

## 송도매립지역의 액상화 구역도 작성

# Mapping of Liquefaction Potential in Songdo Reclaimed Land

김성환<sup>a,1,\*</sup>

Sung-Hwan Kim<sup>a,1,\*</sup>

<sup>a</sup>Dept. of Civil and Environmental Eng., Incheon National Univ, Incheon 406-772, Republic of Korea

### ABSTRACT

**Purpose:** This study was carried out to evaluate the liquefaction potential of the land reclamation area in Incheon by using the ProShake program for long frequency Hachinohe seismic wave and short frequency Ofunato seismic waves to interpret ground response.

**Method:** The interpretation results and the Modified Seed and Idriss method were used to evaluate the liquefaction potential. The liquefaction potential index which proposed by Iwasaki was calculated to be used as a guide line to represent the liquefaction evaluation results at the given location. The equivalent liquefaction factor of safety presented by Kang(1999) was used as a quantitative index to draw up the mapping of liquefaction potential.

**Results:** This paper presents the mapping of liquefaction potential for the Incheon seaside reclamation area using both the liquefaction potential index and the equivalent liquefaction factor of safety.

**Conclusion:** As a result, the mapping of liquefaction based on the liquefaction potential index and equivalent liquefaction factor of safety shows similar distribution pattern.

### KEYWORDS

Ground response,  
Mapping,  
Reclaimed land,  
Modified Seed and Idriss,  
Liquefaction potential index,  
Equivalent liquefaction factor of safety

**연구목적:** 이 논문에서는 인천 해안 매립 지반에 대한 액상화 평가를 위하여 장주기의 Hachinohe 지진파와 단주기의 Ofunato 지진파에 대하여 ProShake 프로그램을 사용하여 지반응답해석을 수행하였다.

**연구방법:** 지반응답해석 결과와 수정 Seed and Idriss의 방법을 이용하여 액상화 평가를 수행하였다. 각 지점의 액상화 평가 결과를 대표할 수 있는 지표로 Iwasaki가 제시한 액상화 가능성 지수를 산정하였다. 또한, 액상화 구역도 작성을 위한 정량적인 지표로서 등가 액상화 안전율을 이용하였다.

**연구결과:** 이 논문에서는 액상화 가능지수와 등가 액상화 안전율을 이용하여 인천 해안 매립지역을 대상으로 액상화 구역도를 작성하였다.

**결론:** 구역도 작성 결과, 액상화 가능지수와 등가 액상화 안전율을 이용하여 작성된 구역도가 유사한 분포 형태를 보여 이 논문에서 제시한 액상화 구역도 작성 지표로 인천 해안 매립 지역의 액상화 구역도를 작성할 경우 이용에 편리할 것으로 판단된다.

지반응답해석,  
수정 Seed and Idriss,  
액상화가능지수,  
등가액상화안전율,  
액상화구역도

© 2018 Society of Disaster Information All rights reserved

\* Corresponding author. Tel. 82-10-9150-2594. Email. sherikim315@naver.com  
1 Tel. 82-10-9150-2594. Email. sherikim315@naver.com

### ARTICLE HISTORY

**Received** Aug. 14, 2018  
**Revised** Aug. 20, 2018  
**Accepted** Sep. 6, 2018

# 1. 서 론

느슨하고 포화된 모래지반에 지진과 같이 순간적으로 강한 진동이 가해질 경우, 비배수조건의 과잉간극수압이 발생하는 액상화 현상은 지반 및 지반구조물에 침하와 측방유동 등의 피해를 일으키는 주요한 원인이다. 1964년 6월에 발생한 Niigata지진(지진규모 7.5)과 Alaska지진(지진규모 8.3) 이후 액상화에 대한 수많은 연구가 수행되어 왔으며, 특히 지리적 인 이유로 인하여 지진이 빈발하는 미국 서부와 일본에서 액상화 평가에 대한 연구가 앞서고 있다. 이와는 다르게 단순히 액상화에 의한 피해, 즉 침하 등을 지도 등에 표시하려는 노력도 이루어졌다. 해외에서는 액상화 발생가능성에 대하여 Youd and Perkins(1978)는 과거에 발생한 지진자료와 지질학적 자료를 이용하여 지반의 파괴가능성에 대하여 구역도를 작성하였다. 또한, Youd and Perkins(1987)는 액상화 발생 가능성에 대한 구역도를 작성하는데 필요한 지표인 액상화 심화지수 (LSI) 를 제안하였고, 이를 이용하여 캘리포니아 지역에 대하여 액상화 발생 가능성에대한 구역도를 작성하였다. 또한 Iwasaki(1978)는 구역도 작성 수행 지표인 액상화 가능지수(LPI)를 제안하였으며, Pawan 등(1998)은 푸에르토리코에서 LPI를 이용하여 구역도를 작성하였다. 국내에서는 1980년대 들어서 지진 재해도에 관한 연구가 본격화되었다. 1984년 Park Seung Guen은 「우리나라 내진설계를 위한 지진구역도 작성에 관한연구」에서 우리나라의 지구물리학적 특성을 고려하여 한반도를 70여개의 블록으로 나누고 각 블록별로 역사지진, 계기지진의 발생회수를 진도별로 합산하여 변형에너지를 추정한 후, 이를 토대로 지진 구역도를 작성하는 방법을 제안하였다. Kim(1986)은 각 재해구역에 대한 설계지반 가속도와 설계지반속도를 결정하고 설계지진력을 유도하는 방법을 제안하였다. 또한, Kang(1999)은 비주얼 베이직 프로그램을 이용한 사용자 편의중심의 액상화 평가프로그램을 작성한 후, 등가 액상화 안전율을 제안하고 그에 따른 액상화 발생 가능성에 대한 구역도를 작성하였다. 따라서, 이 논문에서는 지진 발생가능성이 높은 지역 가운데 인천 해안 매립지역을 선정하고 대표적인 경험적 액상화 평가방법인 수정 Seed and Idriss(1971)방법을 통하여 액상화 평가를 수행하였다. 또한, 액상화 가능지수와 등가액상화 안전율을 이용하여 실제 인천 해안 매립 지역을 대상으로 액상화 가능성에 대한 구역도를 작성하였다. Fig. 1은 수정 Seed and Idriss의 방법에 따른 액상화 평가 절차를 도시하였다.

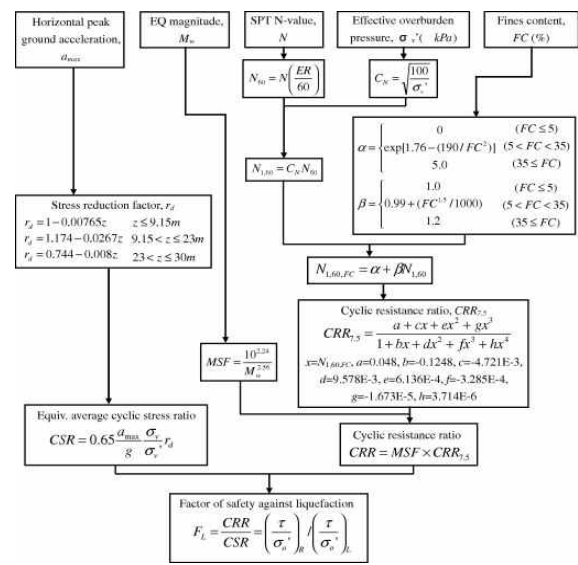


Fig. 1. Procedure simple assessment of modified Seed and Idriss liquefaction evaluation

## 2. 액상화구역도 작성방법

### 2.1 액상화가능지수

표준관입저항치와 간편법을 이용하여 구한 액상화에 대한 안전율 값은 대상 지점에서 깊이에 따라서 다르다. 따라서, 대상 지역에서 조사 지점이 여러 개일 경우, 깊이마다 다르게 표현되는 안전율을 대상 지점을 대표할 수 있는 하나의 값으로 나타낼 수 없다면 대상 지역에 대한 구역도의 작성은 불가능하다. 1978년 Iwasaki가 제안한 액상화 가능지수는 표준관입저항치와 간편법을 이용하여 얻어진 액상화에 대한 안전율을 이용하여 액상화에 대한 구역도를 작성할 수 있도록 하였다. Iwasaki는 식 (1)과 같이 액상화에 대한 안전율을 이용하여 대상 지점을 대표할 수 있는 값을 정량화하였다.

$$P_L = \int_0^{20} F(z)w(z)dz \quad (1)$$

여기서,  $F(z)$ 는 액상화에 대한 안전율  $FL$ 에 대한 함수로써  $F(z) = 1 - FL$ 의 식으로 표현되며,  $FL > 1.0$ 인 경우에는  $F(z) = 0$ 이고  $w(z) = 10 - 0.5z$ 로 나타낸다. 식 (1)로 얻어지는 액상화 가능지수(LPI)의 범위는 0에서 100이며, Iwasaki(1978) 등이 63개의 액상화 발생 지역과 22개의 액상화 미발생지역을 대상으로 액상화 가능지수값을 조사하여 분석한 결과에 의한 액상화 피해의 구분 기준은 다음과 같다.

- $P_L = 0$  : 액상화 피해 없음
- $0 < P_L \leq 5$  : 액상화 피해 거의 없음
- $5 < P_L \leq 15$  : 액상화 피해가 발생
- $P_L > 15$  : 액상화 피해가 매우 큼

Fig. 2는 액상화가능지수를 도출하는 과정을 도식적으로 표현한 것이다. 그림으로 알 수 있는 액상화가능지수를 산정하는 과정은 다음과 같다. 우선 표준관입시험과 콘관입시험을 통하여 구한 자료를 이용하여 깊이에 따른 액상화에 대한 안전율을 구한다. 여기에 구한 액상화에 대한 안전율에 깊이에 따른 보정계수를 곱하여 액상화 가능지수를 구하게 된다.

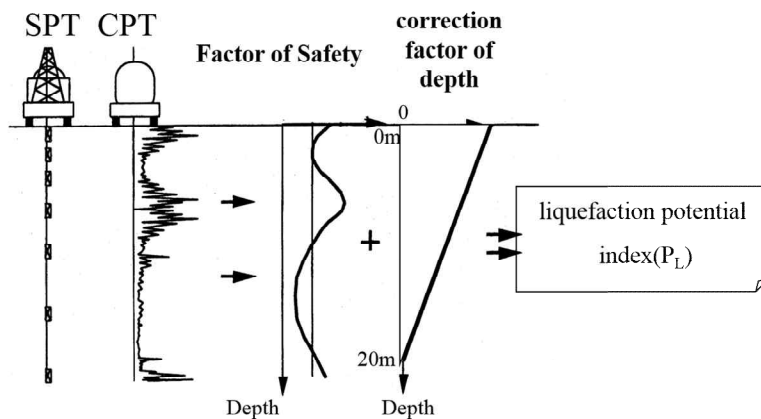


Fig. 2. Diagram of liquefaction potential index (Pawan et. al., 1998)

## 2.2 등가액상화 안전율

액상화 가능지수와 같은 심도별로 액상화 발생가능성을 평가하는 기존의 방법과는 다르게 해당 지점을 대표할 수 있는 값을 산정하여 액상화 가능성을 확인할 수 있는 구역도를 작성하는 방법은 아직 부족하며, 외국에서의 구역도 지표들은 대부분 형식이 국내에서 사용하기에는 낯설기 때문에 국내 지반에 직접 적용할 경우 이용에 불편하다. 또한 국내 지반에 적합한지에 대한 연구가 수행되어있지 않다. 따라서, 1999년 Kang Gye Jin은 국내 사정에 적합한 것으로 예상되는 수정 Seed and Idriss의 방법을 이용하여 구한 안전율과 깊이에 따른 보정계수를 곱하여 조사지점에서의 깊이별로 다른 액상화에 대한 안전율 값을 대표할 수 있는 하나의 값으로 나타내는 등가 액상화 안전율(Equivalent Liquefaction Factor of Safety, FE)을 제안하였다.

$$FE = \frac{\sum F_{s_i} \cdot WF_i \cdot H_i}{H_T} \quad (2)$$

식 (2)는 등가액상화 안전율을 구하는 식으로,  $F_{s_i}$ 는 임의의 한 깊이에서의 액상화에 대한 안전율,  $WF_i$ 는 깊이별 가중계수,  $H_i$ 는  $F_{s_i}$ 를 구한 심도와  $F_{s_{i-1}}$ 를 구한 심도의 차이를 나타내며,  $H_T$ 는 대상 지층의 총 두께를 말한다.  $WF_i$ 의 값은 지표면에서는 최대값 1.6, 그리고 심도 15m에서는 0의 값을 가지도록 선형의 분포로 하여 심도가 깊어질수록 커지는 구속압으로 인해 전체적인 안전율에 기여도가 적은 것을 고려하고 있다. 국내에서 발생한 지진규모를 고려할 때 액상화가 발생할 수 있는 최대심도는 15m로 제한되었기 때문에 이를 이용하여 가중치의 적용범위를 15m 이내로 제한하였다. Fig. 3은 등가액상화 안전율(FE)을 구하는 과정을 그림으로 설명한 것이다. 깊이별 액상화에 대한 안전율을 구하고 여기에 안전율을 구한 깊이에서의 가중치를 곱하는 과정을 거쳐 등가액상화 안전율을 구한다. 등가액상화 안전율 산정 결과 등가액상화 안전율이 1.0이하에서는 액상화에 의한 피해가 예상되는 지점이고, 1.0에서 1.5사이에서는 진동삼축시험과 같은 추가적인 조사가 필요한 지역, 1.5이상에서는 액상화에 대하여 안전한 지역으로 판단할 수 있다.

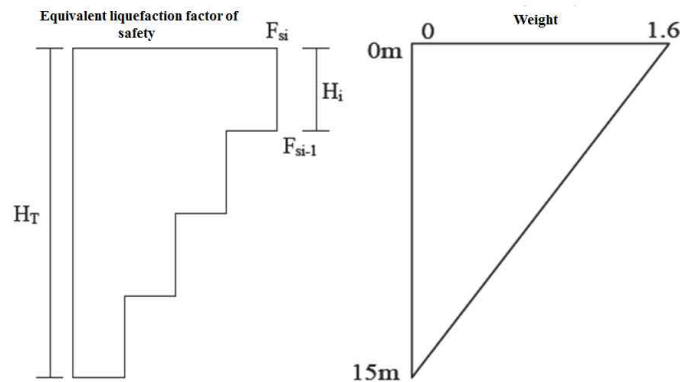


Fig. 3. Calculation concept equivalent liquefaction factor of safety

## 3. 액상화 구역도 작성 지표 산정

### 3.1 액상화평가 대상지역

이 연구에서 선정한 액상화 평가 대상 지역은 액상화 현상의 발생 가능성이 있는 해안 매립지역 가운데 현재 매립이 진행중인 인천 송도 매립지역으로 전체 매립지역 중 이미 매립이 완료되어 기반시설 및 구조물이 건설되고 있는 지역을 대상으로

하였다. 대상지역은 시추조사 지점을 고려하여 크게 3구역(A, B, C)으로 구분하였다. 시추조사 자료는 총 96공을 대상으로 액상화 평가를 실시하였다. Fig. 4는 연구 대상지역의 수치지도를 나타낸 것이다. Fig. 5는 대상 지역의 시추조사 위치를 좌표로 도시한 것이다.



Fig. 4. Digital Map of research area

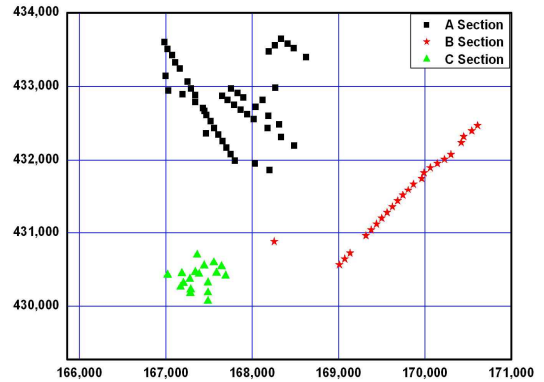
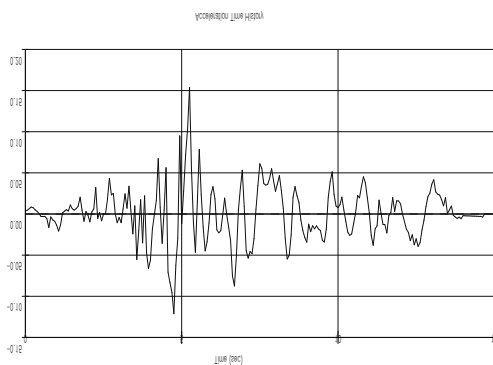


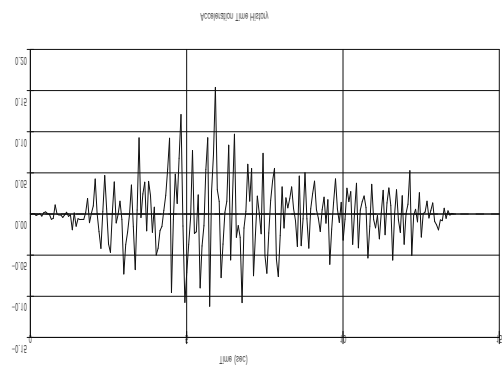
Fig. 5. Distribution map boring investigation location of research area

### 3.2 대상지역의 지반응답해석

이 연구에서는 표준관입시험 결과와 실내 역학시험 결과를 바탕으로 ProShake 프로그램을 사용하여 시추조사 자료 전체에 대한 지반응답해석을 실시하였다. 대상지역은 행정구역을 기준으로 지진 I 구역에 해당된다. 따라서, 붕괴방지 수준으로 재현주기 1,000년으로 기반암에서의 지진가속도는 구역계수 0.11g와 재현주기 1000년의 위험도계수 1.4를 고려하여 0.154g를 적용하였으며, 설계지진규모의 경우 큰 지진이 발생하지 않은 국내의 여건을 고려하여 6.5로 결정하였다 (Ministry of Construction & Transportation, 1997). 지반응답해석시 이용될 지진파 기록으로는 1968년 일본의 Hachinohe항에서 발생한 지진기록과 1978년 일본의 Ofunato항에서 발생한 지진기록을 이용하였다. Hachinohe 지진기록의 경우 장주기에 속하는 지진 기록이며 Ofunato 지진기록은 단주기에 속하는 지진기록이므로 주기별 지반응답해석에 유용할 것으로 판단되어 적용하였다. Ofunato, Hachinohe 항의 지진자료는 지반응답해석에 이용한 입력 지진파로 Fig. 6에 나타난 바와 같다. 지반조사 자료를 바탕으로 경험적인 방법으로 산정한 최대 전단 탄성계수( $G_{max}$ )는 기존 문헌자료를 바탕으로 제시된 관계식을 적용하여 산정하였다. Imai and Tonouchi(1982)는 N값으로 최대 전단 탄성계수 산정식을 식 (3)과 같이 제시하였다(Sun et. al., 2007).



(a) history of Hachinohe(0.154g)



(b) history of Ofunato (0.154g)

Fig. 6. Design acceleration earthquake time history analyses for seismic response analysis

$$G_{\max} = 325 N_{60}^{0.68} \quad (3)$$

여기서,  $N_{60}$ 은 실측 N값으로 가정하고 50이상의 N값은 50으로 가정하였다. 또한, 전단파속도는 식 (4)로 산정하였다.

$$G_{\max} = \gamma_t v_s^2 \quad (4)$$

### 3.3 액상화 가능지수와 등가액상화 안전을 산정

액상화 가능지수는 표준관입저항값과 간편 예측법을 이용하여 심도에 따른 액상화에 대한 안전율을 이용한 식 (1)을 적용하여 산정하였다. 위의 과정으로 계산된 심도에 따른 액상화 가능지수에서 지하수위 상부에 위치하는 심도는 액상화 가능지수 계산에서 제외하였다. Table 1은 액상화 가능지수를 계산한 시트를 나타낸 것이다. 이 경우 지하수위가 DL-1.9m에 위치하고 있어 심도 1.5m의 값은 계산에서 제외하였다. 다음으로 등가 액상화 안전율을 식 (2)에 의하여 산정하였다. 본 연구에서 계산된  $H_v$ 값은 지반을 1.5m로 분할하여 지반응답해석 및 액상화 평가를 실시하였으므로 1.5이며 장주기의 Hachinohe항 지진기록과 단주기의 Ofunato항 지진기록에 대하여 실시하였다. Table 2는 등가 액상화 안전율을 계산한 시트를 나타내고 있다.

Table. 1 Calculation Sheet liquefaction potential index

Depth (m)	liquefaction F.S (Hachinohe)	liquefaction F.S (Ofunato)	F(z) (Hachinohe)	F(z) (Ofunato)	w(z)	LPI (Hachinohe)	Lpi (Ofunato)
1.5	0.0	0.0	1.0	1.0	9.3	9.3	9.3
3.0	0.8	1.3	0.2	-0.3	8.5	1.4	-2.6
4.5	0.7	1.1	0.3	-0.1	7.8	2.5	-0.6
6.0	4.1	6.5	-3.1	-5.5	7.0	-21.8	-38.6
8.0	6.4	7.2	-5.4	-6.2	6.0	-32.2	-37.3
9.0	0.9	1.0	0.2	0.0	5.5	0.8	0.2
10.5	9.3	9.4	-8.3	-8.4	4.8	-39.5	-40.1
12.0	7.5	7.6	-6.5	-6.6	4.0	-26.0	-26.4
13.5	6.4	6.5	-5.4	-5.5	3.3	-17.4	-17.8
15.0	5.3	57.6	-4.3	-56.6	2.5	-10.9	-141.4
$\Sigma$						4.8	0.2

Table. 2 Calculation Sheet equivalent liquefaction factor of safety

Depth (m)	liquefaction F.S (Hachinohe)	liquefaction F.S (Ofunato)	WFi	FE (Hachinohe)	FE (Ofunato)
1.5	0	0	1.4	0.0	0.0
3.0	31.13	36.21	1.3	4.0	4.6
4.5	20.12	23.4	1.1	2.3	2.6
6.0	14.47	16.83	1.0	1.4	1.6
7.5	1.46	1.6	0.8	0.1	0.1
9.0	1.31	1.44	0.6	0.1	0.1
10.5	1.41	1.55	0.5	0.1	0.1
12.0	1.02	1.06	0.3	0.0	0.0
13.5	0.87	0.9	0.2	0.0	0.0
15.0	0.77	0.8	0.0	0.0	0.0
$\Sigma$				7.9	9.2

## 4. 액상화구역도 작성

### 4.1 액상화구역도 작성방법

액상화 구역도는 3.3절에서 산정된 액상화 가능지수와 등가 액상화 안전율을 이용하여 대상지역의 액상화 가능성에 대하여 작성하였다. 이 연구에서는 실제 수치지도 상에 표시하는 것이 보다 정확한 현황 파악이 가능하므로 대상지역의 1:1000 수치지도를 적용하였다. 액상화 가능성 작성시에는 데이터의 3차원 도식화 와 3차원 표면 Mapping이 가능한 Surfer Program 8.0을 사용하였다. Surfer Program은 2D 그래픽 프로그램인 Grapher와 함께 Golden Software INC.에서 제작한 프로그램으로 윈도우 환경에서 실행할 수 있는 3D 그래픽 프로그램이다. Surfer는 불규칙한 XYZ 데이터 파일을 규칙적인 간격을 갖는 격자 데이터 파일로 만들어서 이것을 기초로 하여 등고선 지도나 Sufer Plot을 그릴 수 있다. 액상화 구역도를 작성하기 위한 지표로 산정한 액상화 가능지수와 등가 액상화 안전율을 총 96개 지역의 TM 좌표와 각각의 작성 지표를 워크시트에 입력하고 Kriging 기법을 이용한 보간법으로 각각의 작성 지표에 따른 등고선 지도를 작성하였다. Kriging 기법은 주변값을 이용하여 미지점의 값을 추정하는 방법으로 단순한 기하학적 의미에서의 거리의 개념보다는 통계학적으로 주변값을 결정하는 최적화 기법을 적용한다. 따라서, 이 연구에서 사용하는 데이터들은 선형 알고리즘을 가진 Kriging이 가장 효과적인 것으로 판단되어 이 방법을 적용하였다.

### 4.2 액상화 구역도 작성결과

Fig. 7은 액상화 가능지수를 이용하여 액상화 구역도를 작성한 결과이다. 등고선 값이 작을수록 파란색으로 표시되어 있다. 따라서, 등고선 색이 빨간색으로 갈수록 액상화 가능성이 높은 것을 의미한다. 지진기록에 따른 구역도 작성 결과를 살펴보면 거의 유사한 결과로 도출되어 지진기록에 대한 영향은 없는 것으로 판단된다. Fig. 8은 등가 액상화 안전율을 이용하여 액상화 구역도를 작성한 결과이다. 이 결과에서는 등고선 색이 연두색으로 갈수록 액상화에 대하여 안정한 것을 의미한다. 지진기록에 따른 결과는 액상화 가능지수를 이용한 구역도 작성 결과와 동일한 것으로 분석되었다. Fig. 7과 Fig. 8을 비교하여 구역도 작성 지표로 활용한 액상화 가능지수와 등가 액상화 안전율의 적합성을 분석하였다. 정확하게 유사하지는 않지만 액상화 가능지수가 높은 지역은 등가 액상화 안전율이 낮은 것으로 분석되어, 이 연구에서 액상화 구역도 작성을 위한 작성 지표로서 액상화 가능지수와 등가 액상화 안전율은 지표로서 적합한 것으로 판단된다.

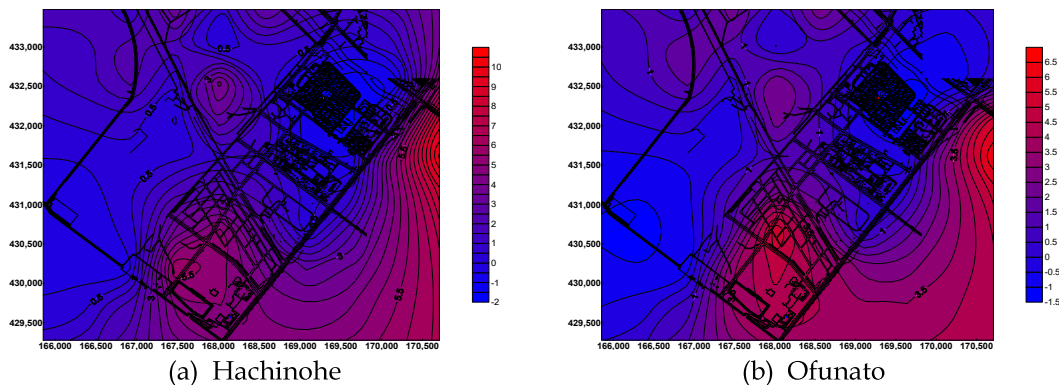


Fig. 7. Mapping using liquefaction potential index response analysis

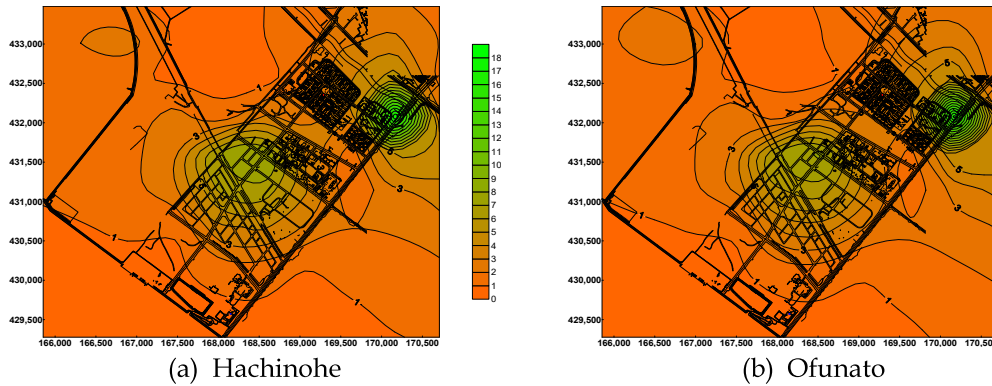


Fig. 8. Mapping using equivalent liquefaction factor of safety

## 5. 결론

이 연구에서는 인천 해안 매립지역을 대상으로 총 96개의 시추자료를 바탕으로 액상화 평가를 수행하였다. 대상 지반의 지반응답해석을 수행하고 그 결과를 이용한 수정 Seed and Idriss 방법을 적용하여 액상화 간편예측을 실시하고 액상화 안전율을 산정하였다. 액상화 평가 결과와 액상화 구역도 작성을 위한 액상화 가능지수와 등가 액상화 안전율을 산정하여 액상화 구역도를 작성하였다. 각각의 해석과 평가 결과를 근거로 도출한 결론은 다음과 같다.

- (1) Proshake에 의한 지반응답해석 결과와 수정 Seed and Idriss 방법에 의한 액상화 안전율 평가 결과, A구역은 심도별로 안전율의 변화가 있기는 하지만 전반적으로 안전율이 1.0~1.5의 범위에 있으므로 액상화 상세예측이 필요한 경우로 판단된다. B구역은 1개 지역의 경우 안전율이 1.0이하로 액상화 피해가 예상되는 지역으로 판단된다. C구역은 전체 지역 모두 안전율이 1.0~1.5의 범위이므로 상세예측이 필요한 지역으로 판단된다. 지진기록에 대한 결과는 A, B구역은 Ofunato항 지진기록의 안전율이 큰 것으로 산정되었고, C구역은 Hachinohe항 지진기록의 안전율 결과값이 큰 것으로 산정되었다. 따라서, 지진기록에 대한 액상화 평가 결과는 A구역과 B구역은 장주기 특성을 갖는 지진에 취약한 지역임을 알 수 있고 C구역은 단주기 특성을 갖는 지진에 취약한 지역임을 알 수 있다.
- (2) 액상화 가능지수는 Iwasaki가 제안한 방법에 의하여 산정하였으며, A구역은 6개 지역의 경우 액상화 피해가 발생하는 지역임을 알 수 있으며 45개 지역에서는 액상화 피해가 거의 없는 지역으로 판단된다. B구역은 1개 지역은 액상화 피해가 매우 크므로 액상화에 대한 대책이 필요한 지역이며, 1개 지역은 액상화 피해가 발생 가능한 지역임을 알 수 있다. C구역은 7개 지역은 액상화 피해가 예상되는 지역이며, 이외의 지역에서는 액상화 피해가 거의 없는 지역임을 알 수 있다. 또한, 지진기록에 의한 결과를 살펴보면 3구역 모두 Hachinohe항 지진기록의 결과가 Ofunato항 지진기록에 의한 결과보다 큰 값으로 산정되었다.
- (3) 등가 액상화 안전율은 액상화 구역도를 작성하기 위한 지표로 활용하기 위하여 산정하였다. A구역은 4개 지역은 등가 액상화 안전율이 1.5 이상으로 액상화에 대하여 안전한 지역임을 알 수 있으며, 8개 지역은 추가적인 조사가 필요한 지역으로 판단된다. 이외의 39개 지역은 등가 액상화 안전율이 1.0 이하이므로 액상화 피해가 예상된다. B구역은 15개 지역은 액상화에 대하여 안전한 지역이며, 3개 지역은 추가적인 조사가 필요한 지역이고, 8개 지역은 등가 액상화 안전율이 1.0 이하이므로 액상화 피해가 예상되는 지역이다. C구역은 2개 지역은 추가적인 조사가 필요한 지역이며, 17개 지역은 액상화 피해가 예상되는 지역이다. 지진기록에 의한 결과는 액상화 안전율 평가 결과와 동일한 경향을 보이는 것을 확인하였다.
- (4) 액상화 구역도 작성결과 액상화 가능지수로 작성된 구역도와 등가액상화 안전율로 작성된 구역도가 유사함에서 알 수 있듯이, 이 논문에서 액상화 구역도의 지표로 제시한 액상화 가능지수와 등가액상화 안전율의 개념은 적절하다고 판단된다.



- (5) 이 연구는 매립지반에 대한 지반응답해석 및 액상화 평가를 실시한 결과이다. 매립지반의 하부를 기반암으로 가정하고 실제와는 다른 지층의 분포일 가능성이 있다. 이에 대한 연구는 현재 계속 진행중에 있다. 향후 이 연구를 바탕으로 인천 해안 매립지역에 대하여 지속적인 액상화에 대한 연구가 필요할 것으로 판단된다. 인천 해안 매립지역의 추가적인 공사가 진행될 때 액상화 구역도를 바탕으로 상세예측이 필요한 지역과 액상화 대책공법이 필요한 지역의 선별이 가능하며, 경제적인 조사가 진행될 것으로 기대하며 매립이 완료된 지역에 대한 지속적인 구역도 작성을 실시하여 활용될 것으로 기대한다.

## References

- [1] Kang Gye Jin (1999), Study on the Mapping of Liquefaction Hazard Potential at Port and Harbor in Korea, Master thesis, Yonsei University.
- [2] Ministry of Construction & Transportation (1997), Study on the Seismic Design Code(II), pp.29-41, pp.257-273.
- [3] Kim Sung Taek (1986), A seismic zoning using the a seismic design formula in Korean peninsula, Master thesis, Korea University.
- [4] Park Seung Guen (1984), A seismic zoning for the a seismic design formula in Korean peninsula, Master thesis, Korea University.
- [5] Sun Chang Guk, Han Jin Tae and Choi Jung In(2007), "Investigation into the Input Earthquake Motions and Properties for Round Robin Test on Ground Response Analysis", Proceeding 2007 Korean Geotechnical Society Fall National Conference, pp.266-292.
- [6] Pawan, K. D., Divakarla, P. K., Hoyos, Jr., L. R., and Macari, E. J. (1998) "Assessment of liquefaction potential of western Puerto Rico", Geotechnical Earthquake Engineering and Soil Dynamics III, pp.530 - 541.
- [7] Imai, T. and Tonouchi, K. (1982), "Correlation of N-value with S-wave Velocity and Shear Modulus" Proceedings of the 2nd European Symposium on Penetration Testing, Amsterdam, pp.57-72.
- [8] Iwasaki, T., Tatsuoka, F., Tokida, K. and Yasuda, S.(1978), "A Practical Method For Assessing Soil Liquefaction Potential Based on Case Studies at Various Sites in Japan", Proceedings of the Second International Conference on Microzonation for Safer Construction-Research and Application, sponsored by National Science Foundation UNESCO, San Francisco, California, Vol. 2, pp.885-896.
- [9] Seed, H. B. and Idriss, I. M.(1971), "Simplified Procedure for Evaluating Soil Liquefaction Potential", Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, Vol. 97, No. 9, pp. 1249-1273.
- [10] Youd, T . L., Perkins , D. M.(1978), "Mapping Liquefaction - Induced Ground Failure Potential", Journal of the Geotechnical Engineering Division, ASCE, Vol.104, No. GT 4, pp.433-446.
- [11] Youd, T . L., Perkins , D. M.(1987), " Mapping of Liquefaction Severity Index".