

요약

굴착공사 시 되메우기 대책 수립하고 이면도로·보도 관리사각지대 해법 필요

도로함몰 최근 6년간 연간 677건 발생... 2013년 이후 감소추세

지반의 함몰은 싱크홀(sinkhole), 지반침하, 동공(洞空), 포트홀(pothole) 및 도로함몰로 나눌 수 있다. 서울시에서는 자연적인 지반변화에 따라 발생하는 싱크홀보다는 지하시설물 노후화나 굴착공사 시 발생한 지중 동공으로 인하여 그 상부 지반의 지지력이 약화되어 지반이 꺼지는 현상을 도로함몰로 표현하고 있다.

서울시 전역에서 일어난 크고 작은 도로함몰 발생건수는 최근 6년 동안에 연간 677건 발생하였는데 2013년까지는 증가추세를 보였고 그 이후로는 감소추세로 나타났다.

지역별로는 송파구에서 가장 많이 발생하였고, 계절별로는 여름에, 지질별로는 호상편마암 지역에서 가장 많이 발생한 것으로 나타났다.

[표 1] 연도별 월별 도로함몰 발생현황

(단위: 개소)

연도	계	1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월
합계	4,062	102	169	292	363	481	509	567	553	380	297	241	108
2010년	436	6	7	23	34	32	50	56	75	49	43	54	7
2011년	572	7	16	34	37	64	62	60	76	90	90	27	9
2012년	691	8	36	34	54	76	77	111	116	71	46	38	24
2013년	850	43	40	83	69	81	79	123	110	71	45	76	30
2014년	779	23	38	61	72	119	137	116	87	51	35	20	20
2015년	734	15	32	57	97	109	104	101	89	48	38	26	18

규모별로 보면 대부분 소규모(면적 1㎡, 깊이 1m 미만)로 발생하였으며, 보행 및 교통안전을 감안하여 일정규모 이상(가로 2m, 세로 2m)은 특별관리대상으로 관리하고 있는데 2010년 이후에 총 21건이 발생하여 현재는 보수가 완료되었다.

도로함몰 원인은 하수관 손상, 굴착공사 관리소홀, 지하수위 저하

서울시에서 발생한 도로함몰의 주된 원인으로는 하수관 손상, 상수관 손상 및 인접 굴착공사 등 기타로 분류할 수 있으며 하수도 손상이 2,707개소(81.4%)로 대부분을 차지하고 있다.

[표 2] 원인별 도로함몰 발생현황

(단위: 개소, %)

원인별 분류	개소	비율	2010년	2011년	2012년	2013년	2014년
하수관	2,707	81.4	406	412	611	750	528
상수관	61	1.8	6	11	12	10	22
인접 굴착공사 등 기타	560	16.8	24	149	68	90	229
계	3,328	100	436	572	691	850	779

하수관 노후화로 인한 손상은 노후화로 인한 부식, 균열, 관의 어긋남, 접합불량, 관 주변 굴착공사, 되메우기 중의 과도한 하중이 발생원인이었고 주로 소규모로 발생하였다.

지하공사 관리소홀은 지하굴착 전 충분한 사전 조사가 이루어지지 않고 지반보강공사가 부실하여 도로의 함몰이 발생하였다. 또한, 굴착 시 지반이 교란¹⁾되는 경우에는 토사가 유실됨에 따라 도로함몰이 비교적 큰 규모로 발생하게 된다.

지하수위 저하로 인한 도로함몰은 공극이 큰 모래지반 등에 고인 지하수를 펌핑할 경우 수위가 낮아지면서 침하로 인한 도로함몰이 발생한다. 지하수가 빠져나갈 때 대개 토사가 함께 유출되어 도로함몰의 원인이 된다.

서울시, 사전탐지·지하수관리 강화 등 도로함몰 특별관리대책 마련

서울시는 도로함몰에 대한 시민들의 불안을 조기에 해소하고 보다 안전하게通行할 수 있는 도로환경을 조성하고자 도로함몰(싱크홀) 특별관리 대책을 수립(2014.08.28)하여 발표하였다.

1) 지반 교란: 외력에 의하여 지반의 흩이 흐트러진 현상

서울시는 최근 들어 노후 하수관로 손상 외에도 굴착공사 현장에서 도로함몰이 증가하고 있으므로 굴착공사장에 대한 철저한 관리가 필요하여 추가적인 보완대책을 수립하였다.

서울시에서 진행한 도로함몰 안전관리의 주요 정책은 다음과 같다.

[표 3] 서울시 도로함몰 안전관리 정책

주요 정책	내용
노후 하수관로 관리 강화	<ul style="list-style-type: none"> · 노후 하수관로 조사 확대 · 50년 이상 노후 하수관로 우선 정비(국비지원) · 하수도 관리 전산시스템의 정확도 개선사업 진행
지하수 관리 강화	<ul style="list-style-type: none"> · 대형 굴착공사 지하수 영향조사 의무화 · 기존 공사장도 공사단계별 측정데이터 제출 · 유출 지하수량이 많은 시설물 모니터링 강화
굴착공사 관리 강화	<ul style="list-style-type: none"> · 총적층 통과 터널공사구간 동공 유무 전수조사 · 공사현장에 도로함몰 전담감리원 신규 배치 · 건축 허가 시 굴토심의제 전면 시행 · 굴착공사장에 대한 현장 점검 강화 · 되메우기 다짐 불량 조사 위한 다짐도 현장측정 · 폭이 좁고 깊은 구간은 되메우기 공법 도입
사전 탐지활동 강화	<ul style="list-style-type: none"> · 첨단 탐사장비 확충 · 연기를 이용한 탐지기법 도입 · 주민, 택시기사, 공무원의 순찰활동 강화 · 긴급출동반 24시간 운영 · 도로함몰지도 전산시스템 구축
전담조직 및 예산확충 방안	<ul style="list-style-type: none"> · 도로함몰 전담요원 확충 · 인재개발원 교육프로그램 개발
시민불안 해소 및 홍보계획	<ul style="list-style-type: none"> · 도로함몰 관련 동영상 제작하여 공개 · 설명회 개최 및 사전징후 안내 책자 배포 · 페이스북 내에 도로함몰 시민참여 토론폰방 개설

자료: 서울특별시 도로관리과, 2015, 「서울시 도로함몰 관리정책과 대응매뉴얼」

되메우기 시 모래·토사 대신 효과 탁월한 유동성 재료 사용해야

굴착공사는 현행 도로법 시행령상 교통량이 많은 곳은 야간시간대에 집중적으로 이루어지고 당일 작업 완료가 목표이므로 시간부족에 의한 복구공사 품질 저하가 도로함몰의 주원인이 될 수 있다. 따라서 필요시에는 차량 통행의 전면 통제와 충분한 공사시간 확보가 이루어져야 하며 이로 인한 경제성 분석을 위하여 생애주기비용 분석 Real Cost²⁾ 프로그램을 사용하여

통행량이 비교적 많은 종합운동장 백제고분로와 동대문 국민은행 앞 도로에서의 1차로 통제에 따른 비용 분석을 실시하였다. 그리고 굴착공사 시 교통통제 시간에 대한 「도로법 시행령 제54조와 관련된 시행령 별표2의 4. 공사방법과 5. 공사시기에 대한 개정안」을 제시하였다.

[표 4] 도로법 시행령 개선방안

현행	개선안
제54조(도로의 점용 허가 신청 등) ①~④ (생략) ⑤ 법 제61조 제1항에 따른 도로점용허가의 기준은 별표2와 같다. [별표2] 도로점용허가의 기준 4. 공사방법 가. (생략) 나. 도로 한쪽을 통행할 수 있도록 하여 가능한 한 도로교통에 지장을 주지 않도록 하고, 1개 차로 이상 차로의 통행을 막는 경우에는 교통소통대책을 수립할 것. 이 경우 교통소통대책의 수립에 필요한 사항은 고속국도 및 일반국도에 대해서는 국토교통부장관이 정하고, 그 밖의 도로에 대해서는 해당 도로관리청이 속하는 지방자치단체의 조례로 정한다. 다. (생략) 5. 공사의 시기 가. (생략) 나. 가능한 한 야간시간대 등 교통량이 가장 적은 시간대에 공사를 할 것	제54조(도로의 점용 허가 신청 등) ①~④ (생략) ⑤ 법 제61조 제1항에 따른 도로점용허가의 기준은 별표2와 같다. [별표2] 도로점용허가의 기준 4. 공사방법 가. (생략) 나. 도로를 완전 1개 차로 이상 차로의 통행을 막는 경우에는 교통소통대책을 수립할 것. 이 경우 교통소통대책의 수립에 필요한 사항은 고속국도 및 일반국도에 대해서는 국토교통부장관이 정하고 그 밖의 도로에 대해서는 해당 도로관리청이 속하는 지방자치단체의 조례로 정한다. 다. (생략) 5. 공사의 시기 가. (생략) 나. 가능한 한 교통량이 가장 적은 시간대에 공사를 할 것 다. 복구공사의 품질관리가 중요하다고 판단되는 공사에 대해서는 품질관리를 위한 최소한의 공사기간을 수립하여 공사를 할 것 라. 당일 야간 시간대 이후 연속하여 공사를 하여야 하는 공사장에 대해서는 공사착공 1개월 전부터 공사로 인하여 영향을 받는 지역에 공사안내 및 홍보를 할 것

도로하부 지하매설물의 설치과정을 살펴보면, 기존의 도로 또는 지반을 굴착한 후 굴착면을 정리하고, 지하시설물 설치가 끝나면 굴착된 나머지 부분에 모래 또는 토사를 이용하여 뒤채움을 실시한다. 원형 지하 매설관의 경우나 지중 매설관이 중첩되어 있는 경우 관 접속부위, 관하부의 틈새를 다짐하는 것이 매우 어렵고, 또한 다짐효율이 떨어져서 지하매설물의 안정성을

2) 미연방도로국(FHWA)은 1996년부터 총 40개 주의 교통국이 Real Cost 프로그램을 사용하고 있다.

저감시키고, 이로 인해 각종 파손이 발생하고 도로함몰이 발생하게 된다.

다짐 불량 및 되메우기 불량으로 인한 도로함몰을 예방하기 위하여 되메우기 시 사용하는 모래 및 토사 대신에 다짐 효과 및 되메움 효과가 탁월한 유동 상태의 가소성이 있는 되메우기 재료를 활용하는 방안을 제시하였다.

