

지진에 대비한 항만기능 유지의 필요성과 추진방안

A Study on Necessity and Action Plan for
Maintaining Port Function in Preparation for an
Earthquake

2017. 12.
김우선·천민수

보고서 집필 내역

〈연구책임자〉

김우선 : 제1장, 제2장, 제3장, 제4장, 제5장

〈연구진〉

천민수 : 제1장 4절, 제2장 1절

산·학·연·정 연구자문위원

최동업 (부산항만공사 부장)

원승환 (군산대학교 교수)

이민규 (부경대학교 교수)

손문 (부산대학교 교수)

박우선 (한국해양과학기술원 박사)

* 순서는 산·학·연·정 순임

우리나라는 대규모 지진이 잦은 일본이나 미국 서부와 같은 판의 경계 지역과는 달리 비교적 안정된 판 내부에 위치해 오랜 동안 큰 지진이 발생하지 않을 것으로 인식되어 왔다. 그러나 최근 들어 한반도 남동부와 인근 지역(경주, 포항)에서 비교적 규모가 큰 지진들이 연달아 발생함으로써 지진재해에 대한 경각심이 증대되고 있다.

2016년 4월 14일 리히터 규모 7.3의 일본 큐슈 구마모토지진에 의한 지진동이 부산, 울산 등 한반도 남동부에 도달하였고, 특히 해안가 지역을 진동시켰다. 이어 7월 5일에는 울산시 동편 52 km 해역에서 규모 5.0의 지진이 감지되었고, 9월 12일에는 경주시 남쪽 8~9 km 지점의 양산단층대를 따라 규모 5.1의 전진과 5.8의 본진이 발생하여 원자력시설, 석유화학단지과 항만 시설 그리고 중요 문화재와 같은 국가 주요 시설물이 밀집된 경주, 울산, 부산, 대구 등을 포함한 영남 지역에서 빙글과 함께 건물이 흔들리는 강한 지진동이 감지되었다. 또한, 2017년 포항에서도 진도 5.4의 대형지진이 발생하여 항만 시설이 파손되었다.

따라서 한반도는 더이상 지진의 안전지대가 아니라는 사실이 드러났으며, 우리나라에서 발생하는 지진의 특성을 정확히 이해하고, 앞으로 다가올지 모르는 대규모 지진에 대한 중장기적인 대비책을 수립하는 것은 당연한 국가 주요 과제가 되고 있다. 끊임없이 생동하며 변화하는 지구에서 살아가는 인간에게 있어 지진의 위험성을 피할 방법은 없다. 그러나 우리 주변에서 발생하는 지진의 특성을 이해하고 철저히 대비한다면 그 피해는 최소화할 수 있을 것이다.

이 같은 점에서 이 연구가 추구하고 있는 항만의 지진대비 물류기능 연속성 확보를 위한 개선방안은 매우 시의적절하며 항만지진으로부터 지속가능한 항

만기능 유지에 크게 이바지할 것으로 기대된다.

이 연구의 결과는 우리의 항만이 지진으로부터 보다 안전하게 관리될 수 있도록 항만시설과 항만장비를 개선하고, 지속관리하는 데 필요한 개선방안을 전문가 평가를 통해 제시했다는 점에서 이 분야의 선도적 연구임과 동시에 보다 효과적인 정책개발에 활용될 정책연구라 할 수 있다. 항만지진으로부터 안전한 항만은 국가가 국민에게 보장해야 하는 기본적 과업인데, 이러한 국가의 기능을 수행하는 데 이 연구의 성과가 활용될 것으로 기대한다.

끝으로 이 연구의 책임을 맡은 항만연구본부의 김우선 부연구위원과 연구진의 노고에 깊은 감사를 표한다. 아울러 이 연구에 자문과 조언을 아끼지 않은 임종관 교수, KIOST 박우선 박사, 부산항만공사 최동업 부장께 깊은 감사를 드린다. 끝으로 이 보고서의 감리를 맡아 적절한 지적과 조언으로 완성도를 높여 주신 우리 원의 이성우 본부장, 김형태 선임연구위원과 이 보고서가 출판되기까지 도움을 주신 모든 분께 이 자리를 빌려 감사를 드린다.

2017년 12월
한국해양수산개발원
원 장 양 창 호



요 약 · i

제1장

서 론 · 1

제1절 연구의 배경 및 필요성	1
제2절 연구의 목적	4
제3절 연구의 범위와 방법	5
1. 연구의 내용 및 범위	5
2. 연구의 방법 및 추진전략	5
제4절 기존 연구검토	7
1. 항만에서의 재난 및 재해 영향과 대응방안 연구(2012)	7
2. 재난 시 교통관리체계의 역할 정립 및 법제도적 개선방안(2011)	7
3. 항만 폐쇄의 국가 경제적 파급효과 분석(2014)	8
4. 기타 선행연구 분석 및 본 연구의 차별성	9

제2장

국내 항만지진 및 대응체계 현황 · 12

제1절 국내 지진 현황 및 발생가능성	12
1. 국내 지진 현황	12
2. 지진 피해사례(2017년 포항 지진)	13

3. 지진피해의 특징	15
4. 한반도 지진발생 가능성	17
5. 시사점	18

제2절 국내 항만지진 대응체계

1. 부산항 지진발생으로 폐쇄 시 손실비용 산정	19
2. 국내 항만 지진 대응체계 현황	32
3. 시사점	35

제3장

일본 항만지진 및 대응체계 현황 · 37

제1절 일본 항만지진 피해사례

1. 동일본(東日本) 대지진	37
2. 한신(阪神)·아와지(淡路) 대지진	40

제2절 일본항만의 지진 대응체계

1. 기간산업인 국제 해상 컨테이너 수송 등의 확보	42
2. 항만지진으로 인한 일본 산업 피해	47
3. 일본 재난관리의 시사점	58

제3절 리스크 관리 핵심추진 과제

1. 내진강화안벽	59
2. 내진강화크레인	67
3. 항만업무연속계획(Port Business Continuity Plan)	72

제4장

국내 항만지진대비 계획 수립 및 경제성 분석 · 76

제1절 국내 항만 내진강화안벽 및 안벽크레인 계획	76
1. 국내 주요항만 선정	76
2. 국내 주요항만의 내진화 계획	76
제2절 항만 지진 대비 안벽계획 경제성 분석	79
1. 손실비용 산정방법 검토 (직접비용, 간접비용)	79
2. 기본가정 수립 및 시나리오 설정	81
3. 손실비용 산정	86
4. 비용편익 분석	89

제5장

결론 및 정책제언 · 95

제1절 결론	95
제2절 정책제언	98
1. 제4차 항만기본계획에 주요 항만의 BCP 계획 수립	98
2. 항만법에 지진대응 관련 항목 추가	100
3. 내진강화 컨테이너크레인의 기술개발	102
4. 관련주체 간 긴밀한 협조체계 구축(안)	103
5. 항만시설물 내진강화 추진(안)	103
6. 지진대비 항만물류 리스크관리 로드맵	105
7. 각 부문별 연차별 추진 로드맵	107
8. 각 연차별 통합 추진 로드맵	109



참고문헌 · 113



부록 · 116

부록 1. 지진의 가속도 계수	116
부록 2. 진도와 가속도의 관계(단위 : %g=9.81cm/sec ²)	121
부록 3. 직접손실비용 계산	122
부록 4. 간접손실비용 계산	123
부록 5. 부산항 기종점 자료 분석	124

표목차

〈표 1-1〉 자연재해 시 항만·물류 영향도 분석	3
〈표 1-2〉 국내 및 국외 선행연구 검토	10
〈표 2-1〉 포항항 피해내역	14
〈표 2-2〉 지진피해의 특징	16
〈표 2-3〉 지진피해의 유형	16
〈표 2-4〉 지진피해의 규모에 미치는 요인	16
〈표 2-5〉 본 연구의 산업분류	20
〈표 2-6〉 지역의 재분류	20
〈표 2-7〉 산업별 수입과 수출의 해상운송 비중	21
〈표 2-8〉 화물품목과 산업분류의 매칭	22
〈표 2-9〉 산업별 수입과 수출 항만물동량의 컨테이너 비중	23
〈표 2-10〉 지역별 적컨테이너의 부산항 경유 비율	23
〈표 2-11〉 부산지역 항만연관 산업의 매출액 및 부가가치(2013년 기준)	24
〈표 2-12〉 부산항 폐쇄의 적용 모형	25
〈표 2-13〉 부산항 폐쇄의 시나리오 및 화물의 우회운송	26
〈표 2-14〉 시나리오1에 따른 전국 산업별 매출액 영향	27
〈표 2-15〉 시나리오1에 따른 지역별 매출액 영향	28
〈표 2-16〉 시나리오2에 따른 전국 산업별 매출액 영향	29
〈표 2-17〉 시나리오2에 따른 지역별 매출액 영향	30
〈표 2-18〉 시나리오3에 따른 전국 산업별 매출액 영향	31
〈표 2-19〉 시나리오3에 따른 지역별 매출액 영향	32
〈표 2-20〉 위기경보 수준별 발령 판단기준 및 활동내용	34
〈표 3-1〉 주요 항만의 피해 개요	37
〈표 3-2〉 고베 대지진 당시 고베항의 지진 재해 복구	49
〈표 3-3〉 항만의 대규모 지진 대책 시설 정비 정책의 개요	50
〈표 3-4〉 항만에서의 대규모지진대책 시설 정비 기본 방침(1996년)	53
〈표 3-5〉 정비가 완료된 항만 중에 녹지 등 Open Space가 정비된 항만	55
〈표 3-6〉 정비가 완료된 berth 중에 임항도로의 긴급수송도로가 지정된 항만	55

〈표 3-7〉 국제 해상 컨테이너 터미널의 내진강화안벽 정비 상황	62
〈표 3-8〉 내진강화안벽의 기술적 기준	63
〈표 3-9〉 고베항 물류기능유지용 내진강화안벽 정비현황	64
〈표 3-10〉 오사카시 내진강화안벽 정비 현황(2016년 현재)	65
〈표 3-11〉 긴급물자 수송용 내진강화안벽 선석 수 산출 방법(2006년도)	65
〈표 3-12〉 오사카항의 긴급물자 수송용 내진강화안벽 정비 계획 및 현황	66
〈표 3-13〉 오사카항 국제 해상 컨테이너 수송 대응 내진강화안벽 정비 현황	66
〈표 3-14〉 주요 항만의 컨테이너 크레인 내진화 추진 상황	67
〈표 3-15〉 고베항 내진화 완료 갠트리 크레인 현황	71
〈표 3-16〉 내진강화크레인 소요 비용	72
〈표 3-17〉 BCP 시행 목적	72
〈표 3-18〉 방재업무계획의 책정 상황	74
〈표 3-19〉 업무계속계획(BCP)의 책정 상황	75
〈표 4-1〉 국내 내진강화 주요항만 선정	76
〈표 4-2〉 국내 주요항만의 내진강화안벽 지정 선석 수	77
〈표 4-3〉 내진강화안벽 소요 비용	77
〈표 4-4〉 국내 주요항만의 내진강화 크레인 지정 수	78
〈표 4-5〉 내진강화 크레인 소요 비용	78
〈표 4-6〉 정책의 실시주체 및 사업제도	79
〈표 4-7〉 내진강화안벽 기본가정	82
〈표 4-8〉 내진강화안벽 크레인 기본가정	82
〈표 4-9〉 내진강화안벽 기본가정(기준 안벽)	83
〈표 4-10〉 내진강화안벽 크레인 기본가정(기준 안벽 크레인)	83
〈표 4-11〉 분석을 위한 시나리오	84
〈표 4-12〉 평균재현주기별 최대가속도 계수	85
〈표 4-13〉 시나리오별 발생확률	85
〈표 4-14〉 시나리오1 직접손실비용 산정	86
〈표 4-15〉 시나리오2 직접손실비용 산정	87

〈표 4-16〉 시나리오1 간접손실비용 산정.....	88
〈표 4-17〉 시나리오2 간접손실비용 산정.....	88
〈표 4-18〉 시나리오별 1회 지진 직접/간접비용 산정.....	89
〈표 4-19〉 시나리오별 운영기간과 지진 발생확률 고려 직접/간접비용 산정.....	89
〈표 4-20〉 시나리오별 편익 산정.....	90
〈표 4-21〉 내진강화 안벽/크레인 도입비용.....	91
〈표 4-22〉 내진강화 안벽/크레인 추가 발생비용.....	91
〈표 4-23〉 시나리오1의 내진강화 안벽/크레인 효과.....	92
〈표 4-24〉 시나리오2의 내진강화 안벽/크레인 효과.....	93
〈표 4-25〉 시나리오별 내진강화 안벽/크레인 효과.....	93
〈표 4-26〉 시나리오별 B/C 분석결과.....	94

〈표 5-1〉 항만의 대규모 지진대책 시설 정비 기본방침(1996년 12월 책정).....	100
〈표 5-2〉 지진에 강한 항만 본연의 모습(답신) (2005년 3월 22일 책정).....	100
〈표 5-3〉 항만의 개발, 이용 및 보존, 개발보존항로의 개발에 관한 기본방침 (2008년 10월 책정)	101
〈표 5-4〉 항만 지진관련 항만법 법률(안).....	101
〈표 5-5〉 항만 지진관련 항만법 시행령(안).....	101
〈표 5-6〉 내진강화 컨테이너크레인 기술개발(안).....	102
〈표 5-7〉 항만시설물 내진강화 추진(안).....	105
〈표 5-8〉 정책 추진 로드맵.....	107
〈표 5-9〉 법제도 추진 로드맵.....	108
〈표 5-10〉 기술 추진 로드맵.....	108
〈표 5-11〉 1차년도 추진 로드맵.....	109
〈표 5-12〉 2차년도 추진 로드맵.....	110
〈표 5-13〉 3차년도 추진 로드맵.....	110
〈표 5-14〉 4차년도 추진 로드맵.....	111
〈표 5-15〉 5차년도 추진 로드맵.....	111
〈표 5-16〉 6차년도 추진 로드맵.....	112

〈표 5-17〉 7차~11차년도 추진 로드맵.....	112
-------------------------------	-----

〈부록표 1〉 2010년 지역별 수입 적컨테이너의 항만별 비율.....	124
〈부록표 2〉 2010년 지역별 수출 적컨테이너의 항만별 비율.....	125

〈그림 1-1〉 연구방법 및 추진전략.....	6
〈그림 2-1〉 우리나라 역사지진 분포와 진도.....	13
〈그림 2-2〉 포항 지진 진원지.....	14
〈그림 2-3〉 항만 폐쇄의 파급효과 경로.....	25
〈그림 2-4〉 항만 관련 위험요인 분석.....	33
〈그림 3-1〉 한신·아와지 대지진 및 동일본 대지진의 피해 항만 비교	38
〈그림 3-2〉 주요 항만의 피해 사례.....	39
〈그림 3-3〉 대지진으로 인한 고베항 피해 사진.....	40
〈그림 3-4〉 대지진 고베항 항만시설 파손 현장.....	41
〈그림 3-5〉 국제 해상 컨테이너터미널의 내진화.....	43
〈그림 3-6〉 국제 해상 컨테이너터미널 복합일관수송에 대응하는 내항터미널의 역할.....	44
〈그림 3-7〉 지진 피해로 인한 항만물류 피해액.....	45
〈그림 3-8〉 고베 대지진 당시 피해 모습.....	46
〈그림 3-9〉 고베항 취급 컨테이너 화물의 배후지역 분포(1993년).....	46
〈그림 3-10〉 고베 대지진의 영향을 받은 공장.....	47
〈그림 3-11〉 고베항 선적예정 컨테이너의 전환 항만(재해 후 1주일 동안).....	48
〈그림 3-12〉 일본의 주요 항만 중 내진강화안벽 정비 현황(2014년).....	54
〈그림 3-13〉 내진강화안벽 정비율 추이(2014년 발표자료)	54
〈그림 3-14〉 통상안벽과 내진강화안벽 비교.....	60
〈그림 3-15〉 국제 해상 컨테이너 터미널의 내진강화안벽 정비 현황.....	61
〈그림 3-16〉 설치 연대별 크레인 수.....	69
〈그림 3-17〉 내진안벽에 정비된 내진 크레인 비율.....	70
〈그림 3-18〉 항만 BCP의 기본적인 구성 및 항만 BCP협의회.....	73
〈그림 5-1〉 항만 BCP 핵심 내용.....	99
〈그림 5-2〉 항만지진대비 협의체 구성(안).....	103
〈그림 5-3〉 한국 시설물 내진설계 비율.....	104
〈그림 5-4〉 지진대비 항만물류공급사슬 리스크 관리 로드맵.....	106

요약

지진에 대비한 항만기능 유지의 필요성과 추진방안

1. 연구의 목적

대형 항만지진 발생 시 국내 항만물류의 공급사슬 리스크 관리를 위해 우리나라 항만시설의 필수기능 유지를 위한 내진강화안벽 및 내진강화크레인 계획을 수립하고, 대체부두 및 항만 확보를 위한 방안을 제시하며 항만지진 발생 시 리스크비용을 산출하여 항만지진 대비의 중요성을 강화하는 것을 목적으로 함

2. 연구의 방법 및 특징

본 연구는 문헌조사와 통계자료 분석을 토대로 국내외 항만물류 리스크 관리 관련 자료 수집 및 통계자료, 그리고 국내외 항만지진 관련 현황, 문제점 등에 관한 연구보고서 등을 검토. 일본의 항만 지진 관련 매뉴얼 및 내진강화부두계획 관련 정책자료를 수집·정리함

- 첫째, 지진대비 항만기능 유지 관련 연구문헌을 수집. 둘째, 지진대비 항만기능 유지관리 국내외 관련 법규 및 규정자료를 수집. 셋째, 프로세스 및 문제점 관련 연구보고서를 검토
- 세부적인 연구를 위해 항만·물류 지속성 유지 전문가들의 의견 청취 및 문제점 검토를 시행. 전문가 회의를 통해 재해 시 항만·물류 지속성 유지 방안에 대한 전문가 의견 수렴
- 정부 및 관련기관의 업무 담당자와 연구결과를 공유하기 위해 관련 기관 간 협력프로그램 및 정부정책 지속성 확보 노력

3. 연구 결과

1) 연구결과 요약

본 보고서는 『제1장 서론』, 『제2장 국내 항만지진 및 대응체계 현황』, 『제3장 일본 항만지진 및 대응체계 현황』, 『제4장 국내 항만지진대비 계획 수립 및 경제성 분석』, 『제5장 결론 및 정책제언』으로 구성

- 제1장에서는 연구의 배경 및 필요성, 연구의 목적, 연구의 범위, 연구방법과 기존 연구검토를 통해 차별성을 제시
- 제2장에서는 국내 지진 현황 및 발생가능성을 살펴보았는데 우리나라는 400백년 주기로 진도 7.0 이상의 지진이 발생하고 있으며, 약 380년 전에 지진이 발생하여 조만간 대규모 지진의 발생가능성이 높은 것으로 나타남
- 항만의 지진대비를 위한 국내 관련 법·제도 현황과 국내 지진 관련 매뉴얼 등을 검토한 결과 단순 매뉴얼 위주로 정리되어 있어 대형지진 발생에 대한 대비가 취약한 것으로 조사되었고, 항만지진 시 손실비용을 분석하여 항만지진으로 부산항이 3개월 폐쇄 시 70조 원의 손실이 발생하는 것으로 분석. 이러한 문제점을 바탕으로 시사점을 제시
- 제3장에서는 대형지진 시 항만의 기능을 유지하기 위한 일본의 지진현황 및 대응체계로 일본의 임해부방재거점 매뉴얼 및 내진강화부두계획을 살펴보고 일본은 “지진에 강한 항만 본연의 모습”이라는 지침을 수립하여 항만지진에 대비 및 관리. 본 계획에는 하드웨어 측면의 내진강화안벽, 내진강화크레인 설치·확보계획 및 이의 운영방안 제시 및 시사점을 도출하며, 우리나라에 적용 가능한 방향을 제시
- 제4장에서는 국내 컨테이너부두의 대형지진 발생 시 항만물류공급사슬 기능유지를 위한 방안을 수립하여 제시하고 내진강화안벽, 내진강화 크레인 계획을 수립. 부산항에 14선석, 광양항 4선석, 인천항 4선석을 제안하였으며 내진강화 크레인의 설치도 제안하여 관련 비용을 산정. 이를 바탕으로 경제성 분석을 수행하여 400년 주기 대형지진 발생 시 경제성이 있음을 분석

- 제5장에서는 연구 결론 및 정책제언으로 국내 항만물류공급사슬 리스크 관리 선진화를 위한 정책 대안을 제시

2) 정책적 기여

- 항만지진에 대비하여 항만기능을 지속적으로 유지하기 위한 연구로 하드웨어 측면의 내진강화안벽, 내진강화크레인의 설치를 제안
- 개별부두 및 항만별로 대체부두 및 대체항만 계획을 수립하여 비상시 국제수송화물을 원활하게 처리하기 위한 대안 수립과 방안을 제시
- 항만의 지속적인 기능유지를 통해 국가경제 리스크를 저감하여 우리나라 항만의 국제물류 안정성 향상

3) 기대효과

- 대형지진에 대비하여 항만기능의 지속성을 유지하여 항만물류공급사슬에서 발생할 수 있는 최대 리스크인 지진에 대비
- 소프트웨어적인 대응체계 뿐만 아니라 하드웨어적인 대책을 추진하여 지진 발생 시 주요 구조물의 필수기능 유지
- 국가의 주요 인프라 시설인 항만 및 그 구조물에 대한 필수적 기능 파악, 기능 유지를 위한 방안 구축을 통해 지진 발생 시 국가 전체에 미칠 피해를 최소화

Executive Summary

The Necessity of Maintaining Functions of Ports against Earthquakes and Implementation Measures

1. Purpose

This study aims to present the importance of preparing the potential occurrence of earthquakes at ports. In the event of a large-scale earthquake, it is important to manage supply chain risks in Korea's port logistics. For this purpose, the study develops a plan for building quake-resistant reinforced quays and cranes to maintain the necessary functions of port facilities. It also suggests measures to secure alternative docks and terminals, calculating the risk price in case of seismic events effecting at ports.

2. Methodologies and features

Based on a literature study and statistical analysis, this study reviews risk management data and statistical data on both domestic and foreign port logistics. In addition, research papers regarding the status and problems related to Korean and foreign earthquake cases at ports are reviewed. It collects and summarizes Japan's manual on earthquake at ports and policies for quake-resistant reinforced ports.

- Firstly, the study collects the literature related to the maintenance of port functions against earthquakes. Secondly, domestic and foreign laws and regulations on the maintenance of

port functions in the event of seismic events are collected. Thirdly, it reviews research papers on relevant processes and problems.

- In order to conduct detailed research, the study collects the opinions of experts on maintenance of ports and logistics while reviewing related problems. Expert meetings have provided the study with opinions on the measures of sustaining the functions of ports and logistics in the event of disasters.
- Efforts have been made to maintain a consistency of government policies and cooperation programs between relevant organizations. Such efforts are made with the intention of sharing to study results with those in charge at the government and relevant organizations.

3. Result

1) Summary

The main contents of the study are as follows: 'Chapter 1 Introduction', 'Chapter 2 Current status of earthquake in Korea and the response system', 'Chapter 3 Current status of earthquake in Japan and response system', 'Chapter 4 Establishing a plan against earthquakes in Korean ports and a feasibility analysis', and 'Chapter 5 Conclusion and policy suggestions.'

- Chapter 1 includes the background and necessity of the study, its purpose and scope as well as its methodologies. The study distinguishes itself from other studies by reviewing existing studies.

- Chapter 2 looks into the status and possibility of earthquake taking place in Korea. An earthquake in the magnitude of over 7.0 occurs on the Korean Peninsula once every 400 years. Since an earthquake took place about 380 years ago, there is a high probability of an earthquake on such a scale is in the making.
- The study reviews relevant laws, the current status of systems in Korea and earthquake related manuals in order to prepare for seismic events. According to the results, Korea's preparation falls far short of what may be considered sufficient, especially when it comes to a large-scale earthquake as relevant data are organized in the form of simple manuals. The loss cost in the event of an earthquake at Busan port is estimated to be 70 trillion won considering that the port has to shut down for 3 months. This chapter provides suggestions based on these challenges.
- Chapter 3 covers the status and response systems of Japan for maintaining the functions of ports in the event of a large-scale earthquake. Thus, it reviews manuals of disaster prevention bases in coastal areas and plans for quake-resistant ports. Having established a guideline for maintaining 'strong ports against earthquakes committing to their own duty', Japan has prepared and managed against earthquakes at ports. Japan's plan contains plans of installing quake-resistant reinforced quays and cranes from the perspective of hardware and their operational methods. Based on this, this study presents implications and directions for its application in Korea.
- Chapter 4 establishes and suggests measures to maintain the functions of the supply chain of port logistics in the event of a large-scale earthquake in Korea's container terminals. It also presents plans of establishing quake-resistant reinforced quays

and cranes. More specifically, the study suggests the establishment of 14 container berths at Busan Port, 4 berths at Gwangyang Port and 4 berths at Incheon Port. The study also suggests the establishment of quake-resistant reinforced cranes, calculating relevant costs. Based on this assessment, feasibility analysis is carried out, proving that it has economic feasibility in the event of a large-scale earthquake like which is seen in the 400 year cycle.

- Chapter 5 covers conclusion and policy suggestions, presenting policy measures to upgrade risk management systems for the supply chain of Korea's port logistics.

2) Policy contribution

- The purpose of this study is to allow port functions to be maintained by fully preparing for the eventuality of earthquakes at ports. From the perspective of hardware, it suggests the establishment of quake-resistant reinforced quays and cranes.
- It establishes plans for designating alternative ports and terminals by individual ports and terminals. In doing so, alternative measures are suggested to smoothly handle international cargoes in case of an emergency.
- The maintenance of functions of ports reduces the risk to the national economy, enhancing the stability of international logistics through ports.

3) Expected benefits

- Preparing against an earthquake, which is the largest potential

risk in the supply chain of port logistics by maintaining port functions

- Sustaining the key functions of main structures and facilities in ports in case of a seismic event by implementing response measures of both software and hardware
- Understanding the necessary functions of ports and relevant structures, which are one of the major national infrastructures, and reducing damage to the overall nation in the event of an earthquake by setting up measures to maintain its functions.

제1장

서론

제1절 연구의 배경 및 필요성

재난이란 자연재해¹⁾, 인적재난²⁾, 국가기반재난³⁾을 포함하는 것으로 정의한다. 그 근거는 「재난 및 안전관리기본법 제3조 1호」, 「자연재해대책법 제2조」, 「재난관리법 제2조」 등의 관련법에 명시되어 있다.⁴⁾

위에서 언급한 재난의 정의들을 볼 때 자연재난, 국가기반재난 모두 항만재난의 범위에 속한다고 볼 수 있다. 항만은 국가물류의 연계시설이자 군사보안시설로서 항만에서의 재난 발생 시 막대한 경제적손실 및 물류손실이 불가피하다. 이에 따라 항만재난 시 피해를 방지하기 위한 노력으로 피해상황 발생 시 신속한 복구와 연쇄적으로 추가 발생하는 피해를 방지하는 것이 매우 중요하다.

일본의 경우 지난 1995년 한신·아와지 대지진 발생으로 사망 6,434명, 실종 3명, 부상 43,792명, 총 피해액 10조 엔의 피해가 발생했다.⁵⁾ 뿐만 아니라 고베 인근해안 116km가 막대한 피해를 입었다. 항만시설 또한 대형정박시설 239개, 화물인양 도크 23개, 컨테이너터미널 21개가 전부 사용 불능상태에 놓였다.⁶⁾

2011년 동일본 대지진의 경우 항만기능 마비로 공급사슬이 파괴되었다. 이에 따라 일본 내 글로벌 상장사의 영업이익이 33% 감소하는 결과가 발생하였다. 또한, 태국에서 발생한 대홍수 피해 후 GDP 성장률을 4.1%에서 1.5%로 하향

1) 태풍, 홍수, 호우, 폭풍, 해일, 폭설, 가뭄, 지진, 황사, 적조 그 밖에 이에 준하는 자연현상으로 인하여 발생하는 재해를 말한다.

2) 화재, 붕괴, 폭발, 교통사고, 화재방사고, 환경 오염사고 그 밖에 이와 유사한 사고로 발생하는 대통령령으로 정하는 규모 이상의 피해를 말한다.

3) 에너지, 통신, 교통, 금융, 의료, 수도 등 국가기반체계의 마비와 전염병 확산 등으로 인한 피해를 말한다.

4) 김형근 외, 『항만에서의 재난 및 재해 영향과 대응방안 연구』, 한국해양수산개발원, 2012, p.37.

5) 김형근 외, 『항만에서의 재난 및 재해 영향과 대응방안 연구』, 한국해양수산개발원, 2012, p.26.

6) 김형근 외, 『항만에서의 재난 및 재해 영향과 대응방안 연구』, 한국해양수산개발원, 2012, p.27.

수정하여 국가 경제에 막대한 타격이 발생하였다.

전 지구적인 기후변화 및 극한기상으로 공급사슬 인프라 및 네트워크의 재해 취약성이 심화되고 있다. 국내의 경우 지진에 의한 직접적인 항만피해사례는 미미하다. 그러나 정부의 발표에 의하면 1984년 태풍 ‘준’으로 인해 지진과 유사한 피해가 발생했다. 정부에서 산정한 피해액이 2,502억 원이었다. 2003년 태풍 ‘매미’의 피해액은 4조2,225억 원에 달했다. 특히, 부산 신감만부두 6기의 크레인 붕괴, 부산항 신항 호안, 수로, 잔교 방파제, 부두 등에 막대한 피해가 발생하였다. 우리나라에서 2002~2011년 까지 자연재해로 인한 재산피해액은 총 21조 2천억 원, 연평균 1조 6500억 원에 이른다.¹⁾

그 동안 우리나라는 지진 안전지대로 평가되었으나, 2016년 9월 경상북도 경주시 남남서쪽 8km 지점에서 진도 5.8의 지진이 발생(경주지진)하여 울산, 부산 등 항만도시에 피해가 발생하였다. 또한, KTX 운행이 중단되고 부산 도시철도 1~4호선이 일시 정지하였으며, 울산화력발전소와 월성원자력발전소 가동이 중지되었다. 모멘트 규모 5.8이었던 경주지진의 경우 50만 톤(500kt)의 TNT폭탄이 일시에 폭발한 위력으로 북한 5차 핵실험 시 발생한 5.0의 인공지진 대비 50배 규모에 이른다.²⁾ 경주 및 포항지진으로 한반도가 더 이상 지진 등 재해의 안전지대가 아님이 입증되었다. 또한 자연재해로 인해 항만 시설이 손상·파괴되었을 때 막대한 1차 피해(시설, 장비) 뿐만 아니라 2차 피해(물류대란)가 발생한다.

일본의 경우 고베항 지진 이후 항만기능은 2년 만에 회복했으나 화물처리량은 현재까지도 회복에 어려움을 겪고 있다. 또한 아이슬란드 화산폭발로 유럽 항공 물류대란이 발생하여 글로벌 공급망의 취약성이 드러났다. 일본 및 아이슬란드의 경우에서 보듯이 부산항이 지진으로 인해 막대한 피해 발생 시 물리적 손실뿐만 아니라 물동량 이탈에 따른 손실이 더더욱 심각하다.

우리나라는 수출입 화물의 99%를 항만에서 취급하고 있어 항만의 기능이 마비되는 경우 막대한 피해가 예상된다. 이러한 피해는 단순히 항만의 기능적인

1) file:///C:/Users/PUM/Downloads/16-17.pdf(17.10.20)

2) https://ko.wikipedia.org/wiki/2016년_경주_지진(17.12.05)

문제뿐만 아니라 화물의 수출입 마비로 인해 국가경제에 큰 타격을 주는 2차 피해가 더 우려된다.

국내외 자연재난 발생 시 항만의 영향 및 피해기간은 자연재해별로 다양하다. 항만의 기능을 일정기간 정지시키는 피해를 유발할 수 있는 재해는 태풍, 해일과 지진이 대표적이다.

국내에서 건설된 컨테이너터미널은 2005년 이후 진도 6.0 수준의 내진설계가 적용되었으나, 이전 터미널은 규정이 적용되지 못했다. 따라서 우리나라 항만도 대형지진에 대비하여 항만기능의 지속성을 유지하고 항만물류 공급사슬에서 발생할 수 있는 최대 리스크인 지진에 대비한 방안의 수립이 필요하다.

〈표 1-1〉 자연재해 시 항만·물류 영향도 분석

자연재해	영향	피해기간	비고
태풍	심각	~ 6개월	- 신김만부두 6개월 소요
홍수	미미	1주일	
호우	미미	1주일	
폭풍	미미	1주일	
해일	심각	~ 3년	- 국내 발생 가능성 낮음
폭설	미미	1주일	
가뭄	없음	-	
지진	심각	~ 3년	- 진도 7지진 발생 시 항만기능 폐쇄
황사	없음	일시	
적조	없음	-	

자료 : 저자 작성

태풍의 경우 지난번 ‘매미’와 같이 일부 터미널에만 영향을 미치는 경우가 대부분이다. 또한, 아라미르 프로젝트 등 태풍 및 해일에 대비한 시설강화 작업을 지속적으로 추진하고 있다. 그러나 대형지진은 발생 시 지역에 있는 모든 터미널에 영향을 미친다. 일본의 고베항 대지진 경우에서 보듯이 대부분의 항만이 기능을 상실할 수 있다. 또한 항만지진은 필연적으로 항만인프라의 파괴, 원재료 및 부품의 공급 차질로 인한 생산 중단 등으로 국민경제에 막대한 손실을 초래한다.

일반 교통시설의 경우 재난 시 철도, 해운, 항공 등의 대체수단이 존재하기 때문에 서비스 연속성 유지가 가능하며 대중교통 또한 버스, 지하철, 자동차 등의 수단을 통해 대처가 가능하다. 그러나 항만의 경우 그 기능을 이행할 대체수단으로 비슷한 수준의 인프라를 가진 다른 항만을 제외하면 대응이 불가능하다고 볼 수 있다. 국가의 주요 인프라 시설인 항만 및 그 구조물에 대한 필수적 기능 파악, 기능 유지를 위한 방안 구축을 통해 지진 발생 시 국가 전체에 미칠 피해를 최소화할 수 있을 것이다.

현재도 국가와 국민을 보호하고 지진 피해를 줄이기 위한 다양한 지진재난대응 시스템 관련 사업이 진행되고 있다. 따라서 국가 주요시설물인 항만시설이 지진 발생 시 피해를 최소화하고 항만시설물의 파괴로 인한 피해 확산을 예방하기 위하여 국가 주요시설물에 대한 필수기능을 파악하고 S/W 적인 대응체계뿐만 아니라 H/W 적인 대응책을 마련하여 지진 발생 시 주요 구조물의 필수기능을 유지하도록 해야 한다.

제2절 연구의 목적

본 연구의 목적은 대형 항만지진 발생 시 국내 항만물류의 공급사슬 리스크 관리를 위해 우리나라 항만시설의 필수기능 유지를 위한 방안을 제시하고 이에 관한 타당성을 분석한다. 위 목적을 위해 국내외 사례를 분석하여 내진강화안벽 및 내진강화크레인 계획을 수립한다. 또한 대체부두 및 항만 확보를 위한 방안을 제시하며 항만지진 발생 시 리스크비용을 산출하여 항만지진 대비의 중요성을 제시한다. 또한, 지진 대비를 위한 소요비용과 편익을 고려한 경제성 분석을 실시하여 타당성을 제시한다. 이를 통해 지진에 대비한 항만기능 유지의 필요성과 추진방안을 제안한다.

제3절 연구의 범위와 방법

1. 연구의 내용 및 범위

1) 연구의 내용

본 연구의 내용은 자연재해 발생 시 항만물류 공급사슬 리스크 관리 개선을 위해서 필수적으로 고려해야 하는 국내외 현황을 분석하고, 우리나라 항만의 지진대비 매뉴얼 작성, 항만시설의 효율성 강화를 위한 내진강화부두계획을 제시한다.

이를 위해 제1장에서 연구의 배경과 필요성, 연구의 목적 및 범위, 연구방법과 기존 연구를 검토하여 구별성을 제시한다. 제2장에서는 국내 지진 현황 및 발생가능성을 살펴본다. 항만의 지진 대비를 위한 국내 관련 법·제도 현황과 국내 지진 관련 매뉴얼 등을 검토한다. 그리고 항만지진 시 손실비용을 분석하고 시사점을 제시한다.

제3장에서는 대형지진 시 항만의 기능을 유지하기 위한 일본의 지진현황 및 대응체계를 살펴본다. 일본의 법·제도와 사례를 검토하여 시사점을 도출하며, 우리나라 적용 가능한 방안을 제시한다.

제4장에서는 국내 컨테이너부두의 대형지진 발생 시 항만물류공급사슬 기능 유지를 위한 방안을 수립하여 제시하고, 경제성 분석을 수행한다.

제5장에서는 연구 결론 및 정책제언으로 국내 항만물류공급사슬 리스크 관리 선진화를 위한 정책 대안을 제안한다.

2. 연구의 방법 및 추진전략

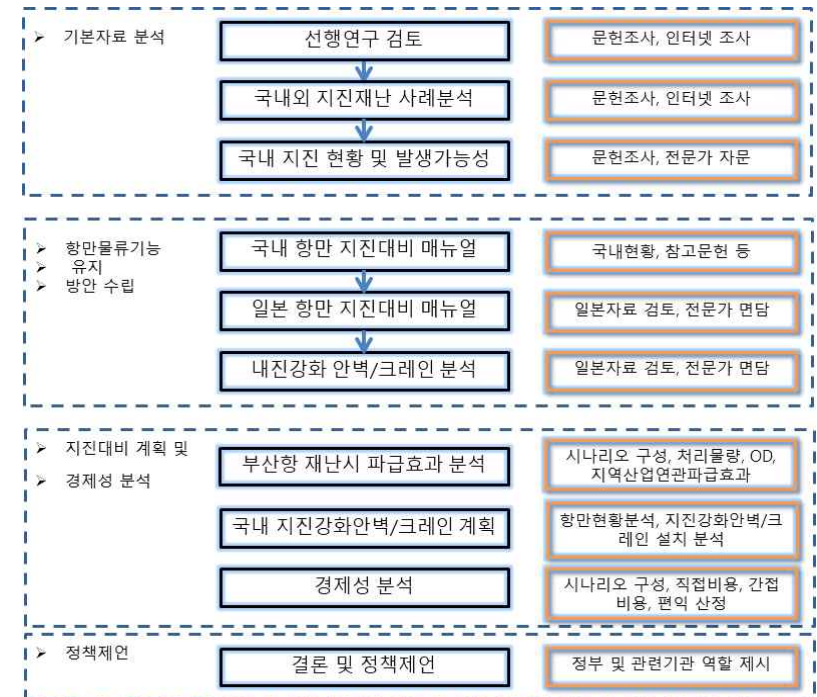
본 연구는 문헌조사와 통계자료 분석을 토대로 연구를 수행한다. 즉, 국내외 항만물류 리스크 관리 관련 자료 수입 및 통계자료, 그리고 국내외 항만지진 관련 현황, 문제점 등에 관한 연구보고서 등을 검토한다. 또한, 일본의 항만 지진 관련 매뉴얼 및 내진강화부두계획 관련 정책 자료를 수집·정리한다.

연구 진행 방법인 문헌조사와 통계자료 분석을 실시하기 위해 첫째, 기존 항만·물류 공급사슬 리스크 관리 관련 연구문헌을 수집한다. 둘째, 항만·물류 공급사슬 리스크 관리 국내외 관련 법규 및 규정자료를 수집한다. 셋째, 항만·물류 공급사슬 리스크 프로세스 및 문제점 관련 연구보고서를 검토한다.

또한, 세부적인 연구를 위해 항만·물류 지속성 유지 전문가들의 의견 청취 및 문제점 검토를 시행한다. 전문가 회의를 통해 재해 시 항만·물류 지속성 유지 방안에 대한 전문가 의견 수렴을 한다.

정부 및 관련기관의 업무 담당자와 연구결과를 공유하기 위해서 관련 기관 간 협력프로그램 및 정부정책 지속성 확보를 위한 노력을 한다.

〈그림 1-1〉 연구방법 및 추진전략



자료 : 저자 작성

제4절 기존 연구검토

1. 항만에서의 재난 및 재해 영향과 대응방안 연구(2012)

김형근 외(2012)의 연구는 시설방재 측면의 부두 안정성 확보 및 재난 시 항만 하역기능의 연속성 확보 방안을 수립하였다.

위 연구에서는 문헌조사, 통계자료 조사, 출장조사, 전문가 자문 및 위탁연구를 통해 첫째, 항만재난 재해 대응체계 분석 및 평가를 수행하였다. 둘째, 비즈니스 연속성관리 개념에 입각하여 새로운 항만재난 대응 전략을 수립하였다. 셋째, 새로운 항만재난 및 재해 대응방안을 제시하였다. 또한 해양, 항만 등을 포함한 해안지역 보호를 위한 사전 대응방안에 집중된 기존 연구와 달리 항만부문을 대상으로 재해 발생 이후에도 항만시설의 기능적 연속을 유지할 수 있는 대응방안을 모색하는 것을 주된 목적으로 하였다.

2. 재난 시 교통관리체계의 역할 정립 및 법제도적 개선방안(2011)

정진혁 외(2011)는 현재 운영 중인 재난대응체계에서 교통관리체계의 필요성, 교통관리 관련 현행 체계의 분석, 조사를 통해 교통관리체계를 정립하였다. 또한, 재난의 2차적 피해를 최소화하기 위한 효율적 교통관리체계 운영 방안에 대해서도 연구하였다.

이를 위해 기존 연구 및 분석 결과들을 통해 재난 관련 내용을 검토하고 현재 재난 대응 체계의 문제점을 찾고 재난 시 교통관리체계 개선 방안을 모색하였다. 제시된 재난 시 문제점은 먼저 현재 도로, 항만, 철도, 항공을 통합하는 교통관리계획이 없기 때문에 재난 시 초기 대응이 어렵고 예방 및 복구 등도 효율성이 떨어져 2차적 피해가 확산된다는 점이다. 다음으로 재난 및 안전관리 기본법 시행령의 각 자연재난별 분과위 구성과 운영에 있어 각 상황별 법적 근거와 책임부서의 차이로 통합 대응이 어렵다는 것이다. 또한 교통관리계획도 통합되어 있지 않으며 지방정부들은 전담조직 체계도 갖춰져 있지 않다. 이러한 문제

점 개선을 위해서는 재난 시 효율적 교통관리를 위한 책임부서의 명확화, 지자체 중심의 재난관리체계 구축이 필요하며 또한 개별적 대응계획이 아닌 통합 교통망 개념의 종합교통관리계획 구축이 필수적이다. 이를 위해 법적 근거를 마련하여 효율적이고 강제성 있는 대응체계 마련과 책임역할 명시 조치가 필요하다고 밝히고 있다. 위 연구는 재난 시 교통 관리체계를 법제도적으로 개선하는데 주안점을 두고 진행된 연구이며 미국의 재난 관리 사례를 잘 정리하여 서술하였다. 다만 재난의 범위가 넓어 특정 재난에 대한 대응방안에 대해서는 구체적으로 제시할 수 없는 점과 재난 시 국가적으로 미칠 영향에 대한 부분은 언급되어 있지 않다.

3. 항만 폐쇄의 국가 경제적 파급효과 분석(2014)

이민규 외(2014)는 항만 폐쇄에 따른 파급효과를 분석하고 이에 대한 대응정책 대안을 제시하는 데 연구의 목적을 두었다.

먼저 항만 첫다운 발생에 따른 피해 최소화, 항만 서비스의 정상적 제공이 가능하도록 정부 정책을 제안하고 항만 첫다운의 파급효과 맵, 인과지도 작성을 통해 항만 폐쇄 시의 원인과 발생 경로를 파악하고 피해 확산을 위한 전략을 작성하였다. 또한 실제 항만 첫다운 시 일어날 현상에 대해 예측하고 경제적, 사회적 측면의 효과와 전개 양상을 살펴 각 상황별 대응책 마련이 가능하도록 하였다.

다음으로 항만 폐쇄에 따른 국가 전체 경제적 파급 효과를 정량적 수치로 제시하였다. 특정 항만의 첫다운 사례를 설정하여 시나리오별로 경제적 파급 효과 산정 및 수요유도, 공급유도 모형 구축을 통해 지역별, 산업별 효과 분석 결과를 제공하였다. 관세청 무역통계 자료를 활용해 해상운송 및 항공운송을 나누어 첫다운 기간별 외생변수를 지정하고 파급효과는 부가가치, 생산, 취업자 수, 가계소득 측면에서도 파악하였다.

세 번째로 국가 위기관리 매뉴얼, 대응체계 등을 중심으로 살펴보고 항만 첫다운 시 정부안전계획, 위기대응체계, 위기관리매뉴얼의 개선책을 모색하였다. 특히, 정부의 항만 사고 시 위기관리매뉴얼이 제 기능을 다하기 위한 방안과 항

만 컷다운 시 피해규모 최소화를 위한 정상화 방안 등을 검토하였다.

네 번째로, 항만 컷다운의 경제적 파급효과를 공급유도형 모형, 인과지도 작성, 파급효과맵 등을 활용해 검토해보았다. 위 연구는 항만 폐쇄 시 국가 경제에 미치는 파급효과를 구체적으로 분석하여 제시하였으며 다양한 분석방법을 적용해 정책적 대안을 제시하였다. 다만 다양한 변수에 의한 항만 폐쇄 요인 중 지진에 대한 부분은 상세히 언급하고 있지 않아 일본의 내진설비, 내진대책 등 현재 우리나라에서 지진의 위험성이 대두되고 있는 실정에 필요한 정보를 모두 담지 못한 한계를 가진다.

4. 기타 선행연구 분석 및 본 연구의 차별성

앞서 살펴본 관련 선행 연구 외에도 국외 문헌으로는 「Disruption risks and mitigation strategies: an analysis of Asian ports(2015)」, 「World Economic Forum; Industry Agenda, New Models for Addressing Supply Chain and Transport Risk, Collaboration with Accenture (2013)」, 「The 'snowball effect' in the transmission of disruptions in supply chains: the role of intensity and span of integration(2016)」, 「Supply Chain Management under the Threat of International Terrorism(2001)」 등 다수 연구들이 수행되었다. 이들 선행연구를 종합하여 정리하면 다음과 같다.

개별 연구들에서는 산업연관분석을 이용하여 특정항만이 폐쇄되는 대안을 가 정하고 울산항 3개월 폐쇄에 따른 경제적 파급효과를 분석하였다. 이를 통해 항만의 폐쇄가 얼마나 큰 영향을 미치는지 분석하였다. 또한 항만폐쇄를 유형화 하여 폐쇄의 원인에 따른 심각도를 분석하여 폐쇄 원인별 리스크 최소화 방안을 제안하고 공급사실의 핵심적 노드로서 항만의 폐쇄 리스크에 대응할 수 있는 전략의 필요성을 제시하였다.

공급사슬 중단 시 물류수송의 후방전파, 전방전파 효과에 의해 눈덩이 효과 (snowball effect)가 발생하며, 이러한 눈덩이 효과를 차단할 수 있는 공급사슬

간 통합에 대해 기술하였다. 이와 유사하게 위기 발생 시 물류라우팅 대안분석, 공급사슬 가시성 확보와 상호 연계증대 방안 및 위기요인, 위기상황의 지원에 대해 연구하였다.

선행연구와 달리 본 연구에서는 항만지진 발생 시 항만기능유지를 위한 구체적인 방안으로 항만지진대비 계획 수립, 물류공급사슬 및 필수기능 유지를 위한 지진강화안벽 및 크레인 계획에 대해 연구를 수행한다. 이를 통해 재난·재해 발생에 따른 항만물류의 공급사슬 폐쇄라는 극단적 상황을 막고 항만물류의 기능의 유지 및 신속한 복구를 통해 비상시 대응체계 구축 및 국가경제 발전과 지역 안전성 향상에 이바지하고자 한다.

〈표 1-2〉 국내 및 국외 선행연구 검토

구분	선행연구		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
주요 선행 연구 (국내 문헌)	1 김형근 외, 『항만에서의 재난 및 재해영향과 대응방안 연구』, 2012 ○ 시설방재 측면 부두 안정성 확보 ○ 재난 시 하역기능의 연속성 확보 방안 수립	○ 문헌조사 ○ 통계자료 조사 ○ 출장조사 ○ 전문가 자문 및 위탁연구	○ 항만 재난 재해 대응체계 분석 및 평가 ○ 비즈니스 연속성관리 개념에 입각 새로운 항만재난 대응 전략 수립 ○ 새로운 항만재난 및 재해 대응 방안 제안
	2 정진혁 외, 『재난 시 교통관리체계의 역할 정립 및 법·제도적 개선방안』, 2011 ○ 교통관리 관련 현행 법체계 조사검토 교통관리 체계 정립 ○ 교통관리체계의 효율적 운영을 위한 법제도적 장치 연구	○ 문헌조사 ○ 통계자료 조사 ○ 출장조사 ○ 전문가 자문 및 위탁연구	○ 현재 운영되고 있는 재난 대응 체계 분석을 통한 교통관리체계의 필요성 제안 ○ 현재 재난 발생 시 교통부문 대응체계 분석 ○ 교통부문의 재난 발생 대응체계 개선방안 제안
	3 이민규김익준, 『항만 폐쇄의 국가 경제적 파급효과 분석』, 2014 ○ 항만폐쇄의 부정적 파급효과 추산	○ 문헌조사 ○ 통계자료 조사 및 분석 ○ 투입-산출 모형 적용	○ 특정 항만이 폐쇄되는 대안 가정한 경제적 파급효과 분석 ○ 산업연관분석을 이용, 울산항 3개월 폐쇄에 따른 경제적 파급효과 분석
주요 선행 연구 (국외)	4 Jasmine Siu Lee et al. "Disruption risks and mitigation strategies: an analysis of Asian ports," Maritime	○ 문헌조사 ○ 통계자료 및 데이터 분석 ○ 리스크 매트릭스 모델 ○ 전문가 인터뷰	○ 항만 disruption 유형화 ○ disruption 원인(자연재해, 파업, 기타사고)에 따른 disruption 심각도 분석

구분	선행연구		
	연구목적	연구방법	주요연구내용
문헌)	Policy&Management, Vol 42, 2015		○ disruption 원인별 리스크 최소화 방안 제안 ○ 공급사슬의 핵심 노드로서 항만의 disruption risk 전략 제시
	World Economic Forum; Industry Agenda, New Models for Address-ing Supply Chain and Transport Risk, Collaboration with Accenture, 2013	○ 문헌조사 ○ 심층 전문가 인터뷰 ○ 설문조사 (55인) ○ 워크샵 (6개국, 100여명 참여) ○ 네트워크 위험 노출도 분석 ○ 계량분석	○ 국제물류공급사슬과 국제운송의 위험도 상승 - 운송 모델의 국제화, 공급사슬 상호연계 증대에 따른 위험 관리의 우선순위 설정 ○ 위험 경감과 회복력 증대 방안 - 위험계량화/ 시나리오 정립
	Artur Swierczek, (2016), "The 'snowball effect' in the transmission of disruptions in supply chains: the role of intensity and span of integration", International Journal of Logistics Management, Vol. 27	○ 문헌조사 ○ 통계자료 조사 ○ 샘플링 ○ 설문조사 ○ 구성분석 ○ 전문가 인터뷰	○ 공급사슬 중단 시 물류수송 - 후방 전파, 전방전파 ○ 공급사슬의 전파 중단 시 눈덩이 효과 발생 ○ 공급사슬 전파 중단시 공급사슬 간 통합과 눈덩이 효과 증대의 관계분석
	Yossi Sheffi, (2001), "Supply Chain Management under the Threat of International Terrorism", The International Journal of Logistics Management, Vol. 12 Iss 2 pp. 1 - 11	○ 문헌조사 ○ 통계자료 조사 ○ 물류 대안 라우팅 비교 분석 ○ 전문가 인터뷰	○ 위기 발생 시 물류라우팅 대안 분석 ○ 공급사슬 가시성확보와 상호연계 증대 - risk pooling ○ 위기 관리의 역할과 책임 - 위해요인 - 위기상황에서의 지원

자료 : 저자 작성

제2장

국내 항만지진 및 대응체계 현황 《

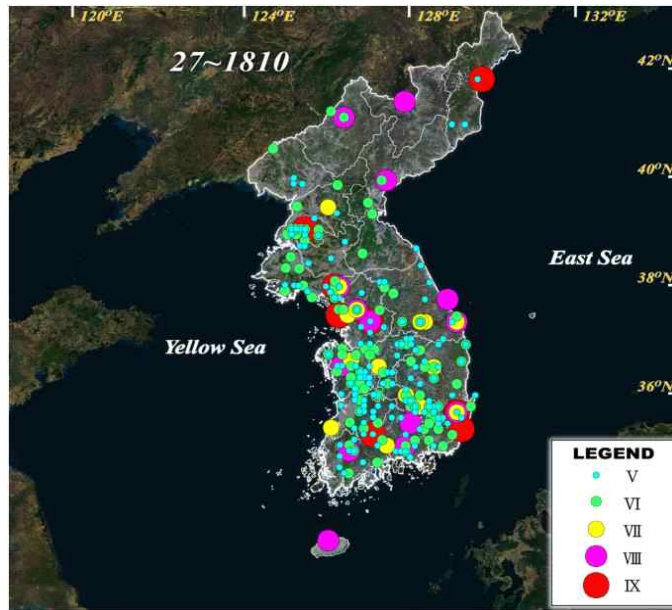
제1절 국내 지진 현황 및 발생가능성

1. 국내 지진 현황

우리나라의 경우 불과 100년 미만의 계기지진 기록(전자식 지진기록은 약 40년)만을 가지고 있고 중규모 이상의 지진은 발생 횟수가 제한적이므로 판 내부 지역의 지진활동에 관한 정보를 제공하기에는 정보의 양적인 면에서 크게 부족한 실정이다. 따라서 지진이 비교적 낮은 빈도로 발생하는 판 내부 지역의 경우, 수천 년의 기간을 포괄할 수 있는 고지진 또는 역사지진 기록이 중요한 자료가 된다.

역사시대 동안 한반도 일원에서 발생한 지진에 대해서는 삼국사기, 고려사, 조선왕조실록, 증보문헌비고 등의 역사기록을 통해 복원되어 왔으며, 최소 1,900회 이상의 지진에 대한 기록이 남아있다(이기화, 1998). 현재까지 총 389회의 MM진도 V이상의 역사지진자료가 취합되었으며, 이들의 발생지점과 진도를 도시한 결과는 <그림 2-1>과 같다.

〈그림 2-1〉 우리나라 역사지진 분포와 진도



자료 : 이기화(1998)

주로 평양, 서울과 경기도, 경주 일원에서 규모가 큰 지진들이 집중되는 분포를 보이나, 이곳들은 모두 과거 역사시대 동안 수도였던 지역인 반면, 기타 지역에서는 이런 고대의 수도들에 비해 기록의 누락과 오기의 가능성이 높아 역사 기록만으로 지진이 집중된 지역을 판단하기는 어려움이 있다.

2. 지진 피해사례(2017년 포항 지진)

포항 지진은 오후 2시 29분 31초에 발생한 규모 5.4의 지진으로 2017년 11월 15일 경북 포항시 흥해읍 남송리에서 발생하였다. 1978년 대한민국 지진 관측 이래 2016년 경주 지진에 이어 두 번째로 큰 규모이며 역대 가장 많은 피해

가 발생한 지진이다.

이 지진으로 약 1500여명의 이재민이 발생했으며 사유시설 1197건의 시설물 피해와 문화재 17건의 피해를 입었으며 2017년 12월 16일로 예정되어 있던 대학수학능력시험을 일주일 연기하게 되었다.

〈그림 2-2〉 포항 지진 진원지



자료 : 기상청 날씨누리(http://www.weather.go.kr/repository/image/eqk/img/eqk_img_3_20180101191153.png, 검색일: 2017. 12.20.)

포항지방해양수산청 자체 조사 결과에 따르면 포항 영일만항, 포항구항, 포항신항 등 12군데가 피해를 입었으며 그 내역은 아래 표와 같다.

〈표 2-1〉 포항항 피해내역

	시설명	피해내용 및 규모	비고
1	포항 영일만항 일반부두	-에이프런 콘크리트 포장 이격 및 단차 -아적장 아스콘포장 균열	
2	포항 영일만항 역무선부두	-에이프런 콘크리트 포장 이격 및 단차	
3	포항 영일만항 어항방파제 및 파제제	-시점부 및 제두부 등 상치콘크리트 이격 -파제제 접속부 침하 및 이격	

4	포항 영일만항 어선물양장	-상치콘크리트와 콘크리트 포장 이격	
5	포항구항 화물부두	-상치콘크리트와 아스콘 포장 이격, 포장균열	
6	포항구항 여객부두	-에이프런구간 및 측구 접속부 이격	
7	포항구항 해경부두	-상치콘크리트와 콘크리트 포장 이격	
8	포항신항 10번, 11-1번선석	-상치콘크리트 돌출 및 이격, 레일 침하이격(20m)	
9	포항구항 여객선터미널	-내벽 균열 500㎡ -내벽 대리석 타일 40㎡ -바닥재 균열 300㎡ -외벽유리(양면) 파손 8㎡ -천정 내장재(철재) 파손 60㎡ -주차장 바닥 균열 100m (건축물 연면적 2,916.06㎡)	
10	포항신항 해운센터	-내벽 균열 1식 -천정 및 벽체 내장재 파손 200㎡ (건축물 연면적 6,482㎡)	
11	포항항 서방사제등대	-내·외벽 벽체 균열 1식	
12	포항지방해양수산청 청사	-1층~5층 내벽 및 계단 균열 1식 -1층~5층 타일, 물딩, 천장재 보수, 유리 보수(4곳) -아스콘 균열 50㎡(청사 주차장 및 테니스장 주위 건물 1동(선박대기실))	

자료 : 포항지방해양수산청 입수 자료 저자 정리(2017. 12. 20.)

3. 지진피해의 특징

지진의 특징으로는 현재까지도 발생 예측이 어려우며 대규모 지진 발생 시 구조물붕괴, 인명 및 재산피해, 시설물 기능 상실, 지역적 고립, 통신마비, 단수, 단전 등이 발생한다. 따라서 지진 피해를 줄이기 위해 내진설계와 지진대비 비상대응계획 등이 구축되어야 한다.

〈표 2-2〉 지진피해의 특징

지진피해 특징	○ 지진발생 예측 및 예보의 어려움 ○ 구조물 및 시설물 붕괴 (직접적인 인명 및 재산 피해) ○ 피해지역 고립 ○ 통신단절 (비상연락망 가동의 어려움) ○ 단전 및 단수 ○ 지진화재
---------	---

자료 : 소방방재청 외, 『주요시설물의 지진대비 핵심기능 유지방안 연구』, 2006 참조하여 저자 재작성

지진에 의한 대표적인 피해는 〈표 2-3〉에서 보는 바와 같다. 이들 피해를 정리하면 지반파괴, 구조물(시설물) 붕괴, 지진화재, 지진해일로 피해유형을 분류할 수 있다.

〈표 2-3〉 지진피해의 유형

지진피해 유형	○ 지반파괴 : 지진동에 의한 지반변형, 부등침하 및 붕괴, 지반액상화 ○ 구조물 붕괴 및 파괴 : 건물, 교량, 도로, 철도, 라이프라인의 붕괴 ○ 지진화재 : 건물붕괴나 진동으로 인한 누전 또는 가스관의 파열 ○ 지진해일 : 해저 수직단층운동에 의한 해수 진동 전달
---------	---

자료 : 소방방재청 외, 『주요시설물의 지진대비 핵심기능 유지방안 연구』, 2006 참조하여 저자 재작성

동일한 규모의 지진에 있어서도 그 피해 정도는 다양한 요인에 의해 다르게 나타나는데 지진 피해는 지진의 발생위치, 지역 및 지형 특성, 전달경로 등에 영향을 받으며 도시에서는 내진설계, 밀집도와 같은 특성과 방재계획 등과 같은 대책에도 영향을 받는다.

〈표 2-4〉 지진피해의 규모에 미치는 요인

지진피해 요인	○ 지진특성 : 지진의 규모와 진도, 발생위치 ○ 지반특성 : 지진전파경로, 표층지반특성 ○ 지형특성 : 사면 ○ 지역특성 : 도시의 규모, 밀집도 ○ 내진설계 기술수준과 시공정밀도 ○ 방재의식 및 계획, 교육과 훈련
---------	--

자료 : 소방방재청 외, 『주요시설물의 지진대비 핵심기능 유지방안 연구』, 2006 참조하여 저자 재작성

4. 한반도 지진발생 가능성¹⁾

최대 잠재지진의 규모와 발생 주기를 과학적으로 파악하는 것은 미래에 발생할 지진을 대비하고 피해 저감을 위한 방재대책을 마련하는 데 있어 가장 기초가 되는 기준이 될 수 있다는 점에서 중요하다. 또한 국가와 개인 시설물의 설계/건설/관리의 기준을 제시하고 안전을 위해 지불해야 할 사회적 비용에 대한 국민적 공감대를 형성하는 데 있어 1차적인 근거가 된다는 점에서도 중요하다.

1978년 이후 한반도와 인근 해역에서 발생한 규모 2.0 이상의 지진은 2016년 10월 7일까지 총 1,420회이며, 규모 3.0 이상의 지진은 매년 5~15회 발생하였다. 규모 4.0 이상의 지진은 총 48회이며, 5.0 이상의 지진은 총 9회 발생하였다. 지난해 9월 12일 경주에서 발생한 규모 5.8 지진은 우리나라 전사적 지진관측 이래로 사상 최대 규모이다. 한편, 우리나라 해방 이후 발생한 지진 중 가장 규모가 큰 지진은 1952년에 발생한 강서지진으로 규모가 6.3이다. 따라서 우리나라는 지진의 안전지대가 아님이 확실하며 계기지진 자료만을 근거할 때, 한반도에서 발생할 수 있는 최대 지진 규모는 6.3이며 우리나라 동남권에는 규모 5.8 이상의 지진이 발생할 수 있음이 증명되었다.

역사지진 자료를 살펴보면, 779년 경주에서 발생한 MM 진도 IX의 지진으로 우리나라 역사상 가장 큰 인명피해가 발생하였으며, 15~18세기의 약 400년 동안 한반도의 지진활동이 이례적으로 매우 활발하였다. 특히 1643년 울산 일원에서 발생한 MM 진도 IX~X의 지진은 우리나라에서 발생한 지진 중 가장 큰 규모의 지진으로 리히터 규모 7.0 전후의 지진으로 평가된다. 따라서 우리나라, 특히 동남권에서 발생할 수 있는 최대 잠재지진의 규모는 약 7.0이다. 또한 한반도의 지진발생률은 9~14세기 동안에는 비교적 낮았으나, 15~18세기에는 이례적으로 매우 높았으며, 그 이후로는 다시 낮은 상태가 지속되다 최근 다시 높아지는 경향을 보이고 있어, 산술적으로 약 500년의 활성주기를 보이는 것으로 추정된다. 우리나라 대지진의 활동주기는 지진다발 지역에 비해 매우 길지만, 규모 6.5 이상의 지진이 17세기 이후로 현재까지 약 400년 동안 발생한 적이

없이 역설적으로 향후 우리나라에 6.5 이상 큰 지진의 발생 가능성은 점점 높아지고 있다고 할 수 있다.

5. 시사점

지질학계에서는 계기 및 역사지진 자료를 근거하여 포항-경주-울산 지역에 과거 큰 규모의 지진발생 빈도수가 높아 우리나라 남동부가 지진에 가장 취약한 것으로 평가하고 있다. 이와 함께 이곳에는 최근 지질시대 동안 큰 지진을 발생시킨 활성 또는 활성이 의심되는 단층이 다수 존재하고 있음을 보고하고 있다. 따라서 한반도 남동부에는 규모 7.0에 가까운 지진이 미래 언제든지 발생할 수 있다는 가정하에서 지진에 대비해야 할 것으로 판단된다.

1) 부산대학교 지질환경학과 손문 교수 인터뷰 내용 정리

제2절 국내 항만지진 대응체계

제2절에서는 대형지진발생으로 부산항 폐쇄 시의 손실비용을 산정하여 지진 대비의 중요성을 제시한다. 또한, 현재 구축된 항만 위기관리 시스템의 현황을 검토하고 시스템의 시사점을 도출하고자 한다. 이를 통해 항만공급사슬 리스크 관리를 위한 매뉴얼분석 및 가이드라인을 제시한다.

1. 부산항 지진발생으로 폐쇄 시 손실비용 산정¹⁾

1) 분석 자료

본 연구에서 부산항의 폐쇄에 따른 경제적 파급효과를 지역별로 분석하기 위해서는 지역산업연관분석을 적용해야 한다. 국가 단위의 산업연관분석은 전국 어떤 지역이라도 똑같은 경제적 파급효과를 제시하는 등 지역별 여건을 전혀 고려하지 못하기 때문이다.

본 연구는 부산항 폐쇄가 야기하는 영향력을 분석하기 위해 2015년 한국은행에서 발표한 2013년 기준 지역산업연관표를 활용한다.²⁾ 지역산업연관표의 산업분류는 대분류(30부문), 중분류(82부문), 소분류(161부문)로 구분할 수 있는데, 산업연관분석에서 일반적으로 적용되는 대분류 기준(30부문)을 채택한다. <표 2-5>는 본 연구에서 적용한 30개 산업부문을 보여준다. 항만 서비스는 하역, 운송보조서비스, 보관 및 창고 등으로 대분류의 운송서비스(20)에 해당된다. 항만 폐쇄로 인해 운송서비스업의 최종수요가 감소하는 등 운송서비스업이 직접적 영향을 받는다고 볼 수 있다.

1) 이민국 외(2014), 『항만 Shutdown(공급지장)의 파급효과 분석』, 연구에서 적용한 방법론을 본 과제에 맞게 수정하여 적용하여 기술하였다.

2) 이민국 외(2014)는 2005년 기준 지역산업연관표를 적용하여 울산항 3개월 폐쇄에 따른 경제적 파급효과를 분석하였다.

〈표 2-5〉 본 연구의 산업분류

부문	산업명	부문	산업명	부문	산업명
01	농림수산물	11	기계 및 장비	21	음식점 및 숙박서비스
02	광산물	12	전기 및 전자기기	22	정보통신 및 방송서비스
03	음식료품	13	정밀기기	23	금융 및 보험 서비스
04	섬유 및 가죽제품	14	운송장비	24	부동산 및 임대
05	목재 및 종이, 인쇄	15	기타 제조업 제품 및 임가공	25	전문, 과학 및 기술서비스
06	석탄 및 석유제품	16	전력, 가스 및 증기	26	사업지원서비스
07	화학제품	17	수도, 폐기물 및 재활용서비스	27	공공행정 및 국방
08	비금속광물제품	18	건설	28	교육서비스
09	1차 금속제품	19	도소매서비스	29	보건 및 사회복지서비스
10	금속제품	20	운송서비스	30	문화 및 기타서비스

자료 : 한국은행, 「2013년 지역산업연관표」, 2015를 바탕으로 저자 일부 수정

지역산업연관표 기준 16개 지역 분류를 부산항과의 지리적 접근성을 중심으로 7개 지역으로 재분류를 실시한다. 30개 산업부문과 7개 지역을 고려함으로써 본 연구의 지역산업연관표 내생부문 행렬 크기는 210x210로 구성된다.

〈표 2-6〉 지역의 재분류

구분	지역	대상 지역
01	수도권	서울, 인천, 경기
02	충청권	대전, 충북, 충남
03	전라권	광주, 전북, 전남
04	경북권	대구, 경북
05	경남권	울산, 경남
06	부산	부산
07	강원, 제주권	강원, 제주

자료 : 한국은행, 「2013년 지역산업연관표」, 2015를 바탕으로 저자 일부 수정

부산항 폐쇄로 수출입에 지장이 발생할 산업은 해상운송이 가능한 15개 산업(01~15부문)으로 판단된다. 지역별 수입액과 수출액에서 해상운송 비중을 곱하면 항만을 경유하여 운송되는 화물의 수출입액을 도출할 수 있다. 산업별 수입과 수출의 해상운송 비중은 관세청 자료를 기반으로 산정하였다.

〈표 2-7〉 산업별 수입과 수출의 해상운송 비중

단위: %

부문	산업명	수입	수출
01	농림수산물	96.0	96.0
02	광산물	99.9	99.9
03	음식료품	98.8	97.4
04	섬유 및 가죽제품	91.6	80.4
05	목재 및 종이, 인쇄	98.6	99.0
06	석유 및 석탄제품	100.0	100.0
07	화학제품	93.5	78.6
08	비금속광물제품	81.4	82.1
09	제1차 금속제품	91.9	92.8
10	금속제품	91.9	92.8
11	기계 및 장비	79.3	64.3
12	전기 및 전자기기	29.2	22.9
13	정밀기기	82.4	39.6
14	운송장비	55.2	75.0
15	기타제조업제품 및 임가공	76.4	74.6

자료 : 관세청, 고병욱 외 3인(2013)

앞에서 살펴본 바와 같이 부산항에서 처리하는 물동량의 93%는 컨테이너 화물로 구성된다. 산업별 수출입의 컨테이너 비중을 적용하기 위해서는 먼저 한국은행 대분류(30개 부문)와 해양수산부 해운항만물류정보센터(SP-IDC) 화물품목분류를 서로 매칭시킬 필요가 있다. 〈표 2-8〉은 화물품목과 산업분류의 매칭 결과를 제시한다. SP-IDC의 25부문(고철), 26부문(철강 및 그 제품), 27부문

(비철금속 및 그 제품)을 한국은행 대분류 기준 1차 금속제품(08), 금속제품(09)으로 고려하였다. 또한, SP-IDC의 29부문(전기기기 및 그 부분품)은 한국은행 대분류 기준 전기 및 전자기기(12), 정밀기기(13)로 구분하였다.

〈표 2-8〉 화물품목과 산업분류의 매칭

한국은행 대분류(30개 부문)		화물품목(SP-IDC)
01	농림수산물	01, 02, 03, 22
02	광산물	10, 11, 12, 13, 15
03	음식료품	04, 05, 06, 07, 08
04	섬유 및 가죽제품	21, 24
05	목재 및 종이, 인쇄	23
06	석탄 및 석유제품	16, 17
07	화학제품	18, 19, 20
08	비금속광물제품	09, 14
09	1차 금속제품	25, 26, 27
10	금속제품	
11	기계 및 장비	28
12	전기 및 전자기기	29
13	정밀기기	
14	운송장비	30, 31
15	기타 제조업 제품 및 임가공	32

자료 : 해양수산부 해운항만물류정보센터(SP-IDC) 자료(www.spidc.go.kr)를 이용하여 저자 작성

〈표 2-8〉을 토대로 산업별 수입과 수출 물동량의 컨테이너 비중을 계산하였으며, 그 결과가 〈표 2-9〉에 제시되어 있다. 광산물, 석유 및 석탄제품, 비금속광물제품의 컨테이너 비중이 5% 미만으로 매우 낮은 것으로 조사되었으며, 섬유 및 가죽제품, 전기 및 전자기기, 정밀기기의 컨테이너 비중은 90% 이상인 것으로 나타났다.

〈표 2-9〉 산업별 수입과 수출 항만물동량의 컨테이너 비중

단위: %

부문	산업명	수입	수출
01	농림수산물	74.0	14.0
02	광산물	0.8	0.1
03	음식료품	98.0	42.9
04	섬유 및 가죽제품	99.4	98.3
05	목재 및 종이, 인쇄	95.1	57.2
06	석유 및 석탄제품	0.7	0.1
07	화학제품	56.1	37.3
08	비금속광물제품	3.8	4.3
09	제1차 금속제품	24.8	15.3
10	금속제품	24.8	15.3
11	기계 및 장비	76.8	86.9
12	전기 및 전자기기	91.7	99.1
13	정밀기기	91.7	99.1
14	운송장비	23.4	28.6
15	기타제조업제품 및 임가공	99.5	90.7

주: 컨테이너 비중은 컨테이너 물동량 / (컨테이너 물동량 + 비컨테이너 물동량)으로 계산함
 자료: 해양수산부 해운항만물류정보센터(SP-IDC) 자료(www.spidc.go.kr)를 이용하여 저자 작성

분석 지역을 7개 지역으로 재분류함에 따라 〈표 2-10〉와 〈표 2-11〉의 지역별 수출입 적컨테이너의 항만별 비율을 재계산할 필요가 있다. 〈표 2-10〉은 지역별 적컨테이너의 부산항 경유 비율을 보여준다.

〈표 2-10〉 지역별 적컨테이너의 부산항 경유 비율

단위: %

구분	지역	수입	수출
01	수도권	35.6	50.1
02	충청권	61.8	61.4
03	전라권	40.8	32.8
04	경북권	95.8	95.4
05	경남권	96.3	85.2
06	부산	95.6	92.9
07	강원, 제주권	47.8	81.9

주: 부록5(부산항 기종점자료분석)을 바탕으로 7개 지역으로 재분류 실시함

〈표 2-8〉, 〈표 2-9〉, 〈표 2-10〉을 활용하면, 지역별·산업별로 부산항을 경유하는 컨테이너 화물의 수출입액을 산출할 수 있다. 본 수치를 활용함으로써 부산항 폐쇄에 따른 수입 감소 및 수출 감소의 세부적 시나리오를 수립할 수 있을 것이다. 부산항이 폐쇄되면, 부산항의 항만연관 산업에 대한 최종수요가 감소하여 매출액이 감소하는 1차적인 효과가 발생한다. 〈표 2-11〉에 따르면 2013년 기준 부산지역 항만연관 산업의 매출액과 부가가치는 각각 4조 원과 2조 원에 이른다.

〈표 2-11〉 부산지역 항만연관 산업의 매출액 및 부가가치(2013년 기준)

단위: 백만 원

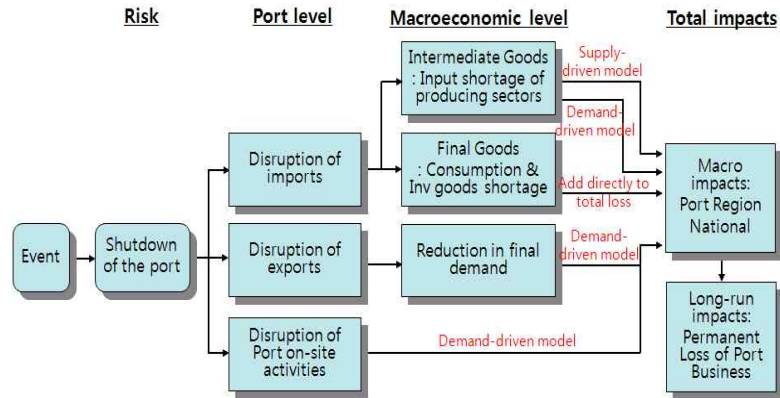
구분	산업	매출액	부가가치
항만물류산업	운송보조 서비스	1,389,740	870,634
	하역 서비스	1,256,285	486,861
	보관 및 창고 서비스	371,553	181,096
	기타 운송관련 서비스	965,950	465,196
합계		3,983,528	2,003,787

자료: 한국은행 경제통계시스템 홈페이지(ecos.bok.or.kr) 자료를 토대로 저자 정리

2) 시나리오의 설정

부산항 폐쇄에 따른 경제적 파급효과를 산정하기 위해서는 항만 폐쇄 시나리오를 수립해야 한다. 〈표 2-12〉처럼 부산항 항만 폐쇄로 인해 해상운송 컨테이너 화물의 수입과 수출의 감소, 항만 산업의 공급 지장 등이 발생할 것으로 가정한다.

〈그림 2-3〉 항만 폐쇄의 파급효과 경로



자료 : 1. Rose and Wei(2013)을 토대로 수정

2. 이민규 외, 『항만 Shutdown(공급지장)의 파급효과 분석』, 한국해양수산개발원, 2014, p.97

수입의 감소는 중간재 수입 제품의 공급 차질을 야기하며, 제품 생산이 감소하면 최종재 수요의 감소로 이어진다. 수출의 감소와 항만산업의 공급지장은 수출재와 항만서비스의 수요 감소를 야기하기 때문에 수요유도형 모형으로 적용할 수 있다. 또한, 수입 감소는 중간재의 공급 감소를 초래하므로 공급유도형 모형을 채택한다.

〈표 2-12〉 부산항 폐쇄의 적용 모형

외생적 충격	경제적 영향	적용 모형	모형식
수입 감소	중간재의 공급 감소	공급유도형 모형	$\Delta X = \Delta MS(I - R)^{-1}$
수출 감소	수출재의 수요 감소	수요유도형 모형	$\Delta X = (I - A_d)^{-1} \Delta Y_d$
항만산업 공급지장	항만서비스의 수요 감소	수요유도형 모형	$\Delta X = (I - A_d)^{-1} \Delta Y_d$

자료 : 저자 작성

항만 폐쇄 기간에 대해서는 3가지 시나리오(1주일, 1개월, 3개월)를 적용하되, 시간이 지날수록 부산항에서 대체 항만으로의 화물 우회운송이 발생한다고 가정한다. 즉, 항만 폐쇄 기간이 1개월과 3개월일 경우, 수출입 화물의 10%와 30% 만큼 타 컨테이너 항만에서 처리될 수 있을 것으로 간주한다. 또한, 연간 지역별·산업별 부산항 수출입액과 부산지역 항만 연관산업 매출액 수치를 기준으로 1주일, 1개월, 3개월 폐쇄 시나리오에 대해서 0.019, 0.083, 0.250의 가중치를 적용하여 계산한다.

〈표 2-13〉 부산항 폐쇄의 시나리오 및 화물의 우회운송

번호	시나리오	우회운송
1	1주일 폐쇄	-
2	1개월 폐쇄	수입과 수출 화물의 10%
3	3개월 폐쇄	수입과 수출 화물의 30%

자료 : 저자 작성

3) 경제적 파급효과 분석

가. 시나리오1: 부산항 1주일 폐쇄

부산항 1주일 폐쇄에 따른 경제적 파급효과는 〈표 2-14〉과 〈표 2-15〉에 걸쳐 제시된다. 먼저, 수출 감소의 효과가 수입 감소에 비해 큰 편이다. 전국적으로 7조 6천억 원의 매출액 감소 파급효과가 예견되며, 전기 및 전자기기, 화학 제품에서 큰 손해를 입는 것으로 나타났다.

〈표 2-14〉 시나리오1에 따른 전국 산업별 매출액 영향

단위: 십억 원, %

부문	산업명	수입 감소		수출 감소		항만공급지장		총합	
		금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
01	농림수산물	-40.0	-0.1	-24.1	0.0	-0.3	0.0	-64.4	-0.1
02	광산물	-1.0	0.0	-3.6	-0.1	0.0	0.0	-4.6	-0.1
03	음식료품	-193.0	-0.2	-67.4	-0.1	-0.6	0.0	-261.0	-0.3
04	섬유 및 가죽제품	-198.3	-0.3	-378.4	-0.5	-1.0	0.0	-577.7	-0.7
05	목재 및 종이, 인쇄	-83.9	-0.2	-68.1	-0.2	-0.8	0.0	-152.8	-0.4
06	석탄 및 석유제품	-34.3	0.0	-108.3	-0.1	-11.1	0.0	-153.7	-0.1
07	화학제품	-386.5	-0.1	-648.7	-0.2	-2.8	0.0	-1,038.0	-0.4
08	비금속광물제품	-17.7	0.0	-28.5	-0.1	-0.1	0.0	-46.3	-0.1
09	1차 금속제품	-184.7	-0.1	-437.4	-0.2	-1.4	0.0	-623.5	-0.3
10	금속제품	-78.1	-0.1	-147.6	-0.2	-1.0	0.0	-226.7	-0.2
11	기계 및 장비	-154.9	-0.1	-448.7	-0.4	-1.1	0.0	-604.7	-0.5
12	전기 및 전자기기	-541.2	-0.1	-855.0	-0.2	-1.3	0.0	-1,397.5	-0.4
13	정밀기기	-37.4	-0.1	-67.9	-0.3	-0.2	0.0	-105.5	-0.4
14	운송장비	-305.1	-0.1	-517.4	-0.2	-3.6	0.0	-826.1	-0.3
15	기타 제조업 제품	-47.3	-0.1	-156.6	-0.3	-0.6	0.0	-204.5	-0.3
16	전력, 가스 및 증기	-28.5	0.0	-90.7	-0.1	-2.3	0.0	-121.5	-0.1
17	수도, 폐기물	-8.4	0.0	-20.6	-0.1	-0.4	0.0	-29.4	-0.1
18	건설	-113.8	-0.1	-5.4	0.0	-0.2	0.0	-119.4	-0.1
19	도소매 서비스	-53.8	0.0	-194.5	-0.1	-3.0	0.0	-251.3	-0.1
20	운송 서비스	-33.3	0.0	-99.1	-0.1	-80.4	-0.1	-212.8	-0.2
21	음식점 및 숙박 서비스	-94.0	-0.1	-31.1	0.0	-1.3	0.0	-126.4	-0.1
22	정보통신 및 방송 서비스	-36.9	0.0	-43.5	0.0	-1.6	0.0	-82.0	-0.1
23	금융 및 보험 서비스	-23.5	0.0	-66.0	0.0	-2.5	0.0	-92.0	-0.1
24	부동산 및 임대	-12.2	0.0	-32.1	0.0	-1.9	0.0	-46.2	0.0
25	전문, 과학 및 기술 서비스	-41.3	0.0	-47.8	0.0	-1.0	0.0	-90.1	-0.1
26	사업지원 서비스	-10.6	0.0	-23.3	-0.1	-1.7	0.0	-35.6	-0.1
27	공공행정 및 국방	-16.0	0.0	-2.4	0.0	-0.1	0.0	-18.5	0.0
28	교육 서비스	-17.2	0.0	-0.9	0.0	0.0	0.0	-18.1	0.0
29	보건 및 사회복지 서비스	-58.5	-0.1	-4.5	0.0	-0.2	0.0	-63.2	-0.1
30	문화 및 기타 서비스	-39.5	-0.1	-13.7	0.0	-1.3	0.0	-54.5	-0.1
합계		-2,891.2	-0.1	-4,633.2	-0.1	-123.8	0.0	-7,648.2	-0.2

자료 : 저자 작성

지역별 매출액 영향을 살펴보면, 경남권, 경북권, 부산 등 부산항 인근 지역의 피해가 심한 것으로 분석되었다. 한편, 수도권에서의 매출액 감소 규모가 2조 4천억 원에 이르는 등 전국적으로 피해 규모가 전파되는 것으로 나타났다.

〈표 2-15〉 시나리오1에 따른 지역별 매출액 영향

단위: 십억 원, %

부문	지역	수입 감소		수출 감소		항만공급지장		총합	
		금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
01	수도권	-888.5	-0.1	-1,463.5	-0.1	-10.3	0.0	-2,362.3	-0.1
02	충청권	-466.0	-0.1	-654.9	-0.1	-3.8	0.0	-1,124.7	-0.2
03	전라권	-234.6	-0.1	-400.7	-0.1	-5.1	0.0	-640.4	-0.2
04	경북권	-473.4	-0.1	-750.3	-0.2	-2.5	0.0	-1,226.2	-0.3
05	경남권	-646.1	-0.1	-1,113.5	-0.2	-12.5	0.0	-1,772.1	-0.3
06	부산	-145.1	-0.1	-214.5	-0.1	-89.0	-0.1	-448.6	-0.3
07	강원, 제주권	-37.5	0.0	-35.8	0.0	-0.5	0.0	-73.8	-0.1
합계		-2,891.2	-0.1	-4,633.2	-0.1	-123.8	0.0	-7,648.2	-0.2

자료 : 저자 작성

나. 시나리오2: 부산항 1개월 폐쇄

부산항 1개월 폐쇄에 따른 경제적 파급효과는 〈표 2-16〉과 〈표 2-17〉에서 나타난다. 부산항 1개월 폐쇄 시, 전국적으로 약 30조 원의 매출액 감소 파급효과가 예견되며, 전기 및 전자기기, 화학제품, 운송장비 순으로 피해가 집중되는 것으로 나타났다.

〈표 2-16〉 시나리오2에 따른 전국 산업별 매출액 영향

단위: 십억 원, %

부문	산업명	수입 감소		수출 감소		항만공급지장		종합	
		금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
01	농림수산물	-157.5	-0.3	-94.6	-0.2	-1.3	0.0	-253.4	-0.4
02	광산물	-4.0	-0.1	-14.0	-0.3	-0.1	0.0	-18.1	-0.4
03	음식료품	-758.9	-0.7	-264.8	-0.3	-2.7	0.0	-1,026.4	-1.0
04	섬유 및 가죽제품	-779.6	-1.0	-1,487.6	-1.9	-4.5	0.0	-2,271.7	-2.9
05	목재 및 종이, 인쇄	-329.9	-0.9	-267.7	-0.7	-3.3	0.0	-600.9	-1.6
06	석탄 및 석유제품	-134.9	-0.1	-425.7	-0.3	-48.4	0.0	-609.0	-0.4
07	화학제품	-1,519.4	-0.6	-2,550.3	-1.0	-12.4	0.0	-4,082.1	-1.5
08	비금속광물제품	-69.8	-0.2	-112.0	-0.3	-0.5	0.0	-182.3	-0.5
09	1차 금속제품	-726.3	-0.3	-1,719.5	-0.8	-6.3	0.0	-2,452.1	-1.2
10	금속제품	-307.2	-0.3	-580.3	-0.6	-4.4	0.0	-891.9	-0.9
11	기계 및 장비	-609.1	-0.5	-1,764.2	-1.5	-4.8	0.0	-2,378.1	-2.0
12	전기 및 전자기기	-2,127.9	-0.6	-3,361.5	-0.9	-5.6	0.0	-5,495.0	-1.5
13	정밀기기	-147.1	-0.6	-266.9	-1.0	-0.9	0.0	-414.9	-1.6
14	운송장비	-1,199.7	-0.5	-2,034.1	-0.8	-15.6	0.0	-3,249.4	-1.3
15	기타 제조업 제품	-185.8	-0.3	-615.6	-1.0	-2.5	0.0	-803.9	-1.4
16	전력, 가스 및 증기	-112.1	-0.1	-356.8	-0.4	-10.0	0.0	-478.9	-0.5
17	수도, 폐기물	-33.0	-0.1	-81.1	-0.4	-1.7	0.0	-115.8	-0.5
18	건설	-447.5	-0.2	-21.2	0.0	-0.8	0.0	-469.5	-0.2
19	도소매 서비스	-211.5	-0.1	-764.9	-0.3	-13.0	0.0	-989.4	-0.4
20	운송 서비스	-130.8	-0.1	-389.6	-0.3	-351.3	-0.3	-871.7	-0.7
21	음식점 및 숙박 서비스	-369.6	-0.4	-122.3	-0.1	-5.9	0.0	-497.8	-0.5
22	정보통신 및 방송 서비스	-145.2	-0.1	-171.0	-0.1	-7.0	0.0	-323.2	-0.3
23	금융 및 보험 서비스	-92.5	-0.1	-259.4	-0.2	-11.1	0.0	-363.0	-0.3
24	부동산 및 임대	-48.1	0.0	-126.3	-0.1	-8.1	0.0	-182.5	-0.1
25	전문, 과학 및 기술 서비스	-162.2	-0.1	-188.0	-0.2	-4.2	0.0	-354.4	-0.3
26	사업지원 서비스	-41.6	-0.1	-91.6	-0.2	-7.3	0.0	-140.5	-0.3
27	공공행정 및 국방	-62.9	-0.1	-9.4	0.0	-0.5	0.0	-72.8	-0.1
28	교육 서비스	-67.6	-0.1	-3.6	0.0	-0.1	0.0	-71.3	-0.1
29	보건 및 사회복지서비스	-230.0	-0.2	-17.9	0.0	-0.7	0.0	-248.6	-0.2
30	문화 및 기타 서비스	-155.3	-0.2	-53.8	-0.1	-5.8	0.0	-214.9	-0.3
합계		-11,366.9	-0.3	-18,215.7	-0.5	-540.9	0.0	-30,123.5	-0.8

자료 : 저자 작성

지역별 매출액 영향을 살펴보면, 피해가 전국적으로 확대되어 국가 경제 피해 규모가 30조를 넘어선다. 수도권, 경남권, 경북권 뿐만 아니라 충청권, 전라권 까지 피해가 확대되어 전국적으로 피해가 심한 것으로 분석되었다. 한편, 수도권에서의 매출액 감소 규모가 약 9조 3천억 원에 이르는 등 전국적으로 피해 규모가 확산되는 것으로 나타났다.

〈표 2-17〉 시나리오2에 따른 지역별 매출액 영향

단위: 십억 원, %

부문	지역	수입 감소		수출 감소		항만공급지장		종합	
		금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
01	수도권	-3,493.1	-0.2	-5,753.9	-0.4	-45.2	0.0	-9,292.2	-0.6
02	충청권	-1,832.2	-0.4	-2,574.7	-0.5	-16.6	0.0	-4,423.5	-0.9
03	전라권	-922.2	-0.2	-1,575.5	-0.4	-22.2	0.0	-2,519.9	-0.6
04	경북권	-1,861.1	-0.5	-2,949.9	-0.8	-11.0	0.0	-4,822.0	-1.3
05	경남권	-2,540.3	-0.5	-4,377.9	-0.8	-54.7	0.0	-6,972.9	-1.3
06	부산	-570.5	-0.4	-843.2	-0.5	-389.0	-0.2	-1,802.7	-1.1
07	강원, 제주권	-147.5	-0.2	-140.6	-0.2	-2.3	0.0	-290.4	-0.4
합계		-11,366.9	-0.3	-18,215.7	-0.5	-540.9	0.0	-30,123.5	-0.8

자료 : 저자 작성

다. 시나리오3: 부산항 3개월 폐쇄

부산항 3개월 폐쇄에 따른 경제적 파급효과는 〈표 2-18〉과 〈표 2-19〉에서 나타난다. 부산항 3개월 폐쇄 시, 전국적으로 약 71조 원의 매출액 감소 파급효과가 예견된다. 수출 감소의 피해가 수입 감소에 비해서 큰 편이다.

〈표 2-18〉 시나리오3에 따른 전국 산업별 매출액 영향

단위: 십억 원, %

부문	산업명	수입 감소		수출 감소		항만공급지장		종합	
		금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
01	농림수산물	-368.9	-0.7	-221.6	-0.4	-3.8	0.0	-594.3	-1.1
02	광산물	-9.3	-0.2	-32.9	-0.8	-0.4	0.0	-42.6	-1.0
03	음식료품	-1,777.8	-1.7	-620.4	-0.6	-8.2	0.0	-2,406.4	-2.3
04	섬유 및 가죽제품	-1,826.3	-2.4	-3,484.9	-4.5	-13.6	0.0	-5,324.8	-6.9
05	목재 및 종이, 인쇄	-772.8	-2.0	-627.1	-1.7	-9.9	0.0	-1,409.8	-3.7
06	석탄 및 석유제품	-316.1	-0.2	-997.4	-0.6	-145.9	-0.1	-1,459.4	-0.9
07	화학제품	-3,559.5	-1.3	-5,974.6	-2.2	-37.4	0.0	-9,571.5	-3.6
08	비금속광물제품	-163.5	-0.4	-262.4	-0.7	-1.6	0.0	-427.5	-1.2
09	1차 금속제품	-1,701.5	-0.8	-4,028.3	-1.9	-18.9	0.0	-5,748.7	-2.7
10	금속제품	-719.6	-0.8	-1,359.5	-1.4	-13.3	0.0	-2,092.4	-2.2
11	기계 및 장비	-1,427.0	-1.2	-4,133.1	-3.5	-14.3	0.0	-5,574.4	-4.7
12	전기 및 전자기기	-4,985.1	-1.3	-7,875.1	-2.1	-16.8	0.0	-12,877.0	-3.5
13	정밀기기	-344.5	-1.3	-625.3	-2.4	-2.6	0.0	-972.4	-3.7
14	운송장비	-2,810.4	-1.2	-4,765.3	-2.0	-46.9	0.0	-7,622.6	-3.1
15	기타 제조업 제품	-435.3	-0.7	-1,442.3	-2.5	-7.6	0.0	-1,885.2	-3.2
16	전력, 가스 및 증기	-262.7	-0.3	-835.8	-0.8	-30.0	0.0	-1,128.5	-1.1
17	수도, 폐기물	-77.4	-0.3	-189.9	-0.9	-5.2	0.0	-272.5	-1.2
18	건설	-1,048.5	-0.6	-49.6	0.0	-2.5	0.0	-1,100.6	-0.6
19	도소매 서비스	-495.6	-0.2	-1,791.9	-0.8	-39.2	0.0	-2,326.7	-1.0
20	운송 서비스	-306.4	-0.2	-912.7	-0.7	-1,058.3	-0.8	-2,277.4	-1.7
21	음식점 및 숙박 서비스	-865.9	-0.9	-286.5	-0.3	-17.6	0.0	-1,170.0	-1.2
22	정보통신 및 방송 서비스	-340.2	-0.3	-400.7	-0.3	-21.1	0.0	-762.0	-0.7
23	금융 및 보험 서비스	-216.6	-0.2	-607.6	-0.4	-33.4	0.0	-857.6	-0.6
24	부동산 및 임대	-112.6	-0.1	-295.9	-0.2	-24.5	0.0	-433.0	-0.3
25	전문, 과학 및 기술 서비스	-380.0	-0.3	-440.5	-0.4	-12.6	0.0	-833.1	-0.7
26	사업지원 서비스	-97.5	-0.2	-214.5	-0.5	-22.1	-0.1	-334.1	-0.8
27	공공행정 및 국방	-147.4	-0.1	-21.9	0.0	-1.5	0.0	-170.8	-0.2
28	교육 서비스	-158.5	-0.2	-8.3	0.0	-0.3	0.0	-167.1	-0.2
29	보건 및 사회복지 서비스	-538.9	-0.5	-41.8	0.0	-2.2	0.0	-582.9	-0.6
30	문화 및 기타 서비스	-363.7	-0.5	-125.9	-0.2	-17.6	0.0	-507.2	-0.7
합계		-26,629.3	-0.7	-42,673.9	-1.2	-1,629.3	0.0	-70,932.5	-2.0

자료: 저자 작성

〈표 2-19〉 시나리오3에 따른 지역별 매출액 영향

단위: 십억 원, %

부문	지역	수입 감소		수출 감소		항만공급지장		종합	
		금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
01	수도권	-8,183.4	-0.5	-13,479.7	-0.9	-136.1	0.0	-21,799.2	-1.4
02	충청권	-4,292.2	-0.9	-6,031.8	-1.3	-50.0	0.0	-10,374.0	-2.2
03	전라권	-2,160.4	-0.5	-3,691.0	-0.9	-66.9	0.0	-5,918.3	-1.5
04	경북권	-4,360.1	-1.2	-6,910.7	-1.9	-33.2	0.0	-11,304.0	-3.1
05	경남권	-5,951.1	-1.1	-10,256.1	-1.9	-164.7	0.0	-16,371.9	-3.1
06	부산	-1,336.5	-0.8	-1,975.3	-1.2	-1,171.6	-0.7	-4,483.4	-2.8
07	강원, 제주권	-345.6	-0.4	-329.3	-0.4	-6.8	0.0	-681.7	-0.8
합계		-26,629.3	-0.7	-42,673.9	-1.2	-1,629.3	0.0	-70,932.5	-2.0

자료: 저자 작성

2. 국내 항만 지진 대응체계 현황

1) 정부의 항만지진 관련 안전계획

모든 재난 발생 상황에서 최소한의 국가기능을 유지하기 위해 2014년 국민안전처는 국가기반체계를 보호하고 이를 관리하는 ‘국가기반체계계획’의 작성기준을 정하고 보호활동에 대한 세부사항을 규정하기 위하여 ‘국가기반체계 보호지침’을 마련하였다¹⁾. 10개의 국가기반체계를 관리하는 중앙행정기관과 90개의 국가기반시설 관리기관이 지침에 따라 국가기반체계계획을 수립하였다.

무역항을 관리하는 해양수산부는 무역항이 교통 수송 분야의 국가기반시설에 해당됨에 따라 ‘2014년 국가기반체계 보호 기본계획’을 작성하였다.²⁾

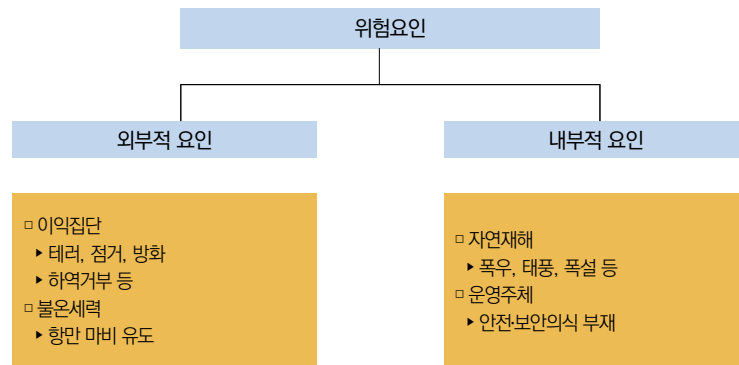
해양수산부의 국가기반체계 보호 기본계획의 주요내용은 국가 및 국민 경제에 큰 파장을 미칠 물류대란을 방지하고 항만의 대외경쟁력을 갖춘다. 파업 및 유사파업행위가 발생할 시 항만 내 수출입 물류지원을 통하여 피해를 최소화하고 파업대상과의 원활한 소통과 갈등 해결을 도모한다. 항만하역 종사자들의 하

1) 「재난 및 안전관리 기본법」 및 「재난 및 안전관리 기본법 시행령」에 근거하여 마련하였다.

2) 국가기반시설을 직접 관리하는 기관에서도 국가기반체계의 보호계획과 세부계획을 수립해야 한다.

역거부 혹은 그와 유사한 집단행위의 발생을 예방하고 하역거부로 인한 항만물류 차질 위기를 효율적으로 대처한다. 마지막으로 항만 관련 산업 종사자들의 집단 파업 시에도 국가 항만의 물류 기능을 유지한다.

〈그림 2-4〉 항만 관련 위험요인 분석



자료 : 이민규 외, 『항만 shutdown(공급지장)의 파급효과 분석』, 한국해양수산개발원, 2014, p.114

전국 항만 중 부산, 인천 등 12개의 무역항 국가기반시설로 지정되었다. 지정 과정은 다음과 같다. 국민안전처가 해양수산부에 ‘국가기반시설 지정지침 수립’을 요청한다. 해양수산부는 국민안전처에 ‘국가기반시설 지정 대상 선정 및 안전정책조정위원회 심의’를 요청한다. 국민안전처는 안전정책조정위원회의 심의와 더불어 전문가 및 전문기관의 의견을 반영하여 국가기반시설로 지정한다.

국가기반시설의 재난관리체계는 비상대책본부를 중심으로 이루어진다. 비상대책본부는 해운물류국장을 총괄반장으로 한다. 위기 경보는 관심, 주의, 경계, 심각 등 네 단계로 구분되어있으며 그에 따른 활동내용도 단계별로 다르게 구성한다.

〈표 2-20〉 위기경보 수준별 발령 판단기준 및 활동내용

수준	발령 판단기준	활동내용
관심 (Blue)	정후가 있으나 그 활동수준이 낮아서 가까운 기간 내에 국가 위기로 발전할 가능성이 비교적 낮은 상태	징후활동 감시 기관과의 협조체계 점검
주의 (Yellow)	징후 활동이 비교적 활발하고 국가위기로 발전할 수 있는 일정 수준의 경향성이 나타나는 상태	관련 정보수집 정보공유 활동 강화 관련기관과의 협조체계 가동
경계 (Orange)	징후 활동이 활발하고 전개 속도, 경향성 등이 현저하여 국가위기로 발전할 가능성이 농후한 상태	조치계획 점검 관련기관과 함께 인적물적 자원의 동원 준비
심각 (Red)	징후 활동이 매우 활발하고 전개 속도, 경향성 등이 심각하여 국가위기 발생이 확실 시 되는 상태	각각 대응태세 유지

자료 : 이민규 외, 『항만 shutdown(공급지장)의 파급효과 분석』, 한국해양수산개발원, 2014, p.115

2) 항만공사의 지진관련 안전계획

가. 부산항만공사¹⁾

부산항만공사는 재난관리강화대책을 크게 두 가지로 구분하여 부산항의 재난관리체계를 수립하였다. 첫 번째, 대응매뉴얼 및 안전점검, 두 번째, 재난예방 및 대비활동 강화이다. 대응매뉴얼 및 안전점검 측면에서 비상대응 매뉴얼을 지속적으로 업데이트한다. 또한 비상연락망 정비와 안전 활동 실시 또한 정기적으로 실행하고 있다. 재난예방 및 대비활동 강화를 위한 조치 또한 여러 가지로 구비하고 있다. 정기안전점검과 수시점검을 실시하고, 터미널별 재난 취약시설에 대한 안전관리강화 및 긴급유지보수 시행방안을 수립하고, 비상시 재난안전대책본부 운영, 각종 재난사고 시 실시간 정보제공 및 비상연락을 위한 SMS 시스템을 운영하고 있다.

또한 재난발생 시의 재난관리강화 이외에 예방대책으로서 재난대응 매뉴얼을 구축하고, 이에 따른 관계기관과 합동 연습 및 훈련을 실시하고 있다. 이외에 재난안전대책본부 운영 시 상황을 점검하고, 훈련, 재난관리 실무분야 교육 및

1) 김형근 외, 『항만에서의 재난 및 재해 영향과 대응방안 연구』, 한국해양수산개발원, 2012, p.50를 참조하여 저자가 일부 수정하였다.

수료, 안전의식 제고 및 대국민 홍보활동을 하고 있다.

나. 인천항만공사¹⁾

인천항만공사가 인천항의 항만관리자로서 재난발생메뉴얼 수립을 담당하고 있다. 인천항만공사는 각종 재난 및 재해로부터 항만을 효율적이고 효과적으로 복구할 수 있도록 재난의 종류에 따라 위기 대응 현장 매뉴얼을 구성하였다.

인천항만공사의 행동매뉴얼에서 재난 및 재해의 종류를 첫째, 「재난상황-풍수해(태풍)」, 둘째, 「지진 재난」, 셋째, 「대규모환경(해양)오염」, 넷째, 「인접국가 방사능 누출 사고」 등으로 구분하였다.

매뉴얼은 지진 발생 시와 지진으로 인한 쓰나미(지진해일) 등이 연속으로 발생했을 경우로 구분하여 작성하였으며, 그 대응체계와 조치내용은 비슷하다.

또한 대응조치의 기술은 단계별 대응조치보다는 발생 상황에 대한 대응조치를 규정하고 있다. 즉, 부산항이 위기경보를 체계하에 수준별로 대응조치를 설정한 것에 비해 인천항의 대응대책은 재난의 크기와 상관없이 일괄적인 대응조치를 제시한다.

다만 첨부문서로 i) 지진 및 지진해일 시 행동요령, ii) 비상연락망 보고서식, iii) 지진발생 가상 시나리오, iv) 갑문시설 지진·해일 피해 시 대처 매뉴얼 등을 제시하여 참고하도록 하고 있다.

3. 시사점

국토교통성에 따르면 동일본 대지진으로 항만 부분에는 약 400억달러의 피해가 발생했다. 지진으로 인한 항만, 도로 등의 파손 및 수출입 지연에 따른 간접적 손해까지 포함한 금액이다. 또한, 일본의 발표에 따르면 한신·아와지 지진의 피해액 약 10억 엔 중 항만 관련 직접 피해규모만 약 1조 엔이 넘는 것으로 추정하였다. 지진 이후 수출입액은 첫째 전년 대비 38.9% 감소되었고 이듬해

49.9% 감소되었다. 이후 97년에는 지진 이전 수준을 달성했으나 화물증가세 및 일본 내 점유율이 회복되지 못하였고 환적물량도 계속적으로 감소하였다.¹⁾

일본의 사례에서 보는 바와 같이 우리나라도 항만지진에 대한 대비를 미리 하지 않는다면 국가 경제가 막대한 피해를 볼 수 있다. 손실비용 분석결과와 같이 부산항이 3개월 폐쇄될 경우 약 70조 원의 국가 경제 손실이 발생할 수 있다. 따라서, 항만지진에 대한 대비를 보다 철저히 해야 할 필요가 있다.

동남아시아, 일본 등 주변국에서 발생한 대규모 지진으로 인해 우리나라도 더 이상 지진 안전지대가 아니라는 경각심을 가져야 한다는 인식이 커지고 있다. 2004년 12월 동남아시아 인도네시아에서 발생한 쓰나미는 재산피해 수천억 달러와 약 30만 명의 사상자, 160만 명이 넘는 이재민을 발생시켰다.²⁾

지진 재난의 특징은 큰 피해규모와 광범위한 피해지역으로 특히 도시화, 산업화된 나라에서는 사회경제적 마비를 불러오며 또한 오랜기간에 걸쳐 국가경제에 심각한 직·간접적 영향을 준다. 대부분의 선진국들은 지진 현상에 대한 연구와 더불어 지진의 예방, 대비, 대응, 복구 단계를 중심으로 활발한 연구가 진행 중이다. 재난 관리에 관한 선행연구에서는 재난 예방 투자와 관리시스템 마련을 통해 피해의 50~70% 절감이 가능하다고 보고 있다.

따라서, 대형지진 등에 대비하기 위한 내진설계 등을 통한 시설물의 강화, 대응체계의 수립, 대체부두의 확보 등 다양한 방법을 동원하여 국가 항만물류시스템의 기능 유지를 위한 대책을 강구해야 한다.

1) 이민규 외, 『항만 shutdown(공급지장)의 파급효과 분석』, 한국해양수산개발원, 2014, p.29, p.33 내용을 토대로 저자가 재정리하여 작성하였다.

2) 나무위키, <https://namu.wiki/w/2004년%20남아시아%20대지진>(검색어: 2004년 남아시아 대지진, 검색일:)

1) 김형근 외, 『항만에서의 재난 및 재해 영향과 대응방안 연구』, 한국해양수산개발원, 2012, p.37를 참조하여 저자가 일부 수정하였다.

제3장

일본 항만지진 및 대응체계 현황

제1절 일본 항만지진 피해사례

1. 동일본(東日本) 대지진

일본 기상청 관측사상 최대 규모의 동일본 대지진(진도 9.0)이 발생했을 때(2011년 3월 11일) 아오모리현(하치노헤항)에서부터 이바라키현(카시마항) 까지 일본 동측 모든 항만의 방파제, 안벽 등이 피해를 입어 항만의 기능을 상실하게 되었다.

〈표 3-1〉 주요 항만의 피해 개요

구분	항만	주요 피해 상황	침수고(m)
아오모리현 (青森県)	하치노헤항 (八戸港)	· 북방파제 총 길이 3,500m 중 1,875m 이동 또는 수물, 방파제 개구부 및 포트 아일랜드 지구 해일로 인한 침식 · 지진 진동에 의한 피해는 경미	5.4~8.4
이와테현 (岩手県)	쿠지항 (久慈港)	· 해일에 의한 구조물의 피해는 경미 · 지진 진동에 따른 잔교 일부 경미한 변형 발생	8.2~8.7
	카마이시항 (釜石港)	· 남측 방파제 50%, 북측 방파제의 케이스 80% 수물 또는 이동 · 지진 진동에 따른 스가(須賀)지구 제방과 하역야드 경계부분 10~20cm 단차 발생 · 지진에 의한 단층운동으로 항만 전체에 걸쳐 지반 침하(50cm)	6.6~9.1
	오오후나토항 (大船渡港)	· 방파제 일부를 제외하고 수물 · 잔교식 안벽과 하역지 일부 변형 · 지진에 의한 단층운동에 따라 항만 전체에 걸쳐 지반 침하	9.5

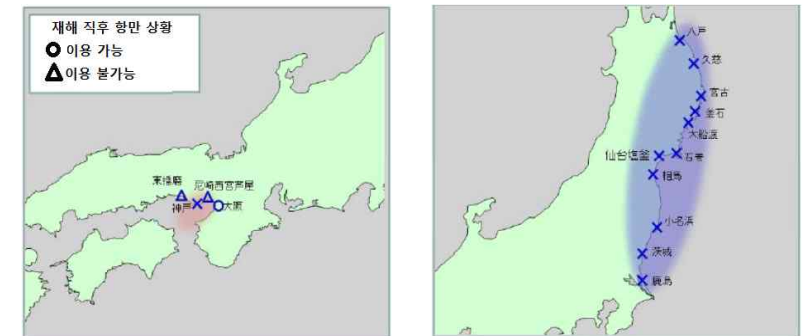
구분	항만	주요 피해 상황	침수고(m)
미야기현 (宮城県)	이시노마키항 (石巻港)	· 방파제에 대한 피해는 확인되지 않음 · 부두 액상화에 따른 하역야드 포장에 균열 발생, 해일에 의한 야드 침하	3.3~5.0
	센다이 시오가마항 (仙台塩釜港)	· 방파제에 대한 피해는 확인되지 않음 · 대부분의 안벽이 이용 가능한 상태이며, 타카마츠(高松)부두는 재해 직후 긴급화물수송 개시 · 타카사고(高砂) 컨테이너선석을 비롯한 일부 안벽의 Apron과 하역지대에 침하 및 단차 확인	5.7~14.5

자료 : 1. 국토교통성 항만국(2011)

2. 이만규 외, 『항만 shutdown(공급지장)의 파급효과 분석』, 한국해양수산개발원, 2014, p.25

한신·아와지 대지진때는 고베항 외에 오사카항 등의 인근 항만을 이용했었지만 동일본 대지진때는 일본 남북 지역에 걸쳐 광범위하게 항만 기능이 전면 중단되어 많은 항만이 피해를 입었다.

〈그림 3-1〉 한신·아와지 대지진 및 동일본 대지진의 피해 항만 비교



자료 : 이만규 외, 『항만 shutdown(공급지장)의 파급효과 분석』, 한국해양수산개발원, 2014, p.26

동일본 대지진에 의한 항만 피해는 먼저 해일에 의해 방파제들이 전파, 반파되었고 지진으로 부두 안벽의 에이프런과 하역지대 액상화로 침하가 발생하였다. 또한 선박 표류 및 좌초로 인한 기름유출, 충돌, 컨테이너 및 목재 유출은 물론 크레인 붕괴, 화물 붕괴, 안벽 구조 변형 등도 발생하였다.

〈그림 3-2〉 주요 항만의 피해 사례



자료 : 1. 국토교통성(2011)

2. 이민규 외, 「항만 shutdown(공급지장)의 파급효과 분석」, 한국해양수산개발원, 2014, p.27

2. 한신(阪神)·아와지(淡路) 대지진

95년 1월 발생한 한신·아와지 대지진(규모 7.2)은 동일본 대지진 이전에 발생한 지진 중 항만에 가장 큰 피해를 준 것으로 기록되었다. 특히 인구과밀 지역 중 하나인 고베시가 큰 피해를 입었고 고베항 역시 엄청난 피해를 입어 일본 경제가 큰 어려움을 겪었다.

〈그림 3-3〉 대지진으로 인한 고베항 피해 사진



자료 : <http://2.bp.blogspot.com/-lrBZM1iMBjE/UQnR7UxfriJ/AAAAAADAM/Phb7rm26B6I/s1600/012B.JPG>(검색일: 2017. 12. 20.)

대부분의 안벽 피해는 침하로 인해 발생하며 지진 당시 케이슨 본체의 기울어짐으로 인해 안벽 배후 침하 및 액상화에 따른 함몰도 발생하였다. 방파제는 케이슨 침하로 기울어져 기능이 저하되었으며 하역기기는 궤도 이탈 및 전도가 되어 손상을 입었다. 배후단지의 창고는 대부분 기둥, 외벽 등의 손상과 액상화로 인한 침하가 발생하였으며 도로 표면 또한 액상화로 진흙에 덮여 교통이 마비되기도 하였다. 이외에 페리 승강부, 임항도로 등의 피해로 항행지원시설 마비, 원유저장탱크 균열에 따른 가스사고 등이 발생하였다.

지진에 의한 고베항 물류기능 정지로 수출입 화물은 오사카, 후쿠오카, 이세,

동경 등으로 빠져나갔으며 우회 하역으로 인한 손실, 원자재 수입 중단, 제품 출하정지 등으로 간접 피해가 지속되었다.

〈그림 3-4〉 대지진 고베항 항만시설 파손 현장



자료 : 이민규 외, 「항만 shutdown(공급지정)의 파급효과 분석」, 한국해양수산개발원, 2014, p.32

제2절 일본항만의 지진 대응체계

국토교통성 항만국에서는 1983년 5월에 발생한 중부지진의 상황을 기초로 하여 내진강화정책을 추진하였다. 그때까지 도카이 지진으로 인한 피해가 우려되고 있던 지역을 포함하였다. 일부지역에서 진행되고 있던 내진강화안벽의 정비를 전국적으로 추진하였다. 내진강화안벽과 같은 대규모 지진대책 시설의 전국적인 정비계획을 규정한 ‘항만의 대규모 지진대책 시설의 정비 구상’을 1984년 8월에 책정했다.

그 후 1995년 1월에 발생한 고베 대지진의 상황을 참고하여 위의 구상을 재검토한 ‘항만의 대규모 지진대책 시설 정비 기본방침’을 1996년 12월에 책정했다. 또, 2004년 12월에 발생한 수마트라 서쪽바다 지진으로 인해 인도양 연안을 덮친 지진해일 피해 등을 계기로 대규모 지진해일 대책을 포함하여 시급하게 실시해야 할 대책을 체계적으로 정리한 ‘지진에 강한 항만 본연의 모습’(교통정책심의회 지침)을 2005년 3월에 책정했다.

항만의 대규모 지진대책과 관련해서는 이러한 기본방침이나 지침에 근거해 재난지역에 대한 긴급물자 등의 원활한 수송, 광역 또는 심각한 피해에 대한 대응, 기간산업인 국제해상운송컨테이너 수송, 대규모 지진해일에 대한 방호 등을 강화하기 위해 내진강화안벽이나 기간 광역방재거점 등의 정비, 국제 해상 컨테이너 터미널의 내진화, 해안제방의 높이 상승·내진화 등을 추진해 왔다.

본 연구에서는 일본의 항만의 대규모 지진 대책 중 국제해상 간선화물 컨테이너 터미널 수송기능 확보를 위한 방안을 중점으로 다룬다. 특히 핵심 기능유지 방안인 ①컨테이너터미널의 내진강화안벽, ②컨테이너크레인의 내진화 측면의 내용만을 다룬다. 이외 다른 부분은 항만공급사슬측면이 아닌 재난, 구호의 성격이 강하여 본 연구의 목적과 맞지 않아 제외한다.

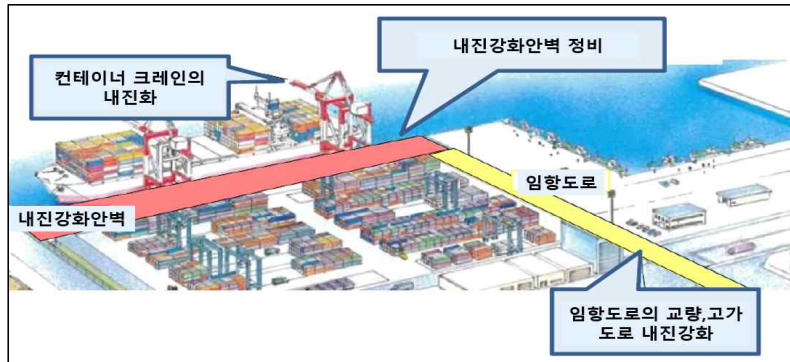
1. 기간산업인 국제 해상 컨테이너 수송 등의 확보

1) 정책의 목표

기간산업인 국제 해상 컨테이너 수송 등의 확보를 위한 정책 목표는 ‘대규모 지진 발생 시에 피해최소화 및 신속한 복구이다. 일본의 산업이나 경제활동에 대한 영향을 최소화 하기 위해 물류 거점으로서 일정한 수송기능을 확보할 수 있도록, 국제 해상 컨테이너 터미널 등의 내진화를 추진하는 것’이다.

따라서 구체적으로는 ①내진강화안벽의 정비, ②컨테이너 크레인의 내진화, ③임항도로의 교량·고가도로의 내진강화를 추진한다(그림 3-5)). 이 시설들은 경제나 산업에 중요한 역할을 담당하는 물류거점기능을 확보하기 위해서 정비가 필요한 시설로서 ‘지진에 강한 항만 본연의 모습(답신)’에도 기재되어 있다.

〈그림 3-5〉 국제 해상 컨테이너터미널의 내진화



자료 : 국토교통성 항만국 계획과 출장 자료 재정리(2017.3)

2) 국제 해상 컨테이너터미널 확보의 필요성

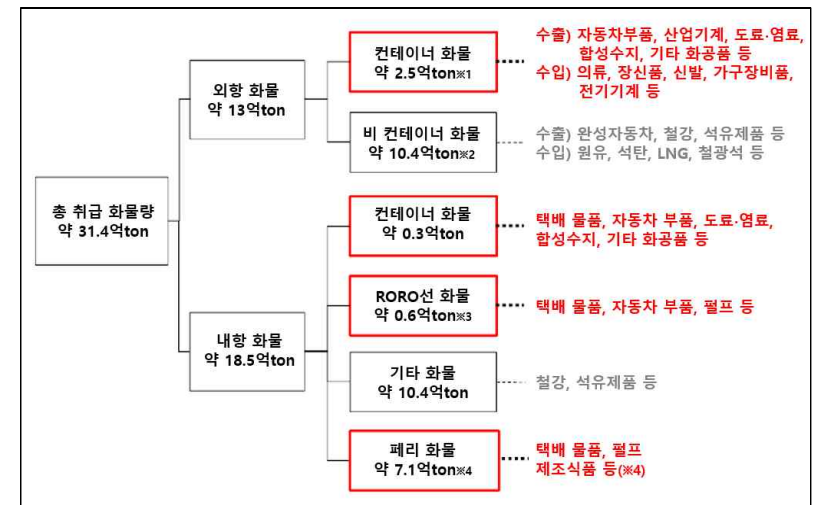
가. 역할

2008년의 일본 항만의 취급 화물을 살펴보면, 총 화물량은 약 31.4억ton, 그 중 외항화물은 약 13.0억ton, 내항화물은 약 18.5억ton이다. 각각의 내역을 살펴보면 외항화물 중 약 1/5은 컨테이너 화물이며, 내항화물 중 약 2/5가 컨테이너 화물 또는 RORO 화물, 페리 화물이다. 국제 해상 컨테이너의 수송 품목을 살펴보면 수출에서는 우리나라의 기간산업인 자동차나 산업 기계 등의 제조업 제품·부품이 가장 많다. 수입에서는 의류나 장신품, 신발, 가구, 전기제품 등, 국내에서 소비되는 제품이 가장 많다는 것을 알 수 있다. 또 내항 컨테이너 수송이나 내항 RORO 수송, 내항 페리 수송은 국제 해상 컨테이너 수송처럼 우리나라의 기간산업인 자동차나 산업 기계 등의 제조업 관련 부품이나, 인쇄업 등에 많이 이용되는 펄프 등의 수송에 이용되고 있다. 참고로 외항 비 컨테이너 화물이나 내항 기타 화물은 취급 화물량은 많지만 원유, 철강재, 석유 제품 등, 광산물품이나 화학공업품이 대부분을 차지하고 있으며, 항만 배후의 기업이 주요 하주인 것이 특징이다.

지진 재해 발생 시에도 국제 해상 컨테이너나 내항 컨테이너, 내항 RORO,

내항 페리 수송을 통해 화물을 순조롭고 원활하게 수송하는 것과 국제 및 국내 수송망으로서 일정한 기능을 확보하는 것은 우리나라의 산업과 국민 생활을 위해 매우 중요하다. 그리고 그것을 위한 항만정비(안벽의 내진 강화, 컨테이너 크레인 등 하역 기계의 내진화, 배후지에 대한 수송경로 확보 등)가 필요하다.

〈그림 3-6〉 국제 해상 컨테이너터미널 복합일관수송에 대응하는 내항터미널의 역할



주1. 새시에 적재된 컨테이너 화물을 포함한다.

주2. 페리 화물(주4)을 포함한다.

주3. 새시 화물만으로 한다.

주4. 수송 화물량은 자동차 수송선으로 수송하는 차량 자체의 중량을 화물량으로 한다.

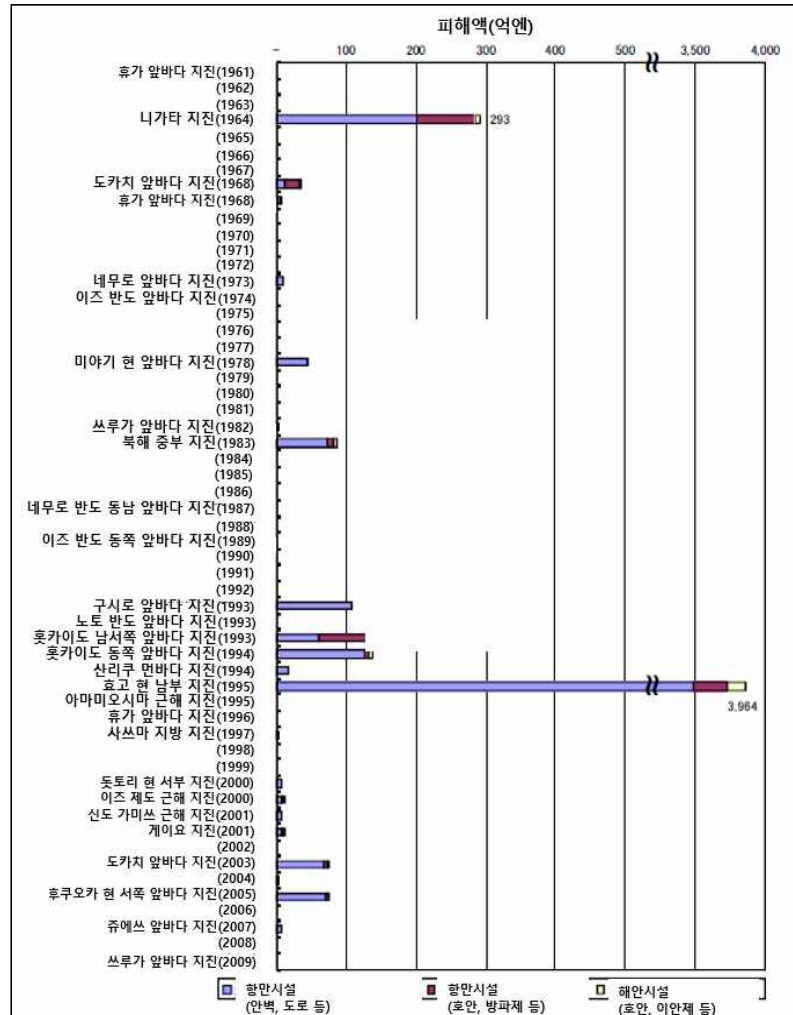
주5. 수송 품목에 대해서는 '2007년 내항 유닛로드 화물조사'에서 페리 화물의 수송량 상위 3개 품목을 기재

자료: '항만통계(연보) 2008년'에서 국토교통성 항만국 계획과 작성

나. 필요성

1995년에 발생한 고베 대지진은 일본의 국제 해상 컨테이너 수송에 심각한 영향을 미쳤다. 케이슨의 이동으로 인한 안벽 배후 지반의 함몰이나 컨테이너 크레인의 파괴 등, 항만시설에 미친 피해액으로서는 1961년 이후 최대로 3,964억 엔¹⁾에 이른다(그림 3-7).

〈그림 3-7〉 지진 피해로 인한 항만물류 피해액



자료: '숫자로 보는 항만' (일본항만협회)을 참고로 국토교통성 항만국 계획과 출장 자료 재정리(2017.3)

1) 국토교통성 항만국 자료

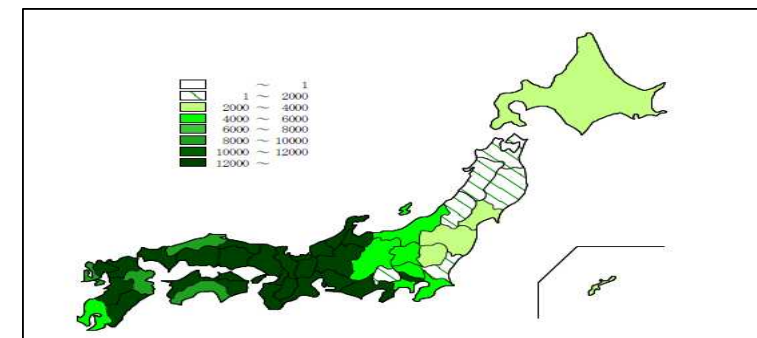
〈그림 3-8〉 고베 대지진 당시 피해 모습



자료: 국토교통성 항만국 계획과 출장 자료 재정리(2017. 3.)

또한 1993년의 외항 컨테이너 화물 유동조사에 따르면 일본 전국에서 취급하는 외항 컨테이너 화물의 약 30%를 고베항에서 취급하고 있으며, 고베항을 이용하지 않는 지자체는 존재하지 않았다(그림 3-9). 지진 재해 발생으로 인해 고베항의 국제물류기능이 정지되었기 때문에 공장의 조업이 정지되는 등, 전국 각지의 기업 활동에 큰 영향을 미쳤다(그림 3-10)참조.

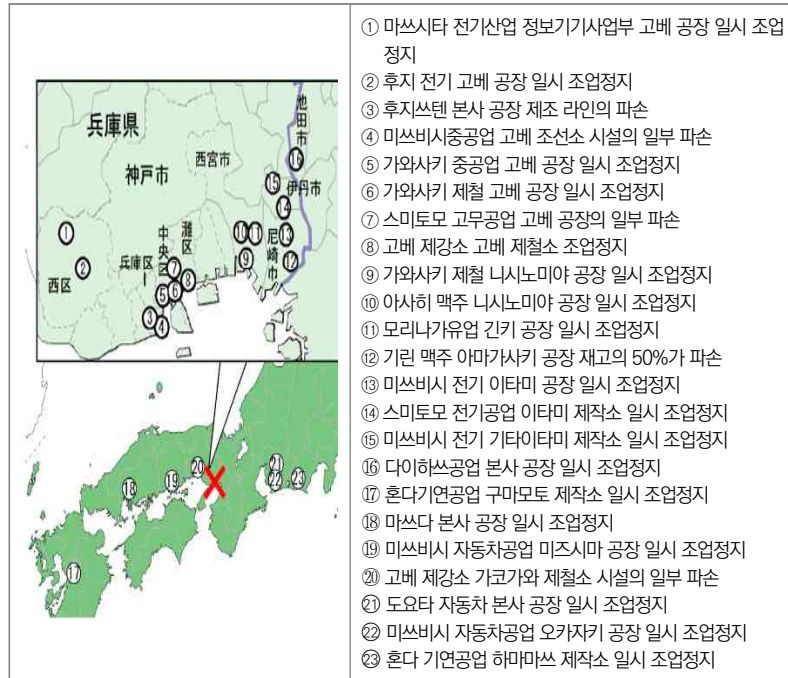
〈그림 3-9〉 고베항 취급 컨테이너 화물의 배후지역 분포(1993년)



주: 수치는 1개월간의 수출 화물과 수입 화물의 합계. 단위는 ft

자료: '전국 수출입 컨테이너 화물 유동조사'를 참고로 국토교통성 항만국 계획과 출장 자료 재정리(2017. 3.)

〈그림 3-10〉 고베 대지진의 영향을 받은 공장



자료: 아사히신문 기사(1995년 2월 17일)를 참고로 국토교통성 항만국 계획과 출장 자료 재정리(2017. 3.)

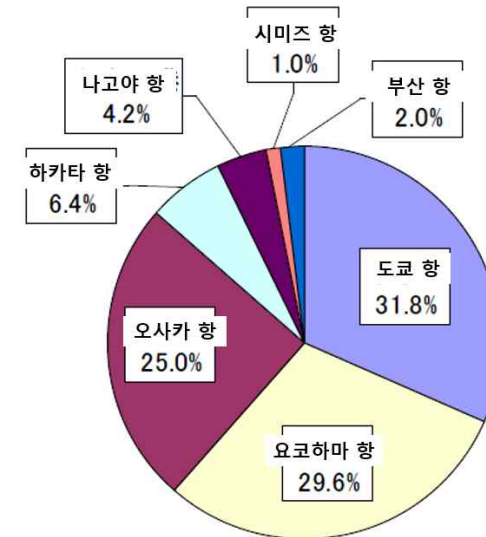
2. 항만지진으로 인한 일본 산업 피해

고베 대지진의 피해는 국내뿐만 아니라 고베항에서 취급하고 있던 자동차 부품과 같은 일부 화물은 긴급 대응이 곤란했다. 따라서, 말레이시아의 자동차 메이커인 플로톤 사의 공장이 조업을 정지하는 등, 그 피해가 해외까지 파급되었다.¹⁾ 게다가 지진 재해 발생 당시에 고베항에서 취급할 예정이었던 화물을 도쿄 항이나 요코하마 항, 오사카항 등으로 전환해서 선적했기 때문에 다른 항만

¹⁾ 아사히신문 기사(1995년 2월 17일) 참조

에서도 혼잡이 발생하였다. 참고로 고베항이 지진 재해로부터 완전하게 복구되기까지는 2년 3개월이 걸렸으므로 장기간에 걸쳐서 우리나라의 원활한 외항 해상컨테이너 물류망 구축에 영향을 끼쳤다.

〈그림 3-11〉 고베항 선적예정 컨테이너의 전환 항만(재해 후 1주일 동안)



자료 : 국토교통성 항만국 계획과 출장 자료 재정리(2017.3)

〈표 3-2〉 고베 대지진 당시 고베항의 지진 재해 복구

연월일	복구 상황
1995년 1월 17일	고베 대지진 발생
25일	‘고베항 부흥대책 연락회의’ 설치, 부흥을 위한 민관의 연락조정을 추진
25일	정부가 고베 대지진을 극심 재해로 지정
3월 17일	응급복구 공사 결과, 107선석이 이용가능해 짐
20일	마야 부두의 갠트크레인을 통한 컨테이너 하역 재개(21선석 중, 1선석의 잠정 사용개시)
4월 30일	마야 부두에서 6선석을 잠정사용개시
5월 19일	마야 부두에서 추가로 1선석을 잠정사용개시
8월 1일	마야 대교 개통. 본격 복구 제1호로서 히가시코베 페리 부두 제4선석을 사용개시
11월 13일	록코 아일랜드 가설 부두(S-BC)를 사용개시
11월 15일	하버 하이웨이(항만 간선도로)의 다카하네 램프~마야 램프가 개통(록코아일랜드~마야 부두가 고속도로와 연결)
1996년 2월 1일	록코아일랜드 가설 부두 전체가 완성
19일	한신 고속도로 고베선의 마야~교바시 간 개통.
6월 30일	포터미널 빌딩, Q1선석 복구 완료
7월 4일	고베 대교 및 하마테 우회도로 전면 통행재개
20일	록코아일랜드 페리 부두 복구 완료, 전면 사용재개
10월 1일	중제방 안벽 복구 완료
12월 26일	중제방 서쪽지구 부두 정비완료
1997년 3월 31일	항만시설 전면 복구

자료: ‘고베 대지진 피해조사보고서’(1995년 5월, (사) 건설컨설팅트협회), ‘고베 대지진의 피해 및 향후 고베 경제에 관한 조사결과’, 닛케이신문 기사(1995년 1월~1997년 3월) 등을 참고로 작성

이상과 같이 국제 해상 컨테이너 수송이 일본 산업과 관련 있는 중요한 화물을 수송하고 있는 것뿐만 아니라 국민 생활 유지와 관련 있는 화물도 많이 수송하고 있으며, 또 그 영향 범위로 넓다.

즉 이러한 수송을 담당하는 항만시설을 내진화하는 것은 긴급물자 수송이라는 관점뿐만 아니라, 지진 재해 발생 시에도 우리나라의 경제활동을 지속적으로 지원한다는 관점에서 중요하다.

아울러 항만시설의 내진화와 관련해서는 국제 해상 컨테이너 화물 수송의 경우 컨테이너 터미널에서의 하역이 중요하므로 안벽의 내진 강화, 컨테이너 크레인의 내진화가 필요하다.

1) 일본의 지진대응 항만정책 개요

일본의 항만지진 대응 정책은 ‘재해대책기본법’(1961년 제정 법률 제223호, 2016년 개정) 제36조 제1항의 규정에 근거하여 작성된 ‘국토교통성 방재업무계획’(2002년 작성)에 따라 추진 중이다.

‘방재업무계획’은 총 16편으로 구성되어 있으며 그중에 항만의 재해대책과 직접적으로 관련이 있는 것은 지진재해 대책편, 쓰나미 재해 대책편 등에 규정되어 있다.

‘방재업무계획’의 항만 재해대책은 주로 대규모 지진이 발생했을 시에 이재민이나 긴급물자, 지역경제 부흥을 위한 화물의 수송을 확보하기 위해 내진강화안벽 등을 추진하여 항만의 내진화를 실시하는 것에 초점이 맞추어져 있다.

〈표 3-3〉 항만의 대규모 지진 대책 시설 정비 정책의 개요

	대규모 지진 대책 설비 정비의 목적		
	긴급물자 수송기능의 확보	간선화물 수송기능의 확보	복구부흥지원거점 기능 확보
대상항만	- 항만배후지역에 일정규모의 인구가 거주하는 항만 - 긴급화물의 수송을 해상운송에 의존할 수밖에 없는 항만 - 낙도항로가 취항하고 있으며 재해발생 시에도 낙도항로의 유지가 필요한 항만	- 국제 해상 컨테이너 수송을 담당하는 항만 - 다목적 외국 수송을 담당하는 항만 - 복합일관수송에 대응한 내항수송을 담당하는 항만	○ 방재거점 대상항만 중에 다른 방재거점의 정비 상황 및 배후지역의 인구 규모에 따라 거점의 정비가 필요한 항만 ○ 피난용 녹지 피난지의 정비상황에 따라 항만 내에 피난지를 확보할 필요가 있는 항만
정비 시설	○ 내진강화안벽 ○ 긴급화물의 일시 보관장소로 이용 가능한 Open Space(광장) ○ 내진강화안벽 또는 광장, 배후기간도로와 연결되는 임항도로	- 내진강화안벽 임항도로 - 야드 주차장	○ 내진강화안벽 및 광장에 다음의 시설을 정비 다목적 이용이 가능한 Open Space ○ 긴급화물의 보관시설 통신시설
필요시설량 및 규모	○ 내진강화안벽 ○ 긴급물자수송용 ○ 항만배후의 인구규모가 큰 기간적인 항만: 수심 10m 안벽 정도 ○ 그 외의 항만: 수심 7.5m 안벽 정도 ○ 국제 해상컨테이너 터미널 ○ 필요한 안벽 수심, 안벽 연장		

	○ 광장 긴급물자의 분류나 일시 보관, 주차장, 임시 헬리포트 등에 필요한 면적 및 이들 각종 활동이 원활하게 수행될 수 있는 형태를 지닌 공간 ○ 임항도로 필요에 따라 교량 및 고가도로의 내진성을 강화 액상화에 따라 복구에 장기간이 필요한 우려가 있을 경우는 도로부지 등의 액상화 대책을 실시 지역방재계획 및 긴급수송도로 네트워크 계획과 조정을 실시
대규모 지진대책 시설의 관리	평상시에는 일반적인 이용을 위해서 제공하여 효율적인 이용을 도모하지만, 화물의 일시 보관, 차량의 주차, 건축물 설치 등에 있어서 긴급 시의 이용에 지장을 주지 않도록 배려할 것
기타	지역방재계획에 포함하여 효율적인 활용을 도모 방재훈련에서 적극적으로 활용하여 재해 발생 시에 유효하게 기능하는 것을 확인 지역 홍보를 위한 게시물 설치

자료 : 국토교통성 방재업무계획(2002) 인용

2) 정부추진 현황 및 프로그램

가. 항만의 비전 및 목표

일본 정부는 항만이 재해로 인해 피해를 입을 경우에 대비한 방안을 다음과 같이 제시하면서 “재해에 강한 해상네트워크 구축 및 지역 방재력의 향상”을 비전으로 설정하고 있다.

(1) 항만재해 대비 방안

- ① 일정한 해상수송기능을 확보하며 지역의 경제 활동에 대한 영향을 최소화시키기 위해 필요에 따라 국제해상컨테이너 수송, 다목적 수송 및 복합일관 수송에 대응한 내진강화안벽 등의 정비를 추진
- ② 컨테이너 터미널 전체의 기능을 확보하기 위해, 컨테이너 크레인의 내진화, 먼진화나 배후지와 연결되는 임항도도의 교량, 고가도로의 내진보장을 추진
- ③ 물류, 산업, 에너지 공급기능을 유지하기 위해 부두의 내진성 간이평가기법 제공을 통해 액상화에 관한 기술적 지원 및 적절한 유지관리나 주변에 대한 지진, 쓰나미 피해를 방지, 경감하기 위한 방파제나 방조제 등의 기

능 강화를 추진

- ④ 도쿄만 등에서 지진 재해 시에 물류, 산업 에너지 공급을 확보하기 위해 물류 기능 조기복구를 위한 조치를 추진
- ⑤ 긴급수송 등, 재해 발생 시에 필요한 항로기능 확보를 위해 내진강화안벽 등 대규모 지진대책시설로 연결되는 항로 및 수역의 민간사업자가 소유하는 항만 시설의 내진 보수를 지원
- ⑥ 재해 발생 시에 주민 피난 밀집 피해지 복구, 부흥의 지원거점이 되는 임해부 방재거점에 대해 정비를 추진하는 한편 항만관리자에 대해 방재거점이 적절하게 관리 운영되도록 매뉴얼을 정비하도록 지시
- ⑦ 항만 시설이 재해를 입었을 경우에 그 상황이나 이용 가부 정보를 항만관리자에게 신속하게 전달할 수 있도록 피해정보수집발신 시스템을 정비
- ⑧ 복수의 항만이 인접한 지역에서는 대규모 지진 등의 재해가 발생할 때에 항만시설의 상호이용에 관한 협정을 체결하는 등, 국가와 항만관리자가 연계하여 항만 간의 연계체제를 강화
- ⑨ 항만광역방재협의회 등을 통해 항만의 물류기능을 조기에 회복할 수 있도록 항만관리자, 관계사업자 등과 협동하여 연계체제를 구축
- ⑩ 재해 발생 시 원활한 해상수송 루트 활용이 가능하도록 대체수송 루트 설정이나 대체항만 이용에 관한 관계자 간의 체제 구축, 항만 간의 재해협정 체결 등을 추진

(2) 정부추진 현황

일본은 ‘항만에서의 대규모지진대책 시설 정비 기본 방침(1996년)’을 수립하고 이에 따라 다음과 같은 구체적인 정책을 추진하고 있다.

〈표 3-4〉 항만에서의 대규모지진대책 시설 정비 기본 방침(1996년)

재난 지역에 대한 원활한 긴급물자 수송 확보	국제해상컨테이너 수송 확보
- 내진강화안벽 정비 - 녹지 등 Open Space 정비 - 임항도로의 긴급수송도로 지정 - 업무계속계획(BCP) 또는 방재업무계획 책정 - 항만관리자의 응급 복구에 관한 협정체결 - 항만관리자의 응급 복구 기자재 확보 - 항만관리자와 민간사업자의 훈련 실시	- 국제해상컨테이너 수송 및 장거리 페리, 정기 RORO화물 수송에 관한 업무계속계획(BCP) 책정 - 내진강화안벽 정비 - 컨테이너 크레인의 내진화 - 배후 임항도로의 내진화

자료 : 국토교통성 방재업무계획(2002) 인용

(3) 추진 프로그램

i. 재난 지역에 대한 원활한 긴급물자 수송 확보 프로그램

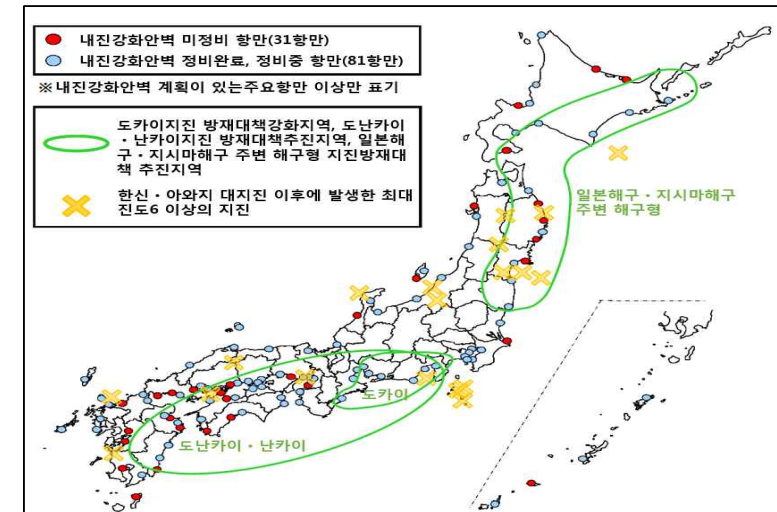
① 내진강화안벽 정비

내진강화안벽 정비 대상 항만은 다음과 같은 조건에 해당하는 항만이다. 첫째, 항만 배후지역에 일정 규모 이상의 인구가 거주하는 항만, 둘째, 지형 요인에 따라 긴급물자의 수송 등을 해상수송에 의존할 수 밖에 없는 배후지역을 지닌 항만, 셋째, 낙도 항로가 취항하고 있어 재해 발생 시에도 낙도 항로의 유지가 필요한 항만으로 정의한다.

‘항만에서의 대규모지진대책 시설 정비 기본 방침(1996년)’에 따라 2006년부터 ‘내진강화안벽 긴급정비 프로그램’을 책정하고 2010년까지 70%의 정비를 목표로 추진해왔다.

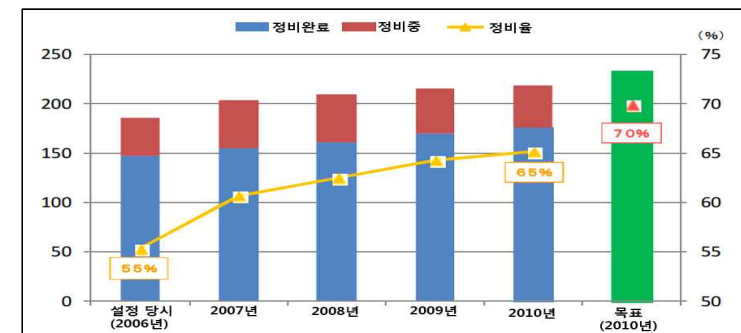
그러나 동일본 대지진이 발생한 직후인 2011년에도 4월까지 66%에 머물러 있었으며, 현재까지 정비 사업이 지체되고 있는 실정이다. 이유는 예산적인 제약이 있어 다른 사업을 우선적으로 추진하고 있기 때문이다.

〈그림 3-12〉 일본의 주요 항만 중 내진강화안벽 정비 현황(2014년)



자료 : 국토교통성 홈페이지(<http://www.mlit.go.jp/common/000206276.pdf>)

〈그림 3-13〉 내진강화안벽 정비율 추이(2014년 발표자료)



자료 : 국토교통성 홈페이지(<http://www.mlit.go.jp/common/000206276.pdf>)

② 녹지 등 Open Space 정비

현재 정비가 완료된 내진강화안벽이 있는 104개 항만 중에 89개 항만(86%)

은 녹지 등 Open Space 정비에 관한 내용을 방재계획에 포함시키고 추진 중이지만 15개 항만(14%)은 정비가 지체되고 있는 상황이다. 이유는 “부두용지 이용자와 협정이 체결되지 않았기 때문에”가 22%, “재해 시의 운용체제가 구축되지 않았기 때문에”가 22%로 다수의 의견을 차지하고 있다.

〈표 3-5〉 정비가 완료된 항만 중에 녹지 등 Open Space가 정비된 항만

구분	항만 수(단위: 개)	비율
정비완료	89	86%
미정비	15	14%
합계	104	100%

자료 : 국토교통성 홈페이지(<http://www.mlit.go.jp/common/000206276.pdf>)

③ 임항도로의 긴급수송도로 지정

내진강화안벽에 접속하여 긴급물자 등의 수송경로가 되는 임항도로의 긴급수송도로 지정상황에 대해서는 정비가 완료된 내진강화안벽 176berth 중에 81berth(46%)가 지정이 완료되었으며, 절반 이상인 95 berth(54%)가 미지정 상태이다.

이유는 “구간이 짧기 때문에”, “주요간선도로만 긴급수송도로로 지정하고 있다” 등, 처음부터 내진강화안벽까지 지정하지 않아도 된다고 생각하고 있는 항만관리자도 있었다.

〈표 3-6〉 정비가 완료된 berth 중에 임항도로의 긴급수송도로가 지정된 항만

구분	berth 수(단위: 개)	비율
지정완료	81	46%
미지정	95	54%
합계	176	100%

자료 : 국토교통성 홈페이지(<http://www.mlit.go.jp/common/000206276.pdf>)

④ 업무계속계획(BCP) 또는 방재업무계획 책정

방재업무계획은 재해대책기본법 제2조에 규정되어 있으며, 지정행정기관의 장 또는 지정공공기관이 각각의 소관업무에 대해서 작성하는 방재에 관한 계획이다. 현재 국토교통성 및 모든 지방정비국 등에서 책정되어 있으며 긴급물자수송을 확보하기 위해 필요한 업무를 규정하고 있다.

업무계속계획(BCP)은 사람, 물건, 정보 및 Life line 등, 이용이 가능한 자원에 제약이 있는 상황 하에서 비상시 우선 업무를 지정하는 한편, 업무계속에 필요한 자원의 확보, 배분이나 그를 위한 절차의 간소화, 지휘명령체통의 명확화 등에 대하여 필요한 조치를 강구하여 적절한 업무집행을 실행하기 위한 계획이다. 현재 국토교통성 및 모든 지방정비국 등에서 책정되어 있다.

⑤ 항만관리자의 응급 복구에 관한 협정체결

지방정비국 등의 협정체결률은 100%이며, 각 지방정비국 당 평균 4.0건의 협정을 체결하고 있다. 협정체결 내용은 “응급복구 건설작업”이 주요 내용이며 건설작업이나 수중조사에 관한 협정은 모든 지방정비국이 체결하고 있다.

정비가 완료된 내진강화안벽이 있는 항만관리자(55단체)의 경우에는 협정체결률이 76%이며, 평균 1.9건의 협정을 체결하고 있다. 협정내용은 주로 “응급복구 건설작업”에 치우쳐져 있어 75%의 관리자가 체결하고 있다.

⑥ 항만관리자의 응급 복구 기자재 확보

대규모 재해 발생기에 응급복구를 위해 필요한 작업선, 일반건설기계, 가설자재 등의 확보와 관련해서 지방정비국의 경우는 100% 확보 완료된 상태이지만 항만관리자의 경우는 내진강화안벽이 정비 완료된 104항만 중에 작업선을 확보하고 있는 곳은 69%, 일반건설기계를 확보하고 있는 곳은 87%, 가설자재를 확보하고 있는 곳은 84%이다.

⑦ 항만관리자와 민간사업자의 훈련 실시

대규모 재해 발생 시를 대비한 훈련을 실시하고 있는 곳은 10개 지방정비국 중에 3개뿐이며, 55개 항만관리자 중에는 25%만이 훈련을 실시하고 있는 등,

아주 미진한 상태이다.

ii. 국제해상컨테이너 수송 확보 프로그램

① 국제 해상 컨테이너 수송 및 장거리 페리, 정기 RORO화물 수송에 관한 업무계속계획(BCP) 책정

물류사업자, 선사 등의 항만관계자들의 국제 해상컨테이너 수송에 관한 BCP 책정과 관련해서는 책정을 위한 검토위원회가 각 지역에서 개최되고 있으나 아직 어느 곳에서도 책정이 완료되지 않고 있는 상황이다. 또 장거리 페리, 정기 RORO화물 수송은 BCP검토 대상에 포함되어 있지 않은 상황이다.

② 내진강화안벽 정비

항만계획에서 내진강화안벽 정비가 의무화 되어 있는 국제 해상컨테이너 터미널 43berth 중에서 내진강화안벽의 정비가 완료된 곳은 17berth(약 40%)에 불과하다.

정비가 완료되지 않은 이유로는 사용 중인 터미널의 내진강화를 위한 대체 berth의 확보가 어렵다는 것과 재정상의 제약을 들고 있다.

③ 컨테이너 크레인의 내진화

내진강화안벽 17berth 중에 안벽 상에 설치된 컨테이너 크레인 중에 내진화가 완료된 곳은 10berth(약 59%)에 불과하다. 내진화가 지체되는 이유로는 컨테이너 크레인 사용 중에 내진화를 추진하기 어렵다는 것과 항만관리자들의 재정상의 제약 등을 들고 있다.

④ 배후 임항도로의 내진화

내진강화안벽이 계획되어 있는 국제 해상컨테이너 터미널 43berth중에서 배후의 임항도로에 있는 교량이나 고가도로의 내진화가 완료된 berth는 30berth(약 70%)이며, 또 배후의 임항도로가 긴급수송도로로 지정되어 있는 berth는 31berth(72%)이다.

3. 일본 재난관리의 시사점

일본의 항만지진대비 계획을 살펴보면 지진에 대비해서 항만시설과 하역장비의 내진화 계획을 수립하여 지속적으로 추진하고 있다. 이를 통해, 국제수송화물의 막힘없는 처리를 위한 물류체계를 구축하여 운영하고 있다. 이를 위한 항만법에 관련 항목을 추가하여 법제화했으며, 관련 체계를 달성하기 위해 프로그램을 계획하여 추진하고 있다.

일본의 사례를 벤치마킹해서 우리나라에서도 항만의 기능유지 및 연속성을 위한 국내 항만시설 재난 시 대응 시사점을 기술한다.

1) 항만지진대비 표준 대응체계 구비 필요

정부에서 관리하는 재난은 4개의 자연재난과 26개의 사회재난이다. 이들 30개 재난에 대해 안전행정부는 표준매뉴얼을 만들어 관리하는데 항만 관련 표준매뉴얼은 해양오염, 해양 선박사고, 적조 등이다. 세월호 또한 표준매뉴얼이 구비되어 있지 않아 정부 대응에 어려움이 있었기에 대형사고에 있어 표준매뉴얼 구비가 필수적이다. 항만 관련 재난에 있어 해양수산부는 실무 및 행동매뉴얼 외에 아직 국가 차원의 표준매뉴얼이 없으며 재난 발생 시 타 부처와 연계 대책 수립에 있어 빠른 대응이 불가능하다.

2) 전국 항만 단위의 국가기반체계 보호 기본계획 수립 필요

해양수산부는 부산항을 포함한 12개 무역항을 대상으로 「국가기반체계 보호 기본계획」을 수립하였다. 무역항뿐만 아니라 「항만법」에서 구분하고 있는 국가관리무역항 14개, 지방관리무역항 17개, 국가관리연안항 11개, 지방관리연안항 18개의 항만이 있다.

12개 무역항은 우리나라 수출입 항만 물류에 있어 중요하며 이들 12개 항만 시설이 재난에 의해 기능이 정지될 경우 여타 항만이 12개 항만을 대체하여 contingency 항만으로 기능할 수 있도록 이들에 대한 「국가기반체계 보호 기본계획」 마련이 반드시 필요하다.

항만의 기능을 마비시킬 수 있는 다양한 재난에 대한 대응체계를 수립하고 있다. 그러나 항만지진대비에 대한 대응체계는 아직 미비하다.

3) 항만시설 기능유지를 위한 H/W 적인 대비책 수립필요

항만은 국가 주요 시설로 국가가 개발하고 소유하나 운영은 민간에서 담당하여 정부와 민간이 함께 얹혀 있는 시설이다. 이러한 상황에서 민간 입장의 물류기능과 국가 입장의 물류시스템 구축이라는 관점에서 물류기능을 볼 수 있다.

민간 입장에서는 영업이라는 범위 내에서 연속성 관리를 수행하지만 국가 입장에서는 모든 항만, 부두의 효율적 관리가 중요하다.

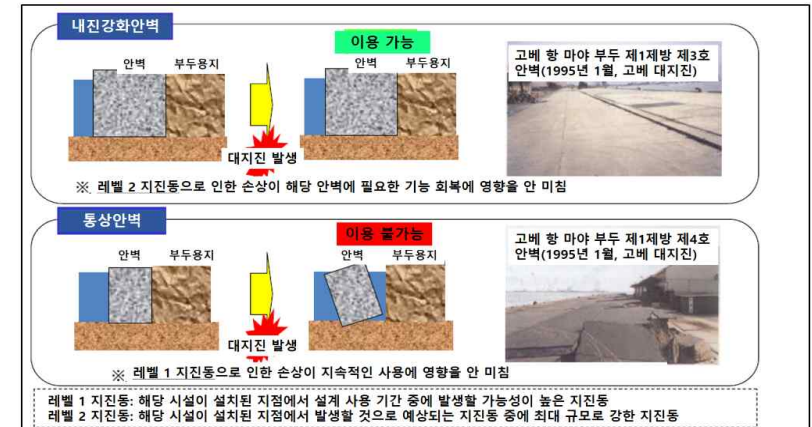
국가기관인 지방해양항만청의 입장에서는 해당 항만을 물류기능의 대상으로 보고 관리하여야 한다. 마찬가지로, 국가 입장에서는 전국 항만의 물류기능을 대상으로한 연속성 유지 방안 구축이 필요하다.

제3절 리스크 관리 핵심추진 과제

1. 내진강화안벽

내진강화안벽은 진도 7의 지진에서도 견딜 수 있는 안벽을 말하며, 동경대지진 이후 진도 9로 상향하여 적용하는 추세이다. 간선물자수송을 위한 내진강화안벽은 수심 14m, 안벽연장 300m를 확보하는 것이 바람직하다.

〈그림 3-14〉 통상안벽과 내진강화안벽 비교



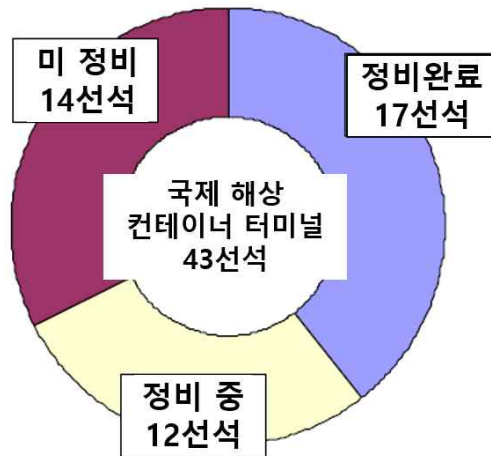
자료 : 일본 국토교통성, 항만의 대규모지진대책(정책평가, 2012) 번역본1) 내진강화안벽 정비 상황

가. 국제 해상 컨테이너 터미널의 내진화

항만계획에 내진강화안벽으로 규정된 안벽의 내진화가 계획되어 있는 국제 해상 컨테이너 터미널은 2010년 현재 전부 43선석이다. 그 중에 내진강화안벽이 정비되어 있는 것은 17선석(약 40%)이다. 또 현재 정비 중인 내진강화안벽은 12선석으로, 그 중에 7선석은 기존의 안벽에 내진 강화를 실시하는 중이며, 나머지 5선석은 신규 안벽에 내진 강화를 실시하고 있는 안벽이다. 뿐만 아니라 아직 정비가 추진되지 않은 내진강화안벽 14선석 중에 3선석은 기존 안벽을 내진화하는 것이며, 나머지 11선석은 아직 착공되지 않은 안벽이다.

컨테이너 터미널의 내진 강화가 진행되지 않고 있는 요인은, 안벽의 정비가 완료된 것의 경우는 사용 중인 터미널을 내진 강화하기 위해 필요한 대체 선석이 확보 되지 않았기 때문이며, 또 아직 착공되지 않은 안벽의 경우는 재정상의 제약 및 현재로서는 신규 선석 정비를 위한 충분한 화물량이 집하되지 않고 있기 때문이다.

〈그림 3-15〉 국제 해상 컨테이너 터미널의 내진강화안벽 정비 현황



주 : 안벽 정비 현황의 구분은 2010년 현재 기준
 자료 : 국토교통성 항만국 계획과 작성

항만 별로 보면 중추 국제항만인 도쿄항, 요코하마항, 나고야항, 고베항, 오사카항, 하카타항의 경우는 내진강화안벽이 정비되어 있지만, 그 외의 항만은 정비가 완료된 내진강화안벽이 없는 상태이다. 내진강화안벽이 없는 항만은 지진 재해 발생 시에 국제 해상 컨테이너를 취급할 수 없게 될 가능성이 있으므로 시급한 정비가 필요하다. 또 핵심 국제항만 중에서도 정비가 완료된 내진강화안벽이 없는 항만이 많으므로 신속한 정비가 필요하다.

〈표 3-7〉 국제 해상 컨테이너 터미널의 내진강화안벽 정비 상황

	항만 계획	정비완료	정비 중	미정비
중추 국제항만	도쿄 항	5	3	1
	요코하마 항	6	1	2
	가와사키 항	1	0	0
	나고야 항	5	3	1
	돗카이치항	1	0	0
	고베항	10	4	5
	오사카항	4	2	1
	기타큐슈항	2	0	0
핵심 국제항만	하카타항	2	1	0
	합계	7	3	2
합계		43	17	12
				14

주 : 2010년 7월말 현재

자료 : 국토교통성 항만국 계획과 작성자료 출장 자료 재정리(2017. 3.)

기존 안벽의 내진 강화를 실시하려면 대체 선석의 확보나 대체 선석으로 이동하기 위한 이용자 사이의 조정이 필요하므로 난항이 예상된다. 따라서 국제 해상 컨테이너 터미널의 내진 강화를 추진시키기 위해서는 우선 신규 안벽을 내진강화안벽으로 정비하는 것이 필요하다. 특히 국제 컨테이너 전락항만으로 선정되어 있는 게인항, 한신항의 경우는 중점 투자를 통해서 시급하게 내진 강화를 추진할 필요가 있다.

또 신규로 내진강화안벽을 정비할 필요성이 없는 경우는 기존 안벽의 내진 강화를 실시하지 않을 수 없지만, 기존 안벽의 내진 강화를 실시하려면, 정비 스케줄을 관계자가 검토한 후에, 이용자의 합의를 얻어 반드시 지역방재계획에 반영해야 한다.

2) 지역 내진강화안벽 정비

내진강화안벽 정비는 일본의 ‘항만법’에 기본방침을 규정하고 있으며, 국가의 기본 방침에 따라 항만관리자가 ‘항만계획’을 수립하여 내진강화안벽 정비계획을 책정하고 있다. ‘항만계획’은 대략 10년 단위로 개정하고 있다. 국토교통성은 항만관리자가 수립한 항만계획이 국가 방침에 적합한지 판단하여 최종적으로 결정한다.

내진강화안벽의 기술적인 기준은 ‘항만 시설의 기술상 기준, 동 해설’의 제4편 제5장에 “내진강화안벽의 레벨2 지진동에 대한 변형량의 한계치에 대한 표준 지침”으로 기술되어 있다.

〈표 3-8〉 내진강화안벽의 기술적 기준

구분	변형량의 한계치(표준지침)	레벨2 지진 작용 후의 기능
특정 (긴급물자 수송용)	기능상의 관점에서 잔류수평변위를 30cm~100cm정도, 잔류경사각의 한계치를 3° 정도로 할 수 있다. 긴급복구 재료 등이 상비되어 있으며 긴급복구 체제가 정비되어 있는 경우는 100cm정도로 할 수 있다. 또 계류시설의 법선의 돌출변위량의 한계치를 설정하여 잔류변위와의 상관성을 이용하여 잔류변위의 한계치를 도출하는 방법도 있다.	(사용성) 지진발생후 구조적인 안정성을 유지하고 신속하게 선박의 이용 및 인원 및 긴급물자의 하역을 실행할 수 있도록 한다.
특정 (간선물자 수송용)	필요한 기능을 회복할 수 있을 때까지의 기간에 맞추어서 결정한다. 일반적으로 계류시설의 내진성과 크레인의 내진성을 동등하게 하기 위해 면진, 제진 기구를 지진 크레인을 설치한다. 이 경우 계류시설과 크레인의 동적상호작용을 고려한 지진응답해석을 실시하여 크레인의 구조부재의 응답은 탄성한계 이내로 설정한다.	(수복성) 지진발생 후 구조적인 안정을 유지하고 신속하게(단기간 후에) 선박의 이용 및 간선화물의 하역을 실시할 수 있도록 한다. <레벨2 지진동에 의한 손상이 경미한 수복으로 일정기간(각각의 시설 상황에 따른 기간) 내에 간선화물 수송을 실시할 수 있을 정도의 손상만 발생하도록 한다.>
표준 (긴급물자 수송용)	레벨2 지진동 작용 후 일정기간 후에 하역이 이루어질 수 있도록 설정할 필요가 있으며, 대략 잔류수평변위량 100cm이상의 적절한 한계치로 설정할 수 있다.	(수복성) 지진발생 후, 구조적인 안정이 유지되며, 일정기간 후에 긴급물자 등의 하역을 실시할 수 있도록 한다. <레벨2 지진동에 의한 손상이 경미한 수복으로 일정기간(1주일 정도) 내에 긴급화물 수송에 지장을 주지 않을 정도의 손상만 발생하도록 한다.>

자료 : 국토교통성, 항만의 대규모지진대책(정책평가, 2012) 번역본

특정내진강화안벽과 표준내진강화안벽의 차이점은 레벨2 지진동이 발생한 후에 긴급물자의 수송이 이루어질 때까지 허용된 기간의 차이이다. 내진강화안벽의 계획에는 ‘방재기본계획(재해대책기본법 제34조)’에 규정되어 있는 긴급물자수

송 대상품목의 단계에 대한 규정을 고려할 수 있다.

가. 고베항 정비현황

고베항의 내진강화안벽 정비현황 : 고베항은 현재 물류기능유지용 내진강화안벽을 11개, 긴급물자수송용 내진강화안벽을 13개, 합계 총 24개의 내진강화안벽을 정비할 계획이며, 현재 23개를 정비 완료한 상태이다.

〈표 3-9〉 고베항 물류기능유지용 내진강화안벽 정비현황

지구명	안벽명	수심(m)	선석수	길이(m)	현황
포타아일랜드 (제2기)	PI-1	-12	1	240	완료
	PC-13	-15	1	350	완료
	PC-14 PC-15(N)	-15	2	700	완료(1) 공사중(1)
	PC-15(E) PC-16 PC-17	-16	3	1,150	완료
	PC-18(E)	-16	1	400	완료
록코아일랜드	RC-6 RC-7	-16	2	800	완료
록코아일랜드(남)	RC-11	-15~-16	1	350	완료
합 계			11	3,990	

자료 : 고베항 내부자료 출장 시 취득한 자료 (2017. 3.)

내진강화안벽 정비를 위한 예산으로 내진강화안벽 추진을 위한 정부지원 인센티브는 ① 내진강화안벽의 예산은 정부가 2/3, 항만관리자가 1/3을 부담하는 것으로 규정되어 있다. ② 게이힌, 한신항과 같은 전략항만의 경우, 안벽의 수심이 16m이상이면 7/10을, 16m이하이면 2/3를 정부가 부담하는 것으로 규정되어 있다.('항만법')

나. 오사카항 정비현황

오사카시는 2006년에 책정한 '항만계획'에 따라 내진강화안벽 정비 계획을

수립하고 사업을 추진해 오고 있으나, 현재는 '항만계획'에 대한 수정 작업을 진행 중이다.

〈표 3-10〉 오사카시 내진강화안벽 정비 현황(2016년 현재)

지구명	안벽명	수심(m)	선석수	길이(m)	현황
유메노시마	유메노시마C10안벽	-16	1	700	완료
고노하나	북향 안벽	-7.5	1	130	완료
미나토	아지카와 제1호 안벽	-10	1	160	완료
다이쇼	쓰루하마 안벽	-10	1	280	완료
남항	A안벽	-7.5	3	390	
합 계			7	1,660	

자료 : 국토교통성, 항만의 대규모지진대책(정책평가, 2012) 번역본

(1) 긴급물자 수송용 내진강화안벽 선석 계산 방법

긴급물자 수송용 내진강화안벽의 선석을 계산하는 방법은 주로 배후권역의 인구를 근거로 하여 산출한다. 아래의 산출 방법에 따라 오사카항의 긴급물자 수송을 위해 필요한 선석의 수는 13개로 결정되었다.

〈표 3-11〉 긴급물자 수송용 내진강화안벽 선석 수 산출 방법(2006년도)

㉑	인구(2016년도 추정인구)	2,650,000명
㉒	피해율	30%
㉓	추정 피해인구	795,000명
㉔	1인당 긴급 물자량	40kg/1명, 1일
㉕	긴급 물자량	31,800 ton/1일
㉖	항만 부담율	10%
㉗	항만이용 긴급 물자량	3,180 ton/ 1일
㉘	1 선석 당 취급능력	250 ton/ 1선석, 1일
㉙	필요 선석 수	12.7선석

㉑: 오사카시 전역을 대상으로 하여 배후권 인구를 설정

㉒, ㉓, ㉔, ㉕: "임해부 방재거점 매뉴얼"의 규정에 따름

㉖: 추정피해인구 = ㉑ × ㉒

㉕: 긴급 물자량 = ㉓ × ㉔

㉗: 항만이용 긴급 물자량 = ㉕ × ㉖

㉙: 필요 선석 수 = ㉗ ÷ ㉘

자료 : 국토교통성, 항만의 대규모지진대책(정책평가, 2012) 번역본

(2) 오사카항의 긴급물자 수송용 내진강화안벽 정비 계획

위와 같은 방법으로 산출된 13개 선석을 아래의 표와 같이 정비 중에 있다.

〈표 3-12〉 오사카항의 긴급물자 수송용 내진강화안벽 정비 계획 및 현황

지구명	안벽명	수심(m)	선석수	길이(m)	현황
고노하나	북향 안벽	-7.5	1	130	완료
		-7.5	3	390	미정비
미나토	아지카와 제1호 안벽	-10	1	160	완료
		-10	1	160	미정비
다이쇼	쓰루하마 안벽	-10	1	280	완료
남항	R1안벽	-7.5	1	180	미정비
	R2안벽	-7.5	1	220	미정비
	A안벽	-7.5	3	390	완료
	F7안벽	-9	1	220	미정비
	F1안벽	(-7.5)	(1)	(165)	계획 취소
합 계			7	2,295	

자료 : 국토교통성, 항만의 대규모지진대책(정책평가, 2012) 번역본

(3) 오사카항 국제 해상 컨테이너 수송 대응 내진강화안벽 정비 현황

오사카항은 '항만의 대규모 지진대책 시설 정비의 기본방침'(1996년, 운수성 항만국)에 따라 국제 해상 컨테이너 터미널 중에 약 30%를 내진강화안벽으로 정비한다.

- 내진강화안벽 정비 필요량 = 14 선석 × 30% = 4.2 선석

〈표 3-13〉 오사카항 국제 해상 컨테이너 수송 대응 내진강화안벽 정비 현황

지구명	안벽명	수심(m)	선석수	길이(m)	현황
유메노시마	C10 안벽	-16	1	700	완료
	C11 안벽	-15	1	350	미정비
	C12 안벽	-15~-16	1	400	공사중
신도	C13 안벽	-15	1	350	미정비
합 계			4	1,800	

자료 : 오사카 항만국 내부자료, 출장 시 취득한 자료(2017. 3.)

2. 내진강화크레인

1) 갠트리 크레인의 내진화

크레인 내진화의 기본방침에 따라 갠트리 크레인의 내진화에 대해서는 ‘항만법’ 제56조의 2-2 제3항과 ‘항만법 시행규칙’ 제28조의 2의 규정에 따라 ‘항만계획’상 내진강화안벽(대규모 지진대책 시설)에 갠트리 크레인을 새로 정비하는 경우는 현행 기준에 따라 내진 갠트리 크레인을 정비하도록 정해져 있다.

2) 컨테이너 크레인의 내진화율

국제 해상 컨테이너 수송에는 항만에서 컨테이너 크레인을 사용한 하역이 필요하다. 따라서 지진 재해 발생 시에 국제 해상 컨테이너 등의 원활한 수송을 위해서는 안벽과 함께 하역을 실시하기 위한 컨테이너 크레인과 같은 장비의 내진화가 필요하다.

국제 해상 컨테이너 터미널의 컨테이너 크레인 내진화 추진 상황을 보면, 중추 국제항만에서는 19%, 핵심 국제항만에서는 11%, 전체적으로는 18%인 것을 알 수 있다.

〈표 3-14〉 주요 항만의 컨테이너 크레인 내진화 추진 상황

	내진화의 상황			총 크레인 수	내진화율
	내진식	면진식	비내진화		
중추 국제항만	3	24	115	142	19%
핵심 국제항만	0	2	16	18	11%
합계	3	26	131	160	18%

자료 : ‘일본의 컨테이너 크레인 일람표’(사단법인 항만하역기계시스템협회)

또 내진강화안벽 위에 있는 컨테이너 크레인의 내진화 상황을 보면, 중추 국제항만의 내진강화안벽 14선석 중에, 9선석(64%)은 안벽 위에 설치된 컨테이너 크레인이 모두 내진화되어 있다. 핵심 국제항만의 내진 강화된 국제 해상 컨테이너 터미널 3선석 중에 1선석(33%), 안벽 위에 설치된 컨테이너 크레인 중에

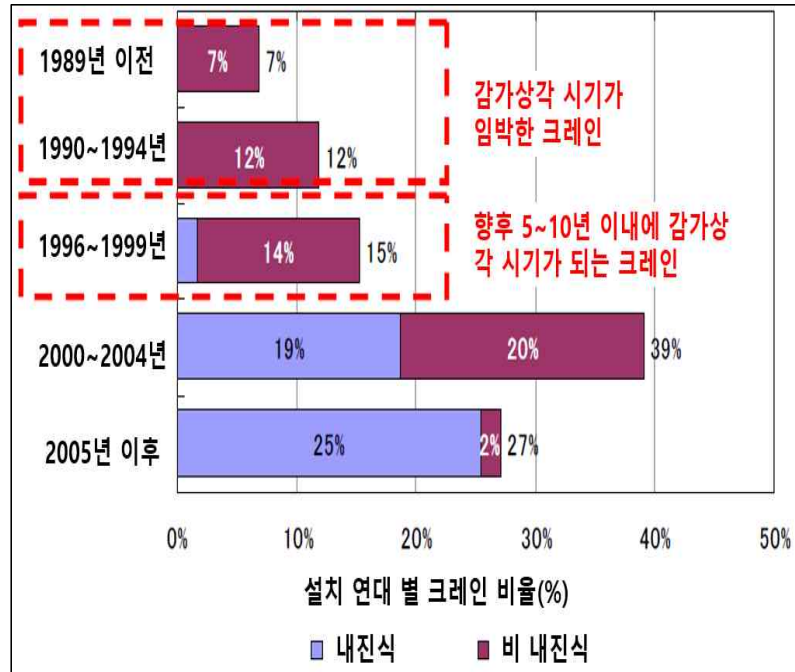
1대 이상이 내진화되어 있다. 중추 국제항만과 핵심 국제항만 전체적으로는 59%로 내진강화안벽 위에 설치된 컨테이너 크레인이 1대 이상이 내진화되어 있다.

항만관리자에 대한 조사 결과에 따르면 컨테이너 크레인의 내진화가 진행되지 않은 요인으로는, 첫째, 컨테이너 크레인의 설치가 10년 이상 전에 이루어진 것으로 당시 컨테이너 크레인의 내진화를 하지 않았기 때문이며, 둘째, 컨테이너 크레인의 교체 시기(감가상각 종료 후)에 내진화 크레인을 도입할 예정이며, 셋째, 컨테이너 크레인의 가동률이 높아서 사용 중에 내진화 또는 교체가 곤란하다. 넷째, 항만관리자의 재정상 제약을 들고 있다.

향후 컨테이너 크레인의 내진화를 위해서는 컨테이너 크레인을 사용하면서 내진화를 추진할 수 있는 기술개발이나 지원 조치 등을 강구하는 재정상의 방안 등을 검토할 필요가 있다.

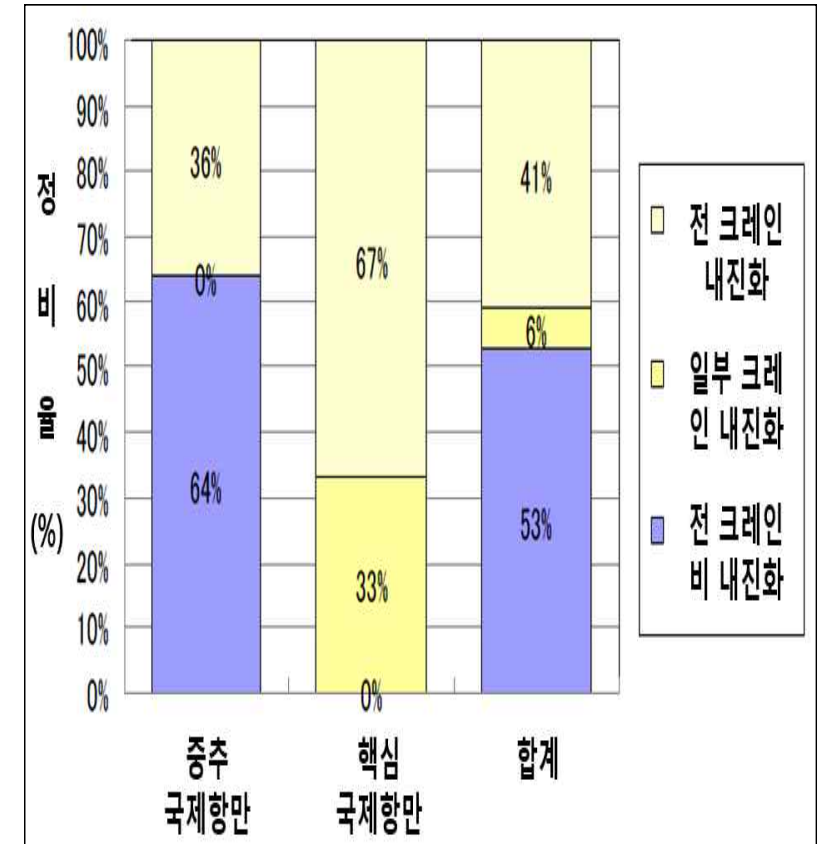
아울러 국제 해상 컨테이너 터미널에 있는 내진화되지 않은 컨테이너 크레인의 60%는 1999년 이전에 설치된 것으로 5~10년 이내에 감가상각 기간(17년)을 맞이한다. 이러한 컨테이너 크레인의 약 90%가 중추 국제항만의 컨테이너 크레인이므로 향후 중추 국제항만의 크레인부터 순차적으로 내진화를 추진할 수 있을 것으로 판단된다.

〈그림 3-16〉 설치 연대별 크레인 수



자료 : 국토교통성 항만국 계획과 자료 및 『일본의 컨테이너 크레인 일람표』(2010년 4월 현재, 사단법인 일본항만하역기계 시스템 협회)를 참조하여 작성

〈그림 3-17〉 내진안벽에 정비된 내진 크레인 비율



자료 : 국토교통성 항만국 계획과 자료 및 『일본에 있어서의 컨테이너 크레인 일람표』(2010년 4월 현재, 사단법인 일본항만 하역기계시스템 협회)에 의해 작성

3) 고베항의 갠트리 크레인 정비현황

고베항의 경우 현재 정비가 완료된 내진강화안벽 10개 선석 중에 4개 선석에 총 8대의 갠트리 크레인을 대상으로 내진화를 완료했다.

〈표 3-15〉 고베항 내진화 완료 갠트리 크레인 현황

지구명	시설명	제조사	경과연수
포트 아일랜드	PC16-1	미쓰이 조선	4
	PC16-2	미쓰이 조선	4
	PC16-3	미쓰이 조선	4
	PC17-4	미쓰이 조선	3
	PC17-5	미쓰이 조선	3
록코 아일랜드	RC7-1	미쓰이 조선	2
	RC7-2	미쓰이 조선	2
	RC7-3	미쓰이 조선	2

자료 : 국토교통성, 항만의 대규모지진대책(정책평가, 2012) 번역본

4) 갠트리 크레인의 내진 설계기준

레벨1 지진동 : 레벨1 지진동이 작용하는 변동 상태에서는 크레인 구조규격으로 담보되는 설계수평진도(0.2G)와 비교하여 평가한다.

레벨2 지진동 : 국토교통성의 ‘항만 시설의 기술상 기준을 정하는 성령’에 “레벨2 지진동이 작용하는 우발 상태에서의 수복성은 레벨2 지진동 작용에 따른 손상이 경미한 수복으로 해당 크레인 기능을 회복하는 데 영향을 미치지 않아야 한다. 따라서 손상 정도가 한계치 이하여야만 한다”고 규정되어 있다. 따라서 이것을 한계치로 설정하여 주요 구조가 변형되지 않을 것과 탈선하지 않는 것을 기준으로 삼고 있다.

5) 갠트리 크레인 내진화 비용

갠트리 크레인의 내진화를 위해서는 추가적인 비용이 소요된다. 크레인의 내진장치설치를 위해서는 약 1억 엔의 추가비용이 발생한다. 또한, 설치 후 내진 강화크레인의 적합성 확인심사비용으로 약 200만 엔이 추가로 소요되어 내진 강화크레인 1기에 대략 11.2억 엔의 비용이 소요된다.

〈표 3-16〉 내진강화크레인 소요 비용

항목	비용
내진장치 비용	- 약 1억 엔
크레인 적합성 확인심사 비용	- 약 200만 엔
기본크레인 비용	- 약 10억 엔(24열 기준)
합계	- 약 11.2억 엔
인센티브	- ‘항만법’에 따라 전체 비용의 80%를 정부(40%) 및 항만관리자(40%)가 무이자 융자

자료 : 국토교통성, 항만의 대규모지진대책(정책평가, 2012) 번역본

3. 항만업무연속계획(Port Business Continuity Plan)

재해 발생 시에는 항만의 사업지속계획(BCP) 책정을 통해 항만의 주요 기능을 확보하고, 물류수송기능, 관련 해운 및 운송사업자 등의 기능이 유지되도록 해야 한다. 항만업무연속계획은 지진과 같은 재해로부터의 항만 시설 및 기능의 피해를 최소화하고 물류기능의 빠른 복구를 가능케 하는 활동들과 방법들을 명시한 계획이다. 항만물류는 다양한 이해관계자들이 연관되어 있어 일부 기능만 정지되어도 기능 전체가 마비될 우려가 있기에 항만업무연속계획에서는 기존 방재의 관점과 다르게 아래 표와 같이 4가지 관점을 고려해야 한다.

〈표 3-17〉 BCP 시행 목적

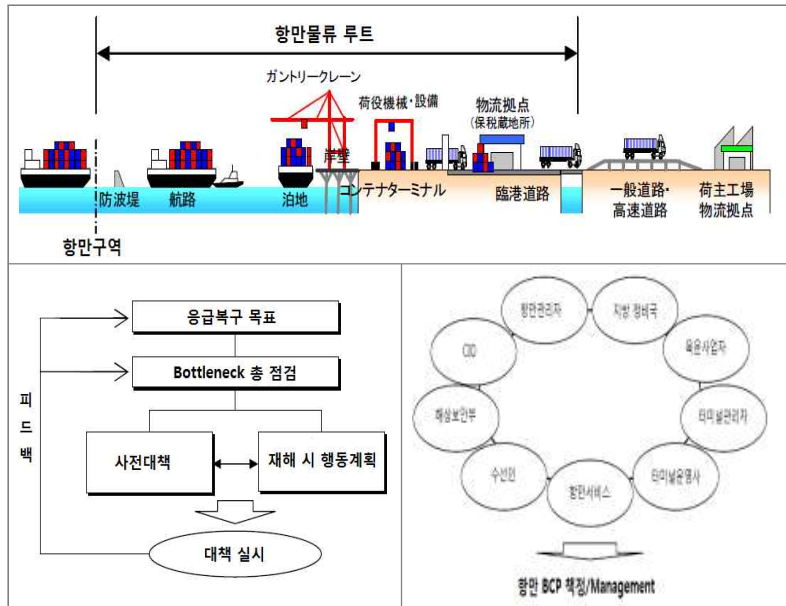
항만 BCP의 4가지 관점
① 항만물류기능의 유지, 조기 복구를 위한 목표설정과 목표달성을 위한 관리 ② 항만물류와 관련된 화주, 물류기업, 행정기관 등 다양한 관계자들의 참여 ③ 해상-부두-육상을 일관/총괄하는 대책 ④ H/W-S/W관점의 종합적이고 실천적인 대책

자료 : 이민규 외, 『항만 shutdown(공급지장)의 파급효과 분석』, 한국해양수산개발원, 2014, p.46

BCP 계획대상인 항만물류 서비스는 터미널, 임항도로, 항로·정박지 등으로 구성된 항만물류 루트 상의 모든 시설과 관계자들의 협력을 통해 창출되는 활동

이기 때문에 항만물류 루트를 1개의 단위로 계획을 세운다. 항만 BCP는 항만물류 관계자들의 참여가 필수적인 만큼 관계자들 간의 합의가 중요하며 그들을 구성원으로 한 협의회를 만든다.

〈그림 3-18〉 항만 BCP의 기본적인 구성 및 항만 BCP협의회



자료 : 이민규 외, 『항만 shutdown(공급지장)의 파급효과 분석』, 한국해양수산개발원, 2014, p.47

BCP계획은 재해대책기본법 제2조에 규정되어 있는 지정행정기관의 장 또는 지정공공기관이 그 담당 업무에 대해 작성해두는 방재에 관한 계획이다. 국토교통성 본성 및 모든 지방정비국 등1)에서 책정하며 긴급물자 수송을 확보하기 위해 필요한 업무를 기재하고 있다.

1) 지방정비국 등: 도호쿠·관동·호쿠리쿠·중부·긴키·주코쿠·시코쿠·규슈의 각 지방정비국과 함께 홋카이도 개발국 및 오키나와 종합 사무국을 포함하고 있기 때문에 편의상 '지방정비국 등'이라고 했다.

〈표 3-18〉 방재업무계획의 책정 상황

본성	도호쿠	관동	호쿠리쿠	중부	긴키
○	○	○	○	○	○
주코쿠	시코쿠	규슈	홋카이도	오키나와	
○	○	○	○	○	

자료 : 국토교통성, 항만의 대규모지진대책(정책평가, 2012) 번역본, p17

방재업무계획의 긴급물자 수송에 관한 기재 사항을 살펴보면 관동지방정비국의 경우 “필요에 따라 또는 정부 본부 등 혹은 재해지방의 공공단체의 요청이 있을 경우에 긴급수송 관련부처, 지방공공단체, 관련공공기관, 관련사업자와 밀접하게 연계하여 육·해·공을 망라한 모든 수송수단을 이용해 피해상황·긴급성·중요성을 고려한 긴급수송이 적절하게 실시되도록 필요한 조치를 강구하는 것으로 한다.”라고 기술하고 있다.

중부 지방정비국의 경우 “항만관리자와 연계하여 항만시설에 대한 순시 등을 통해 점검을 실시하여 재난상황을 파악하도록 한다. 특히 긴급수송을 위해 중요한 안벽 등에 대해서는 사용가능 여부에 대해 위기관리 정보시스템을 활용해 파악하기 위해 노력해야 한다. 또한 점검결과, 상세한 점검이 필요하다고 생각되는 경우에는, 가능한 한 빠른 시기에 상세한 점검을 실시하도록 한다.”라고 기술하고 있다.

오키나와 종합 사무국에서는 “재해 발생 시에 주민 피난이나 긴급물자 등의 수송을 확보하기 위해 항만관리자와 연계하여 항만시설의 피해 상황을 시급하게 파악하고, 필요에 따라 가설 건물 등의 응급복구를 실시한다.”로 정의하고 있다.

2005년 9월에 중앙방재회의가 결정한 ‘수도 직하형 지진 대책 대강’에서는 수도의 중추기관은 수도의 중추기능 계속성 확보를 위한 계획을 작성하도록 규정하고 있다. 따라서 국토교통성에서도 2007년 6월에 ‘국토교통성 방재업무계획’을 책정하였다. 또 〈표 3-19〉에 보듯이 모든 지방정비국 등에서도 업무계속 계획을 책정하여 방재계획에 따른 방재대책업무를 지체없이 실시할 수 있는 업무체제, 업무환경 등을 규정해 두고 있다.

〈표 3-19〉 업무계속계획(BCP)의 책정 상황

본성	도호쿠	관동	호쿠리쿠	중부	긴키
○	○	○	○	○	○
주고쿠	시코쿠	규슈	홋카이도	오키나와	
○	○	○	○	○	

자료 : 국토교통성, 항만의 대규모지진대책(정책평가, 2012) 번역본.

방재업무계획과 업무계속계획(BCP)의 관계는 업무계속계획은 방재업무계획에 따른 방재대책업무를 지체 없이 실시할 수 있도록 하는 한편, 업무정지가 사회경제 활동에 중대한 영향을 미치는 업무를 계속할 수 있도록 하기 위해 필요한 대응(업무체제, 업무환경 등)을 정해 두는 것으로 방재업무계획을 보완하는 것이다.

제4장 국내 항만지진대비 계획 수립 및 경제성 분석

제1절 국내 항만 내진강화안벽 및 안벽크레인 계획

1. 국내 주요항만 선정

항만물류공급사슬 리스크 관리를 위해 국내 주요 항만의 선정기준은 정기선 국제항로를 가지고 있으며, 연간 2백만 TEU 이상을 처리하는 항만으로 한다. 2016년 기준 국내에서 대상이 되는 항만은 부산항(19,456,291 TEU), 인천항(2,679,504 TEU)와 광양항(2,249,583 TEU) 이다.

〈표 4-1〉 국내 내진강화 주요항만 선정

단위: TEU

구분	부산	인천	광양
2012	17,046,177	1,981,855	2,153,818
2013	17,686,099	2,160,797	2,284,835
2014	18,683,283	2,334,939	2,338,335
2015	19,468,725	2,376,996	2,327,335
2016	19,456,291	2,679,504	2,249,583

자료 : 해양수산부 해운항만물류정보센터(SP-IDC) 자료(www.spidc.go.kr)

2. 국내 주요항만의 내진화 계획

1) 내진강화안벽 선정

일본의 경우 국제 해상 컨테이너 수송을 위한 내진강화안벽의 지정은 “항만의 대규모 지진대책 시설 정비의 기본방침(1996년, 운수성 항만국)”의 지침에 따라 국제 해상 컨테이너 터미널 중에 약 30%를 내진강화안벽으로 정비하는 것으로

정했다. 따라서 국내 주요항인 부산항, 인천항, 광양항의 컨테이너터미널의 30%를 내진강화안벽으로 지정한다.

〈표 4-2〉 국내 주요항만의 내진강화안벽 지정 선석 수

구분	부산	인천	광양
컨테이너 선석 수	47	13	12
지정 비율	30%		
지정 선석 수	14	4	4

주 : 부산항은 2017년 현재 건설완료 항만까지 고려

자료 : 저자 작성

신규터미널을 내진화하는 방법과 기존의 안벽을 보강하여 내진화하는 방법도 있다. 그러나 운영 중인 안벽을 중지하고 공사를 추진하기는 어려움이 따른다. 부산신항의 경우 신규 하부공사에 소요되는 비용이 1,500억 원 정도 소요된다.

항만별로 내진강화안벽에 소요되는 비용은 부산항 2,100억 원, 인천항 600억 원과 광양항 600억 원이 소요된다.

〈표 4-3〉 내진강화안벽 소요 비용

구분	부산	인천	광양
지정선석 수	14	4	4
선석당 비용(억)	150		
내진강화비용(억)	2,100	600	600

주 : 내진강화안벽 비용 : 선석건설비용의 10%

자료 : 저자 작성

2) 내진강화크레인 계획

내진강화안벽에 설치하는 내진강화 크레인은 일본의 경우 선석당 3기를 설치하고 있다. 일본의 경우 컨테이너 터미널의 입항선박이 8천 TEU급이 주력이므로 3기의 크레인으로도 충분하다. 그러나 국내 주요항만의 경우 1만 TEU급 이상의 선박이 입항하므로 선석당 4기의 내진강화 크레인을 설치하는 것이 타당하다. 따라서 기 산정한 국내 주요항만의 내진강화안벽 지정 선석을 대상으로

내진강화 크레인 수를 산정하면 아래와 같다.

〈표 4-4〉 국내 주요항만의 내진강화 크레인 지정 수

구분	부산	인천	광양
지정선석 수	14	4	4
선석당 크레인 수	4대		
내진강화 크레인 수(대)	56	16	16

자료 : 저자 작성

내진강화를 위한 크레인의 소요비용은 기본 장비가격에 10%를 더한 금액이며, 여기에 적합성검사비용 0.2억 원을 더한 1.2억 원이 소요된다.

〈표 4-5〉 내진강화 크레인 소요 비용

구분	부산	인천	광양
내진강화 크레인 수(대)	56	16	16
크레인당 내진강화 비용	1.2억엔		
내진강화비용(억)	692	198	198

주1. 내진강화크레인 비용 : 장비가격(10억 엔) + 장비가격의 10% + 적합성검사(0.2억 엔)

주2. 기준환율(2017. 9. 22.) : 1032원/100엔

자료 : 저자 작성

3) 추진주체 및 인센티브

가. 추진주체

내진강화안벽의 추진주체는 국가 또는 항만관리자이다. 내진강화 컨테이너 크레인의 추진주체는 항만관리자 또는 공사이다. 따라서 내진강화안벽은 국가에서 관리하여 지정 및 정비를 추진하고 있다. 내진강화 컨테이너 크레인은 사업주가 직접관리하고 있다. 사업제도는 항만정비사업, 사회자본정비 종합교부금, 항만 기능시설정비사업 등에서 추진하고 있다.

〈표 4-6〉 정책의 실시주체 및 사업제도

개별대책	실시주체	사업제도
내진강화안벽의 정비	국가, 항만관리자	항만정비사업, 사회자본정비 종합교부금
내진강화 컨테이너 크레인	항만관리자, 공사 등	항만정비사업, 항만기능시설정비사업

자료 : 저자 작성

나. 인센티브

항만법에 따라, 내진강화안벽의 경우 추가소요비용의 2/3는 정부에서, 항만 관리자가 1/3을 부담하는 것으로 규정되어 있다. 내진강화 컨테이너 크레인의 경우 '항만법'에 따라 전체 비용의 80%를 정부(40%) 및 항만관리자(40%)가 무이자 융자하고 사업주가 20%를 부담한다.

제2절 항만 지진 대비 안벽계획 경제성 분석

1. 손실비용 산정방법 검토 (직접비용, 간접비용)

선행연구에서는 지진 피해규모를 정확하게 산정하기 위해 정량적 피해¹⁾와 정성적 피해²⁾로 구분하여 제시하였다. 본 연구에서는 상기에 제시된 내용을 바탕으로 직접 손실비용과 간접 손실비용을 구분하여 분석에 활용하고자 한다.

1) 직접 손실비용

직접 손실비용은 자연재해로 인해 항만에 직접 발생하는 피해 금액으로 산정 방법은 과거 사례로부터 평균값을 계산하여 사용한다.

1) 정량적 피해 : 부두 및 방조제의 단차 발생, 균열, 수몰 등의 시설 피해, 항로의 수심변화, 부두의 붕괴, 항만시설의 파손, 석유탱크와 곡물 사이로 등 대형 저장시설의 파손 및 화재, 육상에 장치되어 있던 컨테이너의 유실, 재해지역으로 향하는 화물수송 항로 네트워크의 붕괴

2) 정성적 피해 : 일부 선사들이 대지진 이후 일본 항만을 기항지에서 배제하는 등 계량적으로 추정이 불가능한 피해 및 항만 이용 수출입 기업들의 수출지연으로 인한 간접적 피해

국내에 지진으로 인한 항만 피해규모를 파악할 수 있는 자료는 현재 없다. 2016년 9월 12일 경주에서 감지된 진도 6의 지진이 국내 최대 규모이다. 당시 경주에는 피해가 많이 발생했지만 경주 지진으로 인한 항만의 피해는 보고된 것이 없다. 따라서 가까운 일본에 피해사례를 바탕으로 직접 손실비용을 추정하는 것이 합리적일 것이다.

본 연구에서는 진도 7의 지진이 발생했을 때 기존의 항만에 피해가 극대화 될 것으로 가정하고 있기 때문에 진도 7의 지진과 비교하는 것이 합리적일 것으로 판단된다.

1995년 1월 17일 간사이 지방에 발생한 한신·아와지 대지진은 고베시, 니시노미야시, 아와지 섬에서 진도 7을 기록하였다. 당시 고베항의 직접 손실규모는 약 1조 ~ 1조 400억 엔으로 추산된다. 직접 손실규모가 범위로 제시되어 있어 극단값을 취하는 것이 적절하지 않는 것으로 판단되어 중간값(1조 200억 엔)을 계산하는 데 적용한다.

1조 200억 엔은 1995년 기준 직접 손실규모이므로 사회적 할인율(5.5%)을 감안하여 2016년 기준 가치로 변환한다. 2016년 가치로 변환된 금액을 다시 2016년 평균 매매기준율을 적용하여 원화로 환산하면 33조 5천억 원¹⁾이다.

고베항은 지진이 발생하기 전 35개의 선석을 운영하고 있었다. 따라서 고베항 기준으로 선석당 피해금액은 9,582억 원(2016년 기준)²⁾이다.

2) 간접 손실비용

간접 손실비용³⁾을 산정하기 위한 방법은 첫째, 항만 혹은 대상 터미널의 수입 총액으로부터 대상 터미널의 수입 감소 금액을 계산하는 방법과, 둘째, 대상 터미널의 실적 기준자료에 항만요율을 적용하여 수입 감소 금액을 계산하는 방법이 있다.

1) 1조200억 엔(1995년 기준) → 2016년 가치로 계산(사회적 할인율 5.5% 적용) → 2016년 평균 매매기준율은 1,068.17원/100엔 적용

2) 33,538,389,222,646원/35선석 = 958,239,692,076(약 9,582억 원)

3) 간접 손실비용 : 자연재해로 인한 항만의 수입(revenue) 감소 금액
- 항만의 수입 = 항만시설사용료 + 하역료 + 제반 서비스료 (하명진 외, 『항만물류론』, 탐북스, 2017; 광국석 외, 『항만운영관리론』, 박영사, 2009)

본 연구에서는 대상 터미널(부산신항 2부두)의 수입 총액을 활용하여 간접 손실비용을 추정한다.

추정하는 과정은 우선 하루 기준 수입을 산정한 후 지진으로 작업하지 못하는 일수를 곱하여 구한다. 계산결과 지진으로 인한 간접 손실비용은 약 369억 9,591만 원¹⁾이다.

2. 기본가정 수립 및 시나리오 설정

1) 기본가정

대상 자연재해는 지진으로 하며, 지진의 강도는 MMI(Modified Mercalli Intensity) 진도를 사용한다. 항만 재해대비를 위한 방안은 첫째, 내진강화 안벽, 둘째, 내진강화 크레인이다.

분석을 위한 항만재해 손실에 대한 가정은 항만의 시설과 장비는 설계 조건에 따라 고유의 내진 수준을 가진다. 지진이 발생했을 때, 지진의 강도가 시설과 장비의 내진 수준 이내인 경우에는 손실이 전혀 발생하지 않고 강도가 내진 수준을 초과하는 경우에는 손실이 발생한다고 가정한다.

대상 항만은 컨테이너 전용부두로 하고, 대상 터미널은 부산신항 2부두(PNC 터미널)²⁾로 한다. 화폐 가치의 기준 시기는 2016년이며, 일본 엔화의 환산 비율은 1,068.17원/100엔³⁾으로 한다.

1) 하루 기준 수입(1. 부산신항 2부두의 2016년 총 수입은 221,369,020,000원임, 2. 하루 기준 수입 = 221,369,020,000원/365 = 606,490,466원)
지진으로 인한 간접 손실비용(하루 기준 수입 × 지진으로 작업하지 못하는 일수(2개월(30일+31일)) = 606,490,466 × 61일 = 36,995,918,426원)

2) 안벽 길이 : 2km, 선석 개수 : 6, 안벽 크레인 보유 수량 : 21, 연간 처리실적 : 4,626,435.25TEU (2016년 기준), 수출 처리실적 : 857,882.25TEU (18.54%), 수입 처리실적 : 861,383.5TEU (18.62%), 환적 처리실적 : 2,907,169.5TEU (62.84%)

3) 2016년 환율(최초 고시, 매매 기준율 기준)의 평균 사용

2) 기준자료

가. 항만 시설 및 장비

(1) 내진강화안벽

내진강화 비용을 내진강화안벽의 선석당 구축비용은 150억 원(2016년 기준)이며, 연간 운영비는 구축비의 2%이며, 선석당 32억 원 남짓이다. 내진설계 기준은 진도 7이며, 사용연한은 30년이다.

〈표 4-7〉 내진강화안벽 기본가정

구 분	세부내용
단위당 구축비	선석당 150억 원
연간 운영비	선석당 3.2억 원(구축비의 2%)
내진설계 기준	진도 7
사용연한	30년

자료 : 저자 작성

(2) 내진강화안벽 크레인

내진강화안벽 크레인 설치를 위한 비용은 1기당 11.8억 원(2016년 기준)이며, 연간 운영비는 구축비의 2.35억 원이며, 내진설계 기준은 진도 7이며, 사용연한은 15년이다.

〈표 4-8〉 내진강화안벽 크레인 기본가정

구 분	세부내용
단위당 구축비	1기당 11.8억 원(2016년 기준)
연간 운영비	선석당 0.235억 원(구축비의 2%)
내진설계 기준	진도 7
사용연한	15년

주 : 크레인 본체 10억 엔, 내진강화설비 1억 엔, 성능검사 2백만 엔, 원화로 환산하면 11,771,233,400원

자료 : 저자 작성

(3) 기존 안벽

내진강화 비용을 내진강화안벽의 선석당 구축비용은 1,300억 원(2016년 기준)이며, 연간 운영비는 구축비의 2%이며, 선석당 26억 원남짓이다. 내진설계 기준은 진도 6이며, 사용연한은 30년 이다.

〈표 4-9〉 내진강화안벽 기본가정(기존 안벽)

구 분	세부내용
단위당 구축비	선석당 1,300억 원(2016년 기준)
연간 운영비	선석당 26억 원(구축비의 2%)
내진설계 기준	진도 6
사용연한	30년

자료 : 저자 작성

(4) 기존 안벽 크레인

내진강화 안벽 크레인 설치를 위한 비용은 1기당 11.8억 원(2016년 기준)이며, 연간 운영비는 구축비의 2.35억 원이며, 내진설계 기준은 진도 7이며, 사용연한은 15년이다.

〈표 4-10〉 내진강화안벽 크레인 기본가정(기존 안벽 크레인)

구 분	세부내용
단위당 구축비	1기당 100억 원(2016년 기준)
연간 운영비	선석당 2억 원(구축비의 2%)
내진설계 기준	진도 6
사용연한	15년

자료 : 저자 작성

3) 시나리오

시나리오를 수립하는 목적은 내진강화안벽과 기존 안벽, 내진강화 크레인과 기존 크레인 간의 손실 및 비용 차이를 분석하기 위함이다.

내진강화안벽과 내진강화 크레인의 내진설계 수준은 진도 7이고 기존 안벽,

기존 크레인의 내진설계 수준은 진도 6이므로 진도 8 이상과 6 이하의 지진에서는 손실 및 비용 차이가 없으나 진도 7에서는 손실 및 비용 차이가 발생한다.

따라서 진도 8 이상의 경우, 내진강화안벽 및 크레인과 기존 안벽 및 크레인의 내진설계 수준을 모두 초과하여 모두 손실이 발생하므로 손실의 차이가 없다. 진도 7의 경우, 내진강화안벽 및 크레인은 내진설계 수준을 초과하지 않지만 기존 안벽 및 크레인은 내진설계 수준을 초과하므로 손실의 차이가 발생한다.

진도 6 이하의 경우, 내진강화안벽 및 크레인과 기존 안벽 및 크레인의 내진설계 수준을 모두 초과하지 않아 모두 손실이 발생하지 않으므로 손실의 차이가 없다. 시나리오에 진도 7의 상황은 포함시키고, 진도 8 이상과 6 이하를 포함시키지 않는다.

〈표 4-11〉 분석을 위한 시나리오

진도	내진강화안벽 및 크레인과 기존 안벽 및 크레인의 손실 차이	내진강화안벽 및 크레인과 기존 안벽 및 크레인의 비용 차이	시나리오 반영 여부
VIII ~ XII	없음	있음	불포함
VII	있음	있음	포함
I ~ VI	없음	있음	불포함

자료 : 저자 작성

시나리오에서 진도 7의 상황을 고려하기 위해서는 진도 7의 발생 확률을 산정하여야 하며, 이에 해당하는 것은 평균재현주기 2,400년과 평균재현주기 4,800년이다. 기상청(2016)에 따르면 진도 7의 지진에 해당하는 최대가속도는 13.0 ~ 24.0%g 이다.

재현주기별 지진재해도를 사용하면 부산신항 2부두의 가속도계수는 대략적으로 다음과 같이 추정할 수 있다.

〈표 4-12〉 평균재현주기별 최대가속도 계수

평균 재현주기	50년	100년	200년	500년	1,000년	2,400년	4,800년
가속도계수	2.5%g	4.5%g	5.6%g	8%g	11%g	17%g	23%g

자료 : 저자 작성

진도 7의 최대가속도 범위와 부산신항 2부두의 가속도계수를 대응하여 시나리오를 설정한다. 최대가속도의 범위는 연속적이지만 고려하는 평균재현주기는 이산적이므로 최대가속도의 하한인 13.0에 가장 가까운 평균재현주기 1,000년과 진도 7의 지진이 400년 주기로 발생할 수 있다는 전문가의 의견에 따라 평균재현주기 400년을 시나리오에 포함시킨다.

- 시나리오 1 : 진도 7의 지진이 평균재현주기 400년으로 발생
- 시나리오 2 : 진도 7의 지진이 평균재현주기 1,000년으로 발생

평균재현주기 n년은 1년 동안 해당 지진이 발생할 확률이 1/n임을 의미하고, 매년 지진 발생 사건은 서로 독립적이라고 가정한다.

〈표 4-13〉 시나리오별 발생확률

시나리오	1년 동안 진도 7의 지진이 발생할 확률	1년 동안 진도 7의 지진이 발생하지 않을 확률
1	$\frac{1}{400}$	$1 - \frac{1}{400} = \frac{399}{400}$
2	$\frac{1}{1,000}$	$1 - \frac{1}{1,000} = \frac{999}{1,000}$

자료 : 저자 작성

3. 손실비용 산정

1) 직접손실비용

진도 7의 지진이 발생했을 때, 기존 안벽과 크레인을 사용하여 발생하는 직접손실비용은 과거의 유사 사례를 통해 추정한다. 진도 7의 지진이 발생했을 때, 내진강화안벽과 크레인을 사용하면 손실이 발생하지 않으므로 이때의 직접손실비용은 0으로 추정하고 별도로 설명하지 않는다.

1995년 일본에서 발생했던 진도 7의 지진에 의해 발생한 직접손실비용은 1조~1조400억 엔으로 알려져 있다. 진도 7의 지진 1회에 대한 선석당 직접손실비용은 9,582억 원으로 추정할 수 있다.(2016년 기준)

항만 운영기간 30년을 고려하여 시나리오별로 직접손실비용을 계산하면 다음과 같다.(계산과정은 부록3 참조)

- 시나리오1 : 431,207,861,434원(4,312억 원)
- 시나리오2 : 172,483,144,574원(1,725억 원)

〈표 4-14〉 시나리오1 직접손실비용 산정

시나리오 1 : 1년 동안 진도 7의 지진이 발생할 확률 (p) = 1 / 400		
지진 횟수 (n)	지진 n회 발생 확률 {P(n)}	기대 직접손실
1	$30C1 \times (1 / 400)^1 \times (399 / 400)^{29}$	4,010억원
2	$30C2 \times (1 / 400)^2 \times (399 / 400)^{28}$	291억원
3	$30C3 \times (1 / 400)^3 \times (399 / 400)^{27}$	10억원
4	$30C4 \times (1 / 400)^4 \times (399 / 400)^{26}$	2천3백만원
5	$30C5 \times (1 / 400)^5 \times (399 / 400)^{25}$	375,795
6	$30C6 \times (1 / 400)^6 \times (399 / 400)^{24}$	4,709
7	$30C7 \times (1 / 400)^7 \times (399 / 400)^{23}$	47
8	$30C8 \times (1 / 400)^8 \times (399 / 400)^{22}$	0

자료 : 저자 작성

〈표 4-15〉 시나리오2 직접손실비용 산정

시나리오 2 : 1년 동안 진도 7의 지진이 발생할 확률 (p) = 1 / 1,000		
지진 횟수 (n)	지진 n회 발생 확률 {P(n)}	기대 직접손실
1	$30C1 \times (1 / 1,000)1 \times (999 / 1,000)29$	1,675억원
2	$30C2 \times (1 / 1,000)2 \times (999 / 1,000)28$	48억원
3	$30C3 \times (1 / 1,000)3 \times (999 / 1,000)27$	6천8백만원
4	$30C4 \times (1 / 1,000)4 \times (999 / 1,000)26$	614,070
5	$30C5 \times (1 / 1,000)5 \times (999 / 1,000)25$	3,995
6	$30C6 \times (1 / 1,000)6 \times (999 / 1,000)24$	20
7	$30C7 \times (1 / 1,000)7 \times (999 / 1,000)23$	0

자료 : 저자 작성

2) 간접손실비용

진도 7의 지진이 발생했을 때, 기존 안벽과 크레인을 사용하여 발생하는 간접 손실비용은 과거의 유사 사례에서 항만을 운영하지 못하였던 기간, 대상 터미널을 정상적으로 운영했을 때 얻을 수 있는 수입을 통해 추정한다.

진도 7의 지진이 발생했을 때, 내진강화안벽과 크레인을 사용하면 손실이 발생하지 않으므로 이때의 간접손실비용은 0으로 산정하고 별도로 설명하지 않는다.

1995년 일본에서 발생했던 진도 7의 지진에 의해 해당 항만은 2달 동안 운영하지 못한 것으로 알려져 있다. 부산신항 2부두에서 진도 7의 지진 1회에 대한 간접손실비용은 36,995,918,426원으로 추정한다. (부록4 참조)

항만 운영기간 30년을 고려하여 시나리오별로 간접손실비용을 계산하면 다음과 같다.

- 시나리오1 : 2,774,693,882원(28억 원)
- 시나리오2 : 1,109,877,553원(11억 원)

〈표 4-16〉 시나리오1 간접손실비용 산정

시나리오 1 : 1년 동안 진도 7의 지진이 발생할 확률 (p) = 1 / 400		
지진 횟수 (n)	지진 n회 발생 확률 {P(n)}	기대 간접손실
1	$30C1 \times (1 / 400)1 \times (399 / 400)29$	25억원
2	$30C2 \times (1 / 400)2 \times (399 / 400)28$	1.8억원
3	$30C3 \times (1 / 400)3 \times (399 / 400)27$	6,580,661
4	$30C4 \times (1 / 400)4 \times (399 / 400)26$	148,436
5	$30C5 \times (1 / 400)5 \times (399 / 400)25$	2,418
6	$30C6 \times (1 / 400)6 \times (399 / 400)24$	30
7	$30C7 \times (1 / 400)7 \times (399 / 400)23$	0

자료 : 저자 작성

〈표 4-17〉 시나리오2 간접손실비용 산정

시나리오 2 : 1년 동안 진도 7의 지진이 발생할 확률 (p) = 1 / 1,000		
지진 횟수 (n)	지진 n회 발생 확률 {P(n)}	기대 간접손실
1	$30C1 \times (1 / 1,000)1 \times (999 / 1,000)29$	10억원
2	$30C2 \times (1 / 1,000)2 \times (999 / 1,000)28$	3천1백만원
3	$30C3 \times (1 / 1,000)3 \times (999 / 1,000)27$	438,601
4	$30C4 \times (1 / 1,000)4 \times (999 / 1,000)26$	3,951
5	$30C5 \times (1 / 1,000)5 \times (999 / 1,000)25$	26
6	$30C6 \times (1 / 1,000)6 \times (999 / 1,000)24$	0
7	$30C7 \times (1 / 1,000)7 \times (999 / 1,000)23$	0

자료 : 저자 작성

시나리오별 부산신항 2부두에서 진도 7의 지진 1회에 대한 손실비용은 다음과 같다.

〈표 4-18〉 시나리오별 1회 지진 직접/간접비용 산정

구분	기존 안벽 및 크레인	내진강화안벽 및 크레인
직접손실비용	5조 7,494억원	0원
간접손실비용	369억원	0원
합계	5조 7,864억원	0원

자료 : 저자 작성

부산신항 2부두에서 운영기간 30년과 지진 발생 확률을 고려한 시나리오별 손실비용 추정결과는 다음과 같다.

〈표 4-19〉 시나리오별 운영기간과 지진 발생확률 고려 직접/간접비용 산정

시나리오 1 : 진도 7의 지진이 평균재현주기 400년으로 발생		
구분	기존 안벽 및 크레인	내진강화안벽 및 크레인
직접손실비용	4,312억원	0원
간접손실비용	27억원	0원
합계	4,339억원	0원
시나리오 2 : 진도 7의 지진이 평균재현주기 1,000년으로 발생		
구분	기존 안벽 및 크레인	내진강화안벽 및 크레인
직접손실비용	1,724억원	0원
간접손실비용	11억원	0원
합계	1,735억원	0원

자료 : 저자 작성

4. 비용편익 분석

1) 효과 분석

본 연구에서 비용편익은 효과(net saving)¹⁾ 분석을 통해 확인할 수 있고 효과는 편익의 현재가치에서 비용의 현재가치를 감하여 산정한다.

¹⁾ 효과(net saving) = 편익의 현재가치 - 비용의 현재가치

효과, 편익 및 비용을 산출하기 위한 식을 본 연구의 변수에 적용하여 표현하면 아래와 같다.

- 효과(net saving) = (내진강화 안벽/크레인 도입으로 인해 절감된 직접손실비용)..... ① + (내진강화 안벽/크레인 도입으로 인해 절감된 간접손실비용)..... ② - (내진강화 안벽/크레인 도입을 위해 추가로 발생한 비용)..... ③
- 편익 = (내진강화 안벽/크레인 도입으로 인해 절감된 직접손실비용)..... ① + (내진강화 안벽/크레인 도입으로 인해 절감된 간접손실비용)..... ②
- 비용 = (내진강화 안벽/크레인 도입을 위해 추가로 발생한 비용)..... ③

가. 편익(내진강화 안벽/크레인 도입으로 인해 절감된 직·간접 손실비용)

편익은 다음과 같이 구할 수 있다.

- ① (내진강화 안벽/크레인 도입으로 인해 절감된 직접손실비용) = (기존 안벽/크레인을 사용했을 때의 직접손실비용) - (내진강화 안벽/크레인을 사용했을 때의 직접손실비용)
- ② (내진강화 안벽/크레인 도입으로 인해 절감된 간접손실비용) = (기존 안벽/크레인을 사용했을 때의 간접손실비용) - (내진강화 안벽/크레인을 사용했을 때의 간접손실비용)

〈표 4-20〉 시나리오별 편익 산정

시나리오 1 : 진도 7의 지진이 평균재현주기 400년으로 발생	
구분	
직접편익	4,312억원
간접편익	27억원
합계	4,339억원
시나리오 2 : 진도 7의 지진이 평균재현주기 1,000년으로 발생	
구분	
직접 손실비용	1,724억원
간접 손실비용	11억원
합계	1,735억원

자료 : 저자 작성

나. 비용(내진강화 안벽/크레인 도입을 위해 추가로 발생한 비용)

내진강화 안벽과 크레인을 구축하고 운영하는 것은 비용편익 분석에서 비용에 해당된다. '내진강화 안벽/크레인 도입을 위해 추가로 발생한 비용'은 다음과 같이 구할 수 있다.

〈표 4-21〉 내진강화 안벽/크레인 도입비용

구분	내진강화 안벽	내진강화 안벽 크레인	기존 안벽	기존 안벽 크레인
단위당 구축비 (¥, 엔)	150억엔	11억엔	-	-
단위당 구축비 (₩, 원)	1,602억원	117억원	1,300억원	100억원
연간운영비 (구축비 2%)	선석 당 32억원	1기 당 2.3억원	선석 당 26억원	1기 당 2억원
내진설계기준	진도 7	진도 7	진도 6	진도 6
사용연한	30년	15년	30년	15년

자료 : 저자 작성

〈표 4-22〉 내진강화 안벽/크레인 추가 발생비용

구분		내진강화 안벽 및 크레인	기존 안벽 및 크레인
안벽	구축비	9,613억원	7,800억원
	운영비	192억원	156억원
크레인	구축비	4,943억원	4,200억원
	운영비	98억원	84억원
합계 (안벽 + 크레인)		1조 4,848억원	1조 2,240억원
내진강화 안벽/크레인 도입을 위해 추가로 발생한 비용		1조 4,848억원 - 1조 2,240억원 = 2,608억원	

자료 : 저자 작성

다. 효과 분석

본 연구에서 비용편익은 효과(net saving) 분석을 통해 확인할 수 있고 효과는 편익의 현재가치에서 비용의 현재가치를 감하여 산정한다.

효과, 편익 및 비용을 산출하기 위한 식을 본 연구의 변수에 적용하여 분석하면 아래와 같다.

〈표 4-23〉 시나리오1의 내진강화 안벽/크레인 효과

시나리오1 : 진도 7의 지진이 평균재현주기 400년으로 발생			
구분		기존 안벽 및 크레인	내진강화 안벽 및 크레인
편익	직접손실비용	4,312억원	0원
	간접손실비용	27억원	0원
	손실비용 합계	4,339억원	0원
비용	안벽/크레인 추가 발생 비용	1조 2,240억원	1조 4,848억원
	총 비용 (내진 - 기존)	1조 4,848억원 - 1조 2,240억원 = 2,608억원	
효과	편익 - 비용	1,731억원	

자료 : 저자 작성

시나리오2(진도 7의 지진이 평균재현주기 1,000년으로 발생)의 효과는 다음과 같이 산출된다.

〈표 4-24〉 시나리오2의 내진강화 안벽/크레인 효과

시나리오2 : 진도 7의 지진이 평균재현주기 1,000년으로 발생			
구분		기존 안벽 및 크레인	내진강화 안벽 및 크레인
편익	직접손실비용	1,724억원	0원
	간접손실비용	11억원	0원
	손실비용 합계	1,735억원	0원
비용	안벽/크레인 추가 발생 비용	1조 2,240억원	1조 4,848억원
	총 비용 (내진-기존)	1조 4,848억원 - 1조 2,240억원 = 2,608억원	
효과	편익 - 비용	- 872억원	

자료 : 저자 작성

시나리오1과 2의 효과를 정리하면 다음과 같다.

〈표 4-25〉 시나리오별 내진강화 안벽/크레인 효과

구분	편익	비용	효과 (편익 - 비용)
시나리오1	4,339억원	2,608억원	1,731억원
시나리오2	1,735억원	2,608억원	- 872억원

자료 : 저자 작성

라. 비용편익 분석

비용편익(B/C)¹⁾ 분석은 다음의 식을 통해 도출된다. 비용-편익비가 1.0을 초과할 경우 대상 사회적으로 가치가 있다고 판단되어 채택할 수 있다. 분석결과 시나리오1은 B/C가 1.66으로 경제성이 있으며, 시나리오2는 0.67로 경제성이 없다.

¹⁾ B/C = 편익 / 비용

〈표 4-26〉 시나리오별 B/C 분석결과

구분	편익	비용	B/C
시나리오1	4,339억원	2,608억원	1.66
시나리오2	1,735억원	2,608억원	0.67

자료 : 저자 작성

마. 소결

시나리오1(진도 7의 지진이 평균재현주기 400년으로 발생)을 제외하고 B/C 값이 1이 넘지 않는 것을 확인할 수 있다.

본 연구는 단순히 개발사업의 타당성을 확인하는 것이 아니라 항만에 재난(지진)이 발생했을 때 항만 폐쇄 등 사회·경제적 파급효과를 우선적으로 고려해야 하는 점을 목적으로 한다. 만약 현재 내진설계기준을 초과하는 지진이 발생할 경우 엄청난 재앙을 가져다 줄 수 있음을 일본의 사례를 통해 확인할 수 있었다.

항만이 폐쇄될 정도의 지진이 발생할 가능성은 높지 않은 것으로 보고되고 있지만 만약 지진이 발생하면 국가 경제에 심각한 영향을 미칠 수 있다.

본 연구에서 단순히 B/C의 값만으로 타당성을 결정하기에는 무리가 있다고 판단된다. 따라서 단순히 항만측면의 직접·간접손실 뿐만 아니라 항만물류공급 사슬상의 손실비용도 산정하여 자료로 삼아야 한다.

제5장

결론 및 정책제언

제1절 결론

우리나라는 대규모 지진이 잦은 일본이나 미국 서부와 같은 판의 경계 지역과는 달리 비교적 안정된 판 내부에 위치해 오랜 동안 큰 지진이 발생하지 않을 것으로 인식되어 왔다. 그러나 최근 들어 한반도 남동부와 인근 지역에서 비교적 규모가 큰 지진들이 연달아 발생함으로써 지진재해에 대한 경각심이 증대되고 있다.

2016년 4월 14일 리히터 규모 7.3의 일본 큐슈 구마모토지진에 의한 지진동이 부산, 울산시 등 한반도 남동부에 도달하여 특히 해안가 지역을 진동시켰다. 이어 7월 5일에는 울산시 동편 52 km 해역에서 규모 5.0의 지진이 그리고 9월 12일에는 경주시 남쪽 8~9 km 지점의 양산단층대를 따라 규모 5.1의 전진과 5.8의 본진이 발생하여 원자력시설, 석유화학단지과 항만 시설 그리고 중요 문화재와 같은 국가 주요 시설물이 밀집된 경주, 울산, 부산, 대구 등을 포함한 영남 지역에서 빙글과 함께 건물이 흔들리는 강한 지진동이 감지되었다.¹⁾

한반도는 결코 지진의 안전지대가 될 수 없으며, 우리나라에서 발생하는 지진의 특성을 정확히 이해하고 다가올지 모르는 대규모 지진에 대한 중장기적인 대비책을 수립하는 것은 당면한 국가 주요 과제가 되고 있다. 끊임없이 생동하며 변화되는 지구에서 살아가는 인간은 지진의 위협성을 피해갈 방법은 없다. 그러나 우리 주변에서 발생하는 지진의 특성을 이해하고 철저히 대비한다면 그 피해는 최소화될 수 있을 것이다.

본 보고서는 『제1장 서론』, 『제2장 국내 항만지진 및 대응체계 현황』, 『제3장 일본 항만지진 및 대응 체계 현황』, 『제4장 국내 항만지진대비 계획 수립 및 경

제성 분석』으로 구성되었다. 본 연구에서는 대형 항만지진 발생 시 국내 항만물류의 공급사슬 리스크 관리를 위해 우리나라 항만재난관리계획 수립, 항만시설의 기능 유지를 위한 내진강화부두계획을 위한 연구를 수행했다. 각 장별로 다음의 연구를 수행하였다.

제1장에서는 연구의 배경 및 필요성, 연구의 목적, 연구의 범위, 연구방법과 기존 연구검토를 통해 차별성을 제시하였다.

제2장에서는 국내 지진 현황 및 발생가능성을 살펴보았다. 우리나라는 400백 년 주기로 진도 7.0 이상의 지진이 발생하고 있으며, 약 380년 전에 지진이 발생하여 조만간 대규모 지진의 발생가능성이 높은 것으로 나타났다. 항만의 지진 대비를 위한 국내 관련 법·제도 현황과 국내 지진 관련 매뉴얼 등을 검토한 결과 단순 매뉴얼 위주로 정리되어 있어 대형지진 발생에 대한 대비가 취약한 것으로 조사되었다. 그리고, 항만지진 시 손실비용을 분석하여 항만지진으로 부산항 이 3개월 폐쇄 시 70조 원의 손실이 발생하는 것으로 분석되었다. 이러한 문제점을 바탕으로 시사점을 제시하였다.

제3장에서는 대형지진 시 항만의 기능을 유지하기 위한 일본의 지진현황 및 대응체계를 살펴보았다. 일본의 임해부방재거점 매뉴얼 및 내진강화부두계획을 살펴보았다. 일본은 “지진에 강한 항만 본연의 모습”이라는 지침을 수립하여 항만지진에 대비 및 관리하고 있었다. 본 계획에는 H/W 측면의 내진강화안벽, 내진강화크레인 설치·확보계획 및 이의 운영방안을 제시하였다. 또한, 시사점을 도출하며, 우리나라에 적용 가능한 방향을 제시하였다.

제4장에서는 국내 컨테이너부두의 대형지진 발생 시 항만물류공급사슬 기능 유지를 위한 방안을 수립하여 제시하였다. 내진강화안벽, 내진강화 크레인 계획을 수립하여 부산항에 14선석, 광양항 4선석, 인천항 4선석을 제안하였다. 또한, 내진강화 크레인의 설치도 제안하여 관련 비용을 산정하였다. 이를 바탕으로 경제성 분석을 수행하여 400년 주기 대형지진 발생 시 경제성이 있음을 분석하였다.

제5장에서는 연구 결론 및 정책제언으로 국내 항만물류공급사슬 리스크 관리 선진화를 위한 정책 대안을 제시하고자 한다. 항만 지진과 같이 사고 발생 시 막대한 피해가 발생하는 경우 화물 및 시설의 안전관리에 대해서는 정부의 정책

1) 손문, 『한반도 동남부 주요 단층의 활성도 분석』, 『지진포커스』, 통권 7호, 2014, p.28.

이 매우 중요하기 때문이다.

본 연구의 목적은 항만지진에 대비하여 항만기능을 지속적으로 유지하기 위한 연구로 하드웨어 측면의 내진강화안벽, 내진강화 크레인의 설치를 제안한다. 또한, 개별부두 및 항만별로 대체부두 및 대체항만 계획을 수립하여 비상시 국제수송화물을 원활하게 처리하기 위한 대안 수립 방안을 제시한다.

그러나, 위험관리를 통해 얻을 수 있는 손실예방 효과측면의 연구를 추진하지 못한 한계가 있다. 또한, 종합적인 항만리스크 관리방안 보다는 하드웨어 측면의 내진강화안벽과 내진강화 크레인의 설치에 집중하였다. 따라서 BCP 수립, 대체부두와 대체항만 등의 소프트웨어적인 측면의 연구는 필요성을 제시하였다. 따라서 추후 연구에서는 항만리스크 관리를 위한 계획, 관리와 효과 측정 측면의 연구가 필요할 것으로 전망한다.

제2절 정책제언

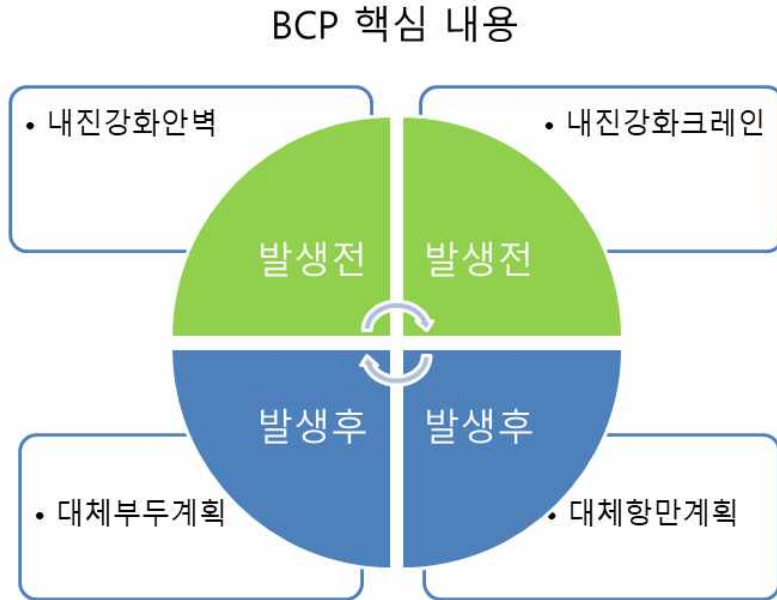
1. 제4차 항만기본계획에 주요 항만의 BCP 계획 수립

일본의 대지진들에서 알 수 있듯이 지진의 경우 발생빈도는 낮아도 발생 시 재난규모는 상상을 초월한다. 막대한 피해와 물류기능의 마비는 수출입이 국가 경제의 80% 이상을 차지하는 우리나라의 경제에 심각한 위해를 가할 수 있다. 따라서, 어떤 경우에도 항만의 물류기능을 지속적으로 유지하고 관리하는 것은 가장 중요한 사항 중 하나일 것이다. 일본의 경우 지진에 대비해서 항만의 연속성 관리를 위해 항만별 BCP(Business Continuity Plan: 비즈니스 연속성 관리)를 수립하여 추진하고 있다.

항만 BCP는 대지진 등 자연재해가 발생하더라도 해당 항만의 중요 기능이 최소한 유지되도록 자연재해 등이 발생한 직후에 실시하는 구체적인 대응(대응 계획)과 평상시에 실시하는 관리(관리계획) 등을 적시한 문서를 말한다. 2016년 현재 일본 모든 항만(125개 항만)에서 항만 BCP 책정이 완료되었다.

우리나라 항만에는 기본적인 재난 대응방안 이외에는 수립되지 않고 있는 실정이다. 이를 실제적인 대응방안 수립을 통한 항만의 지속성 향상을 위해 2018 년도에 추진예정인 제4차 항만기본계획에 주요 항만의 BCP 계획을 포함하여 본 연구에서 제시하고 있는 항만기능 유지를 위한 내진강화안벽, 내진강화컨테이너 크레인의 항만별 설치를 위한 기본계획과 재난 발생 시 신속한 대처를 위한 대체부두 및 대체항만 계획을 수립하여 제시하여야 한다.

〈그림 5-1〉 항만 BCP 핵심 내용



자료 : 저자 작성

BCP 수립을 위해서 해양수산부에서는 표준 BCP(안)을 제시해야 한다. 표준(안)에는 우리나라 개별 항만별로 첫째, 대체부두계획, 둘째, 대체항만계획을 수립해야 한다. 또한, 부산항, 인천항, 광양항은 국가 필수 내진강화안벽으로 지정된 항만으로 내진강화안벽 및 내진강화크레인 추진계획을 수립하고 제시해야 한다.

대체부두계획 및 대체항만계획의 수립은 정부차원에서 분석하여 제시해야 한다. 이를 위해서 권역별 계획뿐만 아니라 전국적 계획을 포함하여 연구 분석해야 한다. 또한, 항만공사 및 지방청에서는 재난 발생 시 개별항만의 대체부두 및 대체항만에 대한 자료를 확보하여 BCP 계획의 추진상황에 대해서 정기점검해야 한다. 이를 통해 달성도를 점검할 수 있으며, 유사시에 대비한 대응계획을 추진할 수 있다.

2. 항만법에 지진대응 관련 항목 추가

일본의 경우 항만법에 “항만의 대규모 지진대책 시설 정비 기본방침”을 제시하여 국제해상터미널에 내진강화안벽 및 내진강화크레인이나 크레인의 설치를 의무화하고 있다. 이를 통해 관련 예산을 확보하여 지원금 및 인센티브를 제공하고 있다. 또한, 10년마다 진행상황을 체계적으로 관리하여 항만의 지진대비 안전성 향상을 노력하고 있다.

〈표 5-1〉 항만의 대규모 지진대책 시설 정비 기본방침(1996년 12월 책정)

이 기본방침의 대규모 지진대책 시설 등의 정비 방침 중에 컨테이너 터미널 등의 내진화에 대해서는 다음과 같이 정해져 있다.

‘②지진 재해로 인한 물류기능 마비가 배후지역 뿐만 아니라 우리나라의 사회경제 활동에 미치는 영향이 큰 것으로 판단되는 간선화물 수송기능을 확보하기 위한 목적으로 정비하는 대규모 지진대책 시설은 국제 해상 컨테이너 수송, 다목적 외항수송 및 복합일관수송에 대응한 내항수송을 담당하는 항만에 정비한다.’ 그리고 위의 대상 항만에는 ‘내진강화안벽 및 임항도로와 함께 필요한 야드, 주차장 등을 갖추는 것으로 한다.’라는 방침이 기재되어 있으며, 필요한 시설량 및 규모에 대해서는 ‘국제 해상 컨테이너 터미널, 다목적 국제터미널 및 복합일관수송에 대응한 내항터미널에는 지진 재해 직후부터 복구 완료에 이르기까지 일정한 간선화물 수송기능을 확보하기 위해 필요한 시설량을 확보하기 위해 노력한다.

또한 다목적 국제터미널 및 복합일관수송에 대응한 내항터미널은 원칙적으로 긴급물자 수송과 검문시키는 것으로 한다.’라고 기재되어 있다. 덧붙여 구체적인 목표치로서는 ‘항만의 대규모 지진대책 시설 정비 기본방침’ 해설(1996년 12월)에 다음과 같이 기재되어 있다.

‘국제 해상 컨테이너 터미널의 내진강화안벽은 정비 효과를 검토한 다음 필요한 시설량을 확보한다. (각 지역의 보관 시설량의 약 30%를 확보하는 것이 기본)’

〈표 5-2〉 지진에 강한 항만 본연의 모습(답산) (2005년 3월 22일 책정)

이 답산에서는 기간산업인 국제 해상 컨테이너 수송 등에 대해서는 단지 재난지역에 대한 물자공급이라는 관점뿐만 아니라 재난지역의 조기 경제 부흥, 산업의 국제 경쟁력 유지라는 관점에서, 경제나 산업에 중요한 역할을 담당하는 물류거점기능 확보가 필요하다. 따라서 기존의 목표(각 지역의 보관시설량의 약 30%를 확보)에 대해서 ‘컨테이너 수송의 실태나 각 지역의 특성을 고려하여 재난발생 후에도 국제해상운송 네트워크로서 일정한 기능을 확보할 있도록 새로운 목표를 설정해, 국제 해상 컨테이너 터미널의 내진 강화안벽 정비를 한층 더 추진한다. 또 컨테이너 터미널 전체적인 기능을 확보하기 위해 컨테이너 크레인의 내진화나 배후지와 연결된 임항도로의 교량·고가도로에 대한 내진 보강을 추진한다.’라는 방침이 기재되어 있다.

〈표 5-3〉 항만의 개발, 이용 및 보존, 개발보존항로의 개발에 관한 기본방침 (2008년 10월 책정)

이 기본방침에는 지진 재해 직후에 기간산업인 물류 네트워크망을 유지하기 위해, '지진 재해 직후부터 복구 완료까지의 기간 동안 국제 및 국내 해상운송망으로서의 일정한 기능을 확보할 수 있도록, 항만 간의 대체·보완 기능을 고려하면서, 중추 국제항만 및 핵심 국제항만의 국제 해상 컨테이너 터미널이나, 복합일관 수송에 대응하는 내항터미널에 대해서는 인벽이나 관련 시설의 내진 강화를 추진한다' 라는 방침이 기재되어 있다.

우리나라의 경우 항만법에는 항만의 재난, 재해와 관련된 법조항이 없다. 따라서, 지진발생전·후에 항만기능 유지를 위한 법령을 추가해야 한다. 이를 위해서 일본의 항만법을 준용하여 지진관련 항만법 개정(안)을 제시한다.

〈표 5-4〉 항만 지진관련 항만법 법률(안)

제○조(항만시설의 안전 관리) ① ~
 ③ 해양수산부 장관은 항만의 지속성 유지를 위해 내진강화안벽, 내진강화크레인을 지정하거나, 항만 사업연속속관리계획을 수립해야 한다.
 ④ 이 법에서 항만 지진대비에 관한 구체적인 내용은 대통령령으로 정한다.

자료 : 저자 작성

항만시설 및 장비의 지진대비를 위해서 내진강화안벽, 내진강화크레인을 지정할 수 있으며, 또한, 재난시 항만물동량의 처리를 위해 대체항만 및 대체부두를 지정할 수 있는 법률 근거를 마련한다.

〈표 5-5〉 항만 지진관련 항만법 시행령(안)

제○조(내진강화안벽의 설치) 지진발생시 항만시설의 물류기능유지를 위해 다음 각호의 업무를 수행한다.
 1. 내진강화안벽의 지정
 2. 내진강화안벽의 기준 및 설치방법 제시
 3. 내진강화안벽의 점검
 4. 내진강화를 위한 인센티브 지원방안 수립
 5. 항만안전도 점검
 6. 1~5 이외에 필요하다고 판단되는 업무
 제○조(내진강화크레인의 설치) 항만안전관련협회는 다음 각 호의 업무를 수행한다.
 지진발생시 항만시설의 물류기능유지를 위해 다음 각호의 업무를 수행한다.

1. 내진강화크레인의 지정
 2. 내진강화크레인의 기준 및 설치방법 제시
 3. 내진강화크레인의 점검
 4. 내진강화크레인을 위한 인센티브 지원방안 수립
 5. 항만장비 안전도 점검
 6. 1~5 이외에 필요하다고 판단되는 업무
- 제○조(항만 사업연속관리계획 수립) 항만운영자는 항만지진에 대비하여 사업연속관리계획을 수립해야 한다. 사업연속관리계획의 주요 내용은 다음 각호와 같다.
1. 내진강화안벽 설치 및 내진강화계획 수립
 2. 재난 발생시
 3. 내진강화크레인의 점검
 4. 내진강화크레인을 위한 인센티브 지원방안 수립
 5. 항만장비 안전도 점검
 6. 1~5 이외에 필요하다고 판단되는 업무

자료 : 저자 작성

3. 내진강화 컨테이너크레인의 기술개발

일본에서 사용하고 있는 내진강화 컨테이너크레인인 세 가지 방식이다. 제조 회사별로 자사의 표준을 적용하여 내진강화 컨테이너크레인을 제작하고 있다. 국내에 내진강화 컨테이너크레인을 설치할 경우 부산항, 인천항, 광양항에 소요되는 비용은 약 1,100억 원에 달한다. 관련된 기술을 국내 하역장비 제조업체에서 구현할 수 있다면 국부손실을 최소화하고 한국형 내진강화 컨테이너크레인 기술을 보유할 수 있다. 또한, 기술이 확대된다면 국내 조선소 및 건설현장에서 사용하는 크레인의 내진화도 가능하여 잠재적 시장규모를 확대할 수 있다.

〈표 5-6〉 내진강화 컨테이너크레인 기술개발(안)

구분	세부 정책	세부내용
1차 년도	내진강화 크레인 계획 수립	- 내진강화 크레인 기술개발 기획연구 - 내진강화 크레인 설치 추진계획 수립 - 내진강화 크레인 추진 기대효과 분석
2차~3차 년도	내진강화 크레인	- 내진강화 크레인 현황조사(일본사례) - 내진강화 크레인 특허분석 - 내진강화 크레인 기본설계 및 실시설계 - 내진강화 크레인 제작 및 테스트 - 내진강화 크레인 제작 완료

자료 : 저자 작성

4. 관련주체 간 긴밀한 협조체계 구축(안)

일본의 경우 항만지진에 대비하기 위한 다양한 정책대안별로 추진주체가 명확하게 구분되어 있다. 국가, 항만관리자, 공사와 민간사업자 등이 각 정책대안의 원활한 추진을 위해 각자 맡은 바를 다하고 있다. 이러한 역할의 이면에는 개별 담당기관간의 유기적이고 긴밀한 협조체계가 구축되어 있기 때문에 가능하다. 정부에서는 기본계획을 세우고, 예산을 지원한다. 공사에서는 시설물 구축현황 및 파악하며, 항만관리자는 내진강화 컨테이너크레인의 설치 및 유지정비에 힘쓴다. 민간사업자는 정부에 정책에 따라 시설 및 장비를 관리하고 유지하며, 정책을 따른다. 이러한 역할 및 기능을 수행하기 위해서는 관련기관 간의 긴밀한 협조체계 구축이 필요하다. 이를 위해 (가칭)항만지진대비협의체를 구성한다. 협의체는 해양수산부, 항만공사, 중앙안전소방본부, 국토교통부 및 기상청으로 구성한다.

〈그림 5-2〉 항만지진대비 협의체 구성(안)



자료 : 저자 작성

5. 항만시설물 내진강화 추진(안)

2016년 기상청에서 제시한 우리나라 주요 시설물의 내진설계 비율을 보면 필수 안전시설인 가스생산설비, 원자로, 댐은 100% 내진설계가 진행되었다. 공항도 91.7% 내진설계가 되어 유사시 안전성 확보가 가능하다. 그러나, 항만의 경우 25.5%만이 내진설계가 되어 있다.

이는 신항만을 제외하고는 전국의 대부분의 항만이 내진설계가 이루어지지

않아 지진에 취약하다. 지진 발생 시 전국 대부분의 항만이 기능을 상실할 위험이 높다. 따라서, 단계적으로 항만시설물의 내진성능을 향상시킬 수 있는 방안과 계획을 수립하여 추진해야 한다. 이를 위해서 항만 시설물의 내진수준 및 현황을 파악하고 내진강화 추진계획을 수립해야 한다.

〈그림 5-3〉 한국 시설물 내진설계 비율



자료 : 기상청, 「지진의 규모와 진도에 관한 정확한 개념을 알리기 위한 설명」, 2016

국내 항만시설물의 내진강화를 위한 추진방안을 수립해야 한다. 이를 위해 항만시설물의 내진강화(안)는 다음과 같다.

〈표 5-7〉 항만시설물 내진강화 추진(안)

구분	세부 정책	세부내용
1차 년도	항만시설물 현황조사	- 국내 항만시설물 설치연도, 내진현황 등 - 국내 항만장비 설치연도, 내진현황 등 - 민간부두 시설물(건축물, 항만장비 등) 설치연도, 내진현황
	내진강화 시설물 선정	- 항만시설물 내진강화 대상 선정 - 항만장비 내진강화 대상 선정 - 민간부두 내진강화 대상 선정
	내진강화 방안 수립	- 관련기술 현황 조사 - 기술별 적용성 검토 - 기술별 소요비용 및 추진계획 수립
2차~6차 년도	항만시설물 내진강화	- 지역별 단계적 항만시설물 내진강화 실시 50% 완료
	항만장비 내진강화	- 지역별 단계적 항만장비 내진강화 실시 50% 완료
	민간부두 내진강화	- 지역별 단계적 민간부두 내진강화 실시 50% 완료
7차~11차 년도	항만내진강화 중간평가	- 1~5차년도까지의 항만시설물 내진강화 중간평가 실시 - 추진성과, 향후 보완사항 등
	항만시설물 내진강화	- 지역별 단계적 항만시설물 내진강화 실시 100% 완료
	항만장비 내진강화	- 지역별 단계적 항만장비 내진강화 실시 100% 완료
	민간부두 내진강화	- 지역별 단계적 민간부두 내진강화 실시 100% 완료

자료 : 저자 작성

6. 지진대비 항만물류 리스크관리 로드맵

항만지진대비 리스크관리를 위한 로드맵을 수립한다. 추진과제는 정책, 법제도, 기술로 구분하여 제시하였다. 목표는 지진 발생 시 항만물류기능 지속성 확보를 제시하였다. 비전은 지진대비 안전항만이며, 각 도입, 추진, 발전단계로 구분하여 실행방안을 제시하였다. 로드맵에 따른 실행으로 지진대비 안전항만 수립이 가능하다.

로드맵의 추진을 위해 주체별 역할을 구분한다. 첫째, 정부에서는 도입단계에

서 대체부두계획 표준안 수립, 대체항만계획 표준안 수립, 항만법 개정, 항만 BCP 지침 수립, 내진강화안벽 계획 수립, 내진강화크레인 계획 수립과 정책추진 성과 분석을 위한 위험도 평가시스템 마련을 수행한다. 둘째, 항만공사에서는 대체항만계획의 추진, 항만기본계획 반영 항만별 계별 계획 수립을 지원한다. 항만운영사에서는 항만별 대체부두계획 수립, 내진강화안벽, 내진강화크레인 설치 등의 역할을 수행한다.

〈그림 5-4〉 지진대비 항만물류공급사슬 리스크 관리 로드맵



자료 : 저자 작성

7. 각 부문별 연차별 추진 로드맵

항만의 내진강화를 위해 추진해야 할 사업을 정책부문, 법제도부문, 기술부문으로 구분하여 로드맵을 제시한다.

1) 정책부문 추진 로드맵

〈표 5-8〉 정책 추진 로드맵

구분	세부 정책	세부내용
1차 년도	해양수산부 대체부두계획 수립	- 재난 부두의 기능을 대체할 수 있는 인근 부두의 시설 확보 로직 개발
	해양수산부 대체항만계획 수립	- 재난 항만의 기능을 대체할 수 있는 인근 부두의 시설 확보 로직 개발
2차 년도	해양수산부 대체부두계획 수립	- 재난 부두의 기능을 대체할 수 있는 인근 부두의 시설 확보(안) 분석
	해양수산부 대체항만계획 수립	- 재난 항만의 기능을 대체할 수 있는 인근 부두의 시설 확보(안) 분석
3차 년도	터미널별 대체부두 계획 수립	- 개별 터미널부두별 대체부두계획 40% 수립
	항만별 대체항만 계획 수립	- 항만별 대체부두 계획 40%수립
4차 년도 이후	터미널별 대체부두 계획 수립	- 개별 터미널부두별 대체부두계획 100% 수립
	항만별 대체항만 계획 수립	- 항만별 대체부두 계획 100%수립

자료 : 저자 작성

2) 법제도부문 추진 로드맵

〈표 5-9〉 법제도 추진 로드맵

구분	세부 정책	세부내용
1차 년도	항만법 개정	- 지진대비 항만의 BCP 수립, 대체부두·대체항만 수립을 위한 법체계 개정
	항만BCP 지침 수립	- 항만 BCP 표준체계 수립 - 항만별 BCP 수립을 위한 관리체계 구성 · 관리·감독을 위한 관계기관과의 합동 조직 구성(인) 마련 - 추진 인센티브 방안 수립 - 자원 확보방안 수립
2차 년도	항만기본계획 반영	- 무역항 기본계획 수립 시 BCP 계획 수립 반영
3차 년도	항만기본계획 반영 평가	- 무역항 기본계획 수립 시 BCP 계획 수립 반영에 대한 정책적 평가 시행

자료 : 저자 작성

3) 기술부문 추진 로드맵

〈표 5-10〉 기술 추진 로드맵

구분	세부 정책	세부내용
1차 ~3차 년도	내진강화안벽 계획 수립	- 내진강화안벽 기술개발 기획연구 - 내진강화안벽 설치 추진계획 수립 - 내진강화안벽 추진 기대효과 분석
	내진강화크레인 계획 수립	- 내진강화크레인 기술개발 기획연구 - 내진강화크레인 설치 추진계획 수립 - 내진강화크레인 추진 기대효과 분석
4차 ~6차 년도	내진강화안벽	- 내진강화안벽 30% 설치(부산항, 광양항, 인천항)
	내진강화크레인	- 내진강화크레인 30% 설치(부산항, 광양항, 인천항)
7차 년도 이후	내진강화안벽	- 내진강화안벽 100% 설치(부산항, 광양항, 인천항)
	내진강화크레인	- 내진강화크레인 100% 설치(부산항, 광양항, 인천항)

자료 : 저자 작성

8. 각 연차별 통합 추진 로드맵

각 연차별 정책, 법제도, 기술부문의 통합 추진 로드맵을 수립한다. 1차년도에는 정책(대체부두계획 및 대체항만계획 수립) 10억 원, 법제도(항만법 개정 및 항만 BCP 지침 수립) 5억 원, 기술(내진강화안벽, 내진강화크레인, 내진강화항만시설물) 30억 원이 소요되어 총 45억 원이 필요하다.

연차별로 2차년도 5천290억 원, 3차년도 5천280억 원, 4차년도 7천615억 원, 5차년도~11차년도 매년 7천600억 원이 소요될 것으로 예상된다.

〈표 5-11〉 1차년도 추진 로드맵

구분	세부 정책	세부내용	예산
정책	해양수산부 대체부두계획 수립	- 재난부두의 기능을 대체할 수 있는 인근 부두의 시설 확보 로직 개발	연구용역 10억 원
	해양수산부 대체항만계획 수립	- 재난 항만의 기능을 대체할 수 있는 인근 항만의 부두 시설 확보 로직 개발	
법제도	항만법 개정	- 지진대비 항만의 BCP 수립, 대체부두·대체항만 수립을 위한 법체계 개정	연구용역 5억 원
	항만BCP 지침 수립	- 항만 BCP 표준체계 수립 - 항만별 BCP 수립을 위한 관리체계 구성 · 관리·감독을 위한 관계기관과의 합동 조직 구성(인) 마련 - 추진 인센티브 방안 수립 - 자원 확보방안 수립	
기술	내진강화안벽 계획 수립	- 내진강화안벽 기술개발 기획연구 - 내진강화안벽 추진 기대효과 분석	연구용역 30억 원
	내진강화크레인 계획 수립	- 내진강화크레인 기술개발 기획연구 - 내진강화크레인 추진 기대효과 분석	
	내진강화 항만시설물 계획수립	- 항만시설물 현황조사 - 선정기준 수립 - 소요예산 및 기대효과 분석	

자료 : 저자 작성

〈표 5-12〉 2차년도 추진 로드맵

구분	세부 정책	세부내용	예산
정책	해양수산부 대체부두계획 수립	- 재난부두의 기능을 대체할 수 있는 인근 부두의 시설 확 보(인) 분석	연구용역 10억 원
	해양수산부 대체항만계획 수립	- 재난항만의 기능을 대체할 수 있는 인근 항만의 시설 확 보(인) 분석	연구용역 10억 원
법제도	항만기본계획 반영	- 무역항 기본계획 수립시 BCP 계획 수립 반영	연구용역 10억 원
기술	내진강화안벽 계획 수립	- 내진강화안벽 연구개발 추진 I - 내진강화안벽 설치 추진계획 수립	연구개발비 130억 원
	내진강화크레인 계획 수립	- 내진강화크레인 연구개발 추진 I - 내진강화크레인 설치 추진계획 수립	연구개발비 130억 원
	내진강화 항만시설물 계획 수립	- 내진강화 항만시설물 설치 추진계획 수립 - 내진강화 항만시설물 사업 추진	사업비 5,000억 원

자료 : 저자 작성

〈표 5-13〉 3차년도 추진 로드맵

구분	세부 정책	세부내용	예산
정책	터미널별 대체부두 계획 수립	- 개별 터미널 부두별 대체부두계획 40% 수립	연구용역 5억 원
	항만별 대체항만 계획 수립	- 항만별 대체부두 계획 40% 수립	연구용역 5억 원
법제도	항만기본계획 반영 평가	- 무역항 기본계획 수립시 BCP 계획 수립에 대한 정책적 평가 시행	연구용역 10억 원
기술	내진강화안벽 계획 수립	- 내진강화안벽 연구개발 추진 II	연구개발비 130억 원
	내진강화크레인 계획 수립	- 내진강화크레인 연구개발 추진 II	연구개발비 130억 원
	내진강화 항만시설물 계획 수립	- 내진강화 항만시설물 사업 추진	사업비 5,000억 원

자료 : 저자 작성

〈표 5-14〉 4차년도 추진 로드맵

구분	세부 정책	세부내용	예산
정책	터미널별 대체부두 계획 수립	- 개별터미널 대체부두계획 100% 수립	연구용역 5억 원
	항만별 대체항만 계획 수립	- 항만별 대체부두계획 100% 수립	연구용역 5억 원
법제도	항만기본계획 반영 평가	- 민간부두 내진성능강화를 위한 투자비용 지원 및 인센티브 방안 수립	연구용역 5억원
기술	내진강화안벽 계획 수립	- 내진강화안벽 설치 30%(부산, 인천, 광양)	설치비 2,500억 원
	내진강화크레인 계획 수립	- 내진강화크레인 설치 30%(부산, 인천, 광양)	설치비 100억 원
	내진강화 항만시설물 계획 수립	- 내진강화 항만시설물 사업 추진	사업비 5,000억 원

자료 : 저자 작성

〈표 5-15〉 5차년도 추진 로드맵

구분	세부 정책	세부내용	예산
기술	내진강화안벽 계획 수립	- 내진강화안벽 설치 30%(부산, 인천, 광양)	설치비 2,500억 원
	내진강화크레인 계획 수립	- 내진강화크레인 설치 30%(부산, 인천, 광양)	설치비 100억 원
	내진강화 항만시설물 계획 수립	- 내진강화 항만시설물 사업 추진	사업비 5,000억 원

자료 : 저자 작성

〈표 5-16〉 6차년도 추진 로드맵

구분	세부 정책	세부내용	예산
기술	내진강화안벽 계획 수립	- 내진강화안벽 설치 30%(부산, 인천, 광양)	설치비 2,500억 원
	내진강화크레인 계획 수립	- 내진강화크레인 설치 30%(부산, 인천, 광양)	설치비 100억 원
	내진강화 항만시설물 계획 수립	- 내진강화 항만시설물 사업 추진	사업비 5,000억 원
정책	내진강화정책 성과평가	- 내진강화정책 성과평가 및 향후 추진계획 보완·검토	연구용역 10억 원

자료 : 저자 작성

〈표 5-17〉 7차~11차년도 추진 로드맵

구분	세부 정책	세부내용	예산
기술	내진강화안벽 계획 수립	- 내진강화안벽 설치 100%(부산, 인천, 광양)	설치비 2조 7,500억 원
	내진강화크레인 계획 수립	- 내진강화크레인 설치 100%(부산, 인천, 광양)	설치비 1,250억 원
	내진강화 항만시설물 계획 수립	- 내진강화 항만시설물 사업 추진	사업비 2조 5천억 원

자료 : 저자 작성

참고문헌

〈국내 문헌〉

- 강광하, 『산업연관분석론』, 연암사, 2000.
- 고병욱·김태일·이민규·이건우, 『외항해운산업의 산업연관효과 평가를 위한 위성계정 도입방안』, 한국해양수산개발원, 2013.
- 기상청, 『지진의 규모와 진도에 관한 정확한 개념을 알리기 위한 설명』, 설명자료, 2016.
- 곽규석·문성혁·박병인·백인흠, 『항만운영관리론』, 박영사, 2009.
- 관세청, 수출입무역통계 DB, 관세청.
- 김의준, 「항만 CGE모형 구조 및 개발 방향」, KMI 세미나 발표자료, 2011.
- 김형근·이종필·하태영·이주원, 『항만에서의 재난 및 재해 영향과 대응방안 연구』, 한국해양수산개발원, 2012.
- 류문현·조승국, 「자연재난의 국민경제적 파급효과 분석 - 태풍피해를 중심으로 -」, 『생산성논집』, 제24권 제3호, 2010.
- 박광순, 「시설물 내진설계기준 현황 및 개선방안」, 『시설물저널』, Vol. 26, 2013.
- 손 문, 「한반도 동남부 주요 단층의 활성도 분석」, 『지진포커스』, 통권 7호, 2014.
- 소방방재청, 「주요시설물의 지진대비 필수기능 유지방안 연구」, 2006, 12.
- 윤동하·최용석·김선구, 「컨테이너터미널의 사고유형에 따른 리스크 등급 산정 및 분석」, 『해운물류연구』, Vol. 30, No. 4, 2014.
- 이기화, 「양산단층계 지진활동의 통계적 분석」, 『지질공학』, 8(2), 1998.
- 이민규·김찬호·김우선·안영균, 『항만 shutdown(공급 지장)의 파급효과 분석』, 한국해양수산개발원, 2014.
- 이민규·송민호·이건우, 「산업연관분석을 활용한 수출입 항만물동량 유발효과와 계산」, 『해운물류연구』, 제30권 제3호, 2014.
- 이창근·김의준, 「물류산업의 공급지장이 국민경제에 미치는 영향: 산출승수와 생산-생산승수의 적용」, 『한국지역개발학회지』, 제21권 제3호, 2009.

- 이춘근, 『지역산업연관분석론』, 학문사, 2006.
- 이한경·변지석·고수웅·박범수, 『2015 재해연보』, 국민안전처, 2016.
- 최정환·조운철·고성필·황원식, 「우리나라 수출입 해상물동량 감소에 따른 경제적 파급효과 분석」, 『해양정책연구』, 제32권 제1호, 2017.
- 하명신·최홍엽·최성광·추선애·송영수·박경희·박길영·류광목, 『항만물류론』, 탐북스, 2017.
- 한국은행, 『산업연관분석해설』, 한국은행, 2007.
- 한국은행, 『2005년 지역산업연관표』, 한국은행, 2009.
- 한국해양수산개발원, 『2011년 국가교통수요조사 및 DB구축사업: 해상화물 O/D 보완갱신』, 한국해양수산개발원, 2012.
- 해양수산부, 『항만 및 어항 설계기준-해설』, 2014.
- 해양수산부·한국지진공학회, 『항만 및 어항시설의 내진설계표준서』, 1999.

〈국외 문헌〉

- 『임해부 방재 거점 매뉴얼』, 국토교통성 항만국, 2016.
- 『항만의 대규모 지진대책』, 국토교통성, 2012.
- Davis, H. C. and E. L. Salkin, "Alternative approaches to the estimation of economic impacts resulting from supply constraints", *Annals of Regional Science*, 18, 1984.
- Lam, J. S. L. and Lassa, J. A., "Risk assesment framework for exposure of cargo and ports to natural hazards and climate extremes", Vol. 44, No. 1, pp. 1-15, Maritime Policy and Management, 2017.
- Mosunich, M., A Simulation Model for Decision Support in Business Continuity Planning, M.Sc. Thesis, Industrial Engineering, California Polytechnic State University, 2016.
- Oosterhaven, J., "On the plausibility of supply-driven input-output model", *Journal of Regional Science*, 28, 1988.

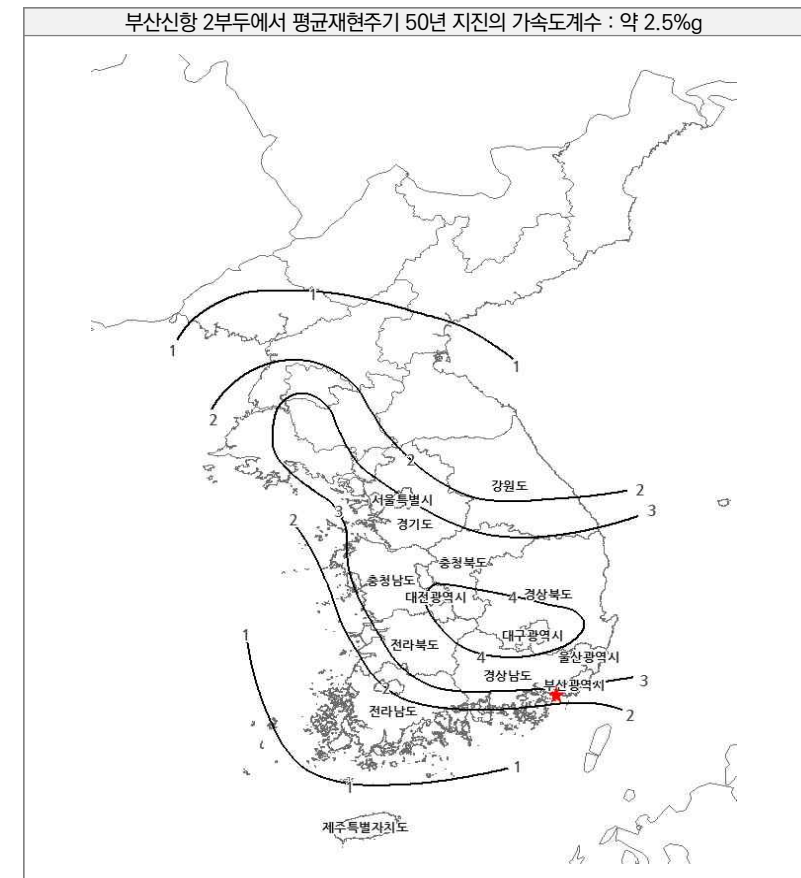
- Rose, A. and T. Allison, "On the plausibility of the supply-driven input-output model: Empirical evidence on joint stability", *Journal of Regional Science*, 29, 1989.
- Rose, A. and D. Wei, "Estimating the economic consequences of a port shutdown: The special role of resilience", *Economic Systems Research*, 25(2), 2013.
- Sheffi, Y., "Supply chain management under the threat of international terrorism", Vol. 12, No. 2, pp. 1-11, *The International Journal of Logistics Management*, 2001.
- World Economic Forum, *New Models for Addressing Supply Chain and Transport Risk*, 2012.

〈인터넷 자료〉

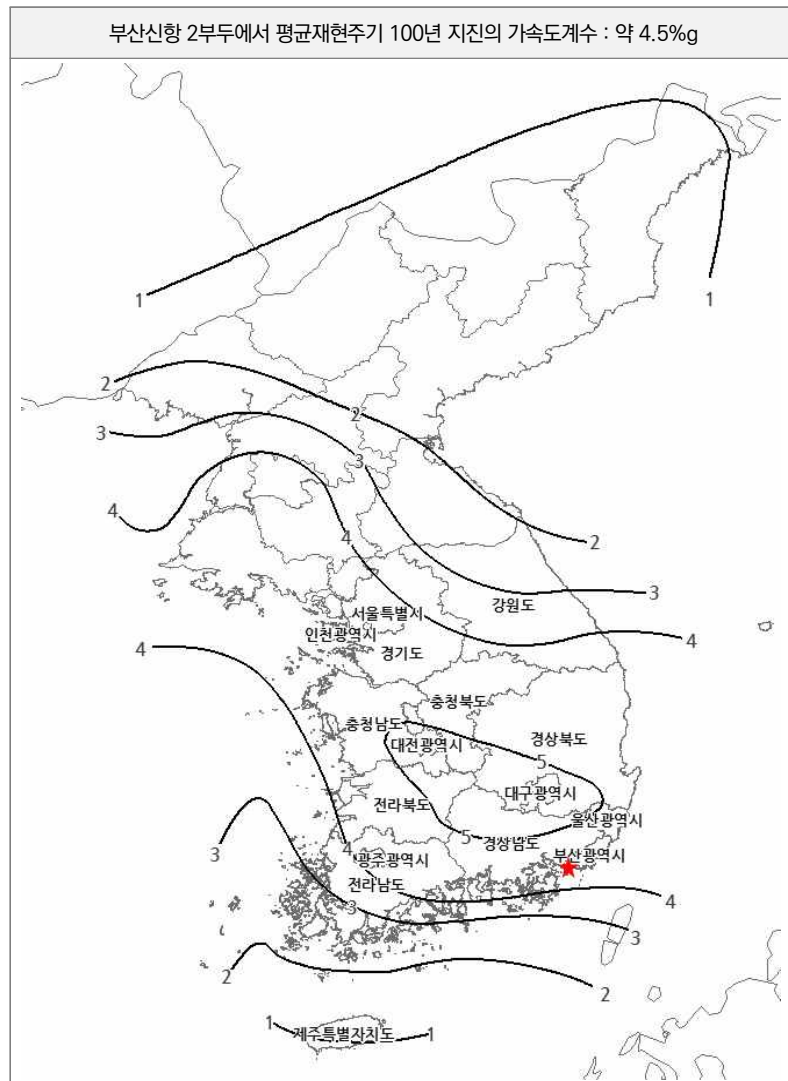
- 박운영, 「고베항 정상화 임박, 동북아 항만경제 가열 전망」, 연합뉴스, (<http://v.media.daum.net/v/19970224175300187?f=o>, 검색일: 2017. 8. 8.)
- 박혜림, 「독소조항 탓 현대상선, 부산항 이용할수록 손해」, 헤럴드경제, (<http://news.heraldcorp.com/view.php?ud=20170425000148>, 검색일: 2017. 8. 9.)
- 해양수산부 해운항만물류정보센터 해운항만통계(www.spidc.go.kr)
- 한국은행, 경제통계시스템(ecos.bok.or.kr)
- 부산신항만주식회사, 인프라(<http://www.pncport.com>, 검색일: 2017. 8. 9.)
- BPA-NET 포탈, 부산항 터미널별 컨테이너 처리 실적(<http://www.bpa-net.com>, 검색일: 2017. 8. 9.)
- KEB 하나은행, 환율/외화예금 금리(<http://www.kebhana.com>, 검색일: 2017. 8. 9.)
- 위키백과, https://ko.wikipedia.org/wiki/2016년_경주_지진
- 나무위키, <https://namu.wiki/w/2004년%20남아시아%20대지진>(검색어: 2004년 남 아시아 대지진, 검색일:)

부록 《

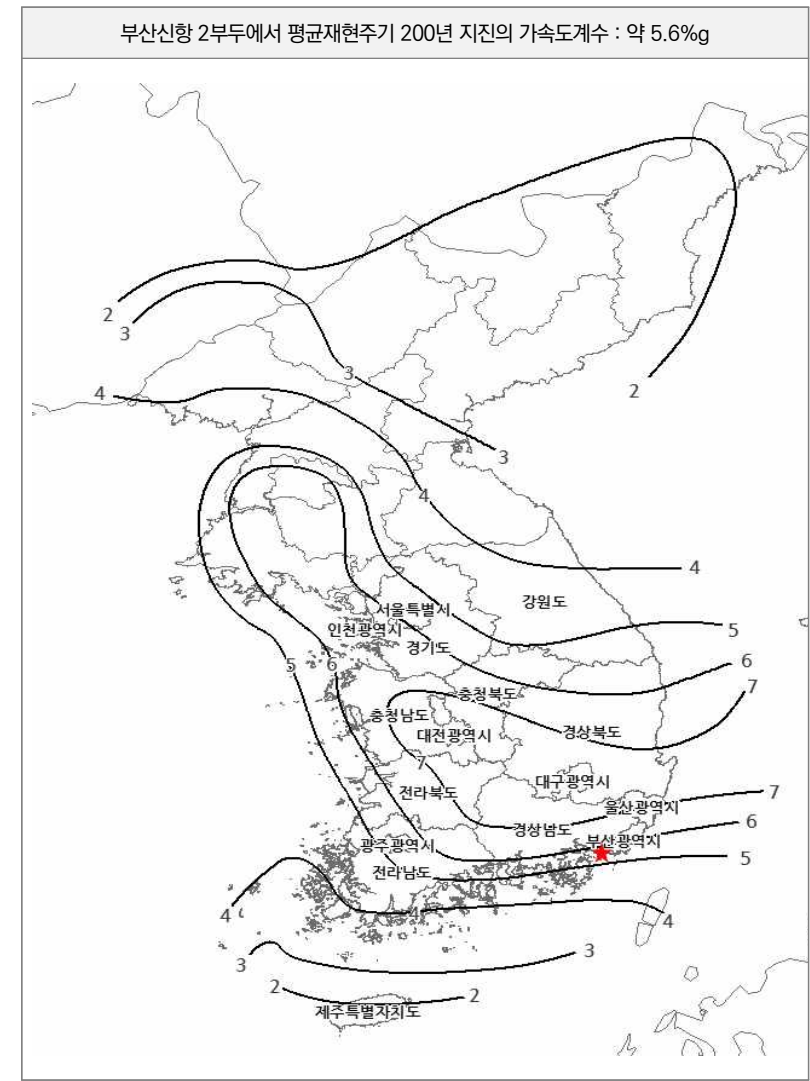
부록 1. 지진의 가속도 계수



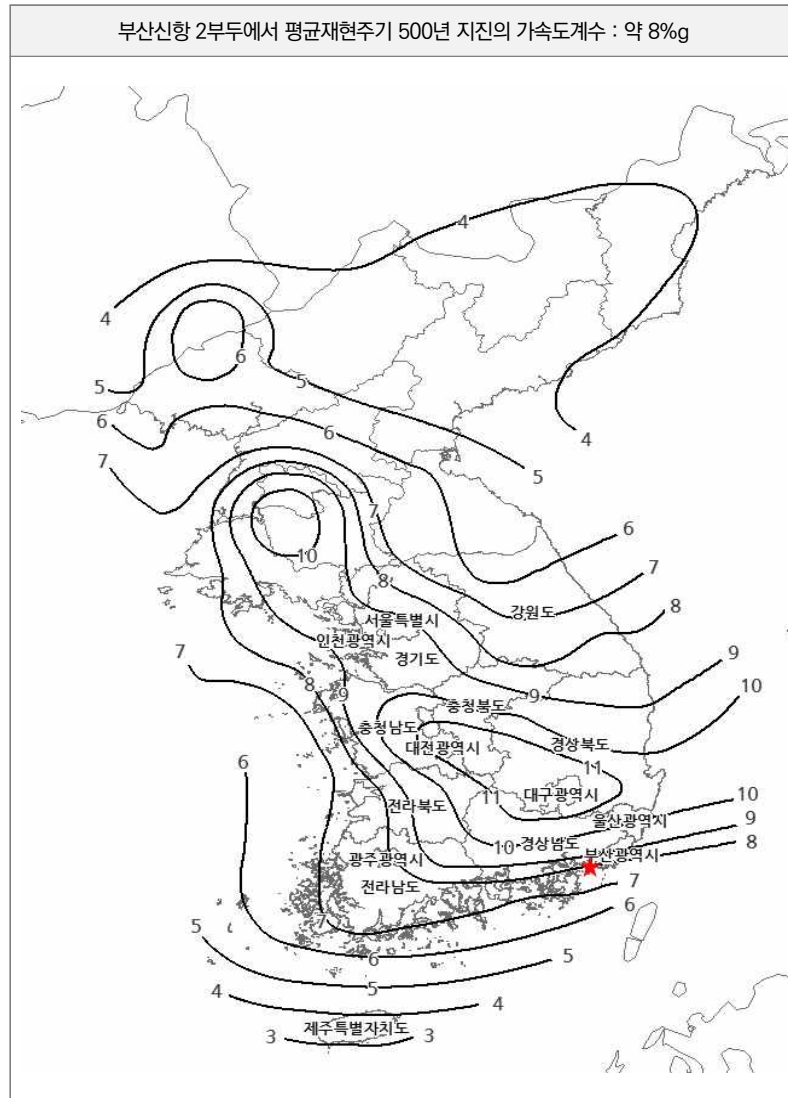
자료 : 해양수산부-한국지진공학회, 「항만 및 어항시설의 내진설계표준서」, 1999



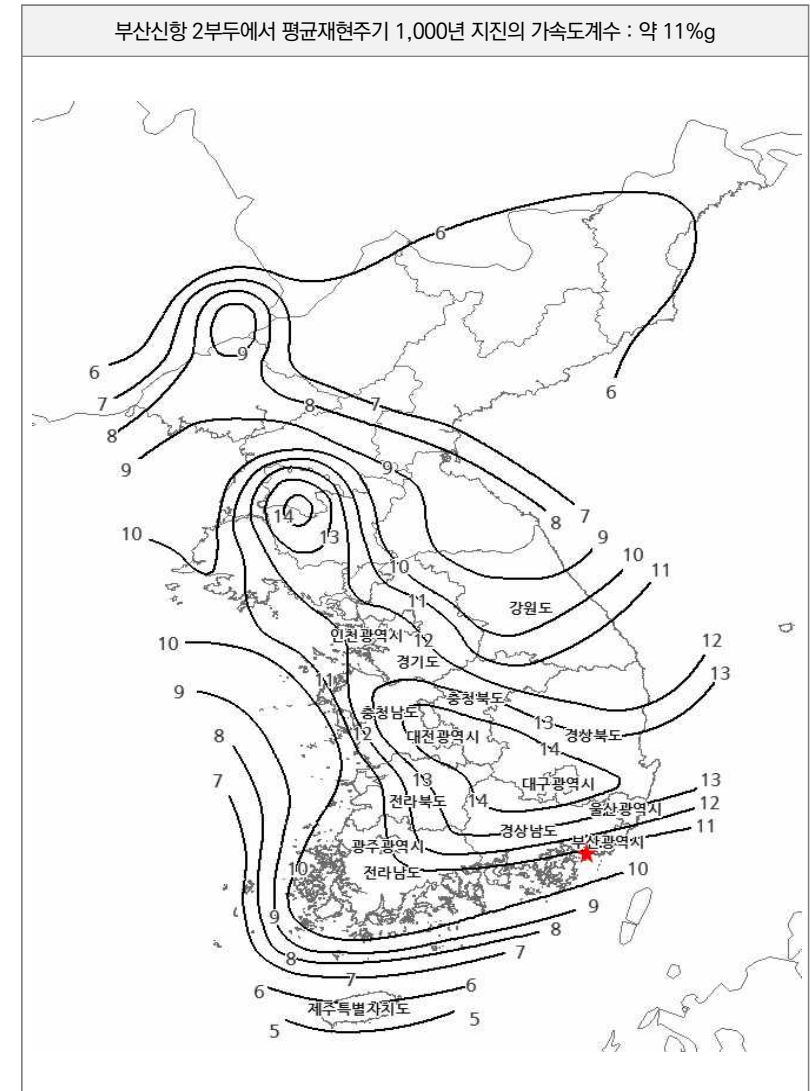
자료 : 해양수산부·한국지진공학회, 「항만 및 어항시설의 내진설계표준서」, 1999



자료 : 해양수산부·한국지진공학회, 「항만 및 어항시설의 내진설계표준서」, 1999



자료 : 해양수산부·한국지진공학회, 「항만 및 여항시설의 내진설계표준서」, 1999



자료 : 해양수산부·한국지진공학회, 「항만 및 여항시설의 내진설계표준서」, 1999

부록 2. 진도와 가속도의 관계(단위 : %g=9.81cm/sec²)

진도	설명	최대가속도
I	사람들은 느낄 수 없지만 지진계에 기록된다.	%g<0.1
II	소수의 사람들, 특히 건물의 윗층에 있는 소수의 사람들에게 의해서만 느낀다. 매달린 물체가 약하게 흔들린다.	0.1≤%g≤0.3
III	실내에서 현저하게 느끼게 되는데, 특히 건물의 윗층에 있는 사람에게 더욱 그렇다. 그러나 많은 사람들이 지진이라고 인식하지 못한다. 정지하고 있는 차는 약간 흔들린다. 트럭이 지나가는 것과 같은 진동이 있고, 지속시간이 산출된다.	0.3<%g≤0.5
IV	낮에는 실내에서 있는 많은 사람들이 느낄 수 있으나, 실외에서는 거의 느낄 수 없다. 밤에는 일부 사람들이 잠을 깬다. 그릇, 창문, 문 등이 소리를 내며, 벽이 갈라지는 소리를 낸다. 대형 트럭이 벽을 받는 느낌을 준다. 정지하고 있는 자동차가 뚜렷하게 움직인다.	0.5<%g≤2.4
V	거의 모든 사람들이 지진동을 느낀다. 많은 사람들이 잠을 깬다. 그릇, 창문 등이 깨 어지기도 하며, 어떤 곳에서는 화반쪽에 금이 간다. 불안정한 물체는 넘어진다. 나무, 전선주 등 높은 물체가 심하게 흔들린다. 추시계가 멈추기도 한다.	2.4<%g≤6.7
VI	모든 사람들이 느낀다. 많은 사람들이 놀라서 밖으로 뛰어나간다. 무거운 가구가 움직이기도 한다. 벽의 석회가 떨어지기도 하며, 피해를 입는 굴뚝도 일부 있다.	6.7<%g≤13.0
VII	모든 사람들이 밖으로 뛰어 나온다. 설계 및 건축이 잘 된 건물에서는 피해가 무시할 수 있는 정도이지만, 보통 건축물에서는 약간의 피해가 발생한다. 설계 및 건축이 잘못된 부실건축물에서는 상당한 피해가 발생한다. 굴뚝이 무너지며 운전 중인 사람들도 지진동을 느낄 수 있다.	13.0<%g≤24.0
VIII	특별히 설계된 구조물에는 약간의 피해가 있고, 일반 건축물에서는 부분적인 붕괴와 더불어 상당한 피해를 일으키며, 부실 건축물에서는 아주 심하게 피해를 준다. 창틀로부터 창문이 떨어져 나간다. 굴뚝, 공장 물품더미, 기둥, 기념비, 벽들이 무너진다. 무거운 가구가 넘어진다. 모래와 진흙이 약간 분출된다. 우물물의 변화가 있다. 차량운행 하기가 어렵다.	24.0<%g≤44.0
IX	특별히 잘 설계된 구조물에도 상당한 피해를 준다. 잘 설계된 구조물의 골조가 기울 어진다. 구조물에 부분적 붕괴와 함께 큰 피해를 준다. 건축물이 기초에서 벗어난다. 지표면에 선명한 금자국이 생긴다. 지하 송수관도 파괴된다.	44.0<%g≤83.0
X	잘 지어진 목조 구조물이 부서지기도 하며, 대부분의 석조 건물과 그 구조물이 기초와 함께 무너진다. 지표면이 심하게 갈라진다. 기차 선로가 휘어진다. 강둑이나 경사면에서 산사태가 발생하며, 모래와 진흙이 이동한다. 물이 튀며, 독을 넘어 흘러 내린다.	83.0<%g≤156.0
XI	남아 있는 석조 구조물은 거의 없다. 다리가 부서지고 지표면에 심한 균열이 생긴다. 지하 송수관이 완전히 파괴된다. 지표면이 침하하며, 연약 지반에서는 땅이 꺼지고 지면이 어긋난다. 기차선로가 심하게 휘어진다.	156.0<%g
XII	전면적인 피해 발생. 지표면에 파동이 보인다. 시야와 수평면이 뒤틀린다. 물체가 공중으로 튀어 나간다.	

부록 3. 직접손실비용 계산

- 1995년 일본에서 발생했던 진도 7의 지진에 의해 발생한 직접손실비용은 1조~1조400억 엔으로 선석당 직접손실비용은 9,582억 원으로 추정

$$- \{1,020,000,000,000\text{엔} \times (1 + 0.055)^{2016-1995} \times 1,068.17\text{원} / 100\text{엔}\} / 35 = 958,239,692,076\text{원}$$
 - 과거 직접손실비용의 평균은 범위의 상한과 하한의 평균으로 계산
 - 당시 선석 개수 35, 사회적 할인율 5.5%, 2016년 평균 환율 1,068.17원/100엔을 적용

- 부산신항 2부두에서 진도 7의 지진 1회에 대한 직접손실비용은 선석 개수를 반영하여 5,749,438,152,454원으로 추정함 (2016년 기준)

$$- 958,239,692,076\text{원}/\text{선석} \times 6\text{선석} = 5,749,438,152,454\text{원}$$
 - 부산신항 2부두의 선석 개수는 6

- 시나리오별로 지진 발생 확률과 발생 횟수를 고려하여 직접 손실비용의 기대값을 계산하고자 함

$$- E(\text{지진 } n\text{회 직접손실비용}) = P(n) \times DL(n)$$

$$= \{tCn \times p^n \times (1 - p)^{t-n}\} \times (DL \times n)$$
 - P(n) : 고려하는 기간 동안 진도 7의 지진이 n회 발생할 확률
 - DL(n) : 진도 7의 지진이 n회 발생했을 때의 직접손실비용
 - t : 고려하는 기간 (단위 : 연)
 - n : 고려하는 기간 동안 발생한 진도 7 지진의 횟수
 - tCn : t개의 원소를 가지는 집합에서 n개의 원소를 가지는 부분집합을 고르는 경우의 수
 - p : 1년 동안 진도 7의 지진이 발생할 확률
 - 1 - p : 1년 동안 진도 7의 지진이 발생하지 않을 확률
 - DL : 진도 7의 지진 1회 당 직접손실비용

부록 4. 간접손실비용 계산

- 추정에는 과거 유사 사례에서의 운영 중지 기간 61일, 대상 터미널의 2016년 총 수입을 고려하였음
 - (대상 터미널의 2016년 총 수입) × {(운영 중지 기간) / 365}
- 시나리오별로 지진 발생 확률과 발생 횟수를 고려하여 간접손실비용의 기대값을 계산하고자 함
 - E(지진 n회 간접손실비용) = $P(n) \times IL(n)$
 - = $\{tCn \times p^n \times (1 - p)^{t-n}\} \times (IL \times n)$
 - $P(n)$: 고려하는 기간 동안 진도 7의 지진이 n회 발생할 확률
 - $IL(n)$: 진도 7의 지진이 n회 발생했을 때의 간접손실비용
 - t : 고려하는 기간 (단위 : 연)
 - n : 고려하는 기간 동안 발생한 진도 7 지진의 횟수
 - tCn : t개의 원소를 가지는 집합에서 n개의 원소를 가지는 부분집합을 고르는 경우의 수
 - p : 1년 동안 진도 7의 지진이 발생할 확률
 - $1 - p$: 1년 동안 진도 7의 지진이 발생하지 않을 확률
 - IL : 진도 7의 지진 1회 당 간접손실비용

부록 5. 부산항 기종점 자료 분석

- 2010년 기준 지역별 수입 적컨테이너의 항만별 비중을 나타낸다. 경남의 수입 적컨테이너 중에서 97.2%가 부산항을 통해 반출되었으며, 전국 수입 적컨테이너 가운데 62.3%가 부산항을 경유한 것으로 나타났다. 경북(96.2%), 부산(95.6%), 울산(94.2%) 등 경상권 수입 적컨테이너의 부산항 경유 비율이 매우 높다.

〈부록표 1〉 2010년 지역별 수입 적컨테이너의 항만별 비율

단위: %

지역	부산항	광양항	인천항	울산항	평택당진항	기타 항만
서울	66.7	0.3	30.7	0.0	1.5	0.8
부산	95.6	2.4	1.5	0.0	0.1	0.4
대구	93.6	0.8	5.1	0.0	0.3	0.1
인천	9.7	0.0	87.8	0.0	2.4	0.0
광주	67.7	29.9	2.1	0.0	0.4	0.0
대전	77.6	6.0	11.3	0.0	5.1	0.0
울산	94.2	0.0	0.3	5.5	0.0	0.0
경기	44.9	3.9	37.7	0.0	13.5	0.0
강원	47.8	1.8	36.3	0.0	2.0	12.1
충북	67.5	14.6	15.8	0.0	2.2	0.0
충남	55.5	10.3	19.0	0.0	14.5	0.6
전북	43.3	42.0	1.6	0.0	0.2	12.9
전남	31.0	66.2	0.5	0.0	1.6	0.6
경북	96.2	0.8	1.6	0.4	0.9	0.1
경남	97.2	2.1	0.2	0.0	0.1	0.5
전국	62.3	8.6	23.1	0.4	4.8	0.8

주 : 기타 항만은 5개 항만을 제외한 나머지 항만을 나타냄

자료 : 한국해양수산개발원(2012)

- 2010년 기준 지역별 수출 적컨테이너 기종점 자료로부터 지역별로 부산항을 얼마나 많이 이용했는지 판단할 수 있다. 경남의 경우, 전체 화물에서 부산항의 화물이 차지하는 비중이 97.1%에 이른다. 또한, 경북, 대구, 부산 수출 적컨테이너를 점유하는 부산항의 비중이 95.5%, 95.0%, 92.9%로 그 뒤를 잇고 있다.

〈부록표 2〉 2010년 지역별 수출 적컨테이너의 항만별 비율

단위: %

지역	부산항	광양항	인천항	울산항	평택당진항	기타 항만
서울	56.2	0.2	41.9	0.0	0.8	0.8
부산	92.9	0.9	2.1	0.4	0.3	3.5
대구	95.0	0.4	2.0	0.0	0.1	2.4
인천	21.3	0.1	76.8	0.0	1.8	0.0
광주	54.7	45.1	0.1	0.0	0.0	0.0
대전	82.2	16.5	1.0	0.0	0.3	0.1
울산	75.1	0.0	0.0	24.8	0.0	0.0
경기	60.9	3.9	26.1	0.0	6.9	2.1
강원	81.9	2.1	7.7	0.0	0.2	8.1
충북	71.9	12.1	14.1	0.0	1.9	0.0
충남	54.8	4.3	18.7	0.0	19.3	2.9
전북	47.7	40.1	1.1	0.0	0.1	10.9
전남	19.6	78.9	0.3	0.0	0.1	1.2
경북	95.5	0.8	1.7	1.9	0.1	0.0
경남	97.1	1.5	0.2	0.0	0.3	0.9
전국	64.4	16.7	10.9	3.9	2.5	1.5

주 : 기타 항만은 5개 항만을 제외한 나머지 항만을 나타냄

자료 : 한국해양수산개발원(2012)