

GIS를 이용한 항만구조물의 내진성능 평가기법

Evaluation on the Seismic Performance of Port Structures using GIS

김나영* · 강인준** · 최 현*** · 김태효****

Kim, Na Young · Kang, In Joon · Choi, Hyun · Kim, Tae Hyo

要 旨

한반도의 지진은 1,900여회에 달할 정도로 심각하다. 최근 세계적으로 발생하는 지진으로 인해 지반 및 구조물에 대해 내진설계에 대한 투자가 국민의 소중한 생명과 재산을 지키는 수단으로 대두된다. 본 연구에서는 기존항만시설물 중에서 내진설계가 적용되지 않은 시설물을 대상으로 지진발생시 설계기준이상의 내진성능을 갖추었는지를 평가하였다. 그 결과를 중심으로 액상화 우려 지역을 분류하고, 내진안전검토 평가 및 분석을 지리정보시스템(GIS)을 이용하여 지진에 따른 액상화 재해 위험성과 구조적인 내진성능에 따른 내진성능 평가도를 작성하였다. 액상화 평가와 내진성능검토를 통한 정량적이고 구체적인 입력데이터베이스를 구축하고 분석된 모든 지진관련 자료들은 지진발생 우려지역의 보수·보강에 평가 자료로 직접적으로 사용 될 수 있었다.

핵심용어 : GIS, 내진성능평가, 액상화, 지진재해도

Abstract

Seismic of the Korean Peninsula is terrible about 1,900times. Lately, because of a world-occurring seismic, investment of seismic design about ground & structures come to the force as means to protect national life and property. This study evaluated having seismic performance above design criteria among the existing port structures not applied seismic design. Based on the results, classified apprehensive area of liquefaction from seismic performance evaluation and made hazards according to liquefaction risk & structural performance using the analysis of seismic performance and GIS method. After Establishing quantitative & detailed input database through liquefaction evaluation and seismic performance, analysed all seismic data are used directly valuation data on repair-reinforcement for apprehensive area of earthquakes.

Keywords : GIS, Seismic Performance, Liquefaction, Hazard Map of Seismic

1. 서 론

1.1 연구동향

지진과 관련된 연구는 국내외에서 많은 연구가 이루어지고 있다. 국내에서 지진연구는 크게 지진관측 및 지진자료 분석 분야와 이를 통한 확률론적 지진위험도 분포와 관련된 연구 분야, 지구조적인 관점에서의 진원 연구 분야, 그리고 지진피해와 관련된 방재연구로 나눌 수 있다.

90년대 이후 정보화 사회로 들어서면서 액상화 발생 가능성에 대한 연구결과를 수치지도상에 나타내는 재해도 연구가 본격화되어 액상화 해석기법의 발전과 함께 재해도 작성에 관한 연구도 관심이 증대되고 있다. 지반공학적 관점에서 지진재해도라 하면 일반적인 지진가속도 재해도와 더불어 사면재해도와 액상화재해도가 작성되고 있으나 GIS를 이용한 종합적인 지진재해 분석연구는 아직도 미흡한 실정이다.

Received: 2014.08.11, revised: 2014.09.19, accepted: 2014.10.31

* 정희원 · 부산대학교 사회환경시스템공학과 박사수료(Member, Department of Civil&Environmental Engineering, Pusan National University, nayoung83@hanmail.net)

** 교신저자 · 정희원 · 부산대학교 사회환경시스템공학부 교수(Corresponding author, Member, Department of Civil & Environmental Engineering, Pusan National University, ijkang@pusan.ac.kr)

*** 정희원 · 경남대학교 토목공학과 부교수(Member, Department of Civil Engineering, Kyung Nam University, hchoi@kyungnam.ac.kr)

**** 부산대학교 사회환경시스템공학과 박사수료(Department of Civil&Environmental Engineering, Pusan National University, kthcall@daum.net)

1.2 연구목적

역사기록으로 확인할 수 있는 한반도의 지진은 1,900여 회에 달하는 점을 참조하면 심각성을 인지할 필요가 있다. 우리나라의 지진은 주기와 최대지진규모 등의 추정치가 어려울 뿐, 반드시 일어난다는 사실은 역사기록에서 확인되고 있다. 지진은 언제, 어디서나, 어느 정도의 규모로 발생할지 예측이 어려운 재해인 만큼 사회 전반의 지진재해 방지에 대한 인식이 요구된다.

세계적으로 지진은 진도 5~6 범위에서 발생빈도가 높으나 진도 7 이상에서는 사망자가 급격하게 증가하며 아시아, 유럽, 아메리카 순으로 피해가 많고 점차 증가하는 경향이 있다.

최근 일본뿐만 아니라 세계적으로 발생하는 지진으로 인하여 지반 및 구조물에 대한 내진설계에 대한 투자가 국민의 소중한 생명과 재산을 지키는 수단이며, 사회간접자본 시설 및 2차 피해를 줄일 수 있는 방안으로 관심이 높아지고 있다.

이러한 영향으로 국내의 항만구조물에 대한 내진설계 기준은 『항만 및 어항 설계기준(내진설계, 2001년 1월 1일 시행)』을 적용하고 있다. 2004년에는 『시설물의 안전관리에 관한 특별법』상의 여러 시설물에 대한 ‘기존 시설의 내진성능평가 및 향상요령’이 제정됐지만 항만분야는 제외되었다.

이후 2008년 ‘지진재해대책법’이 제정되면서 기존 항만에 대한 내진보강이 의무화되었다. 그러나 ‘기존 항만의 내진성능평가 및 향상요령’이 2012년에 발간되어, 현재까지 기존항만시설물에 대한 내진성능 검토와 개선대책은 미약한 실정이다.

특히, 매립지역에 설치된 대부분의 항만구조물은 큰 지반증폭으로 인해 구조물이 불안정하거나 액상화가 일어날 가능성이 매우 높다. 본 연구목적은 연안지반의 액상화 현상 발생여부에 따른 액상화재해도 뿐만 아니라 GIS를 이용한 기존 항만시설물의 지진에 대한 안정성 평가(구조적 안정성)를 통해 내진성능평가도를 작성하는데 있다.

2. GIS기법 및 내진성능평가기법

2.1 지리정보시스템(GIS)

지리정보시스템은 다른 자료처리시스템과 비교했을 때 가장 두드러진 특징은 공간분석기능이며, 공간자료와 속성자료를 공간데이터베이스로 구축하여 여러 가지 질의(query)를 통하여 공간적인 문제를 해결하는 기능이다. 속성자료와 공간자료의 통합분석 기능은, 정보의 측정/검색/분류, 중첩기능, 근접성분석, 연결성분석,

표면분석 등으로 나눌 수 있다.

공간검색기능은 사용자가 지정한 논리적 조건에 맞는 대상을 알아내는 기능이며 분류기능은 하나의 레이어에 있는 대상의 주제 및 특성값을 재설정하는 기능이다. 이러한 모든 기능은 하나의 레이어를 대상으로 하며 속성값을 사용하는 경우가 많은 것이 특징이다.

중첩기능은 다수의 데이터 레이어를 결합하여 새로운 객체를 생성함으로써 새로운 정보를 도출하는 것이다. 사칙연산 및 관계연산, 조건 연산자들을 사용할 수 있다.

표면분석 중 공간보간법은 유사한 공간 현상은 인접한 지역에 위치하게 된다는 공간적 자기상관(spatial autocorrelation)의 개념을 토대로 이미 알고 있는 값들을 이용하여 미지의 값을 예측하는 과정이다.

관측값이 공간상에서 연속적으로 변화하고, 일반적으로 많이 사용되는 IDW(Inverse Distance Weighted) 보간법을 채택하였다. IDW에서는 인접한 표면점들과 값을 추정할 미지점까지의 거리에 따라 비선형적인 가중치를 부여하여 평균값을 사용하였다.

2.2 액상화 현상

액상화(Liquefaction)현상은 지진과 같은 급속한 진동하중 발생시, 순간적으로 배수가 허용되지 않음에 따라 느슨한 사질토 또는 매립지반에서 유발되는 과잉간극수압으로 지반의 전단저항력이 저하되거나 전단저항

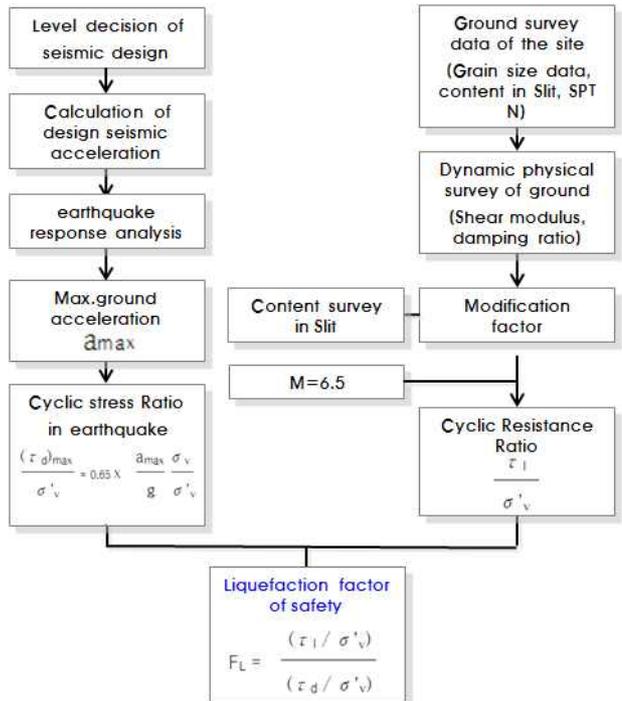


Figure 1. Flowchart of modified Seed & Idriss method

력을 잃게 되는 상태를 나타내는 것으로 그 발생정도에 따라 직접적인 지반파괴가 일어 날 수 있을 뿐만 아니라 이로 인해 야기되는 지반침하 또는 횡방향 변위가 구조물의 안정에 큰 영향을 미치게 된다.

이와 같은 액상화 현상에 대해 모든 시설물의 내진설계기준 및 시방서에서는 최우선적으로 액상화 발생여부를 검토할 것을 내용에 포함하고 있으며, 이는 지진 발생이 수십km 지표아래에서 시작되어 지반이 시설물에 앞서 영향을 받게 되는 점을 고려한 것이다.

본 연구에서는 『항만 및 어항설계의 내진설계표준서』의 기준에 따라 지진응답해석을 통해 액상화 평가를 수행하는 수정Seed등의 간편법을 사용하였으며 그 순서는 Fig. 1과 같다.

2.3 내진성능상세평가

중력식 안벽의 내진성능은 상세1단계(등가정적해석)와 상세2단계(변위를 고려한 해석)로 나눌 수 있으며, 본 연구에서는 상세1단계만 검토하였다.

상세1단계 평가에 적용되는 등가정적해석은 지진하중을 등가의 정적하중으로 치환한 후, 안벽의 자중과 잔류수압, 부력, 상재하중등과 같은 정적하중에 지진으로 인해 발생한 횡방향 동토압과 동수압 등을 고려하여 전도, 활동, 지지력, 원호활동, 전체활동 등에 안정성을 평가하는 방법이다.

활동시 안전율은 식 1과 같다.

$$F_s = \frac{\sum V \times \mu}{\sum H} > 1.0 \text{ (허용안전율)} \dots\dots\dots(1)$$

여기서, H:벽체에 작용하는 전수평력
 V:벽체에 작용하는 전연직력
 μ :마찰계수

전도시 안전율은 식 2와 같다.

$$F_s = \frac{\sum M_V}{\sum M_H} > 1.0 \text{ (허용안전율)} \dots\dots\dots(2)$$

여기서, M_H :벽체에 작용하는 전수평모멘트
 M_V :벽체에 작용하는 전연직모멘트

지지력에 대한 안정검토는 항만 구조물중 중력식 구조물의 기초지반에 편심, 경사하중이 작용하는 경우의 지지력은 실제 현장을 잘 재현 할 수 있는 Bishop의 간편법에 의한 원호활동 해석법에 의하여 산정하였다.

Fig. 2는 중력식 안벽의 내진성능 상세1단계평가 순서도이다.

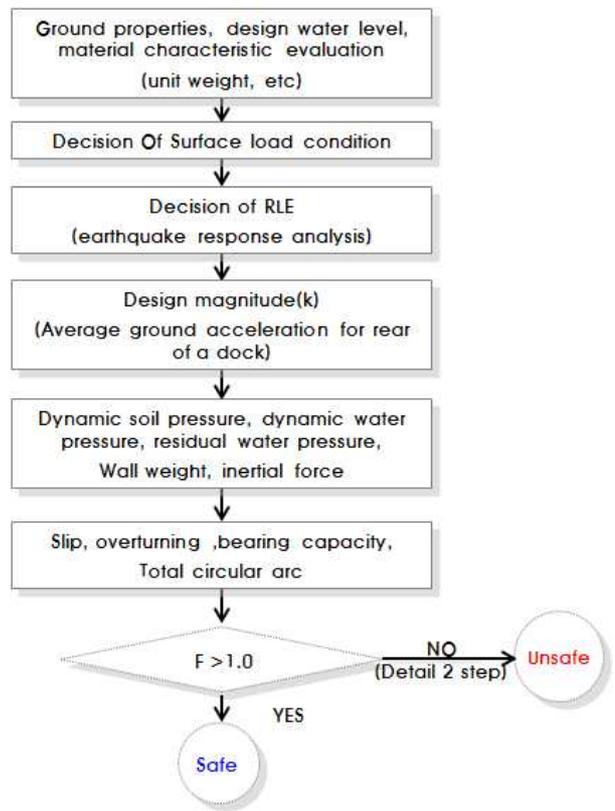


Figure 2. Flowchart of Seismic performance evaluation

3. 내진성능평가

3.1 연구대상지역

본 연구 대상지역은 『서해권 ○○항』의 항만구조물 18개소이며 Fig. 3에 표시된 바와 같다. 구조형식이 잔교식인 경우는 이번 연구에서는 제외하였고 중력식만 연구 대상으로 선정하였다.



Figure 3. Area of the study

컨테이너 터미널안벽과 같은 중요안벽은 인명사고와 직결되는 구조물로 2차 재해를 유발할 수 있는 구조물이다. 이번 연구 대상지역을 채택한 이유는 중요안벽이 다소 포함되어 있음에도 불구하고 2종 시설물 및 범종의 시설물로 지정되어 있어 1.2종 시설물에 비해 점검·유지 관리가 미흡할 뿐만 아니라 2001년 이전 설계가 되어 내진설계가 적용되지 않았기 때문이다.

연구대상물의 현황은 Table 1과 같으며 모두 내진등급Ⅱ인 시설물이다.

3.2 연구범위 및 결과

시설별 현황조사 및 분석을 위해 설계도서와 현장조사, 지반조사를 실시하였다. 그 결과를 이용하여 액상화 평가와 항만시설물 내진성능 1단계평가를 실시하였다. 액상화 평가, 구조물의 내진성능평가 결과 데이터를 모아서 GIS를 통한 공간분석을 실시하였다. 공간자료의 구축 및 분석은 ESRI사의 Arc GIS9.3을 사용하였다.

GIS분석을 통해 재해도를 시각화하였으며 내진보강이 필요한 시설물을 선정, 내진보강우선순위를 정할 수 있도록 제시하였다.

보강에 대한 우선순위는 소방방재청에서 제시한 접안시설에 대한 우선순위 평가지표를 토대로 수정하여 사용하였다.

Table 1. A chart of target facility

Facility Name	Size	Length (m)	Year of completion
① M,J pier	3M×3	720	2004
② Y.D wharf	3T×1	130	2000
③ S.Y wharf	-	73	1995
④ common pier	5T×1	135	1994
⑤ S.S wharf	700G/T	80	1995
⑥ Inner dock	2T×2	180	1994
⑦ Inner wharf	700G/T	340	1989
⑧ J.S wharf	100G/T	160	1990
⑨ G.S.T wharf	100G/T	24	1995
⑩ D.M wharf	100G/T	313	1996
⑪ K.K pier	100G/T	159	1998
⑫ Passenger Ter.	500G/T	263	1978
⑬ Car ferry pier	5T×1	172	1996
⑭ S.S east wharf	100G/T	300	1991
⑮ S.H wharf	100G/T	148	1986
⑯ marine dock	3T×1	368	1999
⑰ North wharf	100G/T	1,912	1993
⑱ Smack wharf	100G/T	550	2009

① 현장조사결과

대부분의 부두에서 경미한 결함이 조사되었으나 기능발휘에 지장이 없는 상태로 판단되며, 조사된 손상들에 대해서는 장기적인 점검 등을 통한 효율적인 유지관리가 이루어진다면 사용성은 충분히 확보할 수 있을 것으로 보였다.

② 지반조사결과

지질은 크게 변성암류와 화성암류로 구분되며, 변성암류는 모두 시대미상으로 변성퇴적암류, 변상변정편마암과 화강암질편마암으로 구분된다. 화성암류는 맥암과 유문응회암으로 구성되어 있다. 이들 지층에 대해서 과거 전연 조사가 되어 있지 않아 무안도폭을 토대로 지질층서를 인용하였다.

시추조사 결과는 크게 매립층, 퇴적층, 풍화토층, 풍화암층, 연암층의 순으로 분포하고 있다. 매립층은 항만시설물 조성을 위해 인위적으로 매립된 지층으로 갈색, 회색의 점토, 모래자갈, 사석으로 구성되어있다.

매립층의 층후는 1.4~16.0m의 범위로 위치에 따라 다소 많은 차이를 보이며, 습윤한 상태의 함수비를 보였다. 표준관입시험결과 N값은 5~50타 범위로 느슨~매우 조밀한 상태밀도를 나타내지만 함유된 자갈, 사석에 의해 부분적으로 N값이 높게 측정된 것으로 판단된다.

지하수위 측정결과는 GL-1.2~4.2m이하의 매립층 상부에 분포하고 있는 것으로 나타났다.

③ 액상화 평가 및 내진성능평가 결과

시추공 정보와 표준관입시험치 지하수위 정보를 대상으로 액상화 평가를 실시했다.

지반가속도는 지진재현주기 500년 빈도(내진설계 2등급구조물, 붕괴방지수준)의 50년 내에 발생확률 10%에 해당하는 0.055g로 나타났다.

지진응답해석은 등사선형해석(Pro-Shake)에 의해 작성하였다. 지진규모는 내진설계 표준서에서 추천하는 값6.5를 적용하였다.

액상화 검토 위치는 중력식 안벽 배면을 기준으로 하였다. 액상화 평가 산정은 수정 Seed & Idriss방법으로 인공지진파 3개에 대하여 각 각 수행하였다. 지하수위의 지반은 액상화 평가생략지반으로 제외한다. 그 결과 모든 깊이에 대해서 안전율을 1.0이상 상회하는 것으로 나타났다. 각 심도별 값 중에서 최저값을 기준으로 Table 2와 같이 정리하였다. 지반가속도 값은 3개의 인공지진파 중에서 가장 큰 값을 정리하였다.

시설물 18개 단면에 대한 액상화 평가는 모두 안정

성을 확보하는 것으로 평가 되었으나, 내진성능평가에 대해서는 총 18개소 중 7개소에서 취약한 것으로 나타났다. 파괴유형은 미끄러짐에서 불안정한 경우(1개소), 지지력에서 불안정한 경우(2개소), 미끄러짐과 지지력 동시에 불안정한 경우(3개소), 미끄러짐과 전도와 지지력에서 불안정한 경우(1개소)로 나타났다.

4. 내진성능평가도 작성

4.1 기존의 내진성능평가 작성

2008년 ‘지진재해대책법’이 제정되면서 기존 항만에 대한 내진보강이 의무화되었다. 2012년 국토해양부 한국시설안전공단에서 ‘기존 시설물(항만) 내진성능 평가 및 향상요령안’을 발간하였다.

내진성능 평가 요령은 항만시설물 중 계류시설(안벽과 잔교)과 외곽시설인 방파제에의 평가에 적용하며 등가정적해석법을 기본으로 하고 있다. 요령의 구성은 내진성능 평가기준지진과 평가절차, 예비평가(자료조사), 상세평가(액상화 평가, 구조적 안정성 평가), 평가보고서작성으로 구성하였다.

4.2 지리정보시스템(GIS) 방법

액상화에 대한 안전율은 대상 지점에서 심도에 따라 다르게 나타난다. 재해도에서는 지도상에 이 심도들의 하나의 대푯값이 필요하게 된다.

따라서 1978년 Iwasaki가 제안한 LPI (Liquefaction Potential Index)값을 이용하도록 제안되었으나, 연구대상 시설물 18개 모두 액상화에 안정한 것(Table 2)으로 나타나 LPI지수가 모두 0이 되어 LPI적용이 불가하였다.

따라서, 액상화 평가 결과값의 최저치를 이용하여 액상화재해도를 시각화 하였다.

Fig. 4와 Fig. 5는 보간법 중 IDW을 이용하였다.

Fig. 4는 각 시추공별로 산정된 지반최대가속도(a_{max})를 나타낸 지도이다. Fig. 5는 전단응력비에 대한 액상화 저항응력비로 계산된 액상화에 대한 안전율로 레이어를 도출 한 것이다.

Fig. 6은 내진성능 상세평가 결과를 각 시설물별(시추공) 속성값으로 정리하여 점 데이터로 표시하였다. 보강유무라는 속성값은 Field Calculator을 이용하여 액상화평가, 미끄러짐, 전도, 지지력, 원호활동 특성에 따라 재분류 하였다.

재분류 데이터 값 ‘1’은 보강이 필요하지 않은 경우이고, 값이 ‘0’은 보강이 필요한 지역을 의미한다.

Table 2. Evaluation results on the Seismic performance of target facility

	Ground acceleration	Liquefaction	Detail evaluation Step. 1				Reinforcement	Note
			Slip (A)	Overturning (B)	Bearing capacity (C)	Circular arc.(D)		
① M,J pier	0.114g	2.48	1.12	1.71	5.71	1.08		
② Y.D wharf	0.118g	7.97	0.94	1.13	0.54	1.30	need	A, C
③ S.Y wharf	0.117g	2.64	1.10	1.44	1.28	1.22		
④ common pier	0.123g	2.72	1.12	1.50	1.07	1.59		
⑤ S.S wharf	0.120g	4.06	0.94	1.25	0.90	1.34	need	A, C
⑥ Inner dock	0.128g	6.02	0.91	1.16	1.07	1.63	need	A
⑦ Inner wharf	0.121g	2.19	1.05	1.06	0.91	1.13	need	C
⑧ J.S wharf	0.114g	1.55	1.08	1.09	1.04	1.18		
⑨ G.S.T wharf	0.113g	2.63	1.12	1.21	1.28	1.30		
⑩ D.M wharf	0.091g	5.76	1.18	1.18	1.06	1.19		
⑪ K.K pier	0.119g	2.95	1.10	1.27	1.37	1.01		
⑫ Passenger Ter.	0.128g	9.85	0.87	0.90	not calc.	1.10	need	A, B, C
⑬ Car ferry pier	0.122g	3.26	0.98	1.37	0.68	1.11	need	A, C
⑭ S.S east wharf	0.121g	3.05	1.10	1.45	1.09	1.18		
⑮ S.H wharf	0.122g	7.97	1.05	1.11	0.83	1.09	need	C
⑯ marine dock	0.117g	3.60	1.07	1.44	1.50	1.26		
⑰ North wharf	0.129g	4.64	1.14	1.36	1.03	1.27		
⑱ Smack wharf	0.074g	3.64	-	1.31	-	1.34		

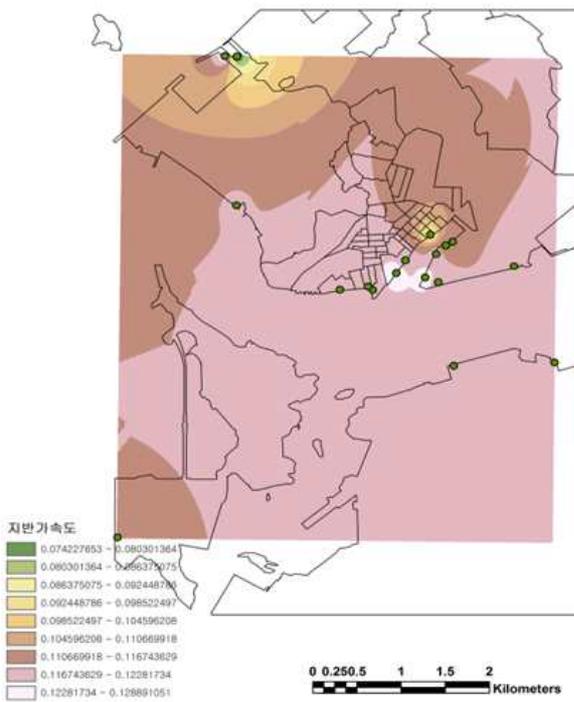


Figure 4. Hazard map of Seismic acceleration

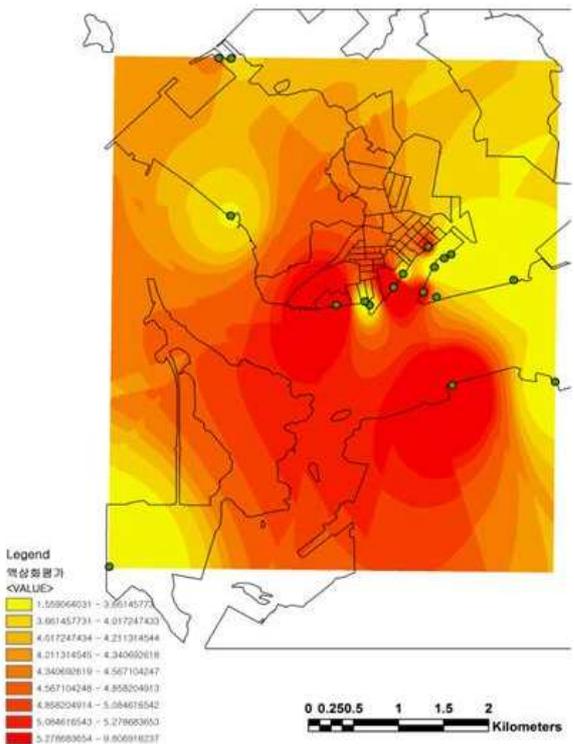
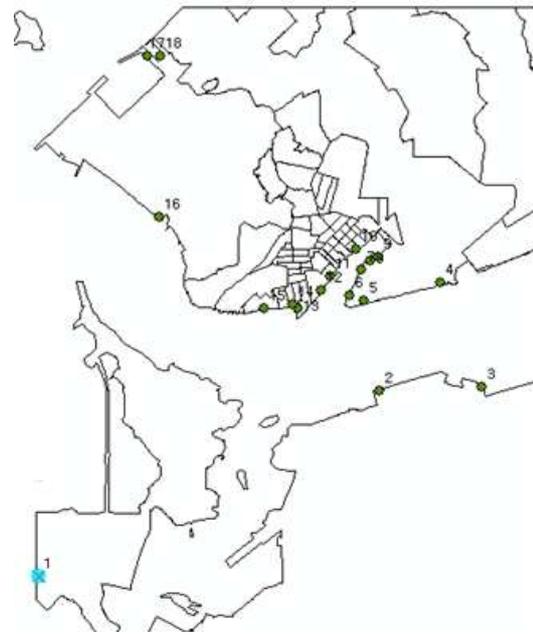


Figure 5. Hazard map of Liquefaction evaluation



Attributes		
	Property	Value
내진성능평가결과	FID	0
	no	1
	x	126,351
	y	34,753
	액상화지수	2.48
	지반가속도	0.114
	미끄러짐	1.12
	전도	1.71
	지지력	5.71
	원호활동	1.08
	보강유무	1

1 features

Figure 6. Seismic performance evaluation(Case ①)

보강우선순위를 나타내기 위해서 접안시설의 내진보강 우선순위 결정 지표를 이용하였다.

$$\begin{aligned}
 \text{우선순위} &= \text{시설물 중요도} + \text{시설구분} \\
 &+ \text{내진등급} + \text{구조물 형식} \\
 &+ \text{시설물 중별} + \text{화물물동량} \\
 &+ \text{기능시설}
 \end{aligned}$$

본 연구에서는 소방방재청에서 제시한 접안시설에 대한 우선순위 평가지표를 참고하여 수정한 지표를 사용하였으며, 금회 이용된 평가지표 및 가중치는 본 연구에서 평가된 불안정한 부두에 적용하기 위해 구성한 것이므로 다른 연구의 결정지표로 사용하기에는 무리가 따를 것으로 보인다.

평가지표에 따라 가중치 값을 합산하여 값이 클 수록 보강 우선순위가 시급한 것을 의미한다.

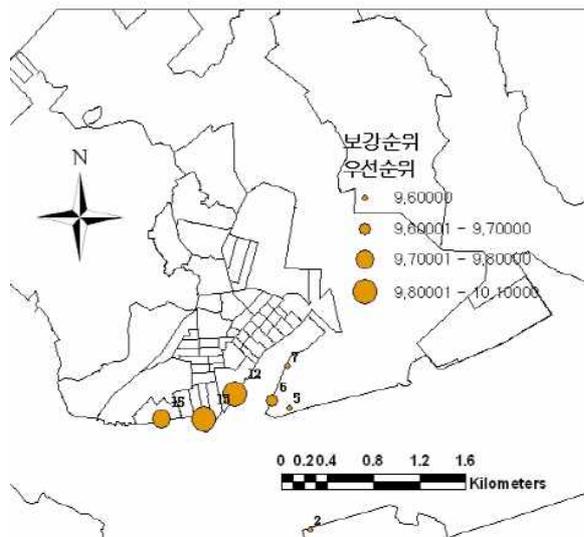


Figure 7. Priority for Seismic reinforced

Fig. 7의 내진보강 우선순위 선정도와 같이 총 7개소 (②, ⑤~⑦, ⑫, ⑬, ⑮)가 보강이 필요 한 것으로 나타나며, Quantities에 의한 통계량 등급에 따라 그 차이가 명확하게 구분되는 것을 알 수 있다.

4.3 비교고찰

기존의 내진성능평가는 내진성능 상세평가(구조적 안정성 평가)를 Table 2와 같이 결과를 정리 한 보고서가 전부였다. 항만건설정보시스템(Port CIS) 또한, 새롭게 신설·축조되는 항만건설현장에 대한 정보 및 기본 계획과 공사 개요를 담고 있을 뿐 기존 항만시설물에 대한 것은 배제되어 있는 실정이다.

문서화된 내진성능평가는 전문가가 아닌 이상 쉽게 동정을 파악하기 어려운 것을 염두 하여 기존항만 시설물에 대해 기존의 내진성능평가 뿐 만 아니라 한 단계 더 나아가 GIS를 이용한 공간 분석을 하였다. 특히, 지진예측정보를 시각적으로 표현하는 액상화 재해도, 내진성능평가도 작성과 관련하여 해석적 방법의 의해 액상화 발생 가능성 정보나 내진성능평가도와 같이 시각 정보화 하였다.

5. 결 론

본 연구에서는 2001년 이전에 내진설계가 적용되지 않은 기존 항만시설물 중 서해권 ○○항의 18개 시설물에 대하여 지진에 대한 안정성을 평가하였고, 내진성능평가도를 작성하였다.

첫째, 지리정보시스템(GIS)을 통해서 수치지도, 구조설계서와 같이 각 각 이원화된 자료를 하나의 통합된 정보로 일원화하여 각 각의 목적에 맞게 정보를 활용할 수 있었다.

둘째, 지진피해의 주원인인 액상화 현상에 따른 예측 방법에 대해 국내설계기준 및 시방내용을 근거로 지진예측정보를 시각적으로 표현하였다.

셋째, 액상화평가와 내진성능평가에서 얻어진 자료는 GIS의 속성정보 질의에 따라 구조물 보강유무를 파악하거나 보강순위를 정하는 중요한 자료로 이용 할 수 있었다.

향후 국내 항만구조물의 내진성능평가에 대한 내진성능평가도가 완성된다면 내진성능보수공사의 우선순위 결정 및 보강수준을 평가하는 지표로 활용 될 수 있을 것으로 기대된다.

앞으로 시각정보화 한 내진성능평가도를 어플리케이션으로 개발하여 사용성을 증대하면 좋을 것으로 기대된다.

References

1. Choi, J. S, Ku, T. J, 2009, A study on mapping of liquefaction hazard at a megalopolis in Korea, Symposium of KOSHAM, 2009 sept. 25, pp. 1246 -1248.
2. Crearia, Management system about coastal fishery harbor facility data, <http://www.crearia.co.jp/>.
3. Korean geotechnical society, 2009, Design criteria of structures foundation.
4. Korea Infrastructure Safety and Technology Corporation, 2012, Seismic performance evaluation & improvement revision of existing structures(Harbors).
5. Ministry of maritime affairs and fisheries, 1999, Seismic design standards of harbor and port.
6. Ministry of maritime affairs and fisheries, 2005, Harbor and fishery design criteria.
7. National Emergency management Agency, 2010, Seismic reinforcement basic plan of existing structures (`11~`15).
8. Ministry of Land, Transport and maritime affairs, 2012, Seismic performance evaluation in the east sea.
9. Ministry of maritime affairs and fisheries, 2013, Seismic performance evaluation in the east sae.
10. Ministry of maritime affairs and fisheries, Port CIS, [http:// www.portcals.go.kr](http://www.portcals.go.kr).

11. Song, K.Y, 2006, Earthquake hazard analysis using geological characteristics & geographic information system in the southeast ern part of Korea, doctorate thesis, Yonsei University.
12. Yoo, S. D, 2004, The assessment of liquefaction potential in the large reclamation site using GIS, Master thesis, Hongik University.