확률홍수량에 따른 도시하천 제방의 여유고 분석

Analysis of Freeboard of Levee at Urban River Basin According to Probable Flood

이정훈*, 김창성, 김문모***, 여운광****

Jung Hoon Lee, Chang Sung Kim, Mun Mo Kim, Woon Kwang Yeo

요 지

최근 빈번히 발생하는 국지성 집중호우 등의 기상이변과 도시화로 인한 불투수 면적의 증가는 급격한 유출량의 변화를 가져와 홍수로 인한 피해를 가중시킬 수 있다. 따라서 홍수방어시설인 제방의 경우 발생가능성은 낮지만 확률홍수량에 따른 제방 여유고의 평가도 필요하다. 본 연구에서는 대표적 도시하천인 탄천을 대상으로 하천정비기본계획(2000)에 수립된 계획홍수량과 최근 7년간 실측한 관측 결과로 계산한 확률홍수량을 조건으로 각각의 경우에 따른 한강 합류부(하류단)부터 상류 9 Km까지의 제방 여유고를 국내와 국외의 설계기준으로 비교, 검토하였다. 검토조건으로는 계획홍수량에 대해서는 3가지 경우의 하류단 수위를 경계조건으로 설정하였고 확률홍수량(80년, 100년, 200년 빈도)에 대해서는 각각의 경우에 발생 가능한 하류단 수위를 경계조건으로 설정하였다. 검토결과 탄천의 경우 계획홍수량에 대해서는 대체로 안전측으로 나타났지만 계획빈도 이상의 확률홍수량에 대해서는 국내, 일본의 설계기준에 제시된 여유고보다 상류 일부구간에서 여유고가 부족한 경향을 보이는 것으로 나타났다. 제방 여유고를 미국(도시하천의 경우 최소 0.91 m)의 경우와 비교하여도 안전측에 속한다고 평가할 수 있다. 하지만 본 검토의 대상인 제방이외의 일부 수공구조물(교량 등)에서 여유고가 일부 부족한 것도 확인할 수 있었다. 이에 새로이 하천정비를 실시할 탄천(2006년 예정)의 경우 이러한 부분에 대한 검토 및 보완이 필요할 것으로 사료된다.·

핵심용어 : 제방 여유고, 확률홍수량, 계획홍수량

1. 서 론

하천에 위치한 대표적인 수공구조물로는 제방, 교량, 수제, 보 등 다양한 구조물들이 하천에 설치되어있다. 특히 제방은 치수목적으로 제내지로의 홍수범람을 방어해주는 중요한 홍수방어시설로서 실제로 붕괴될 경우 재산상 엄청난 피해와 인명피해를 야기할 수 있는 주요시설물이다. 그러므로 제방여유고에 대한 안정성 검토는 홍수피해에 대한 위험성 평가를 위해서 필수적이다. 최근의 이상기후 및 국지성 집중호우등 기상이변이 빈번하게 발생하고 있으며 도시화로 인한 불투수 면적의 증가는 급격한 유출량의 증가로 인해 홍수피해를 가중시키고 있으므로 홍수방어시설인 제방의 여유고 검토가 요구된다. 본 연구에서는 이러한 위험평가방법을 대표적인 도시하천인 탄천을 대상으로 하천정비기본계획(2000) 수립시 산정된 계획홍수량과 실측된 강우 및 수위에 관한 자료를 바탕으로 도출된 확률홍수량을 실제 하천에 유하시킬 경우 제방 여유고를 확인해 보고자 한다.

* 정회원·명지대학교 토목·환경공학과 석사과정·E-mail : ljh0817@mju.ac.kr

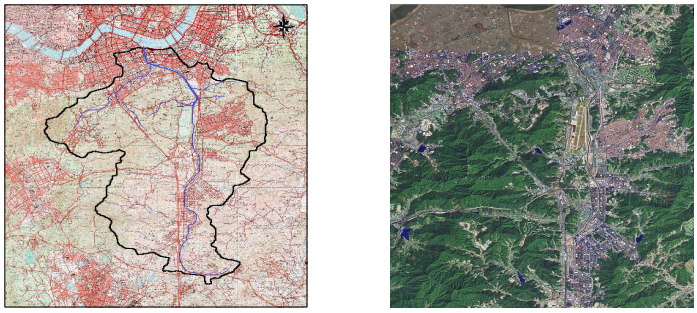
** 정회원·명지대학교 토목·환경공학과 박사과정·E-mail : csckim@mju.ac.kr

*** 정회원·신구대학 공간디자인학부 건설정보과 교수·E-mail : munmo310@shingu.ac.kr

**** 정회원·명지대학교 토목·환경공학과 교수·E-mail : yeo@mju.ac.kr

2. 대상 유역의 특성

본 연구에서 대상 유역으로 선정한 하천은 대표적인 도시하천인 탄천이다. 탄천은 성남시에서 유수가 유입되어 한강으로 흐르는 한강의 제 1 지류로서 양재천, 장지천 및 세곡천 등이 분기되어 있으며 북쪽으로 흐르는 유로를 따라 장방형의 유역형상을 이루는 하천이다. 본 하천의 하구부를 기준한 총 유역면적은 300.95 km^2, 유로연장은 35.62 km이며 경기도 관내의 탄천유역 면적은 204.90 km^2이다. 유역의 형상은 비교적 장방향을 이
룬채 남북으로 길게 형성되어 있고 유역의 평균폭은 동서로 약 10 km, 남북으로 15 ~ 17 km정도를 이루고 있다. 탄천의 하성경사는 동막천 합류점 하류부구간은 대략 1/730 ~ 1/350정도이고 상류부구간은 대략 1/300
~ 1/90정도로서 상류부는 급한 경사를 이루고 있다. 또한 유역내에는 잘 발달된 도로망 및 수도권 인접지역으로서 성남시는 매우 인구밀도가 높은 지역으로서 중 · 소규모의 많은 산업체가 난립하고 있으며 분당 신도시를 중심으로 주변의 수지, 구성, 죽전지구 등 상류지역에 대규모 택지개발이 현재 진행되고 있어 수문학적으로 상당한 변화가 이루어지고 있는 지역이다.



<그림 1> 탄천의 유역도 및 인공위성 사진

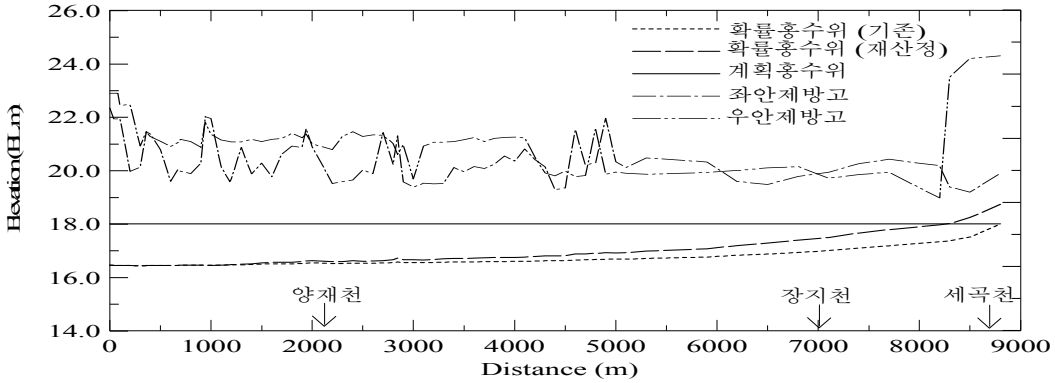
3. 계획 홍수량 및 확률 홍수량 산정

수문분석에서 산정된 100년 빈도 확률홍수량에 대하여 행정구역상 서울특별시에 포함되는 탄천 구간의 홍수위를 HEC-RAS 모형을 이용하여 계산하여 수립된 계획홍수위의 적정성을 검토하였다. 여기서 확률홍수량이란 홍수량자료의 빈도해석 결과 값이 아니라, 확률강우량에 대한 강우-유출모형에 의해 산정된 홍수량을 의미한다. 경계조건으로서 하류단 경계수위는 100년 빈도의 기점수위인 EL.16.47 m(한강 수계 하천정비 기본계획(변경), 2002, 건교부)를 부여하였고, 상류단 유량은 금번 과업에서 재산정한 장지천 합류전 지점의 100년 빈도의 확률홍수량을 비유량법으로 보간하여 사용하였다. 각 구간에 대한 상하류단의 경계조건을 정리하면 다음<표 1>과 같다.

<표 1> 각 구간의 상하류단 경계조건

지 점	하류단 수위 (El.m)	상류단 유량 (cms)		비 고
		계획홍수량 (cms)	재산정된 100년 빈도 확률홍수량 (cms)	
하 구	16.47	2,555	3,810	비유량법에 의한 보간
양재천 합류전	-	1,920	2,900	비유량법에 의한 보간
장지천 합류전	-	1,810	2,650	유출해석 결과
세곡천 합류전	-	1,660	2,405	비유량법에 의한 보간

<표 1>에 제시된 경계조건에 대하여 서울시에 포함되는 탄천 본류의 100년 빈도 홍수위를 산정한 결과를 기존의 탄천 하천정비 기본계획(서울특별시, 2000)에 제시된 계획홍수위 및 확률홍수위와 함께 <그림 2>에 나타내었다. 금번 재산정된 확률홍수위는 확률홍수량의 증가로 인해 기존의 확률홍수위에 비해 최대 약 0.8 m 정도 크게 산정되었으나, 상류부 경계 부근 일부구간을 제외하고는 대상구간의 계획홍수위 El. 18.01 m를 초과하지 않는 것으로 분석되었다. 결론적으로 기존의 계획홍수위는 전반적으로 적정하게 설정되어 있으나, 하구로 부터 약 8 km 이상의 구간에서는 계획홍수위를 상향 조정할 필요가 있다.



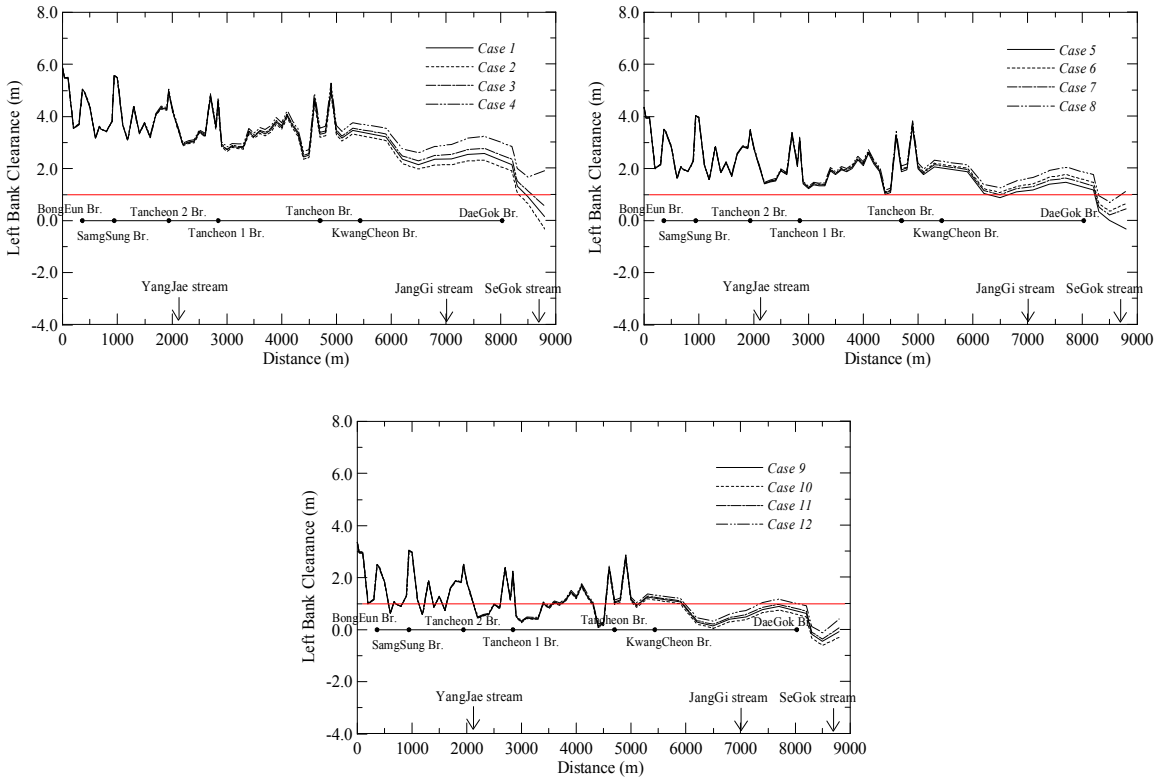
<그림 2>재산정된 확률홍수량에 대한 확률홍수위와 기존의 계획 및 확률홍수위의 비교

4. 제방의 여유고 분석

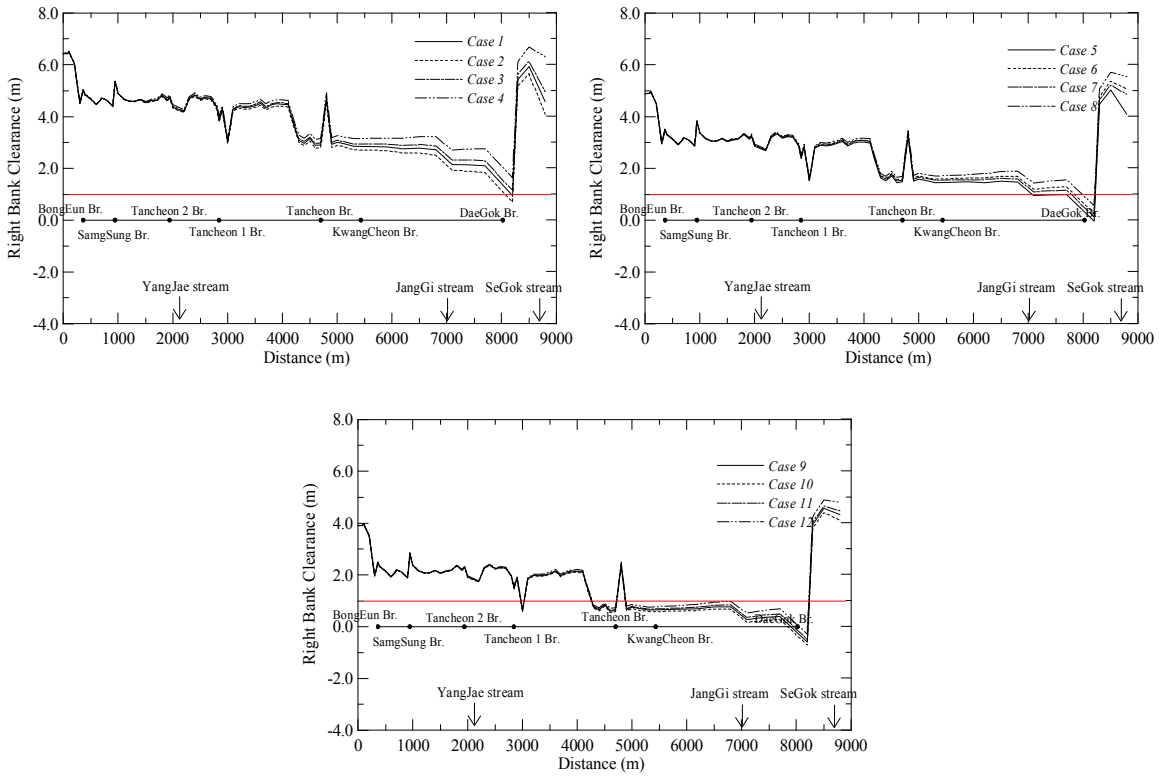
장지천 합류전(대곡교) 지점을 대상으로 임계지속시간에 따른 80년, 100년, 200년 빈도별 확률홍수량과 탄천 하구, 양재천 합류전, 그리고 세곡천 합류전 지점을 비유량법에 의해서 산정한 확률홍수량을 이용해서 탄천의 서울시 구간인 약 9 km 하도에 대한 HEC-RAS 모형으로 여유고 검토를 실시하였다. 확률강우량에 대한 강우-유출모형에 의해 산정된 각각의 확률홍수량 및 하류단의 수위의 변화에 따른 가상 설정하여 모의를 하였으며, 발생 가능성 보다는 탄천 제방고에 대한 임의 기준을 마련한 여유고의 평가로 해석될 수 있을 것이다. 각 경계조건은 <표 2>와 같으며 하류단 경계조건은 계획홍수위를 초과하는 수위에 대한 경우도 포함하여 분석하였다. <그림 3~4>는 산정된 확률홍수위에 따른 좌·우안 제방의 여유고를 나타내고 있다.

<표 2> 제방 여유고 평가를 위한 경계조건

모의 방법	빈도	하류단 수위 (El.m)	확률홍수량 (cms)				비 고
			하구	양재천 합류전	장지천 합류전	세곡천 합류전	
case 1	100	16.47	2,555	1,920	1,810	1,660	계획홍수량
case 2	100	16.47	3,814	2,898	2,650	2,405	확률홍수량
case 3	80	16.47	3,454	2,625	2,400	2,178	확률홍수량
case 4	200	16.47	4,279	3,252	2,973	2,698	확률홍수량
case 5	100	18.01	2,555	1,920	1,810	1,660	계획홍수량
case 6	100	18.01	3,814	2,898	2,650	2,405	확률홍수량
case 7	80	18.01	3,454	2,625	2,400	2,178	확률홍수량
case 8	200	18.01	4,279	3,252	2,973	2,698	확률홍수량
case 9	100	19.00	2,555	1,920	1,810	1,660	계획홍수량
case 10	100	19.00	3,814	2,898	2,650	2,405	확률홍수량
case 11	80	19.00	3,454	2,625	2,400	2,178	확률홍수량
case 12	200	19.00	4,279	3,252	2,973	2,698	확률홍수량



<그림 3> 경계조건에 따른 좌안제방 여유고(case 1 ~ 12)



<그림 4> 경계조건에 따른 우안제방 여유고(case 1 ~ 12)

5. 결 론

<그림 3~4>는 산정된 확률홍수위에 따른 각 모의 방법에 따른 좌·우안 제방의 여유고를 나타내고 있다. 교각의 위치를 표고와 무관하게 도시하였으며, 제방 주변의 여유고를 쉽게 볼 수 있도록 하였다. 계획홍수량과 낮은 확률 홍수위(하류단 경계조건 16.4 EL.m)에 대해서는 전구간이 여유고가 1 m 이상으로 매우 안정적으로 나타나고 있으나, 그 이상의 조건 (case 5 ~ case 12)의 경우 상류단 좌·우안의 제방에서 여유고가 다소 부족한 것으로 나타났다. 특히 좌안보다는 우안의 도심부쪽으로 여유고가 더 크게 부족하나, 이는 발생가능성이 매우 적은 경계조건을 부여한 것임을 고려하면 전반적으로 탄천의 여유고는 매우 크게 나타남을 확인할 수 있다. 또한 다음 <표 3>에서 볼 수 있는 것과 같이 국외의 기준과 비교해도 실험 대상으로 선정한 탄천의 제방여유고는 안정적임을 알 수 있다.

<표 3> 국내외 제방 기준 비교

<table>
<tr><td rowspan="2">구분</td><td colspan="2">한국</td><td>일본</td><td>미국</td></tr>
<tr><td colspan="2">하천설계기준(2002)</td><td>하천제방설계지침(2000)</td><td>미공병단의 제방설계 및 시공지침(2000)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">여유고</td><td>계획 홍수량(m^3/sec)</td><td>여유고(m)</td><td rowspan="2">국내 기준과 동일</td><td rowspan="2">일반적으로
농업제방의 경우 2ft(0.61m)
도시제방의 경우 3ft(0.91m)
의 여유고를 둠.</td></tr>
<tr><td>200 미만
200 이상 ~ 500 미만
500 이상 ~ 2,000 미만
2,000 이상 ~ 5,000 미만
5,000 이상 ~ 10,000 미만
10,000 이상</td><td>0.6이상
0.8이상
1.0이상
1.2이상
1.5이상
2.0이상</td></tr>
</table>

감사의 글

본 연구는 서울특별시 연구지원사업인 "대학과 연계한 하천관리 연구용역"의 지원으로 이루어졌습니다. 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 건설교통부 (2000. 12), 하천설계 기준
2. 경기도 (2001, 2), 탄천수계 하천정비 기본계획
3. 서울특별시 (2000. 12), 하천정비 기본계획(탄천, 홍제천, 불광천)(안)
4. 서울특별시 (2000) 대학과 연계한 하천관리에 관한 연구용역(1차)
5. 서울특별시 (2001) 대학과 연계한 하천관리에 관한 연구용역(2차)
6. 서울특별시 (2002) 대학과 연계한 하천관리에 관한 연구용역(3차)
7. 서울특별시 (2003) 대학과 연계한 하천관리에 관한 연구용역(4차)
8. 서울특별시 (2004) 대학과 연계한 하천관리에 관한 연구용역(5차)
9. 한국 수자원 학회 (2002), 하천설계 기준
10. U.S.Army Corps of Engineers(2000), Design and Construction of Levees.
11. 建設省/河川堤防設計硏究會(2000), 河川堤防設計指針, 建設省 河川局 治水課