

# 경인운하내 부정류 흐름해석

최계운\*, 김동욱\*\*, 이동희\*\*\*

## 1. 서 론

모형실험은 실제흐름보다 작은 축척으로 축소하거나 확대하여 해석하는 수리모형실험과 실제흐름에 대한 수학적 표현을 수치적으로 해석하는 수치모형실험이 있다. 수리모형이나 수치모형실험의 해석목적은 홍수발생이나 조위변화 등 어떠한 외부적 변화가 발생할 경우 외부적 변화에 따른 흐름변화를 예측하는데 그 목적이 있고, 이러한 예측결과를 바탕으로 하천 및 수공구조물의 설계 및 운영에 이용하게 된다. 수리모형실험의 경우 실험기간이 수치모형실험에 비하여 대단히 길고 모형을 제작하는데 있어서 실제해석 대상의 현상을 그대로 반영하기에 제약이 많으며, 모형제작에 소요되는 비용이 많이 드는 등 여러 가지 어려움으로 인하여 수치모형실험을 통한 해석이 많이 이루어지고 있다.

실제 하천의 흐름은 상류의 홍수발생에 의하여 수리특성이 시간과 공간에 따라 변화하며 하류의 조위 등의 변화에 의하여 수리특성이 시간과 공간에 따라 변화하는 부정류 흐름이고, 홍수발생 등 수리인자의 변화가 단순히 하천의 흐름방향으로만 영향을 주는 것이 아니라 하안이나 하상의 방향으로도 영향을 미치는 3차원 흐름이며, 여러 지류들이 합쳐지거나 여러 지류들로 갈라지는 복잡한 하천망을 형성하고 있지만 하천에 대한 수치모형 실험을 실시하는 경우 1차원 정류의 흐름으로 가정하고 단일하천으로 가정하여 해석하는 경우가 많으며, 이러한 여러 가정사항으로 인하여 해석결과와 실제흐름과는 차이가 발생하는 경우도 있다.

본 연구의 대상인 경인운하의 경우 상류부는 한강과 연결되어 있고 하류부는 서해와 이어지도록 계획되고 있으며, 경인운하 내부에서 굴포천과 연결되는 합류점이 계획되고 있어서 하천망을 형성한 부정류 흐름이 이루어질 것으로 예상되므로 앞서 언급한 1차원 정류의 단일하천으로 가정하여 해석하는 경우 상류측 한강에서의 유입량 변화와 하류측 조위변화를 반영한 해석결과를 제대로 획득하지 못할 우려가 있을 뿐만 아니라 굴포천과 합류되는 합류점의 영향을 제대로 해석하지 못할 우려가 있으므로 부정류 흐름 해석의 필요성이 제기되고 있다. 또한, 경인운하내 수리적 특성은 한강유입량의 시간적 변화, 굴포천의 홍수발생시 홍수파의 영향 및 하류부에서의 시간에 따른 조위변화 등으로 인하여 매우 복잡한 수리학적 변화가 예상되고, 이러한 변화를 올바로 예측하지 못하면 많은 문제의 발생소지가 있다. 따라서 이러한 문제점의 발생을 막기 위하여는 하천망 부정류 흐름해석을 실시하여 부정류 흐름의 특성을 연구할 필요성이 있다.

따라서, 본 논문은 1차원 부정류로 흐름해석이 가능하고, 합류점을 포함한 하천망 해석이 가능한 부정류 흐름해석 프로그램을 경인운하에 적용시켜 상, 하류 경계조건의 변화 및 횡방향 유입량에 의한 경인운하 내 합류점 전, 후에서의 수리특성 변화와 경인운하 수로내에서 합류점의 영향 등에 의한 수리특성의 변화를 분석하고자 한다.

## 2. 프로그램의 개발

### 2.1 GUI를 이용한 프로그램 구성

본 논문에서는 하천의 흐름을 1차원 부정류로 가정하고 상, 하류경계조건 구성에 따른 흐름변화를 해석할 수 있는 부정류 해석 프로그램을 사용하였으며, 입출력 부분은 객체지향형 프로그래밍이 가능한 C++을 이용하고, 컴파일러는 GUI의 구성에 편리한 프로그래밍 기법을 제공하는 Visual C++ Ver. 6.0컴파일러를 이용하여 개발하였다. 개발한 부정류 해석 프로그램의 흐름해석과정을 세부적으로 나타내면 아래 나타낸 그림 1의 흐름도와 같다. 먼저, 단면자료 및 흐름해석에 필요한 자료를 입력받고 초기값의 자료를 결정한다. 단면자료는 단면번호, 다음 단면과의 거리, 상류경계단면여부, 횡단면의 좌표점, 조도계수, 단면에서의 초기값 등을 입력하고 흐름해석 자료는 하천의 구성이 하천망인지 또는 단일하천인지와 횡방향 유입량여부, 상류경계조건의 종류, 하류경계조건의 종류, 합류점 개수, 지류개수, 시간중량인자, 총해석시간, 시간중가분등을 입력한다. 입력된 자료에

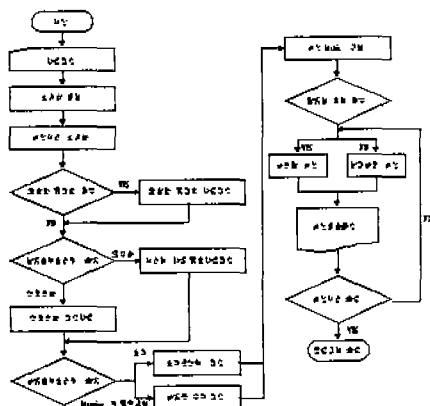


그림 1 부정류해석 프로그램의 흐름도

\* 인천대학교 토목공학과 교수

\*\* (주)한국종합기술개발공사 수자원부

\*\*\* 인천대학교 토목공학과 석사과정

서 먼저 각 단면별 초기값을 결정한 후 해석시간을 초기화한다. 입력된 자료에서 횡방향 유입량의 여부를 판단하여 횡방향 유입량의 자료를 입력받고 횡방향유입량이 없으면 상류경계조건을 종류를 판단하게 되고 상류경계조건이 선형증감이나 고정유량일 경우 흐름자료에서 읽어들이 값을 사용하여 프로그램 내부에서 계산하여 사용하고, 만약 시간에 따른 유량변화일 경우 시간에 따른 상류경계조건을 입력받게 된다.

이어서 하류경계조건이 종류를 판단하고 하류경계조건 종류가 Manning의 유속공식을 이용할 경우 하류측 수위를 입력받은 후 해석시간마다 프로그램 내부에서 계산을 수행하여 사용하게 되고, 조위변화인 경우 주기 T와 파고 H를 입력받아서 정현곡선으로 가정된 곡선식을 계산하여 사용하게 된다. 연속방정식과 운동량방정식을 차분화한 차분방정식을 이용하여 해석에 필요한 Matrix를 구성한 후 합류점의 존재 유무를 판단한다. 합류점이 존재하게 되면 하천망 해석을 실시하고, 합류점이 존재하지 않으면 단일하천으로 해석을 실시한다. 해석된 결과를 파일로 출력한 후 해석시간의 종료여부를 판단한다. 해석시간이 종료시간과 일치하지 않으면 다시 해석을 실시하고 해석시간이 종료시간과 일치하면 프로그램은 수행을 종료한다.

## 2.2 MENU의 구성

부정류 해석 프로그램은 1개의 Doc클래스와 여러 개의 View를 연결한 MDI(Multi Document Interface)로 구성하였고, 해석에 필요한 자료는 Doc클래스에 저장하고 자료의 입, 출력 및 확인, 저장은 각각 서로 다른 View에서 관리하도록 구성하였으며, Doc클래스와 View클래스를 통합하여 관리할 수 있는 Template을 구성하였다. 프로그램의 실행은 메뉴바에서 할 수 있도록 하였고, 메뉴 구조는 풀-다운 메뉴구조를 채택하였으며, 초기화면 및 상하류 경계조건 입력창은 그림 2부터 그림 4와 같다.

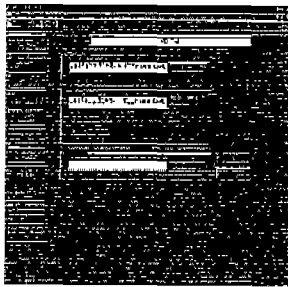


그림 2 프로그램 초기화면

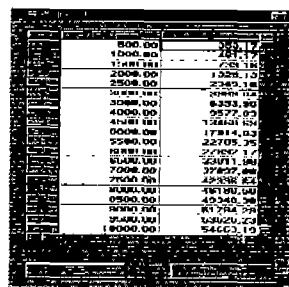


그림 3 상류경계조건 입력창

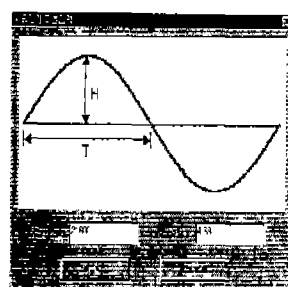


그림 4 하류경계조건 입력창

## 3. 프로그램의 검증

본 연구에서 부정류해석 프로그램의 검증을 위하여 가정된 모형수로를 해석하였다. 수로는 단면간 거리 500m씩 10개 단면으로 구성된 총 4500m길이의 수로이며, 조도계수는 0.025, 하상경사 0.001을 적용하였고, 수로의 폭은 1000m의 하폭을 유지하다가 상류경계단면으로부터 1500m 하류단면에서 500m로 수축되었다가 상류경계단면으로부터 3000m하류단면에서 1000m로 확대되는 수로를 가정하였으며, 가정된 모형수로는 그림 5와 같다. 상류경계조건으로 1000 CMS의 유량이 일정하게 유입될 때 상류로부터 500m, 1000m, 1500m, 2000m, 2500m, 3000m, 3500m,

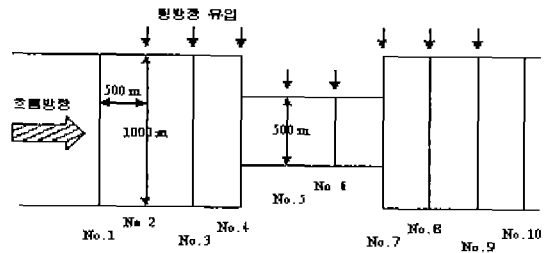


그림 5 부정류해석 프로그램 검증용 위한 수로

4000m떨어진 하류지점 8개 단면에 그림 6과 같이 해석시작후 18시간부터 24시간까지 0 CMS로부터 100 CMS까지 선형으로 증가한 후 24시간부터 30시간까지 100 CMS로부터 0 CMS까지 선형으로 감소하는 횡방향 유입량을 유입시켜 그 결과를 알아보았다. 상류경계단면인 No. 1에서 1000 CMS의 유량이 유입되고 각각의 횡방향 유입량이 No. 2부터 No. 9까지 그림 6과 같이 유입될 때 시간에 따른 유량변화는 그림 7과 같다. 그림에서 나타난 바와 같이 상류경계단면의 유량변화는 입력자료와 같은 선형증감이 뚜렷히 나타나지만 점차 하류단면으로 갈수록 횡방향 유입량에 의한 유량증가와 최대유량발생시각 부근에서의 비선형 변화가 잘 나타나고 있다. 이를 수치로 분석하는 경우 표 1에서와 같이 상류경계단면에서 유입되는 유입유량의 총 부피는 324,000 m<sup>3</sup>이고 횡방향 유입량의 총량은 28,800 m<sup>3</sup>으로 총 유입유량은 352,800 m<sup>3</sup>이고, 유출유량이 총 부피는 352,581.84 m<sup>3</sup>을 보여 이를 백분율로 환산할 경우 오차율은 -0.06%의 오차를 보이고 있으며 이를 통하여 횡방향 유입량을 적용하여 해석하는 경우에도 수로 내 질량보존의 법칙이 잘

적용되고 있음을 알 수 있다.

표 1 각 단면에서의 입력유량과 계산유량의 차

단면번호	단면위치	입력유량총부피 (m <sup>3</sup> )	계산유량총부피 (m <sup>3</sup> )	오차율(%)
No. 1	상류경계단면	324000.00	324000.00	0.00
No. 2	500m 하류	325800.00	325759.97	-0.01
No. 3	1000m 하류	329400.00	329174.48	-0.07
No. 4	1500m 하류	333000.00	332664.29	-0.10
No. 5	2000m 하류	336600.00	336263.19	-0.10
No. 6	2500m 하류	340200.00	339849.92	-0.10
No. 7	3000m 하류	343800.00	343495.58	-0.09
No. 8	3500m 하류	347400.00	347182.06	-0.06
No. 9	4000m 하류	351000.00	350783.68	-0.06
No. 10	하류경계단면	352800.00	352581.84	-0.06

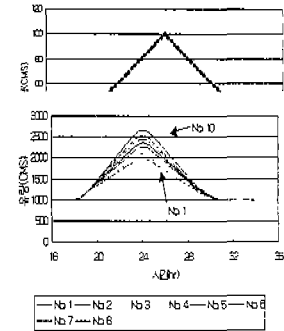


그림 7 수로내 각 단면의 유량변화

#### 4. 경인운하 부정류 해석

개발된 부정류 흐름해석 프로그램을 경인운하에 적용하였다. 경인운하는 한강의 지류중 하나인 굴포천 유역의 홍수피해 대책의 일환으로 굴포천의 유량을 서해까지 직접 배수하는 방수로 계획을 확대하여 경기도 김포군내의 한강으로부터 인천광역시 서구의 서해까지 총 연장 15.8 km구간에 걸쳐서 주운수로로 계획되고 있으며, 한강으로부터 약 3.4 km 떨어진 위치에 굴포천과 합류하도록 계획되고 있다. 합류점을 통하여 홍수발생시 굴포천 유역의 유출량이 경인운하를 통하여 배제되도록 계획되고 있어 홍수발생시 경인운하와 굴포천의 합류점에서는 굴포천 홍수과의 영향으로 인하여 수리특성이 매우 복잡한 양상을 띄게 될 것으로 예상되고, 경인운하의 하류측 조위변화에 의해서도 합류점에서 큰 변화를 나타낼 것으로 예상된다. 따라서, 본 연구를 통하여 개발한 부정류해석 프로그램을 이용하여 굴포천 상류지역의 홍수과 발생과 하류측 조위에 의한 경인운하내 수리특성 변화를 해석하였다. 경인운하의 유역구분은 총 9개 지역으로 구분되며, 하천의 길이는 소 구간별로 최저 1.6 km부터 최대 8.6 km까지며, 유역면적은 1.42 km<sup>2</sup>부터 32.17 km<sup>2</sup>까지 분포하여 전체 유역면적은 152.91 km<sup>2</sup>이고, 하상경사의 경우 소유역의 유로의 시점과 종점을 유로연장으로 나눈값을 이용하였다. 상류경계조건 및 횡방향 유입량을 산출하기 위해서는 소유역 구분은 그림 8과 같이 분수계를 이용한 단면별 유역으로 구분하여야 하지만 단면간 거리가 160 m부터 200 m에 불과하여 분수계에 의한 유역구분이 사실상 불가능하여 그림 9와 같이 평균폭을 가진 유역으로 가정하여 횡방향 유입량을 산출하였다.

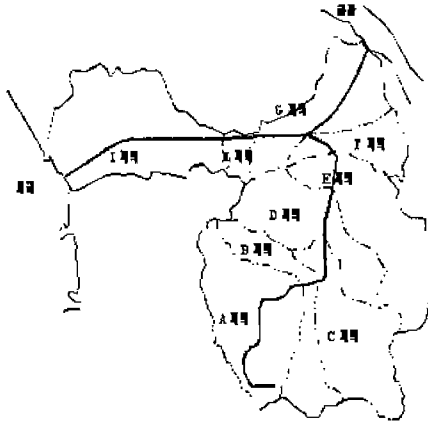


그림 8 부정류 해석지역의 유역도

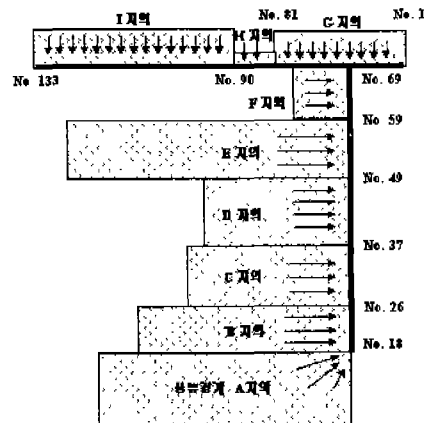


그림 9 횡방향 유입량 산정을 위해 가정된 유역도

##### 4.1 홍수시 상류 및 횡방향 유입량 산정

홍수시 상류경계단면과 각 지점별 횡방향 유입량을 산정하기 위하여 인천지역의 강우자료를 Clark단 위도에 적용하여 시간에 따른 유출량을 산출하였다. 이용된 강우자료는 유역면적 등을 고려하여 인천지역에서 1952년 이후 2시간과 3시간지속 강우강도 중 최대값을 나타낸 1997년 8월 4일 06시부터 17시까지의 자료를 선택하였으며, 인천기상대 자기기록지 상에 나타난 기록을 읽어 그 값을 이용하였고 그 내용은 표 2와 같다.

표 2 인천기상대 자기기록지에 나타난 1997년 8월 4일의 인천지역 시간강우량

날 짜	시 간	강 우 량(mm)					
		0분	10분	20분	30분	40분	50분
1997년 8월 4일	06시	0.0	0.0	1.2	0.1	0.0	0.0
	07시	0.0	0.0	0.0	5.0	4.5	5.5
	08시	4.3	0.2	0.0	1.0	10.0	15.0
	09시	10.5	10.5	5.0	2.0	0.9	5.1
	10시	10.0	11.5	19.0	17.0	10.0	14.5
	11시	15.0	10.5	8.5	6.5	6.7	3.3
	12시	2.0	0.6	0.6	0.8	1.0	1.0
	13시	1.1	1.0	1.0	1.1	1.0	1.0
	14시	1.0	0.8	1.2	0.9	0.8	1.5
	15시	0.5	0.7	0.8	0.4	0.6	0.8
	16시	0.5	0.2	0.4	0.2	0.5	0.3
17시	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	

#### 4.2 하류경계조건외의 구성

부정류 흐름해석을 위해서는 각 단면의 초기값과 상류 경계조건 외에 하류 경계조건이 필요하다. 이중 하류경계조건을 위하여 경인운하 하류측 끝단의 조위변화를 해석하여 추정하였다. 해석대상인 경인운하 하류측 끝단의 위치는 영종도 및 울도 북측의 장도부근으로 울도에서 약 3km 정도 떨어진 근접거리에 위치하므로 울도의 관측치를 이용하여 경인운하 하류측의 조석현상을 추정하였으며, 그 내용은 그림 10과 같다. 이러한 조위의 실제 현상은 시간에 따라 불규칙하게 변화하는 불규칙파이지만 수치해석 적용의 한계성으로 인하여 일정 주기를 가진 정현곡선으로 가정하여 적용하였고 수리특성의 변화를 좀 더 명확히 하기 위하여 최대값인 고극조위를 적용하였으며 그림 11과 같다.

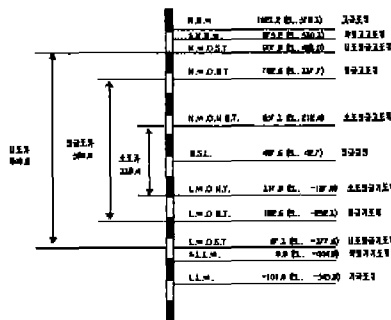


그림 10 경인운하 하류측 조위표

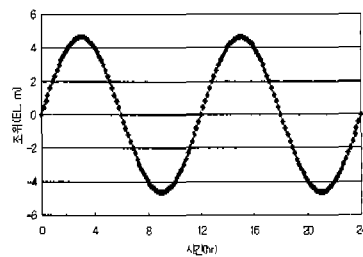


그림 11 하류경계조건으로 적용한 조위변화

#### 4.3 경계조건 변화에 따른 흐름특성 변화

부정류의 흐름은 경계조건에 따라 수리특성 변화를 나타내게 되므로 상류경계조건과 하류경계조건을 변화시키면서 합류점 상, 하류 및 경인운하내 수리특성을 분석하였다. Manning의 조도계수는 하천단면이 계획단면임을 고려하여 0.025를 적용하였고, 굴포천과 경인운하의 하천형태를 구형단면으로 가정하여 경계조건 적용에 따른 경인운하내 수리특성의 변화를 파악하였다. 분석결과 상, 하류 경계조건에 따른 수리특성에 많은 차이를 나타내었으며 표 3과 같은 상, 하류 경계조건에 의한 결과를 분석하였다.

표 3 해석에 적용된 상, 하류경계조건

구 분	상류 경계조건	하류 경계조건
CASE I	기저유량(50 CMS) + 굴포천 홍수파 + 횡방향 유입량	Manning의 유속공식
CASE II	기저유량(50 CMS) + 일정유량(330.38CMS)	고극조위의 조위변화
CASE III	기저유량(50 CMS) + 굴포천 홍수파 + 횡방향 유입량	고극조위의 조위변화

##### 4.3.1 합류점 전, 후 비교

합류점 전, 후에서의 최대유량 및 최소유량을 비교하면 표 4와 같다. 표에서 나타난바와 같이 최대유량은 CASE III의 합류점 이후 단면인 No. 69에서 CASE I보다 445.79 CMS 더 큰 유량이 발생하고 있다. 최소유량의 경우 흐름의 역류상태를 나타내는 (-)부호를 가진 -952.88 CMS로써 합류점 이후 단면인 No.

69에서 하류경계조건으로 조위를 적용한 CASE II와 CASE III에서 나타남으로써 하류조위가 높아지면 그 영향이 합류점의 유량변화에도 영향을 미치는 것으로 분석할 수 있다. 최소값에서 경계조건의 적용에 따라 CASE I은 (+)를 나타내고 CASE II와 CASE III은 (-)값을 나타냄으로써 조위에 의한 영향이 수로내 (-)값을 나타내게 하는 것을 알 수 있다.

표 4 경계조건변 합류점 전, 후에서의 유량비교

구 분	No. 17	No. 68	No. 69	
CASE I	최대값	133.79	1110.97	1171.37
	최소값	6.48	19.82	70.00
CASE II	최대값	268.34	498.70	755.44
	최소값	-307.27	-677.95	-952.88
CASE III	최대값	303.51	1358.73	1617.16
	최소값	-287.38	-677.98	-952.88

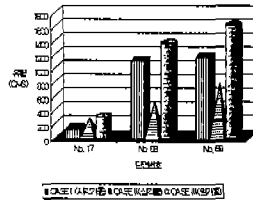


그림 12 경계조건변 합류점 전, 후에서의 유량비교(최대값)

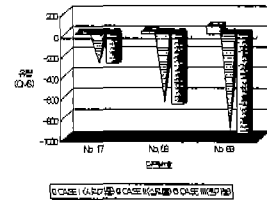


그림 13 경계조건변 합류점 전, 후에서의 유량비교(최소값)

표 5는 합류점 전, 후에서의 최대유속 및 최소유속을 나타내고 있다. 최대유속의 경우 CASE I에서 합류점 이후 단면인 No. 69에서 나타나고 있으며 최대유량을 나타낸 CASE III보다 0.11 m/sec 더 큰 수치인 2.49 m/sec로 나타나고 있으며, 최소유속의 경우 하류경계조건으로 조위변화를 적용한 CASE II와 CASE III에서 합류점 이후 단면인 No. 69에서 역류현상을 나타내는 -1.26 m/sec를 나타내었고, 합류점 전의 단면에서도 (-)부호를 가진 유속이 발생하여 조위변화가 합류점을 지나 그 이전까지 흐름에도 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

표 5 경계조건변 합류점 전, 후에서의 유속비교

구 분	No. 17	No. 68	No. 69	
CASE I	최대값	0.59	2.35	2.49
	최소값	0.02	0.22	0.81
CASE II	최대값	0.66	0.71	1.24
	최소값	-0.74	-0.83	-1.26
CASE III	최대값	0.66	2.01	2.38
	최소값	-0.74	-0.83	-1.26

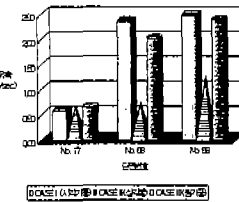


그림 14 경계조건변 합류점 전, 후에서의 유속비교(최대값)

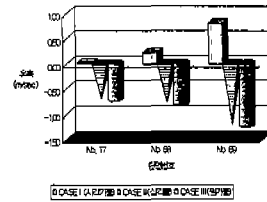


그림 15 경계조건변 합류점 전, 후에서의 유속비교(최소값)

#### 4.3.2 합류점 이후 비교

표 6은 합류점 이후에서의 최대유량 및 최소유량을 비교하였다. 최대유량의 경우 CASE III의 No. 130에서 CASE I의 No. 130의 1208 CMS보다 1573.35 CMS 더 큰 2781.70 CMS로 나타나고 있다. 최소유량의 경우 CASE II와 CASE III의 No. 130에서 -1972.21 CMS로 나타나고 있으며 이를 통해서 조위상승의 영향으로 수로내 흐름의 방향이 바뀌는 것을 알 수 있다.

표 6 합류점 이후에서의 유량비교

구 분	No. 70	No. 90	No. 110	No. 130	
CASE I	최대값	1171.81	1177.06	1196.13	1208.35
	최소값	70.00	70.00	70.00	70.00
CASE II	최대값	768.78	1045.14	1346.63	1666.31
	최소값	-973.34	-1351.40	-1679.40	-1972.22
CASE III	최대값	1629.24	1922.50	2325.05	2781.70
	최소값	-973.34	-1351.39	-1679.40	-1972.21

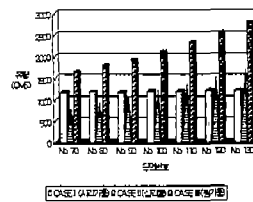


그림 16 합류점 이후에서의 유량비교(최대값)

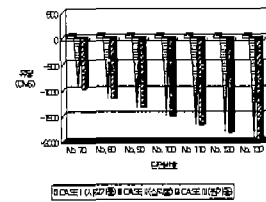


그림 17 합류점 이후에서의 유량비교(최소값)

표 7은 합류점 이후에서 최대유속 및 최소유속을 나타내었다. 최대유속은 최대유량이 발생하는 CASE III의 No. 130에서 2.56 m/sec를 나타내었다. 그러나, 유량의 경우 CASE III의 No. 130이 CASE I의 No. 130보다 2.3배 높은 수치를 보였으나 유속의 경우 불과 1.04배 높은 수치를 나타내어 유량변화와 유속변화는 일치하지 않는 것을 알 수 있다. 최소 유속의 경우 CASE II의 No. 130의 -1.44 m/sec로 나타났다.

표 7 합류점 이후에서의 유속비교

구 분		No. 70	No. 90	No. 110	No. 130
CASE I	최대값	2.49	2.48	2.49	2.45
	최소값	0.81	0.81	0.81	0.80
CASE II	최대값	1.25	1.38	1.48	1.55
	최소값	-1.27	-1.37	-1.42	-1.44
CASE III	최대값	2.38	2.43	2.50	2.56
	최소값	-1.26	-1.33	-1.36	-1.37

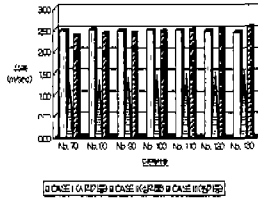


그림 18 합류점 이후에서의 유속비교(최대값)

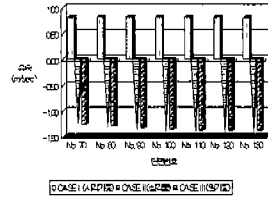


그림 19 합류점 이후에서의 유속비교(최소값)

## 5. 결론

본 연구에서는 연속방정식과 운동방정식을 지배방정식으로 하고 유한차분법을 이용하여 하천을 1차원 부정류로 해석할 수 있는 부정류해석 프로그램을 개발하고, 개발된 부정류해석 프로그램을 경인운하에 적용하여 경계조건 변화에 따른 경인운하 내 수리특성을 비교하였으며, 아래와 같은 결과를 도출하였다.

첫째, 본 연구에서 하천망내 연속방정식과 운동방정식을 지배방정식으로 하고 수치모형 해석방법으로 유한차분법을 선정한 후 후진법의 4점법을 이용한 흐름을 해석하고 입력, 출력, 흐름해석, 해석결과 등을 MENU 형식을 사용한 GUI를 기반으로 하는 사용하는 사용자 위주의 1차원 부정류 해석모델을 개발하였다.

둘째, 프로그램은 상, 하류 경계조건 및 실시간 횡방향 유입량을 받아들일 수 있도록 하였으며, 상류 경계조건은 일정유량이 유입되는 경우, 시간에 따라 선형으로 증감하는 경우, 시간에 따라 독립적으로 변화되는 경우 등을 적용할 수 있도록 하였고, 하류경계조건은 Manning의 유속공식과 조위변화를 적용할 수 있도록 하였다.

셋째, 본 모델은 단순하천보다는 하천망 해석에 장점이 있고 사용되는 해석 알고리즘도 계산시간에 장점이 있는 알고리즘을 선택하여 하천내 홍수파 해석에 장점을 갖도록 하였다.

넷째, 본 모델의 해석대상 유역으로 인천 서부로부터 한강을 잇는 경인운하를 선정하여 해안선에 접한 하천망의 특성과 합류점의 영향을 분석하였다.

다섯째, 경인운하와 같이 해안선에 연한 하천의 경우 하류경계조건에 따라 하천내 흐름이 수시로 변화하는 특성이 잘 모의되고 있었으며 합류점이 있는 경우 상류경계조건에 따라 합류점 상, 하류간 수위 및 유량이 크게 차이가 나는 것을 모의할 수 있었다.

여섯째, 경계조건의 변화에 따른 해석결과를 통하여 하천내 흐름에 영향을 주는 민감도를 분석하였다. 경인운하의 경우 평시와 홍수시 상류부 유입량이 크게 차이가 나는 점을 감안하여 한강으로부터의 유입량과 굴포천으로부터의 홍수시 유입량을 시, 공간적 변화를 주는 모의를 한 결과 하천내 유량은 단순 검토된 해석 결과와는 크게 다른 해석 결과를 나타냈으며, 수위와 유량은 단순한 하나의 폭선식으로 나타나지 않고 상승시와 하강시가 다른 모습을 나타내 수위와 유량과의 관계가 비선형임을 잘 나타내고 있었으며 이를 통하여 향후 운하내 흐름 해석은 정류가 아닌 부정류 해석이 이루어져야 할 것으로 판단되었다.

향후 기대효과로서 삼면이 바다로 둘러싸여 있고 대부분의 하천이 바다로 유입되는 우리나라 실정상 하류경계 조건으로 조위를 적용하여 해석할 수 있는 프로그램을 개발함으로써 앞으로 바다로 유입되는 자연하천에의 적용시 수리특성 해석에 좀 더 신뢰성 있는 해석결과를 기대할 수 있고, 향후 본 연구에서 개발된 프로그램의 범용적 적용성에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

## 참 고 문 헌

- 1) Cunge, J. A., Holly, F. M., Verwey, Jr. A., (1980), Practical Aspects of Computational River Hydraulics, Pitman.
- 2) Fennema, R. J., Chaudhry, M. H., (1989), "Implicit methods for two-dimensional unsteady free-surface flows", Jour. of Hydraulic Research, IAHR., Vol. 27 No. 3, pp. 321-332.
- 3) Fennema, R. J., Chaudhry, M. H., (1990), Explicit methods for 2-D transient free-surface flows.", Jour. of Hydraulic Engineering., ASCE., Vol. 116 No. HY8, pp. 1013-1034.
- 4) Choi, G. W., (1991) "Hydrodynamic Network Simulation Through Channel Junctions", Ph. D. Dissertation, Colorado State University, Ft. Collins, Co.
- 5) 최계운, 서병하, 이무욱, 김동욱, (1998), "교각 세굴 안정성 검토를 위한 세굴안전진단시스템(SAScr)의 개발", 대한토목학회 학술발표회 논문집(III), pp. 111-114.
- 6) 이상엽, (1997), "Visual C++ Programming Bible Ver 5.x", 영진출판사.
- 7) 이이표, 김병세, (1997), "Inside Visual C++ 5.0", 삼양출판사.