
해 외 출 장 보 고 서

일본 도쿄

안전환경연구실

서울연구원 출장보고서 No.-

2016. 5

출 장 자	연구실장	부원장	원 장
이석민, 윤형미			

기획조정본부장

목 차

제1장 해외출장 개요	1
1. 출장목적	1
2. 출장자	1
3. 출장지 및 출장일정	1
제2장 해외출장 주요조사 내용	2
1. 지반함몰 발생 및 원인	2
2. 지반함몰 관련 법·제도	5
3. 지반함몰 조사 및 조치	18
4. DB 구축 및 관리	23

제1장 해외출장 개요

1. 출장목적

- 일본 도쿄의 도심지 지반함몰 예방정책 및 관리체계 등에 대한 전문가와 실무자 간 정책 교류를 통하여 연구 결과에 반영하고자 함.

2. 출장자

- 이석민 (도시정보센터장)
- 윤형미 (안전환경연구실 위촉연구원)

3. 출장지 및 출장일정

- 출장지 : 일본 도쿄
- 출장기간 : 2016. 4. 26(화) ~ 2016. 4. 30(토) (4박 5일)

날짜	활동지역		방문기관	업무수행내용
4.26 (화)	김포	도쿄	-	• 이동 (김포 공항(GMP) → 하네다 공항(HND))
4.27 (수)	도쿄		도쿄대학교	• 전문가 정책 교류
4.28 (목)	도쿄		지오서치	• 지반함몰 관리실무자 인터뷰
4.29 (금)	도쿄		지반함몰 발생 현장	• 현장답사
4.30 (토)	도쿄	김포	-	• 이동 (하네다 공항(HND) → 김포 공항(GMP))

제2장 해외출장 주요조사 내용

1. 지반함몰 발생 및 원인

- 도쿄의 지반함몰 발생원인은 크게 노후 하수관로, 공사관리 미흡, 매설물 자체로 인한 지반함몰 발생의 3가지임.
- 공동 발생에 직접적 영향을 미치는 요인으로 매설물과 매설관로의 파손이 있으며, 간접적 영향을 미치는 요인으로는 우수, 지하수, 지질·지반, 조석, 지진 등이 있으며, 이 외 시공불량, 교통하중, 진동 등이 있음.

[공동 발생 요인]

분류	내용
직접적 요인	매설물, 매설관로의 파손
간접적 요인	우수, 지하수, 지질·지반, 조석, 지진 등
외적 요인	시공불량, 교통하중, 진동 등

출처 : 路面下空洞の發生狀況に關する考察, 2012

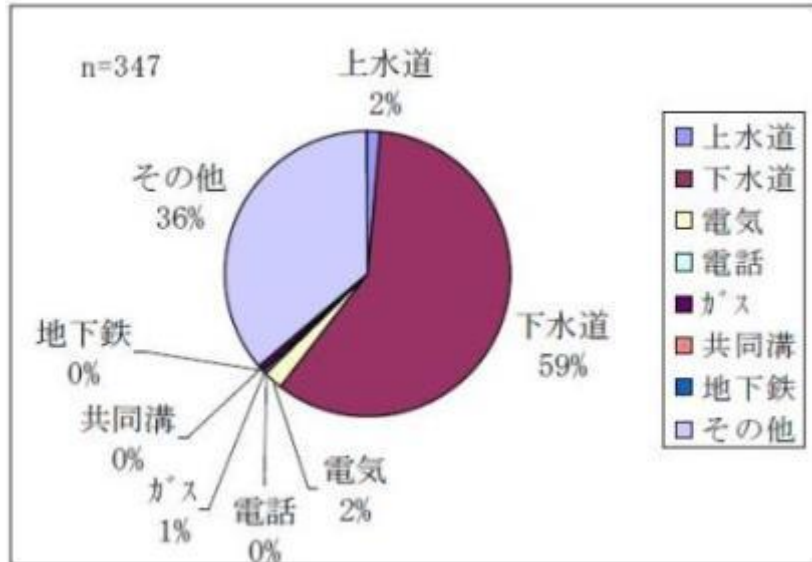
- 이를 다시 세부적으로 매설물 주변토사의 유출, 매설물 주변지반의 압밀, 대형지하구조물, 우수 및 지하수, 지진, 호안의 흡출, 기타 불분명으로 분류할 수 있음.

[공동 발생 요인의 상세분류]

분류	내용
점용매설물 주변토사의 유출	관 파손, 관 접촉불량, 관 미폐쇄, 맨홀 몸체파손, 관 마스(빗물을 모아 흘려보내기 위한 관), 도랑 파손, 수도관 누수
점용매설물 주변지반의 압밀	되메우기 부족, 되메우기재 불량, 근접지 공사의 영향, 실드공사의 영향
대형지하구조물	지하 잔여물, 지하구조물 주변의 수도
우수, 지하수	지하수의 영향, 우수침식
지진	지진의 영향
호안의 흡출	해안에서의 토사유출
기타	불분명

출처 : 道路路面下空洞の探査事例, 2013

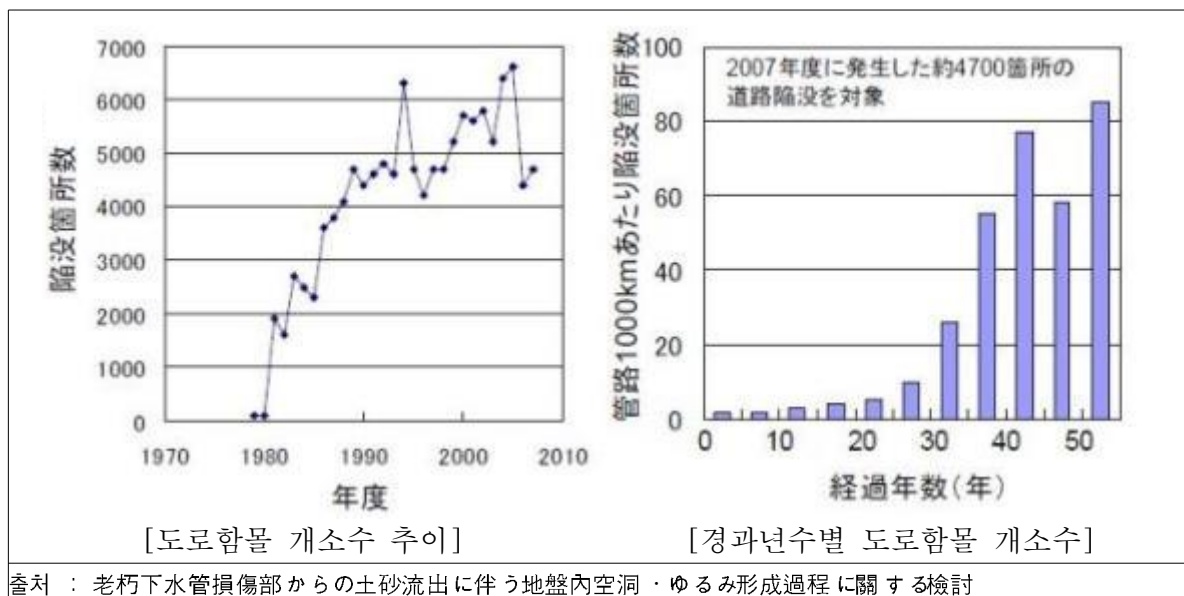
- 공동발생 주변 지하매설물을 살펴보니 하수도가 59%로 가장 높은 비율을 차지하는 것으로 하수도가 공동 발생에 영향을 미치는 것을 알 수 있음.



[공동의 주변에서 파손이 확인된 땅속 설계물 비율]

출처 : 路面下空洞の開削状況調査結果, 2012

- 국토교통성 도시정비부 자료에 의하면 도로함몰은 1980년부터 발생하기 시작하였으며, 하수관 매설년도가 30년 이상부터 도로함몰 발생이 급증하는 것으로 나타남.
- 실제로 1940~1950년 사이에 매설한 하수관에서 주변에서 도로함몰이 발생하는 것을 확인할 수 있었으며, 이를 통해 우리나라에서 1980~1990년 사이에 매설한 하수관을 중심으로 공동탐사 및 함몰조사가 필요할 것으로 추측



출처 : 老朽下水管損傷部からの土砂流出に伴う地盤内空洞・ゆるみ形成過程に関する検討

- 또한 1988~2006년의 신문기사를 통한 월별 공동발생건수를 살펴보면 6월에서 8월까지의 기사 수가 나머지 월보다 많은 것을 알 수 있었음.
- 또한 노면함몰 사고와 연간 호우일수의 연별건수를 살펴보면 집중호우 일수(50mm이상/1h)가 많았던 해의 다음 해 함몰 발생건수가 많음을 알 수 있음.
- 이를 통해 하수관로 및 지하수위 저하 외에 우수 또한 공동발생에 영향을 미치는 요소임을 알 수 있음.

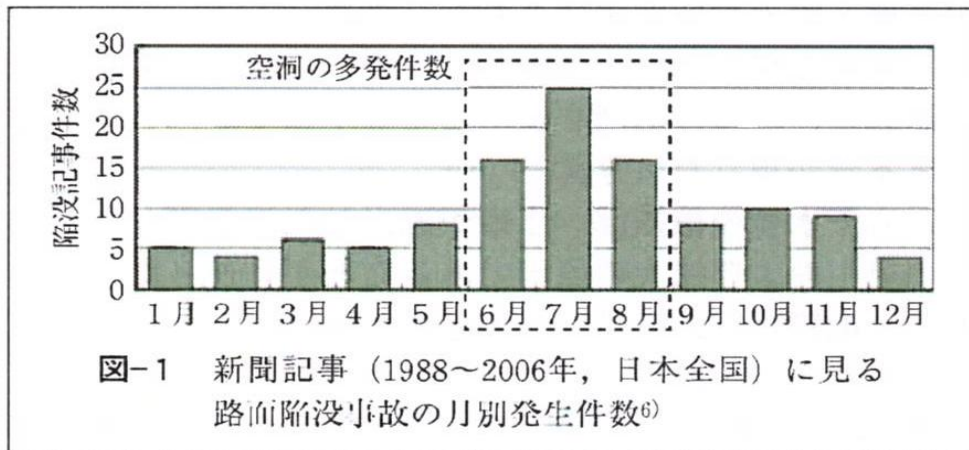


図-1 新聞記事 (1988~2006年, 日本全国) に見る路面陥没事故の月別発生件数⁶⁾

[일본 전국의 월별 공동발생건수(1998~2006년)]

출처 : 道路路面下空洞の探查事例, 2013

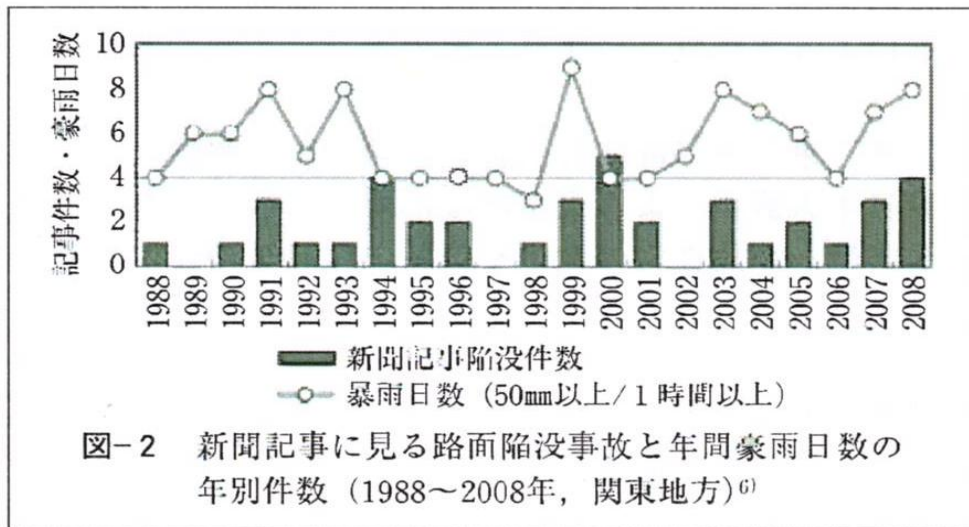


図-2 新聞記事に見る路面陥没事故と年間豪雨日数の年別件数 (1988~2008年, 関東地方)⁶⁾

[노면함몰 사고와 연간 호우일수의 연별 건수]

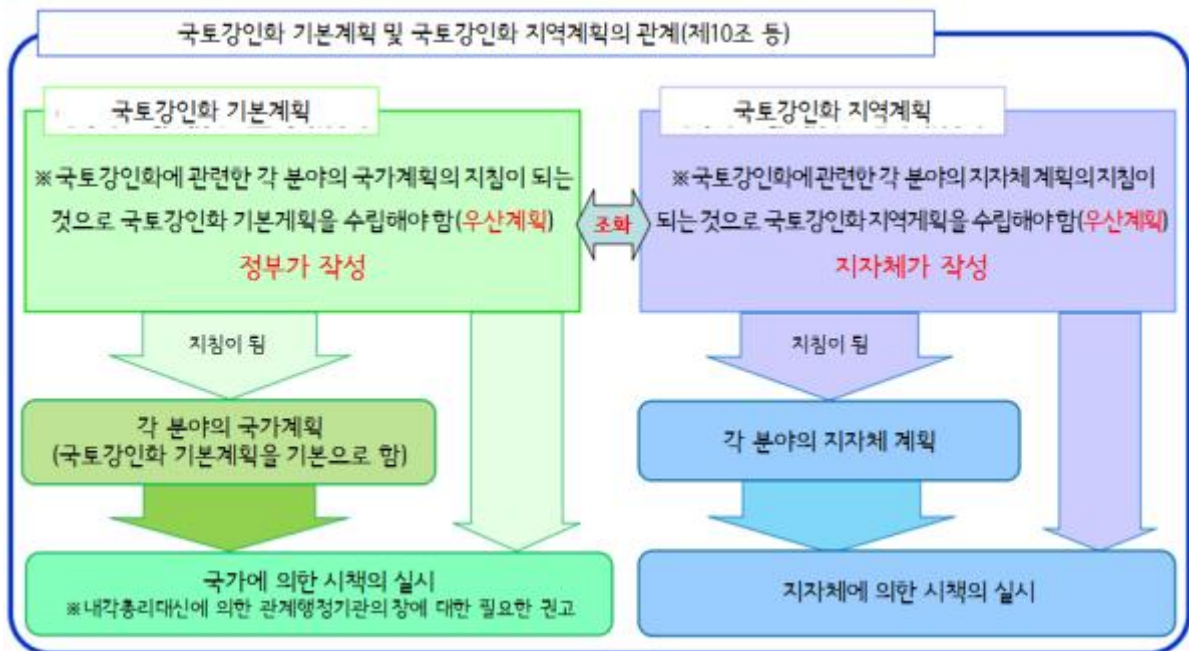
출처 : 道路路面下空洞の探查事例, 2013

2. 지반함몰 관련 법·제도

1) 국토강인화계획의 주요 내용 및 체계

(1) 주요 내용 및 체계

- 기존 방재대책의 한계를 해소하기 위해, 재해발생 시 신속한 회복성 및 유연성을 기반으로 2013년 「국토강인화 기본법」제정
- 「국토강인화 기본법」의 목적은 대규모 자연재해에 대비하기 위한 사전방재 및 감재, 신속한 복구, 부흥시책의 실시임.
- 국토강인화 기본법에 따라 일본정부와 지자체의 장은 국토강인화 기본(지역)계획을 수립하여야 하며, 국토강인화 기본(지역)계획은 국토강인화의 관점에서 지역의 다양한 계획의 지침임.



[국토강인화에 관한 계획의 체계]

- 국토강인화 기본계획에서는 전문가의 회의를 통해 경제 사회 시스템이 가진 잠재력, 저항력, 회복력을 강화하기 위해 강인성을 해치는 본질적 원인을 분석하고, 사회 시스템의 캐퍼시티를 고려하여 제도와 규제의 방향을 장기적 시야를 가지고 추진할 수 있도록 함.

○ 또한 다양한 지역이 자율성을 높이고, 도시 기능을 적절하게 분담하는 동시에 연계되는 국토 구조를 실현함으로써 과잉집중의 회피와 자율분산형 구조의 형성이라는 강하고 유연한 국토 만들기를 위한 기본방침에 따라 기본목표로 4가지를 설정

- ① 최대한의 인명 보호
- ② 국가 및 사회의 중요한 기능의 유지
- ③ 국민의 재산 및 공공시설 피해의 최소화
- ④ 신속한 복구 및 부흥

○ 목표 달성을 위해 리스크 분석 대상 설정, 취약성 특정, 취약성 평가 및 대응방안 검토, 중점화 및 우선순위 설정, 결과 평가 등의 5단계 절차인 'PDCA(Plan-Do-Check-Action) 사이클'을 통해 재해별 위험요소를 파악하고 시책을 마련



[국토강인화 계획 수립을 위한 국토리스크 평가의 추진 절차]

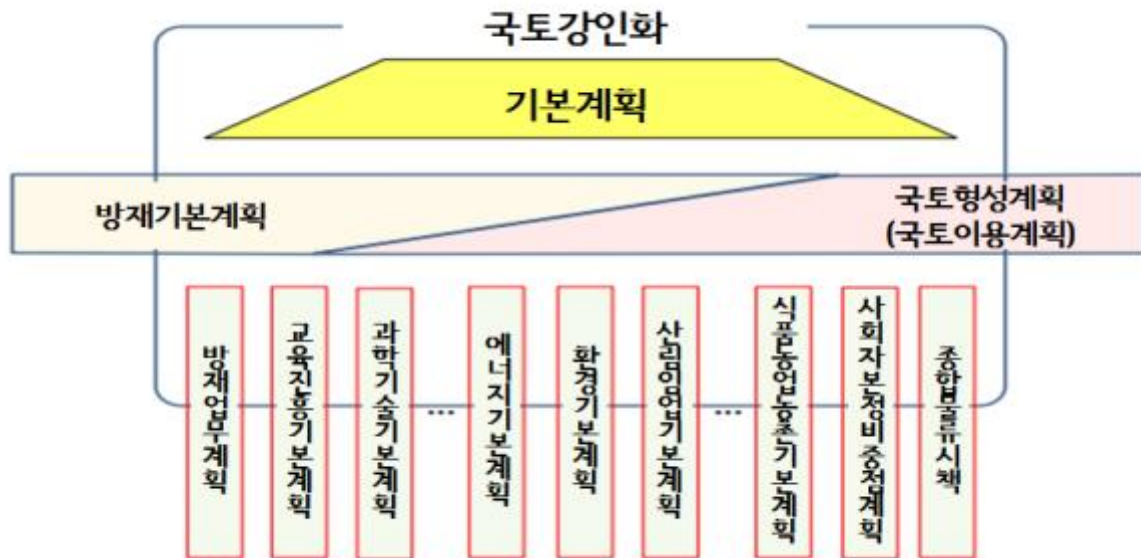
출처 : 国土強靱化とは ? (内閣官房国土強靱化推進室), 2014

○ 각 분야별 주요 시책으로는 주택도시 분야에 밀집시가지의 화재 대책 등, 에너지 분야에는 지역 간의 상호연계 능력의 강화 등, 정보통신 분야에는 장기 전력 공급 정지 등에 대한 대책의 조기실시 등, 산업구조분야에는 기업 연계형 BCP/BCM의 구축 추진 등, 교통 물류 분야에는 교통 물류시설의 재해 대응능력의 강화 등 구체적인 시책 마련

- 또한 전국을 대상으로 하는 국토강인화 계획과 더불어 전국계획을 가이드라인으로 하여 지자체 단위로 지역 특성에 맞춰 지역강인화 계획을 수립하도록 하고 있음.(현재 각 지자체별 수립 중)

(2) 국토계획 법체계상 국토강인화 계획의 위상

- 국토강인화 기본계획은 국토강인화에 관련된 계획의 지침이 되어야 함과 동시에 다른 계획 등의 상위계획을 규정하는 이른바 엮브렐러(Umbrella)계획임.
- 국토강인화를 종합적이고 계획적으로 추진하기 위해서 재해 대책의 기본인 방재기본계획과 국토계획의 기본이 되는 국토형성계획을 포함
- 이들 기본계획에 의해 규정되어 있는 에너지 기본 계획 및 식량 농업·농촌 기본 계획, 사회 자본의 계획 등 타 계획에도 매년 시책 및 프로그램의 진척 상황 등에 대해서 계획 내용의 조정 검토 및 이를 바탕으로 필요한 수정을 실시하도록 함.
- 즉, 국토강인화 기본 계획은 방재 기본 계획 및 국토 형성 계획이라는 횡단적인 계획에도 그 아래에 있는 개별 분야의 계획에도 반영되는 구조로 되어 있음.



[국토강인화 계획과 타계획의 관계]

출처 : 國土強靱化基本計畫の國の他の計畫等への反映について(内閣官房), 2014

(참고) 국토강인화 기본법 제13조 (국토강인화 지역 계획)

토도부현 및 시읍면은, 국토강인화에 관한 시책의 종합적이고 계획적인 추진을 위하여, 해당 토도부현 또는 시읍면의 구역에 있어서 국토강인화에 관한 시책 추진에 관한 기본적인 계획(이하 "국토강인화 지역계획"이라 함.)을 국토강인화 지역계획 이외의 해당 토도부현 또는 시읍면의 계획 등의 지침이 되는 계획으로 정할 수 있다.

(3) 국토강인화 액션 플랜 2015

- 2013년 12월에 강한 유연한 국민 생활의 실현을 도모하기 위한 방재·감재를 위한 국토강인화 기본법(이하"기본법"이라 함)이 시행되어 2014년 6월에 기본법에 근거하여 강인한 국가 건설을 위한 국토강인화 기본계획(이하"기본계획"이라 함)이 결정
- 또한 구체적인 실시 시책 등을 나타낸 국토 강인화 액션 플랜 2015(이하"액션플랜 2015"라 한다.)를 국토 강인화 추진 본부에서 결정하고, 지방 공공 단체의 국토 강인화 지역 계획(이하"지역 계획"이라 함)의 책정 및 책정을 향한 검토가 진행되고 있는 등 국토 강인화의 대응은 본격적인 실행 단계에 있음.
- 액션플랜 2015에는 기본목표를 달성하기 위한 세부목표를 8개로 구분하여 수립하고 있으며, 목표는 다음과 같음.
 - ① 대규모 자연재해가 발생해도 최대한의 인명보호를 도모
 - ② 대규모 자연재해 발생 직후부터 구조, 구급, 의료활동 등이 신속하게 이뤄질 수 있는 체계 구축
 - ③ 대규모 자연재해 발생 직후부터 필요불가결한 행정 기능을 확보
 - ④ 대규모 자연재해 발생 직후부터 필요불가결한 정보통신 기능을 확보
 - ⑤ 대규모 자연재해 발생 후에도 경제활동을 유지할 수 있도록 할 것
 - ⑥ 대규모 자연재해 발생 후에도 생활, 경제활동에 필요한 최소한의 전기, 가스, 상하수도, 연료, 교통네트워크 등을 확보함과 동시에 조기복구를 도모
 - ⑦ 제어 불가능한 2차 재해의 방지
 - ⑧ 대규모 자연재해 발생 후에도 지역사회, 경제가 신속하게 재건, 회복 할 수 있는 조건을 정비

- 이중 도로·교통 등 인프라의 유지관리, 특히 도로합몰에 관련한 사항은 8번째의 항목에 기술되어 있으며, 도로면 하부의 공동조사를 실시하여, 도로합몰에 도로네트워크 기능확보를 위한 교통네트워크 강인화를 추진하고 있음.

(참고) 국토강인화 액션플랜 2015

8. 교통·물류

(교통네트워크의 강인화 추진)

- 긴급 수송 도로로서의 기능을 발휘하고 실동 부대가 신속하게 활동할 수 있도록 대체성 확보를 위한 미싱 링크의 정비, 세대 도시권의 순환 도로 정비, 교량의 내진 성능 향상, 도로 비탈 면의 대책, 노면 밑 공동 조사 실시, 붕괴에 의한 도로 폐쇄를 회피하기 위한 무당 전신주화 등을 추진함과 함께 도로 시설의 방재 기능의 부가(탈출로 피난 계단)을 추진한다.[국토교통성]

8. 交通・物流

(交通ネットワークの強靱化の推進)

- 緊急輸送道路としての機能を發揮し、実働部隊が迅速に活動できるよう、代替性確保のためのミッシングリンクの整備、三大都市圏における環状道路の整備、橋梁の耐震性能向上、道路法面の対策、路面下空洞調査の実施、倒壊による道路閉塞を回避するための無電柱化等を推進するとともに道路施設への防災機能の付加(避難路、避難階段)を推進する。【国土交通省】

2) 쉼드공사 점용허가 조건과 해설(안)

- 「쉼드공사 점용허가 조건과 해설(안)」은 국토교통성에서 공사 시 시방서에 제시하는 지침임.
- 본 지침에 의하면 지반함몰의 책임을 개발사업자인 원인자 부담을 원칙으로 하여, 쉼드공사 전후 지표면의 침하정도와 공동조사를 실시하도록 규정
- 법으로 규정하는 것도 아니고, 지반함몰 발생으로 인하여 재판을 하는 것도 아니나 모든 개발사업자는 지침대로 쉼드공사를 실시
- 쉼드공사로 인한 동공 및 도로함몰 등의 사고를 미연에 방지하는 것을 목적으로 쉼드공사 등에 따른 도로점용 허가 조건 검토 위원회를 설립해 노면 함몰 사고 원인 및 함몰 발생의 매카니즘을 분석함과 동시에 적절한 시공관리, 사후 감시 방법에 대해서 검토하여 쉼드 공사 점용허가 조건을 책정하였다.
- 쉼드공사 점용허가 조건과 해설에는 도로면 하부의 현황을 정확히 파악하기 위해 공사 전, 공사 중, 공사 후 및 경과 관찰기간에 지표면 침하 관리, 공동조사의 방법에 대해서 정의
 - ① 쉼드 중심선 상(40m)에 기준점을 설정하여 계측하는 것에 바닥면(100m)에 침하 판을 설치하여 계측
 - ② 지표면 침하 관리를 위해 지표면 침하 관리치 및 지표면 침하 협의치(최대 15mm)를 설정해 관리치에 달하는 경우는 필요한 대책, 조치를 마련
 - ③ 사전, 사후, 경과 관찰기간 중 1년 단위로 공동조사를 실시
 - ④ 쉼드공사 완료 후에도 노면관찰, 공동조사 등의 현황 관찰을 실시하는 기간으로써 경과 관찰기간을 설정

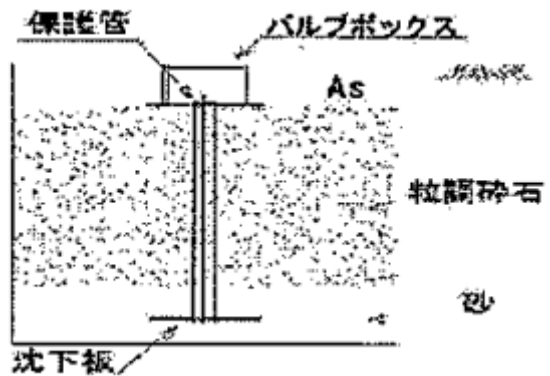
(1) 바람직한 시공관리, 협의체제

- 공동·함몰의 방지, 조기발견을 위해서는 사전 공동조사에서 개선공사 지점의 공공동을 확인해 공사 후에 발생·발견한 공동과 공사와의 인과 관계에 대해서 명백하게 해 둘 필요가 있음.
- 사전, 사후, 공사완료 후 경과 관찰기간에 있어서 공동조사, 노면조사, 지표면 침하 관리를 점용기업자의 부담으로 실시하는 것을 점용허가 조건으로 함.

- 지표면과 지반의 현황을 파악하기 위해 시공 중 및 공사완료 후 지표면 침하량을 계측해 지표면 침하 관리치, 협의치에 의거해 관리하며, 필요에 따라서는 도로관리자에게 보고하고, 협의하는 시공관리 체제를 정비
- 경과관찰은 공사완료 후 정기적으로 지표면 침하 관리를 실시하고, 지표면 침하 관리의 수습 후에는 공동조사를 실시해 이상이 없어야 함.

① 지표면 침하 계측

- 지표면 침하를 계측하는 경우의 지표높이는 슬드 중심선상에 40m간격으로 기준점을 두고 수준측량을 실시
- 슬드 중심선의 수직선상에 100m 간격으로 침하판(노면부에 설치)을 설치하여 측정. 다만 침하판의 설치위치는 일반 교통에 지장을 주지 않는 지점에 설치



[침하판 개념도]

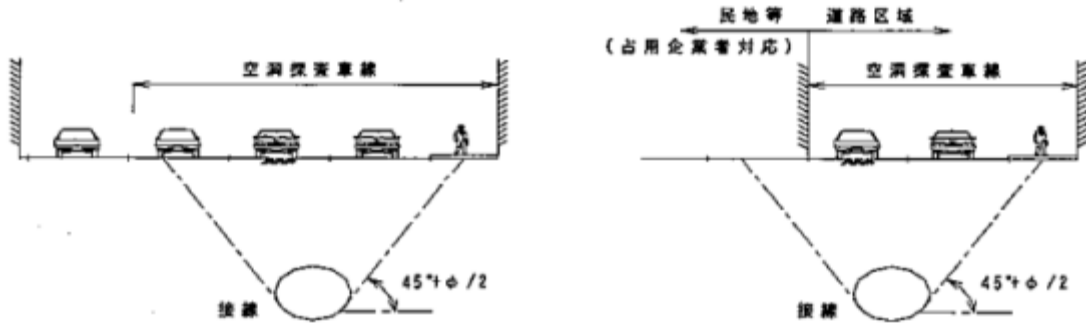
② 지표면 침하 관리

- 점용기업자는 지표면침하 관리를 시행하기 위해 도로관리자와 협의하여 지표면 침하 협의치를 설정하고, 협의치보다 작은 침하관리치를 정함.
- 지표면 침하관리치, 협의치에 달하는 침하를 보이는 경우 점용기업자는 필요한 대책 등을 마련하여야 함.
- 아스팔트 포장의 최대 지표침하 협의치는 유지수선 필요 여부를 판단하는 목표치의 최소치 30mm의 50%인 15mm로 함.

③ 공동조사

- 공동조사는 사전공동조사, 사후공동조사 및 경과관찰기간(공사 종료 후 경과관찰기간 종료까지의 1년마다 실시) 동안에 실시

- 공동조사의 횡단방향의 범위는 쉴드 하단으로부터 $45^\circ + \phi/2$ (ϕ 는 땅의 내부마찰각)의 범위에 들어가는 차선 및 보도를 대상으로 함.



[공동조사 단면]

(2) 공사 완료 후의 경관관찰 기간의 설정

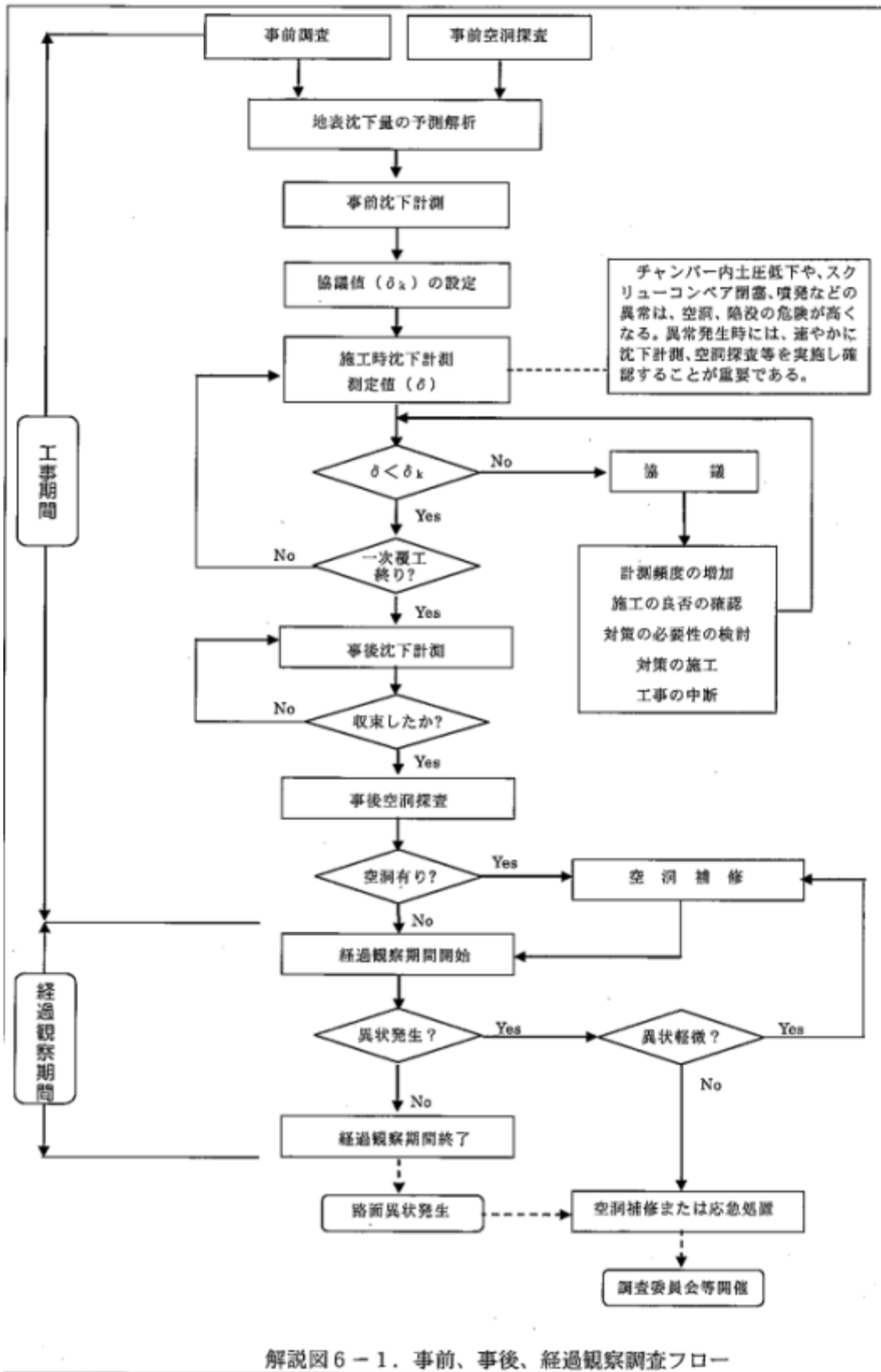
- 쉴드공사 완료 후 수년이 지나도 공동, 함몰이 발생하는 경우가 있기 때문에 쉴드공사완료 후에도 점용기업자에 지표면 침하 계측, 공동조사 등의 현황 관찰을 의무화 하는 기간을 설정
- 경과 관찰기간은 공사완료 후 정기적으로 지표 침하 관리를 실시해, 최후에 공동심사를 실시하여 이상이 없을 경우 경과 관찰기간이 종료
- 경과 관찰 기간은 공동, 함몰 원인의 분석결과 등을 포함해 시공조건과 시공현황에 따라 1년에서부터 10년 사이에 설정
- 함몰이 일어나기 쉬운 지반 조건(a, b, c)은 경과 관찰기간을 총 2년을 설정
 - a. 쉴드 굴착 위치 및 수직선 상 1D이하의 토질에 20cm를 넘는 큰 자갈이 있는 경우
 - b. 쉴드 굴착 위치 및 수직선 상 1D이하의 토질에 $N < 5$ 의 점성도 지반이 있는 경우
 - c. 쉴드 굴착 위치 및 수직선 상 1D이하의 토질에 균등계수 $U_c < 5$ 의 사질 토지반이 있는 경우
- 함몰이 일어나기 쉬운 지반조건(a, b, c)와 굴착 진행 중에 트러블(a, b, c, d)이 발생한 경우는 경과 관찰기간을 총 5년으로 설정
 - a. 굴착대상 토질이 사전조사와 다른 경우
 - b. 굴착토량의 작업이 과다한 경우

c. 뒤채움 주입량이 부족한 경우

d. 상정외의 큰 자갈, 유목, 침몰선, 우물 그 외 장애물에 대한 대응이 부적절한 경우

(3) 도로관리자와 점용기업자의 연계

- 실드공사 시공 중에 있어서 챔버 내 토압저하, 스크류 콘베어 폐쇄 등의 이상이 발생한 경우는 공동, 함몰의 위험이 커지기 때문에, 이것들의 사고, 트러블, 이상 등이 발생한 경우는 신속하게 출장소장에게 보고함과 동시에 침하 계측, 공동심사 등을 실시하여 확인
- 지표면 침하 협의치에 달한 경우는 관계자간에 이후의 시공 방법, 시공 중지 등을 협의
- 사전, 사후, 경과 관찰기간에 있어서 지표면 침하 관리, 공동조사 등의 방법에 대해서는 관계자료를 출장소장에게 제출하고 조사결과에 대해서는 신속하게 출장소장에게 보고
- 공사완료 후의 경과 관찰 기간은 시공관리 기록 등의 공사 관계자료에 근거해 도로 관리자와 협의

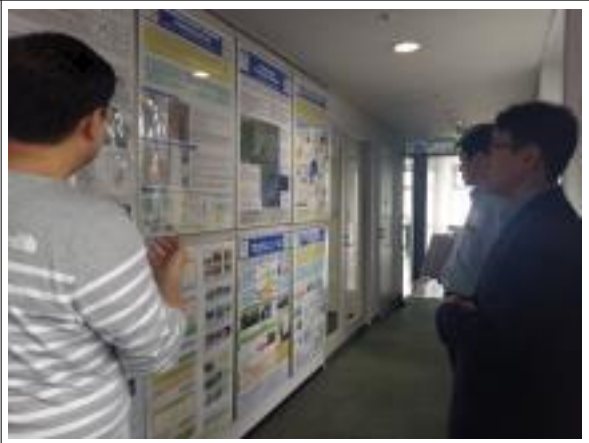
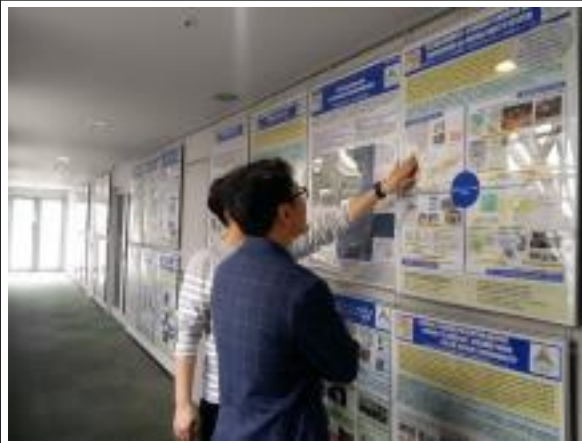


解説図 6-1. 事前、事後、経過観察調査フロー

[사전, 사후, 경과 관찰기간 조사 플로우]

3) 기타

- 동경에서는 지반함몰의 대부분이 도로에서 발생하여 도로함몰의 개념을 기반으로 관련 정책 및 제도를 구축
- 따라서 도로함몰에서 최우선으로 생각하는 것은 ‘도로기능의 확보’이며, 이와 관련하여 방재계획에서 주요도로의 선정 및 물자이동을 위한 도로 확보에 관한 사항, 주요 도로 주변 건물의 내진화 설계 강화 및 규제 등의 내용을 다룸.
- 예방정책의 일환으로 GPR 탐사 등 조사를 통한 예방정책 이외 유지관리의 예방정책이 있음.
- 시공계획 수립 시 지반안전성 조사의 내용을 포함해야하며, 지반안전성 조사의 내용이 포함되지 않을 시 공사허가가 떨어지지 않으며, 공사 사업자 예산에 안전확보 예산이 포함되어 있음.
- 도로함몰 관련하여 위험도 평가는 따로 없으며, 교통량과 도로기능 중요도 등으로 통해 위험도 평가를 실시. 그러나 이것은 연구적 차원의 접근으로 행정차원의 위험도 평가는 전무
 - 도로주변 건물 무너질 위험+도로함몰 발생확률 = 위험성 높은 도로
 - 도로주변 건물 무너질 위험은 내진성, 노후하수관로, 비용 등 고려
- 도로함몰 발생확률은 공동탐사 전문기관(지오서치)에서 조사 후 평가하고 있으나 동공발생 메커니즘 불명확
- 일본사례를 통해 공동탐사 및 조사와 이와 관련한 규제 등은 한국보다 선제적으로 진행하고 있으나, 지반함몰의 직접적인 정책 및 제도는 한국이 앞선 것으로 판단



[도쿄대학교와 전문가 정책교류]

3. 지반함몰 조사 및 조치

1) 조사

- 공동발생으로 인하여 조사와 보수를 4가지로 분류하여 이와 관련한 행정 관례를 분류하여 설명함으로써 공동실태 조사의 중요성에 대해 시사

조사	공동 실태	보수	함몰사고	행정 책임
조사하지 않음	공동실태 모름	함몰개소를 임시방편에서 보수	함몰사고가 없어지지 않음	책임 추구, 현상 방치
실시능력이 없는 회사가 조사	공동 찾을 수 없음	보수할 수 없음	함몰사고가 없어지지 않음	책임 추구, 하자조사, 사고
실시능력이 있는 회사가 부분적 조사	공동은 찾지만 전체의 상황은 모름	함몰개소를 임시방편에서 보수	함몰사고가 없어지지 않음	책임 추구, 사고
실시능력이 있는 회사가 전체 조사	공동분포의 전체 상황 알	수리의 우선순위 부여	우선순위에 따른 수리로 함몰 감소	주민 안전 보장, 예산 최적 분배

출처 : 지오서치

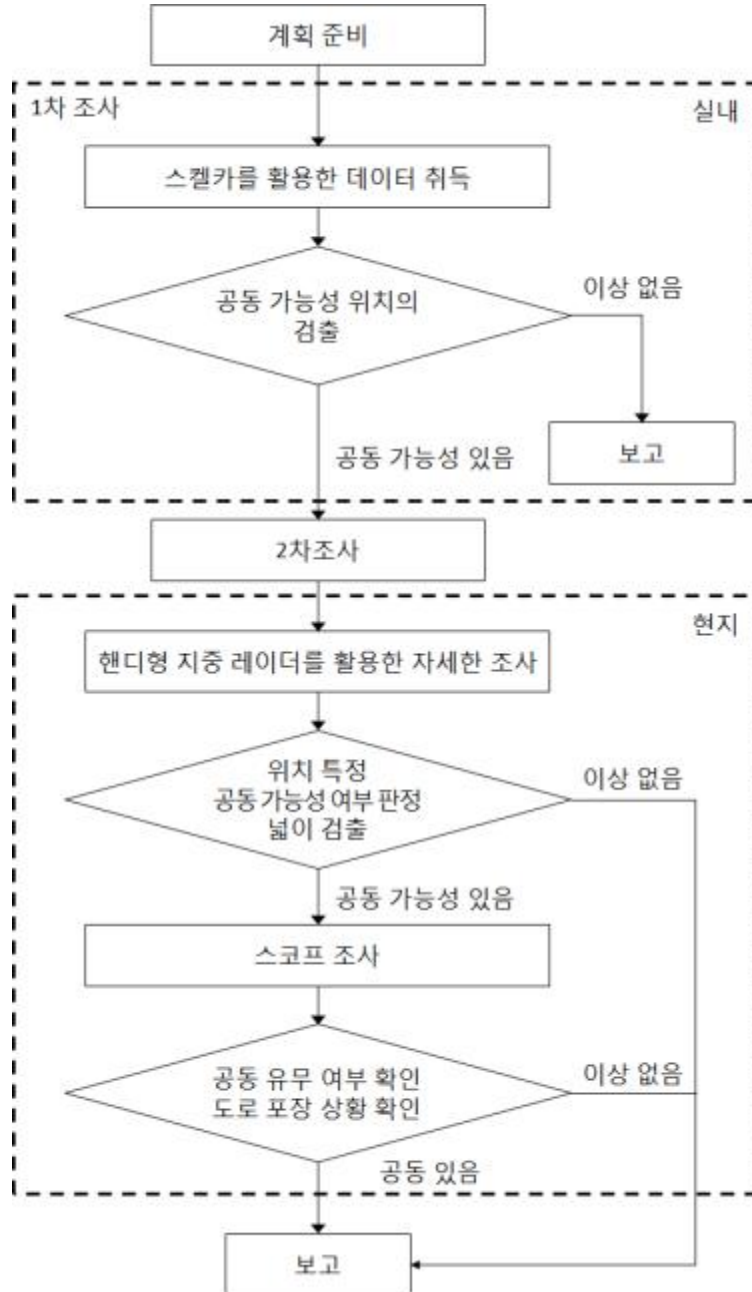
- 도로함몰은 함몰된 지반 자체 및 공동을 조사하는 것과 함몰지역에 매설된 관거의 조사, 토질 및 수위 등 주변환경을 조사하는 것으로 나뉘며 그 내용은 다음과 같음.

[도로함몰현장 조사내용]

조사내용		비고
함몰	크기	-
	깊이	-
	원인	타공사에 따른 파손, 이음부의 시공불량
관거	부설년도	-
	부설방법	개착, 추진
	관종	도관, 흡관, 염화비닐관
	관경	-
	파손현황	관의 찌그러짐의 유무
주변환경	흙덩개 두께	-
	메우기 흙	밀도, 염도, 수분율 등
	상시수위	주변 보링데이터 사용
	포장종류	-

출처 : 路面下空洞の發生狀況に關する考察, 2012

- 공동조사는 1차 조사와 2차 조사로 이루어지며, 1차 조사에서는 공동발생의 가능성이 있는 위치를 검출하고, 공동 가능성이 있는 지역에서 대해 공동의 규모 및 도로 포장 상황 등을 고려하여 2차 조사 실시



[공동조사 흐름도]

調査方法 ~ 一次調査
조사 방법 ~ 1차 조사

スケルカーD 스킨카D

GPS装置 장비
ボジョニングカメラ (前方・左右) 위치시닝 카메라 (진방·좌우)
路面映像用カメラ 도면 영상용 카메라
地中レーダ装置 지중 레이더 장비

高さ(높이) : 2.7m
長さ(길이) : 6.6m
探査深度(탐사 심도) : 1.5m
探査幅(탐사 폭) : 2.5m

スケルカーD 探査性能 스킨카D 탐사 성능	
探査速度 탐사 속도	~60km/h程度 정도
探査深度 탐사 심도	1.5m ※舗装・土質条件により異なる 도로 포장・토질조건에 따라 다름
探査幅 탐사 폭	2.5m
探査能力 탐사 능력	縦(세로)0.5m×横(가로)0.5m×厚さ(두께)0.1m 以上の空洞が検知可能 이상의 동공 검지 가능

ボジョニング映像例 위치시닝 영상예

Copyright(C)2014 GEO Search Co.,Ltd

調査方法 ~ 二次調査
조사 방법 ~ 2차 조사

二次調査機材 2차 조사 기자재

ハンディ型地中レーダ 探査性能 핸드형 지중 레이더 탐사 성능

探査速度 탐사 속도	~5km/h程度 정도
探査深度 탐사 심도	1.5m ※舗装・土質条件により異なる 도로 포장・토질조건에 따라 다름
探査幅 탐사 폭	0.5m
探査能力 탐사 능력	縦(세로)0.5m×横(가로)0.5m×厚さ(두께)0.1m 以上の空洞が検知可能 이상의 동공 검지 가능

高精度センサー
制御部
データ記録装置
先端部

ドローレスコープ 性能 드로레스코프 성능	
直径(口径)40mm (開口口径:50mm) (筒身寸法の径:50mm)	
撮影速度(촬영 속도) : ~5m/分 (분)	
円筒状の孔壁断面(360度)を路面から空洞終端部まで連続的にカラー撮影 柱状写真として1cm単位で記録表示 円筒筒身寸法の径(360度)360°面から筒身の寸法が 연속적으로 筒に 촬영한다. 径筒寸法の 사진으로 1cm 단위로 기록 표시한다.	

穴径(口径) 40mm
開口口径 50mm
筒身寸法の径 50mm

20m
30m
40m
50m
60m
70m
80m

空洞 50cm
空洞 100cm
空洞 150cm

Copyright(C)2014 GEO Search Co.,Ltd

調査方法 ~ 二次調査
조사 방법 ~ 2차 조사

- 規制開始 규제 개시
- ハンディ型地中レーダによる
ポット位置の特定
• 空洞可能性箇所の位置特定
동공 가능성 장소의 위치 특정
• 空洞の可能性の有無の判定
동공 가능성 유무 여부판정
• 広がり検出
넓어짐
- ボーリング掘削(φ50mm) 봉입 작업
- スコープ撮影 スコー프 촬영
- 埋戻し 되메우기
- 周辺状況確認 주변 상황 확인
- 規制撤去 규제 철폐

Copyright(C)2014 GEO Search Co.,Ltd

[공동 조사방법]

2) 지표면 침하정도 조사

- 공동 예방을 위한 측정을 공동발생 원인제고 및 대책 마련, 유지공사 중 응급보수, 함몰사로 발생 히 자연재해 등에서 긴급 보수, 지속적 관측의 4가지 상황에서 공동 원인 대책, 규모, 방법, 사후 대응으로 나누어 예방 대책의 프레임워크 제시

[공동 예방 대책(안)]

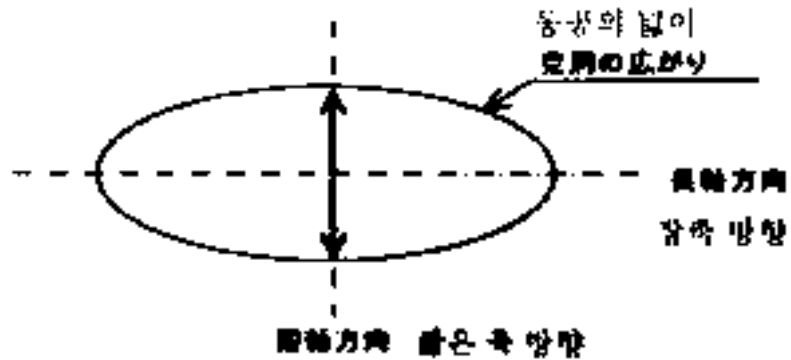
항목	공동발생 원인 재고 및 대책 마련	유지공사 중 응급보수	함몰사고 발생 시 자연재해 등에서 긴급 보수	지속적 관측
사례	방조재를 따라 형성된 대형 지하구조물에 의한 공동 및 토양유실에 의한 공동	대부분 공동 발생은 독립적으로 발생	함몰사고 발생 시 주변	규모가 작은 공동 발생
공동 원인 대책	공동발생 원인인 구조물 철거 및 보수	공동발생 원인을 제거하지 않고 우선으로 공동 메움	공동발생 원인을 제거하지 않고 우선으로 공동 메움	-
시공 규모	대규모 공사 전제	한나절 내 보수 완료	신속성을 최우선으로 하여 1곳 1시간 내외로 보수 완료	-
적용 가능한 방법과 유의점	재발 방지대책	재발 방지대책, 주입공법	주입공법, 지속적 관찰과 본격적인 수리 계획	-
사후 대응	순찰	순찰	중점 부분에 대한 순찰과 공동 조사 계속 수립	중점 부분에 대한 순찰과 공동 조사 계속 수립

출처 : 지오서치

3) 지반함몰 위험도평가

(1) 함몰 위험도 평가방법

- 공동 상단의 포장체에 걸리는 자중 및 운하중 등에 의해 강성이 높은 짧은 축 방향에 부하가 걸리는 것을 고려하여 공동 가능성이 있는 지반함몰 지점의 짧은 축의 길이를 측정

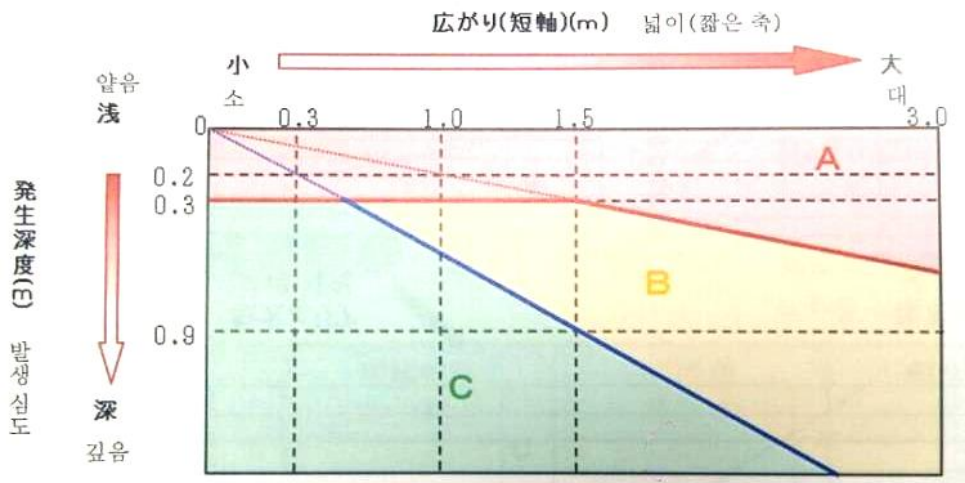


[지반함몰 측정 방법]

출처 : 지오서치

- 지반함몰 측정그래프에서 A-B 경계선은 일본 주요 간선 도로의 평균적인 도로포장 두께(아스콘 두께) 0.3m와 공동의 넓이가 1.5m 인 경우 위험이 높아진다는 보고 등을 참고하여 설정
- B-C 경계선은 A-B 경계선에 대해 3배의 안전율을 전망하고 설정

* 본 평가방법은 지오서치에서 제안하고 있는 것으로 모든 사안에 적용되는 것은 아님.



[지반함몰 평가의 축]

출처 : 지오서치

(2) 함몰 위험도 평가 결과 및 보수 우선순위

- 지반함몰 평가의 축에 따라 등급은 A, B, C로 나뉘게 되며, A는 즉시보수로 함몰의 위험이 높기 때문에 즉시 보수를 제안하는 것을 말하며, B는 조기보수로 몇 개월 이내, 장마철과 여름 전까지의 대응을 제안하는 것을 말하며, C는 보수를 실시할 때까지 일상 관찰이나 정기조사를 제안하는 것을 말함.

[함몰 위험도 평가 결과 및 대응]

평가등급	보수대응	내용
A	즉시보수	함몰의 위험이 높은 것으로 즉시 보수
B	조기보수	몇 개월 이내, 장마철과 여름 전까지 대응
C	경과관찰	보수를 실시할 때까지 일상관찰이나 정기조사

출처 : 지오서치

- 또한 우선순위 선정 시 위험도 평가등급에 영향도 평가를 고려하여 보수의 우선순위 선정에 관한 연구를 추가로 진행하고 있음.
 - 위험도 평가등급 × 영향도 평가 = 위험성 높은 도로
 - 영향도 평가 시 포장면 종류(콘크리트, 아스팔트 등), 도로 기능상 레벨, 통행량, 주변여건 등을 고려할 수 있음.
 - 또한 등급 위험도 평가등급 시 장래 확장속도 등 시간까지 고려할 수 있지만 아직은 연구단계에 있음.

4. DB 구축 및 관리

- 지반함몰 관련 정보시스템 및 DB는 지자체 별도로 관리하고 있으나, 도로관리가 목적으로 지반함몰과는 다소 상이함.
- 정보시스템에는 공동조사결과의 DB를 의무적으로 이와 더불어 보수공사 정보 등이 추가 구축됨. 그러나 지하시설물 및 매설물의 포함여부는 명확하지 않음.



[지반함몰 관리 실무자 인터뷰]

출장방문기관 및 인사

이름	소속	전화번호	이메일
카토 타카키	도쿄대학교 도시계획과 교수		
노리히로 아마리	지오서치 재난저감부서 매니저		
마사츠클 사이카	지오서치 토목 감독기사		
유타카 코이케	지오서치 토목 연구개발부서 매니저		
료코 세라	지오서치 토목 연구개발부서 부장		