

OE8) 하도합류부흐름에서 수리학적 매개변수 민감도 분석

임동희*, 안승섭¹, 정광옥², 이증석³, 송인렬
경일대학교 대학원, ¹경일대학교 건설정보공학과,
²탐라대학교 토목환경공학과, ³경일대학교 토목공학과

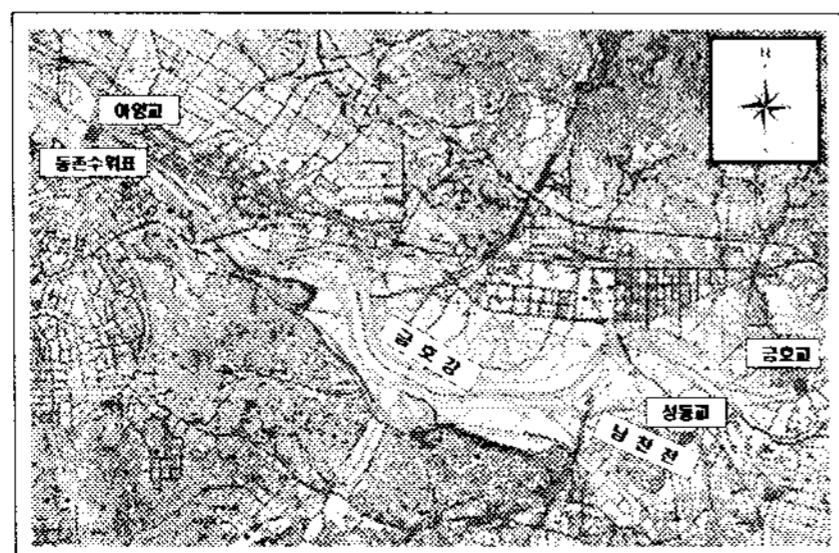
1. 서 론

인류생활 공간 내에서 하천의 존재는 가장 아름답고 도시의 특성을 간직하고 있는 공간으로 간주되는 곳이다. 최근의 하천개수를 포함한 유지관리방식은 치수위주의 호안과 제방고의 설정 및 제방의 도로화와 하천내 고수부지의 주차장화 등은 생활환경과 유리되고 있는 실정이다. 친환경적이면서도 안정적인 하도의 설계를 위해서는 실제유역에서 장기간 관측된 충분한 자료를 기초로 한 다양한 수리학적 검토결과를 이용하여 하도 형태에 따른 수리학적 영향을 충분히 고려하여야 한다. 그러나 자연하도 만곡부나 합류부에서의 조도계수, 난류확산계수 등의 변화에 대한 고려는 거의 실시하고 있지 않은 실정이다. 자연하도 만곡부에서 수리학적 매개변수 민감도 검토를 통한 다양한 경우의 수에 대해 수치해석을 실시하고 이를 기준으로 하여 도시하천 합류부의 수리학적 특성인자를 분석하였다.

2. 연구대상지역의 선정

본 연구의 대상지역은 금호강 본류하도 중에서 합류부의 지형조건이 비교적 양호하고 수문자료조건이 양호한 동촌수위표지점에서 안심교 상류방향 10.678km까지로 하였으며, 하도구간은 남천천 합류지점에서 상류방향으로는 금호교까지 3.042km이고 하류방향으로는 동촌수위관측소까지 7.636km까지이며, 지류의 하도구간은 2.303km에 대하여 수리학적 특성을 분석하였다.

분석을 위한 빈도별 홍수량, 기점홍수위 및 하도단면 자료는 금호강 하천정비 기본계획 보고서(건설교통부, 1997)의 자료를 이용하였다.



<그림 1> 연구대상 하도구간의 현황도



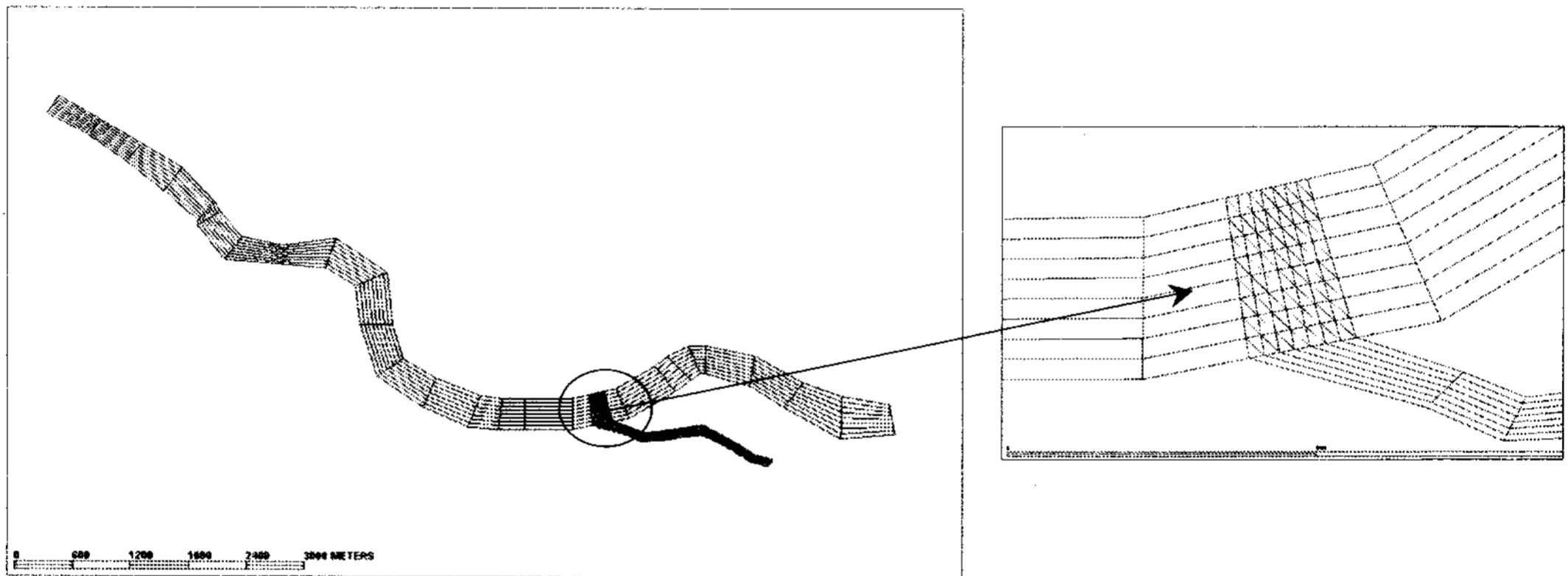
<그림 2> 연구대상 하도구간 현황도 3D

3. 수리학적 특성 분석

3.1. 모델 매개변수 및 수리특성 분석

본 연구에서는 RMA-2 모형의 매개변수로는 해석시 조도계수, 난류교환계수, 격자크기, Computation Maximum Time, Computation Time-step, Coriolis forces latitude, Density 등이 있으므로 본 연구에서는 이들 매개변수의 변화정도에 따른 민감도를 분석하였다.

하천의 합류부에서의 흐름에 대한 수리학적특성은 2개 하천의 합류형태와 수문조건에 따라서 변화된다고 가정하고, 유량조건은 금호강 하천정비 기본계획(건설교통부, 1997)에서 검토 100년 빈도의 홍수량인 본류유량(Q_1)를 $5,000\text{m}^3/\text{s}$, 지류유량(Q_2)을 $590\text{m}^3/\text{s}$ 로 선정하였으며, 하류부 아양교지점의 확률 100년에 대한 계획 홍수위인 E.l. 36.45m를 기점홍수위로 설정하였다. 또한 분석에 대한 수치해석 결과의 고찰 인자로는 합류점에서부터 최대 유속(V_{max}) 발생지점까지의 거리(L, L_x, L_y), 최대 등유속선에 대한 범위(A_{Vmax}), 하류 정체구간의 거리(l_d) 및 상류 정체유속 발생 거리(l_u) 등을 설정하였다.



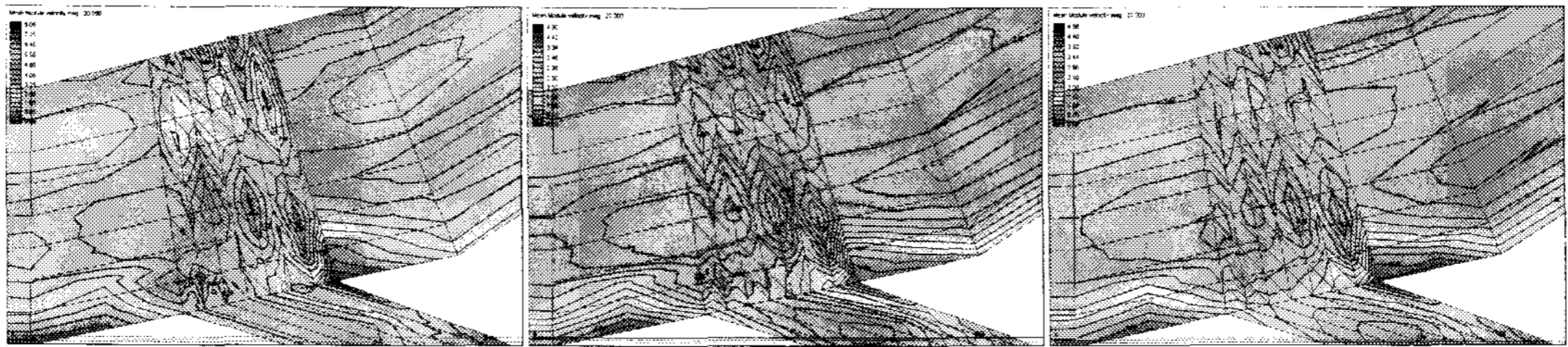
<그림 3> 연구대상 하도구간의 격자망 구성도

3.2. 매개변수 민감도 분석

조도계수란 하천수와 하상의 저항정도를 나타내는 계수로서 하상의 구성재료, 하도의 횡단면적 변화 계수 등 많은 인자에 의해서 변화되며 정확한 조도계수를 산정하는 것은 대단히 어려운 문제이다. 조도계수 산정방법으로는 대부분 실험식에 의한 경험치가 많이 사용되는데, 그 중에서도 대표적으로 Manning의 n 값을 많이 이용하고 있다. 따라서 본 연구에서는 금호강 하천정비 기본계획(건설교통부, 1997)에서 검토된 0.034를 기준으로 하여 $-30\% \sim +30\%$ 까지의 민감도 분석을 실시하였다.

<표 1> 합류부 주변의 조도계수 변화 분석

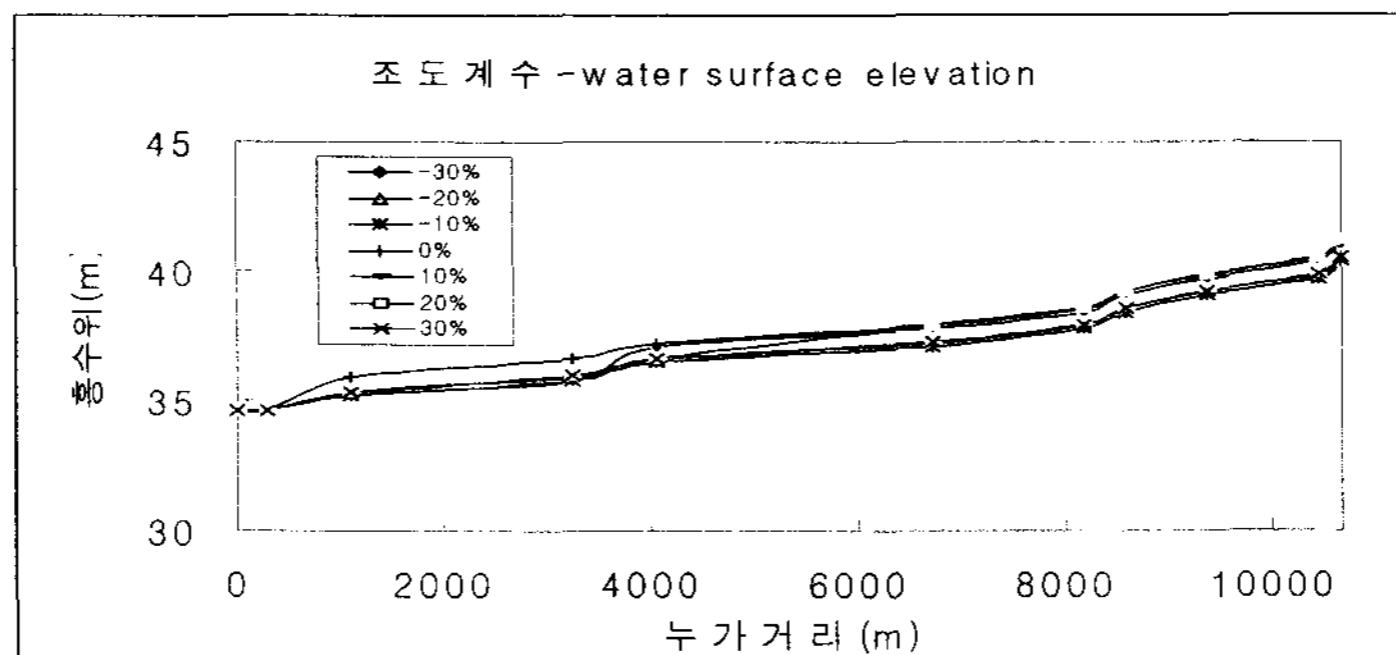
조도계수	상류정체구간			하류정체구간			최대유속구간				
	lu(m)	vu(m/s)	au(m ²)	ld(m)	vd(m/s)	ad(m ²)	LX(m)	LY(m)	L(m)	Vmax(m/s)	A(m ²)
-30%	112.79	0.69	354.90	307.09	0.69	334.12	51.30	96.88	51.53	4.21	12.98
-20%	119.08	0.53	309.52	230.62	0.53	305.82	51.01	97.50	112.83	3.64	152.55
-10%	118.78	0.50	325.88	218.40	0.50	574.84	52.36	100.05	112.92	3.36	162.55
0	109.21	0.43	135.19	217.57	0.43	532.26	58.1	92.00	112.61	3.20	44.08
+10%	112.01	0.44	259.42	213.28	0.44	668.24	51.50	95.77	216.26	2.96	119.05
+20%	122.11	0.43	422.21	214.60	0.43	273.32	50.59	99.22	115.23	2.76	210.12
+30%	126.25	0.42	634.54	215.55	0.42	252.02	51.33	95.40	111.54	2.70	10.85



<그림 4> 합류부 주변의 조도계수 변화(-30%) <그림 5> 합류부 주변의 조도계수 변화(0%) <그림 6> 합류부 주변의 조도계수 변화(+30%)

<표 2> 합류부 주변의 조도계수 변화에 따른 분석

-30%변화		-20%변화		-10%변화		0%변화		+10%변화		+20%변화		+30%변화	
거리(m)	E.L	거리(m)	E.L	거리(m)	E.L	거리(m)	E.L	거리(m)	E.L	거리(m)	E.L	거리(m)	E.L
0	34.6	0	34.6	0	34.6	0	34.6	0	34.6	0	34.6	0	34.6
296	34.6	260	34.6	299	34.6	255	34.6	223	34.6	230	34.6	212	34.6
1100	35.2	841	35.2	746	35.2	662	35.9	563	35.3	518	35.3	479	35.3
3248	35.8	2057	35.8	2098	35.8	2652	36.6	1226	35.9	1082	36	951	36
4057	37.1	2957	36.5	2823	36.5	3038	37.2	2510	36.6	2259	36.6	2047	36.6
6722	37.8	3498	37.1	3268	37.1	3570	37.9	2944	37.2	2670	37.9	2631	37.3
8184	38.4	4960	37.8	4055	37.8	5109	38.5	4050	37.9	3322	38.6	2981	37.9
8577	39.1	7517	38.4	5947	38.4	7460	39.2	6116	38.5	4831	39.2	3441	38.6
9385	39.7	8200	39.1	8091	39.1	8162	39.8	7539	39.2	6927	39.9	4731	39.2
10446	40.4	8853	39.7	8508	39.7	8853	40.5	8080	39.8	7693	40.5	6756	39.9
10678	41	9896	40.4	9228	40.4	9717	41.1	8826	40.5	8444	41.2	7985	40.5
-	-	10381	41	10483	41	10544	41.8	9998	41.1	9426	41.8	8569	41.2
-	-	10678	41.7	10678	41.7	10678	42.4	10678	42.4	9947	42.5	9395	41.8
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10678	43.4	10156	42.5
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10678	43.1



<그림 7> 조도계수변화에 따른 water surface elevation.

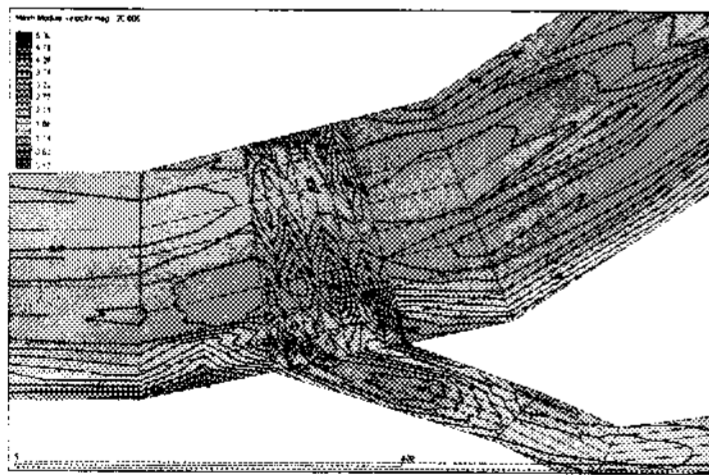
3.3. 난류교환계수

난류교환계수는 x방향으로의 법선 난류교환계수 ϵ_{xx} , x방향으로의 접선 난류교환계수 ϵ_{xy} , y방향으로의 법선 난류교환계수 ϵ_{yy} , y방향으로의 접선 난류교환계수 ϵ_{yx} 가 있다. 난류교환계수는 와점성(eddy viscosity)계수라고도 하며 대부분의 경우 4개의 난류교환계수는 같은 값을 갖게되며, 적절한 값을 부여하는 것은 모형의 검증에 매우 중요한 요소이다. 난류교환계수는 물리적인 현상에 근거하지 않은 양이므로 안정성을 위해 필수적으로 필요한 수치점성까지를 포함하며, 모형의 안정성을 저해하지 않는 범위 내의 작은 값을 부여하게 된다.

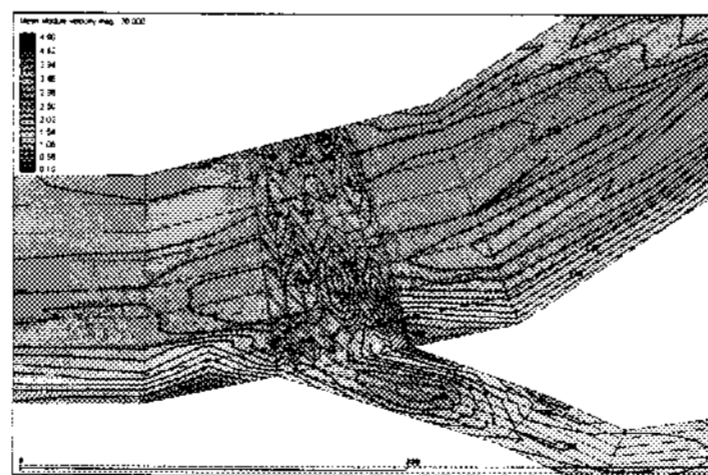
본 연구에서는 금호강 하천정비 기본계획(건설교통부, 1997)에서 검토된 2000N-sec/m²를 기준으로 하여 -30%~+30%까지의 민감도 분석을 실시하였다.

<표 3> 합류부 주변의 난류교환계수 변화 분석

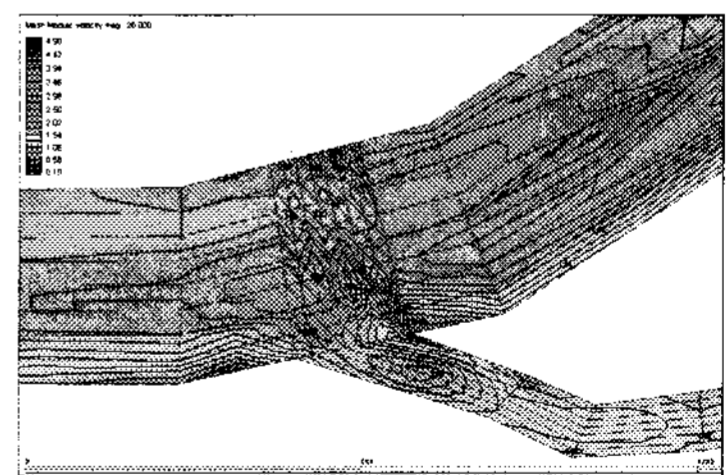
난류교환 계수	상류정체구간			하류정체구간			최대유속구간				
	lu(m)	vu(m/s)	au(m ²)	ld(m)	vd(m/s)	ad(m ²)	LX(m)	LY(m)	L(m)	Vmax(m/s)	A(m ²)
-30%	110.39	0.47	119.58	221.39	0.47	764.85	52.13	95.02	111.29	3.33	2.20
-20%	108.07	0.43	71.36	218.71	0.43	629.78	51.14	96.60	111.14	3.31	2.85
-10%	112.46	0.44	136.91	214.24	0.44	523.76	52.17	96.14	113.16	3.24	29.86
0	109.21	0.43	135.19	217.57	0.43	532.26	58.1	92.00	112.61	3.20	44.08
+10%	112.04	0.43	219.46	214.32	0.43	452.43	52.35	89.26	113.20	3.20	14.97
+20%	116.43	0.43	280.85	215.09	0.43	391.28	50.83	93.56	110.64	3.20	2.23
+30%	114.36	0.40	141.30	212.54	0.40	271.98	52.85	90.87	111.80	3.17	2.56



<그림 8> 합류부 주변의 난류교환계수 변화(-30%)



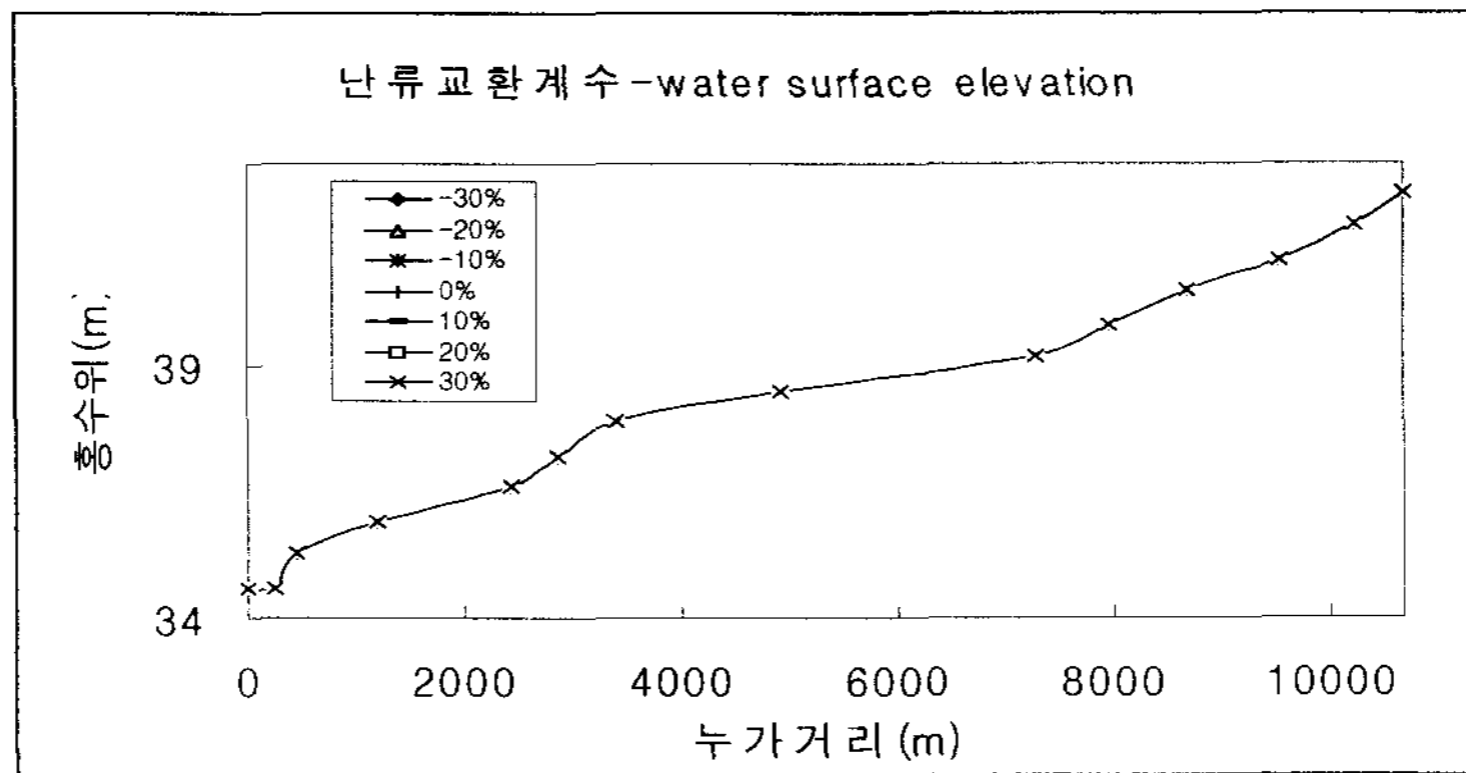
<그림 9> 합류부 주변의 난류교환계수 변화(0%)



<그림 10> 합류부 주변의 난류교환계수 변화(+30%)

<표 4> 합류부 주변의 난류교환계수 변화에 따른 분석

-30%변화		-20%변화		-10%변화		0%변화		+10%변화		+20%변화		+30%변화	
거리(m)	E.L	거리(m)	E.L	거리(m)	E.L	거리(m)	E.L	거리(m)	E.L	거리(m)	E.L	거리(m)	E.L
0	34.6	0	34.6	0	34.6	0	34.6	0	34.6	0	34.6	0	34.6
250	34.6	253	34.6	255	34.6	0	34.6	255	34.6	253	34.6	25	34.6
443	35.3	670	35.3	669	35.3	255	35.3	669	35.3	670	35.3	443	35.3
1192	35.9	1409	35.9	1399	35.9	662	35.9	1399	35.9	1409	35.9	1192	35.9
2437	36.6	2636	36.6	2646	36.6	2652	36.6	2646	36.6	2636	36.6	2437	36.6
2849	37.2	3063	37.2	3042	37.2	3038	37.2	3042	37.2	3063	37.2	2849	37.2
3391	37.9	3600	37.9	3583	37.9	3570	37.9	3583	37.9	3600	37.9	3391	37.9
4930	38.5	5113	38.5	5121	38.5	5109	38.5	5121	38.5	5113	38.5	4930	38.5
7283	39.2	7468	39.2	7475	39.2	7460	39.2	7475	39.2	7468	39.2	7283	39.2
7962	39.8	8097	39.8	8165	39.8	8162	39.8	8165	39.8	8097	39.8	7962	39.8
8682	40.5	8805	40.5	8874	40.5	8853	40.5	8874	40.5	8805	40.5	8682	40.5
9527	41.1	9645	41.1	9725	41.1	9717	41.1	9725	41.1	9645	41.1	9527	41.1
10239	41.8	10387	41.8	10422	41.8	10544	41.8	10422	41.8	10387	41.8	10239	41.8
10678	42.4	10678	42.4	10678	42.4	10678	42.4	10678	42.4	10678	42.4	10678	42.4



<그림 8> 난류분산계수변화에 따른 water surface elevation

4. 결 론

하도합류부의 흐름에서 수리학적 매개변수인 조도계수, 난류교환계수, 격자크기, Computation Maximum Time, Computation Time-step, Coriolis forces latitude, Density등을 변화시켜 민감도를 분석한 결과 조도계수와 난류교환계수가 가장 민감하게 변화된 것을 알 수 있었고, 격자크기, Computation Maximum Time, Computation Time-step, Coriolis forces latitude, Density는 미세한 변화가 나타난 것으로 분석되었다.

참 고 문 헌

- 안승섭, 이증석, 김승균, 송인렬, 임동희, 2005. “자연하도 만곡부에서 구조물에 대한 수리학적 특성연구 - 실제자연하도를 대상-”, 2005년 봄 학술발표회 발표논문집, 한국환경과학회, pp349~355.
- 이증석, 안승섭, 송인렬, 임동희, 2005. “가상만곡수로에서 구조물 위치에 따른 수리특성에 관한 연구-실제자연하도를 대상-”. 2005년 봄 학술발표회 발표논문집, 한국환경과학회, pp142~147.