

# 하도내 유로변화 특성 분석기법

손광익\*, 한건연\*\*, 윤라영\*\*\*

Kwang Ik Son, Kun Yeun Han, La Young Yun

## 요지

하천수를 취수원으로 하는 우리나라의 많은 취수장의 경우, 유사유입 및 유로 변경에 따른 취수장애를 겪고 있으나 유로의 변화특성을 분석하고 취수장 위치선정에 활용할 수 있는 실무적 기법에 대한 연구는 거의 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 유로가 좌·우안으로 수시로 바뀌어 갈수기는 물론 평수기에도 취수장애를 겪고 있어 대책 강구가 요구되는 국내 취수장을 선정하고 취수지점의 지속적인 하상 및 유로변동 현상을 규명하여 안정적인 취수를 가능케 하는 근본적인 대책을 수립하기 위한 유로변화 특성 분석기법을 제시하였다.

연구내용으로는 과거 30여년에 걸친 하도의 평면학적 변화양상을 인공위성영상자료, 지형도자료 및 하도 단면 실측자료를 활용하여 각 지점별 유로변화에 대한 통계분석을 실시하였다. 또한 하도의 진단능력, 마찰속도 등을 산정하여 하상형태를 분석하여 대상구간의 흐름특성을 분석하였다.

분석결과 하도의 사행은 지속적으로 진행되고 있음을 알 수 있으며 특히 취수장부터 상류 수km구간 하도에서는 밤섬이 지속적으로 생겼다 사라지는 현상이 반복되고 있음을 확인할 수 있었다. 취수장 주변에서는 유로의 변동이 하폭의 70%에 달하는 심한 유로변화 특성을 나타내고 있어 취수지점으로 적당치 못함을 알 수 있었으며 주변 상하류 십수 km구간 중에는 유로의 변화가 거의 없는 구간도 존재함을 알 수 있어 본 연구의 유로변화 분석기법이 향후 유로변화 분석 및 취수장 건설 위치 선정에 효과적인 분석기법으로 활용 가능함을 입증하였다.

## 1. 서론

우리나라의 많은 취수장에서는 지속적인 하상 및 유로변동 현상에 의한 취수장애를 겪고 있어 이에 대한 대책 강구가 필요한 실정이다.

본 연구에서는 퇴사 및 유사문제를 안고 있는 낙동강 본류내의 한 취수장을 선정, 현황을 조사하여 취수구 주변의 하상변동 조사 및 퇴사 발생특성 분석을 실시하여 취수장 주변의 유사관련 하천공학적 현황을 분석, 검토하여 안정적 취수대책수립은 물론 향후 건설예정인 취수장 위치 선정을 위한 실무적 기법을 제시하고자 한다.

## 2. 취수장 현황분석

본 연구 대상으로 선정된 취수장에서는 2002년 홍수기시 (태풍 루사 내습) 취수장 앞 유로가 좌안에서 우안으로 변경되어 갈수기 취수에 어려움을 겪고 있어 이에 대한 대책 강구가 필요한 상황으로 최근 20년간 취수장 주변에서의 하상 및 유로변동 상황을 정리하면 다음과 같다.

\* 정회원 · 영남대학교 토목도시환경공학부 부교수 · 공학박사 · E-mail : [kison@yu.ac.kr](mailto:kison@yu.ac.kr)

\*\* 정회원 · 경북대학교 토목공학과 교수 · 공학박사 · E-mail : [kshanj@kyungpook.ac.kr](mailto:kshanj@kyungpook.ac.kr)

\*\*\* 영남대학교 토목도시환경공학부 토목공학전공 · 공학석사 · E-mail : [holon9900@yumail.ac.kr](mailto:holon9900@yumail.ac.kr)

- '83.10 : 취수장 우안설치
- '97. 4 : 유로변경으로 인하여 취수장을 좌안으로 옮겨 신설하고 취수 개시
- '02. 8 : 홍수로 인한 유로 변경(좌안 → 우안)
- '03. 1 : 취수구 앞 퇴사 및 농경로 인한 취수장애 발생

### 3. 유로특성 분석

#### 3.1 하도 및 지형특성

본 과업에서는 각종 하천 수리학적 분석을 위하여 취수장 상류 약 8km부터 22.2km 하도구간에 대한 하도평면 및 하도 종횡단도 자료를 수집하고 분석하였다. 하도의 평면자료는 1970년의 지도자료 및 1975, 1981, 1985, 1989, 1995년 인공위성영상 자료 및 2003년도 선측자료를 이용하여 하도의 평면변화 및 종횡단 변화특성을 분석하였다. 한국수자원공사(1997)의 보고서에서는 하도평면 특성을 파악하기 위하여 1970, 1975, 1983, 1991, 1994년도에 발행된 지형도를 이용하였으나 1975년도 인공영상자료를 이용한 하도의 평면적 형태와 1975년도 지형도를 이용한 하도의 평면형상을 비교 분석한 결과 다소의 차이가 발견되어 인공영상자료를 취득하지 못한 1970년도 및 2003년도를 제외한 나머지 기간에 대해서는 인공위성 영상을 이용하여 하도의 평면변화를 분석하였다. 단, 1970년도의 하도변화는 지형도를 이용하였으며 2003년도의 하도변화는 측량자료(한국수자원공사, 2003)를 활용하였다.

낙동강 유역 조사단에서 1969년 및 1970년에 낙동강 유역내인 임하, 봉촌, 및 창리동 20개 지점에 대해 부유사량을 측정하여 각 유역별 비유사량 및 낙동강 전유역의 유사량을 검토 분석하였다. 하천별 유사량 및 하상구조재료 입도분석, 하상구성재료의 분류, 하상구성재료의 특성을 분석하였다. 하천별 유사량과 비유사량을 비교 하였으며, 낙동강 중상류지역의 지류별 유사량을 검토하였다.

1997년도 조사된 하상재료의 입도는 1983년 및 1993년에 비하여 크게 나타나고 있는데 이는 하상재료의 크기가 점차 증가하고 있는 것으로 판단된다.

#### 3.2 하도의 기하학적 특성

Lane (1967) 식에 의한 하도형태 판단 기준 식은 아래와 같으며 이 식을 이용하여 하천의 형태를 사형하천이나 망상하천으로 분류할 수 있다.

$$K = SQ^{1/4} \tag{1}$$

- $K < 0.0017$  : 사형하천
  - $0.0017 \leq K \leq 0.01$  : 천이하천
  - $0.01 < K$  : 망상하천
- 여기서, Q ; 유량 (cfs)

분석결과 취수장 주변의 유량  $Q = 417,525 \sim 530,709$  cfs, 경사  $S = 0.00026$ 으로 비교적 사형과 망상하천을 오가는 불안정한 하도형태를 보일 것으로 예측되었다.

Schumm(1963)은 하도형태를 만곡도를 활용하여 표현하고자 하였다. 사형도 분석에 의한 하도특성을 분류하기 위하여 인공위성영상자료를 이용하여 연도별 사형도를 산정하였으며 과업구간의 경사  $S = 0.00026$ , 사형도  $p = 1.15 \sim 1.41$ 로 직선하천구간에 속하는 특성을 보이고 있다.

또한 만곡도(p)에 따른 서술적 구분에 따르면 S2 또는 S1 단계로 사형 정도가 심하지 않은 하천의 특성을 보이고 있다.

### 3.3 하상의 형태특성

하상형태를 예측하는 도학적 기법으로는 Shields diagram, Simons and Richardson, Athallah, Charbert 와 Chanvin, Englund와 Hansen 방법(Simons, Li&Associates, Engineering Analysis of Fluvial System, 1982)이 있다. 표 1에 나타나는 바와 같이 대부분의 과업구간은 Lower Flow regime에 속하며 100년빈도 홍수에 대해서는 dune의 특성을 보일 것으로 예측된다. 따라서 본 과업구간은 흐름에 대한 저항이 크고 유사량은 심하지 않은 특징을 지니고 있는 것으로 판단된다.

표 1. 하상형태 예측을 위한 산정표

단면 번호	stream power	R/D <sub>50</sub>	U/U <sub>*</sub>	Shields	Charbert	Simon	Athallah	Englund	비고
468	0.079	10152	10.02	D	D	D	L	D	
464	0.065	9628	9.93	D	D	D	L	D	
460	0.507	10448	10.07	D	D	D	L	D	
456	0.121	11918	9.88	D	D	D	L	D	
453	0.192	12005	9.91	D	D	D	L	D	취수장
452	0.157	12006	9.90	D	D	D	L	D	
448	0.228	8619	9.85	D	D	D	L	D	
444	0.090	9576	10.03	D	D	D	L	D	
440	0.444	18428	10.15	D	D	D	L	D	
436	0.559	18096	10.12	D	D	D	L	D	
432	0.321	13312	10.01	D	D	D	L	D	
428	0.668	11293	9.74	D	D	D	T	D	

여기서, D<sub>50</sub> : Median Sediment Size, R : Hydraulic Radius, U : Flow Velocity, U<sub>\*</sub> : Shear Velocity  
 D : Dunc, T : Transition, L : Lower Flow Regime

## 4. 위성영상자료를 이용한 분석

### 4.1 위성영상자료

하도의 평면자료는 1970년의 지도자료 및 한국수자원공사에서 제공한 1975, 1981, 1985, 1989, 1995 및 2003년 인공위성영상 자료를 이용하여 유심부의 평면변화 양상을 분석하였다. 한국수자원공사(1997)의 하도 평면 자료는 지도상에서 추출한 자료로 1970, 1975, 1983, 1991, 1994년도에 발령된 지형도를 이용하였으나 1975년도 인공영상자료와 1975년도 지형도를 이용한 하도의 평면형상을 비교 분석한 결과 다소의 차이를 발견하여 인공영상자료를 취득치 못한 1970년도 및 2003년도를 제외한 나머지 기간에 대해서는 인공위성 영상을 이용하여 하도의 평면변화를 분석하였다. 1970년도의 하도변화는 지형도를 이용하였으며 2003년도의 하도변화는 측량자료(한국수자원공사, 2003)를 활용하였다.

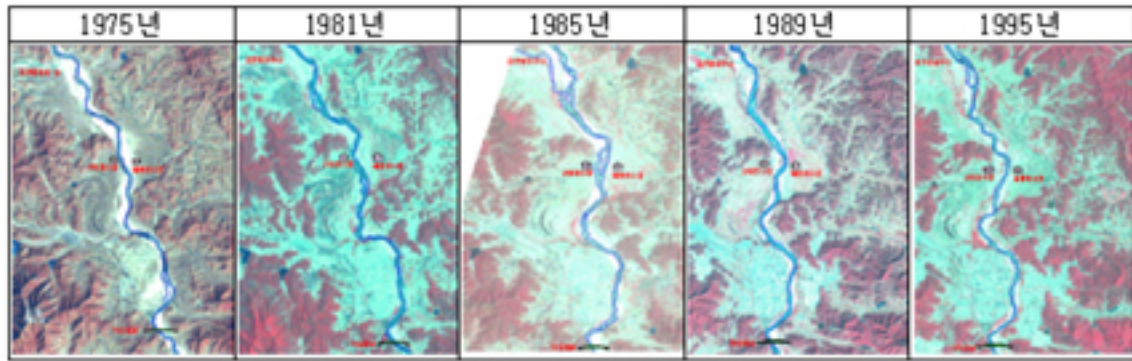


그림 1. 취수장 상·하류의 유로형태변화 양상

#### 4.2 하도평면변동특성

그림 2는 위성영상자료를 이용하여 1970년부터 2003년까지 하도 중심선(1995년 기준 좌안 및 우안 제방의 중심을 연결한 선)으로부터 유심부까지의 이격거리를 표시한 그림이다.

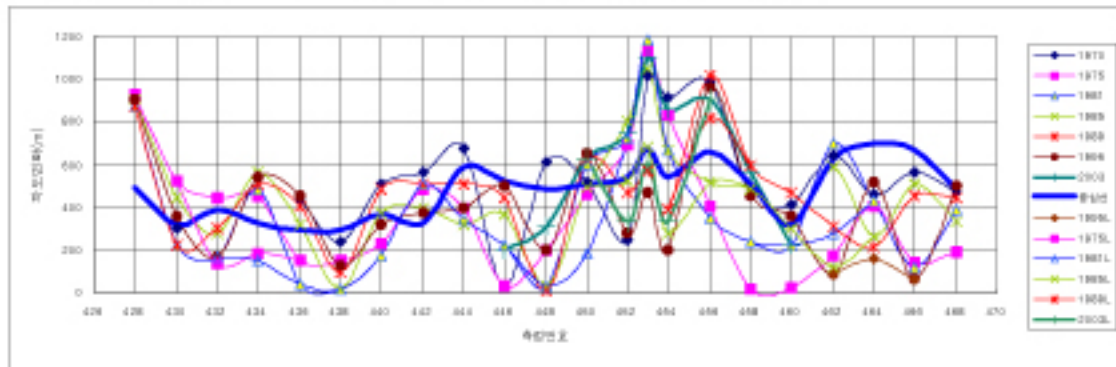


그림 2. 하도변화 (1970-2003)

유심부의 좌장은 반복적으로 길었다가 짧아지는 변화를 보이고 있으며 취수장 주변 및 취수장 상류 8km 지점 두 곳에서는 밤섬이 주기적으로 생겼다가 사라지는 현상이 반복되어 안정적이지 못한 반면 낙동대교 주변에서는 유심부의 변화가 가장 작아 안정적인 하도의 효용을 보이고 있음을 알 수 있다.

#### 4.3 하도변화의 통계적 특성

지방내에서의 유심부의 변화는 제방끝단에서부터 유심부까지의 거리와 하폭에 대한 비를 중심으로 1970년부터 2003년까지의 유심부 평균치와 표준편차를 이용하여 비교하였으며 동일기간 중 유심부의 최대편차 또한 하폭에 대한 비로써 유심부의 변화정도를 비교하였다. 그림 3은 하도 중심부에 섬이 있을 경우 우안으로 흐르는 하도의 유심에 대한 각종 통계값과 좌안으로 흐르는 하도의 유심에 대한 각종 통계값을 나타내고 있다.

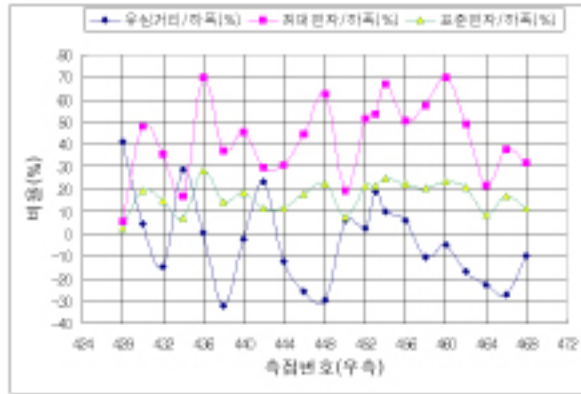


그림 3. 유심위치, 유심이동 표준편차 및 유심이동 최대편차에 대한 하폭의 비

## 5. 결론

본 연구는 연구대상 취수장의 퇴사문제 해결을 위한 주변 하천의 각종 하천수리특성 현황자료를 분석하고 검토하여 유로의 변화 특성 및 현황을 파악하고 이를 통한 취수장에 문제를 해결하기 위한 최적의 방안을 모색하고자 하였다. 이와 같은 목적을 달성하고자 수행된 본 연구의 결과는 다음과 같다.

1. 1975, 1981, 1985, 1989 및 1995년의 인공위성영상자료와 1970년의 지형도자료, 2003년의 하도단면 실측 자료를 활용하여 과거 30여년에 걸친 하도의 평면학적 변화양상을 분석하였다.
2. 하도의 전단용력, 마찰속도 등을 산정하여 하상형태를 분석하였으며 과업구간의 하천은 Low flow regime의 특성을 나타낸다.
3. 하도의 사행은 지속적으로 진행되고 있음을 알 수 있으며 특히 취수장 상류 약 8km 지점부터 22km 구간에 대한 유로의 변화특성을 분석한 결과 취수장 상류 8km 지점으로부터 취수장까지의 하도에서는 받침이 지속적으로 생겼다 사라지는 현상이 반복되고 있으며 유로의 변동이 하폭의 70%에 달하는 심한 유로변화특성을 나타내고 있어 취수지점으로 적합지 못함을 알 수 있다. 측점번호 428, 432, 442, 464(1993년 기준)가 유로의 변화가 가장 작은 구간으로 확인되었다.

## 참고문헌

1. 김광모, 김영근(1981.6) '80 낙동강 하상변동조사, 대구지방국토관리청, 낙동강개발건설사무소
2. 김광모, 조정부(1982.6) '81 낙동강 하상변동조사, 부산지방국토관리청, 낙동강개발건설사무소
3. 박종욱, 최계운, 이순탁, 안경수, 김성원, 강경석(1997.11) 낙동강 본류 유로변경예측연구, 한국수자원공사
4. 홍영하, 김무연(1993.4) 낙동강 하천정비 기본계획(보안III) (남강합류부~만변천합류부), 건설부
5. Brigham Young University Engineering Computer Graphics Laboratory.(2000) SED-2D-WES version 4.3 User's Manual
6. Brigham Young University Engineering Computer Graphics Laboratory.(2000) SMS(Surface Water Modeling System) : Reference Manual
7. Simons, Li&Associates.(1982) Engineering Analysis of Fluvial System.