

# GSIS를 이용한 지진시의 액상화 가능지구 예측 Estimate for Possibility Area of Liquefaction Using GIS, When an Earthquake is Occurred

양인태\* · 김동문\*\* · 김재철\*\*\* · 유영걸\*\*\*

Yang, In-Tae · Kim, Dong-Moon · Kim, Jae-Chol · Yu, Young-Geol

## 요 旨

지진 현상은 가장 심각한 인명과 재산의 피해를 초래하는 재해이며, 그 중 액상화 현상은 짧은 시간 안에 큰 피해를 줄 수 있는 재해중의 하나이다. 그 이유는 지반이 순간적으로 현탁액과 같은 상태가 되기 때문에 구조물들이 순간적으로 기울거나 붕괴하는 피해를 유발하게 된다. 이 연구는 춘천지역을 대상으로 지질도, 토양도, 수계망도, 지하수위 자료를 선정·분류하고, GSIS를 적용하여 경험적인 방법과 내진규정을 기준으로 액상화의 발생 가능지역을 평가하였다.

## ABSTRACT

A liquefaction is one of the phenomena bring about the damage of many human lives and properties in a short time, when an earthquakes is occurred. Because the foundation becomes such condition as suspension, the structures slant or collapse in a moment. This study is to provide and classify the geological map, soil map, drainage network map and underground water level data, and to evaluate the possibility area of liquefaction with the experienced method and the earthquake-proof regulations of Korea by applying Geo-spatial Information System(GSIS).

## 1. 서 론

인간의 의지와 관계없이 자연적으로 발생하는 재해 중에서 지진현상은 가장 심각한 인명과 재산의 피해를 초래하는 재해이다. 특히 지진 발생강도에 비하여 큰 피해가 발생한 지역의 특성은 과거 지진 활동이 미약하고 지진에 대한 대비가 소홀하였던 지역이다. 과거 사례를 경험 삼아 우리 나라도 이에 대한 충분하고도 효과적인 대비책을 강구해야 할 것이다. 이를 위해서는 지진의 실상을 파악하고 지진에 대한 특성을 고려한 지진 공학의 이론으로부터 체계적으로 연구되어야 한다.

정부는 개정된 자연재해대책법에 지진 분야를 추가하고 이를 사전에 예방하기 위해 지진방재 종합대책의 수립, 내진 설계 기준의 강화, 기상청장의 지진관측 내용을

중앙재해대책본부에 통지할 의무 등을 법제화하여 지진 재해가 발생할 때 신속한 대처는 물론 확산 방지와 피해의 최소화를 위해 노력하고 있다.<sup>2)</sup>

또한 지진 시에 정확한 재해 자료 및 지진활동에 대한 기록을 수집하여 이용하고 발전을 유도해야 한다. 그러나 국내의 지진 현상에 비추어 인명 또는 구조물의 손상 정도가 심하지 않았던 우리 나라에서는 대비책을 강구해야 할 지진현상에 대한 경험 및 자료가 축적되지 못한 상태이며 지진에 의한 구조물의 파괴 및 손상에 대한 설계자료가 불충분한 상태이다.

이 연구에서는 지질도, 토양도, 수계망도를 이용하여 지질의 분포, 흙의 종류, 지하수위, 시추자료 및 지반 조건을 데이터베이스로 구축하고 GSIS기법을 통하여 연구 지역의 액상화 가능성 지역을 예측하고, 위험 분포를 시각화하여 지진 발생시의 재해를 최소화하며 또한 지진에 의한 액상화 현상 발생시의 피해지역을 분석하였다.

이 연구는 춘천시가 지진에 의한 피해가 발생할 때 이 지역에서 액상화가 발생될 수 있는 지역을 알아내고자

\*강원대학교 토목공학과 교수

\*\*강원대학교 토목공학과 박사수료

\*\*\*강원대학교 토목공학과 박사과정

하는데 목적이 있으며, 액상화가 발생하는 지역을 평가 하는데는 여러 가지 방법이 있지만 이 연구에서는 경험적인 방법, 해석적인 방법, 변형을 해석방법 중 경험적인 방법을 사용하고자 하며, 한국의 내진 규정을 기준으로 하였다. 데이터베이스를 구성하기 위해 지질도, 토양도, 수계망도를 사용하여 각각에 속성을 입력 후 GSIS를 사용하여 분석을 수행하였다.

지금까지의 각국의 액상화의 판정은 토질시험을 통한 방법과 지진 전후의 지반상태를 비교하여 액상화를 판정 하였지만, 이 연구에서는 앞서 언급했듯이 GSIS를 적용하여 액상화 위험지역을 표현하고자 하는데 목적이 있으며, 액상화 판정에 필요한 여러 가지 데이터를 효율적으로 이용할 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

## 2. 액상화 기본이론 고찰<sup>1)</sup>

진동이나 충격과 같은 동적 외력의 작용으로 모래의 간극비가 감소하면 이로 인해 간극수압이 상승하게 되고 흙의 전단 강도가 급격히 소실되어 현탁액과 같은 상태로 된다. 이러한 현상을 액상화 현상이라 한다.

즉, 포화된 느슨한 모래에 지진과 같은 진동이 가해지면 부피가 줄어들려는 성질을 보인다. 그때 만약 배수가 발생하지 않는다면 간극수압은 증가하게 된다. 이와 같이 계속되는 진동에 의해 간극수압이 계속 증가하게 된다면 어느 순간에 상재 하중과 간극수압이 같아지게 되므로 간극수압은 0이 된다.

$$\sigma = u$$

$$\sigma' = \sigma - u = 0 \quad (1)$$

( $\sigma$  : 총 응력,  $u$  : 간극수압,  $\sigma'$  : 유효 응력)

이러한 조건이 되면 모래는 전단강도를 소실하게 되는데 이러한 상태를 액상화 현상이라 한다.

일반적으로, 액상화는 지반 내에 작용하는 전단응력에 의해서 지반 중에 발생하는 과잉간극수압이, 토립자를 구속하고 있었던 초기유효 응력과 동등하게 되는 결과, 유효응력이 0이 되는 현상이라고 정의되고 있다.

액상화를 발생시키는 원인으로서의 다음과 같은 것을 들 수 있다.

1) 침투류 : 사질지반을 흐르는 상향의 침투류의 동수구배가 그 한계치를 초과하게 되면, 소위 보일링을 일으켜서, 지중의 세립자가 지상으로 분출한다.

2) 정적전단 : 골격구조가 불안정한 토양을 예민성 토양이라고 말하고, 정적인 근소한 자극으로 액상화 상태가 되기 쉽다. 퀵 샌드가 그 예이다.

3) 반복전단 : 매립지반처럼 퇴적 년대가 극히 짧고 그다지 압밀되지 않은 모래지반이 진동을 받으면, 모래의 부 방향으로 dilatancy에 기인하는 액상화가 발생한다. 지진시에 문제가 되는 것은 반복전단에 의한 액상화이다.

### 2.1 액상화 영향인자

액상화에 영향을 미치는 요인은 흙의 성질, 초기 압력, 지진시의 응력과 구속조건을 들 수 있으며, 표 1에 정리하였다.

### 2.2 액상화 가능성 평가 방법<sup>3)</sup>

도시나 구조물 등의 계획을 하고자 할 때는 사전에 지진시의 액상화 가능성을 평가해야 한다. 평가 방법으로

표 1. 액상화의 발생에 미치는 요인

분 류	요 인
흙 그 자체의 성질	밀도, 퇴적상황 또는 공시체 작성방법, 입도 분포, 소성지수, 입자형상, 포화도.
초기압력	유효 상재압 또는 유효 구속압, 응력의 이방성, 초기전단응력, 과압밀, 압밀시간
지진시의 응력과 구속 조건	반복전단력의 파형, 반복전단력의 진동수, 반복전단력의 진폭, 반복회수 또는 반복시간, 반복전단응력의 방향, 측방변위구속 조건, 배수조건
기 타	시험장치의 종류, 공시체 방법, 불교란 시료의 호트러집

표 2. 지반계수 값

지반종별	지반 1	지반 2	지반 3
지반계수	1.0	1.2	1.5

표 3. 지반상태에 따른 분류[한국, 일본기준]

지반종별	지반상태
지반 1	암반 또는 암반 위의 매우 단단한 모래·자갈 또는 점토로서 암반까지의 전체 깊이가 60m 미만인 지반
지반 2	지반 1과 같은 상태로서 암반까지의 전체 깊이가 60m 이상인 경우와 깊이에 관계없이 단단한 모래·자갈 또는 점토질 지반
지반 3	단단하기가 보통 이하인 점토 또는 느슨한 모래로 전체 깊이가 9m 이상인 지반

표 4. 최대 지반가속도

지역	최대지반 가속도	
	일반구조물	원자력발전소
지역 1	0.03	0.04
지역 2	0.10	0.13
지역 3	0.20	0.28

\*지역 1 : 함경 남·북도

\*지역 2 : 평안 남·북도, 황해도, 강원도

\*지역 3 : 경기도, 충청 남·북도, 경상 남·북도, 전라 남·북도

는 현지에서 지진 응력과 흙의 강도를 비교하는 방법, 현지에서  $N_1$ 치의 측정과 흙의 입도분포를 조사하여 평가하는 방법 등이 있고, 지진이 발생했을 때 지반이 액상화를 일으킬 가능성에 대해 평가하는 방법으로는 1) 경험적인 방법, 2) 해석적인 방법 그리고 3) 변형을 해석 방법 등이 있는데 그중 경험적인 방법을 가장 많이 사용하고 있다.

### 2.2.1 경험적인 방법

과거 지진이 발생한 지역을 대상으로 실시한 지반조사에 근거하여 액상화된 지반과 액상화 되지 않은 지반의 상대밀도와 표준 관입 시험치( $N_1$ )와의 관계를 이용한 통계적 방법이다. 이 방법은 먼저 지진으로 인해 지반에 발생하는 전단응력 즉 액상화를 유발하는 전단응력과 그 지반이 액상화에 저항할 수 있는 액상화 저항 전단응력의 비로써 안전율을 나타내어 액상화 가능성을 평가하는 것이다.

도로 표준 시방서 규정에서는 액상화에 대한 안전율을 1.5로 정하고 있으며 다음 식으로부터 안전율을 구한다.

액상화안전율 =

$$\frac{\text{반복응력비(액상화저항전단응력비)}}{\text{액상화유발전단응력비}} \geq F_s (F_s = 1.5) \quad (2)$$

#### (1) 액상화 유발 전단응력비

여기서 액상화 유발 전단응력비란 지진하중으로 인해 지반에 액상화를 발생시키는 전단응력을 유효 연직응력  $\sigma'$ 으로 나눈 것을 말한다.

#### (2) 반복 응력비(액상화 저항 전단응력비)

반복 응력이란 지반이 액상화에 저항할 수 있는 전단응력을 말하며 반복응력비는 반복 응력을 유효 연직응

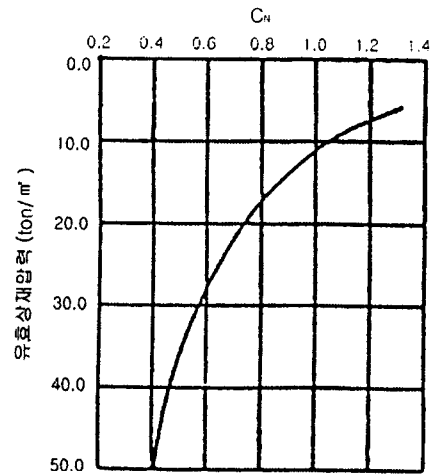


그림 1. 유효 상재압 크기에 따른 보정계수(C<sub>N</sub>)의 변화

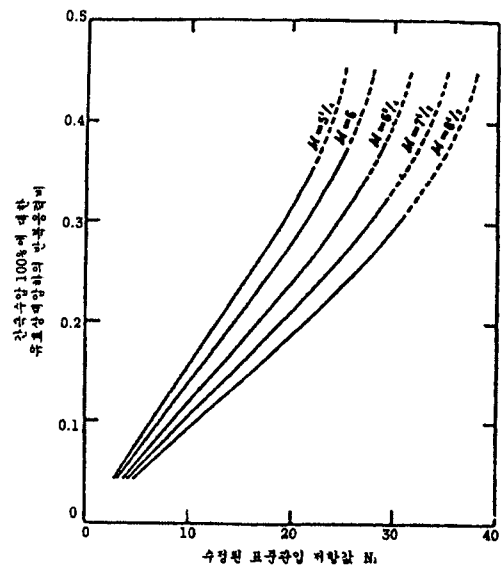


그림 2. 지진규모별 액상화 저항 전단 강도

력으로 나눈 것을 말한다. 반복응력비를 구하기 위해서는 그림 2를 이용하는데 그림 2는 지진규모(M)별 수정 표준관입저항치( $N_1$ )와 반복응력의 상관관계를 나타내고 있다.

여기서 반복응력비는 세로 축에, 수정 표준관입저항치  $N_1$ 은 가로축에 표시하고 있는데 수정 관입저항치  $N_1 = N \cdot C_N + 7.5$  식으로 표현된다.

### 2.2.2 해석적 방법

#### (1) Ishihara가 제안한 해석적 방법

이시하라는 지진시에, 지반의 지진응력과 흙의 한계

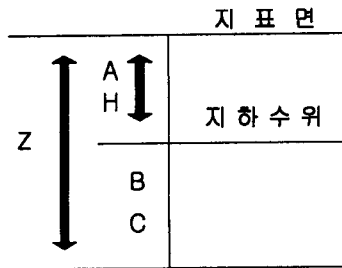


그림 3. 지하수위가 높은 지반의 경우

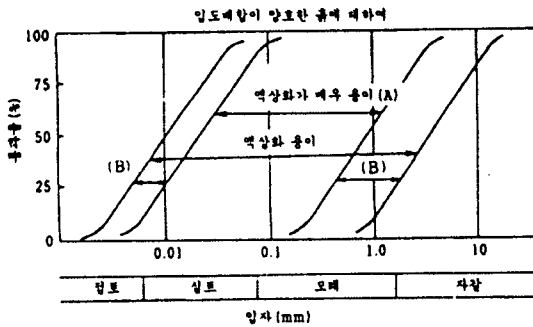


그림 4. 흙의 액상화와 입자와의 관계

액상화 포텐셜을 비교하여 지반의 액상화에 대한 안전율을 예측하는 방법을 제안하였다. 그림 3과 같이 지하수위가 높은 지반의 경우를 생각해 보면 평면 C상에 지진으로 인한 동적 전단응력은 A와 C 사이의 평균지진가속도를 곱하여 AC흙 기둥의 질량을 개략 추정할 수 있다.

일반적으로 지표면에서 지진가속도의 65%를 평균지진가속도로 취한다. 흙의 한계액상화 포텐셜은 현지에서 시료를 채취하여 결정할 수 있으며, 설계지진응력과 한계액상화 포텐셜을 비교하여 지반의 액상화에 대한 안전율을 결정할 수도 있고, 토질실험을 하는 경우도 있다.

(2) Tsuchida가 제안한 시험방법

액상화에 대한 흙의 저항성에 중요한 영향을 주는 인자는 구속압, 흙의 간극비 및 투수성이다. 이들 인자는 N치와 흙의 입도에 밀접한 관계가 있다 또 N치와 진동가속도 사이에는 상호관계가 있으며, 모래층의 N치가 15 이상이면 액상화는 거의 발생하지 않는다는 것이 경험에 의하여 알려져 있다.

모래입자가 매우 작거나 매우 크면 진동에 의한 액상화는 발생하지 않는다. 흙이 액상화하는 입도 범위는 그림 4와 같다. 따라서 N치는 15보다 작거나 입도 범위가 그림 4에 나타난 범위이고 지정된 가속도를 갖는 지진이

발생하면 액상화를 일으킬 수 있다.

(3) 일본 도로협회에서 규정한 시험방법

이 방법은 지표면에서 10 m내에 지하수면이 있고, 지표면에서 20 m내의 포화층적 모래층으로서 입도 분포곡선이  $0.02 \text{ mm} \leq D_{50} \leq 2.0 \text{ mm}$ 인 지반에 적용할 수 있는 규정이다. 이 방법에 따르면 토층의 액상화 인자는 지진운동으로 일어나는 동적 하중에 대한 흙 요소의 저항성 비로 정의한다. 또한 액상화 저항성인자의 값에 따라서 토질정수의 감소내용을 규정하고 있다.

액상화를 검토할 필요가 있는 토층에 대한 액상화 포텐셜은 액상화 저항성인자  $F_L$ 를 다음 식으로 정의하고 있다.

$$F_L = \frac{R}{L} \quad (3)$$

2.2.3 변형을 해석 방법(Dobry-1982)

액상화는 과잉간극수압의 발생을 전제한 것인데 많은 실험결과 지진시 기초 지반내에 유발되는 변형율이 최소한 어떤 임계치(대략 0.02%)이상으로 되어야만 과잉 간극수압이 발생한다는 실험적 발견에 토대를 둔다.

즉 임계변형율( $\gamma_c$ ) 이하의 변형을 발생 조건에서는 아무리 반복 재하 횟수가 증가하더라도 과잉간극수압이 발생하지 않는다는 것이다. 이때 임계 변형율은 변형을 제어식 반복 재하 시험으로 결정한다. 이는 지진시 유발되는 변형율( $\gamma$ )의 크기가 해당 토질 고유의 임계 변형율( $\gamma_c$ ) 보다 크면 일단 액상화의 가능성이 있다고 보는 것이다.

2.3 한국의 내진규정<sup>1)</sup>

1987년 1월 15일 발행된[건조물 기초설계기준해설]에 액상화판정법이 소개되었다.

지진과 같은 큰 진동이 예상되는 지역에서 액상화 발생 가능성이 높다고 경험적으로 예상되는 지반은 액상화 검토대상의 범위에 포함시켜야 한다.

따라서 액상화 발생 가능성이 큰 지역으로 검토대상이 되는 지역과 대체적인 범위는 다음과 같다.

- ① 입도 분포가 나쁜 사질토 지반
- ② 실트 및 점토크기 토립자의 함량이 10% 이하
- ③ 평균 입경  $D_{50} = 0.075 - 2.0 \text{ mm}$
- ④ 균등계수가 10보다 작은 입도가 나쁜 모래지반
- ⑤ 느슨하게 다져진 사질 퇴적지반

- ③ 지하수위가 지표면으로부터 2-3 m 이내에 있는 지반
- ④ 액상화 발생 가능 깊이는 지표면으로부터 15-20 m 깊이까지의 범위

⑤ 주로 충적지층, 구하도 및 매립지

액상화의 간이에측방법으로는 지진시 지반의 액상화 발생에 대한 예측을 다음과 같은 방법에 의해서 한다.

(1) 지진시 지반중에 발생하는 등가전단응력비( $\tau_d/\sigma'_0$ )는 지표면 최대가속도  $\alpha_{max}$ 를 가정하여 아래 식에 의해서 구한다.

$$\tau_{av}/\sigma'_0 = [0.65\gamma_d(\alpha_{max}/g)\sigma_0]/[\sigma'] \quad (4)$$

$\tau_{av}$  : 액상화 유발 전단응력

$\alpha_{max}$  : 지표면의 최대 지반 가속도

$g$  : 중력가속도(9.81 m/sec<sup>2</sup>)

$\sigma_0$  : 분석대상 토층의 중심까지 전연직응력

$\sigma'$  : 유효연직 응력

$Z$  : 분석대상 토층의 중심까지 거리

$\gamma_d$  : 응력 감소계수로서

$$\gamma_d = 1 - Z/90 \quad (Z \leq 9 \text{ m})$$

$$= 0.9 \quad (Z > 9 \text{ m})$$

(2) 액상화에 저항하는 반복전단강도 응력비  $\tau_d/\sigma'_0$ 는 표준 관입 시험에 의한 지반의  $N_{60}$ 치, 유효 상재압 및 지진의 규모  $M$ 을 이용하여 구한다. 그리고  $N_{60}$ 치는 아래와 같이 1 kg/cm<sup>2</sup>의 유효 상재압에 대해서 환산한  $N_1$ 치를 이용한다.

실트질 모래와 실트( $D_{50} < 0.15 \text{ mm}$ ) :

$$N_1 = N \cdot C_N + 7.5 \quad (5)$$

위 식에서  $N$ 은 현장시험으로부터 측정된 표준관입 저항치 이며  $C_N$ 은 유효 연직응력에 따른 보정계수로서 그림 1로부터 구할 수 있다.

계산 결과

$F_1 < 1.5$  액상화 가능성이 높다.

$F_1 > 1.5$  액상화 가능성이 낮다.

$F_1 \geq 1.5$  액상화에 대해서 안전하다.

### 3. 적용 및 분석

#### 3.1 연구지역 및 적용방법

자료분석은 GIS의 중추적인 기능이다. GIS는 자료

의 입력, 수정, 갱신, 출력, 축척이나 투영법의 조정 기능이 있고, 이러한 처리 기능은 데이터베이스에서 정보의 일부분을 검색하는 단순한 것으로부터 여러 가지 통계적 분석방법에 따라 근린연산 함수나 내삽법을 사용하는 공간분석에 이르기까지 광범위하다.

지진시의 액상화의 가능지역을 찾아내기 위해서 각 항목에 따른 액상화의 조건과 요구하는 항목에 대한 수치 계산을 위해서 GIS를 사용하였다. 이 연구에서는 액상화 가능지역 예측 과정에서 발생하는 개개 자료들의 단절적인 분석부분을 GIS를 이용하여 종합적으로 연계시켜 분석을 하고자 한다.

지리적 요소는 지진의 발생원인을 찾는 매우 중요한 요소이다. 지진의 전파는 여러 가지 지리적, 지질학적, 지정확적인 요소에 영향을 받으므로 이에 대한 정확한 자료의 수집과 그에 대한 과학적이고도 합리적인 데이터베이스는 지진재해경감을 위한 GIS 응용기법 개발연구에 필요하며, 정확한 정보만 알고 있다면 지진시의 액상화로 인한 피해는 여러 측면에서 경감할 수 있다. 또한 재해복구와 인명구조 등을 위해 각 기관에서 가장 필요로 하는 것은 종합적인 정보체계이며, 이 종합적인 정보체계를 GIS로 구축할 수 있다.

지금까지 액상화의 판정은 토질시험과 지진 전후의 지반상태( $N_{60}$ 치)의 변화 등으로 액상화의 가능성 지역을 판정한 것이 대부분이며, 액상화의 발생에 미치는 요인은 밀도, 입도 분포, 포화도, 유효상재압, 유효구속압 등이며

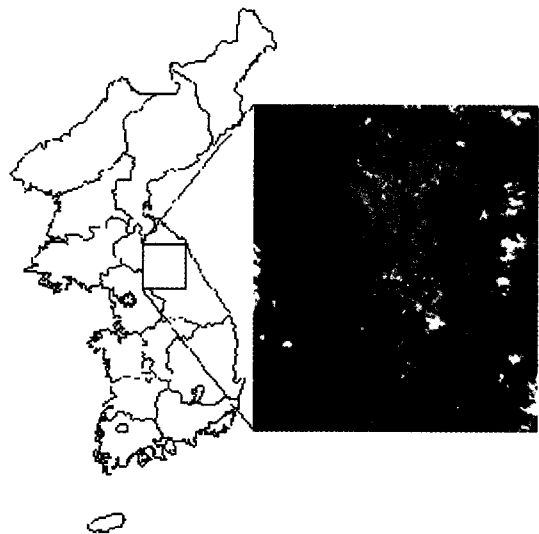
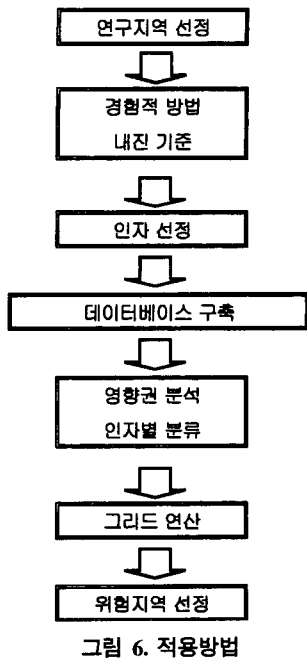


그림 5. 연구지역



이것을 이용해 판정이 이루어져 왔다.

이 연구에서는 그림 5의 춘천시를 연구지역으로 총적층, 퇴적층, 지하수위, 사지, 황무지, 지질을 대상으로 적용한다.

### 3.2 자료 구축 및 분류

#### 3.2.1 지질도

이 지역에는 6개 정도의 단층선이 있는 것으로 추론되어져 있으나, 이 연구에서는 층과 층이 변화하는 부분을 고려하여 위험지역으로 가정하였다. 이 지역을 위험지역으로 가정한 이유는 층과 층이 만나는 부분에 총적토나 퇴적토가 쌓여져 있거나 지하수위가 액상화의 판정을 고려해야 할 위치에 있다면 위험지역으로 판단할 수 있기 때문이다. 지질도를 수계망도와 같은 방법인 버퍼링을 통해 층과 층이 만나는 부분으로부터 좌우 500m씩 1,000m를 위험지역으로 분류하였다.

#### 3.2.2 토지이용도

국립지리원에서 발행한 1/50,000 축척의 토지 이용도를 이용하여 액상화를 고려해야 할 지역인 매립지 지역,

표 6. 황무지 사지 분류값

토지이용도	면적(km <sup>2</sup> )	분류값
황무지 및 사지	12.54	3

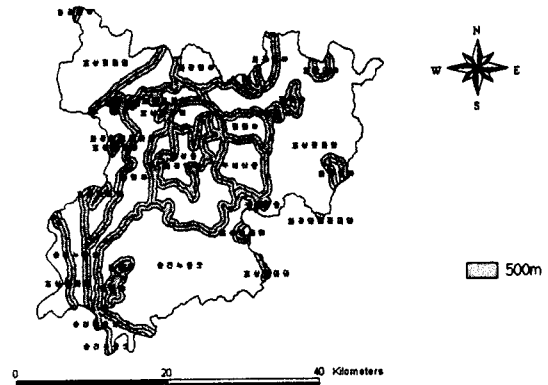


그림 7. 버퍼링 거리에 따른 분류값

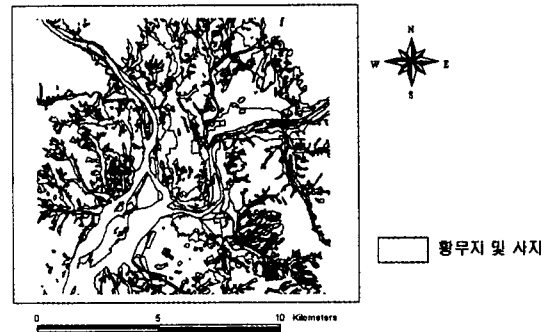


그림 8. 황무지 사지 분류값

이 연구에서는 하천 주변이나 저수지 주변에 생성되는 사지나 황무지에 대해 위험도 분류값을 부여하였다.

#### 3.2.3 토양도

내진 규정에 의하면 총적토, 퇴적토 지반은 액상화의 가능성을 가지고 있는 지반으로 판단되어지고 있으며, 고려해야 할 지반으로 분류하고 있다. 이 연구에서는 대부분류 총적토, 퇴적토, 홍적토, 적황색토, 암쇄토, 암석지로 나누었고, 액상화를 고려해야 할 토양층의 중요도에 따라 분류값을 주었다.

표 7. 토양층의 중요도에 따른 분류

토양명	면적(km <sup>2</sup> )	비율(%)	분류값
총적토	221.50	19.70	5
퇴적토	31.87	2.84	5
홍적토	18.06	1.61	3
적황색토	44.77	3.98	3
암쇄토	730.83	65.01	1
암석지	77.16	6.86	1
합계	1,124.19	100.00	

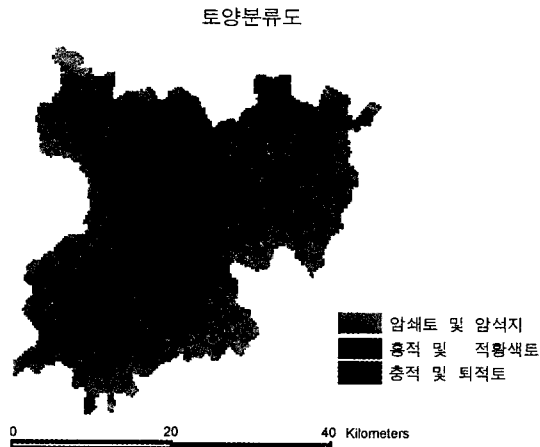


그림 9. 토양층의 중요도에 따른 분류

표 8. 지하수위 위치에 따른 분류

지하수위(m)	면적(km <sup>2</sup> )	비율(%)	분류값
1 m이상~3 m이하	174.13	15.69	7
3 m이상~7 m이하	435.47	39.23	5
7 m이상~9 m이하	500.35	45.08	3
9 m이상	0.02	0.00	1
합 계	1,109.97	100.00	

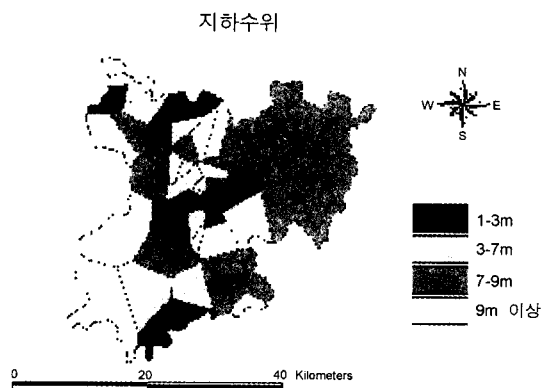


그림 10. 지하수위 위치에 따른 분류

### 3.2.4 지하수위

지하수위 2~3 m 지반은 액상화의 가능성을 가지고 있는 지반으로 판단되어지고 있으며, 액상화 가능성 판정을 위해 고려해야 할 하나의 요소로 분류하고 있다. 지하수위 위치자료는 농어촌 진흥공사에서 관리하는 관정의 자료를 이용하였고, 관정의 위치를 좌표화하고 점 자료로 지하수위를 입력시켰으며, 지하수위는 총 31점을 입력시켰으며, 티센 다각망을 이용하여 면적을 분할하였다. 표 8은 각각의 지하수위가 영향을 미치는 면적을 나

표 9. 버퍼링 거리에 따른 분류값

버퍼링거리(m)	면적(km <sup>2</sup> )	분류값
100 및 300	405.81	3

### 수계 영향권

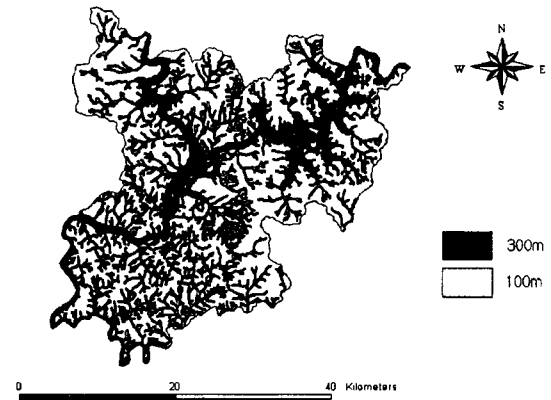


그림 11. 버퍼링 거리에 따른 분류값

표 10. 액상화의 가능지역 분류

위험도	면적(km <sup>2</sup> )	분류값
높 음	27.72	3
중 간	309.67	2
낮 음	786.80	1
합 계	1,124.19	

타낸 것이고, 먼저 고려해야 할 순위로 분류값을 입력시켰다.

### 3.2.5 수계망도

하천주변을 따라 충적층 또는 퇴적층이 쌓이고, 이것이 사지나 황무지가 되므로, 하천주변 지역은 지진시 액상화의 위험성을 가지고 있는 지역으로 판단하였다. 소하천은 버퍼링 거리를 100m로 주었고, 대하천은 버퍼링 거리를 300m로 하였고 분류값을 주었다.

## 3.3 액상화 가능지역 선정

### 3.3.1 위험지역 선정

연구 지역의 5개 커버리지 토양도, 지하수위, 수계망도, 지질도, 토지이용도를 그리드로 변환하고 각각의 그리드를 중첩하여, 액상화가 발생할 수 있는 가능 지역을 찾고 시각화하였다.

### 3.3.2 위험지도와 토지이용도(주거지, 학교)

위험지도와 토지이용도를 중첩시켜 토지이용도에 있는

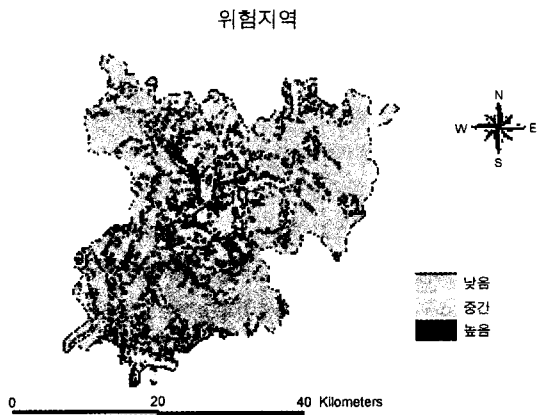


그림 12. 액상화의 가능지역 분류

표 11. 주거지역 내의 위험지역

분 류 명	기존면적(km <sup>2</sup> )	위험지역에 포함된 면적(km <sup>2</sup> )
주거지역	14.40	1.31
학 교	1.22	0.07
합 계	24.62	1.38

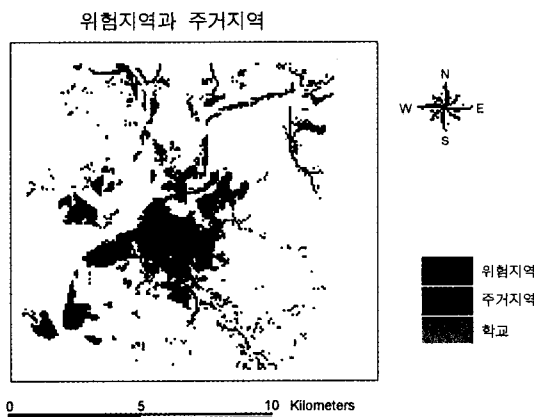


그림 13. 주거지역 내의 위험지역

주거지나 학교가 위험지도 어느 부분에 위치하고 있는가를 알아내고 가시화시켰다.

### 3.3.3 위험지도와 도로망도

지진시 액상화가 발생할 수 있는 가능지역을 나타내는 위험지도와 춘천시 도로망도를 중첩시켜, 도로가 파괴될 수 있는 지역을 찾고 가시화시켰다.

### 3.3.4 행정구역에 따른 위험지역의 면적

연구지역인 춘천시는 구춘천시와 10개 면으로 구성되어 있다. 각각의 행정구역에 대한 위험지역의 포함면적을 산출하여 표 12에 나타내었다.

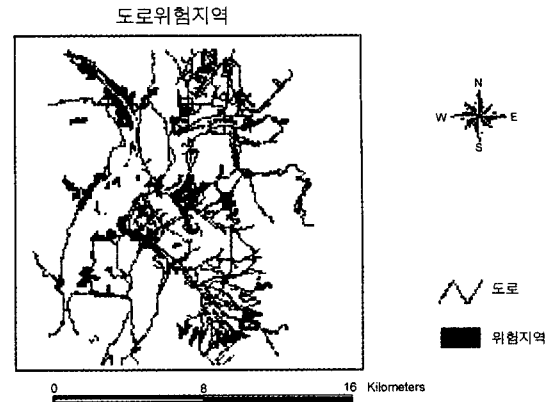


그림 14. 도로위험지역

표 12. 행정구역에 따른 위험지역의 면적

춘천시 행정구역	면 적(km <sup>2</sup> )	비 율(%)
사 북 면	1.20	4.33
북 산 면	0.00	0.00
신 북 면	4.60	16.59
서 면	4.51	16.27
동 면	2.70	9.74
구춘천시	5.80	20.92
동 내 면	2.50	9.02
신 동 면	0.01	0.04
남 산 면	2.90	10.46
동 산 면	0.30	1.08
남 면	3.20	11.55
합 계	27.72	100

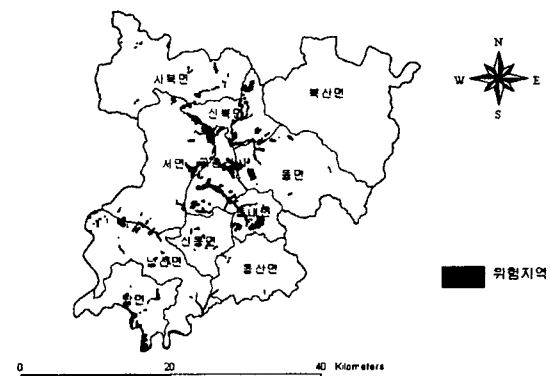


그림 15. 행정구역에 따른 위험지역

## 4. 결 론

이 연구에서는 GIS를 이용하여 지진발생시의 액상화의 발생 가능지역을 춘천시를 대상으로 하여 적용시켜



보았다.

이 연구를 통해서 얻어진 결론은 다음과 같다.

첫째, 액상화가 유발할 수 있는 지역의 예측은 내진 규정상의 액상화 평가 규정과 GIS를 이용하여 종합적으로 분석하였으며, 액상화 발생 위험지역을 추출하는 것이 가능하였다.

둘째, 분석된 위험지도를 통해서 액상화에 의한 피해가 예상되는 도로, 주거지 및 학교지역을 중첩과 질의를 통해서 추출하는 것이 가능하였다.

셋째, GIS에 의한 액상화의 위험지구 예측은 의사결정자 및 재해 담당자로 하여금 발생 가능한 인명 및 재산피해를 예측할 수 있게 함으로서 피해의 경감 및 지진 재해 발생시의 신속하고도 안전한 대책을 수립하는데 유용하게 이용될 수 있을 것이다.

### 참고문헌

1. 김소구, “지진학”, pp. 213-222.
2. 내무부, “지진방재 종합대책(중앙재해 대책본부)”.
3. 박창희, “한국의 지진 특성과 액상화 판정에 관한 고찰”, 조선대학교, 1987.
4. 한국도로공사, 고속도로 교량의 내진설계 지침(지진의 특성 및 한반도내진특성).
5. Emmi P. C. and Horton, “A GIS-Based Assesment of Earthquake Property Damage and Casualty Risk”, Salt Lake County, Utah.
6. Fung D. S. and Kung H. T., “A GIS Approach to Natural Hazard Analysis”, A Risk Analysis study of Potential Earthquake Hazards in Memphis and Shelby County.
7. Horton, C., “A GIS-Based Model and Sensitivity Analysis”, Ph. D. University of Utah, Salt Lake city, Utah.
8. Parveen M. Darbar and Dr. Daniel Wagner, “Applying GIS To Hazardous Waste Site Selection(A Case Study of South Carolina)”.
9. Philp C. Emmi and Carl A. Horton, “Seismic Risk Assessment Accuracy Requirement and GIS-Based Sensitivity Analysis”.