

하천 만곡률과 홍수량에 따른 수면경사도 산정

Estimation of the Water Surface Slope by the Flood Discharge with River Bend Curvature

최한규* 이문희** 백효선***
Choi, Han-Kuy Lee, Mun-Hee Baek, Hyo-Sun

Abstract

In this research, we made a one and two-dimensional analysis of numerical data collected from the bend curvature of a bended river section. According to the result from the numerical analysis, the inflow & output angle caused a water level deviation which increased with an increase of the flood discharge. From the water level deviation of our two-dimensional numerical model, we obtained the maximum slope of 6.67% when the inflow and output angle was 105 degrees and the flood discharge was 500 CMS. As for the right side, the differences with the one-dimensional numerical model were reduced when the angle was more than 90°. As for the left side the differences were reduced when the angle was more than 105°.

For a river with more than 90 degrees bend curvature, a hydraulic experiment would be more appropriate than a numerical analysis.

키워드 : 수치해석, 홍수량, 수위, 수면경사, 하천만곡률, 수리모형실험

Keywords : numerical analysis, flood discharge, water level, water surface slope, river bend curvature, hydraulic model experiment

1. 서론

일반적으로 수치해석을 통한 수문분석은 크게 확률강우량, 홍수량, 홍수위로 구분할 수 있다.

홍수위 산정을 위하여 이용되는 기법은 평균적인 홍수위 산정이 가능한 1차원모형과 하천 좌우의 수심 편차까지 산정이 가능한 2차원모형 및 수심에 대한 변동까지 해석이 가능한 3차원 모형으로 구분된다. 이중에서 기본계획 수립시 사용되는 모형은 1차원 수치해석모형으로 하천 단면별로 평균홍수위만을 산정하고 있다. 그러나 앞서 언급한 바와 같이 1차원 수치해석만을 사용하여 계획을

수립하고 있는 실정에서 만곡된 하천에서는 수립된 계획의 신뢰성이 감소한다고 하겠다. 이는 만곡부 하천에서는 원심력에 의하여 하천 좌우의 수위차가 발생하게 되나 평균적인 홍수위 산정을 실시하여 계획을 수립하는 경우에는 실제 발생 가능한 홍수위보다 작게 산정되는 오류가 발생하게 된다.

따라서 본 연구는 이러한 오류를 최대한 감소시키기 위하여 만곡부 하천에서의 1차원 수치해석모형과 2차원 수치해석모형의 편차를 산정, 분석함으로써 수치적으로 상호 편차를 확인하여 이를 정략적으로 제시하는 것이 본 연구의 목적이다.

본 연구는 1차원 수치해석결과와 2차원 수치해석결과를 비교하였다. 본 연구를 위하여 이용된 프로그램에는 1차원 수치해석은 HEC-RAS를 이용하였으며, 2차원 수치해석은 RMA-2 모형을 이용하였다.

* 강원대학교 토목공학과 교수, 공학박사
** 강원대학교 대학원 토목공학과 석사과정
*** 강원대학교 대학원 토목공학과 박사수료

이와 같이 산출된 수치해석 결과를 이용하여 상호편차 및 회귀식을 개발하였다. 상호편차는 각 단면별 홍수위 비교뿐만 아니라 홍수량에 따른 영향을 비교하여 오차 변동특성을 살펴보았으며, 이에 따른 변동특성을 회귀식으로 산정하여 각 방법별 오차범위를 예측할 수 있도록 하였다.

본 연구에 적용한 하천의 폭은 30m이며, 이에 따른 곡선반경은 50m이다. 또한 이에 따른 유수의 유입각과 유출각의 차이는 각각 135°, 105°, 90°, 45°, 15°를 적용하였다.

또한 수치해석을 위한 경계조건으로는 하류지점의 계획홍수위로 1,2차원 수치해석모두 수심5m를 적용하여 배수위 영향 비교가 가능하도록 하였다. 또한 배수위 영향 및 하천 횡단면의 좌우 수위 편차가 홍수량에 의하여 변동될 수 있으므로 각 하천 단면별로 상류 유입 홍수량에 대한 경계조건을 100CMS, 200CMS, 300CMS, 400CMS, 500CMS로 변경하였다.

위와 같은 조건에 의하여 해석된 홍수위는 각 수치해석별 홍수위 편차를 비교하였으며, 각 조건에 따른 편차를 회귀분석하여 결과를 도출하였다.

2. 수치해석

2.1 입력자료계획

2.1.1 지형자료 계획

본 연구를 위하여 하천 지형에 대한 계획을 수립하였다. 하천 지형은 본 연구 목적에 적합하도록 계획하였다. 하천 유·출입 계획은 그림 1과 같다.

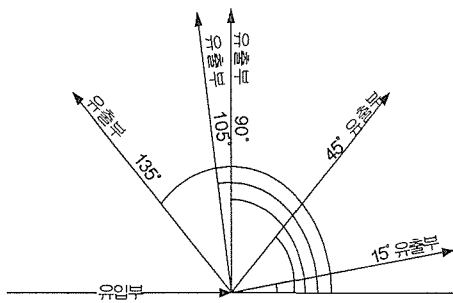


그림 1 하천·출입각

우선 하천 유·출입각 계획은 그림 1에서 보는 바와 같이 135°, 105°, 90°, 45°, 15°에 대하여 계획을 수립하였다. 이는 하천 만곡에 대하여 변화를 주게 된다. 그러므로 단순히 유·출입각이 하천 만곡에 영향을 주는 것이다. 따라서 본 연구에서는 하천 만곡에 영향을 주는 곡선반경에 대하여 계획을 수립하였다. 곡선 반경은 하천 중심을 따

라 결정하였으며 본 연구의 곡선반경은 50.0m로 고정하였다.

다음으로 하천 횡단면을 계획하였다. 현재 만곡부 하천의 대부분이 상류지역에 위치하고 있다는 지리적인 특성과 이에 따른 상류하천의 규모 등을 고려할 때 하폭은 30.0m로 계획하였다. 연구계획 횡단면은 그림 2와 같다.

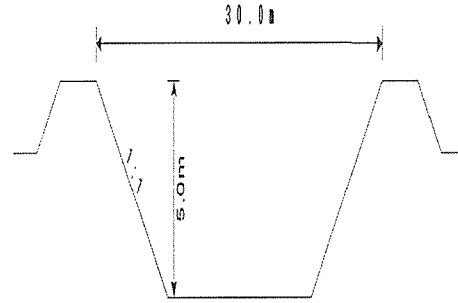


그림 2 연구계획 횡단면도

2.1.2 홍수량 계획

본 연구를 위한 홍수량 계획은 100CMS~500CMS로 계획하였다. 이는 하폭계획에서 인용한 하천에 적용된 계획홍수량을 바탕으로 범위를 적용하였다. 강원도 지방 2급 하천의 계획 홍수량은 그림 3과 같다.

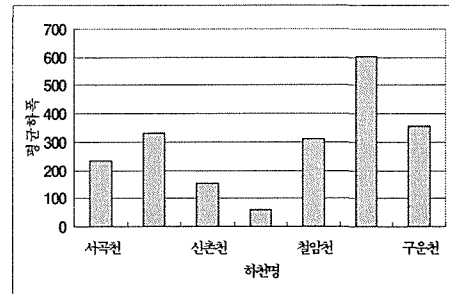


그림 3 강원도 지방 2급 하천의 계획 홍수량

2.2 수치해석 자료입력

2.2.1 1차원 수치해석 자료입력

1차원수치해석을 위하여 지형자료 및 수문 자료를 입력하였으며. 수문자료는 상류에는 홍수량을 입력하였고 하류에는 기점홍수위 5m를 입력하였다. 지형자료 및 경계조건 입력방법은 아래 그림 4 ~ 그림 6 과 같다

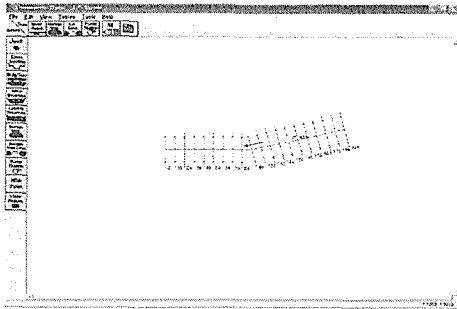


그림 4 HEC-RAS 15°평면 입력화면

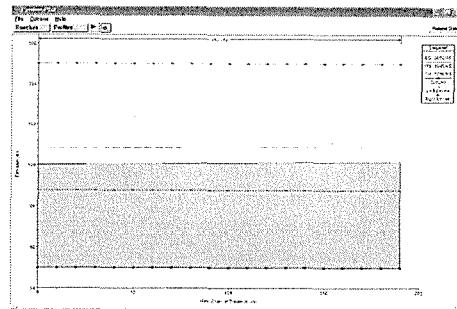


그림 7 HEC-RAS 홍수위 결과 중단도

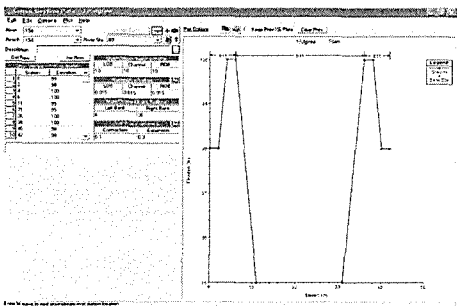


그림 5 HEC-RAS 횡단자료 입력화면

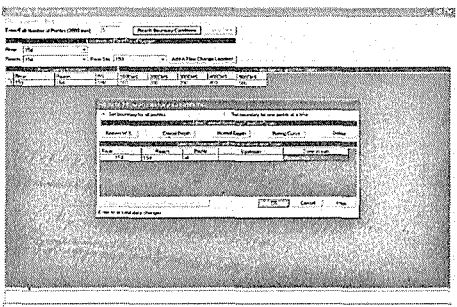


그림 6 HEC-RAS 경계조건 입력화면

그림 3~그림 5에 의한 절차에 의하여 하천 유출입각도가 15°인 경우의 500CMS 에 대한 홍수위 중단도로 위와 같은 입력방법을 각 지형조건 별로 반복 입력하여 1차원 수치해석 결과를 도출하였다. 수치해석 결과는 아래 그림 7과 같다.

2.2.2 2차원 수치해석 자료입력

2차원수치해석을 위하여 횡단자료를 입력하였으며, 횡단자료를 입력하기 위하여 AUTOCAD상에 입력된 좌표자료를 그림 8에서 보는 바와 같이 TEXT 파일로 변환하였다.

Station	Elevation
0+000	100.000
0+005	100.000
0+010	100.000
0+015	100.000
0+020	100.000
0+025	100.000
0+030	100.000
0+035	100.000
0+040	100.000
0+045	100.000
0+050	100.000
0+055	100.000
0+060	100.000
0+065	100.000
0+070	100.000
0+075	100.000
0+080	100.000
0+085	100.000
0+090	100.000
0+095	100.000
0+100	100.000
0+105	100.000
0+110	100.000
0+115	100.000
0+120	100.000
0+125	100.000
0+130	100.000
0+135	100.000
0+140	100.000
0+145	100.000
0+150	100.000
0+155	100.000
0+160	100.000
0+165	100.000
0+170	100.000
0+175	100.000
0+180	100.000
0+185	100.000
0+190	100.000
0+195	100.000
0+200	100.000

그림 8 HEC-RAS 횡단자료 입력화면

그림 7에 의하여 추출된 지형자료를 SMS화면 상에 불러 들어와 삼각망을 구성한 후 불필요한 잔망 등을 제거하여 2차원수치해석을 위한 Mash 구성을 완성하게 된다. 지형자료 입력 후에는 경계조건을 입력하게 되며 하류에 기점홍수위, 상류에 홍수량 및 와점성계수와 조도계수를 입력한다. SMS모형 해석 절차는 그림 9~그림 11과 같다.

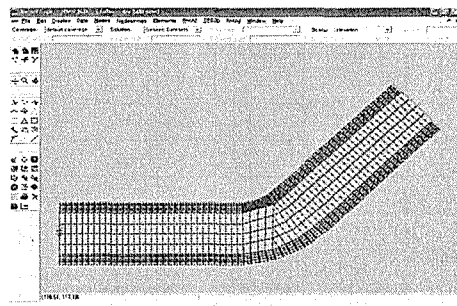


그림 9 Mash 구성화면

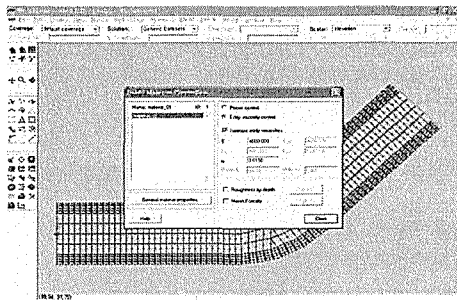


그림 10 조도계수 및 와점성 계수입력화면

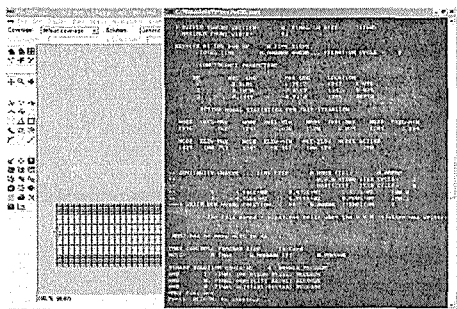


그림 11 RMA-2 모형 해석

그림 9와 그림 10과 같이 지형자료 및 수문 경계조건을 입력하여 2차원 수치해석이 이루어지게 된다.

2.3 수치해석 결과

2.3.1 1차원 수치해석 결과

앞 절에서 설명한바와 같이 입력 및 해석과정을 수행하여 1차원 수치해석 결과 값을 도출 할 수 있었다. 유·출입 각 15° 홍수량 300CMS 1차원 수치해석결과와 표 1에 나타내었으며, 하천 유출입각에 따른 홍수위 산정결과와 그림 12에 나타내었다.

표 1 유·출입 각 15° 홍수량 300CMS 1차원 수치해석결과

River Sta	Q Total	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area
190	300	100.05	97.71	100.34	2.37	126.57
180	300	100.05	97.71	100.33	2.37	126.49
170	300	100.04	97.71	100.33	2.37	126.41
160	300	100.04	97.71	100.33	2.38	126.33
150	300	100.04	97.71	100.33	2.38	126.25
140	300	100.04	97.71	100.32	2.38	126.16
130	300	100.03	97.71	100.32	2.38	126.08

표 1 계속

River Sta	Q Total	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area
120	300	100.03	97.71	100.32	2.38	126.00
110	300	100.03	97.71	100.32	2.38	125.92
100	300	100.03	97.71	100.32	2.39	125.83
90	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.75
80	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.67
70	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.58
60	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.50
50	300	100.01	97.71	100.30	2.39	125.41
40	300	100.01	97.71	100.30	2.39	125.33
30	300	100.01	97.71	100.30	2.40	125.25
20	300	100.01	97.71	100.30	2.40	125.16
10	300	100.00	97.71	100.30	2.40	125.08
0	300	100.00	97.71	100.29	2.40	125.00

표 2 유·출입 각 45° 홍수량 300CMS 1차원 수치해석결과

River Sta	Q Total	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area
190	300	100.05	97.71	100.34	2.37	126.48
180	300	100.05	97.71	100.33	2.37	126.40
170	300	100.04	97.71	100.33	2.37	126.32
160	300	100.04	97.71	100.33	2.38	126.25
150	300	100.04	97.71	100.33	2.38	126.17
140	300	100.04	97.71	100.32	2.38	126.09
130	300	100.03	97.71	100.32	2.38	126.01
120	300	100.03	97.71	100.32	2.38	125.94
110	300	100.03	97.71	100.32	2.38	125.86
100	300	100.03	97.71	100.32	2.39	125.78
90	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.70
80	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.62
70	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.55
60	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.47
50	300	100.01	97.71	100.30	2.39	125.39
40	300	100.01	97.71	100.30	2.39	125.31
30	300	100.01	97.71	100.30	2.40	125.23
20	300	100.01	97.71	100.30	2.40	125.15
10	300	100.00	97.71	100.30	2.40	125.07
0	300	100.00	97.71	100.29	2.40	125.00

산업기술연구(강원대학교 산업기술연구소 논문집), 제26권 A호, 2006.

하천 만곡률과 홍수량에 따른 수면경사도 산정

표 3 유·출입 각 90° 홍수량 300CMS 1차원 수치해석결과

River Sta	Q Total	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area
190	300	100.05	97.71	100.34	2.37	126.48
180	300	100.05	97.71	100.33	2.37	126.40
170	300	100.04	97.71	100.33	2.37	126.32
160	300	100.04	97.71	100.33	2.38	126.25
150	300	100.04	97.71	100.33	2.38	126.17
140	300	100.04	97.71	100.32	2.38	126.09
130	300	100.03	97.71	100.32	2.38	126.01
120	300	100.03	97.71	100.32	2.38	125.94
110	300	100.03	97.71	100.32	2.38	125.86
100	300	100.03	97.71	100.32	2.39	125.78
90	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.70
80	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.62
70	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.55
60	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.47
50	300	100.01	97.71	100.30	2.39	125.39
40	300	100.01	97.71	100.30	2.39	125.31
30	300	100.01	97.71	100.30	2.40	125.23
20	300	100.01	97.71	100.30	2.40	125.15
10	300	100.00	97.71	100.30	2.40	125.07
0	300	100.00	97.71	100.29	2.40	125.00

표 4 유·출입 각 90° 홍수량 300CMS 1차원 수치해석결과

River Sta	Q Total	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area
190	300	100.05	97.71	100.34	2.37	126.48
180	300	100.05	97.71	100.33	2.37	126.40
170	300	100.04	97.71	100.33	2.37	126.32
160	300	100.04	97.71	100.33	2.38	126.25
150	300	100.04	97.71	100.33	2.38	126.17
140	300	100.04	97.71	100.32	2.38	126.09
130	300	100.03	97.71	100.32	2.38	126.01
120	300	100.03	97.71	100.32	2.38	125.94
110	300	100.03	97.71	100.32	2.38	125.86

표 4 계속

River Sta	Q Total	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area
100	300	100.03	97.71	100.32	2.39	125.78
90	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.70
80	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.62
70	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.55
60	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.47
50	300	100.01	97.71	100.30	2.39	125.39
40	300	100.01	97.71	100.30	2.39	125.31
30	300	100.01	97.71	100.30	2.40	125.23
20	300	100.01	97.71	100.30	2.40	125.15
10	300	100.00	97.71	100.30	2.40	125.07
0	300	100.00	97.71	100.29	2.40	125.00

표 5 유·출입 각 135° 홍수량 300CMS 1차원 수치해석결과

River Sta	Q Total	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	Vel Chnl	Flow Area
190	300	100.05	97.71	100.34	2.37	126.48
180	300	100.05	97.71	100.33	2.37	126.40
170	300	100.04	97.71	100.33	2.37	126.32
160	300	100.04	97.71	100.33	2.38	126.25
150	300	100.04	97.71	100.33	2.38	126.17
140	300	100.04	97.71	100.32	2.38	126.09
130	300	100.03	97.71	100.32	2.38	126.01
120	300	100.03	97.71	100.32	2.38	125.94
110	300	100.03	97.71	100.32	2.38	125.86
100	300	100.03	97.71	100.32	2.39	125.78
90	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.70
80	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.62
70	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.55
60	300	100.02	97.71	100.31	2.39	125.47
50	300	100.01	97.71	100.30	2.39	125.39
40	300	100.01	97.71	100.30	2.39	125.31
30	300	100.01	97.71	100.30	2.40	125.23
20	300	100.01	97.71	100.30	2.40	125.15
10	300	100.00	97.71	100.30	2.40	125.07
0	300	100.00	97.71	100.29	2.40	125.00

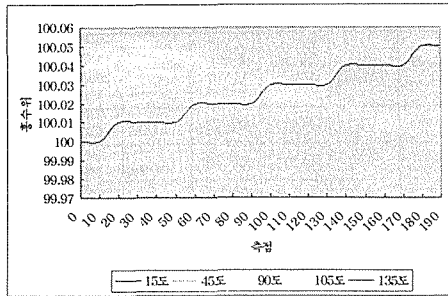


그림 12 유·출입각에 따른 홍수량300CMS 홍수위

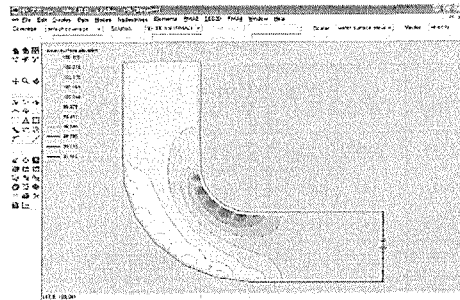


그림 15 유·출입각 80° 홍수량 300CMS 경우 2차원 수치해석결과

2.3.2 2차원 수치해석 결과

2차원 수치해석은 횡단자료에 의한 각 지점의 MASH별로 구성되어 1차원수치해석결과와 달리 각 node별로 해석값이 도출되어 진다. 유·출입각에 따른 수치해석 결과는 그림 12 ~ 그림 16에 나타내었다. 또한 각 홍수량별 홍수위 산정결과는 표 6에 나타내었다.

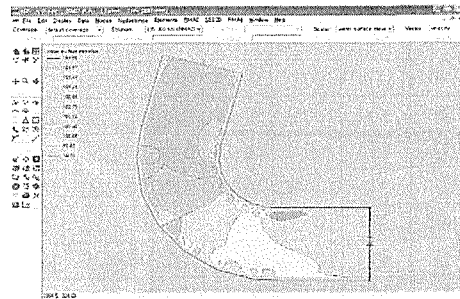


그림 16 유·출입각 105° 홍수량 300CMS 경우 2차원 수치해석결과

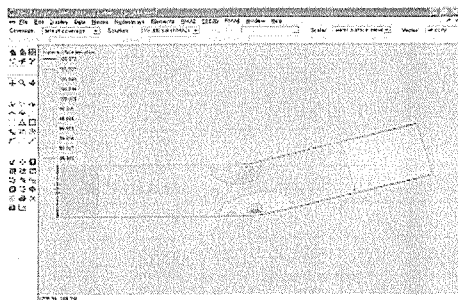


그림 13 유·출입각 15° 홍수량 300CMS 경우 2차원 수치해석결과

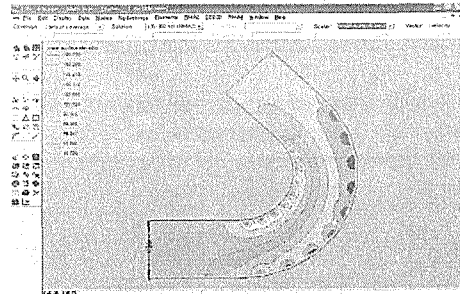


그림 17 유·출입각 135° 홍수량 300CMS 경우 2차원 수치해석결과

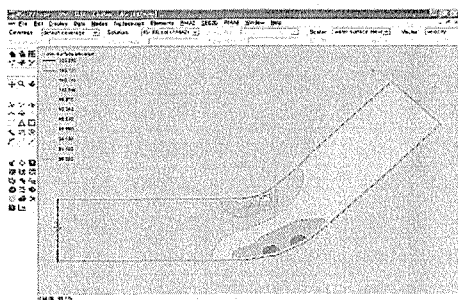


그림 14 유·출입각 45° 홍수량 300CMS 경우 2차원 수치해석결과

표 6 각 조건별 홍수위 좌·우 산정 결과

홍수량	15도		45도		90도	
	좌	우	좌	우	좌	우
100	100.02	99.96	100.03	99.96	100.05	99.96
200	100.07	99.90	100.12	99.84	100.15	99.88
300	100.15	99.80	100.25	99.69	100.3	99.72
400	100.27	99.67	100.46	99.50	100.5	99.51
500	100.47	99.47	100.70	99.17	100.85	99.32
홍수량	105도		135도			
	좌	우	좌	우		
100	100.29	99.97	100.05	99.97		
200	100.60	100.00	100.16	99.86		
300	100.75	100.25	100.32	99.78		
400	101.05	100.18	100.55	99.65		
500	101.60	100.20	100.75	99.40		

표 7 계속

1차원 수치해석	45도		편차	
	좌	우	좌	우
100.00	100.03	99.96	0.03	-0.04
100.01	100.12	99.84	0.11	-0.17
100.03	100.25	99.69	0.22	-0.34
100.05	100.46	99.50	0.41	-0.55
100.09	100.70	99.17	0.61	-0.92
1차원 수치해석	90도		편차	
	좌	우	좌	우
100.00	100.05	99.96	0.05	-0.04
100.01	100.15	99.88	0.14	-0.13
100.03	100.30	99.72	0.27	-0.31
100.05	100.50	99.51	0.45	-0.54
100.09	100.85	99.32	0.76	-0.77
1차원 수치해석	105도		편차	
	좌	우	좌	우
100.00	100.29	99.97	0.29	-0.03
100.01	100.60	100.00	0.59	-0.16
100.03	100.75	100.25	0.72	-0.20
100.05	101.05	100.18	1.00	-0.30
100.09	101.60	100.20	1.51	-0.49
1차원 수치해석	135도		편차	
	좌	우	좌	우
100.00	100.05	99.97	0.05	-0.03
100.01	100.16	99.86	0.15	-0.15
100.03	100.32	99.78	0.29	-0.25
100.05	100.55	99.65	0.50	-0.40
100.09	100.75	99.40	0.66	-0.69

3. 결과분석 및 고찰

3.1 통계분석

3.3.1 오차분석

본 연구에서는 1차원 모형과 2차원 수치해석 결과를 이용하여 각 모형별 수위 편차를 분석하였으며, 유·출입각 및 홍수량이 크게 증가 할수록 좌·우안의 수위차가 크게 발생하는 것을 알 수 있다. 비교 분석표는 아래 표 7에 나타내었으며, 각 조건별 1,2차원 수치해석 편차는 그림 17에 나타내었다.

표 7 각 조건별 좌·우안 홍수위 편차

1차원 수치해석	15도		편차	
	좌	우	좌	우
100.00	100.02	99.96	0.02	-0.04
100.01	100.07	99.90	0.06	-0.11
100.03	100.15	99.80	0.12	-0.23
100.05	100.27	99.67	0.22	-0.38
100.09	100.47	99.47	0.38	-0.62

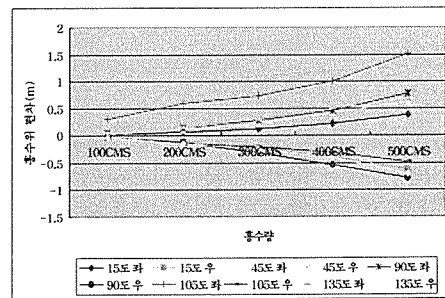


그림 18 각 조건별 1,2차원 수치해석 편차

3.3.2 상관분석

1,2차 수치해석의 조건별 상관성을 알아보기 위하여 상관성분석을 실시하였다. 상관분석결과 전체 각도에 대하여 홍수량 300CMS인 경우에 오차변동에 대한 상관성이 가장 크게 산정되었으며, 105°이내에서는 200CMS가 가장 좋은 것으로 90°이내에서는 100CMS가 가장 좋은 것으로 나타나고 있어 각도가 클수록 1,2차 수치모형 오차에 대한 상관성은 홍수량 증가와 높은 연관성을 보이는 것으로 판단할 수 있다. 각 조건별 수치모형 편차에 대한 상관계수는 표 8과 그림 18에 나타내었다.

표 8 1,2차 수치모형 편차에 대한 상관 분석

각도	100 CMS	200 CMS	300 CMS	400 CMS	500 CMS
15	0.06	0.17	0.35	0.60	1.00
45	0.07	0.28	0.56	0.96	1.53
90	0.09	0.27	0.58	0.99	1.53
105	0.32	0.60	0.50	0.87	1.40
135	0.08	0.30	0.54	0.90	1.35
15~135	0.388	0.534	0.607	0.579	0.471
15~105	0.737	0.791	0.643	0.665	0.658
15~90	0.997	0.751	0.847	0.842	0.803

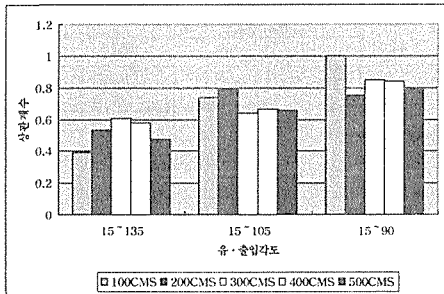


그림 19 홍수량에 따른 각 조건별 상관계수

3.3.3 회귀분석

본 연구에서는 각도별 수면경사를 회귀분석을 통하여 회귀식을 산정하였으며, 이와 같은 회귀식을 이용하여 1차원 수치모형의 홍수량을 가지고 1,2차원 수치모형의 수면편차를 간편식으로 추정할 수 있도록 회귀식을 개발하였다. 회귀식은 표 9에 나타내었으며, 각 조건별 홍수량에 따른 수면경사 회귀선은 그림 19 ~ 그림 23에 나타내었다.

표 9 각도별 수면경사 회귀식

각도	회귀식	결정계수
15	$Y = 0.1548 \times X^2 - 0.1586 \times X + 0.2267$	0.998
45	$Y = 0.2 \times X^2 + 0.0667$	0.999
90	$Y = 0.1952 \times X^2 - 0.0286 \times X + 0.0733$	0.999
105	$Y = 0.1786 \times X^2 + 0.2319 \times X + 0.8667$	0.977
135	$Y = 0.1381 \times X^2 - 0.2181 \times X - 0.06$	0.999

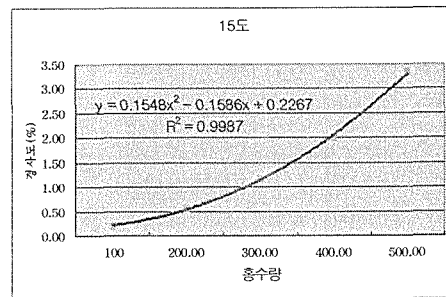


그림 20 15° 일 때의 경사도 회귀식

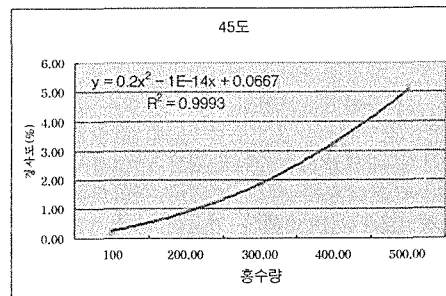


그림 21 45° 일 때의 경사도 회귀식

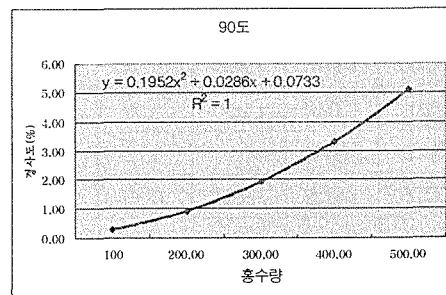


그림 22 90° 일 때의 경사도 회귀식

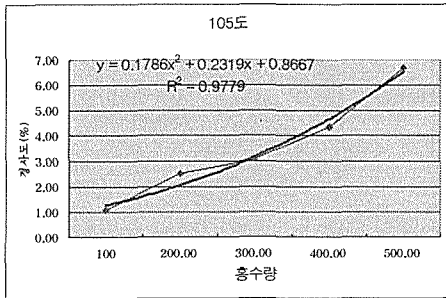


그림 23 105°일 때의 경사도 회귀식

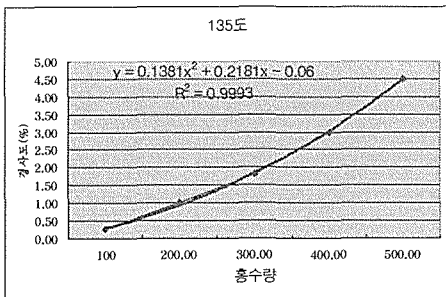


그림 24 135°일 때의 경사도 회귀식

4. 결론

본 연구에서는 임의의 하천단면과 홍수량을 적용하여 하천 유·출입 각도에 따른 1,2차원 수치 해석을 실시하여 다음과 같은 결론을 도출할 수 있었다.

1. 유·출입각도에 따른 1,2차원 수치모형의 수위 편차가 발생하였으며, 또한 홍수량 변동에 따라 편차가 증가함을 알 수 있었다. 그러나 우측은 90°도를 초과한 경우 1차원 수치모형과의 편차가 감소하였으며, 좌측의 수위는 105°를 초과하는 경우 1차원 수치모형과의 편차가 감소하는 것을 확인하였다. 이는 90°이하에서 발생하는 일반적인 경향에 상반된 결과로 90°이상의 만곡이 심한 하천의 경우 수치해석보다는 수리모형실험을 통하여 검증하는 것이 바람직하다.

2. 2차원 수치모형에 의한 좌우 수위 편차에 대하여 경사도를 산정한 결과 하천 유·출입 각도가 커지거나 홍수량이 증가 할수록 좌·우 수위편차가 증가하였다. 105° 500CMS에서 최대 경사가 6.67%값이 산정되었으며 이는 1m당 6.67cm의 차이가 발생하는 것을 알 수 있다.

3. 1차원 수치해석에 의한 좌우안의 수위편차를 추정하기 유·출입 각도별 홍수량을 이용한 경사도 회귀식을 개발하였다. 유·출입각 15도 경우 $Y=0.1548 \times X^2 - 0.1586 \times X + 0.2267$ $R=0.998$, 45도 경우 $Y=0.2 \times X^2 + 0.0667$ $R=0.999$, 90도 경우 $Y=0.1952 \times X^2 - 0.0286 \times X + 0.0733$ $R=0.999$, 105도 경우 $Y=0.231 \times X^2 - 0.5757 \times X + 1.6467$ $R=0.931$, 135도 경우 $Y=0.1381 \times X^2 - 0.2181 \times X - 0.06$ $R=0.999$ 의 회귀식을 개발하였다.

4. 상기와 같은 연구를 통하여 하천 제방 설계 및 구조물 설계시 1차원 수치해석의 보완 및 2차원 수치해석 모형을 필요로 하는 구간에 대한 기준을 수립하였다.

참고 문헌

- [1] 안상진, "1,2차원 모형을 이용한 골재채취 전·후의 소하천 흐름 해석", 충북대학교 건설기술 연구소, 2001.
- [2] 정의택, "합류수로부에서의 흐름 해석", 한양대학교, 1992.
- [3] 김형일 외, "자연하천에서의 홍수위 산정을 위한 1차원 모형과 2차원 모형의 비교", 연세대학교, 1996.
- [4] 김장완, "2차원 하천 모형의 개발", 한국건설기술연구원, 1995
- [5] 윤용남 외, "2차원 수리모형을 이용한 교량에서의 홍수로 인한 최대세굴 심도 예측", 한국수자원학회 학술 발표회 논문집, 1995
- [6] 윤태훈, "2차원 수치모형에 의한 합류흐름 해석", 한국수자원학회 논문집, 제31권 제 5호, pp.529~538, 1998
- [7] 한국 환경 정책평가 연구원, 농업지역 비점오염원 관리방안 연구(1998).
- [8] Chaudhry, M. F., "Open-Channel Flow", Prentice-Hall, Inc, 1993
- [9] Hanger Willi H., "Transitional Flow in Channel Junctions", J. of Hydraulic Div, ASCE, Vol.115, No.2 Feb, 1989