

졸업논문

가덕도 신항만과 연계한
낙동강 수로개발에 관한 연구



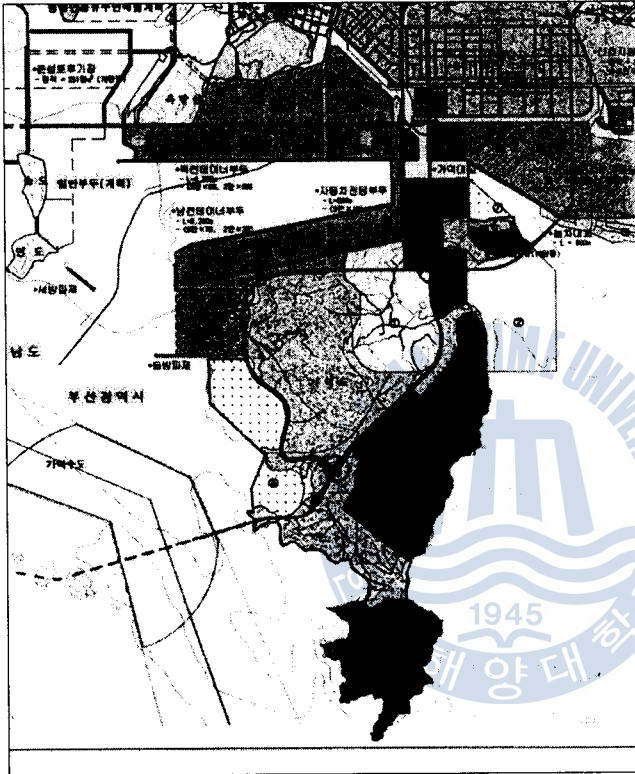
1997년 11월

한국해양대학교 해사대학
해사수송과학부

강 인 규

1 서론(序論)

21C 동북아 물류의 거점으로 발돋움하려고 하는 가덕도 신항만은 그 규모나 사업비 면으로 보나 거대한 국책사업이다. 총사업비 9조 1천 100억원(민자 3조 1천억원 포함)을 투입, 1997년 11월 착공하여 1단계 사업이 끝나는 2005년까지 10개선석이 건설되고 2011년까지 23선석이 완공되는 등 5만톤급 33선석이 새로 건설되는데 이 가운데 컨테이너 전용 부두 24개선석은 민자를 유치해 건설 할 계획이다.



그림[1-1] 가덕도 신항만 계획

는 내륙 수로를 이용한 가덕도 신항만에서 대구, 구미 등지까지 일관성 있게 운송할 수 있는 낙동강 수로개발의 도입이 필요하다.

이를 위하여 가덕도 신항만과 연계한 낙동강 수로개발여건을 조성할 자료로서 우선 가덕도 및 그 해역일대와 부산지방기상청의 과거 10년간(1986년-1995년)의 기상자료 및 해양물리환경의 변화를 파악하기 위해 기초사된 현장자료(가덕도 신항만 개발에 따른 해양환경검토서)를 참조하여 정리하였다.

2. 수로운항바지의 조건

바지선의 폭과 길이는 뒤에서 설명하는 항로폭, 즉 운하폭을 결정함에 있어서 매우 중요한 것이다. 또한, 바지선의 출수는 항로수심, 즉 운하수심을 결정하는데 큰 영향을 미친다. 바지선의 폭, 길이 및 출수를 작게 할수록 항로폭과 항로수심이 각각 작아지므로 바

또 항만 배후 수송 시설로는 가덕도-삼랑진간 철도 48.4km(사업비 8,230억원) 및 국도2호선-녹산공단-가덕도간 등 3개노선, 교량 1개소 등 도로 23.5km(사업비 3,690억원) 등이 국비로 건설된다. 개별면적은 항만 용지 385만평, 조선소 등 물류 관련 시설 및 국제 규모의 금융센터 및 상품 전시장 등이 갖추어진 배후도시 345만평, 자동차 전용부두 및 야적장 공단 확장 부지 140만평 등 모두 870만평에 이른다. 하지만 국제물류기지로서의 기능을 갖추기 위해서는 효율성과 비용을 고려한 내륙화물운송 방안이 필요하다. 현행 도로수송에 의존하고 있는 내륙화물운송에 있어서는 저효율 및 고비용 발생이라는 문제를 안고있는데 이를 보완하기 위해서

지선의 수송능력을 고려하여 그 폭, 길이 및 흘수를 정해야 한다. 일반적으로, 하상을 준설하여 항로수심을 증가시키는 것 보다 기존의 하천에서 항로폭을 증가시키는 것이 수월하다. 낙동강 운하에 운항되는 바지선의 척당 설계 수송 능력이 약 1,000-1,300ton 일 때, 바지선의 폭은 12m, 길이는 80m 및 흘수는 2m로 할 것을 제안한다.

독일의 RMD(Rhein-Main-Donau)운하의 경우, 바지선의 폭은 9.5-11.5m, 길이는 90m 및 흘수는 2.8m이며, 바지선의 수송능력은 1,360ton이다. 바지선 운항방식에 따라서는 3,500ton까지 수송능력이 증가한다.

3.가덕도 신항만의 자연적 조건

3.1 기상

3.1.1 천기일수

가덕도 신항만이 속해있는 부산지역의 천기일수 현황을 다음 [표-1]와 같이 과거 10년의 자료를 연도별로 제시함

[표1-1] 부산지역 천기일수

(단위:일)

구분	눈	안개	서리	결빙	뇌전	맑음	갬	흐림
1986	3.0	12.0	6.0	80.0	4.0	119.0	143.0	103.0
1987	1.0	29.0	4.0	69.0	5.0	111.0	128.0	126.0
1988	6.0	10.0	2.0	72.0	11.0	102.0	156.0	108.0
1989	3.0	5.0	12.0	48.0	13.0	81.0	151.0	133.0
1990	4.0	19.0	3.0	51.0	7.0	108.0	150.0	107.0
1991	4.0	31.0	8.0	60.0	15.0	107.0	139.0	119.0
1992	5.0	11.0	3.0	63.0	8.0	108.0	147.0	111.0
1993	5.0	22.0	4.0	75.0	13.0	113.0	137.0	115.0
1994	6.0	22.0	-	52.0	11.0	161.0	141.0	78.0
1995	4.0	15.0	-	66.0	18.0	138.0	137.0	90.0
평균	4.1	17.6	4.2	63.6	10.5	114.8	142.9	109.0

표 [1-1]에서 바지선 운항과 관련된 기상자료를 분석해볼 때 가장 밀접한 관련이 있는 것은 안개와 결빙인데, 안개는 평균 17.6일로 바지선 운항에 큰 지장을 주지 않는다. 그러나 결빙을 분석해 볼 때, 연간 평균 63.6일로 다소 줄어드는 경향이 있으나 동절기 운항에 있어서는 자칫 심각한 장애 요인으로 작용할 수 있다.

3.1.2 풍향, 풍속

가덕도 신히만과 인접한 부산지방기상청의 기상자료를 인용하여 정리한 결과, 풍향별 최대풍속과 발생빈도는 다음 [표1-2]과 같으며, 주 풍향은 북동풍으로 나타났다.

[표1-2] 부산지역 풍향·풍속

(단위 : m/s, %)

계절 풍향	봄		여름		가을		겨울		연간	
	최대 풍속	풍향 빈도	최대 풍속	풍향 빈도	최대 풍속	풍향 빈도	최대 풍속	풍향 빈도	최대 풍속	풍향 빈도
CALM		1.6		1.6		2.6		1.5		1.8
NNE	7.8	10.7	6.4	7.2	7.1	12.2	7.4	8.3	9.9	9.8
NE	8.2	9.4	8.6	14.9	8.1	17.7	6.4	6.1	12.7	12.5
ENE	7.5	9.4	8.0	12.5	6.8	6.5	5.8	5.7	10.7	8.8
E	6.2	5.8	6.4	7.8	4.1	4.7	4.9	2.5	9.3	5.4
ESE	4.9	2.9	5.0	3.0	4.2	2.3	3.8	1.4	8.7	2.5
SE	4.7	2.0	4.9	1.2	4.2	1.7	3.9	1.8	8.7	1.6
SSE	5.3	2.5	6.6	1.9	4.1	1.0	3.7	1.0	10.5	1.6
S	8.1	5.9	8.5	7.1	6.1	2.5	5.0	1.5	13.5	3.5
SSW	10.0	8.7	11.6	14.2	8.7	3.6	6.0	2.0	16.3	6.7
SW	10.0	8.7	11.3	11.7	9.0	4.8	7.9	5.1	15.4	7.5
WSW	9.5	7.1	8.7	6.7	8.6	6.0	9.2	8.5	11.1	7.0
W	8.5	6.2	6.8	4.7	7.9	7.1	9.6	11.6	11.5	7.2
WNW	7.7	4.6	5.3	1.7	7.0	5.4	8.6	8.2	9.9	5.0
NW	7.6	5.1	4.6	1.2	7.9	8.0	9.8	14.0	12.9	6.9
NNW	6.9	3.7	4.5	1.2	8.4	6.7	6.9	10.3	11.2	5.4
N	6.5	5.2	4.2	1.6	7.9	7.9	8.5	10.4	11.4	6.0

3.1.3 강수량

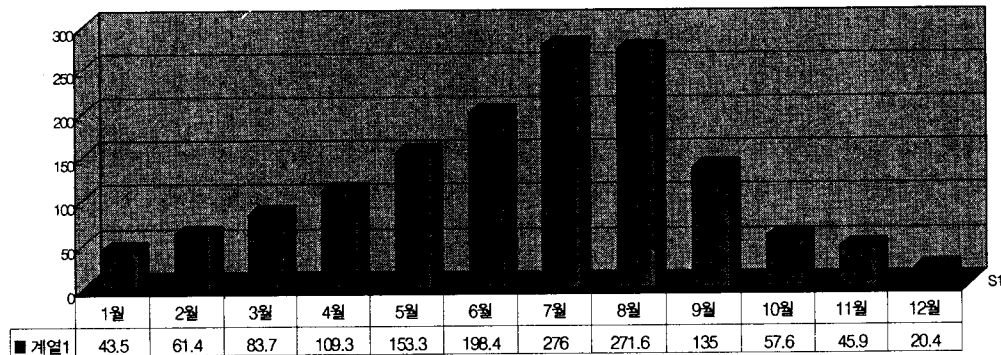


그림 [1-2] 부산지역 강수량

수로의 요건중 풍부한 유량은 필수 조건이다. 그림[1-2]에서 보듯 강수량의 60-90%가 6-9월 사이에 집중되어있고 동절기에는 강수량이 매우 적은 것을 알 수 있다. 동절기에 강수량이 적다는 것은 동절기에 유량이 줄어 바지선 운항에 지장을 줄 우려가있다. 연평균 강수량은 1,460.3mm로 풍부한 편이며 년중 일정한 유량을 유지하기 위해서는 댐의 건설같은 대비책이 필요하다.

3.2 해상

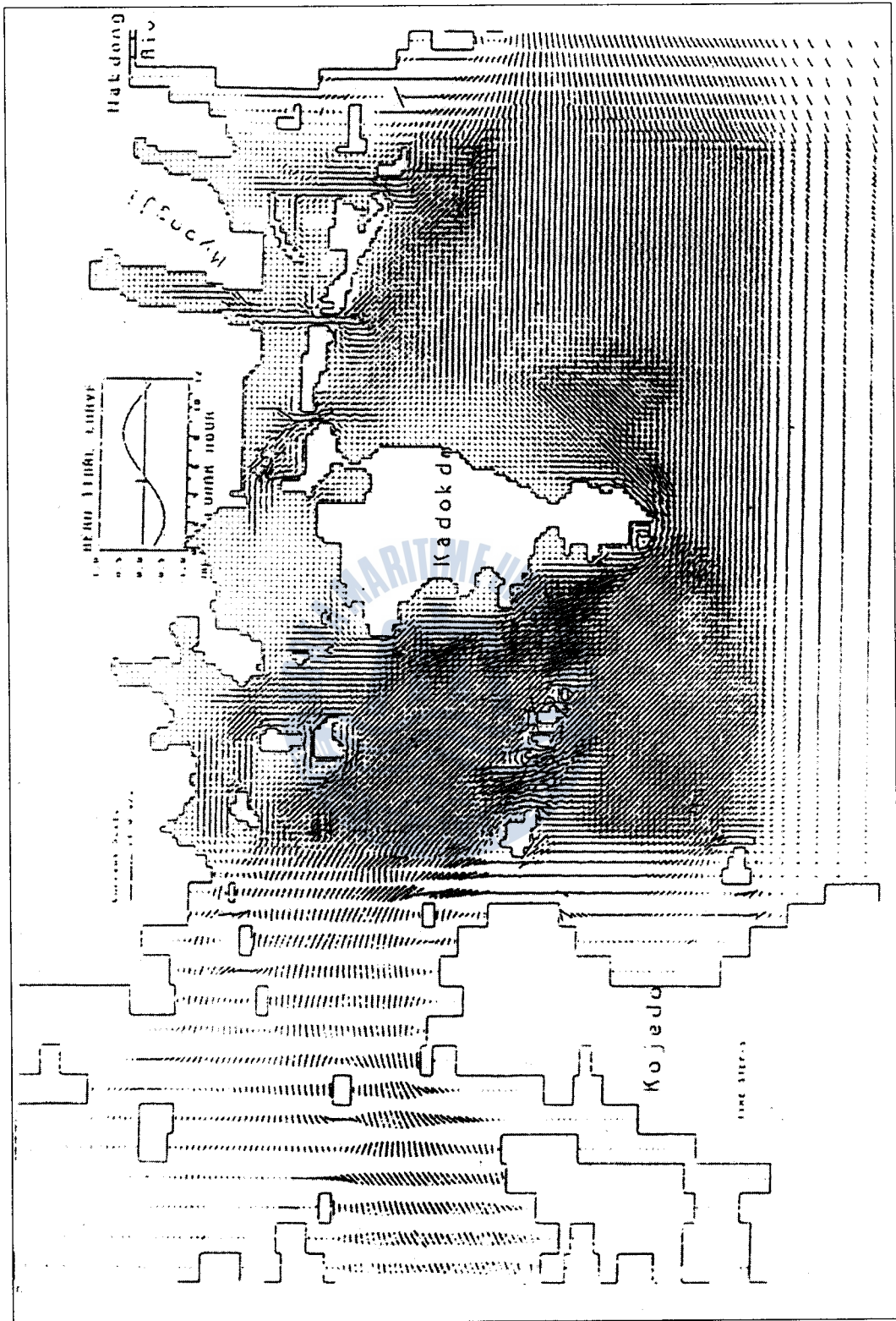
3.2.1 조류

건설교통부 수로국의 가덕도 주변해역의 창, 낙조시 최강 유속은 0.1~1.1m/s 이며, 창조류는 WNW 방향으로 26~66cm/sec로 흐르고 낙조류는 SE방향으로 20~74cm/sec로 흐름. 조류의 최강유속은 간·만조후 약 3시간후에 나타남.

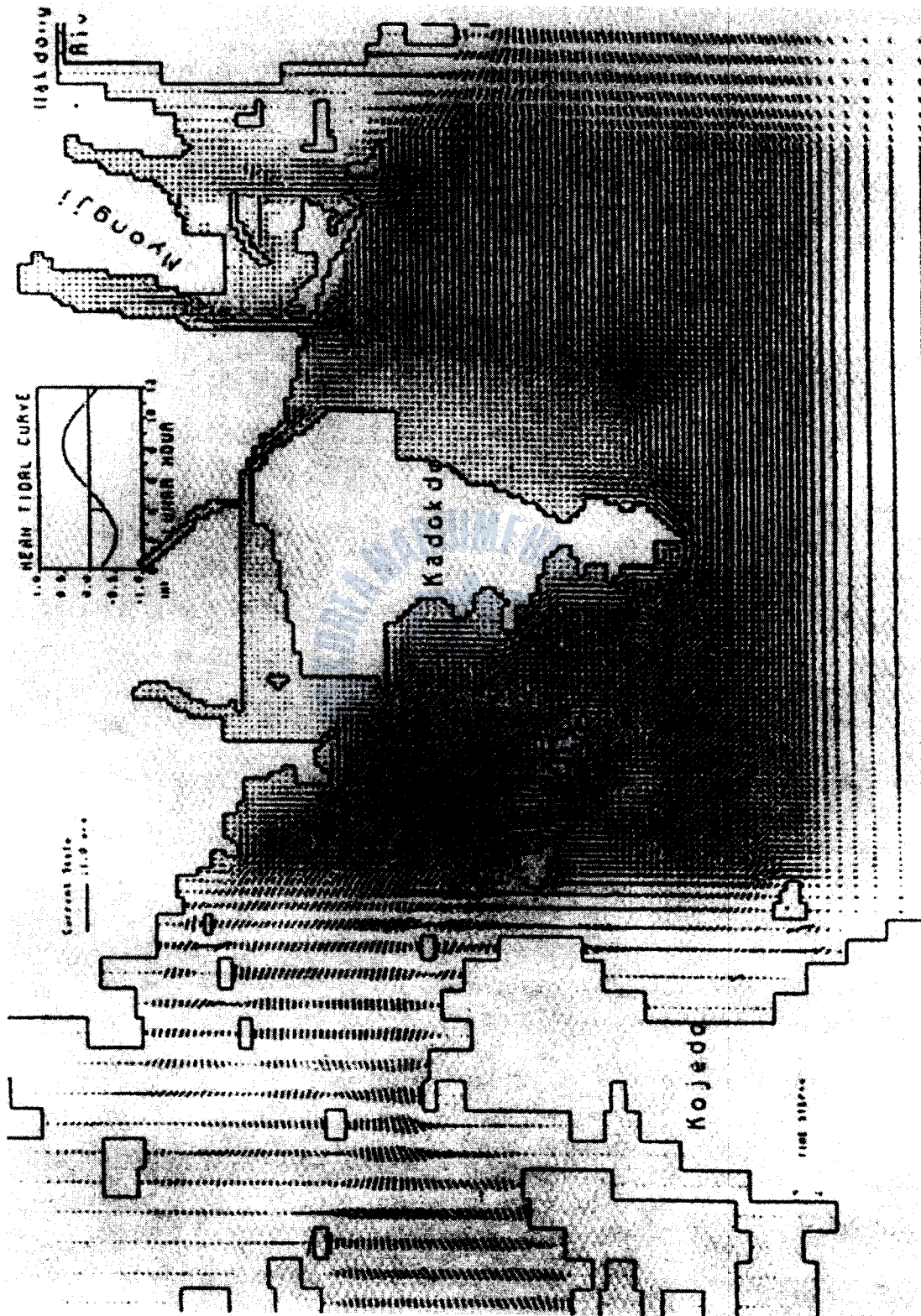
그림 [2-2],[2-4]에서 보듯이

- 창조시 흐름은 가덕도 동측은 동에서 서측 방향으로, 가덕도 서측에서는 마산, 진해만으로 향하는 북서향류가 우세함.
- 가덕도 진우도 협수로에서의 창조시 유향은 북서내지 서향이나, 가덕도 북서만내에서는 가덕도 서측으로부터의 흐름과 가덕도-진우도 협수로의 흐름이 서로 마주치게 되어 유속이 약화되며 뚜렷한 흐름 패턴이 나타나지 않음.
- 낙조시의 흐름은 창조시와 대체로 반대방향의 흐름패턴을 보이며 낙조시 가덕도와 거제도 사이의 소규모 섬사이에서 와류가 발달하는 특성을 보임.
- 창·낙조시 항만의 서측 입구에 국부적인 와류가 나타남.

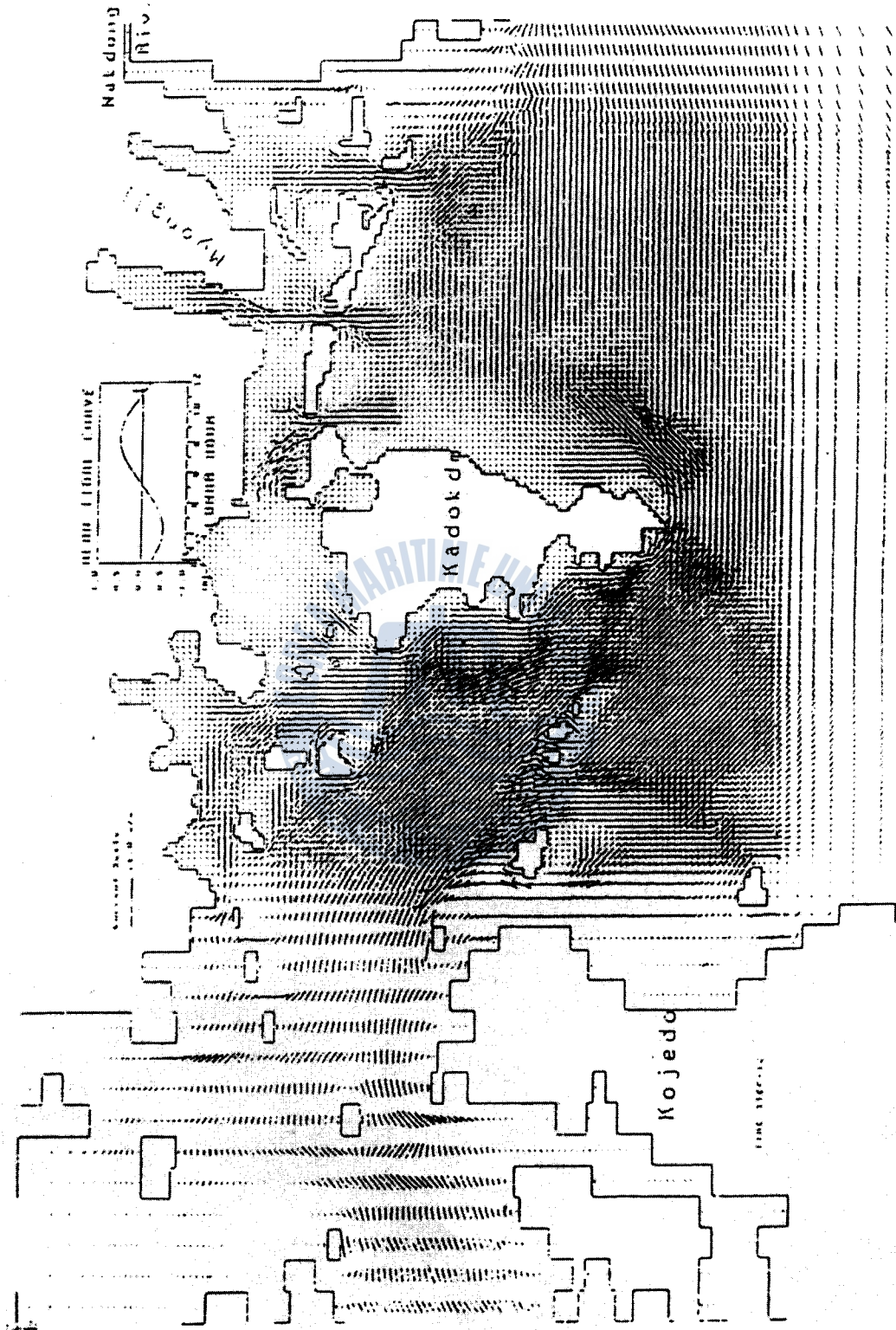
이상에서 알수 있듯이 가덕도 서측 입구로 나가는 바지선 항로 선택이 국부적인 와류와 유속이 강하여 적합하지 못하다는 것을 알수 있다.



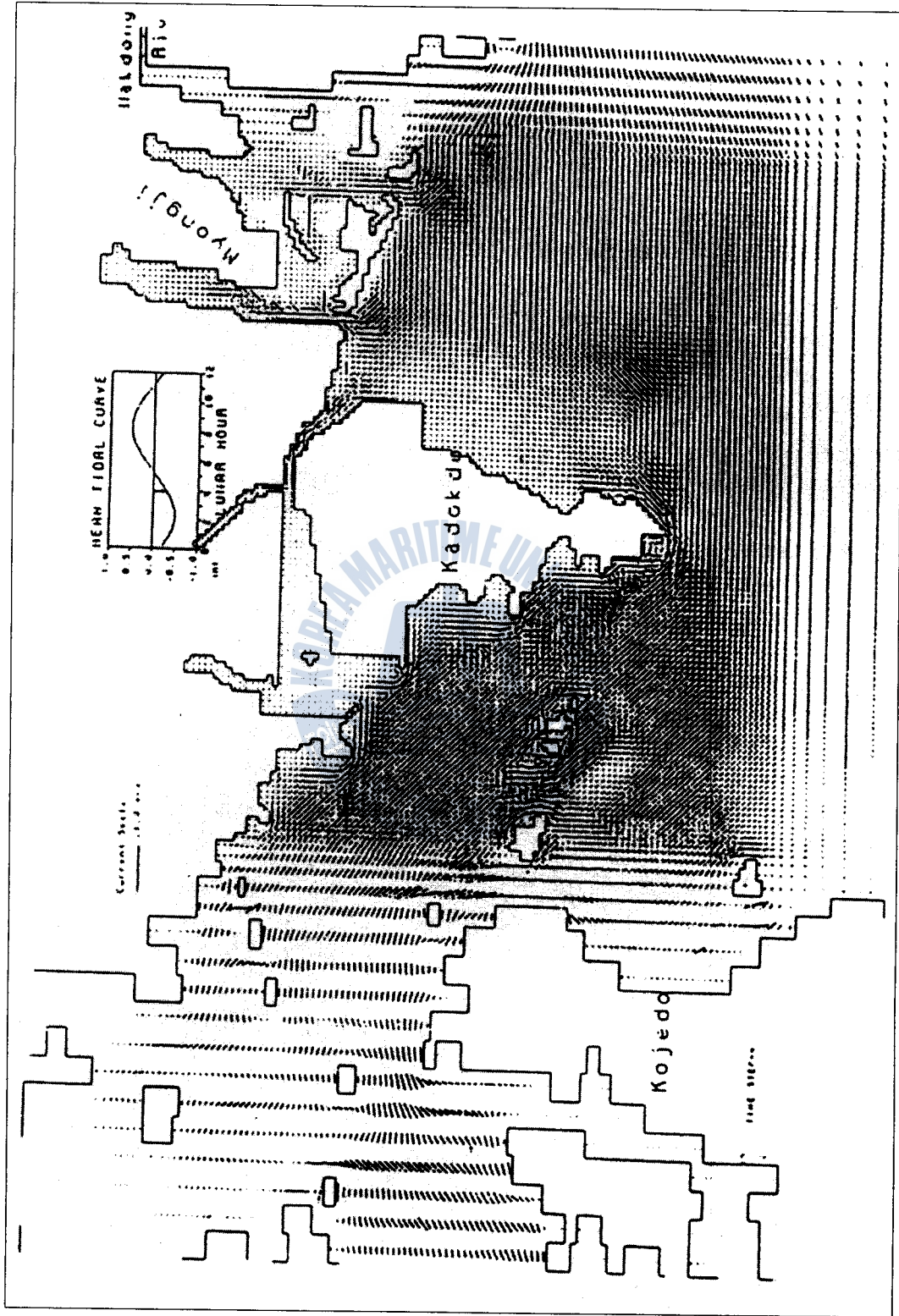
그림[2-1]신항만 개발전 계산된 평균조 창조시 유속장



그림[2-2] 신항만 개발후 계산된 평균조 창조시 유속장



[그림2-3] 신항만 개발전 계산된 평균조 낙조시 유속장



[그림2-4] 신항만 개발후 계산된 평균조 낙조시 유속장

3.2.2 파랑

파랑을 각 구역별로 구분해서 파랑 변형을 볼 때 가덕도 동측해역은 수심변화가 완만하고 외해에 노출되어 있으며, 남·북형제도 등의 해저 천퇴에 의해 집중된 파랑에너지가 가덕도 동안으로 진입한다. 또한 굴절이나 회절에 의한 파랑 감소효과가 미약하다.

- 가덕도 동안 남측: 파고 7~9m
- 가덕도 동안 북측: 파고 4~6m

두 번째로 가덕도 서측해역은 가덕 수로를 따라 파랑에너지가 내해까지 진입하며, 저도, 대죽도, 중죽도 등의 도서에 의한 차폐 효과가 예상보다 미약하다.

- 가덕도 서안 남측 : 파고 6~8m
- 가덕도 서안 천성만 부근 : 파고3~5m
- 가덕도 서안 북측 : 파고 2~4m

세 번째로 가덕도 북서측해역은 외해로부터의 차폐효과가 예상보다 미약하며, 가덕수로를 따라 파랑에너지가 내해까지 진입한다. 또한 저도와 대죽도 등의 사이를 통과한 파랑이 굴절함에 따라 연도등으로 진입한다.

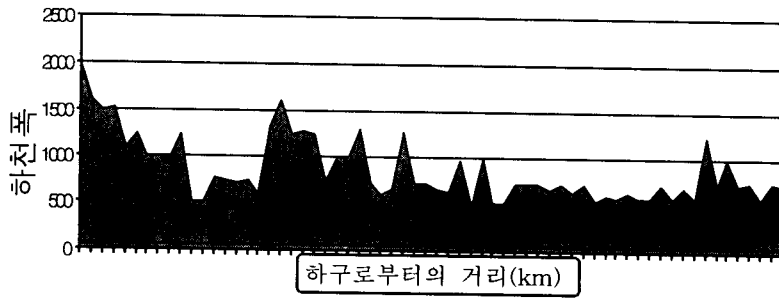
- 가덕도 북안 서측 : 파고 2m내외
- 가덕도 북안 연도부근 : 파고2~4m
- 가덕도 북안 옥망산 부근 : 파고 2~4m

이상에서 알수 있듯이 가덕도를 돌아가는 항로 선택은 파고로 인해 많은 장애가 있다는 것을 알수 있다.

4.낙동강 유역의 조건

4.1 하천폭

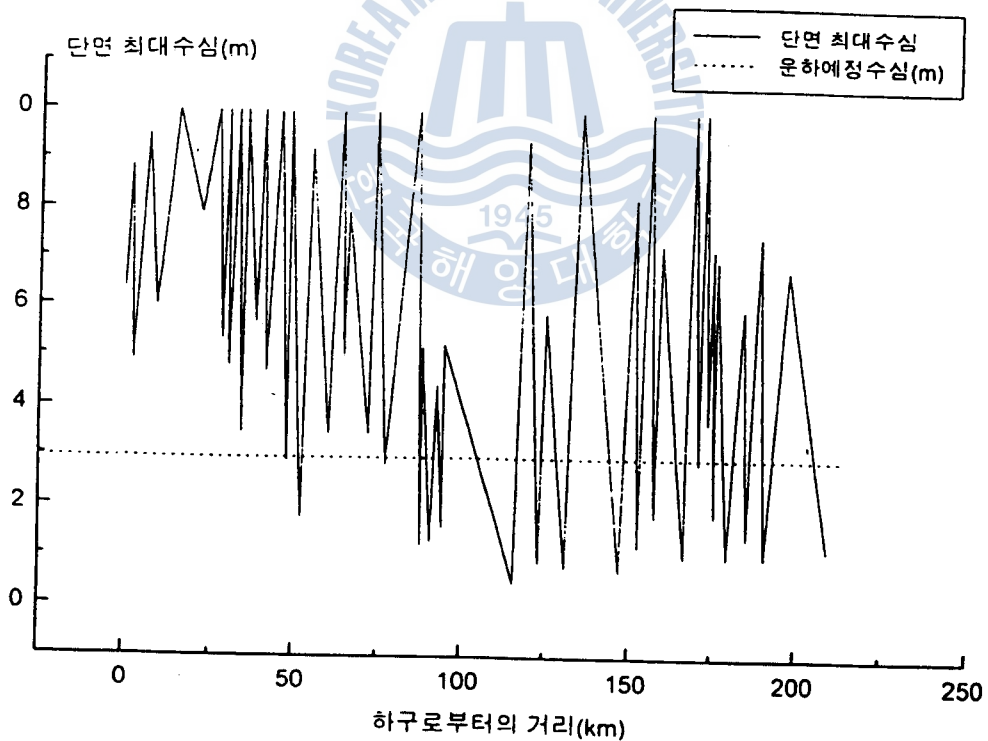
운하를 건설할 때 가능하면 자연의 강 그대를 살릴 필요가 있다. 즉, 기존 하천이 존재하면 하천을 따라서 운하를 건설하기가 용이하다. 그림 3-1은 낙동강하구에서 구미까지 209Km간의 하천폭을 나타낸 것이다. 횡축은 하천으로부터의 거리(km), 종축은 하천폭(m), 아래의 실선은 운하예정폭(60m)이다. 209km 전 구간에서 하천폭은 600m(운하예정폭의 10배이상)으로 운하예정폭 보다 훨씬 넓으며 운하건설에는 무리가 없을 것으로 보인다.



[그림 3-1] 낙동강의 하천폭

4.2 수심

그림 [3-2]는 낙동강하구에서 구미까지 209 km간의 단면 최대 수심을 나타낸 것이다. 횡축은 하구로부터의 거리(km), 종축은 단면 최대 수심(m)이며 10m이상의 수심은 10m로 나타내었다. 또한 실선은 단면 최대수심 점선은 운하예정 수심(3m)이다.



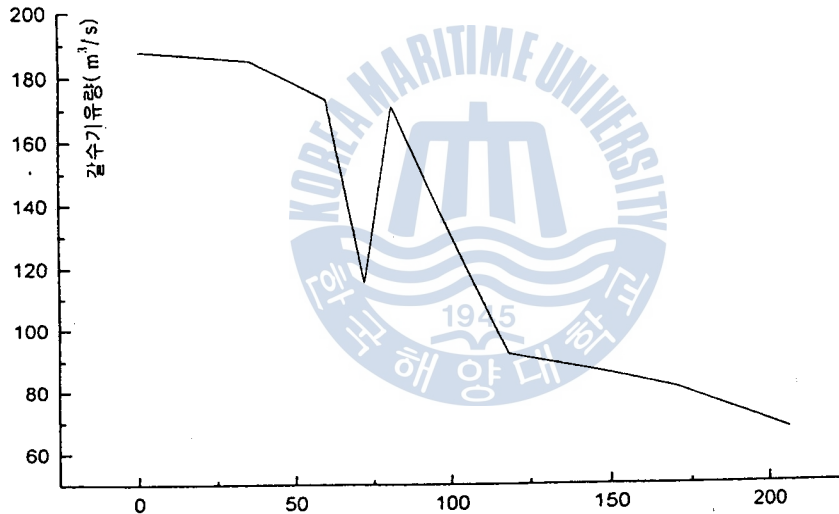
[그림3-2] 낙동강 유역의 수심

209km 전 구간에서의 단면 최대 수심은 1m이상이며, 낙동강하구로부터의 상류쪽으로

100km까지는 준설을 거의 필요로 하지 않는다. 한편, 100km에서 200km사이의 이북의 많은 구간에 걸쳐서 준설을 해야 되지만, 주운댐을 설치하면 수위가 상승하기 때문에 준설해야 하는 구간이 감소된다.

4.3 유량

운하를 정상적으로 운영하려면 풍부한 유량 (m^3/s)을 확보해야 한다. 유량은 단면적*유속이므로, 단면적 또는 유속이 커진다. 운하에 있어서, 유량보다는 단위길이당 존재하는 물의 양 (m^3/s)이 중요하다. 위에서 설명하는 운하단면을 고려하면, 운하내에는 153 (m^3/s)의 물이 항상 존재해야 한다. 참고로 [그림 3-3]에서 낙동강 하구에서 구미까지의 209km간의 갈수기 유량 (m^3/s)을 나타낸다. 횡축은 하구로부터의 거리(km), 종축은 갈수기 유량이다. 갈수기 유량은 상류로 갈수록 감소하는 경향을 보인다.



[그림 3-3] 낙동강 갈수기 유량

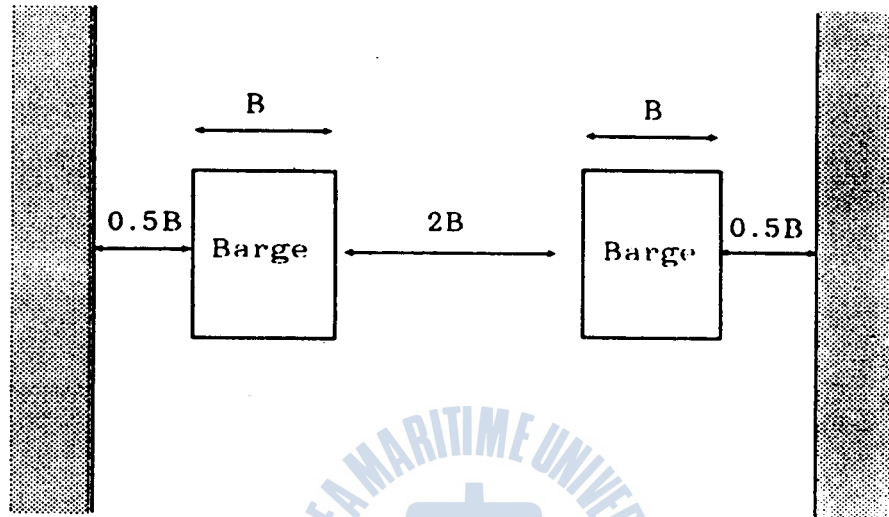
5. 신항만에서 하구언까지의 항로

5.1 항로폭

5.1.1 직선구간

그림4-1에 나타난 바와 같이, 양방 통항일 경우 마주치는 두 선박간의 간격을 바지선

폭의 2배 및 운하의 좌우 안에서의 간격을 각각 바지선폭의 절반으로 하면 항로폭은 $60m(12 \times 2 + 0.5 \times 12 \times 2 = 60)$ 가 된다. 따라서 수로 건설시 적어도 60m이상의 폭이 필요하다.



[그림 4-1] 항로폭

5.1.2 만곡구간

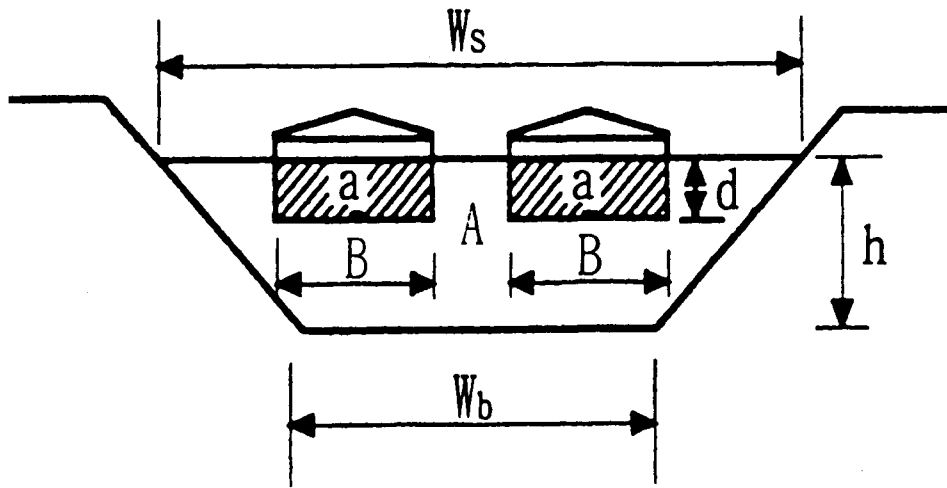
항로설계 지침에서는 만곡부의 반경을 선박 길이의 5-10배가 되도록 권고하고 있다. 낙동강 본류의 경우, 경남 김해군 생림면 도요리, 하남읍 명례리, 진영군 묵면 명촌, 진영군 칠서면 이론리, 창녕군 이방면 안리, 및 경북 달성면 현풍면 도동리, 달성군 다산면 평리, 달성군 하빈면 봉촌리, 칠곡군 약목면 덕산리 등지에 만곡 구간이 있으나 그 만곡 반경은 모두 800m(바지선 길이 \times 10)이상이므로 바지선 운항에는 큰 지장을 주지 않을 것으로 판단된다.

5.2 항로수심

항로수심은 일반적으로 선박의 흘수가 선박의 흘수의 10%이상을 더한 값이 권고된다. 즉, 바지선의 흘수가 2m일 경우 항로수심은 2.2m이상이면 된다. 낙동강과 신항만 수로의 경우 항로수심을 3m(바지선의 흘수의 150%)로 하여 여유수심이 충분하도록 해야 된다. 독일의 RMD 운하의 경우, 항로수심은 4m(바지선 흘수의 143%)이다.

5.3 운하의 단면

앞에서 설명한 바와 같이, 운하를 건설할 때 가능하면 자연의 강 그대로를 살릴 필요가 있다. 그림 4-2는 운하의 단면의 나타낸다.



[그림4-2] 운하의 단면

그림에서, $W_s (=60\text{m})$ 는 운하의 수면폭, $W_b (=42\text{m})$ 는 바닥(하상)폭, $B (=12\text{m})$ 는 바지선의 폭, $d (=2\text{m})$ 는 바지선의 흘수, $a (=24\text{ m}^2)$ 는 바지선의 수중 단면넓이($B \cdot d$), $A (=153\text{ m}^2)$ 는 운하의 단면넓이, $h (=3\text{m})$ 는 운하수심이다. 바닥에서 수면까지의 경사는 3:1로 하였다.

바지선 운항에 사용되는 운하의 단면 조건은 $W_s / \sum B \geq 1.4$, $A / \sum a \geq 2.2$, $h = 1.5 - 1.75d$ 이다. 제안된 낙동강 운하의 단면조건은 $W_s / \sum B = 2.5$, $A / \sum a = 6.4$, $h = 1.5d$ 로 모든 조건을 만족시킨다. 독일의 RMD 운하의 경우, 운하의 수면폭 W_s 는 55m, 바닥(하상)폭 W_b 는 31m, 바지선의 폭 B 는 11.4m, 바지선의 흘수, d 는 2.8m, 바지선의 수중 단면넓이 a 는 31.92 m^2 , 운하의 단면넓이 A 는 172 m^2 , 운하수심 h 는 4m, 바닥에서 수면까지의 경사는 1:3 이다. 운하의 단면조건은 $W_s / \sum B = 2.4$, $A / \sum a = 2.7$, $h = 1.43d$ 이다 .

결론

가덕도 신항만에서 낙동강 하구언 또는 낙동강 하구언에서 가덕도 신항만까지의 물류는, 이상의 내용을 요약해보면 도로를 이용한 내륙수송은 화물을 환적하기 때문에 효율성이 떨어지고, 화물 전용도로와 화물 전용 터미널을 건설해야 하므로 비용 절감 면에서도 낙동강 수로를 이용한 내륙수송에 비해 효율이 떨어진다. 따라서 대량운송의 이점이 있는 수로의 개발은 꼭 필요하다. 하지만 확정 발표된 현재의 신항만 계획에서는 수로의 건설 계획이 전혀 검토 되어있지 않다. 만약 수로의 필요성을 인식하게 되어 건설하게 된다면 위에서 열거했던 여러 가지 기상상태와 해상상태를 고려하여 [그림 5-1]같은 가덕도-낙동강 하구언간의 항로가 최적의 항로임을 제시하는 바이다.

[그림5-1] 가덕도-낙동강 하구언간의 항로



☞ 참고문헌 ☜

1. 가덕도개발계획 및 주요수송시설 노선 검토, 부산광역시 (1996)
2. 가덕도 신항만 개발구상, 부산경제연구원 총서 (1992)
3. 낙동강 하구공업단지 조성에 관한 연구, 부산경제연구원 총서 (1983)
4. 낙동강 대수로, 영남대 지흥기 교수팀 논문 (1995)
5. 낙동강 고수부지 종합개발계획 요약 보고서, 부산광역시 (1995)
6. 세계의 항, 국제신문 (1996년 4월 29일)
7. 신항만 입지 최종 결정, 국제신문 (1996년 1월 26일)

