

도시하천의 유지유량 확보 방안 연구

최계운* · ○박정훈** · 최종영***

1. 서론

60년대 이후 급속히 성장된 경제는 도시지역으로 인구를 집중시키고 이는 하천 주변의 토지이용을 변화시켰으며 각종 산업시설의 대형화, 도시의 거대화 등을 초래하였다. 이에 따라 각종 용수량은 급속히 증가되었으며 치수중심의 하천정비는 하천의 건천화를 가속시켜, 결과적으로 하천의 유지유량이 적어지고 유입된 오염물질 농도가 상대적으로 증가하면서 대상하천이 갖고 있는 고유의 자정능력 이상으로 유입되어 가정하수, 공장폐수 등은 하천이 지니고 있는 자연적인 여러 현상(물리, 화학, 생물학적 작용)을 통하여 오염물질의 농도를 저하시키고 본래대로의 깨끗한 물이 유지되는 자정작용(Self-purification)이 제 기능을 발휘하지 못하게 되는 원인을 제공하고 있다. 자정작용은 하천 생태계가 갖는 순환성과 다양성으로 환경오염에 의한 피해를 흡수 완화하여 안정성을 획득하려는 반응기작으로서 자연이 갖는 훌륭한 자기 조정능력임에도 불구하고 최근 우리의 하천은 이같은 능력이 결여되어 있다. 따라서 90년대 이후 하천의 유량 및 수질을 확보하는 문제는 가장 중요한 사회 문제의 하나로 대두되었으며, 특히 환경에 대한 인식이 높아지면서 하천 환경의 일부로 취급되는 하천유지유량을 확보하려는 노력은 부족한 수자원을 확보하는 동시에 하천 고유의 기능을 회복하는 가장 빠른 방법의 하나로 인식되고 있다.

이와 같이 새롭게 대두되고 있는 사회문제의 하나인 하천의 건천화 문제를 해결하기 위해 하천에서 유지용수를 확보할 수 있는 각종 방안이 다각도로 연구되고 있으며 하수처리수의 재이용, 지하수의 이용, 우수의 활용 등 여러 가지 방안들이 제시되고 있다.

본 연구에서는 인천의 대표적인 도시하천인 승기천의 유량확보방안을 위하여 여러 가지 방안을 검토하고 최적 방안을 제시하고자 한다.

2. 대상하천의 선정

인천의 대표적인 도시하천인 승기천은 인천시내 중심가를 관통하고 서해로 직접 유입되는 지방 2급의 대표적인 도시하천으로 유역면적이 33.58km²이고 유로연장은 10.33km에 달하고 있다. 하상경사는 1/972(상류부)~1/1382(하류부)로 매우 완만하며, 하천폭은 상류부 45~80m(저수로는 15~25m입), 중류부는 80~105m(저수로는 15~25m입), 하류부는 104~153m(저수로는 20~35m입)이다.

유역의 상류부가 인천중심가인 남구 주안동에 위치하고 중류부의 하천변으로는 농경지가 분포

* 인천대학교 토목환경시스템공학과 교수
** 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사과정
*** 인천대학교 토목환경시스템공학과 석사과정

하고 하류부에 우안측으로 연수주택개발이 시행되어 인구밀집지를 이루고 있으며 좌안측으로는 남동공업단지가 위치하고 있어 하수 및 폐수 유입에 의한 수질이 매우 악화되어 있는 하천이다.

승기천의 상류부 하천은 복개되어 하천의 기능을 상실한 상태이며, 승기천 유역의 도시화로 인하여 유출계수가 비교적 크며, 유출수의 대부분은 승기천 유역의 차집관거를 통해 하수와 함께 승기하수처리장으로 유입되어 승기천으로 유입되는 수량이 작아 건천화가 가속화되고 있으며, 이에 따라 유지유량이 절대적으로 부족한 실정이다. 또한 최근들어 승기천 되살리기 운동 등이 활발하게 이루어지고 있다.

3. 승기천의 유량확보방안

승기천의 유량확보를 위한 방안으로 승기하수처리수의 활용방안, 해수유입을 통한 유량 확보방안, 지하철 터널용수 및 지하수를 이용한 유량확보방안, 상류부 소형 및 간이 하수처리시설을 이용한 유량확보방안을 검토하였다. 표 1에서 나타난 것과 같이 승기하수처리수의 이용이 유량확보, 수질개선 효과 및 문제의 적용상에 문제가 없는 것으로 나타났으며, 해수의 유입방안은 유량과 수질의 확보는 가능하지만 오염물의 해양배출에 따른 문제점과 남동유수지의 저질 혼입에 의한 승기천 수질 악화 문제가 야기될 것으로 생각된다. 지하터널용수 및 지하수의 이용은 수질은 좋지만, 그 양이 소량이므로 보조 수단으로 사용이 가능할 것이다. 상류부의 소형 및 간이 하수처리시설 설치하는 기존의 하류에 있는 승기하수처리장과의 비용중복문제와 건설에 따른 시간이 많이 소요되므로 지양해야 할 것이다.

표 1. 승기천의 유량확보 방안 및 수질개선 효과

구 분	승기하수처리수의 활용	해수유입방안	지하철터널용수 및 지하수	상류부 소형 및 간이 하수처리시설 설치
충분한 하천유지유량확보의 확실성	확실함(24만 m ³ /일)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 남동대교까지(평균해수면시) ■ 승기교까지(최고수위시) 	부족함(1,000~5,300m ³ /일)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 상류부는 부족함 ■ 하류부는 확실함
수질개선효과	<p>많이 개선됨</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ COD : 68 ⇒ 17 ■ T-N : 20 ⇒ 30 ■ T-P : 7.5 ⇒ 2.3 	<p>많이 개선됨</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ COD : 68 ⇒ 5 ■ T-N : 20 ⇒ 0.5 ■ T-P : 7.5 ⇒ 0.3 	약간만 개선됨	개선됨(시설 설치 규모 및 처리방법에 따라 다름)
적용상의 문제점	적용상의 문제는 없으나, 향후 고도 하수처리 여부검토 필요	<ul style="list-style-type: none"> ■ 오염물질 해양배출에 따른 어업 피해 우려 ■ 남동유수지 저질 혼입에 따른 하천 수질악화 우려 	없음	<ul style="list-style-type: none"> ■ 중복투자에 따른 예산 낭비 ■ 적용상까지 장기 간이 소요됨

3.1 승기하수처리수를 이용한 유량확보 방안

승기하수처리수를 활용한 방안으로 표 2에서 나타난 것과 같이 8개의 방안을 검토하였다. 검토한 결과 제 6 방안인 지하저류조 3단(저류 및 산화처리)처리후 폭기조를 통한 단계별 방류방안과 제 7 방안인 제방을 활용한 수질개선 후 단계별 방류방안이 수질 개선 등의 여러 장점이 있는 것으로 나타났다.

표 2. 승기하수처리수의 이용방안(1)

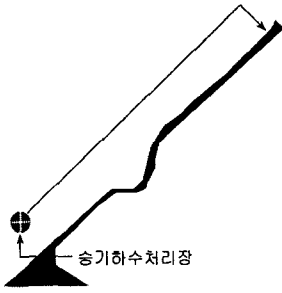
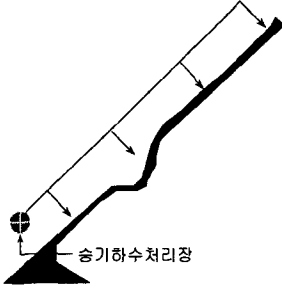
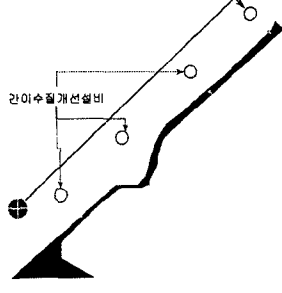
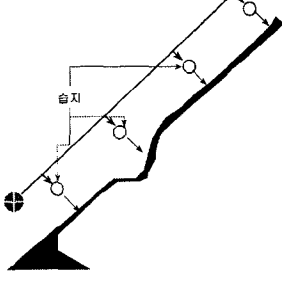
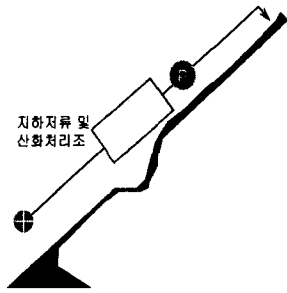
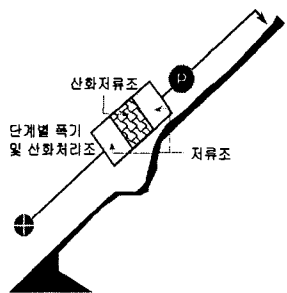
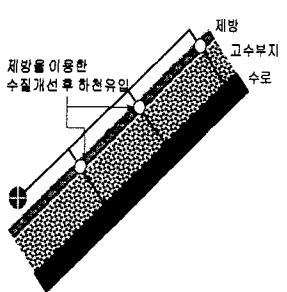
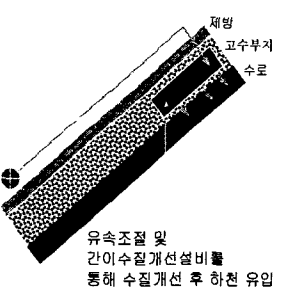
방안	개념도	주요특징
제 1 방안		<ul style="list-style-type: none"> ■ 단순관로를 통한 상류부 단순방류 ■ 장점 <ul style="list-style-type: none"> - 유지관리 용이 - 시스템이 단순함 ■ 단점 <ul style="list-style-type: none"> - 수질개선효과부족 - 하수처리장의 처리효율이 승기천 수질에 직접 영향을 미침
제 2 방안		<ul style="list-style-type: none"> ■ 단순관로를 통한 구간별방류 (상류, 중류, 하류) ■ 장점 <ul style="list-style-type: none"> - 하천구간내 유량조절가능 - 지류유입에 대한 대처 용이 ■ 단점 <ul style="list-style-type: none"> - 수질개선효과 부족 - 구간별 유입지점에 대한 수리검토 필요
제 3 방안		<ul style="list-style-type: none"> ■ 간이수질 처리후 구간별 방류 (상류, 중류, 하류) ■ 장점 <ul style="list-style-type: none"> - 수질개선 효과 뚜렷 - 시스템 문제시에도 유량공급가능 ■ 단점 <ul style="list-style-type: none"> - 운영비 증가 - 많은 부지 필요
제 4 방안		<ul style="list-style-type: none"> ■ 습지조성 처리후 구간별 방류 (상류, 중류, 하류) ■ 장점 <ul style="list-style-type: none"> - 자연친화적 - 수질 및 생태계 복원가능 ■ 단점 <ul style="list-style-type: none"> - 습지조성부지 필요 - 해충서식가능

표 2. 승기하수처리수의 이용방안(2)

방안	개념도	주요특징
제 5 방안		<ul style="list-style-type: none"> ■ 지하저류조 산화처리후 상류부 방류 ■ 장점 <ul style="list-style-type: none"> - 유입수에 대한 동일한 수질개선 가능 - 수질개선 설비는 지하에 매설되어 외관상 문제 없음 ■ 단점 <ul style="list-style-type: none"> - 하천내 유량조절이 어려움 - 시스템 문제시 유량공급이 어려움
제 6 방안		<ul style="list-style-type: none"> ■ 지하저류조 3단(저류 및 산화처리) 처리후 폭기조를 통한 상류부 방류 ■ 장점 <ul style="list-style-type: none"> - 침전과 폭기를 동시에 실시가능 - 고효율의 수질개선 가능 ■ 단점 <ul style="list-style-type: none"> - 저류조 비용 및 폭기조 설치에 따른 비용 증가 - 많은 부지 필요
제 7 방안		<ul style="list-style-type: none"> ■ 제방을 활용한 수질개선후 구간별 방류 ■ 장점 <ul style="list-style-type: none"> - 제방을 여과지로 활용 - 하천내 유량조절 용이 ■ 단점 <ul style="list-style-type: none"> - 수질개선시 침전물 등의 처리의 어려움 - 수질개선 면적 협소
제 8 방안		<ul style="list-style-type: none"> ■ 고수부지내 간이수질개선 설비 설치 ■ 장점 <ul style="list-style-type: none"> - 하천유량조절에 기여 - 수질개선설비의 변경 및 수정 용이 ■ 단점 <ul style="list-style-type: none"> - 지상설치가 어려움 - 수질개선효율저하시 하천 전체에 영향을 미침

3.2 해수유입을 이용한 유량확보 방안

바닷물이 자유롭게 드나들던 하천으로 복원하여 절대적으로 수량이 부족한 승기천의 유량을 확보하는 방안이다. 현재 남동유수지의 수위 (+)3.25m(E.L.)을 수문을 완전히 열어서 유수지 수위를 약최저간조위 (-)4.635m(E.L.)에서 약최고만조위 (+)4.635m(E.L.)로 유지하는 방안과 유수지 수위 이상만 열어서 유수지 수위를 현 유수지 수위 (+)3.25m(E.L.)에서 약최고만조위 (+)4.635m(E.L.)로 유지하는 방안에 대하여 검토하였다.

3.2.1 해수유입과 홍수시의 승기천 수위검토

해수유입에 따른 승기천의 수위를 검토하기 위하여 HEC-RAS를 이용하였으며, 100년 빈도의 홍수가 발생하였을 경우에 약최고만조위, 유수지수위, 약최저간조위에 대하여 하천설계기준에서 제시하는 제방여유고를 확보하지 못하는 구간은 아래의 표 3과 같다.

표 3. 홍수시 제방의 여유고 검토

해수위(EL)		약최고만조위 (+)4.635	유수지수위 (+)3.25	약최저간조위 (-)4.635	제방여유고 (하천설계기준)
단면위치		거리(m)	거리(m)	거리(m)	
여유고 부족구간	중상류	좌안	3,360	3,360	0.6m 이상 (200CMS 이하)
		우안	3,276	3,192	
	중하류	좌안	5,712	4,872	0.8m 이상 (200CMS이상~ 50CMS 미만)
		우안	5,712	3,948	

3.2.1 해수유입과 갈수시의 승기천 수위검토

해수의 유입시 승기천의 갈수량(Q_{355})인 0.06CMS에 대하여 계산된 승기천 갈수시 수심은 표 4와 같다. 표에서 알수 있듯이 약최고만조위일 경우 승기천의 전구간에서 1m 이상의 수심을 확보할수 있는 것으로 나타났으나, 약최저간조위일 경우에는 대부분의 구간에서 30cm이하의 수심을 나타내고 있다.

표 4. 갈수시 하천의 수심검토

수심	해수위 (EL)	약최고만조위 (+)4.635		유수지수위 (+)3.25		약최저간조위 (-)4.635	
		단면위치	거리(m)	단면위치	거리(m)	단면위치	거리(m)
30cm 이하	-	-	-	상류	252	전구간에 산재함	8,484
30cm ~ 50cm	-	-	-	상류	168	하류	336
50cm ~ 100cm	-	-	-	중류	1,176	하류	420
100cm 이상	전구간	10,080	-	하류	8,484	하류	840

4. 결론

대부분의 도시하천이 지니고 있는 중요한 문제는 하천의 유량이 절대적으로 부족하며 이로 인한 하천의 수질이 급속도로 악화되어간다는 것이다. 승기천의 경우도 예외는 아니어서 절대적으로 부족한 수량을 확보함과 동시에 악화된 수질을 함께 개선해야 하는 실정에 처해있다. 특히 부족한 승기천의 유량을 확보하는 것은 수질을 개선할 수 있는 초석이 된다고 해도 과언이 아니다.

승기천의 유량 및 수질을 확보하기 위한 방안으로 승기하수처리수의 재활용, 해수의 유입 허용, 지하철 터널용수의 이용, 상류부 소형 및 간이 처리시설의 설치 등을 검토하였다. 이 중에서 가장 안정적으로 유량을 확보할수 있는 방안으로써 승기하수처리수의 재활용과 해수의 유입을 허용한 방안에 대하여 검토한 결과 승기하수처리수를 이용하며 이때 지하저류조 3단(저류 및 산화처리)처리 후 폭기조를 통하여 상류부 하천으로 흘려보내는 방안과 제방을 활용하여 수질개선후 구간별로 하천으로 흘려보내는 것이 가장 타당한 것으로 나타났다.

해수의 유입에 따른 유량확보방안을 검토한 결과는 100년 빈도 홍수시에 제방여유고를 확보하지 못하는 구간이 중상류구간에서 나타났으므로 제방의 제방여유고를 확보할 수 있는 방안이 강구되어야 할 것이며, 갈수시에 약최저간조위 경우에 하천의 대부분의 30cm 이하의 수심을 나타내고 있으므로 남동유수지의 운영을 통하여 수심을 확보하는 것이 바람직할 것이다. 또한 해수의 유입을 허용하는 경우에 생태계에 미치는 영향을 신중히 검토해야 할 것으로 판단되어진다.

감사의 글

본 논문은 환경부(환경기술진흥센터)의 2001년도 차세대 핵심환경기술개발사업인 “도시관류 하천의 유지유량 확보 및 자연정화기능 향상기술”을 위한 연구비로 수행되었으며 이에 깊이 감사드립니다.

참고문헌

1. 최계운 등(2000) 승기천의 환경개선 및 복원을 위한 종합대책연구(1차년도), 연차보고서, 인천지역 환경기술개발센터
2. 최계운 등(2002) 승기천의 환경개선 및 복원을 위한 종합대책연구(2차년도), 최종보고서, 인천지역 환경기술개발센터
3. 김규호 등(1996) 하천유지유량의 개발 및 적용: I.산정방법, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제 29권, 제 4호, PP. 161-176
4. 이동희(2000) 승기천의 수질개선에 관한 연구, 석사학위논문, 인천대학교
5. 이명희(1999) 하수처리수를 이용한 도시하천의 수질개선에 관한 연구, 석사학위논문, 연세대학교
6. 김영석, 이지원, 우효섭, 이상태(1993. 6) 하천환경정비기법의 개발방향(II), 대한토목학회지, 제 41권 제 3호, pp. 77-82.
7. 이원환(1997), 최신 하천공학, 동명사, pp.359-382.
8. 최계운(2000. 12) 승기천의 수량확보 및 수질 복원방안, 승기천 살리기 시민 대토론회, pp. 39-64.
9. 이진원(1996. 2) 외국의 도시하천 관리, 한국수자원학회지, 제 29권 제 1호, pp. 39-46.
10. 김주원(2000. 4), 장수천 및 승기천 회복을 위한 심포지엄, 한국수자원학회 수리분과위원회·인천의제 21 물·생태·도시계획분과 위원회, pp. 86-92.