

-기술정보-

하수관거시설의 침수대응 운영·관리 실태 연구 (I)

-Technical report-

Survey on sewerage operation/management planning for flooding (I)

류제나¹ · 황성환² · 오재일^{1*} · 현인환³ · 김영란² · 김찬수⁴

Jaena Ryu¹ · Sung-Hwan Hwang² · Jeill Oh^{1*} · In Hwan Hyun³ · Young-Ran Kim² · Chan-Soo Kim⁴

1 중앙대학교 건설환경공학과, 2 서울시정개발연구원, 3 단국대학교 토목환경공학과, 4 환경관리공단

Abstract

A nationwide questionnaire survey was conducted to investigate the actual conditions of local authorities in operating and maintaining sewerage systems especially for urban flooding. The questionnaire includes the incidences of flooding since 1980, the existence of any guidance for preventing flood damage and the design frequency currently used for sewers in each local authority. Among 160 local authorities responded to the survey, 95(59.3%) has experienced flooding more than once since 1980 while only 36(37.9%) of the 95 has prepared operation/maintenance guidelines for flooding. Most of the respondents have applied the 10 year design frequency for sewer design and 57(35.6%) of them agreed to adjust the 10 year design frequency regulation.

Key words : urban flooding, sewerage operation/maintenance, return period

주제어 : 내수침수, 하수관거 운영·관리, 설계빈도

1. 서론

최근의 이상기후와 기상이변은 지구온난화로 인한 기후변화와 산업화와 도시화로 인한 토지이용의 변화 등이 그 원인으로 보고되고 있다. 기후변화에 의한 강우량의 증가는 이미 가시화 되고 있으며, 이를 통한 도시 홍수 피해의 증가 또한 명백하다 (서울시, 2002). 도시부로의 자산집중 또는 지하공간의 이용이 진전되는 등 도시기능이 고도화됨으로써 강우시 유출량 증가로 인한 침수에 대한 잠재적인 피해가 증대되고 있고 있을 뿐만 아니라 도시기능을 마비시키는 침수피해도 다수 발생하고 있다.

우리나라는 특히 도시화가 진행되면서 지하로 침투하는

빗물의 양이 감소되는 동시에 토지의 물을 보유하고 방출하는 기능이 떨어지게 되어 평상시와 갈수기에는 유량이 극단적으로 적은 반면에 우천시 하천유역에 내린 우수가 단기간에 집중적으로 유출되어 침수피해가 발생하고 있다. 도시에 서 내린 비를 신속하게 배제하여 침수를 막는 것은 시민의 생명과 재산을 보호하고 도시 및 지방자치단체의 기능을 안정적으로 유지하기 위한 하수도의 중요한 역할 중 하나이지만, 하수도의 대응 능력적 측면에 있어 현재의 하수관거 설계기준인 확률년수 10년을 초과하는 강우의 발생이 증가하고 있어 하수도 용량부족으로 인한 침수피해가 더욱 심각해질 것으로 예상되고 있다(환경부, 2005; 2009). 침수로부터 인명이나 재산을 지키고 경제사회 활동을 유지하기 위하

* Corresponding author Tel:+82-2-820-5339, Fax:+82-2-812-1834, E-mail: ohjeill@cau.ac.kr(Oh, J.)

여는 하수도 시설의 적절한 운영·관리를 포함하는 도시의 종합적인 침수대책이 필요하다.

지방자치단체에서 침수대책을 세울 경우 일반적으로 하수도시설기준에서 제시되어 있는 10년 설계빈도, 즉 연평균 10% 발생 확률의 강우에 대한 안전도를 확보할 수 있는 관거의 설계 및 정비, 운영·관리가 진행되어 왔다. 하지만 최근에는 10년 확률강우 설계빈도를 상회하는 집중강우가 자주 발생함에 따라 이러한 강우양상에 대응할 수 있는 지역의 침수안전도를 확보하기 위한 강화된 대책이 필요하며, 이에 적절한 대책을 수립하기 위하여는 현재 각 지방자치단체의 침수이력의 조사 및 대응방안에 대한 실태파악이 선행되어야 할 것이다. 실제 지방자치단체의 집중강우시 대응가능한 방재시설을 갖추고 있는지, 또한 내수침수에 대비해 하수관거시설의 적절한 대응의 필요성을 인식하고 있는지에 대해 조사하는 것은 필수적인 작업이라 하겠다.

본 논고에서는 집중호우 및 침수피해 현황과 집중강우의 대응에 필요한 하수관거 관리의 실태를 파악하기 위하여 전국의 특별시, 시 군을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 1980년 이후 각 지방자치단체의 침수피해 발생율을 알아보기 위해 침수피해현황을 조사하였으며, 침수피해에 대응한 계획이나 매뉴얼 등의 수립여부를 조사하기위해 침수피해방지를 위한 지방자치단체의 운영관리 현황을 파악하였다. 마지막으로, 현 하수관거 설계기준인 5~10년의 확률년수에 대한 적정성의 검토를 위해 각 지방자치단체에서 적용하고 있는 하수관거 설계빈도를 조사하고, 상향조정고려의 여지에 대한 지방자치단체의 의견을 조사하였다.

2. 연구방법

2.1 조사대상지역

2006년 12월말 기준으로 조사된 국토해양부의 건설교통 통계연보의 행정구역현황에는 전국 232개의 지방자치단체가 수록되어있다(국토해양부, 2007). 232개 지방자치단체 중 서울특별시 25개 자치구와 충청북도 충주시, 청원군, 전라남도 영광군, 경상북도 안동군, 영주군, 군위군, 영항군, 청도군, 봉화군, 울릉군 총 10개 군을 제외한 198개 지방자치단체를 기준으로 설문조사를 실시하였다. 부산광역시 1개 군(기장군), 15개 자치구를 대표하여 설문조사에 응답하였지만, 다른 지방자치단체와의 형평성을 고려하여 1개 지방자치단체로 간주하였다. 자료조사대상 198개 지방자치단체 중 총 160개 광역시 및 광역시 자치구, 시, 군에서 자료를 제출하여 주었다.

2.2 설문내용

설문지는 ①침수피해현황, ②침수피해 방지를 위한 지방자치단체 운영관리 현황, ③하수관거 설계빈도 및 상향조정여부의 세 부분으로 나누어 조사하였다.

침수피해현황은 하수처리구역내 침수피해발생 현황을 파악하기 위하여, 1980년 이래 현재까지의 침수이력에 대하여 침수피해의 발생일시, 침수피해지역의 행정구역정보, 강우량(mm), 강우강도(mm/hr) 및 강우지속시간(분 또는 시간)을 포함한 강우현황, 침수면적(km²)과 침수피해액(백만원)의 조사를 통한 피해현황의 항목을 조사하였으며, 침수피해의 세부 원인을 파악하기 위하여 Table 1과 같이 수해

Table 1. 수해원인 조사내용(설문조사)

구 분	수해원인	세부원인
하수관거 분야	①빗물받이 문제	-(예)빗물받이 부족으로 인근 고지대노면수가 저지대로 일시유입
	②관거용량문제	-(예)하수관거 설계빈도를 초과하는 집중호우 발생 -(예)상류지역의 도시개발로 인한 유출량의 증가
	③배수관련문제	-(예)주변 하수관거 합류지점으로 집중호우시 배수관련
	④하수관망문제	-(예)하수관망의 관련(접속 각도 관련)으로 인한 유하능력 감소 -(예)지장물로 인한 유수 소통 장애 -(예)방류하천의 수위 상승으로 인한 하천수 역류
	⑤기타	-(예)토사유입으로 인한 관로 폐색
빗물펌프장 분야	빗물펌프장문제	-(예)펌프용량 부족
하천분야	하천통수단면 부족	-
기타		-

원인을 구분하여 관련된 사항을 기입하도록 하였다.

집중호우 및 홍수시 침수피해 방지를 위한 지방자치단체 운영관리 현황자료를 조사하기 위하여 관련 조례 및 지침, 매뉴얼, 가이드 등의 제정 또는 소유 여부를 질문하였으며, 하수처리구역내 침수피해 방지를 위해 시설된 시설이 있는지 또는 계획되어있는 시설이 있는지에 대하여 자세히 조사하였다. 운영관리시설의 조사에 사용된 항목은 우수지 및 빗물펌프장, 지하저류시설, 우수관 증설, 침투시설 및 기타 시설에 대해 세부 항목을 조사하였다.

하수관거 설계빈도와 관련해서는 각 지방자치단체별로 적용하고 있는 기존의 하수관거 설계빈도에 대해 조사하였으며, 강우강도의 산정이 지방자치단체별로 상이하므로 강우강도의 계산에 사용된 공식의 조사를 설문에 포함하였다. 설계빈도와 관련된 두 번째 항목에서는 침수방지를 위한 하수관거의 설계빈도 상향에 대한 의견을 조사하였다. 설계빈도를 상향할시 적정하다고 판단되어지는 설계빈도에 대해 제안하도록 하였으며, 설계빈도 상향을 고려할 필요가 없다는 의견, 또는 상향을 고려하며 설계빈도를 제안한 의견 모두에 대하여 그 사유를 물었다.

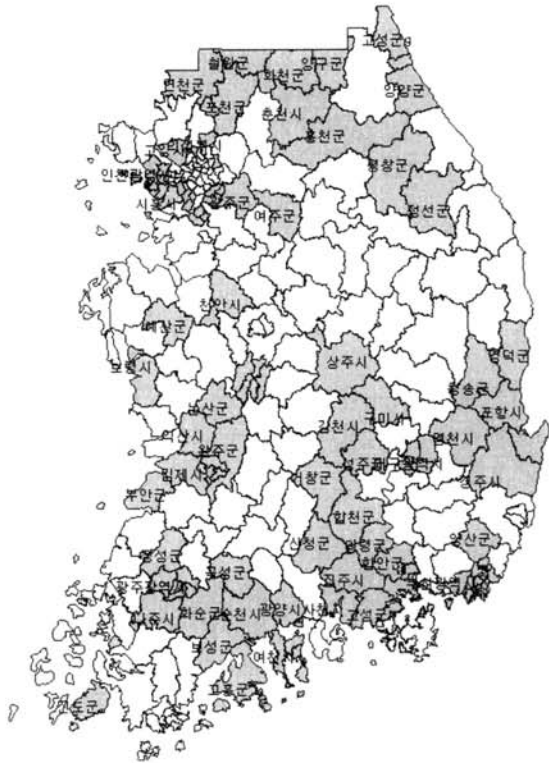


Fig. 1. 설문응답 지방자치단체의 침수이력 여부(1980년 - 현재 까지)

3. 설문결과 및 고찰

3.1 집중강우 대응실태

설문에 응답한 160개의 지방자치단체 중에서 1980년 이후 1회이상 침수피해가 발생했던 지방자치단체의 위치를 Fig. 1에 표시하였다. 160개의 지방자치단체 중에서 40.6%인 65개 지방자치단체에서 1980년부터 현재까지 침수피해가 없었다고 응답하였으며, 59.3%인 95개 지방자치단체에서 침수피해가 최소 1회 이상 발생하였다고 응답하였다.

전체 조사된 침수피해의 이력은 총 160개 지방자치단체에서 총 260회로 나타났으며, 수해원인의 조사내용은 하수관거분야, 빗물펌프장분야, 하천분야 및 기타의 항목으로 분류하여 조사하였다. 260회의 침수는 하수관거의 용량부족이나, 배수불량 등의 관망 자체의 문제로 인해 발생한 홍수와 하천 통수능의 부족으로 인한 외수침수가 복합적으로 일어난 경우도 있었으며, 집중호우 또는 태풍 등의 극한호우로 인한 관거의 용량부족과 빗물펌프장의 용량부족이 동시에 발생하는 경우도 있었으므로, 각각의 항목을 세분하여 횡수를 검토하는 것은 적절하지 않다. 하지만, 설문조사의 내용처럼 하수관거분야의 항목을 ①빗물받이 문제, ②관거용량 문제, ③배수관련문제, ④하수관망문제 및 ⑤기타로 나누어

서 분류하였을 때, 각각에 해당하는 침수 원인은 각각 15, 101, 81, 13, 14회로 나타났다(중복원인포함집계). 기타의 항목에 해당하는 이유로는 토사유출, 하수종말처리장의 침수, 마을하수도의 침수, 차집관로의 유실 등이 조사되었다.

관거의 통수용량 부족이 침수의 원인 중 한가지로 집계된 횡수는 총 260회중 101회로 약 40%에 해당하였으며, 위의 항에 포함되어있지는 않지만 원인으로 하수관거의 설계빈도를 초과하였음이 조사된 횡수가 49회였던 것을 고려하여 보았을 때, 현재 시공되어있는 하수관거의 설계빈도를 초과함이 침수피해의 이유가 되었던 횡수가 약 19%에 해당하는 것으로 나타났다. 빗물펌프장문제가 원인으로 조사된 횡수는 8번이었으며, 하천의 범람이 내수침수에 영향을 미친 횡수는 51회로 나타났다. 그 외 침수의 원인 중에는, 2002년 태풍 루사, 2003년 태풍 매미와 에위니아로 인한 하천통수 단면 부족이 조사되었다.

3.2 침수피해 방지를 위한 운영관리 현황

3.2.1 운영계획 수립비율

설문응답 160개 자치구 중에서 46개 지방자치단체에서 자연재난관련 매뉴얼이나 사전대비 추진계획 있으며, 특히 설해, 태풍, 호우 등의 자연재난에 대한 매뉴얼 및 행동요령에 대한 지침을 가지고 있는 것으로 나타났다. 침수피해가 있었던 것으로 제시된 95개 자치구 중에서는 36개 지방자치단체에서 자연재난 관련 매뉴얼이나 사전대비 추진계획을 수립한 것으로 나타났다. 설문응답 지방자치단체 중에서 운영계획을 수립한 지방자치단체와 침수피해가 발생한 자치구 중에서의 운영계획 수립한 지방자치단체의 비율은 Fig. 2와 같다.

3.2.2 운영·관리 대응책

설문조사결과 침수피해 방지를 위한 운영 및 관리 대응대책을 마련한 것으로 제시한 46개 중 23개 지방자치단체의 집중강우에 대한 대응책은, 크게 ①지방자치단체의 대응지침, ②조례, ③빗물펌프장 및 하수처리장 대응지침의 3가지로 구분된다. 대응지침 및 조례는 총 26개로 “지방행정자치단체 대응지침” 18개, “빗물펌프장 및 하수처리장 대응지침” 3개이다.

대응책을 제시한 26개 행정자치단체 중 경기도 의정부시, 하남시와 충청북도 진천군 등과 같이 조례 관련 자료만을 제시한 경우를 제외한 총 20개 행정자치단체의 대응시설에 대하여 정리하였다. 지방행정자치단체별 대응지침은 대부분 ①재난관리조직 및 근무체계, ②태풍 및 호우시의 단계별 행동요령 및 ③표준행동요령(풍수해업무)에 대해 열거하고 있다. ①재난관리조직 및 근무체계의 항에서는 각 지방자치단체의 재난안전대책본부의 조직도를 나타내고 있으며, ②

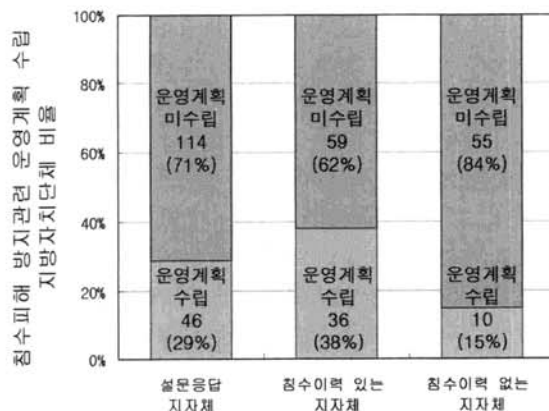


Fig. 2. 침수피해 방지를 위한 운영계획 수립 지방자치단체 비율

태풍 및 호우시의 단계별 행동요령에서는 자연재해시 대비 단계, 대응단계, 복구단계에 대하여 필요한 관리사항, 정비사항 및 대책들을 나타내고 있다. ③표준행동요령(풍수해업무)에는 재난취약시설의 점검 및 지정관리, 생활필수시설 긴급복구 대책의 업무에 대해 지시하고 있다.

지방행정자치단체 집중호우 대응시설의 구분은 크게 하천시설, 상·하수도시설, 수리시설과 같이 3개의 방재시설물과 최근 대두되고 있는 재난예경보시스템과 우수유출저감시설과 같은 2개의 대응시설로서 총 5개로 분류되며, 20개 지방행정자치단체의 집중호우 대응시설을 분류하면 Fig. 3과 같다. 20개 지방행정자치단체의 호우 대응지침 중에서 집중호우 대응시설 중 상하수도시설에 대한 내용이 가장 많이 언급된 것으로 나타났으며, 최근 대두되고 있는 재난예경보시스템(충청남도 논산시)과 우수유출저감시설(경기도 화성시)은 각각 1개소로 전체 20개 지방행정자치단체 중 1개소인 5%만이 호우 대응지침에서 대응시설로 제시하고 있는 실정이다.

3.3 하수관거 설계빈도

3.3.1 지방자치단체의 설계강우강도

경기도 이천시, 용인시 등과 같이 강우강도식을 제시하지 못한 24개 지방자치단체를 제외한 136개 지방자치단체 간선과거와 지선관거의 설계강우강도를 제시하였다. 현재 대부분의 지방자치단체에서는 지선관거는 재현기간 5년, 간선관거는 재현기간 10년을 설계빈도로 채택하고 있는 실정이다.

광주광역시 서구, 대구광역시 4개 행정구역구, 전라북도 완주군과 경상남도 산청군을 제외한 129개 지방자치단체에서 지선관거의 설계빈도를 5년, 간선관거의 설계빈도를 10년으로 채택하였으며, 광주광역시 서구와 전라남도 산청군은 지선관거의 설계빈도를 10년, 간선관거의 설계빈도를

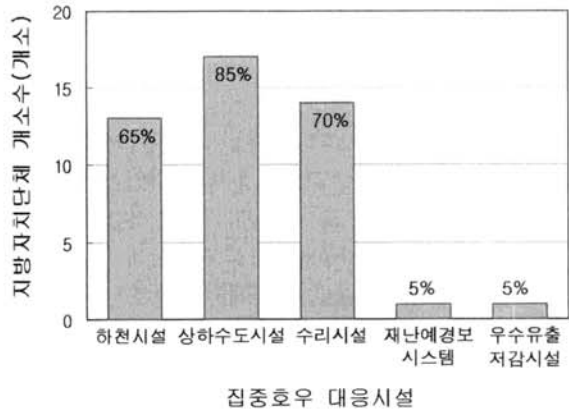


Fig. 3. 지방자치단체 집중호우 대응시설

30년으로 채택하였다. 대구광역시는 하수관거를 도로측구, 보조간선, 주간선, 주간선 및 복개하천의 4단계로 나누어 5년, 10년, 20년, 30년의 설계빈도를 적용하고 있다. 마지막으로 전라북도 완주군의 경우에는 지선 및 간선관거의 설계빈도를 재현기간 5년으로 적용하고 있다.

설문조사내용 분석을 통한 136개 지방자치단체 간선관거의 강우지속시간 1시간에 대한 평균설계강우강도는 65.4mm/hr이며, 경상북도 청송군과 칠곡군의 설계빈도는 10년이고 강우지속시간 1시간에 대한 설계강우강도가 44.5mm/hr로 가장 작으며, 충청남도 보령시의 설계빈도는 10년이고 설계강우강도는 156.8mm/hr로 가장 크다. 지방자치단체별 간선관거의 설계강우강도 분포 현황은 Fig. 4와 같다. 동서저고의 확률강우분포와 유사한 분포를 나타내어 경기도, 충청남도, 경상북도 지역의 설계강우량 값이 강원도, 경상북도 지역보다는 높으며, 대체로 광역시 하수관거의 설계강우강도는 주변 지방자치단체보다 높거나 유사하다.

설문조사내용 분석을 통한 136개 지방자치단체 지선관거의 강우지속시간 1시간에 대한 평균설계강우강도는 56.0mm/hr이며, 경상북도 포항시의 설계빈도는 5년이고 강우지속

시간 1시간에 대한 설계강우강도가 38.5mm/hr로 가장 작으며, 충청남도 보령시의 설계빈도는 5년이고 설계강우강도는 135.5mm/hr로 가장 크다. 지방자치단체별 지선관거의 설계빈도 분포는 Fig. 5와 같다. 동서저고의 확률강우분포와 유사한 분포를 나타내어 경기도, 충청남도, 경상북도 지역의 설계강우량 값이 강원도, 경상북도 지역보다는 높으며, 대체로 광역시 하수관거의 설계강우강도는 주변 지방자치단체보다 높거나 유사하다.

3.3.2 지방자치단체의 설계빈도 상향의견

설문조사에 대하여 160개 지방자치단체 중에서 92개 지방자치단체에서 의견을 제시하였고, 의견을 제시한 92개 지방자치단체 중에서 57개 지방자치단체에서 하수관거 설계빈도를 상향하는 것이 타당하다는 의견을 제시하였다.

하수관거 설계빈도 상향조정 사유로는 “기후변화에 따른 국지성 호우에 대처”란 의견이 71%로 대부분을 차지하였고, 반대하는 이유로는 “과다설계”란 의견이 37%를 차지하고 “설계빈도 상향과 침수저감의 관련성이 적다”는 의견이 20%를 차지하였다. 설계빈도 상향조정에 대하여 긍정적이거나 부정적인 이유에 대하여 나타낸 그

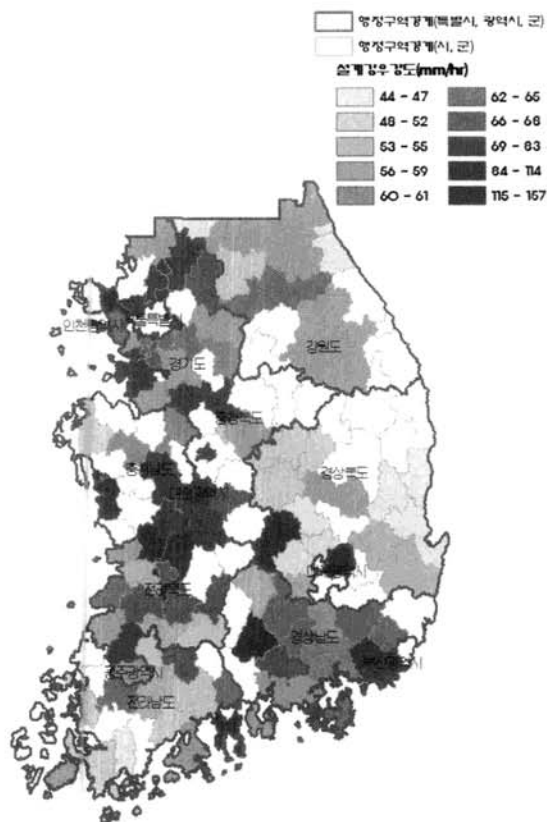


Fig. 4. 지방자치단체 간선관거 설계강우강도 분포현황

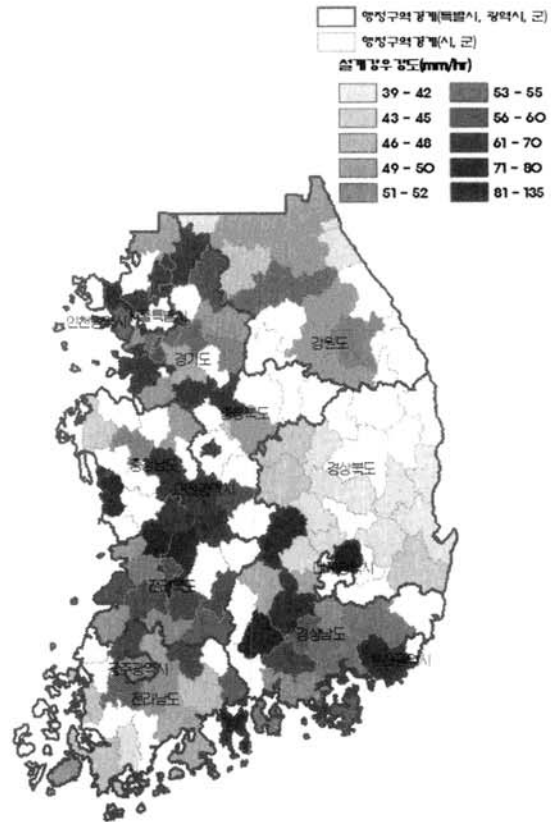


Fig. 5. 지방자치단체 지선관거 설계강우강도 분포현황

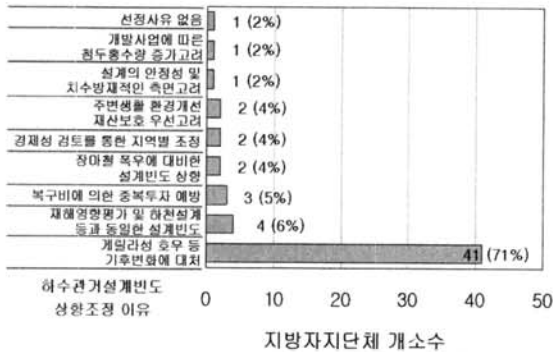


Fig. 6. 하수관거설계빈도 상향조정 긍정답변에 대한 지방자치단체 사유

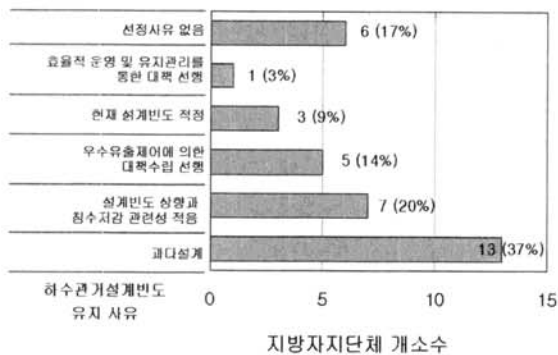


Fig. 7. 하수관거설계빈도 상향조정 부정답변에 대한 지방자치단체 사유

래프는 Fig. 6 및 Fig. 7과 같다.

4. 결 론

집중강우에 대한 하수관거 대응방향을 파악하기 위하여 실시한 본 연구의 설문조사에서 광역시 자치구, 시, 군의 160개 지방자치단체가 응답한 결과는 다음과 같다.

1980년 이래 160개 지방자치단체 중에서 59.3%인 95개 지방자치단체에서 침수피해 이력 있으며, 설문조사에서 나타난 260회의 침수이력 중 약 40%인 101회의 홍수의 원인에 하수관거의 용량부족이 포함되는 것으로 나타났다.

침수이력이 있는 지방자치단체에서의 운영계획 수립비용은 38%로서 침수피해가 없었던 지방자치단체에서의 운영계획 수립비용인 15%에 비하여 높게 나타났지만, 여전히 절반에도 미치지 못하고 있다.

현재 95%(136개 대상 중 129개)에 해당하는 지방자치단체에서 지선관거 5년, 간선관거 10년 설계빈도로 하수관거를 설치하고 있는 실정이며, 대체적으로 광역시 하수관거의 설계강우강도가 주변 지방자치단체보다 높거나 유사한

경향을 보였다.

160개 지방자치단체 중에서 하수관거 설계빈도의 상향어부에 대해 의견을 제시한 92개 지방자치단체 중 57개의 지방자치단체에서 하수관거 설계빈도를 상향하는 것이 타당하다는 의견을 제시하였다. 대부분의 지방자치단체에서 하수관거 설계빈도를 상향하려는 주요사유는 “기후변화에 따른 국지성호우의 증가에 대처” 하기 위한 것으로 나타났다. 하수관거 설계빈도 상향에 부정적인 지방자치단체 대부분은 하수관거 설계빈도 상향이 “과다설계” 또는 “설계빈도 상향과 침수저감의 관련성이 적다” 고 생각하였다.

침수피해 방지관련 운영계획의 수립은 비용 대 효과 측면에서 효과적인 방안으로 침수피해가 빈번한 지방자치단체에서의 지역여건에 맞는 침수피해 방지 관련 운영계획 마련이 시급한 실정이다. 대응시설을 마련한 지방자치단체의 시설의 종류를 나타내보았을 때, 상하수도시설이 가장 큰 비율을 차지한 것으로 나타났지만, 전체 지방자치단체 중 침수이력이 있는 지방자치단체에서의 대응시설의 마련 비율을 고려하여보면 전반적인 운영계획 수립을 위한 홍보가 필요하다고 판단되어진다.

우수배제를 위한 하수관거의 설계에서 설계빈도의 채택은 경제적인 면과 방제적인 면이 서로 상반되는 관계로 설계빈도를 높게 책정하면 침수에 대한 안전성은 보다 커지나 초기 시설투자비가 많이 소요되고, 반대로 너무 낮게 책정하면 초기 시설투자비는 적게 소요되나 빈번한 침수피해를 받게 되기 때문에 적정수준의 설계빈도의 채택은 매우 중요한 요소로 고려되어야 한다. 설문조사의 결과를 고려해 보았을 때, 과다설계가 되지 않는 범위에서 기후변화에 따른 강우패턴의 변화에 대응하기 위한 하수관거 설계빈도 상향이 필요하고 판단되어진다.

참고문헌

1. 국토해양부 (2007) *건설교통통계연보 2007*.
<http://www.moct.go.kr/DataCenter/StatisticData/07sta/statlist.htm?MID=MM066>.
2. 서울시 (2002) *'01 수해백서*. 한국수자원학회, pp. 1-3.
3. 환경부 (2005) *하수도시설기준*. pp. 27-42.
4. 환경부 (2009) *하수관거의 집중강우 대응지침 및 관리방안 마련 연구(안)*. pp.2-56-2-94.