

자연형 소하천 정비에 따른 하상변동 특성

Riverbed Change Special Quality by Nature Style Small Stream Improvement

정해원 · 정재훈 · 윤정환 · 박승기 (공주대)

Jeong, Hae Won·Jeong, Jae Hoon·Yoon, Jeong Hwan·Park, Seung Ki

Abstract

This study was performed for the analysis of the variation characteristics on riverbed according to the arrangement of stream. It was monitored of the variation progress of riverbed dependent on the elapsed time after the arrangement and It was studied that the hydraulic adjustment of the riverbed caused by the variation of the riverbed. The large amount of deposit just after the construction in which the riverbed was arranged to natural form was come from the reduction of flow rate by the installed artificialities such as weirs and stone weirs and by the stones or the concrete blocks attached to the stream sides of riverbanks. This phenomenon was well consistent with the usual characteristics that the accumulation is induced on upper stream of hydraulic artificialities and the erosion is induced on down stream of hydraulic artificialities. The large reduction of the deposit 1 year later after the construction showed that the riverbed eroded considerably because of the recovery of flow amount and the rise of flow rate.

I. 서론

우리나라는 70년대부터 급속한 산업발전이 이루어지면서 이·치수에 역점을 둔 소하천 개발로 인하여 하천 본래의 환경 친화적인 기능은 상대적으로 무시되었다. 90년대에 들어서면서 환경문제가 대두되면서 콘크리트 옹벽과 하천의 직선화로 특징지어진 인공하천을 자연과 인간이 공존할 수 있는 자연 하천으로의 복원사업이 시도되고 있다. 자연형 하천공법을 적용한 소하천 정비는 초기단계로써 다양한 자연조건에 대한 실무적인 적용성 검토가 필요하나 소하천을 대상으로한 수리, 수문자료를 비롯한 하천 환경변화에 대한 자료가 절대적으로 부족한 실정이다.

국립방재연구소(2002)는 자연형 소하천 정비 공사에 따른 유출특성변화, 수질특성변화, 하천구역의 자연 생태변화, 하도의 형상변화 및 적용된 자연형 하천 공법의 홍수에 대한 대응성 등을 지속적으로 모니터링하기 위하여 전국 8개 소하천을 대상으로 시범사업을 진행하고 있다.

본 연구는 예산군 상가천을 대상으로 자연형 소하천 정비사업 시행 이후 홍수 유출에 따른 하상의 형상변화와 하상구성 재료의 특성변화를 구명하기 위한 기초연구로 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 연구구역의 개요

연구구역은 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 삽교천 본류에 합류되며 유역도는 Fig. 1 과 같다.

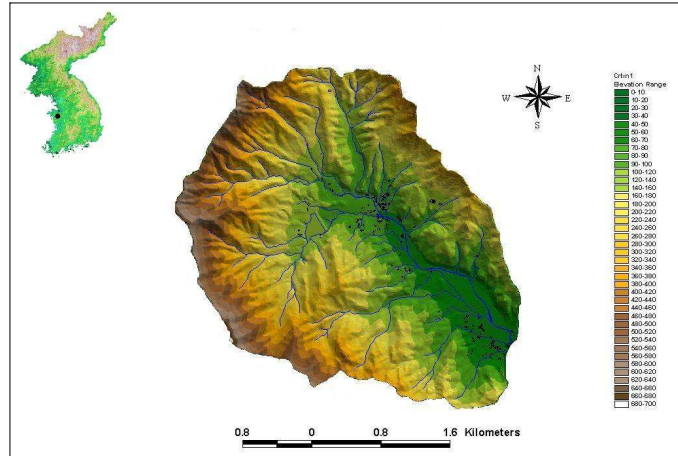


Fig. 1 Map of Sangga-ri research area

2. 대상하천의 조사단면 선정

상가천 자연형 소하천 정비사업 시행 이후 홍수 유출에 의한 하상의 형상변화를 구명하기 위하여 하천 단면조사를 실시하였다. 조사단면은 모니터링 구간에서 적용된 자연형 호안공법과 하천의 물리적 특성이 반영될 수 있도록 10~30m 간격으로 총 65단면을 선정하였으며 단면 구획도는 Fig. 2와 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.

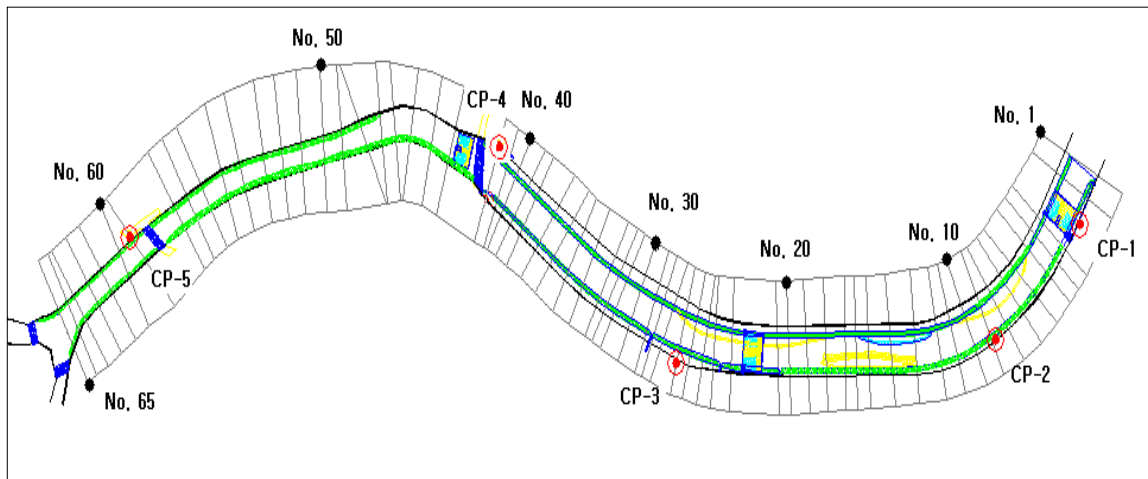


Fig. 2 Construction section rivers section investigation point

3. 하천단면조사

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 7월에 1차 조사를 실시하였고 2004년 홍수후인 10월 15일에 2차 조사를 하였으며 2005년 홍수후인 9월 15일에 3차 조사를 실시하였다.

2) 하천단면변화량 산정

하천 횡단면변화량은 계획 단면 자료를 기준으로 현장조사 결과를 중첩시켜 침식과 퇴적을 판정하였고 침식량과 퇴적량은 식(1)과 같이 평균 면적법을 사용하여 구하였다. 하천 종단면도는 횡단면 조사결과를 바탕으로 각 단면의 평형 하상고를 구하여 결정하였다.

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

여기서, V는 단면변화량(침식량 또는 퇴적량)(m³), A₁, A₂는 측점 단면적(m²), L은 측점거리(m)이다.

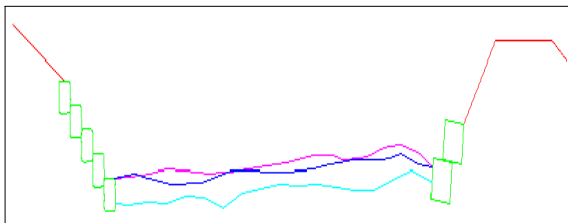
4. 하상 구성 재료의 특성분석

하상시료 채취 지점은 하상단면조사 결과와 어도형 보, 자연석보, 어류대피소, 하상내 식생 구역, 암반노출구역 등을 고려하여 선정하였다. 하상시료 채취는 홍수가 끝난 2004년 10월에 세사 및 점토질, 모래 및 자갈로 구분하여 실시하였으며 입도분석은 시료를 실험실로 운반하여 KSF 2302에 준하여 실시하였고 결과를 바탕으로 입경가적곡선을 작성하였다.

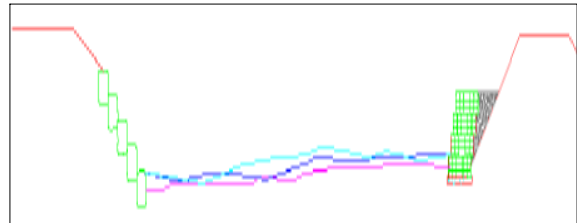
III. 결과 및 고찰

1. 대상하천의 단면조사 결과

선정된 65개 단면의 횡단면도는 1~3차의 하천단면조사 결과를 바탕으로 각 단면에 대한 중첩 횡단면도를 작성 하였다. 횡단면의 변화 양상은 하상에 설치된 어류대피소와 어도형보 및 자연석 돌보 상류 구간은 퇴적이 촉진되었고 하상 색생구간을 보호하기 위하여 낮게 설치된 구획석 설치 구간과 보의 하류 구간은 침식이 촉진되었다. Fig. 3과 Fig. 4는 침식과 퇴적이 광범하게 이루어진 단면양상이며 호안공의 종류에 따른 특성은 명확하게 나타나지 않았다.



(- : 1st, - : 2nd, - : 3rd)
Fig. 3 25section Erosion



(- : 1st, - : 2nd, - : 3rd)
Fig. 4 10section Accumulation

2. 하천단면변화량 산정 결과

1) 하천 횡단면변화 특성

하천 단면변화량은 단면조사결과와 각각의 단면에 대한 계획 단면 자료를 기준으로 침식 또는 퇴적 단면적을 구한 후 식(1)에 의하여 인접구간별 횡단면 변화량을 구하였으며 그 결과는 Table 1과 같다. 1차와 2차 단면조사에 의한 구간별 변화특성은 분석대상 총 49개 구간 중에 35개 구간에서 퇴적현상이 나타났으며 14개 구간에서 침식현상이 나타났고 이러한 현상은 하상공사에 의한 대규모 토사 이동의 안정화 과정으로 판단된다. 2차와 3차 단면조사에 의한 구간별 변화특성은 20개 구간에서 퇴적현상이 나타났으며 27개 구간에서 침식현상이 나타났다. 1차 3차 단면조사에 의한 구간별 변화특성은 29개 구간에서 퇴적현상이 나타났고 20개 구간에서 침식현상이 나타났으며 이러한 현상은 1차와 2차 단면조사에 의한 구간별 변화특성 조사결과에 비하여 상당히 안정화가 이루어지고 있는 현상으로 판단할 수 있을 것이다.

Table. 1 Erosion of target rivers and accumulation amount assessment

Section	Section distance (m)	1, 2 Difference (m ²)	Area height (m)	Section change	2, 3 Difference (m ²)	Area height (m)	Section change	1, 3 Difference (m ²)	Area height (m)	Section change
1-2	13.90	30.723	0.099	A*	-22.233	-0.072	E**	8.491	0.027	A
4-5	9.71	-49.212	-0.276	E	-0.090	-0.001	E	-49.302	-0.277	E
5-6	10.15	3.669	0.020	A	17.347	0.095	A	21.017	0.114	A
6-7	15.32	14.546	0.053	A	10.667	0.038	A	25.212	0.091	A
7-8	14.62	10.380	0.039	A	-44.350	-0.165	E	-33.970	-0.126	E
8-9	14.62	28.294	0.105	A	-86.897	-0.323	E	-58.604	-0.217	E
9-10	14.45	45.525	0.172	A	-45.390	-0.171	E	0.134	0.001	A
10-11	14.47	17.131	0.064	A	10.306	0.039	A	27.437	0.102	A
11-12	14.94	23.073	0.084	A	-22.795	-0.082	E	0.277	0.001	A
12-13	13.94	33.200	0.130	A	-33.965	-0.133	E	-0.766	-0.003	E
13-14	19.91	26.749	0.075	A	-45.173	-0.127	E	-18.423	-0.052	E
14-15	19.74	28.799	0.082	A	-46.644	-0.132	E	-17.845	-0.051	E
15-16	19.55	22.961	0.066	A	-5.392	-0.015	E	17.569	0.051	A
16-17	10.41	9.760	0.053	A	-1.934	-0.010	E	7.826	0.042	A
17-18	9.61	58.787	0.334	A	-64.419	-0.366	E	-5.632	-0.032	E
18-19	15.03	38.285	0.139	A	-100.531	-0.365	E	-62.246	-0.226	E
19-20	15.20	-31.501	-0.113	E	-32.198	-0.116	E	-63.698	-0.229	E
20-21	14.91	22.279	0.081	A	-23.920	-0.087	E	-1.641	-0.006	E
23-24	14.16	-12.039	-0.046	E	8.769	0.034	A	-3.270	-0.012	E
24-25	6.93	-22.320	-0.175	E	-35.268	-0.277	E	-57.587	-0.452	E
25-26	9.49	9.144	0.053	A	-40.139	-0.230	E	-30.995	-0.178	E
26-27	9.74	22.628	0.126	A	12.343	0.069	A	34.971	0.196	A
27-28	13.81	17.369	0.069	A	17.622	0.070	A	34.990	0.138	A
28-29	8.61	21.476	0.136	A	12.000	0.076	A	33.476	0.212	A
29-30	6.41	8.754	0.075	A	1.058	0.009	A	9.812	0.084	A
30-31	13.44	18.271	0.074	A	-0.619	-0.003	E	17.652	0.071	A
31-32	12.60	-8.188	-0.035	E	21.367	0.092	A	13.179	0.057	A
32-33	6.62	-4.070	-0.034	E	22.352	0.184	A	18.282	0.150	A
33-34	7.80	-10.738	-0.075	E	17.896	0.125	A	7.158	0.050	A
34-35	16.25	-23.980	-0.080	E	32.522	0.109	A	8.542	0.028	A
35-36	14.30	-41.146	-0.157	E	96.225	0.366	A	55.080	0.210	A
36-37	14.22	-3.625	-0.014	E	59.154	0.229	A	55.529	0.215	A
37-38	14.65	85.450	0.322	A	-76.011	-0.286	E	9.439	0.036	A
38-39	16.08	67.806	0.234	A	-45.639	-0.158	E	22.166	0.076	A
39-40	9.84	8.348	0.047	A	11.202	0.063	A	19.550	0.110	A
40-41	10.87	18.140	0.092	A	0.000	0.000	-	18.140	0.092	A
41-42	6.94	13.327	0.101	A	0.000	0.000	-	13.327	0.101	A
45-46	18.53	-2.304	-0.007	E	-100.371	-0.327	E	-102.676	-0.334	E
50-51	16.05	26.310	0.166	A	-30.907	-0.195	E	-4.597	-0.029	E
51-52	18.53	21.950	0.122	A	-35.085	-0.195	E	-13.135	-0.073	E
52-53	15.28	-7.348	-0.049	E	16.347	0.109	A	8.998	0.060	A
53-54	14.75	0.385	0.002	A	-2.853	-0.018	E	-2.469	-0.016	E
54-55	18.94	-17.740	-0.083	E	0.748	0.004	A	-16.992	-0.079	E
55-56	14.88	17.133	0.098	A	31.224	0.180	A	48.357	0.278	A
56-57	16.20	38.894	0.210	A	29.797	0.161	A	68.691	0.370	A
60-61	16.27	76.853	0.371	A	66.304	0.321	A	143.157	0.692	A
61-62	17.03	46.443	0.218	A	-73.075	-0.343	E	-26.631	-0.125	E
62-63	13.69	-9.056	-0.051	E	-72.361	-0.411	E	-81.417	-0.463	E
63-64	12.99	69.633	0.372	A	-60.930	-0.326	E	8.704	0.046	A

* : Accumulation, ** : Erosion

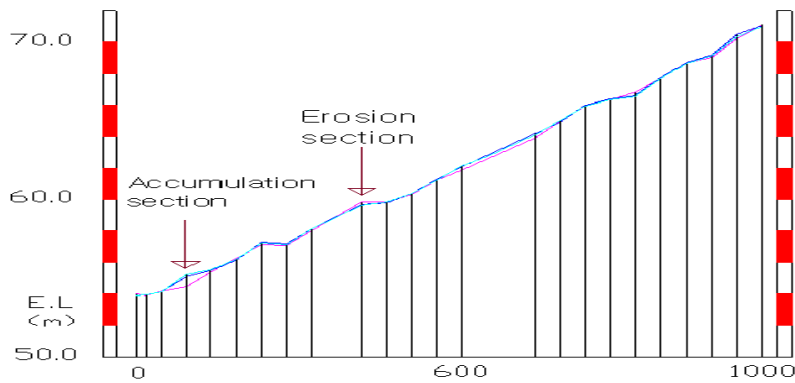
2~3, 22, 43~44 : Fish way type concrete weir, 57~59, 65 : Nature stone weir

2) 침식·퇴적량 산정결과

1차 단면조사 결과를 기준으로 2차 단면조사 결과에 의한 침식·퇴적량을 산정한 결과는 퇴적량이 1,002.475m³, 침식량 243.268m³로 나타났다. 3차 단면조사 결과와 1차 단면조사 결과를 비교한 결과는 퇴적량이 757.163m³, 침식량이 651.895m³로 나타났으며 시간이 경과 할수록 하상이 안정화 되는 것으로 판단된다.

3) 종단면도

하천 종단면도는 횡단면 조사결과를 바탕으로 각 단면의 평형 하상고를 구하여 결정하였으며 1차, 2차, 3차 종단면도를 Fig. 5과 같다.



(— : 1st, — : 2nd, — : 3rd)
Fig. 5 Profile of target river

3. 하상재료의 입도분석 결과

1차 조사는 세사와 점토성분이 있는 시료를 대상으로 하였으며 구간별로 뚜렷한 차이를 나타내지 못하였고 입경가적곡선은 구간별로 평균값을 구하여 Fig. 6과 같이 작성하였다. 2차 조사는 구간별 퇴적된 모래를 시료를 대상으로 하였으며 이 역시 구간별로 뚜렷한 차이가 나타나지 않았으며 구간별 평균 입경가적곡선은 Fig. 7과 같다. 3차 조사는 자갈을 채취하여 굵은 골재 체가름 시험을 실시하였으며 입경가적곡선은 Fig. 8 과 같다. 1, 2, 3차의 균등계수는 Table 2와 같이 산정하였다.

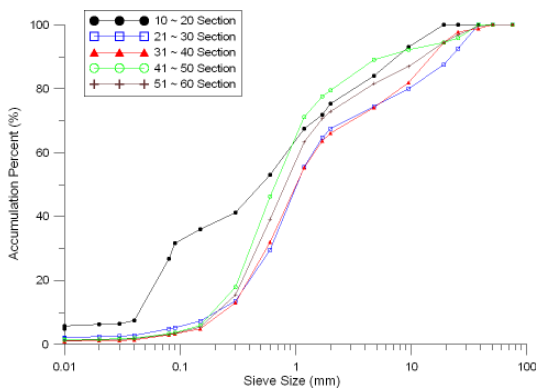


Fig. 6 First grain size accumulation curve

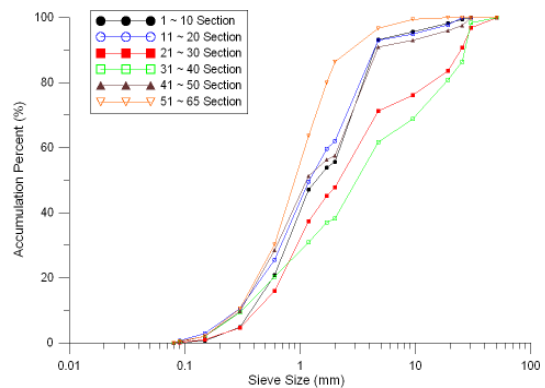


Fig. 7 Second grain size accumulation curve

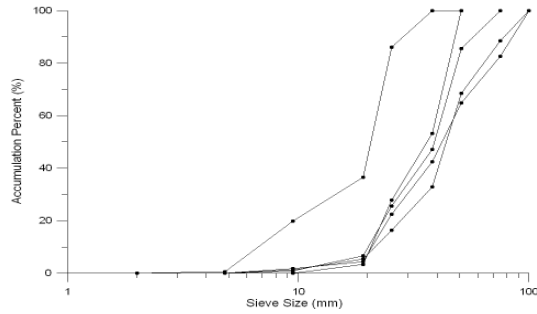


Fig. 8 Third grain size accumulation curve

Table 2 Section average grading different uniformity coefficient

Section	Clay, fine send Investigation				Send Investigation				Gravel Investigation			
	D ₁₀	D ₅₀	D ₆₀	C _u	D ₁₀	D ₅₀	D ₆₀	C _u	D ₁₀	D ₅₀	D ₆₀	C _u
1~10	-	-	-	-	0.380	1.700	2.600	6.842	-	-	-	-
11~20	0.044	0.490	0.850	19.318	0.280	1.400	2.100	7.500	6.800	20.800	21.000	3.088
21~30	0.210	1.000	1.600	7.619	0.420	2.400	3.600	8.571	21.000	36.000	40.000	1.905
31~40	0.240	0.990	1.700	7.083	0.320	3.400	5.200	16.250	20.500	39.000	43.000	2.098
41~50	0.190	0.680	0.900	4.737	0.300	1.300	2.400	8.000	22.000	45.000	49.000	2.227
51~65	0.210	0.800	1.200	5.714	0.290	0.970	1.200	4.138	21.500	43.000	49.500	2.302

IV. 결론

본 연구는 자연형 소하천 정비사업 시범사업이 실시된 예산군 상가천을 대상으로 하상변동특성과 하상재료특성을 구명하기 위하여 하천의 좌·우안에 65개의 기준점을 설치하고 하상 모니터링을 실시하였다.

1, 2, 3차 단면조사에 의한 구간별 변화특성은 시간이 경과함에 따라 공사초기 하상공사에 의하여 발생한 대규모 토사 이동이 감소되는 안정화 과정을 확인되었고 설치된 하상구조물 및 하상시설에 의하여 발생하는 일반적인 침식과 퇴적특성을 잘 반영하고 있다. 1, 2차 단면조사 결과에 의한 침식·퇴적량을 산정한 결과는 퇴적량이 1,002.475m³, 침식량 243.268m³로 나타났으며, 1, 3차 단면조사 결과에 의한 침식·퇴적량을 산정한 결과는 퇴적량이 757.163m³, 침식량이 651.895m³로 나타났고 시간이 경과 할수록 하상이 안정화 되는 현상으로 판단되었다.

모니터링 구간에서 세사 및 점토, 모래, 자갈로 구분하여 하상시료를 채취하였고 입도분석을 실시하였으나 구간별 하상재료의 특징적인 구분이 어려웠다.

참고 문헌

1. 예산군 (2004), “자연형 소하천정비 시범사업 학술용역.”
2. 행정자치부 국립방재연구소 (2002), “자연형 소하천정비공법 개발.”