



해양환경영향평가에 적용되는 수치해석기법 사례 분석 및 개선방안 - 항만공간을 중심으로

전경암 · 탁대호[†]

국립수산과학원 해역이용영향평가센터(해양수산연구소)

Analysis and Improvements of Numerical Analysis Methods Applied to Marine Environmental Impact Assessment in Harbor Space

Kyeong-Am Jeon · Dae-Ho TAC[†]

Marine Environmental Impact Assessment Center, National Institute of Fisheries Science(scientific officer)

Abstract

In order to predict an marine environmental change, the numerical analysis methods have been essentially applying to the marine environmental assessment. However, there are still not enough to credibility about the results, especially the different results for the same predict area are one of the serious problems to decrease the reliability of the results. In order to find out the problems and measures, we analyzed 352 documents of Sea Area Utilization Consultation and Environmental Impact Assessment from the 2012 year to the 2017 year, where the results were including state-owned fishery ports 100, local fishery ports 67, international trade ports 135, and coastal ports 50. The 16 ports (4 state-owned fishery ports, 3 local fishery ports, 5 international trade ports, and 4 coastal port) were duplicated assessment, especially Busan Port was assessed 37 times in duplicate, and the results were different at each evaluation. There was a low confidence about the results and the reasons why these problems continually happen are there are not a proper guideline to follow and sufficient specialists. In order to handle to these problems, there should be the proper guideline and also provided enough specialists.

Key words : Numerical analysis method, Marine environmental assessment, Sea area utilization consultation, Environmental impact assessment, Guideline, Specialists

I. 서론

해양환경영향평가에는 환경부가 주관하는 환경영향평가와 해양수산부가 주관하는 해역이용협의체도가 있다. 이 두 제도에서 공통적으로 평가하는 대상은 해양에서 이루어지는 항만 및 어항 개발 사업이다. 항만 및 어항 개발사업의 주요 내용은 선박의 안전한 접안과 양육을 위한 외곽시

설물과 기반시설이다. 이러한 시설물들은 인간의 생활환경에 많은 편익을 제공하지만 개발 대상지 주변의 조석 그리고 조류 및 파랑과 같은 흐름장에 영향을 미쳐 자연환경에 부정적인 영향을 주는 경우가 많다. 대표적인 부정적인 예로 동해항 3단계 개발 사업으로 인한 추암해수욕장 및 삼척해수욕장의 침식이 있다(Tac et al., 2015).

해양환경영향평가에서 해양환경변화를 예측하

[†] Corresponding author: 051-720-2968, dhtac@korea.kr. <https://orcid.org/0000-0003-0700-2618>

* 본 논문은 2019년도 국립수산과학원 수산연구사업 어장환경모니터링 (R2019053)의 지원으로 수행된 연구임.

기 위해서는 수치해석기법이 필수적으로 적용되고 있다. 사업으로 인한 영향을 사전에 진단하고 대책을 마련하기 위해서는 수치해석기법이 중요한 평가기법이므로 수치해석결과의 신뢰성은 매우 중요하나 현재까지 신뢰성에 대해서 연구하거나 문제를 제기하지 않고 있다. 예를 들어 부산항의 경우 2012년부터 2017년까지 총 37번의 해양환경영향평가가 수행되었고 결과에 대해서는 조사 자료를 활용한 검증이 수행되어 개별 평가 결과는 신뢰성은 확보한 것으로 볼 수 있지만, 37개의 결과를 개별로 분석해보면 동일한 영역임에도 불구하고 그 결과는 평가별로 다르게 나타나 어느 결과를 신뢰해야할지 알 수 없다.

신뢰성이 부족한 원인은 제대로 된 자료를 활용한 검증을 수행하지 않았거나 모델러의 경험부족, 가이드라인의 부재 등 다양한 원인이 있을 수 있다. 특히, 항만 및 어항 개발사업에 대한 신뢰성 문제는 계속해서 제기되고 있다(Tac et al., 2015). 2019년 현재 해역이용협의 대행자로 등록된 업체는 모두 71개 업체로 수치해석을 수행하는 연구자의 능력에 따라 결과가 다르게 나올 수 있음을 고려한다면 최소한 매년 71개의 다른 예측결과가 생산되는 것이다.

어항 및 항만과 관련한 평가기법개선에 관한 연구로 항만 및 어항 개발 사업에 따른 해양물리학적 영향평가 개선방안에 관한 연구(Kim et al., 2013), 항만 및 어항 개발사업의 해역이용협의서 작성실태 평가 및 개선방안에 관한연구(Tac et al., 2015), 어항의 항내 정온도 평가사례 및 개선방안에 관한 연구(Tac et al., 2015) 등이 있었고 수치해석기법 개발을 위한 연구는 그간 다양한 연구가 있었으나, 수치해석기법 개발을 위한 연구는 그간 다양한 연구가 이루어져왔으나, 절차와 검증에 대한 연구는 부재한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 항만 및 어항 구역에서 이루어지는 해양환경영향평가에 적용되는 수치해석기법의 적용실태를 파악하고 노출된 문제점에 대해서 고찰한 후 노출된 문제점을 개선하기 위

한 방안을 제시하였다.

II. 재료 및 방법

본 연구에서는 2012년부터 2017년까지 해역이용영향평가센터에서 검토된 항만 및 어항 개발관련 해역이용협의서 및 환경영향평가서 352건을 대상으로 수치해석기법 실태에 대해서 분석하였다.

<Table 1> Projects list which conducted on BUSAN New Port and Hopo Port

Project No.	Port's Name	Project Name
1	BUSAN New Port	Dredging for shipping route extension(2015)
2	BUSAN New Port	BUSAN NEW Port-dock for small ships(2018)
3	BUSAN New Port	Dredging(second stage) and second dredging for shipping route extension(renegotiation)(2014)
4	BUSAN New Port	BUSAN NEW Port-west container port(renegotiation)(2016)
5	BUSAN New Port	BUSAN NEW Port-re move of Todo-island(2016)
6	BUSAN New Port	Remove of Todo-island (renegotiation)(2017)
7	BUSAN North Port	(DONGSAM) International curse terminal(2018)
8	BUSAN Port	Oryukdo-isaland and Jodo-isaland breakwater reinforcement(2014)
9	Hupo port	Maintenance Plan(2017)
10	Hupo Marina port	Marina port development(2016)

자료 분석은 중복하여 평가된 항만 및 어항을 선택한 후 평가에 적용된 수치해석 기법, 검증방법과 동일 사업에 대하여 중복 평가된 수치해석 결과를 서로 비교·분석하였다.

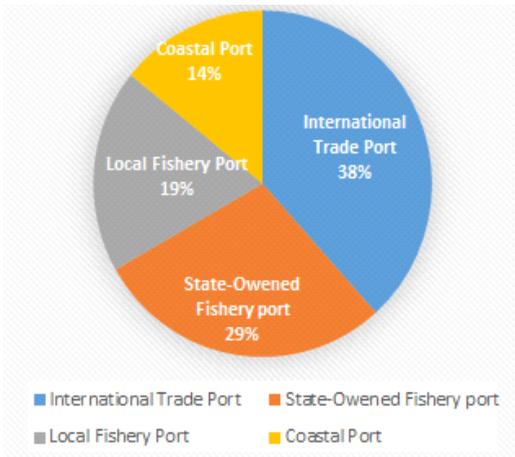
본 연구에 적용된 국가어항 현황은 해양수산부의 2018년 4월 기준이며, 지방어항, 무역항, 연안항은 2018년 6월 기준이다.

중복 평가에 따른 문제점 분석을 위해 중복 평가가 가장 많이 이루어진 부산항 및 후포항을 대상으로 하여 평가실태를 파악하였다. 부산항에서 분석기간 동안 협의된 건수는 32건이며 사업건수는 8건이었다. 후포항에서는 마리나항만 개발사업과 항만 정비사업이 시행되었다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 항만 및 어항 관련 평가현황

항만 및 어항 관련 검토건수는 모두 352건 있었는데, 무역항이 135건으로 검토건 수 중 38%를 차지하였고 국가어항은 100건으로 14%를 차지하였다. 지방어항은 67건으로 19%를 차지하였으며, 연안항은 50건으로 14%를 차지하였다([Fig. 1] 참조).

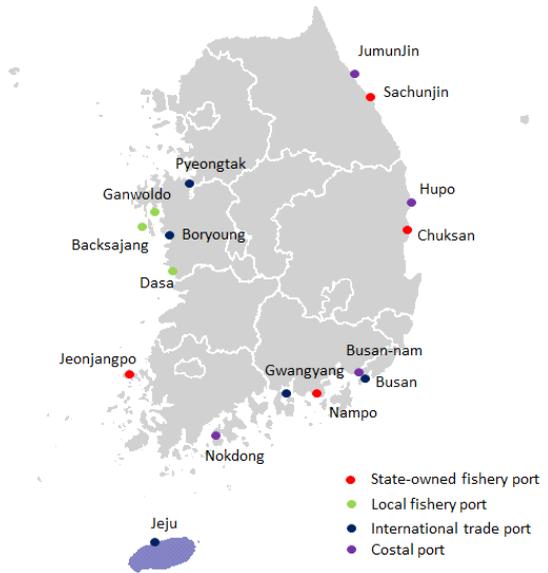


[Fig. 1] Duplicated assessment by

2. 중복평가 현황

분석대상에서 중복하여 평가가 이루어진 항은 16개 항으로 분석되었다([Fig. 2] 참조). 국가어항

은 남포항, 사천진항, 정장포항, 축산항 4개 항에서 중복평가 되었다. 지방어항은 간월도항, 백사장항, 다사항 3개항에 대해서 중복평가 되었다. 무역항은 부산항, 광양항, 평택항, 보령항, 제주항 5개항에서 중복평가가 되었다. 연안항은 후포항, 주문진항, 녹동항, 부산남항 4개항에서 중복평가가 이루어졌다.



[Fig. 2] Port list which was assessed environmental impact assessment at least 2-time over

해역이용협의 및 환경영향평가 단계에서 중복 평가된 현황은 <Table 2>와 같다. 국가어항인 남포항 그리고 사천진항, 정장포항, 축산항에서 모두 5회의 중복평가가 있었으며, 각 항별로 해역이용협의(SAUC: Sea Area Utilization Consultation)가 2회 그리고 환경영향평가(EIA: Environmental Impact Assessment)가 3회 실시되었다. 지방어항인 간월도항은 해역이용협의가 4회 실시되었으며, 다사항은 해역이용협의 1회 그리고 환경영향평가 3회가 실시되었으며, 백사장항은 해역이용협의 2회 그리고 환경영향평가 2회가 이루어졌다. 무역항인 부산항은 해역이용협의 16회 그리고 환경영향평가 22회 실시되어 모두 38회의 평가가 있었

으며, 광양항은 해역이용협의 8회 그리고 환경영향평가 9회가 실시되어 모두 17회의 평가가 있었고, 평택항은 해역이용협의 6회 그리고 환경영향평가 5회가 실시되어 모두 11회의 평가가 있었으며, 제주항은 해역이용협의 4회 그리고 환경영향평가 4회가 실시되어 모두 8회의 평가가 있었다. 연안항인 후포항은 해역이용협의 3회 그리고 환경영향평가 5회가 실시되어 모두 8회의 평가가 있었고, 주문진항은 해역이용협의 2회 그리고 환경영향평가 4회가 실시되어 모두 6회의 평가가 있었으며, 녹동항은 해역이용협의 1회 그리고 환경영향평가 4회가 실시되어 모두 5회의 평가가 있었으며, 마지막으로 부산남항은 해역이용협의 3회 그리고 환경영향평가 2회가 실시되어 모두 5회의 평가가 있었다.

의가 수행되었다([Fig. 3] 참조).



[Fig. 3] Developments in Busan New Port(1. BUSAN NEW Port-dredging for shipping route extension, 2. BUSAN NEW Port-dock for small ships, 3. BUSAN NEW Port-dredging(second stage) and second dredging for shipping route extension(re-negotiation), 4. BUSAN NEW Port-west container port(re-negotiation), 5. BUSAN NEW Port-re move of Todo-island, 6. BUSAN NEW Port-remove of Todo-island (re-negotiation), 7. BUSAN North Port-(DONGSAM) international curse terminal, 8. BUSAN Port-Oryudo-isaland and Jodo-isaland breakwater reinforcement)

<Table 2> Environmental assessments by port types

Reviewed 352 (2012-2018 year)				
Types	Name	SAUC	EIA	Total
State-owned fishery port 100	Nampo	2	3	5
	Sachunjin	2	3	5
	Jeongjangpo	2	3	5
	Chuksan	2	3	5
Local fishery ports 67	Ganwoldo	4	0	4
	Dasa	1	3	4
	Backsajang	2	2	4
International trade port 135	Busan	16	22	38
	Gwangyang	8	9	17
	Pyeongtak	6	5	11
	Boryoung	4	5	9
	Jeju	4	4	8
	Hupo	3	5	8
Coastal port 50	Jumunjin	2	4	6
	Nokdong	1	4	5
	Busan-nam	3	2	5

3. 부산항 중복평가 사례 분석

부산항에서는 모두 37회의 해양환경영향평가 수행되었으며, 환경영향평가를 제외한 해역이용협의는 16회 수행되었다. 해역이용협의 건 중 사업별로 분류하면 8건의 사업에 대한 해역이용협

각 평가에 적용된 수치모델과 계산영역 그리고 격자의 크기에 대한 정보를 <Table 3>에 제시하였다. 계산영역은 최대 76.0 km × 48.0 km에서 최소 19.6 km × 18.0 km로 나타났고 격자의 크기는 최대 30 m ~ 1,000 m에서 최소 10 m ~ 500 m를 적용하고 있었다. 평가에 적용한 모델은 모두 Environmental Fluid Dynamic Code (EFDC)로 나타났다.

각 평가에 적용된 경계조건 및 검증방법은 Table 4와 같다. 경계조건으로 4대분조(M2, S2, K1, O1)를 적용하고 있었고, 예측결과에 대한 검증은 조석과 조류에 대해서 수행하였으나 검증 점의 수는 동일하지 않았다. 현지조사를 실시하여 검증한 경우는 ‘부산항 북항 (동삼) 국제크루

즈부두 확충공사'였고 나머지 7개 사업은 문헌자료를 활용한 조위 검증을 실시하였다. 검증에 사용된 자료는 부산신항 조위관측소 5회, 가덕도 조위관측소 5회, 부산항 조위관측소 1회순으로 조사되었다.

<Table 3> Applied numerical modeling by ports

Project no.	Area for modelling (km)	Grid size (m)	Model
1	34.9*27.0	50~300	EFDC
2	19.5*25.2	10 ~ 500	EFDC
3	61.0*42.0	20 ~ 500	EFDC
4	76.0*48.0	30 ~ 1,000	EFDC
5	no information	30 ~ 1,000	EFDC
6	61.0*42.0	20 ~ 500	EFDC
7	39.0*28.0	20 ~ 640	EFDC
8	19.6*18.0	20 ~ 360	EFDC

<Table 4> Boundary conditions and verification method by ports

Project no.	Boundary Conditions	Verification point for Tide	Verification point for Current
1	M2, S2, K1, O1	5	1
2	M2, S2, K1, O1	2	6
3	M2, S2, K1, O1	1	1
4	M2, S2, K1, O1	6	1
5	M2, S2, K1, O1	6	1
6	M2, S2, K1, O1	4	1
7	M2, S2, K1, O1	2	2
8	M2, S2, K1, O1	1	3

수치모형실험에 적용하기 위한 조석 및 조류자료의 조사현황을 <Table 5>에 나타내었다. 조석과 조류에 대해서 현지조사를 실시한 경우는 2건 있었다. 수치모형실험 결과에는 많은 불확실성이 내제되어 있어 현재에 대한 충실한 조사가 중요

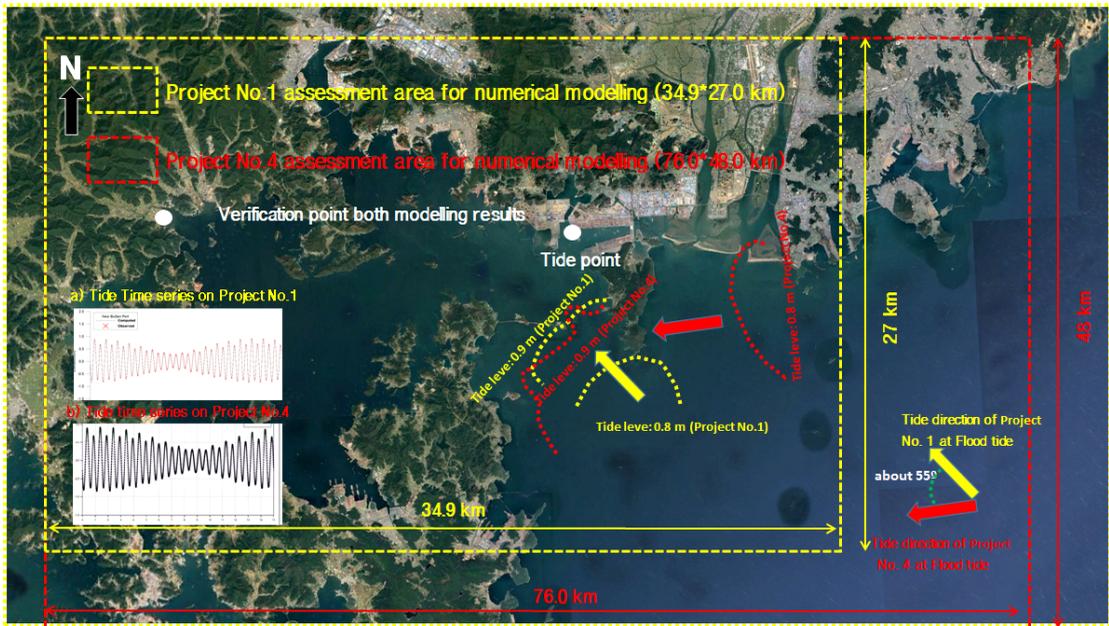
하다. 그러나 대부분의 경우는 비용문제로 인해서 현지조사를 실시하지 않고 문헌자료를 활용하는 경우가 많다. 물론 문헌자료의 활용은 법적으로도 보장하고 있어 문제는 없다. '해역이용협약서 작성규정' 상에서 최근 3년 이내에 조사된 문헌자료를 활용할 수 있도록 규정하고 있기 때문이다. 하지만 프로젝트 No.8과 같이 조석과 조류의 조사 시기 차이가 40년이 나는 자료를 활용하여 검증을 수행하는 것은 문제가 있다. 40년 전의 자료를 활용해도 현재의 상태를 재현할 수 있다면 굳이 예산을 투입하여 해양물리조사를 수행해야 할 이유가 없다. 이러한 현상은 수치모델링을 위한 가이드라인이 없기 때문에 발생하는 가장 대표적인 문제이다.

동일한 검증 점을 사용하고 계산영역이 달라질 경우 어떤 현상이 나타나는지 알아보기 위해 분석한 결과를 [Fig. 3]에 제시하였다. 분석결과는 Project No.1과 No.4에 대한 것이다. Project No.1은 경계영역을 동서방향으로 34.9 km 그리고 남북방향으로 27.0 km를 설정하였고 Project No.4는 경계영역을 동서방향으로 76.0 km 그리고 남북방향으로 48.0 km를 설정하였다. 경계영역은 Project No. 4의 경우가 동서방향으로 41.1 km 그리고 남북방향으로 21 km 더 크게 설정되었다. 조위 예측결과에서 0.9 m 등조위선은 두 결과가 유사하나 0.8 m의 등조위선의 결과는 완전히 다르게 나타났다. 각각의 등조위선의 봉우리를 연결하면 두 등조위선은 약 55°의 위상차가 발생되어 동일한 해역에서 전혀 다른 결과물이 도출된 것이다. 즉, 물리적으로는 동일하게 조류가 흐르나 계산상으로 다르게 흐를 수 있음을 나타낸다. 평가에서 경계조건 및 입력 값에 대한 정보는 나타나 있지 않아 구체적인 원인분석은 불가능하였다.

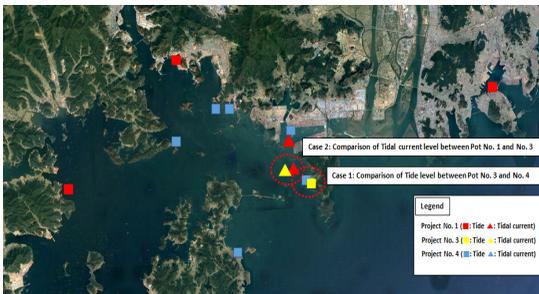
조사정점이 동일하거나 비슷할 경우 어떻게 분석되고 있는지 알아보기 위해서 project No. 1 그리고 No. 3, No. 4에서 수행한 조석 및 조류 조사에 대해서 조사하였다([Fig. 5] 참조).

<Table 5> Tide and Tidal current data used by projects

Project No.	Survey Items	Coordinates	Periods	Survey Method	Note
1	Tide	35° 04' 12" 128° 47' 24"	01/01/2013—01/04/2013	Citation	Not used for verification of modeling results
	Tidal Current	35°02' 28" N 128°46' 50" E	07/21/2015—08/05/2015	Field investigation	Used for verification of modeling results
2	Tide	35° 04' 12" 128° 47' 24"	05/25/2017—06/08/2017	Field investigation	Used for verification of modeling results
	Tidal Current	35°04' 39.84" N 128°47' 04.93" E	05/25/2017—06/15/2017	Field investigation	Used for verification of modeling results
3	Tide	35° 04' 12" 128° 47' 24"	08/13/2013—09/12/2013	Field investigation	Used for verification of modeling results
	Tidal Current	35°02' 28" N 128°46' 47" E	08/13/2013—08/27/2013	Field investigation	Used for verification of modeling results
4	Tide	35° 04' 12" 128° 47' 24"	01/01/2013—01/04/2013	Citation	Not used for verification of modeling results
	Tidal Current	35°02' 28" N 128°46' 50" E	07/21/2015—08/05/2015	Citation	Not used for verification of modeling results
5	Tide	35° 04' 40" 128° 46' 54"	01/01/2016—01/30/2016	Citation	Not used for verification of modeling results
	Tidal Current	35°04' 40" N 128°46' 54.0" E	01/01/2016—01/30/2016	Citation	Not used for verification of modeling results
6	Tide	35° 04' 40" 128° 46' 54"	01/01/2016—01/30/2016	Citation	Not used for verification of modeling results
	Tidal Current	35°04' 40" N 128°46' 54.0" E	01/01/2016—01/30/2016	Citation	Not used for verification of modeling results
7	Tide	35° 05' 0.3" 129° 05' 0.1"	08/03/2015—09/01/2015	Citation	Used for verification of modeling results
	Tidal Current	35°05' 17.3" N 129°04' 58.4" E	08/03/2015—09/01/2015	Citation	Used for verification of modeling results
		35°05' 06.0" N 129°05' 10.00" E	08/03/2015—09/01/2015	Citation	Used for verification of modeling results
8	Tide	35° 05' 41.2" 129° 02' 10.9"	01/01/1974—01/05/1975	Citation	Used for verification of modeling results
	Tidal Current	35°05' 05.3" N 129°06' 46.4" E	09/27/2013—10/12/2013	Field investigation	Used for verification of modeling results



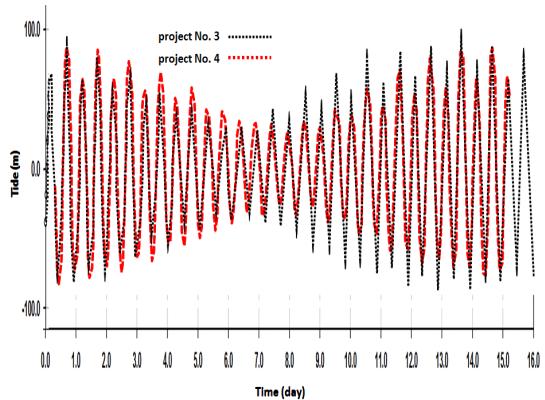
[Fig. 4] The analysis result of the differences of modelling method and the results between project No. 1 (34.9 km × 27 km) and No. 4 (76 km × 48 km)



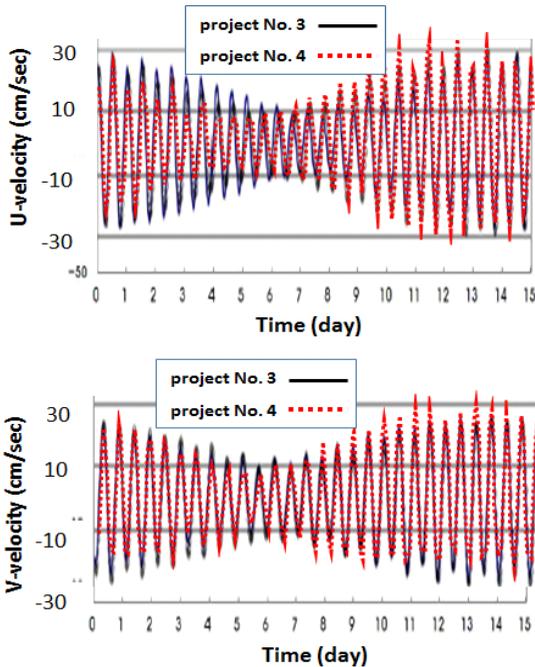
[Fig. 5] The location map of tide and tidal current survey sites applied in project no. 1, no. 3, and no.4. red dotted circles denote the comparison sites to tide and tidal current

Project No. 1과 No. 3의 조류 조사정점은 서로 3" E의 차이가 있었고, Project No. 3과 No. 4는 조위 조사정점이 동일하였다. Project No.3과 No.4에서 적용한 조석 검증자료를 중첩하여 분석한 결과([Fig. 6] 참조), 동일한 위치와 기간에 조사된 자료임에도 진폭에서 차이가 있던 반면, Project No.1과 No. 4의 유속 검증에 적용한 자료

는 검증점의 위치와 조사기간이 상이함에도 두 자료는 일치하였다([Fig. 7] 참조). 이처럼 조사위치가 동일함에도 결과에 차이가 있고 위치가 달라도 동일한 결과가 제시되고 있다. 중복평가에 대한 문제점은 후포항에서 더욱 분명하게 나타난다.



[Fig. 6] The results of the variable of tide level between project no. 3 and no. 4



[Fig. 7] The overlapped result of tidal current of U and V-velocity between project no. 1 and no. 3

4. 후포항 중복평가 사례 분석

후포항에서는 2016년도에 ‘후포마리나항만 개발사업 환경영향평가가’ 시행되었고 2017년에는 ‘후포항 정비사업 환경영향평가’가 수행되었다. 마리나항만 개발 및 항만 정비 사업에서 정온도 확보는 중요한 평가항목이므로 파랑에 대한 최신 자료를 수집·분석하여 평가하는 것은 매우 중요하다. 후포항에서 수행되었던 두 평가에서 인용하였던 입력조건은 <Table 6>과 같으나 입사파랑에 대한 구체적인 정보는 제시되지 않았다.

동일한 항을 대상으로 평가를 수행하였으나, 평가범위는 마리나항만이 5.4 km × 4.7 km로 항만 정비사업보다 평가영역이 2.15 km × 1.76 km 크게 설정되었다. 격자의 크기는 항만 정비사업이 마리나항만 사업보다 10 m 작게 설정되었다.

입사파 조건은 두 사업 모두 50년 빈도의 설계파를 적용하였으나, 항만 정비 사업에서 적용한

<Table 6> Input parameters for calculation of harbor tranquility

Project No.	Computation Area	Grid size	Boundary condition
9	3.25 km × 2.94 km	△X = △Y = 10 m	Wh = 10.22
			(return period = 50 year) Wp = 13.71 sec
10	5.4 km × 4.7 km	△X = △Y = 20 m	Wh = 8.18
			(return period = 50 year) Wp = 12.27 sec

설계파고는 10.22 m이나 마리나항만 개발 사업에서 적용한 설계파고는 8.18 m로 일치하지 않았다. 입사파 조건이 다른 것은 차제하더라도 동일한 해역에서 입사파가 크면 당연히 항내에 유입되는 파도 커야 한다. 하지만 후포항에서는 반대의 결과가 나타났다. 입사파 조건이 작은 마리나항만개발사업에서의 파고가 더욱 크게 나타났다.

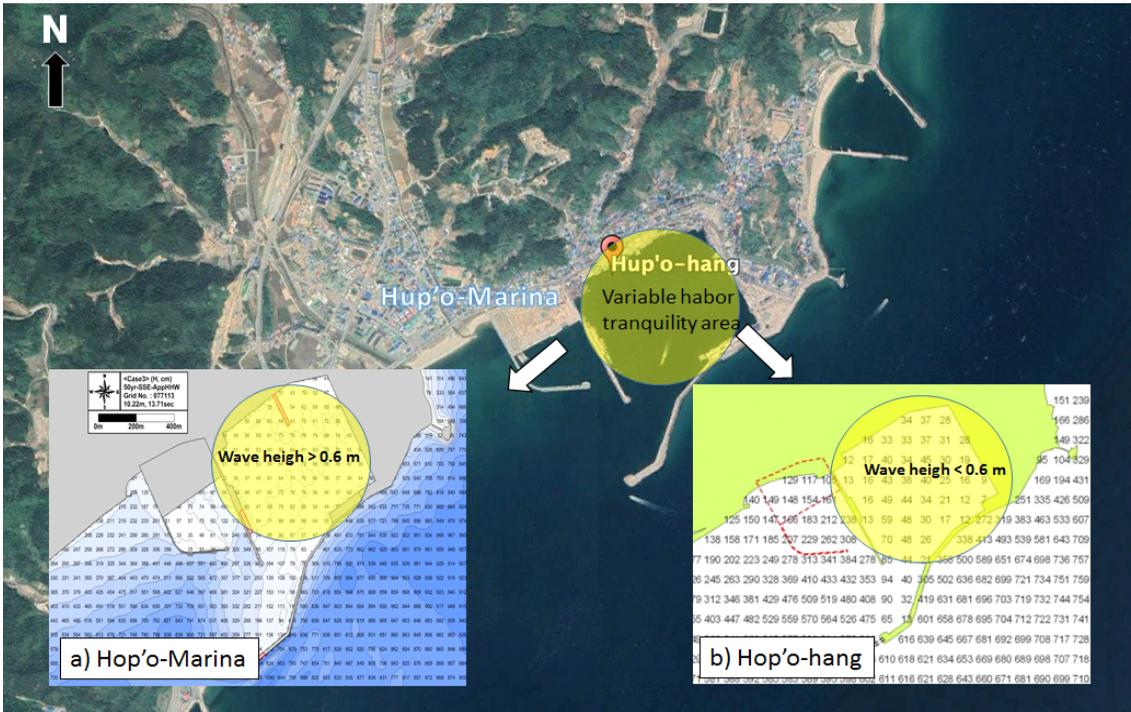
후포항 정비 사업에서 후포항은 방파제 연장으로 항내 정온도가 기준을 만족하는 것으로 예측되었으나([Fig. 8] 참조), 마리나 항만 개발 사업 단계에서는 설계파고가 작음에도 항내 정온도는 기준을 초과하는 것으로 평가되었다.

개별 사업에 대한 평가 결과를 살펴보면, 어떤 설계파 조건을 적용하던 계획하고자 하는 항내 정온도는 만족되는 것으로 나타나 어떤 결과가 맞는지 알 수 없다. 수치모델링을 위한 기초적인 방법 및 절차에 대한 매뉴얼이 부재인 상황에서 개인의 경험적인 지식으로 모델링한 결과를 검증하는 것은 한계가 있다.

IV. 개선 방안

1. 수치모델링을 위한 가이드라인

해양환경영향평가를 위한 작성가이드라인은 환경부의 ‘사업유형별 평가서 작성을 위한 환경영향평가서 작성 가이드라인’과 해양수산부의 ‘일반해역이용협의 평가항목별 작성방법’이 있다.



[Fig. 8] Computational results of the harbor tranquility on Hup'o-hang. The circles filled with yellow indicates the area where harbor tranquility should be under the criteria (0.6 m)

해양물리에 대한 조사에 대해서는 조사항목, 조사범위, 조사결과 정리 등에서 대해서는 상세히 기술되어 있으나 영향예측에서는 적정모델을 선정하여 예측하고 검증하는 것으로 되어 있지 세부적인 내용에 대한 기술은 제시되지 않았다. 이들 가이드라인에서는 조석·조류 모델, 해양수질 모델, 저충퇴적상 변화 모델, 부유사확산 모델 등에 대해서 개별로 수치해석을 수행하는 것으로 하고 있었으나, 현재는 하나의 모델에서 해수유동, 부유사확산, 수질오염, 침·퇴적환경 등의 수행이 가능하다. 가이드라인이 현실을 반영하고 있지 못하고 있는 실정이며 파랑과 해안선 변형 모델은 여전히 별도로 수행되어야 한다.

매뉴얼 작성을 위해 범용으로 사용되고 있는 모델에 대해서 조사를 선행한 후 그 모델들 중심으로 평가 가이드라인이 만들어져야 한다. 현재는 대부분의 해역에서 사업유형에 관계없이

Environmental Fluid Dynamic Code(EFDC)가 널리 사용되고 있다(Jeong et al., 2017).

가이드라인에는 영향예측에 관한 시나리오가 있어야 하며. 시나리오에는 사업내용, 환경영향, 조사내용, 예측방법, 수치모델링, 대안 등이 포함 되어야 한다. 수치모델링에서는 수치모델링과 관련한 상세한 내용이 제시되어야 한다.

2. 전문가 양성

환경영향평가서 및 해역이용협의서 작성을 위한 대행자 등록기준은 법으로 정해져 있다. 해역이용협의 대행자 등록을 위해서는 6인 이상의 관련전문가가 있으면 되고 기술자격에는 해양기사, 해양환경기사, 해양공학기사, 해양생물관리기사 등이 해당되나, 수치해석과 관련한 전문가에 대한 기술은 없다. 또한 현행법상 해역이용협의 대행자를 제외하고는 해역이용협의를 수행할 수

없다. 즉, 사업자가 전문적인 수치모형실험이 필요하여 수치모형실험 전문가에게 의뢰를 하여야 할 상황이나, 현행법상 그 전문가가 대행자로 등록되어 있지 않다면 불법이 된다.

해양환경영향평가를 위한 수치모형실험 수행실태에 대해서 전수 조사를 실시하고 양성화할 수 있는 대책이 마련되어야 한다. 대학 그리고 협회, 학회 등에서 지속적으로 관심을 가지고 전문가가 양성될 수 있도록 교육을 실시하여야 한다. 전문가의 양적·질적 향상을 위해 불법으로 작성된 평가서는 관련법 절차에 따라 처벌이 불가피 할 것이다.

3. 협의대상 재검토

대규모 매립사업이나 외곽시설물 설치 사업인 경우는 해수흐름을 바꾸고 구조물 배후에 물이 정체되는 문제를 야기한다. 정체된 수체에 오수나 폐수가 유입될 경우 식물플랑크톤의 수는 급속히 증가하고 용존산소량은 급격히 감소되어 항내 수질은 악화될 수 있으므로 대규모 사업에 대해서는 보다 엄격한 평가가 필요하다. 그러나 2018년도 협의된 해역이용협의건수를 살펴보면, 총 협의된 건은 2,467건이었고 그 중에 간이협의를 2,313건으로 94%를 차지하였고 일반협의 154건 중 매립면적이 1,000 m²이하인 소규모 매립사업이 27건으로 대부분이 해양환경에 미치는 영향이 경미한 사업이 대부분이었다. 이러한 소규모 사업에 대해서 해역이용협의서 작성기준에 따라 한정된 예산으로 9개 항목에 대해서 모두 평가하다보니 부실평가도 많이 발생된다. 물론 해역이용협의서는 9개 항목에 대해서 모두 작성할 필요는 없고 영향이 예상되는 항목을 선정하고 거기에 대해서 영향을 예측하고 대책을 마련하여야 하나, 대부분의 협의서는 모든 항목을 평가하는데 중점을 두다 보니, 중점평가가 이루어져야 할 부분은 평가가 미약하거나 본래의 사업과는 관련이 없는 내용이 제시되고 있다(Tac et al., 2015).

따라서 해양환경에 미치는 영향 유무에 따라 수치모델링이 필요한 사업과 필요하지 않은 사업으로 구분하고, 필요하지 않은 사업은 그 지역의 물리해황자료로 대체할 수 있도록 하여야 한다.

V. 결론

본 연구에서는 항만 공간에서 이루어지는 해양환경영향평가에 적용되는 수치해석기법에 대한 실태를 진단하고 개선방안을 제시하였다.

실태 진단을 위해 2012년부터 2017년까지 해역이용영향평가센터에서 검토된 항만 및 어항개발 관련 해역이용협의서 및 환경영향평가서 352건을 대상으로 분석하였다. 분석 후 조석·조류에 대한 중복평가가 가장 많이 이루어진 부산항과 파랑에 대한 중복평가가 이루어진 후포항을 대상으로 문제점을 분석하였다.

부산항에서 실시된 32건의 평가 중 중복하여 평가된 사업은 8건이었고 후포항에서 실시된 8건의 평가에서 중복 평가된 사업은 3건이었다. 부산항 자료로 조석·조류에 대한 중복평가를 분석하였고, 후포항 자료로는 파랑 분석에 대한 중복평가를 분석하였다.

부산항에서 수행된 프로젝트 1과 4번 사업은 동일한 검증 점을 이용하였으나 평가범위가 다르게 설정되었다. 조위에 대한 검증결과는 모두 동일하였으나, 등조위선을 분석한 결과 두 프로젝트에서 유입되는 조석에서 약 55°의 위상차가 나타났다. 프로젝트 1 그리고 3, 4에 대해서 분석한 결과, 조사 시기와 위치가 다름에도 검증에 적용한 값은 동일하거나 유사한 값을 나타냈다. 후포항에 대해 분석한 결과 동일한 항임에도 사업의 목적에 따라 정온도가 다르게 평가되고 있었다.

이러한 문제점 해결을 위한 대책으로 첫째, 수치모델링을 위한 가이드라인이 마련되어야 한다. 둘째 양질의 전문가의 양성이 필요하다. 마지막으로 협의대상에 대한 재검토가 이루어져야 한다.

좋은 모델은 가설을 확정할 수 있어야 하고 다른 모델과의 불일치성을 밝히고 사업에 대한 민감도를 해석할 수 있어야 한다. 이에 모델의 진정한 가치는 발전적인 교습법에 있다(Naomi Orekes et al., 1994). 모델이 가지는 가치가 더욱 발전할 수 있도록 모델러 또는 연구자들 스스로가 각고의 노력을 해야 한다.

References

- Busan Regional Office of Oceans and Fisheries, A Document of Consultation on Utilization of Sea Area of Project for (DONGSAM) International course terminal (2018).
- Busan Regional Office of Oceans and Fisheries, A Document of Consultation on Utilization of Sea Area of Project for BUSAN NEW Port-dock for small ships(2018).
- Busan Regional Office of Oceans and Fisheries, A Document of Consultation on Utilization of Sea Area of Project for BUSAN NEW Port-re move of Todo-island (2016).
- Busan Regional Office of Oceans and Fisheries, A Document of Consultation on Utilization of Sea Area of Project for BUSAN NEW Port-west container port(renegotiation) (2016).
- Busan Regional Office of Oceans and Fisheries, A Document of Consultation on Utilization of Sea Area of Project for Dredging for shipping route extension(2015).
- Busan Regional Office of Oceans and Fisheries, A Document of Consultation on Utilization of Sea Area of Project for Dredging(second stage) and second dredging for shipping route extension (renegotiation) (2014).
- Busan Regional Office of Oceans and Fisheries, A Document of Consultation on Utilization of Sea Area of Project for Oryukdo-isaland and Jodo-isaland breakwater reinforcement (2014).
- Busan Regional Office of Oceans and Fisheries, A Document of Consultation on Utilization of Sea Area of Project for Remove of Todo-island (renegotiation) (2017).
- Jeong JH, Tac DH, Lim JH and Lee DI(2017). Analysis and Improvement for Impact Assessment of Suspended Solids Diffusion by Marine Development Projects. *Journal of the Korean Society Marine Environmental & Energy*, 20(3), 160~171.
<http://dx.doi.org/10.7846 /JKOSMEE.2017.20.3.160>
- Kim IC, Kim GY, Jeon KA, Eom KH, Yu J, Lee DI, Kim YT and Kim HJ(2013). Improvement for Impact Assessment of Marine Physical on the Development of Ports and Fishing Harbors in the East Coast, *Journal of the Korean Society of Marine Environmental & Safety*, 19(2), 111~118.
<http://dx.doi.org/10.7837/kosomes.2013.19.2.111>
- Namomi Oreskes, Kirstin Shrader-Frechchette and Kenneth Belitz(1994). Verification, Validation, and Confirmation of Numerical Models in the Earth Sciences. *Science*, 263(5147), 641~645.
<http://dx. doi.org/10.1126/science.263.5147.641>
- Pohang Regional Office of Oceans and Fisheries, Environmental Impact assessment report for Maintenance Plan (2017).
- Tac DH, Kim GY, Jeon KA and Lee DI(2015). Improvement of the Estimation Method for Harbor Tranquility of Fishery Harbor. *Journal of the Korean Society of Marine Environmental & Safety*, 21(6), 637~644.
<http:// dx.doi.org/10.7837/kosomes.2015.21.6.637>
- Tac DH, Oh HT, Kim GY, and Lee DI(2015). Assessment and Improvement of Documentation Status on the Statements for the Sea Area Utilization Consultation according to the Project of Ports and Fishery Harbor. *Journal of the Korean Society of Marine Environmental & Safety*, 21(4), 361~371.
<http://dx.doi.org/10.7837/ kosomes.2015.21.4.361>
- Uljin County, Environmental Impact assessment report for Marina port development (2016).

-
- Received : 22 July, 2019
 - Revised : 13 August, 2019
 - Accepted : 17 August, 2019