화된다.

5.8 선택된 리소스

다음 주석 목록은 특히 V부에서 다루는 주제와 관련된 추가 자료를 제공한다.

Deoja, B., M. Dhital, B. Thapa 및 A. Wagner, eds. 1991. 산악 리스크 엔지니어링 핸드북. 카트만두, 네팔: ICIMOD(International Centre for Integrated Mountain Development). 정비 절차(26장)와 지오향저드 리스크관리를 위한 비구조적 조치에 대한 자세한 지침을 논의.

Highland, Lynn M., and Peter Bobrowsky. 2008. “산사태 핸드북: 산사태 이해를 위한 안내서.” Circular 1325, U.S. Geological Survey, Reston, VA. 산사태 모니터링 절차(부록 B)와 산사태 및 토석류에 대한 샘플 안전 정보(부록 D)를 제공.

JLS(일본 산사태 협회). 2012. “일본의 산사태(제7판).” 정기 보고서, JLS, 도쿄. 사면 이동 측정의 예를 제공.