

홍수해 저감을 위한 문산천 하구처리의 최적 방안 - 排水機場과 放水路의 도입 -



이삼희 >>
한국건설기술연구원 수자원연구부 수석연구원



이윤영 >>
현대엔지니어링(주) 토건·환경사업본부 수자원부 상무

그러나 문산천 하구 주변이 일반 하천과는 다른 독특한 하도특성을 나타내는 구간이므로, 복잡한 흐름 구조와 특이한 하도형태를 지니고 있다. 이는 근본적으로 문산천 하구역에서 홍수해의 잠재적 원인이 되고 있음을 의미한다. 따라서, 문산천 하구부에서 근본적인 수방을 위해서는 독특한 문산천 하구 주변의 하도특성을 반영한 근본적인 수방 대책을 강구할 필요가 있다. 본 연구에서는 문산천 하구 및 문산천 합류부에서의 입진강 하도특성 등 하도형태 및 하상변동 특성에 대해 정밀히 조사하고, 이를 토대로 근본적이면서 합리적 문산천 하구처리 방안으로 하도내 排水機場과 放水路의 도입을 제안한다.

1. 서론

최근에 이르러 입진강 유역에서 돌발홍수의 증가에 따른 홍수해가 눈에 띄게 증가하고 있어 큰 사회적 이슈가 되고 있다. 특히 입진강 유역 가운데 파주시 문산읍은 1999년 경기북부지방 대홍수에 완전히 수몰되어 우리나라 수해 상습지의 대명사로 각인되어 있다. 이에 따라, 정부에서 문산천 하구 및 동문천 하류부 부근에서의 제방증고, 홍수소통 확보를 위한 교량 재건설, 내수배제용 배수펌프장의 신·증설, 하도 준설 등 홍수량 해석에 기반을 둔 다양한 수방 대책을 수립하였다. 이로써 수방 능력이 크게 증가한 것으로 평가되고 있다.

2. 문산천 하구역의 특성

2.1 문산천 유역 및 하도상황

문산천은 그림 1에서 보는 바와 같이 입진강의 제1지류로서 양주군 백석면 한강봉에서 발원하여 입진강으로 유입하며, 주요 지류로는 하류부의 갈곡천과 동문천 등이 있다. 하쪽은 복단면 구조를 지니는 하류부에서 약 200m, 중·상류부에서는 130m 정도이다. 유역연평균 강수량은 1,328mm이며, 문산천 하구에서 100년 빈도 계획홍수량은 1,740m³/s이다.

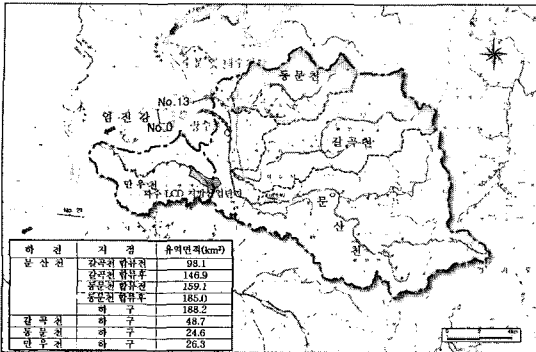


그림 1. 문산천 유역도

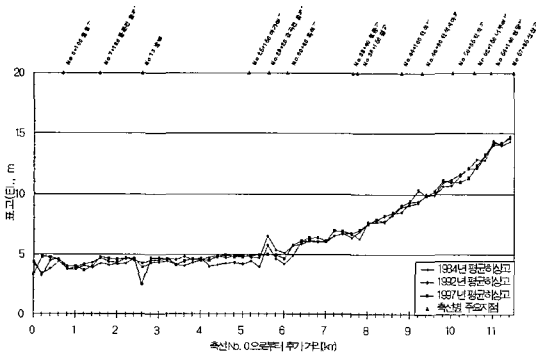


그림 2. 문산천의 평균하상고의 변화

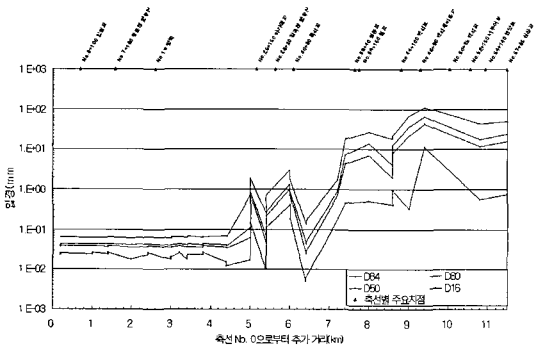


그림 3. 문산천 주요입경의 증단변화

그림 2에서 보는 바와 같이 임진강 합류점에서부터 약 5.6km 상류지점까지 조수의 영향을 받는 감소 구간인 문산천 하구에서의 하상경사는 완만한 1/5,400이며, 임진강은 1/3,000이다. 문산천이 임진강보다 상대적으로 경사가 완만하며, 최하단부에서는 국지적으로 역경사 현상을 보이고 있는 특이점을 지니고 있다. 평면하도 형태는 문산천 하구부근은 곡률

반경 1,306m로 비교적 완만하게 만곡하며, 임진강 장단반도는 곡률반경이 709m로서 심하게 만곡한다.

2.2 하구역의 하상재료 및 유사량 현황

하상재료는 원칙적으로 1km 간격마다 이동사주를 중심으로 1개 지점을 채취하였다. 채취방법은 하상의 주재료가 모래 이하의 직경인 경우 부피채취법을, 자갈 이상인 경우 격자법을 적용하였다. 그림 3은 문산천 하상재료의 주요 입경에 대한 증단변화를 보인 것이다. 문산천 하구의 경우, 대표입경 d50이 5km 부근까지 0.04mm 정도의 실트로 구성되어 있다. 임진강 장단반도 부근에서 문산천 합류 직전(하류에서 3.86km 지점)의 대표입경 d50은 0.84mm이며, 문산천 합류 직후(하류에서 3.08km 지점)의 d50은 0.04mm로서 하상재료의 분급이 급변한다. 2001년 관측한 유사량을 살펴보면, 문산천의 옥석교에서 비유사량이 53 t/yr/km² 이고, 임진강의 적성에서 143 t/yr/km² 으로 부유사 유입량은 우리나라의 다른 하천에 비해 많지 않다.

2.3 하상변동량 경향

1992년과 2001년의 측량성과를 이용하여 문산천(그림2와 그림 4)과 임진강(그림 5) 전하도에 걸쳐 하상변동 경향을 검토하였다. 평균하상고에 의한 증단 경향을 살펴볼 때, 문산천의 하구부근(0~5km 구간)에서 적어도 0.3m 정도 상승하고, 임진강 합류점 전후 평균 2.4m 정도 퇴적한 것으로 나타나고 있다. 세굴량과 퇴적량을 살펴볼 때, 문산천 하류는 변동량이 미미하고, 임진강은 퇴적량이 증가하는 추세를 보이고 있다. HEC-6에 의한 장기 하상변동량 계산에서도 거의 변화가 없는 것으로 모의되었다. 그러나 문산천 하구에서 임진강 하도와 비교할 때 미미한 증가는 2000년 그림 6과 같이 문산천 하구부에서 약 2m 정도 집중적인 하도준설 직후의 측량결과에 기인한다는 사실에서 볼 때, 실질적으로 퇴적경향은 임진강과

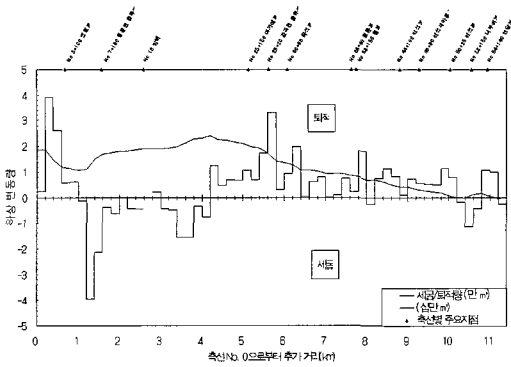


그림 4. 문산천의 종단 하상변화

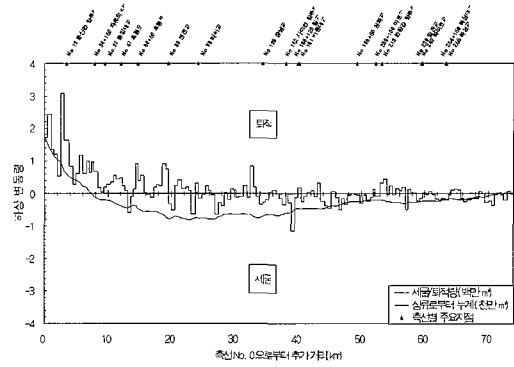


그림 5. 임진강의 하상 종단변화

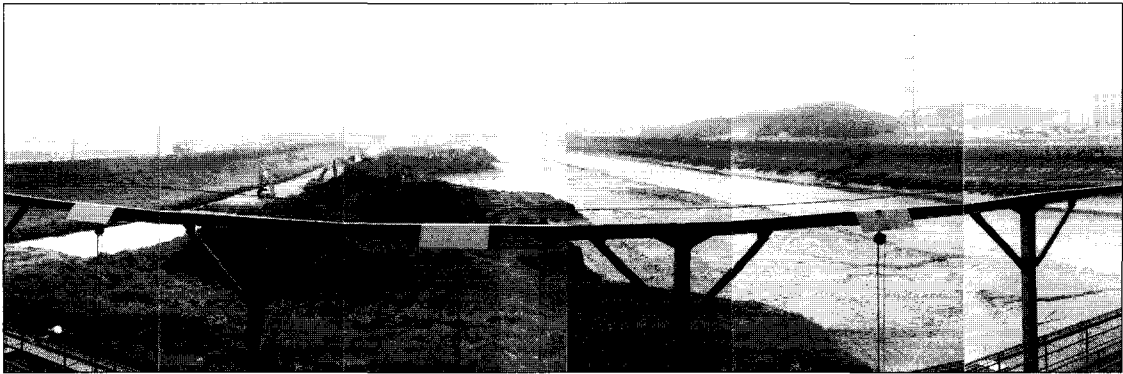


그림 6. 문산천 하구에서의 하도준설 장면(2000년, 임월교에서 하류방향)

비슷한 규모의 퇴적 경향을 보일 것으로 추정된다.

2.4 하구에서의 하도특성 평가와 현안

문산천의 종단특성은 하상변동 특성 및 하상재료 분포에서 살펴본 바와 같이 전형적인 실트 퇴적층으로 표현되는 세그먼트 3 구간이며, 문산천이 합류하는 구간의 임진강 하도의 종단특성은 세그먼트 2-2(모래)와 세그먼트 3(실트)의 연결부에 해당하는 관계로 상시 퇴적구간이다. 유사레짐에서도 실제 문산천 하구와 임진강 반구정 구간의 흐름특성 또한 감소 구간으로서 밀물, 썰물에 민감하게 작용하여 거시적으로 유사이동이 정체성을 띠는 구간이기도 하다. 평면특성으로서는 임진강 반구정 구간에서 만곡하도 구간으로서 그 만곡 정도가 매우 크며(곡률반경 709m), 이에 따른 양안의 수위차가 실제 약 30cm 이상 발

생하는 것으로 평가되었다. 그리고 문산천 하구역의 하상경사가 1/5,400으로 임진강의 1/3,000보다 완만하다. 문산천 합류부 부근의 하상재료를 살펴 볼 때 임진강보다 문산천에서 더 작은 입경이 비교적 널리 분포하고 있다.

결국 홍수시 특히 조석기나 정체기에 임진강으로 직각 유입하는 형태를 취하고 있는 문산천 하구에서 문산천 홍수량이 유하지 못하여 배수영향이 가중되고 임진강의 우안이 상대적으로 높은 홍수위가 역류하고 있다고 추정된다. 그리고 임진강 장단반도 부근의 경사와 하상재료, 곡률에서 확인되는 바와 같이 부유농도가 문산천보다 크게 높아 상대적으로 고농도의 부유사가 문산천 하구로 확산되는 경우도 있는 것으로 추정된다. 이와 같은 현상들은 평균하상고의 변화에서도 나타나듯이 문산천 하구에서 외견상 하구막힘과 같은 사주 형태가 발달하는 양상에서도 찾을 수 있다.

3. 바람직한 하구처리 방안

3.1 홍수기장과 방수로 도입

전술한 문산천 하구역의 하도특성상 홍수시 하도 관리가 어렵고 복잡한 실정이다. 따라서 문산천 하구를 개선하기 위한 현실적인 하도내 대책으로는 크게 임진강 장단반도 주변의 고정사주와 문산천 저수로의 주기적인 준설, 문산천 합류부에서 임진강의 流心線 변경을 위한 수제 설치, 문산천 하구폐쇄 방지를 위

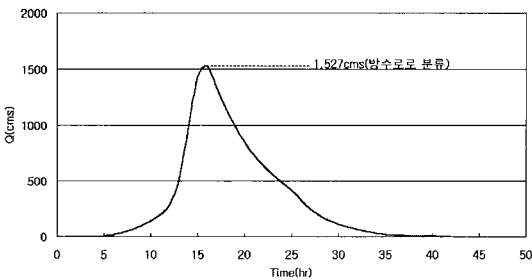


그림 7. 동문천 합류전 수문곡선

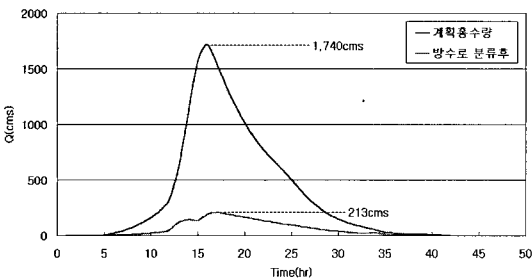


그림 8. 문산천 하구에서의 수문곡선

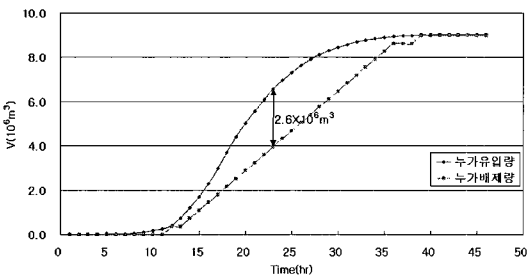


그림 9. 문산천 하구에서의 누가유입·유출

한 도류제 설치 등을 고려할 수 있다. 하지만, 하구부근의 하도내 배수기장의 도입을 통해 임진강으로부터의 홍수량 역류와 유사 유입을 차단하고, 한편 배수기장⁴⁾의 효율적인 운영을 통해 하도 플러싱을 유도할 수 있다.

이와 더불어 그림 1에서 보는 바와 같이 방수로(추정되는 과거 문산천의 구하도)를 계획함으로써 궁극적인 홍수위 저감은 물론 상시 퇴적공간인 문산천 하구에서의 퇴적억제 효과를 얻을 수 있을 것으로 보여진다. 방수로 노선은 문산천의 하상경사가 급변하는 갈곡천 합류직후 지점에서 과거 문산천 하도로 추정되는 짧은 거리로 임진강 No.10+150 지점까지 계획한다. 특히 문산천 방수로의 하류부 경사가 임진강 장단반도 하류경사와 거의 비슷하게 하여 동일한 하도특성을 지니도록 유도한다. 이와 더불어 임진강으로부터의 역류차단을 목적으로 문산천 하구에 배수기장을 설치한다. 임진강 수위가 상승하여 문산천 유량의 자연 배제가 곤란할 경우에는 배수펌프장과 가동수문 기능을 갖춘 배수기장을 통해 홍수를 배제시키도록 한다. 배수기장은 생태계에 미치는 영향은 거의 일어나지 않은 가운데 치수 효과를 극대화할 수 있을 것으로 판단된다.

3.2 홍수 배제 능력 검토

동문천 합류전 지점에서 홍수량은 그림 7과 같으며, 이 홍수량 전체를 방수로로 유로변경을 시킴으로써 문산천 하구의 홍수량을 분담하였으며, 방수로 계획에 의해 분담된 문산천 하구 지점에서의 홍수량 수문곡선은 그림 8과 같다. 방수로로 홍수량 대부분을 분담한 후, 문산천 하구 지점의 홍수량에서 극한 상황을 고려하여 100m³/sec 용량의 배수펌프를 이용하여 배제할 경우, 유입량과 배제량에 대한 누가분석을 실시하면 그림 9와 같다. 다만, 배수기장의 효율적인 운영을 통해 배수용량 펌프를 크게 줄일 수 있을 것

1) 극한 홍수시 하도내의 외수처리 수단의 구조물로서 평상홍수 및 비홍수기에는 상시 개방하는 일종의 배수펌프형 가동보 형태이다.

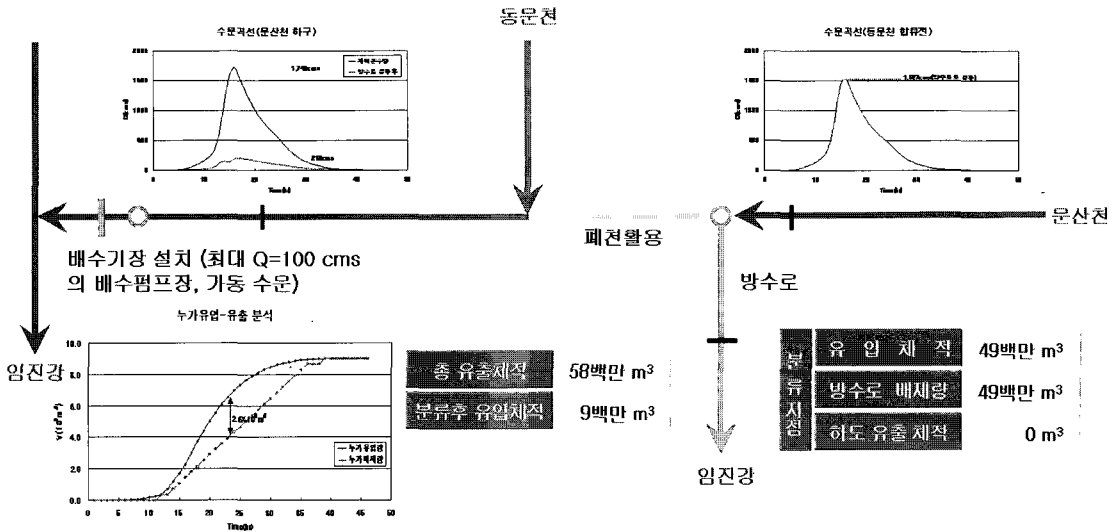


그림 10. 문산천 하구처리 개념

으로 생각하며, 이에 대한 계속된 연구와 검토가 필요하다. 따라서, 문산천 하구처리 개념을 종합하면 그림 10과 같다.

4. 결론

본 연구에서는 하구처리 방안으로 현실적인 하도 내 대책으로는 크게 임진강 장단반도 주변의 고정사주와 문산천 저수로의 주기적인 준설, 문산천 합류부에서 임진강의 流心線 변경을 위한 수제 설치, 문산천 하구폐쇄 방지를 위한 도류제 설치 등을 고려할 수 있다. 그러나, 문산천 하구 및 임진강 장단반도에서의 하도특성 및 수리특성을 규명한 결과, 다음과 같이 문산천 주변 수위 저감을 위한 궁극적인 대책으로서 새로운 문산천 방수로 건설 및 현 문산천 하구에서의 배수기장 도입이 필요한 것으로 판단되었다.

배수기장은 생태계에 미치는 영향은 거의 없으면서도 치수효과를 극대화할 수 있을 것으로 예상된다. 그리고 방수로 예정지는 문산천 하류부 총적평야 내의 과거 하도로 추정되므로 구하도 복원개념으로 기수역의 자연하도 모습으로 재생이 가능하다고 판단된

다. 아울러 방수로 신설에 따른 폐천부지 주변과 방수로 주변은 방재기능을 갖춘 토지재이용 또는 도시재생 공간으로 활용할 수 있을 것으로 보여진다. 더욱이 문산천 하구의 하도를 다양한 친자연 하도 형태로 유도가능하고, 현재방의 완경사 녹지화가 가능하여 지역환경 개선사업에도 크게 일조하게 된다. 결국 문산천 하구역에서의 방수기장과 문산천의 방수로 조성을 통하여 부수적인 하천정비 기술개발은 물론 문산읍의 방재기능을 한층 강화하면서 자연환경 개선에 크게 기여할 것이다.

참고문헌

1. 이상희, 강인식, 이희철, 김상선, 이윤영(2006) 문산천의 하구처리 개선 방안에 관한 연구, 2006년도 학술발표회 논문집(CD), 한국수자원학회
2. 건설교통부 서울지방국토관리청(2001), 임진강/문산천 하상 변동조사 보고서.
3. 건설교통부 서울지방국토관리청(2001), 임진강 하천정비 기본계획(보안).
4. 江戸川하천사무소, <http://www.ktr.mlit.go.jp/edogawa/>