

새로운 평균하상 개념과 낙동강의 하상 변동 경향성 분석

New Concept of Average River Bed and General Trend of River Bed Change in the Nakdong River

류권규
동의대학교 토목공학과

Kwonkyu Yu(pururumi@deu.ac.kr)

요약

유역이나 하천의 변화에 따른 하상의 상승이나 하강은 하천 관리에 있어 핵심적인 요소이다. 하천의 하상 변동을 분석할 때, 기준이 되는 것은 최심 하상고나 평균하상고의 변화이다. 이 때 평균하상고는 계획 홍수위에 대한 하상의 평균이다. 본 연구는 하상 변동 분석에서 기존의 최심 하상고나 평균하상고를 이용할 때 발생하는 제반 문제를 지적하고, 연평균 홍수위에 대해 하상을 평균하는 새로운 평균하상고 개념을 제시하였다. 제안된 방법을 검토하기 위해 낙동강의 1983년, 1993년, 2005년의 3개년의 하상 자료를 이용하여 하상 변동 경향성을 분석하였다. 그 결과 낙동강에서는 1983~1993년 사이에는 대규모 하상 저하는 없었으나, 1993~2005년 사이에는 상당한 규모의 하상 저하가 발생하였다. 1993~2005년 사이에 중류부인 120~200 km 구간에서는 평균적으로 2~3 m, 최대 5 m 정도의 하상 저하가 발생하였고, 그 상류부인 200~240 km 구간에서는 1~2 m 정도의 비교적 작은 규모의 하상 저하가 발생하였다. 그러나 내성천 합류점보다 상류 구간(240 km 이상의 구간)에서는 하상 상승과 하강은 거의 대부분 국부적인 현상에 머물고 있으며, 대규모 하상 변동이 없다. 이러한 낙동강 하상 저하의 주 원인은 대규모 골재 채취임을 밝혀내었다.

■ 중심어 : | 하상 변동 | 평균하상 | 최심 하상고 |

Abstract

River bed change due to various factors in watershed and/or river environment would one of the most important issues in river management. To judge whether the river bed was aggrading or degrading, normally we use the change in thalweg or average bed, calculated using the design flood of the river. The present study is to figure out the problems of the existing methods and to propose a new concept of average river bed using annual maximum flood. To evaluate the new method, it was applied to the Nakdong River. We use the river bed data surveyed in 1983, 1993, and 2005. The results showed that there were no significant river bed change during 1983 and 1993, while the river bed was degraded significantly during 1993 and 2005. In the latter period, the river had severe degradations, 2~3 m in average sense and 5 m for the maximum in the middle reach(120~200 km from river mouth), and 1~2 m in average in the upper reach(200~240 km from river mouth). For the upstream reach of the confluence of the Naesung River(about 240 km from river mouth), most of the river bed change seemed to be only local phenomena. The main cause of the river bed change in the Nakdong River seems to be massive gravel mining in the middle reach of the river.

■ keyword : | River Bed Change | Average River Bed | Thalweg |

* 본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업인 자연과 함께하는 하천복원기술개발 연구단(ECORIVER21 06건설핵심B01)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

접수번호 : #110523-002
접수일자 : 2011년 05월 23일

심사완료일 : 2011년 06월 13일
교신저자 : 류권규, e-mail : pururumi@deu.ac.kr

I. 서론

최근의 4대강 정비 사업 등을 포함한 하천 계획을 논의할 때, 나오는 주장 중의 하나가 우리나라의 하천의 하상이 점차 높아지고 있다는 것이다. 이것은 1960~1970년대에 걸친 다목적 댐의 건설에 따라 홍수의 규모가 줄어들고, 하구둑의 건설에 따라 홍수의 씻겨내림 효과(flushing)가 감소하여 산지에서 산출되어 하천에 유입된 토사가 하도내에 그대로 퇴적되었다는 것이다. 이 주장은 4대강 사업의 기본적인 단초를 제공하고 있다.

그에 반대하는 주장은 하상이 오히려 저하되었다는 것이다. 1970년 이후 산림 녹화에 따라 산지의 토사 유출이 감소하고, 하천에 건설된 대댐이 하천의 유입 토사를 저류하였으며, 하천의 골재 채취 등에 따라, 댐 상류 지역을 제외한 대부분의 하천의 하상이 저하되었다고 하는 것이다.

본 연구는 이를 실증적으로 규명하기 위해, 낙동강의 하상 변동 상황을 분석한 것이다. 하천 정비 계획을 수립하거나 하천 구조물을 계획하는 하천 실무에서 하상 변동은 최심 하상의 변화나 계획 홍수위에 대한 평균하상으로 나타내는 것이 보통적이다. 그런데, 최심 하상의 변화를 이용할 경우 국부적인 변동 상황이 지나치게 과대 평가되어 전체적인 변동 경향에 오해를 불러 올 수 있음을 발견하였다. 또한, 계획 홍수위를 이용한 평균하상 개념을 이용하면, 평균하상이 지나치게 높게 되어, 평수위를 훨씬 상회하는 경우가 빈번히 발생하여, 실제적인 하상으로 보기 어려운 문제가 있기 때문이다. 따라서, 평균하상의 개념을 새로 정의하고 이를 낙동강에 적용하여 그 타당성을 입증한 것이다.

II. 평균하상과 하상 변동 산정 방법

2.1 기존 평균하상의 정의

현재 하천정비기본계획은 10년마다 수립되고 있어, 주요 하천의 경우는 대부분 두 차례 이상 계획이 수립되어 있다. 또한, 기본 계획의 수립시에는 하천 측량을 수행하므로 이 측량 자료를 토대로 하상의 변화를 검토

할 수 있다. 또한, 국가수자원관리종합정보시스템에는 하천정비기본계획 수립 현황이나 관련 보고서, 하천 단면 자료들이 전부 저장되어 있어, 언제든지 자유로이 이용할 수 있도록 되어 있다[13].

현재의 하상 변동은 최심선(thalweg)의 변화와 평균하상의 변화를 분석하고 있다. 그런데, 보고서에는 대부분 최심 하상만을 보이고 있으며, 평균하상의 변화는 제시되어 있지 않다. [그림 1]은 낙동강 왜관 구간(감천합류점~금호강 합류점) 54.4 km의 1983년, 1993년, 2005년의 약 22년간의 최심하상과 변화를 보이고 있다 [1][3][6][7]. [그림 1]의 횡단면에서 168 km, 184 km, 198 km, 209 km 지점은 인접한 단면에 비해 5 m 이상의 차이를 보이는데, 이러한 국부적인 저하나 세굴이 있는 경우 최심 하상 변화는 전체적인 하천의 하상 변동을 과도하게 보일 우려가 있다.

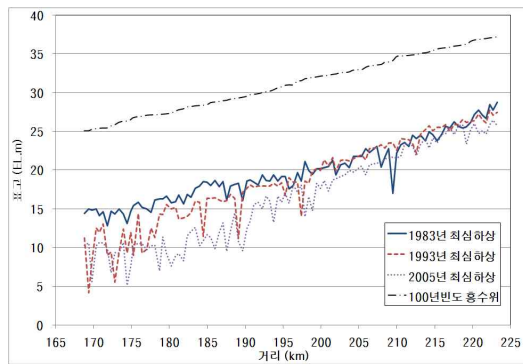


그림 1. 낙동강(왜관 구간)의 최심 하상 변화

하상 변동을 나타내는 또 하나의 방법으로 평균하상을 이용하는데, 하천설계기준해설에 따르면, ‘평균하상고는 계획 홍수위 또는 기준 수위값에서 하도단면적/수면폭을 계산하여 절대 표고로 나타낸다[8]. 여기서 하도 단면적은 계획 홍수위 이하의 하도 단면적이며, 수면 폭은 계획 홍수위의 수면폭이다’라고 되어 있다.

일본에서 평균하상고는 우리나라와 같이 하나로 정의되어 있지 않고 몇 가지를 혼용하고 있다. 건설성의 하천사방기술기준(안)에서는 ‘(계획홍수위 혹은 기준수위)-(그 수위 이하의 하도 단면적/수면폭)’으로 계산한다[9]. 여기서 계획 홍수위는 설계 홍수위를 말하므

로, 우리나라의 하천설계 기준과 동일하다고 볼 수 있다. 그러나, 하도 계획 검토의 지침에서는 평균 연최대 유량(저수로) 시의 하천 단면적을 저수로 폭으로 나누어 위치로 정의하고 있다[10]. 즉 평균하상고를 저수로의 평균하상고로 이용하는 것이며, 여기서 저수로 평균하상고는 평균 연최대유량이 흐를 때 하도 단면적을 수면 폭으로 나누고 해당 수위에서 빼서 산정한다. 이 경우 평균연최대유량은 재현기간이 2 ~ 3년 정도이거나, 계획홍수량의 1/3~1/4 정도, 연 1회 발생하는 홍수량의 3 배 정도로 정의하고 있다. 한편, 호안의 역학 설계법에서는 고수부지 높이 이하의 하천 단면적의 평균값을 평균하상고로 이용하도록 하고 있다[11].

2.2 기존 평균하상의 문제점

우리나라의 하천설계기준해설의 정의에 따라, [그림 1]에서 이용한 낙동강 왜관 구간(100년 빈도 홍수위에 대한) 평균하상을 추정한 결과는 [그림 2]와 같다. 이 때, 모든 홍수위 계산은 HEC-RAS 4.0판을 이용하였다[12]. [그림 1]과 [그림 2]에서 알 수 있듯이 동일 하상이라도 최심 하상으로 나타내는 것과 평균하상으로 나타내는 것은 큰 차이를 보인다. [그림 1]에서는 1983년과 1993년 사이에 200 km 이하 하류의 하상이 상당히 저하된 것으로 나타나지만, [그림 2]의 평균하상에서는 그 변화가 거의 없다. 이런 점에서는 최심 하상을 이용하여 하상 변동 경향을 나타내는 것보다는 평균하상을 이용하는 것이 보다 타당할 것으로 보인다.

같은 방법으로 황강의 1983~2005년 사이의 하상 변동 결과를 분석한 결과는 최심하상고 변화가 [그림 3], 100년 빈도 평균하상고 변화가 [그림 4]와 같다[2][4][5]. [그림 3]은 특히 최심 하상고를 이용하는 경우 하류 지점의 국부적인 극단적인 하상 변화가 전체 하상 변화로 오인할 수 있음을 잘 보여 주고 있다.

또한, 대표 하상을 최심 하상과 평균하상 중 어느 것으로 보는가에 따라 그 경향성이 달리 나타난다는 점에서 볼 때, '계획 홍수위'를 기준으로 한 평균하상 산정 방법이 과연 적절한지도 살펴 볼 필요가 있다.

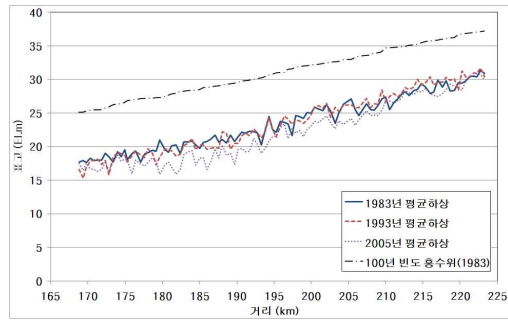


그림 2. 100년 빈도 홍수위에 대한 낙동강(왜관 구간)의 평균하상 변화

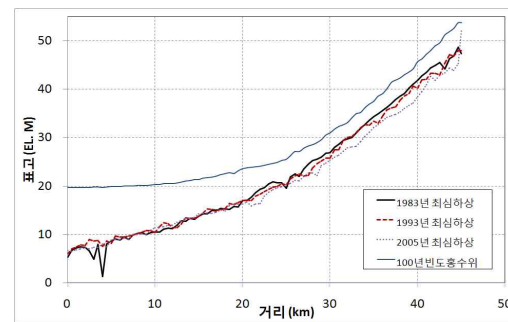


그림 3. 황강의 최심 하상 변화

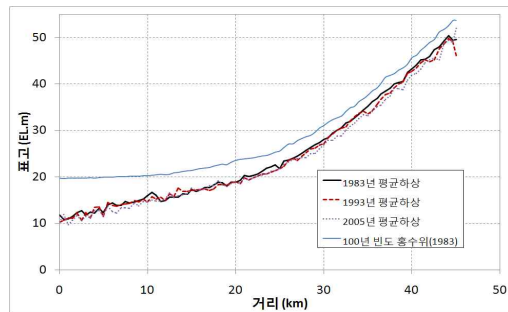


그림 4. 100년 빈도 홍수위에 대한 황강의 평균하상 변화

한편, 일본의 경우와 같이 평균하상을 저수로 평균하상으로 이용하는 경우는 종종 저수로가 명확하지 않은 경우가 발생하며, 지점과 위치에 따라 동일한 기준으로 저수로를 정의하기 어렵다는 난점이 있다. 즉, 명확한 수치에 의한 정량화가 곤란하다는 문제를 안고 있다. 예를 들어, 다음에 보이는 [그림 5] 지점(낙동강 No.407

지점. 하구에서 191.14 km)의 경우 어디까지가 저수로 인지 불명확하다. 또한 저수로 정비를 하지 않은 자연적인 하천과 개수에 의해 저수로를 확실하게 만든 하천을 동일 선상에 놓고 비교하기 어렵다는 문제도 지니고 있다. 따라서, 일본의 저수로 평균하상 개념은 검토하지 않기로 한다.

2.3 평균하상의 재정의

따라서, 평균하상을 재정의할 때 기본적으로 만족해야 할 조건은 다음과 같다.

첫째, 확실한 정량적 기준에 입각해야 한다. 즉, 앞서 언급한 것과 같이 일본의 저수로 평균하상은 객관적인 정량화가 곤란하다는 점에서 검토 대상으로 고려하지 않는다.

둘째, 평균하상은 최심선에 충분히 가까워야 한다. 즉, 다음에 보인 [그림 5]와 같이 계산된 평균하상이 평상시 수면보다 높게 나타나는 안된다.

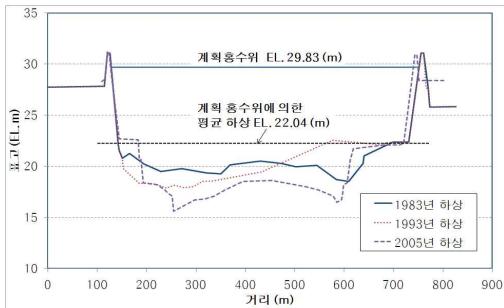


그림 5. 계획 홍수를 이용한 평균하상(낙동강, 191.14 km 지점)

셋째, 평균하상은 명확하고 확실하게 계산할 수 있어야 한다. 즉, 수치 모형을 이용하거나 수계산을 할 때 계산이 안되거나 수치 모형이 발산하는 경우가 없어야 한다는 것이다. 유량이 극히 작은 경우(즉, 평균하상의 계산에 이용되는 수위가 매우 낮은 경우) 종종 수치 모형에 의한 계산이 발산되는 경우가 있는데, 이런 문제가 발생하지 않아야 한다는 것이다.

먼저 ‘하상(river bed)’이라고 하는 용어의 개념을 생각해 보자. 하상이란 국어 사전에서는 ‘하천의 바닥’, 영어 사전에서는 ‘the ground which a river flows over’라

고 정의되어 있다. 이런 점에서 볼 때, 하상은 평상시에 물이 흐르는 ‘저수로의 바닥’이라고 보는 것이 타당할 것이다.

그런데, 계획 홍수량을 이용하여 평균하상고를 산정하면, 평상시 물에 잠기지 않는 고부수 바닥면보다 평균하상이 높게 되는 경우가 있다. [그림 5]는 계획 홍수위(EL. 29.83 m)를 이용한 낙동강의 No.407 지점(하구에서 191.14 km)의 평균하상고를 보여 주고 있다. 이 지점의 평균하상고는 EL. 22.04 m로 이 지점의 하상에 비해 현저하게 높은 위치에 자리하고 있다. 또한, 이 표고는 이 지점의 연평균 홍수위인 EL. 21.13 m 보다 높아서, 평균하상이라는 의미를 무색하게 만든다. 따라서, 평균하상이라는 본래적 의미에 충실하자면, 다른 수위를 기준으로 삼아야 할 것이다.

이 때, 대안으로 상정할 수 있는 것이 연평균 홍수량, 유황곡선상의 풍수량(유황 곡선에서 1년간을 통해 95일은 이보다 작은 유량이 되지 않을 유량, Q_{95} 로 표기)이나 평수량(유황 곡선에서 1년간을 통해 185일은 이보다 작은 유량이 되지 않을 유량, Q_{185} 로 표기) 등을 상정할 수 있다. 다만, 너무 작은 유량에 대해서는 배수위 계산에 문제가 생기기도 하므로, 연평균 홍수량을 기준으로 하는 것이 가장 타당한 것으로 보인다.

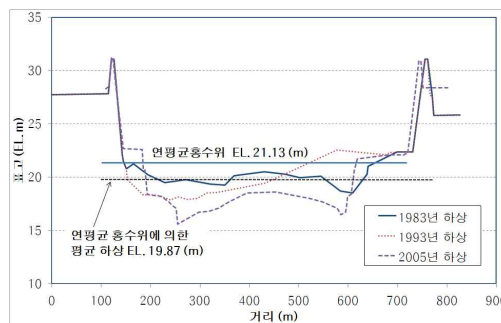


그림 6. 연평균 홍수를 이용한 연평균하상(낙동강, 191.14 km 지점)

연평균 홍수위를 이용하여 동일 지점의 평균하상을 산정하면, [그림 6]에 보인 것과 같이 EL. 19.87 m 이다. 이것은 1983년 하상과 비교해 보면 저수로 하상을 대표할 수 있다는 것을 알 수 있을 것이다.

비슷한 방법으로 평균하상을 연평균 유량 또는 풍수량이나 평수량을 적용해도, 대체적으로 저수로 하상과 비슷한 하상을 얻을 수 있다. 그러나, 유량이 너무 작은 경우, 수심이 지나치게 낮은 곳에서는 상류와 사류가 혼재하게 되어, HEC-RAS에 의한 배수위 계산에서 문제가 발생할 수 있다. 따라서, 연평균 홍수위(1년 빈도 홍수위)를 이용하는 것이 개념상 간단하고 무엇보다 계산이 편리하다는 점에서 이를 채택하기로 한다.

그러나, 현재 사용되고 있는 ‘평균하상’이라는 용어를 계속 사용하면 두 용어의 혼용에 따른 문제가 생긴다. 따라서, 앞으로는 ‘평균하상’이라는 용어 대신에, 기존의 실제 홍수를 이용한 평균하상은 ‘계획평균하상’, 새로 제안한 평균하상은 ‘연평균 홍수량의 평균하상’이라는 의미로 ‘연평균하상’으로 지칭하여 서로 구분하기로 한다.

2.4 하상 변동량 산정 방법

이렇게 정의된 연평균하상을 이용하여 어떤 하천의 하상 변동량을 산정하는 과정은 다음과 같다.

- ① 먼저, 분석할 대상 하천의 두 기간의 하상 측량 자료를 선정한다. 예를 들어, A년과 몇 년 후인 B년의 자료가 있다고 하자. 그러면, 하천 정비 기본계획에서 산정되어 있는 대상 하천의 연평균 홍수량(1년 빈도 홍수량)을 구한다. 하천 정비 기본계획이 수립되어 있지 않을 경우에도 연평균 홍수량은 기존 자료에서 쉽게 산정할 수 있다.
- ② HEC-RAS를 이용하여 A년의 하천 단면에 대해 연평균 홍수량을 입력하고 연평균 홍수위를 산정한다.
- ③ 이 수위에 대해 하천 단면적을 하폭으로 나누어 연평균하상고를 산정한다. 연평균하상고를 산정하면, 그 기간의 연평균하상 변화를 적절하게 나타낼 수 있다.

A년의 연평균 홍수위 대신에 B년의 연평균 홍수위를 이용하여도 마찬가지이다. 다만, 두 기간에 대해 동일 홍수위를 적용해야 한다는 것만 유의하면 된다. 두 개

년도의 HEC-RAS에 의한 배수위 계산 결과를 이용하면, 하상 변동량을 산정할 수 있다.

III. 낙동강의 하상 변동 분석 및 원인

3.1 하상 변동 상황

제시된 방법에 따라 낙동강 분류 구간에 대한 하상 변동 경향을 분석하였다. 적용 대상 구간은 [그림 7]과 같다. 이 때, 하천 구간을 거리에 따라 구별하지 않고, 지천 합류점 사이의 구간으로 나눈 것은 각 구간별로 하천 특성이 다르다는 것을 전제하였기 때문이다. 분석에 이용한 하천 단면 자료는 건설교통부[1-5]와 국토해양부[6][7], 국가수자원관리종합정보시스템[13]의 자료를 이용하였다.

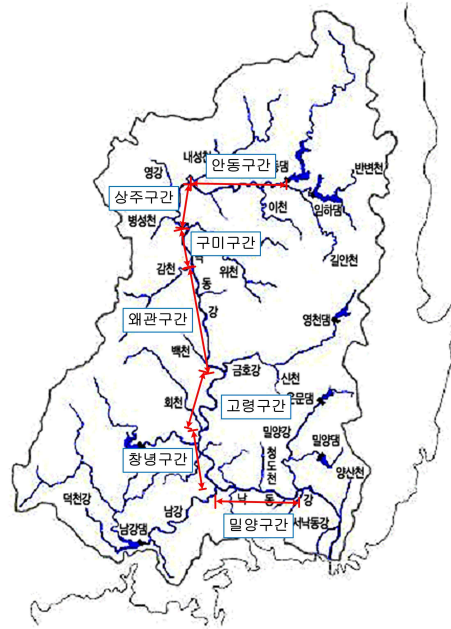


그림 7. 낙동강의 하천 구간 분류

이 구간별로 하류에서부터 상류로 차례대로 하상 변동 결과를 살펴 보면 [그림 8 - 14]와 같다. 이 때 하상 측량을 시행한 시기가 각 구간별로 다르므로, 분류 전체를 한꺼번에 제시하지 않고 구간별 변화만을 제시한다.

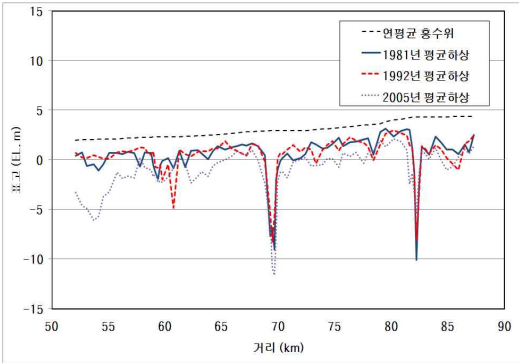


그림 8. 낙동강 밀양 구간의 평균하상 변화

먼저, [그림 8]의 밀양 구간은 밀양강 합류점~남강 합류점 사이의 35.0 km 구간이다. 이 구간은 1981년에서 1992년 사이는 대규모 하상 변동이 없으나, 2005년에는 하류 부분이 전반적으로 2~3 m의 하상 저하를 보이고 있다. 이 구간에 대규모 댐 건설이나 유역의 큰 변화가 없었다는 점을 고려하면, 하상 저하의 주 원인은 골재 채취로 보인다.

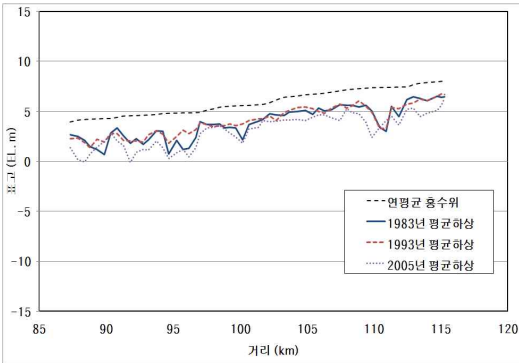


그림 9. 낙동강 창녕 구간의 평균하상 변화

[그림 9]의 창녕 구간은 남강 합류점~회천 합류점 사이의 27.98 km 구간이다. 이 구간에서는 하류의 밀양 구간이나 상류의 고령 구간에 비해 상대적으로 하상 변동이 작은 특징을 가지고 있다. 이 구간은 1993년까지는 안정된 하상을 이루다가, 그 후 지점에 따라 최대 2 m 정도의 하상 저하를 보이고 있다.

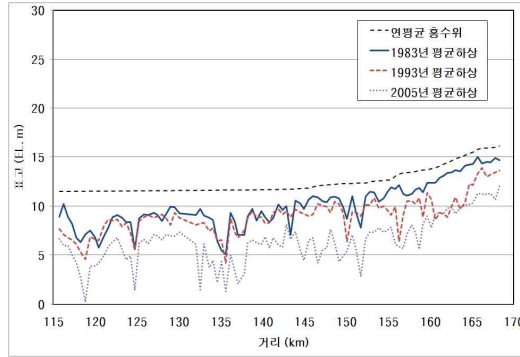


그림 10. 낙동강 고령 구간의 평균하상 변화

[그림 10]의 고령 구간은 회천 합류점~금호강 합류점의 28.98 km 구간이다. 이 구간은 1983~1993년 사이에 상류부가 3 m 정도의 상당한 하상 저하를 보이다가, 1993~2005년 사이에는 전 구간이 3 m 정도의 큰 하상 저하를 보이고 있다. 이 구간에서도 대규모 하상 저하를 보일 수 있는 원인으로 대규모 골재 채취를 들 수 있을 것이다.

[그림 10]은 금호강 합류점~감천 합류점의 왜관 구간으로 구간 길이는 54.44 km 이다. 이 구간에서는 전체적으로 하상이 꾸준히 저하하는 경향을 보이고 있으나, 그 저하 폭은 하류 부분 3~5 정도, 상류 부분이 1~3 m 정도로 하류 구간이 상류 구간에 비해 약 2배 정도로 크다.

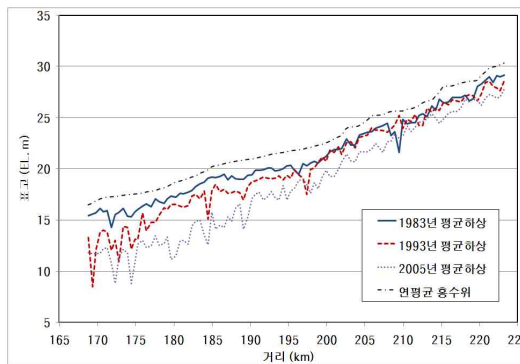


그림 11. 낙동강 왜관 구간의 평균하상 변화

[그림 11]의 왜관 구간은 1993~2005년 사이에 큰 하

상 저하가 발생하였다. 이것은 이 구간에서 대대적인 골재 채취가 있었기 때문으로 보인다. 골재 채취 이외의 큰 유역 변화는 없던 것으로 보인다.

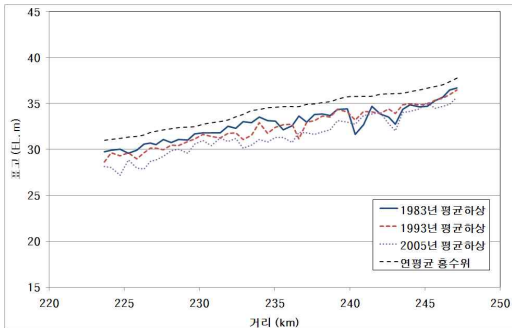


그림 12. 낙동강 구미 구간의 평균하상 변화

[그림 12]의 구미 구간은 감천 합류점~위천 합류점의 23.46 km 구간이다. 구미 구간의 하상 변동 경향성은 왜관 구간과 매우 흡사하나 하상 저하의 규모가 왜관 구간에 비해 현저하게 작다는 것이다. 이 구간에는 1~2 m 정도, 상류에서는 1 m 내외의 하상 저하를 보이고 있다.

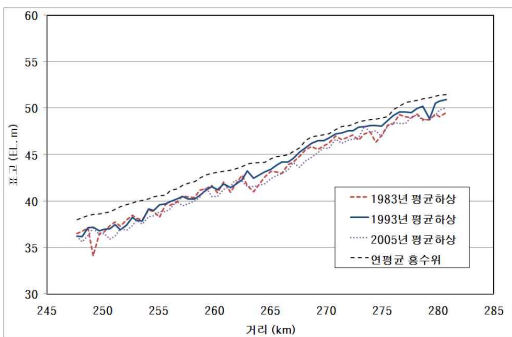


그림 13. 낙동강 상주 구간의 평균하상 변화

[그림 13]의 상주 구간은 위천 합류점~내성천 합류점의 33.06 km 구간이다. 이 구간에서는 하상 저하와 상승이 섞여서 나타나며, 하상 저하의 규모도 최대값이 거의 1 m 정도이다. 즉, 대규모의 하상 저하나 상승이 없이 국부적인 변화만 나타난다고 볼 수 있다.

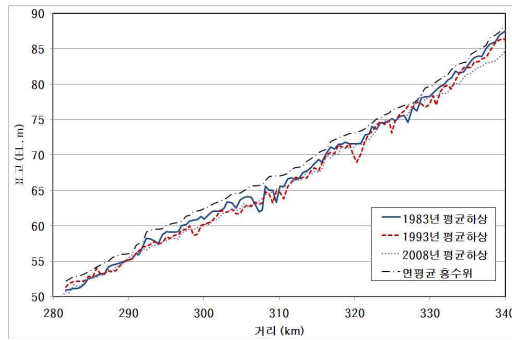


그림 14. 낙동강 안동 구간의 평균하상 변화

[그림 14]의 안동 구간은 영강 합류점~안동댐의 60.09 km 구간이다. 이 구간에서는 하상 변화가 더욱 작아서 최대 하상 저하 또는 상승폭도 1 m 내외이며, 하상 저하와 상승이 혼재되어 나타난다.

3.2 하상 변동의 주요 원인

하상 변동에 영향을 미치는 주요 인자는 댐 건설, 유역 개발, 골재 채취를 들 수 있다. 이 중, 댐 건설은 댐 상류는 하상 상승, 댐 하류는 하상 저하를 유발하며, 유역 개발은 일반적으로 하상 상승을 일으킨다. 골재 채취는 하상 저하를 일으킨다. 본 연구에서 분석한 낙동강 유역에서는 이 기간 동안 대규모 댐 건설은 임하댐(저수량 $5.95 \times 10^8 \text{ m}^3$)이 1993년 12월 준공되었고, 지류인 황강에 합천댐(저수량 $7.9 \times 10^8 \text{ m}^3$)이 1989년 12월에 준공되었다. 이들은 모두 낙동강 본류의 하상 저하를 다소간 촉진시키는 영향을 미쳤을 것이다. 다른 요인으로는 낙동강 유역 내의 꾸준한 도시 확장이 하상 상승에 어느 정도 영향을 미쳤을 가능성이 있으나, 그 크기는 그다지 크지 않을 것으로 보인다. 따라서, 무엇보다도 하상 저하에 큰 영향을 미친 것은 낙동강 본류에서의 골재 채취로 보인다.

[표 1]은 낙동강 유역 지자체의 1999~2006년간 골재 채취 현황을 보인 것이다. 이 표에서 연평균 3,000만 m^3 정도의 골재가 채취되고 있음을 알 수 있다. 다만, [표 1]의 통계에는 산림 골재, 육상 골재 등이 함께 포함되어 있으며, 하천 골재라도 낙동강의 지류와 본류가 혼합되어 있어 추가적인 세부 정보가 없이는 하상 변동과

표 1. 낙동강 유역의 골재 채취량(골재협회 자료)

(단위 : 천m³)

구분	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
대구시	976	917	1,686	1,993	1,883	2,306	1,489	1,722
경북	14,051	12,051	12,707	13,093	15,194	13,496	11,431	12,696
부산시	737	1,350	1,421	715	628	162	32	21
경남	11,551	13,392	13,361	12,965	15,653	18,973	12,313	15,263

연계하기 힘들다. 다만, 앞서 언급한 것과 같이 이러한 연평균 변동량을 낙동강의 구간별 하상 변동량과 개략적으로 같이 나타내보면, 골재 채취가 낙동강 하상 변동의 주 원인임을 확인할 수 있다.

(5) 낙동강 하상 변동의 주 원인은 대규모 골재 채취인 것으로 보인다.

IV. 결론 및 요약

본 연구의 주요 결론은 다음과 같다.

- (1) 하상 변동량 분석을 위해서는 연평균 홍수량(위)을 이용하여 산정한 ‘연평균하상’ 개념을 이용할 것을 제안하였다. 새로 제시된 방법은 기존의 중심 하상이나 계획 홍수량(위)를 이용한 ‘계획평균하상’보다 훨씬 직관적이고 적절하게 하상고를 대표할 수 있는 것으로 보인다.
- (2) 제시된 방법의 타당성을 검증하기 위해 낙동강 본류에 대해 1983, 1993, 2005년의 3개년 자료를 이용하여 하상 변동 상황을 분석하였다. 그 결과 1983~1993년 사이에 낙동강은 대규모 하상 저하는 없었으나, 중류부인 고령과 왜관 구간(하구에서 150~200 km 구간)에서 1~2 m 정도의 비교적 작은 규모의 하상 저하가 발생하였다.
- (3) 1993~2005년 사이에는 낙동강의 하상 저하의 규모가 더욱 커져서 120~200 km 구간에서는 평균적으로 2~3 m, 최대 5 m 정도의 하상 저하가 발생하였고, 그 상류부인 200~240 km 구간에서는 1~2 m 정도의 비교적 작은 규모의 하상 저하가 발생하였다.
- (4) 낙동강의 내성천 합류점 상류 구간(240 km 이상의 구간)에서는 대규모의 하상 상승과 하강이 없으며, 거의 대부분 국부적인 현상에 머물고 있다.

참 고 문 헌

- [1] 건설교통부, *낙동강 하천정비보고서*, 1983a.
- [2] 건설교통부, *낙동강(황강)하천정비기본계획*, 1983b.
- [3] 건설교통부, *낙동강 하천정비보고서*, 1993.
- [4] 건설교통부, *황강, 사천강 하천정비기본계획*, 1992.
- [5] 건설교통부, *황강하천정비기본계획(보완)*, 2007.
- [6] 국토해양부, *낙동강 수계 하천기본계획[변경] [낙동강: 국가하천기점~금호강 합류점] 보고서*, 2009a.
- [7] 국토해양부, *낙동강 수계 하천기본계획[변경] [낙동강: 금호강 합류점~하구], 밀양강, 양산천, 보고서*, 2009b.
- [8] 한국수자원학회, *하천설계기준해설*, 2005.
- [9] 建設省, *河川砂防施設基準(案)同解説 調査編*, 山海堂, 2007.(일본어)
- [10] 國土技術研究センター, *河道計劃檢討の手引き*, 山海堂, 2002.(일본어)
- [11] 國土技術研究センター, *護岸の力學設計法*, 山海堂, 2005.(일본어)
- [12] US Army Corps of Engineers, *HEC-RAS, River Analysis System, User's Manual, Version 4.0*, 2008.
- [13] <http://www.wamis.go.kr>

저 자 소 개

류 권 규(Kwonkyu Yu)

정회원



- 1986년 2월 : 서울대학교 토목공학
학과(공학사)
- 1988년 2월 : 서울대학교 토목공
학과(공학석사)
- 2004년 4월 : U. of Iowa(Ph.D)

- 2006년 9월 ~ 현재 : 동의대학교 토목공학과 교수
<관심분야> : 유사 수리학, 영상 유속계