

자연형 소하천의 종단측량 표준간격 연구

Research on Standard Cross Sectional Survey Length of Cross-to-Nature Sanggachun Stream

박승기¹⁾ · 정남수²⁾
Park, Seung Ki · Jung, Nam Su

Abstract

There is a lack of survey standard for cross-to-nature small stream. In this research, we analyzed cross sectional survey data of Sanggachun stream, calculated variant quantity of soil, and suggested a survey interval. Descriptive analysis of cross sectional survey data shows the trend of stabilization; mean interval of survey is 14.91m(min: 7.0m, max: 39m), mean cross sectional variances are 0.82m²(min: -3.80m², max: 8.11m²) in 2004, 0.24m² (min: -5.25m², max: 8.55 m²) in 2005. Calculating results of variance quantity based on data of 65 cross sections show similar trends in 15m, 30m, 45m, 60m but different with results of 75m, 90m with Post-Hoc Test in statistical verification. We suggested standard cross sectional survey length of cross section for natural style small stream as 50m based on fitting results of standard variation of erosion and cumulation quantity by survey interval.

Keywords : stream survey, survey standard, natural style small stream

초 록

하천 구조물의 안전이나 고유기능에 미치는 영향을 파악하기 위해 하상변동 조사가 수행되고 있는데 농어촌에 산재하는 자연형 소하천의 경우 조사구간에 대한 기준이 명확하지 않다. 본 연구에서는 자연형 소하천정비 시범사업을 통해 하상단면이 정비되고 이후에 변동특성을 파악할 수 있는 구간을 대상으로 세굴과 퇴적특성을 분석하고 변량분석(ANOVA)을 통하여 평균길이별 세굴 및 퇴적량의 변화가 유의한 차이가 있는가를 판단하며 조사간격에 따른 표준편차 변화율을 바탕으로 적절한 종단측점 간격을 제시하고자 하였다. 단면조사자료의 기술분석 결과 평균조사간격은 14.91m(min: 7.0m, max: 39m)였고, 평균 단면 변동량은 공사시행 1차년도인 2004년도, 공사시행 2차년도인 2005년도에 각각 0.82m²(min: -3.80m², max: 8.11m²)와 0.24m² (min: -5.25m², max: 8.55m²)였다. 단면 변동량과 단면간 길이를 바탕으로 계산된 침퇴적량을 바탕으로 집단간 차이를 알아보기 위한 동질성 검정을 실시한 결과 15m, 30m, 45m, 60m에서 유사하였으나 75m와 90m에서는 다른 집단 특성을 나타내었다. 하상변동 조사 측정간 거리가 짧으면 경제적인 비용이 증가하고 측정간의 거리가 길으면 하천변동특성을 제대로 반영할 수 없게 되므로 평균조사길이별 산정된 침퇴적량의 표준편차를 도시한 결과를 바탕으로 본 연구에서는 자연형 소하천의 단면조사 길이를 50m로 제안하였다.

핵심어 : 하천측량, 측량기준, 자연형 소하천

1. 서 론

소하천은 하천법의 적용을 받지 않는 하천중에서 시랑 · 군수 또는 자치구의 구청장이 그 명칭과 구간을 정

하여 지정 · 고시한다. 소하천으로 지정되는 대상은 유황으로 보아 일시적이 아닌 상당기간 유수가 있거나 예상되는 구역으로 그 규모가 2m이상, 총연장 500m이상 이 대상이 된다. 소하천의 지형학적 특성은 유역면적이

1) 정회원 · 국립공주대학교 지역건설공학과 부교수(E-mail: skpark@kongju.ac.kr)

2) 교신저자 · 정회원 · 국립공주대학교 지역건설공학과, 조교수(E-mail: ruralplan@kongju.ac.kr)

작고 경사가 급해 유속이 빠르며, 대부분 농어촌, 산간 지방에 분포해 있다. 소하천의 수문기상학적 특성은 강우량 분포가 평지부 보다도 산지부에서 훨씬 많고 국지성 집중호우에 지배되며 홍수도달시간이 30분 이내로 짧고 침투유출량이 크다(심재현, 2007).

우리나라의 소하천의 실상은 대부분 도시나 시골마을의 구거 형태나 산간지와 농경지의 배수로 형태로 되어 있으며 1970년대 새마을 사업의 일환으로 정비된 이후 체계적이고 지속적인 정비와 유지관리가 이루어지지 못하고 매년 극심한 수해를 당하며 피해복구와 보상에 막대한 국가예산이 소요되고 있다. 최근에는 산업화의 진전과 국민생활수준의 향상에 따라 물소비량의 증가와 더불어 산업폐수와 축산폐수의 무처리 방류량이 증가하고 생활쓰레기의 발생량까지도 증가하여 소하천의 수질 및 생활환경이 크게 악화되고 있는 실정이다(국립방재원, 1999).

소하천의 하상은 자연적인 요인과 인위적인 요인에 의하여 근본적으로 끊임없이 변화하는 속성을 가지고 있다. 인위적 요인으로는 댐 축조, 웨어 축조, 하천단면의 변화, 교량건설 등 상류경제조건의 변화에 의한 홍수유량과 토사공급의 감소와 하상골재채취 및 준설에 의한 하도의 변화 등을 들 수 있다. 자연적인 요인으로는 이상 대홍수의 발생 또는 홍수가 발생하지 않는 무 홍수기간이 일정기간 지속되는 경우를 들 수 있다.

하상상승에 의하여 통수능이 감소되어 홍수위가 상승할 수 있고, 하상저하는 제방, 교량 등의 하천구조물 안전에 영향을 줄 수 있다. 이러한 이유로 해서 하상준설과 골재채취를 포함한 하도정비를 시행할 때는 하상변동 영향을 정성적, 정량적으로 충분히 검토하여 장래의 하상변동량과 경향을 예측하는 것이 필요하다(건설교통부, 2002).

하상변동 조사는 하상변동이 하천의 홍수소통 능력과 호안, 수제, 교각, 취수시설, 댐 등 하천 구조물의 안전이나 고유기능에 미치는 영향을 파악하기 위하여 수행하고 있다. 그러나 하상변동조사의 측정간의 거리기준은 하천의 규모, 사업의 목적 등에 따른 객관적인 기준이 명확하지 않아 적용에 어려움이 있는 실정이다. 하상변동 조사 측정간 거리가 짧으면 경제적인 비용이 증가하고 측정간의 거리가 길으면 하천변동특성을 제대로 반영할 수 없게 된다(정순찬, 2006).

따라서 본 연구는 상가천 자연형소하천정비 시범사업(박승기, 2004)에서 10에서 30m 종단측점 간격으로 실시

한 하상변동조사 결과를 바탕으로 사업구간의 세굴과 퇴적특성을 분석하고 변량분석(ANOVA)을 통하여 평균 길이별 세굴 및 퇴적량의 변화가 유의한 차이가 있는가를 판단하며 조사간격에 따른 표준편차 변화율을 바탕으로 적절한 종단측점 간격을 제시하고자 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 연구유역의 개요

연구유역은 충남 예산군 덕산면 상가리의 상가천이며 덕산면 소재지에서 북서쪽으로 위치하고 있다. 상가천의 유역경계는 해발 약 678m의 가야산을 중심으로 석문봉, 옥양봉, 일낙산, 원효봉이 있어 비교적 험준한 산지 지형을 이루고 있으며, 북쪽으로는 예산군 봉산면과 서산시 운산면이, 서쪽으로는 서산시 해미면이, 남쪽으로는 예산군 덕산면 대치리가 위치하고 있다. 상가천은 산지 지형을 이루고 있는 유역의 북서쪽에서 발원하여 평야지로 이어지는 유역의 동남쪽으로 유하하여 옥계저수지를 이루고 덕산천을 통하여 삼교천 본류에 합류되며 유역도는 그림 1.과 같다.

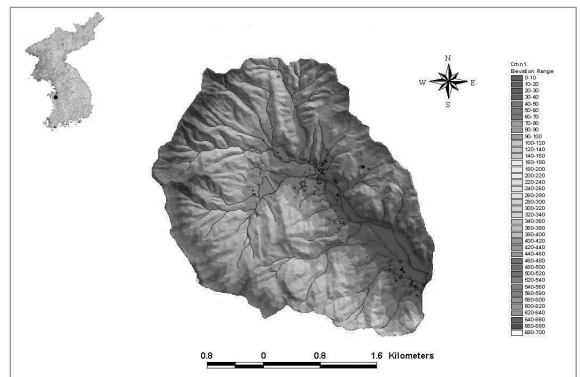


그림 1. 상가천 유역도

2.2 대상하천의 조사단면 선정

국가하천을 대상으로 하는 하상변동조사와 하천정비 기본계획 등에서 적용되는 종단측점 간격은 500m 내외를 기준으로 하고 있으며(건설교통부, 2002), 한국수자원학회의 경우 하천정비기본 계획 및 하상변동조사 측량에 적용하는 측정간의 거리를 보통 150m 또는 계획폭의 1/3에서 1/2의 간격으로 제안하고 있으며, 하폭이 급변하거나 보 및 교량 등 하천 횡단구조물이 설치되어

있는 지점 등에서는 추가 측점을 설치하도록 하고 있다. 또 종·횡단 측량 조사의 조사 단면은 거리 측량표와 일치하는 횡단면을 취해 200m 간격을 표준으로 하여 흔적 조사구간의 간격은 직선 하도에서 50에서 100m를 원칙으로 하되 필요시 간격을 조정할 수 있도록 한다(한국수자원학회, 2002).

지방하천의 종단측점 간격은 덕산천, 대치천 하천정비기본계획, 신양천 하천정비기본계획에서는 100m로 하였으나 속사천 하천정비기본계획에서는 200m로 하여 관리하는 지자체에 따라 차이를 보이고 있다. 행정자치부는 소하천의 종단측점 간격은 계획기관의 사업목적에 따라 20~50m로 하고 있으나(국립방재원, 1999) 소하천 정비 종합계획에서 보는 것과 같이 종단측점 간격을 50m로 적용하고 있어 소하천의 하상퇴적 및 국부적인 세굴현상을 명확하게 나타내지 못하고 있다(예산군, 2002).

상가천 자연형 소하천 정비사업 시행 이후 홍수 유출에 의한 하상의 형상변화를 구명하기 위하여 하천 단면 조사를 실시하였다. 조사단면은 모니터링 구간에서 적용된 자연형 호안공법과 하천의 물리적 특성이 반영될 수 있도록 10에서 30m 간격으로 총 65단면을 선정하였으며 단면 구획도는 그림 2.와 같다. 선정된 단면은 좌안과 우안의 호안구조물에 기준점을 설치하였고 각각의 기준점에는 단면번호, 좌표 및 EL. 값을 명시한 표식(Tag)를 부착하였으며 5개의 CP 측점을 활용하여 기준점의 변동을 검정하였다.

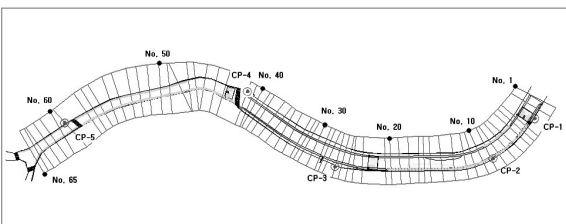


그림 2. 대상지역 조사단면 지점

2.3 하천단면조사

2.3.1 조사 방법 및 일정

선정된 단면의 좌·우측 기준점에 줄자를 직선으로 고정시킨 후 하상의 형상을 고려하여 스타프를 이용하여 측정하였다. 하천단면 조사는 공사 완료 직후인 2004년 7월 1일에 1차 조사를 실시하였고 2004년 홍수후인

10월 15일에 2차 조사를 하였으며 2005년 홍수후인 9월 15일에 3차 조사를 실시하였다.

2.3.2 세굴량과 퇴적량 산정

하천 횡단면변화량은 처음으로 조사한 1차 조사 단면 자료를 기준면으로 하여 현장조사 결과를 중첩시켜 세굴과 퇴적을 판정하였고 세굴량과 퇴적량은 식(1)과 같이 양단면평균법을 사용하여 구하였다. 하천 종단면도는 횡단면 조사결과를 바탕으로 각 단면의 평형 하상고를 구하여 결정하였다.

$$V = \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) \times L \quad (1)$$

여기서, V : 세굴 또는 퇴적량(m³)
 A1, A2 : 측점 단면적(m²)
 L : 측점거리(m)

2.3.3 자료분석

본 연구에서 산정된 세굴 및 퇴적량의 통계처리는 SPSS 13.0프로그램을 이용하여 기술분석과 변량분석을 실시하였다. 조사지점별 단면변화 특성을 파악하기 위하여 산탄도 작성과 기술분석을 실시하였으며, 조사구간별의 변화에 따른 세굴 및 퇴적량 산정량의 유의한 차이가 있는가를 알아보기 위하여 사후검정(Post-Hoc Test)을 실시하였다(강주희, 2007). 사후검정 방법으로는 LSD, Bonferroni, Sidak, Tukey, Duncan, Dunnett Scheffe 등 여러 가지 방법이 있는데 Tukey와 Duncan은 집단의 수가 같을 때 사용하는 방법이고, Scheffe는 집단의 수가 다를 때 쓰도록 고안된 방법으로 본 연구에서는 전체 집단에서 단위 구간을 제외하는 방식으로 세굴 및 퇴적량을 산정하였으므로 Scheffe의 방법을 사용하였다(Maxwell, 2004).

3. 자연형 소하천의 하상변동 조사 기준 개발

3.1 세굴 및 퇴적단면 변화 특성 분석

그림 3.에 나타난 바와 같이 자연형 소하천의 경우 전체적으로는 2004년과 2005년 간의 큰 차이가 나타나지는 않고 있으나 세굴과 퇴적곡선의 변화가 짧은 구간에서 이루어지고 있음을 알 수 있어 현재와 같이 100m 또는 200m의 조사가 이루어질 경우 많은 오차를 포함할

수 밖에 없다.

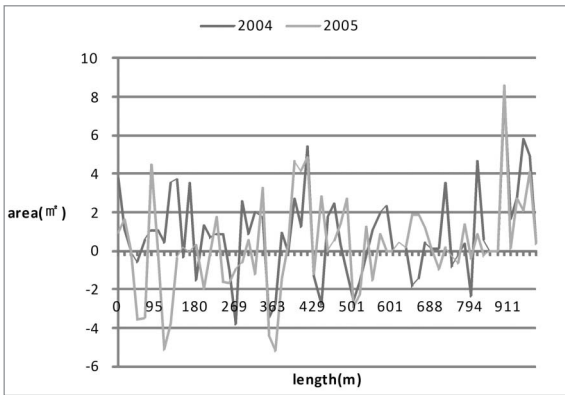


그림 3. 조사 구간별 단면변화 (2004년 2005년)

표 1.은 단면조사 자료에 대한 기술분석 결과이며, 단면간 길이는 평균 14.91m 이며, 최소 7.00m, 최대 39m이며 침퇴적 단면은 2004년도 최소 -3.80m², 최대 8.11m²에서 2005년도 최소 -5.25m², 최대 8.55m²로 극부적 변화는 증가하였으나 평균으로는 0.82m²에서 0.24m²로 안정화되어 가고 있는 것으로 나타났다. 이는 우호섭(2002)과 김기홍(2007)이 지적한테로 하도변경이 이루어진 2004년도 하상저하 현상이 급격히 진행되며, 저수로 형성의 활성화로 세굴의 발생이 심화되나, 이후 시간이 흐름에 따라 진행률이 급속이 줄어드는 것으로 파악할 수 있다.

표 1. 년도별 단면조사 기술분석

	N	Minimum	Maximum	Mean	Std.
Survey length (m)	64	7.00	39.00	14.91	6.64
Cross section in 2004 (m ²)	65	-3.80	8.11	0.82	2.27
Cross section in 2005 (m ²)	65	-5.23	8.55	0.24	2.42

3.2 조사 평균길이에 따른 세굴 및 퇴적량 변화

2004년, 2005년도에 조사된 65개의 단면변화자료를 바탕으로 그림 4.와 같이 평균길이별 세굴 및 퇴적량의 변화를 평균, 최대, 최소, 표준편차에 대하여 각각 살펴 보았다. 조사 평균길이에 따른 세굴 및 퇴적량의 변화를 살펴보기 위하여 중간의 조사단면을 제외시키는 방법을 사용하였다. 즉, 단면간의 평균길이가 약 15m이므로 1 단면을 제외시키면 평균간격 30m를 얻을 수 있다. 이와 같은 방식으로 90m까지의 평균길이를 산정하였고 이를 이용한 세굴 및 퇴적량을 계산하였다. 그 결과 평균길이

60m 정도까지는 유사한 범위를 나타내었으나, 75m 이상이 되면서 변화가 심해짐을 알 수 있었다. 특히, 최소 최대 등 극값의 변화가 크게 나타났다.

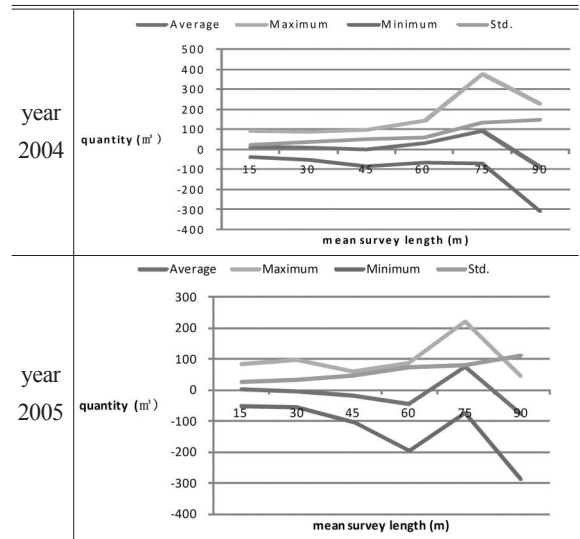


그림 4. 평균길이별 침퇴적량 변화

이러한 변화의 차이를 통계적으로 검증하기 위하여 사후검정(Post-Hoc Test)을 실시하였다. 그 결과 표 2, 표 3과 같이 신뢰도서 95%에서 2004년, 2005년 모두 15, 30, 45, 60까지는 동일한 분산특성을 갖는 자료로 분석되었다.

표 2. Scheffea,b 동질성 분석 (2004년)

Mean survey interval (m)	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
90	10	-90.81		
45	20		-	2.16
30	30		6.79	
15	60		10.43	
60	15		29.99	29.99
75	12			86.97
Sig.		1	0.82	0.23

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
 a Uses Harmonic Mean Sample Size = 17.143.
 b The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

하상단면조사를 통한 세굴 및 퇴적량의 산정은 단면간격이 좁을수록 참값에 근접하지만 조사기간 및 인력

표 3. Scheffé, b 동질성 분석 (2005년)

Mean survey interval (m)	N	Subset for alpha = .05		
		1	2	3
90	10	-80.10		
60	15	-46.22	-46.22	
45	20		-17.28	
30	30		-2.75	
15	60		1.78	
75	12			72.58
Sig.		0.58	0.19	1

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.
 a Uses Harmonic Mean Sample Size = 17.143.
 b The group sizes are unequal. The harmonic mean of the group sizes is used. Type I error levels are not guaranteed.

의 한계로 일정수준의 오차를 용인할 수밖에 없다. 분석된 내용을 바탕으로 평균길이의 증가에 따른 표준편차의 변화율로 Fitting curve를 그려본 결과 그림 5.와 같이 2004년도에는 최소점 45m, 2005년도에는 최소점 50m를 구할 수 있었다. 즉, 조사 평균길이의 감소에 따라 조사 기간 및 인력이 증가한다고 가정하면 45m, 와 50m까지가 효용의 한계로 파악할 수 있다. 동질성 분석에서 60m 이하는 동일한 분산특성을 갖는 것으로 나타났으므로

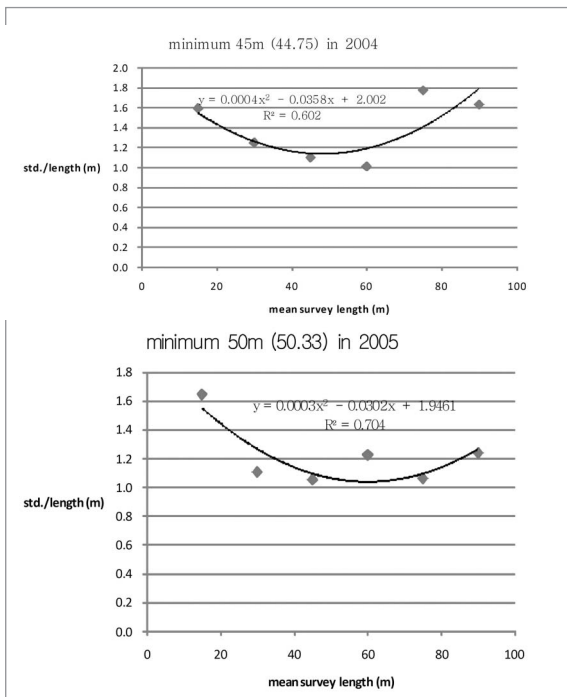


그림 5. 평균길이별 표준편차 변화

대상지역의 자연형 소하천 하상변동의 조사기준은 50m로 정할 수 있는 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

본 연구에서는 하상변동조사 결과를 바탕으로 세굴과 퇴적특성을 분석하고 변량분석(ANOVA)을 통하여 평균 길이별 세굴 및 퇴적량의 변화가 유의한 차이가 있는가를 판단하고 조사간격에 따른 표준편차 변화율을 바탕으로 적절한 종단측점 간격을 제시하고자 하였다. 그 결과는 다음과 같다.

1. 2004년도, 2005년도 단면조사 자료에 대한 기술분석 결과 단면간 길이는 평균 14.91m 이며, 최소 7.00m, 최대 39m이며 침퇴적 단면은 2004년도 최소 -3.80m², 최대 8.11m²에서 2005년도 최소 -5.25m², 최대 8.55m²로 국부적 변화는 증가하였으며 평균으로는 0.82m²에서 0.24m²로 안정화 되어 가고 있는 것으로 나타났다.
2. 조사 평균길이에 따른 세굴 및 퇴적량의 변화를 살펴보기 위하여 2004년, 2005년도에 조사된 65개의 단면변화자료를 바탕으로 평균길이별 세굴 및 퇴적량의 변화를 살펴보았다. 그 결과 평균길이 60m 정도까지는 유사한 범위를 나타내었으나, 75m 이상이 되면서 변화가 심해짐을 알 수 있었다.
3. 변화의 차이를 통계적으로 검증하기 위하여 사후검정(Post-Hoc Test)을 실시하였다. 그 결과 신뢰도서 95%에서 2004년, 2005년 모두 15, 30, 45, 60까지는 동일한 분산특성을 갖는 자료로 분석되었다.
4. 분석된 내용을 바탕으로 평균길이별 표준편차의 변화로 Fitting curve를 그려본 결과 2004년도에는 최소점 45m, 2005년도에는 최소점 50m를 구할 수 있었다. 동질성 분석에서 60m 이하는 동일한 분산특성을 갖는 것으로 나타났으므로 대상지역의 하상변동의 조사기준은 50m로 정할 수 있는 것으로 판단되나, 1개의 구역만으로는 한계가 있으므로 향후 다른 특성을 소하천 유역에 대해 추가적인 연구가 필요하다.

참고문헌

강주희 (2007), SPSS프로그램을 활용한 따라하는 통계

- 분석, 크라운출판사, pp. 48-52.
- 건설교통부 (2002), 하도정비지침 -안전하상설계-, 건설교통부, pp. 1-50.
- 국립방재원 (1999), 자연형 소하천 정비공법 개발, 행정자치부, pp. 1-63.
- 김기흥, 이형래 (2007), 소하천의 자연형하천 정비사업에 따른 교란 및 적응 평가, 한국환경복원녹화기술학회지 한국환경복원녹화기술학회, 제 10권 제 3호, pp. 71-87.
- 대전지방국토관리청 (2002), 금강수계 하천정비기본계획(금강, 갑천, 유등천, 미호천, 논산천, 노성천, 강경천), 건설교통부, pp. 17-18.
- 박승기 (2004), 자연형 소하천 정비 시범사업, 한국관개배수 11(2), pp. 297-306.
- 심재현 (2007), 자연형 소하천 정비공법 개발(IV), 국립방재연구소, pp. 1-3.
- 우효섭 (2002), 하천수리학, 청문각, pp. 574-575.
- 예산군 (2002), 소하천정비 종합계획 보고서(II-1, II-II), 국립지리원, pp. 39-48.
- 이석배, 최보용 (2007), RTK GPS에 의한 하천현황측량, 한국측량학회지, 한국측량학회, 제 25권 제 3호, pp. 267-275.
- 정순찬, 김태식, 지계환 (2006), 우리나라의 바람직한 하상변동조사 제안, 한국수자원학회 2006년도 학술발표회논문집, 한국수자원학회, pp. 1357-1361.
- 한국수자원학회 (2009), 하천설계기준 해설, 한국수자원학회, pp 130-135.
- Maxwell, S. E. and Delaney, D. H. (2004), *Designing Experiments and Analyzing Data: A Model Comparison, Lawrence Erlbaum Associates*, pp. 217-218.

(접수일 2010. 05. 28, 심사일 2010. 06. 15, 심사완료일 2010. 06. 23)