

|             |
|-------------|
| 발 간 등 록 번 호 |
|             |

# 기존 시설물(궤도시설) 내진성능 평가요령(안)

2020. 4.



국토교통부

Ministry of Land, Infrastructure and Transport



한국시설안전공단



국토교통부와 한국시설안전공단은 지진으로부터 국민의 안전을 확보하기 위하여 기존 시설물의 내진성능평가 및 내진보강을 체계적으로 수행할 수 있도록 “기존 시설물 내진성능 평가 및 향상요령”을 2004년에 제정하고 2011년에 개정하여 운영 중에 있습니다.

이후, 행정안전부에서는 「국가지진위험지도(2013)」와 「내진설계기준 공통적용사항(2017)」을 제정·공표하였으며, 국토교통부에서는 이를 반영하여 ‘KDS 17 10 00 내진설계 일반’과 ‘궤도시설의 건설에 관한 설비 기준’을 일부 개정하여 고시(2018)하였습니다.

이에 따라 궤도시설의 내진성능평가가 최신의 기준 및 연구결과를 반영할 수 있도록 「기존 시설물(궤도시설) 내진성능 평가요령」을 제정하여 발간하였으니 실무에 많은 활용 바랍니다.

다만, 「기존 시설물(궤도시설) 내진성능 평가요령」은 내진성능평가를 수행하는 실무자의 이해를 돕기 위한 참고도서로써 관계법상 구속력이 없으므로, 관련 기준이나 지침의 내용과 상이한 경우는 발주처와 협의하여 결정된 사항을 따르시길 바랍니다.



# 목 차

|                                  |    |
|----------------------------------|----|
| 제1장 총 칙 .....                    | 1  |
| 1.1 일반사항 .....                   | 1  |
| 1.1.1 시설물의 분류 .....              | 1  |
| 1.1.2 평가자의 자격 .....              | 2  |
| 1.1.3 내진성능 평가절차 .....            | 3  |
| 1.2 자료수집 및 재료강도의 결정 .....        | 5  |
| 1.2.1 현장조사 .....                 | 5  |
| 1.2.2 재료강도의 결정 .....             | 6  |
| 1.3 용어정의 .....                   | 7  |
| 제2장 목표성능과 지진위험도 .....            | 9  |
| 2.1 일반사항 .....                   | 9  |
| 2.2 지진위험도 .....                  | 11 |
| 2.2.1 지진구역, 지진구역계수 및 위험도계수 ..... | 11 |
| 2.2.2 지반의 분류 및 지반증폭계수 .....      | 13 |
| 2.2.3 평가지진의 가속도응답스펙트럼 .....      | 15 |
| 2.2.4 평가기준 지진의 속도응답스펙트럼 .....    | 16 |
| 2.3 내진성능 수준 .....                | 17 |
| 2.4 내진성능 평가절차 .....              | 19 |
| 제3장 내진성능 예비평가 .....              | 20 |
| 3.1 일반사항 .....                   | 20 |
| 3.2 예비평가 적용 대상 구조물 및 자료 조사 ..... | 20 |
| 3.2.1 적용대상구조물의 범위 .....          | 20 |
| 3.2.2 자료조사 및 정리 .....            | 21 |

|                                      |           |
|--------------------------------------|-----------|
| 3.3 평가 기준 .....                      | 22        |
| 3.4 평가 방법 .....                      | 22        |
| 3.4.1 지진도 .....                      | 22        |
| 3.4.2 취약도 .....                      | 23        |
| 3.4.3 영향도 .....                      | 30        |
| 3.4.4 최종 평가 및 내진 그룹화 .....           | 32        |
| <b>제4장 정거장 및 건축물 내진성능 상세평가 .....</b> | <b>34</b> |
| 4.1 일반사항 .....                       | 34        |
| 4.1.1 평가 대상 건축물 .....                | 34        |
| 4.1.2 궤도시설의 특성 반영 .....              | 34        |
| 4.2 평가절차 .....                       | 35        |
| 4.3 성능수준의 판정 .....                   | 35        |
| 4.3.1 성능목표 .....                     | 35        |
| 4.3.2 성능수준의 판정 .....                 | 36        |
| <b>제5장 기초 내진성능 상세평가 .....</b>        | <b>37</b> |
| 5.1 일반사항 .....                       | 37        |
| 5.2 평가 기준 및 성능수준 별 하중 조합 .....       | 37        |
| 5.3 액상화 평가 .....                     | 38        |
| 5.3.1 액상화 평가를 위한 지반 물성치 산정 .....     | 39        |
| 5.3.2 액상화 평가 .....                   | 40        |
| 5.4 기초의 내진 안정성 평가 방법 .....           | 42        |
| 5.5 옹벽의 내진 안정성 평가 방법 .....           | 43        |
| <b>제6장 삭도지주 내진성능 상세평가 .....</b>      | <b>44</b> |
| 6.1 일반사항 .....                       | 44        |

|                                    |           |
|------------------------------------|-----------|
| 6.2 지주의 모델링 .....                  | 45        |
| 6.2.1 재료강도 .....                   | 45        |
| 6.2.2 액상화 평가 .....                 | 46        |
| 6.3 지주하부구조 모델링 .....               | 46        |
| 6.3.1 일반사항 .....                   | 46        |
| 6.3.2 하부구조가 구조물인 경우 .....          | 47        |
| 6.4 해석절차 .....                     | 47        |
| 6.4.1 일반사항 .....                   | 47        |
| 6.4.2 연약지반에 대한 사항 .....            | 48        |
| 6.5 성능수준의 판정 .....                 | 49        |
| <br><b>제7장 교량 내진성능 상세평가 .....</b>  | <b>50</b> |
| 7.1 일반사항 .....                     | 50        |
| 7.2 평가 기준 및 성능 수준 별 하중 조합 .....    | 51        |
| 7.3 내진안정성 평가방법 .....               | 51        |
| <br><b>제8장 내진성능평가 보고서 구성 .....</b> | <b>53</b> |
| 8.1 문장 및 보고서의 작성 .....             | 53        |
| 8.2 현황보고서 작성 .....                 | 54        |
| 8.3 예비평가 보고서 .....                 | 54        |
| 8.4 상세평가 보고서 .....                 | 54        |
| <br><b>부 록</b>                     |           |
| A. 내진성능평가 예제 .....                 | A1        |

## ＜해설표 차례＞

|                                                   |    |
|---------------------------------------------------|----|
| 해설표 1.2.1 현장조사 공통항목 .....                         | 6  |
| 해설표 1.2.2 현장조사 개별항목 .....                         | 6  |
| 해설표 2.1.1 시설물의 성능수준과 구조요소 및 비구조요소의 성능수준의 관계 ..... | 9  |
| 해설표 2.1.2 건축물의 내진등급별 최소성능목표 .....                 | 10 |
| 해설표 2.1.3 교량, 지중구조물 등의 내진등급별 최소성능목표 .....         | 10 |
| 해설표 2.2.1 지진구역 및 지진구역계수 .....                     | 11 |
| 해설표 2.2.2 재현주기에 따른 위험도계수 .....                    | 11 |
| 해설표 2.2.3 지반의 분류 .....                            | 13 |
| 해설표 2.2.4 지반증폭계수( 및 ) .....                       | 14 |
| 해설표 2.3.1 구조요소의 성능수준별 손상 정도 .....                 | 18 |
| 해설표 2.3.2 비구조요소 성능수준의 정의 및 일반적 피해 수준 .....        | 18 |
| 해설표 3.4.1 지진도 등급 기준 .....                         | 23 |
| 해설표 3.4.2 Found 예비평가 결과 .....                     | 24 |
| 해설표 3.4.3 Slope 예비평가 결과 .....                     | 26 |
| 해설표 3.4.4 사면의 상대 밀도 및 상대 다짐도 .....                | 26 |
| 해설표 3.4.5 지반 종류와 분류기준 .....                       | 26 |
| 해설표 3.4.6 사면의 설계 수평 지진계수 .....                    | 27 |
| 해설표 3.4.7 Building 예비평가 .....                     | 27 |
| 해설표 3.4.8 Nonstruct 예비평가 .....                    | 28 |
| 해설표 3.4.9 Bridge 예비평가 .....                       | 28 |
| 해설표 3.4.10 Rescue 예비평가 .....                      | 28 |
| 해설표 3.4.11 Deter 예비평가 .....                       | 29 |
| 해설표 3.4.12 Perform 예비평가 .....                     | 29 |
| 해설표 3.4.13 Importance 예비평가 .....                  | 30 |
| 해설표 3.4.14 Traffic 예비평가 .....                     | 31 |
| 해설표 3.4.15 Lifeline 예비평가 .....                    | 31 |
| 해설표 3.4.16 Detour 예비평가 .....                      | 31 |

|                                              |    |
|----------------------------------------------|----|
| 해설표 3.4.17 Recovery 예비평가 .....               | 32 |
| 해설표 4.3.1 건축물 구조요소/비구조요소의 내진등급별 최소성능목표 ..... | 36 |
| 해설표 6.5.1 삭도지주의 성능목표 및 설계지진 .....            | 49 |

## 〈해설그림 차례〉

|              |                                   |    |
|--------------|-----------------------------------|----|
| <해설그림 1.1.1> | 내진성능 평가절차 흐름도 .....               | 5  |
| <해설그림 2.2.1> | 국가지진 위험지도(소방방재청, 2013) .....      | 12 |
| <해설그림 2.2.2> | 설계응답 가속도 스펙트럼 .....               | 16 |
| <해설그림 2.2.3> | 기반면에서의 설계속도 응답 스펙트럼 .....         | 17 |
| <해설그림 3.4.1> | 내진그룹화 방법 .....                    | 32 |
| <해설그림 5.3.1> | 액상화 평가 흐름도 .....                  | 39 |
| <해설그림 5.3.2> | 입도분포를 활용한 액상화 예비평가 방법 .....       | 41 |
| <해설그림 5.3.3> | 액상화 본 평가 흐름도 .....                | 42 |
| <해설그림 5.4.1> | 기초의 내진성능 평가절차 .....               | 43 |
| <해설그림 6.1.1> | 삭도지주의 내진성능 평가절차 .....             | 45 |
| <해설그림 6.4.1> | 지반-구조물 상호작용을 고려한 수치해석 모델의 예 ..... | 48 |





# 제1장 총 칙

## 1.1 일반사항

이 요령은 기존 궤도시설의 내진성능평가지 그 절차 및 방법을 제시하는 것을 목적으로 한다. 이 요령에서는 예비평가와 함께 선형정적절차, 선형동적절차, 비선형정적절차, 비선형동적절차 등을 활용한 상세평가의 방법 및 적용조건을 제시하고 있다. 적용대상은 궤도운송법에 따라 분류된 궤도시설 중 제1종 및 제2종 시설에 해당하는 건축물(일반건축물, 건물외구조물, 비구조요소), 삭도지주, 기초, 교량이다. 이 요령에서 평가방법을 제시하고 있지 않은 특수구조물의 경우 구조공학의 기본원리를 따르는 구조해석과 안전성이 검증된 합리적인 절차와 방법을 사용하여 내진성능평가를 수행할 수 있다.

### ■ 해설 ■

본 평가요령은 지진·화산재해대책법 시행령 제10조제1항에 규정된 시설물 중, 궤도시설의 내진성능을 평가하기 위함이다. 궤도시설의 내진등급과 내진성능목표는 KDS 17 10 00 “내진설계 일반”과 “궤도시설의 건설에 관한 설비기준”에 따른다.

### 1.1.1 시설물의 분류

이 평가 요령의 적용대상시설물은 용도, 형식 등에 따라 건축물, 기초, 삭도지주, 교량으로 분류할 수 있다.

### ■ 해설 ■

궤도시설의 분류는 “궤도운송법”과 “궤도시설의 건설에 관한 설비기준”에 따라 삭도,

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

케이블철도, 모노레일, 자기부상열차, 경전철 등으로 분류된다. 궤도시설의 대부분이 건축법, 철도법, 도시철도법 등에 의해 설계·시공됨에 따라 “궤도운송법”의 적용을 받지 않는 실정이다. 따라서 케이블철도, 모노레일, 자기부상열차, 경전철 등은 철도 및 도시철도의 설계기준을 적용받고 있는 실정이며, 소규모시설의 경우 내진설계 대상에서 제외됨에 따라 “궤도운송법”의 적용을 받는 시설은 대부분 삭도시설에 해당한다. 또한 “궤도시설의 건설에 관한 설비기준”의 내진설계에 대한 사항도 삭도시설을 중심으로 규정되어 있다. 본 요령에서는 이러한 실정에 비추어 궤도시설 중 “궤도시설의 건설에 관한 설비기준”의 적용대상이거나 “궤도시설의 건설에 관한 설비기준”의 적용대상이 아닌 경우라도 궤도시설의 특성 반영이 필요한 시설을 대상으로 하였으며, 그 대상은 정거장을 포함한 건축물, 기초, 삭도지주, 교량으로 한정하였다.

### 1.1.2 평가자의 자격

기존 구조물의 내진성능 평가는 기술자의 공학적인 판단이 필요한 정밀한 해석에 기반하고 있어 잘못된 해석모델을 사용할 경우 그 평가결과에 큰 차이가 발생할 수 있다. 따라서 기존 궤도시설의 내진보강을 목적으로 하는 내진성능평가평가는 신뢰할 만한 평가를 위해서 지진공학 및 내진설계에 전문적인 지식을 가진 건축구조기술사, 토목구조기술사, 토질 및 기초기술사 또는 이에 준하는 특급기술자의 책임 하에 수행하는 것을 권장한다. 다만, 이 요령의 3장에 제시된 예비평가의 경우 일반 건축 및 토목구조전공자가 수행할 수 있다. 또한 구조물의 정기적인 점검을 위해 정밀안전진단의 일부로 내진평가를 수행하는 경우 평가자의 자격은 정밀안전진단지침의 규정을 따를 수 있다.

#### ■ 해설 ■

예비평가의 경우, 본 요령에서 주어진 절차에 따라 평가를 수행한다면 그 결과에 큰 차이가 발생하지 않기 때문에 일반 구조전공자도 이 요령에서 제시하는 예비평가 시트를 사용하여 수행할 수 있도록 규정하였다. 상세평가의 경우 시설물에 따라 성능기반 내진설계의 절차와 유사하므로 각 시설물 내진설계기준에서 요구하는

기술자의 자격요건을 반영할 필요가 있다. 다만, 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법에 의해 정기점검 혹은 정밀안전진단 수행시 일부로 내진성능평가를 수행하는 경우 평가자의 자격은 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법 및 하위 규정을 따르도록 하였다.

### 1.1.3 내진성능 평가절차

이 요령은 일반적인 내진성능평가절차에 따라 순서가 구성되어 있다. 즉, 1장의 규정에 따라 대상건축물의 도면 및 현장조사를 통해 평가에 필요한 재료강도 및 구조물의 상태를 판정하며 2장에서는 대상건축물의 중요도에 따라 최소성능목표를 설정하고 이에 따른 평가지진을 산정한다. 3장에서는 궤도시설에 적용할 수 있는 예비평가법을 수록하였으며 4~7장은 본격적인 성능평가를 위한 성능기반평가법의 기본사항과 시설물별 모델링 방법 및 성능수준의 판정기준이 기술되어 있다. 평가 후 평가내용 및 결과를 수록한 보고서는 부록에 제시된 항목을 포함하여 작성한다. 3장의 예비평가는 궤도시설단위로 빠른 시간내에 개략적으로 평가하기 위해 적용한다. 대상시설에 대한 간단한 자료를 토대로 내진성능 상세평가의 우선순위를 판단하기 위한 목적으로 실시한다.

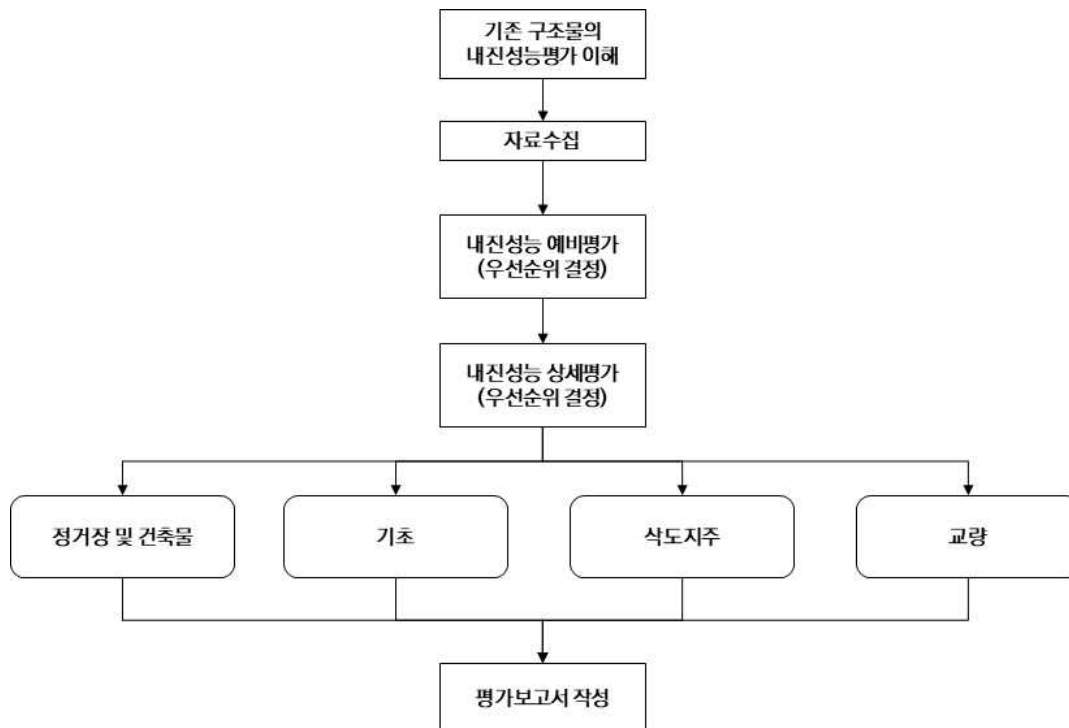
#### ■ 해설 ■

예비평가에서는 간단한 자료를 기반으로 위험도와 취약도를 분석하여 내진성능 상세평가 대상의 우선순위를 결정한다. 내진성능 상세평가는 내진성능 예비평가에 따라 기존 궤도시설의 내진성능을 파악하기 위해 실시한다. 내진성능 상세평가는 궤도시설의 각 세부시설인 정거장 및 건축물, 기초, 삭도지주, 교량별로 기술되어 있다.

해설그림 1.1.1은 상세평가의 개략적인 흐름도를 보여준다.

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

---



해설그림 1.1.1 내진성능평가절차 흐름도

## 1.2 자료수집 및 재료강도의 결정

### 1.2.1 현장조사

이 요령의 예비 및 상세평가규정에 따라 기존시설물을 평가하기 위해서는 대상구조물에 대한 상세한 정보가 요구된다. 현장조사는 시설물(건축물, 삭도지주, 기초, 비탈면 등)의 공통항목과 구조형식 및 적용기준 등의 특수성을 반영한 시설물 개별항목으로 구분한다.

공통항목은 우선적으로 설계도서, 구조계산서, 지반조사보고서 등 관련 서류 및 보고서를 통해 위치 및 지반조건, 시공년도, 내진설계 여부, 적용 설계기준 등을 확인한다. 다음으로 궤도의 이용객 및 수송능력, 권역 내 인구 등 통계자료를 확인한다. 수집된 서류 및 보고서를 바탕으로 현장조사를 통해 시설물의 배치 등을 확인한다.

개별항목은 부재치수 및 배근상태 등과 같이 구조물과 설비의 현황조사로서 “시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침”과 “세부지침(공통, 건축물, 옹벽, 절토사면 등)” 및 “(건축물, 교량, 터널, 기초 및 지반)내진성능평가요령”의 조사방법 등을 준용하여 확인한다.

#### ■ 해설 ■

예비평가는 공통사항과 본 요령에서 주어진 절차에 따라 수행할 수 있다. 그러나 상세평가의 경우 시설물에 따라 현장조사에 필요한 항목과 표본의 종류 및 개수가 다르므로 각 시설물의 “내진성능평가요령”과 “시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침” 및 “세부지침”의 규정을 따르도록 한다.

다음 해설표 1.2.1은 현장조사 공통항목이며, 해설표 1.2.2는 현장조사 개별항목이다.

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

해설표 1.2.1 현장조사 공통항목

| 분류 | 조사항목           |                                                                                                                                          | 비고                                                                            |
|----|----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| 공통 | 서류<br>및<br>보고서 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시설물 관리대장</li> <li>• 설계도서</li> <li>• 구조계산서</li> <li>• 지반조사보고서</li> <li>• 시설물의 보수·보강이력</li> </ul> |                                                                               |
|    | 보고서            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 정밀점검 및 정밀안전진단</li> <li>• 정기점검 및 유지관리</li> </ul>                                                 |                                                                               |
|    | 현장조사           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시설물의 배치현황</li> <li>• 지진하중에 영향을 줄 수 있는 비구조요소 또는 건물외 구조의 중량</li> </ul>                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 개별시설물별 현장조사는 각 시설물별 지침 활용</li> </ul> |

해설표 1.2.2 현장조사 개별항목

| 분류              | 준용기준                                                                                                         | 비고 |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 공통              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침</li> <li>• 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(공통편)</li> </ul> |    |
| 정거장<br>및<br>건축물 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(건축물)</li> <li>• 기존 시설물(건축물) 내진성능 평가요령</li> </ul> |    |
| 기초              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 기존 시설물(기초및지반) 내진성능 평가요령</li> </ul>                                  |    |
| 삭도지주            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(건축물)</li> <li>• 기존 시설물(건축물) 내진성능 평가요령</li> </ul> |    |
| 교량              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• 안전점검 및 정밀안전진단 세부지침(교량)</li> <li>• 기존 시설물(교량) 내진성능 평가요령</li> </ul>   |    |

### 1.2.2 재료강도의 결정

내진성능평가를 위한 재료강도는 현장조사에서 얻은 실제 특성값을 적용하는 것을 원칙으로 한다. 재료강도의 결정은 “세부지침(공통, 건축물, 용벽, 절토사면 등)” 및 “(건축물, 교량, 터널, 기초 및 지반)내진성능평가요령”의 재료강도 결정방법 중 불리한 경우를 적용하여 안전측으로 평가가 이루어질 수 있도록 하여야 한다.

## 1.3 용어정의

본 요령에 사용되는 용어의 정의는 관련기준인 「내진설계일반」 및 「궤도시설의 건설에 관한 설비기준」에 따르고 이에 정의되지 않은 용어는 아래의 정의를 따른다.

1. 건물외구조물: 연직하중을 받는 자립 구조물로서 건축법의 적용을 받지만 건축물로 분류되지 않는 구조물
2. 경전철: 중전철과 버스의 중간정도 수송능력을 갖춘 철도
3. 국가지진위험지도: 지진·화산재해대책법 제12조에 의거 내진설계 등에 활용하기 위하여 작성된 전국적인 지진구역을 정한 지진위험지도
4. 기반면: 지반면위의 기준점이 되는 지점으로 전단파속도  $V_s = 760 \text{ m/s}$  이상인 보통암수준을 의미하며 지반조사에 의하여 산정
5. 단주기 스펙트럼가속도: 설계지진에 대한 단주기에서의 응답스펙트럼가속도
6. 모노레일: 보 또는 선로 형태의 단선궤도를 운행하는 철도
7. 부지응답해석(Site response analysis): 설계지진에 대한 지반의 응답특성을 구하는 해석
8. 삭도: 공중에 와이어로프를 설치하고 와이어로프에 여객 또는 화물을 운송하는 운반기구를 매단 시설
9. 액상화 (Liquefaction): 지진과 같은 진동하중 발생시, 느슨한 사질토 등이 비배수 상태에서 순간적인 과잉간극수압의 발생으로 지반의 전단저항력이 저하되거나 전단저항력을 잃게 되는 현상
10. 액상화 저항능력비 (Liquefaction resistance stress ratio) : 액상화가 발생여부의 기준이 되는 전단응력비
11. 자기부상열차: 전기로 발생된 자기력으로 차량을 선로 위로 부상시켜 움직이는 철도
12. 지진응답해석: 설계지진에 대한 지반의 응답특성을 구하는 해석

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

---

13. 케이블철도: 레일 위에 설치된 차량을 견인선(케이블, 로프 등)을 이용하여 운행하는 철도

## 제2장 목표성과 지진위험도

### 2.1 일반사항

내진성능 평가를 위한 지진하중과 지진위험도는 내진 설계기준(KDS 17 10 00)의 내용을 따른다. KDS 17 10 00에 따라 구조물은 기본적으로 낮은 지진위험도의 지진에 대하여 기능을 유지하고, 높은 지진위험도의 지진에 대해서는 붕괴를 방지함으로써 인명의 안전을 확보하여야 한다. 내진성능 평가는 대상 시설물이 이러한 목표성능을 확보하고 있는지를 평가하여야 한다.

#### ■ 해설 ■

시설물의 성능수준은 KDS 17 10 00에 따라 해설표 2.1.1과 같이 기능수행, 즉시복구, 인명보호, 붕괴방지 수준으로 구분할 수 있다.

해설표 2.1.1 시설물의 성능수준과 구조요소 및 비구조요소의 성능수준의 관계

| 시설물의 성능수준 | 구조요소의 성능수준 | 비구조요소의 성능수준 |
|-----------|------------|-------------|
| 기능수행      | 거주가능       | 기능수행        |
| 즉시복구      | 거주가능       | 위치유지        |
| 인명보호      | 인명안전       | 인명안전        |
| 붕괴방지      | 붕괴방지       | 미고려         |

시설물의 성능목표는 시설물이 만족하여야 할 내진등급별 최소성능목표로 특정 지진위험도에서 요구되는 성능수준으로 정의된다. 건축구조기준에서 요구하는 성능수준이 타 기준과 다소 차이가 있기 때문에 궤도시설물은 시설물에 따라 요구되는 성능수준을 별도로 검토하여야 한다.

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

- (1) 건축물과 건물외구조물의 경우 해설표 2.1.2에 제시된 바와 같으며 이는 건축구조기준의 성능기반 내진설계에서 요구되는 최소성능목표와 동일하다.

해설표 2.1.2 건축물의 내진등급별 최소성능목표

| 내진등급 | 성능목표   |      |
|------|--------|------|
|      | 재현주기   | 성능수준 |
| 특    | 2,400년 | 인명보호 |
|      | 1,000년 | 기능수행 |
| I    | 2,400년 | 붕괴방지 |
|      | 1,400년 | 인명보호 |
|      | 100년   | 기능수행 |
| II   | 2,400년 | 붕괴방지 |
|      | 1,000년 | 인명보호 |
|      | 50년    | 기능수행 |

- (2) 교량 등의 최소성능목표는 표 2.1.3에 제시된 바와 같으며 이는 KDS 17 10 00에서 요구되는 최소성능목표와 동일하다. 평가자는 성능목표에 대하여 시설물의 소유주 또는 발주처와 협의하여야 하며, 소유주 또는 발주처가 요구하는 경우 해설표 2.1.2~해설표 2.1.3의 성능목표를 만족시키는 동시에 추가적으로 설정된 성능목표에 대해 평가하여야 한다.

해설표 2.1.3 교량, 지중구조물 등의 내진등급별 최소성능목표

| 내진등급 | 성능목표   |      |
|------|--------|------|
|      | 재현주기   | 성능수준 |
| 특    | 2,400년 | 붕괴방지 |
|      | 200년   | 기능수행 |
| I    | 1,000년 | 붕괴방지 |
|      | 100년   | 기능수행 |
| II   | 500년   | 붕괴방지 |
|      | 50년    | 기능수행 |

## 2.2 지진위험도

### 2.2.1 지진구역, 지진구역계수 및 위험도계수

우리나라 지진구역 및 이에 따른 지진구역계수는 KDS 17 10 00에 따라 분류한다.

#### ■ 해설 ■

지진구역 및 지진구역계수의 값(평균재현주기 500년에 해당)은 해설표 2.2.1과 같이 구분한다. 재현주기에 따른 위험도계수는 해설표 2.2.2와 같다.

해설표 2.2.1 지진구역 및 지진구역계수

| 지진구역 | 행정구역 |                                    | 지진구역계수 (Z) |
|------|------|------------------------------------|------------|
| I    | 시    | 서울, 인천, 대전, 부산, 대구, 울산, 광주, 세종     | 0.11g      |
|      | 도    | 경기, 충북, 충남, 경북, 경남, 전북, 전남, 강원 남부1 |            |
| II   | 도    | 강원 북부2, 제주                         | 0.07g      |

1 강원 남부(군, 시) : 영월, 정선, 삼척, 강릉, 동해, 원주, 태백

2 강원 북부(군, 시) : 홍천, 철원, 화천, 횡성, 평창, 양구, 인제, 고성, 양양, 춘천, 속초

재현주기별 유효수평지반가속도(S)는 해설표 2.2.1에 제시된 지진구역계수(Z)에 해설표 2.2.2에서 제시된 위험도계수(I)를 곱한 값으로 한다.

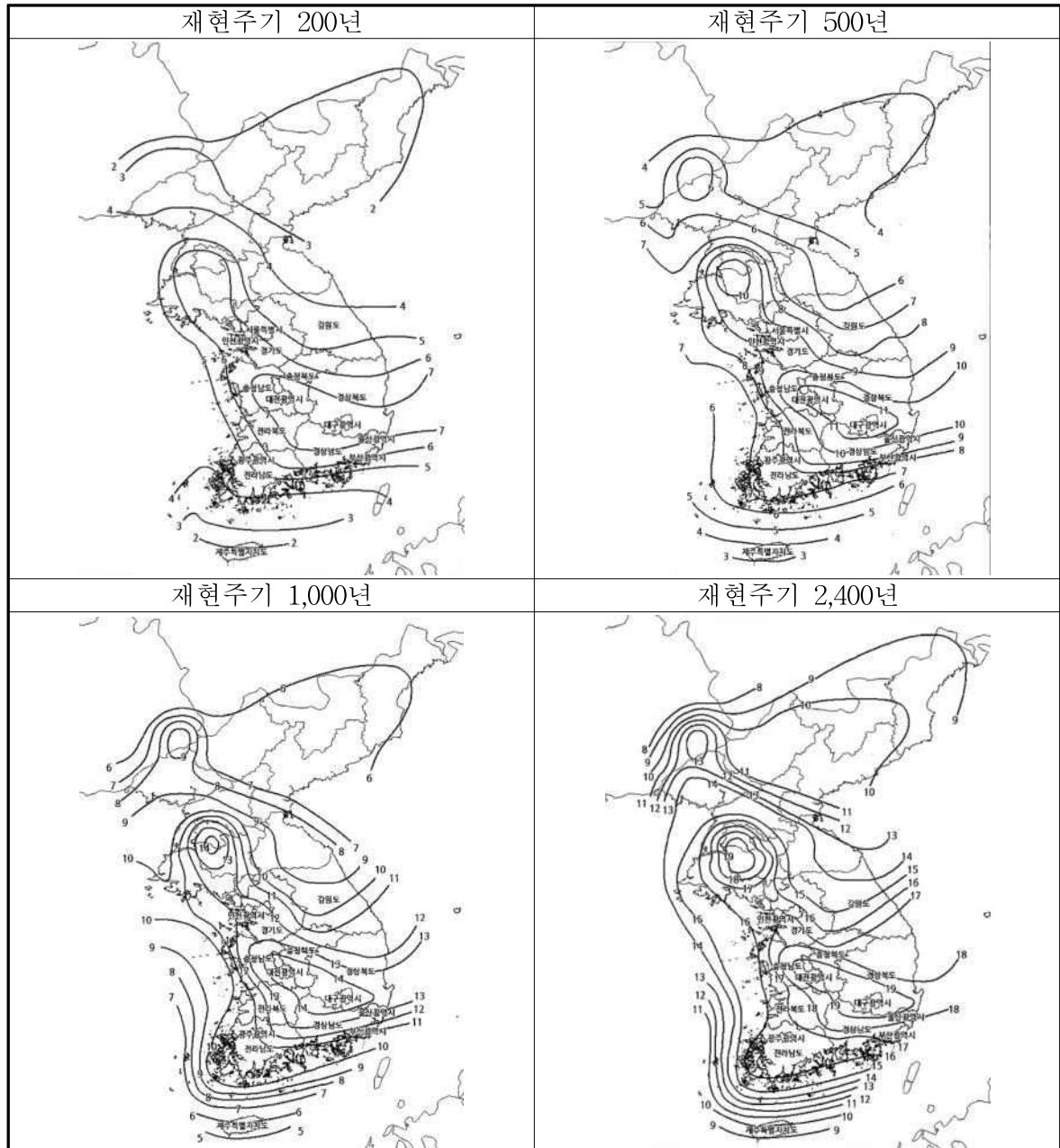
$$S = Z \times I \quad (2.2.1)$$

해설표 2.2.2 재현주기에 따른 위험도계수

| 평균재현주기 (년) | 50   | 100  | 200  | 500 | 1,000 | 2,400 | 4,800 |
|------------|------|------|------|-----|-------|-------|-------|
| 위험도계수, I   | 0.40 | 0.57 | 0.73 | 1   | 1.4   | 2.0   | 2.6   |

유효수평지반가속도(S)는 국가지진위험지도를 이용하여 구할 수 있다. 단, 국가지진위험지도를 이용하여 결정한 S는 지진구역계수에 위험도계수를 곱하여 구한 S값의 80%보다 작지 않아야 한다.

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령



해설그림 2.2.1 국가지진위험지도(소방방재청, 2013)

## 2.2.2 지반의 분류 및 지반증폭계수

## 2.2.2.1 지반종류

지반분류는 KDS 17 10 00에 따라  $S_1 \sim S_6$ 로 분류한다.

## ■ 해설 ■

국지적인 지질조건과 지표 및 지하 지형이 지반운동에 미치는 영향을 고려하기 위하여 지반을 표 2.2.3과 같이 지반 분류의 기준면으로부터 기반암(지층의 전단파속도,  $V_s = 760\text{m/s}$  이상)까지의 지반에 대한 평균 전단파속도로 분류하며, 기반암의 위치가 기준면으로부터 30m 이상인 경우에는 상부 30m에 대한 평균 전단파속도로 분류한다. 기반암 깊이가 1m 이상인 지반 중 토층 평균 전단파속도가 120 m/s 이하인 지반은 지반종류  $S_5$ 로 분류한다. 건축구조기준의 경우  $S_1$  지반의 기반암깊이기준을 3m로 검토하고 있다. 이와 같이 세부기준에 따라 분류기준의 차이가 발생할 수 있으므로 필요시 이를 검토하고 반영하도록 한다.

해설표 2.2.3 지반의 분류

| 지반종류  | 지반종류의 호칭                     | 분류기준             |                                   |
|-------|------------------------------|------------------|-----------------------------------|
|       |                              | 기반암 깊이, H<br>(m) | 토층평균전단파속도, $V_{s, soil}$<br>(m/s) |
| $S_1$ | 암반 지반                        | 1 미만             | -                                 |
| $S_2$ | 얕고 단단한 지반                    | 1~20 이하          | 260 이상                            |
| $S_3$ | 얕고 연약한 지반                    |                  | 260 미만                            |
| $S_4$ | 깊고 단단한 지반                    | 20 초과            | 180 이상                            |
| $S_5$ | 깊고 연약한 지반                    |                  | 180 미만                            |
| $S_6$ | 부지 고유의 특성평가 및 지반응답해석이 필요한 지반 |                  |                                   |

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

### 2.2.2.2 지반분류의 기준면 및 지반조사

지반분류의 기준면은 대상 시설물이 위치한 대지의 지표면으로 한다. 설계도서에 지반분류를 판정할 수 있는 정보가 불충분한 경우 지반분류를 위한 지반조사가 필요하다. 대상지역의 지반을 분류할 수 있는 자료가 충분하지 않고, 지반의 종류가  $S_5$ 일 가능성이 없는 경우에는 지반종류  $S_4$ 를 적용할 수 있다.

#### ■ 해설 ■

$S_4$ 지반은 기존  $S_C$ 지반과  $S_D$ 지반에 해당하는 구간을 합한 넓은 구간이다. 다만,  $S_4$ 지반을 적용할 경우 기존 기준보다 지진하중이 증가할 우려가 있으므로 이에 대한 적절한 검토가 필요하다.

### 2.2.2.3 지반증폭계수

지반증폭계수는 KDS 17 10 00에 따라 구한다.

#### ■ 해설 ■

단주기지반증폭계수  $F_a$ 와 1초주기 지반증폭계수  $F_v$ 는 각각 해설표 2.2.4와 같다.

해설표 2.2.4 지반증폭계수( $F_a$  및  $F_v$ )

| 지반종류  | 단주기지반증폭계수, $F_a$ |           |           | 장주기지반증폭계수, $F_v$ |           |           |
|-------|------------------|-----------|-----------|------------------|-----------|-----------|
|       | $S \leq 0.1$     | $S = 0.2$ | $S = 0.3$ | $S \leq 0.1$     | $S = 0.2$ | $S = 0.3$ |
| $S_2$ | 1.4              | 1.4       | 1.3       | 1.5              | 1.4       | 1.3       |
| $S_3$ | 1.7              | 1.5       | 1.3       | 1.7              | 1.6       | 1.5       |
| $S_4$ | 1.6              | 1.4       | 1.2       | 2.2              | 2.0       | 1.8       |
| $S_5$ | 1.8              | 1.3       | 1.3       | 3.0              | 2.7       | 2.4       |

$F_a$  및  $F_v$ 의 값은 부지고유의 지진응답해석을 수행하여 결정할 수 있다. 부지고유 지진응답해석의 절차는 각 시설물의 내진설계기준을 따른다.

건축물의 지하구조물이 지진토압에 대하여 안전하게 설계되어 있는 경우, 기초저면 지반종류가  $S_2$  이상이고 지진토압과 지진하중이 기초저면의 지반에 직접 전달될 수 있도록 기초저면이 지반에 견고히 정착되어 있다면, 지하층의 영향을 고려하여 지상구조에 적용되는 지반증폭계수를 조정할 수 있다. 지하층의 영향을 고려한 지반증폭계수의 산정은 건축구조기준을 따른다.

교량 및 지중구조물의 지진토압은 해당 시설물의 설계기준을 따른다.

### 2.2.3 평가지진의 가속도응답스펙트럼

평가지진의 가속도응답스펙트럼은 KDS 17 10 00에 따라 구한다.

#### ■ 해설 ■

평가지진의 가속도응답스펙트럼은 다음 식에 따라 구한 후 그림 2.2.2와 같이 작성한다.

- (1)  $T \leq T_0$  일 때, 스펙트럼가속도  $S_a$ 는 식 (2.2.2)에 의한다.
- (2)  $T_0 \leq T \leq T_S$  일 때, 스펙트럼가속도  $S_a$ 는  $S_{XS}$ 와 같다.
- (3)  $T_S \leq T \leq T_L$  일 때, 스펙트럼가속도  $S_a$ 는 식 (2.2.3)에 의한다.
- (4)  $T > T_L$  일 때, 스펙트럼가속도  $S_a$ 는 식 (2.2.4)에 의한다.

$$S_a = 0.6 \frac{S_{XS}}{T_0} + 0.4 S_{XS} \quad (2.2.2)$$

$$S_a = \frac{S_{X1}}{T} \quad (2.2.3)$$

$$S_a = \frac{S_{X1} T_L}{T^2} \quad (2.2.4)$$

여기서,  $T$ : 구조물의 고유주기(초)

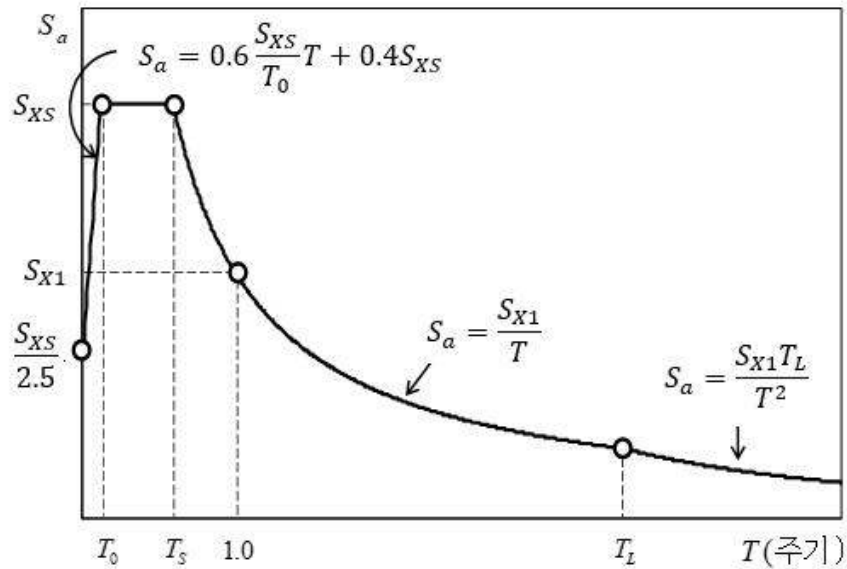
$S_{XS}$ : 단주기 스펙트럼가속도( $= S \times 2.5 \times F_a$ )

$S_{X1}$ : 1초주기 스펙트럼가속도( $= S \times F_v$ )

$$T_S = S_{X1} / S_{XS}$$

$$T_0 = 0.2 T_0$$

$T_L = 5$ 초(건축물, 건물외구조물), 3초(교량, 지중구조물 등)



해설그림 2.2.2 설계응답 가속도 스펙트럼

## 2.2.4 평가기준 지진의 속도응답스펙트럼

지표면 아래에 설치되는 지중구조물의 설계응답스펙트럼은 기반면에서의 설계속도응답스펙트럼을 이용한다.

### ■ 해설 ■

암반지반( $S_1$ )인 경우와  $S_2 \sim S_4$ 에 해당하는 토사지반 중 해석대상 부지의 공진주기가 0.4초 이하일 경우, 기반면에서 응답속도는  $S_1$ 지반의 지표면 응답 가속도를 직접 적분하여 구할 수 있다.  $S_2 \sim S_4$ 에 해당하는 토사지반 중 해석대상 부지의 공진주기가 0.4초 이상이거나 그 외 지반의 경우 부지고유의 지진응답해석을 사용하여 속도응답스펙트럼을 구하여야 한다.

(1) 기반면에서의 설계속도응답스펙트럼은 다음 환산식을 이용한다.

$$S_v = \frac{T}{2\pi} S_a \quad (2.2.5)$$

여기서,  $S_v$  : 스펙트럼속도 (m/s)

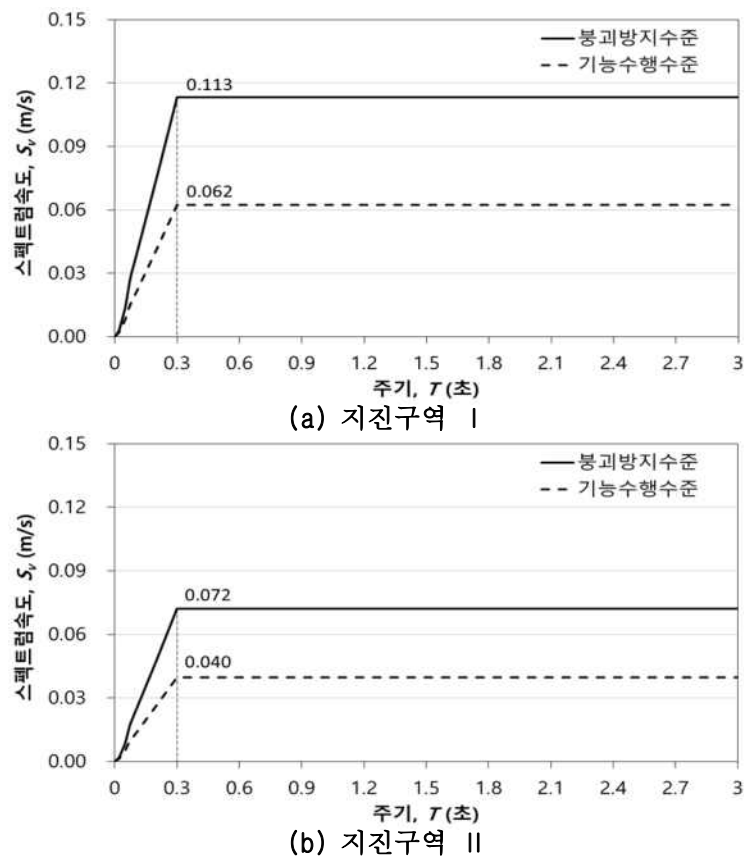
$S_a$  : 스펙트럼가속도 (m/s<sup>2</sup>)

$T$  : 고유주기 (s)

(2) 성능수준별 감쇠비( $\xi$ )는 %단위를 사용하며, 이에 따라 기능수행수준과 붕괴방지수준의 감쇠비( $\xi$ )는 다음과 같이 산정하여 적용할 수 있다.

- 기능수행수준:  $\xi = 10$
- 붕괴방지수준:  $\xi = 20$

(3) 유효수평지반가속도( $S$ )를 행정구역에 따라 결정하는 경우 기반면에서의 설계속도응답스펙트럼을 도시하면 다음과 같다



해설그림 2.2.3 기반면에서의 설계속도응답스펙트럼

## 2.3 내진성능 수준

시설물을 구성하는 구조요소와 비구조요소의 지진에 대한 성능수준은 거주가능, 인명안전, 붕괴방지, 기능수행, 위치유지, 인명안전으로 정의된다.

### ■ 해설 ■

본 평가요령에 따른 내진성능평가결과 각 시설물 전체의 구조요소와 비구조요소의 성능수준은 각각 해설표 2.3.1과 해설표 2.3.2와 같다.

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

해설표 2.3.1 구조요소의 성능수준별 손상 정도

| 성능수준 | 손상 정도                                                                                                                                                                                                                        |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 거주가능 | 구조물의 피해는 경미하며 수직하중저항시스템과 지진력저항시스템은 대체로 지진 전의 강성과 강도를 보유하고 있다. 구조부재의 손상으로 인명에 피해를 입을 가능성은 매우 낮으며 손상부재에 대한 보수가 필요하지만 시급하지는 않다.                                                                                                 |
| 인명안전 | 구조부재에 상당한 손상이 발생하여 횡강성과 강도의 손실이 있으나 붕괴에 대해서는 여전히 여력을 보유하고 있다. 구조부재에 영구변형이 있으며 지진력저항시스템의 일부 요소에서 균열, 파단, 항복, 혹은 좌굴이 발생할 수 있으나 구조부재의 손상으로 인한 인명손실의 위험은 낮다. 구조부재의 보수는 가능하지만 경제적이지 않을 수도 있다. 당장 무너지지는 않으나 거주를 위해서는 보수와 보강이 요구된다. |
| 붕괴방지 | 구조물이 심각한 피해를 입은 상태로 국부적 혹은 전체적인 붕괴가 임박한 상태이다. 지진력저항시스템에 상당한 강도 및 강성의 저하가 있으며 횡방향 영구변형이 있다. 그러나 중력하중저항시스템은 여전히 하중을 지지할 수 있다. 구조부재의 박락 등으로 인명피해가 생길 수 있으며 일반적인 보수보강 후에도 거주에 안전하지 않을 수 있다. 여진으로 인해 붕괴가 발생할 수 있다.                |

해설표 2.3.2 비구조요소 성능수준의 정의 및 일반적 피해 수준

| 성능수준 | 손상 정도                                                     |
|------|-----------------------------------------------------------|
| 기능수행 | 지진 이후에도 정상적으로 기능수행 할 수 있다.                                |
| 위치유지 | 지진 이후 정상적인 기능수행을 하지 못하나 위치가 고정되어있어 탈락과 전복 등의 위험은 피할 수 있다. |
| 인명안전 | 지진 이후 심각한 피해가 발생할 수 있지만, 인명피해를 유발하지 않는다.                  |

## 2.4 내진성능 평가절차

1. 기존 궤도시설의 내진성능 평가는 내진성능 예비평가와 상세평가 2단계로 구분하여 단계적으로 수행한다.
2. 내진성능 예비평가는 문헌자료 및 현장조사에 근거하여 내진성능 상세평가 수행의 우선순위 결정을 위해서 실시한다.
3. 내진성능 상세평가는 예비평가 결과와 내진성능 평가수준에 따라 기존 궤도시설의 구성요소 별 내진성능을 파악하기 위해서 실시한다.
4. 본 요령에서는 내진성능 평가절차에 따라 궤도시설의 내진성능 평가를 수행하도록 하고 있다.

## 제3장 내진성능 예비평가

### 3.1 일반사항

“내진성능 예비평가”는 궤도시설의 내진성능 상세평가의 우선순위를 결정하는 판단자료를 제공한다.

#### ■ 해설 ■

내진설계가 수행되지 않은 기존 궤도시설과 내진설계기준 개정에 따라 목표내진성능이 상향된 기존 궤도시설에 대하여 내진성능평가를 보다 경제적이고 합리적으로 수행하기 위해서는 “내진성능 예비평가”를 먼저 수행하여 궤도시설의 내진그룹을 분류하고 분류에 따라 “내진성능 상세평가”의 수행여부를 우선적으로 결정하는 것이 바람직하다. “내진성능 예비평가”의 결과는 내진성능 상세평가가 시급한 궤도시설의 우선순위를 결정하는 것을 목적으로, 그 결과가 시설의 보유내진성능을 의미하지 않는다. 궤도시설의 보유내진성능은 각 시설별 상세평가를 활용하여 판정한다.

### 3.2 예비평가 적용 대상 구조물 및 자료 조사

#### 3.2.1 적용대상구조물의 범위

본 요령을 적용하는 궤도시설의 범위는 궤도시설의 건설에 관한 설비기준에서 정의한 궤도시설을 의미하며, 크게 삭도시설, 케이블철도, 모노레일, 자기부상열차, 경전철 등으로 분류할 수 있다. 궤도시설 중 가장 다수를 차지하는 삭도시설은 주로 산악지역의 산사면 또는 절토사면 등과 같은 비탈면에 주로 건설되며, 궤도(선로)를 지지하는 주요 구조물은 지주, 정거장 및 교량이 있다. 지주, 정거장 및 교량 등의 구조물은 기초 위에 건설되며, 비탈면에 구조물을 건설하기 위하여 옹벽 등의 지반구조물에 설치되어야 한다. 따라서 궤도시설의 내진설계 대상은 옹벽, 기초구조물, 지주(강지주), 정거장, 건축물 및 교량으로 한정하였다.

이 요령의 평가대상시설은 제1종 및 제2종 시설물에 해당하는 궤도시설로 세부시설은 다음과 같다.

- (1) 건축물(정거장 등 「궤도시설의 건설에 관한 설비기준」의 적용을 받는 건축물)
- (2) 궤도시설에 부속된 설비 및 건물외구조물
- (3) 기초 시설물
- (4) 삭도지주 시설물
- (5) 교량 시설물

#### ■ 해설 ■

예비평가는 한정된 정보로부터 상세평가 우선순위를 결정할 수 있는 평가결과를 제시하여야 한다. 궤도의 내진성능은 궤도의 기능유지 및 인명안전과 밀접하게 관련되어 있으므로, 지주, 기초 및 정거장시설 등을 주요 평가 대상으로 적용한다.

### 3.2.2 자료조사 및 정리

해당건물의 내진성능 예비평가를 위해 평가대상 궤도시설에 대해 다음과 같은 자료를 확보해야 한다.

1. 해당지역의 지반정보
2. 시설물의 설계도서 및 점검·유지관리 보고서
3. 해당 궤도시설 관련 통계자료

#### ■ 해설 ■

1. 대상지역의 지반을 분류할 수 있는 자료가 충분하지 않을 경우, 국내 지반의 특성상 지반종류가  $S_5$ 일 가능성이 없는 경우에는 지반종류는  $S_4$ 를 적용할 수 있다.
2. 본 요령 “3.4.2 취약도”의 취약도 지수 산정을 위하여 세부시설물의 상태평가등급과 비구조요소의 내진설계 적용여부 등의 자료가 필요하다. 필요한 세부자료는 본 요령 “3.4.2 영향도”의 세부지수를 참조한다.
3. 본 요령 “3.4.3 영향도”의 영향도 지수 산정을 위하여 궤도의 규모, 이용객과 화물량 등 궤도관련 통계자료가 필요하다. 필요한 세부자료는 본 요령 “3.4.3 영향도”의 세부지수를 참조한다.

### 3.3 평가 기준

궤도시설의 내진성능 예비평가는 기존 구조물의 지진도, 취약도, 영향도를 고려하여 내진그룹화 한다. 지진도(Seismicity)는 지진의 규모 및 발생환경에 의해 결정하며, 구조물의 취약도(Vulnerability)는 구조물의 취약성, 기하학적인 형상, 형식 등에 의해 결정한다. 사회경제적인 영향도(Impact)는 교통량, 시설물의 중요성 등에 의해 결정한다. 내진그룹은 “내진보강 핵심시설”, “내진보강 중요시설”, “내진보강관찰시설” 및 “내진보강 유보시설” 4개 그룹으로 분류하고 동 순서대로 우선순위를 부여한다. 이 중 “내진보강핵심시설”, “내진보강중요시설”에 대해서는 우선적으로 내진성능 상세평가를 실시하고, 내진보강 “내진보강관찰시설”, “내진보강유보시설”에 대해서는 관리주체의 정책적 판단에 의거하여 내진성능 상세평가 실시여부를 결정할 수 있다. 단, 정책적 판단으로 중요하다고 판단되는 시설에 대해서는 내진그룹을 조정할 수 있다.

### 3.4 평가 방법

#### 3.4.1 지진도

지진도는 제 2장에서 정의되는 지진구역과 지반종류를 기본으로 하여 국가지진위험지도의 유효수평지반가속도와 지반종류 등을 고려하여 4그룹으로 분류한다.

#### ■ 해설 ■

지진구역의 기준은 재현주기 500년 기준 국가지진위험지도를 근거하여 2개의 지역으로 분류하고 있다. 그러나 대부분의 지역이 국가지진위험지도로부터 구한 유효수평 지반가속도가 지역계수로부터 구한 유효수평지반가속도의 80% 미만에 해당한다. 이에 설계실무자들은 지진1구역과 지진2구역을 지역계수로부터 구한 유효수평지반가속도를 적용하는 구간과 지역계수로부터 구한 유효수평지반가속도의 80%를 적용하는 구간으로 분류하여 총 4개의 구역을 사용하고 있다. 지진도의 분류는 이를 반영하여 지반종류에 따른 최대유효지반가속도로부터 다음과 같이 4개 그룹으로 지진도 등급을 산정하였다.

- ① 제 1 그룹 : 중점고려지역으로 한다.

- ② 제 2 그룹 : 우선고려지역으로 한다.
- ③ 제 3 그룹 : 관찰대상지역으로 한다.
- ④ 제 4 그룹 : 관찰제외지역으로 한다.

지진도 지역은 재현주기별 유효수평지반가속도에 따라 다음과 같이 구분하며, 지진도 그룹은 지진도 지역과 지반종류의 특성을 함께 고려하여 표 3.1.1와 같이 구분한다.

- 1) A1: 국가지진위험지도의 유효수평지반가속도가 다음에 해당하는 경우
- (재현주기 500년 기준) 유효수평지반가속도  $S \geq 0.11g$
- 2) A2: 국가지진위험지도의 유효수평지반가속도가 다음에 해당하는 경우
- (재현주기 500년 기준) 유효수평지반가속도  $0.088g \leq S < 0.11g$
- 3) A3: 국가지진위험지도의 유효수평지반가속도가 다음에 해당하는 경우
- (재현주기 500년 기준) 유효수평지반가속도  $0.07g \leq S < 0.088g$
- 4) A4: 국가지진위험지도의 유효수평지반가속도가 다음에 해당하는 경우
- (재현주기 500년 기준) 유효수평지반가속도  $S < 0.056g$

해설표 3.4.1 지진도 등급 기준

| 지진도 지역 | 지반종류 |     |     |     |     |     |
|--------|------|-----|-----|-----|-----|-----|
|        | S6   | S5  | S4  | S3  | S2  | S1  |
| A1     | 1그룹  | 1그룹 | 1그룹 | 1그룹 | 1그룹 | 2그룹 |
| A2     | 1그룹  | 1그룹 | 2그룹 | 1그룹 | 2그룹 | 3그룹 |
| A3     | 1그룹  | 2그룹 | 3그룹 | 2그룹 | 3그룹 | 4그룹 |
| A4     | 2그룹  | 3그룹 | 3그룹 | 3그룹 | 4그룹 | 4그룹 |

### 3.4.2 취약도

지진에 대한 궤도시설물의 취약도는 궤도시설 주변의 지반상태, 규모, 시설의 배치, 건축물, 건물외 구조물, 교량 구조물, 터널 구조물, 활주로 구조물에 대한 상태를 고려하여 취약도 지수 (Vulnerability Index)로 나타낸다.

$$VI = 20 \times (Found + Slope + Struct + Rescue + Deter) \times Perform$$

여기서, *Found*: 기초구조물 상태에 따른 지수

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

*Slope*: 사면 상태에 따른 지수

*Struct*: 구조물관련 지수로 다음 4가지 지수의 평균

- *Building*: 건축물 상태에 따른 지수
- *Column*: 삭도지주의 상태에 따른 지수
- *Nonstruct*: 비구조요소 및 설비 상태에 따른 지수
- *Bridge*: 교량 상태에 따른 지수

*Rescue*: 궤도의 소방 및 구조능력에 따른 지수

*Deter*: 궤도시설의 노후화에 따른 지수

*Perform*: 내진설계 적용여부 및 내진성능평가 수행여부에 따른 지수

### ■ 해설 ■

궤도시설의 취약도는 지진으로 인해 구조물이 붕괴되거나 손상을 입기 쉬운 형태를 구분하고 기능유지에 영향을 주는 요소를 검토하는 것이다. 궤도시설에 해당하는 정거장 및 건축물, 지주, 기초, 교량 등의 상태를 고려하여 취약도 지수로 나타낸다.

- 1) *Found*는 지반의 상태에 대한 지수이다. 지반 조사 자료 등을 활용하여 액상화 예비평가를 수행하고 예비평가의 결과에 따라 아래 표와 같이 지수를 결정한다. 기초지반의 액상화 예비평가 방법은 “기존시설물(기초 및 지반) 내진성능평가요령”을 준용토록 한다.

해설표 3.4.2 Found 예비평가 결과

| 구분                                | 내용          | 점수  |
|-----------------------------------|-------------|-----|
| 액상화 예비 평가 결과<br>( <i>Runway</i> ) | 액상화에 대해 불안전 | 1.0 |
|                                   | 액상화에 대해 안전  | 0.7 |

액상화 예비평가 방법은 다음과 같다. 아래의 경우에는 액상화에 대해 안전한 것으로 판정한다.

- (1) 지하수위 상부 지반
- (2) 액상화 평가 대상 지반이 20m 이상 깊이에 위치한 지반 (단, 20m 이상 깊이에 위치하더라도 액상화가 발생하는 경우에 구조물에 중대한 손상이 생긴다고 판단되거나, 평가 대상 지반이 20m 보다 상부에 위치한 지반과 연관이 있는 층이라고 판단되는 경우는 액상화 평가를 시행한다.)

(3) 상대밀도가 80% 이상인 지반

(4) 주상도 자료만 가지고 있는 경우,

주상도에 기록된 표준관입저항값에 기초하여 산정된  $N_{1,60}$  이 25 이상인 지반

주상도에 기록된 콘관입저항값에 기초하여 산정된  $qc_{1N}$  이 150 이상인 지반

주상도에 기록된 전단파 속도에 기초하여 산정된  $V_{s1}$  가 200m/sec 이상인 지반

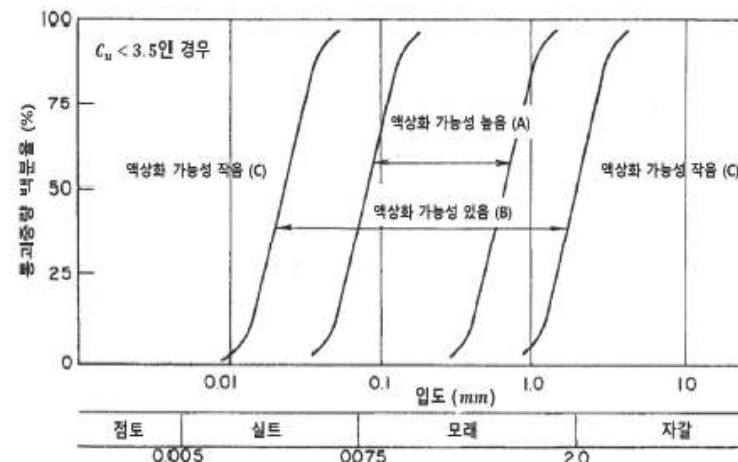
(5) 세립분 함량이 35% 이상이고 원위치시험 결과가 다음과 같은 지반

$N_{1,60}$  이 20 이상

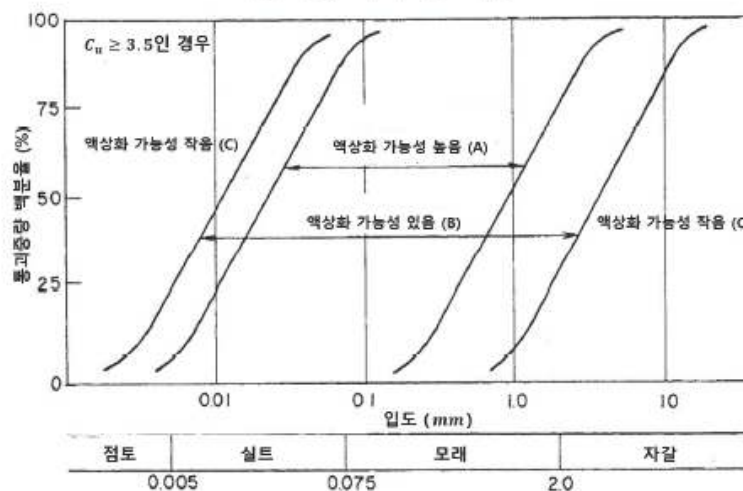
$qc_{1N}$  이 100 이상

$V_{s1}$  가 180 m/sec 이상

(6) 입도분포가 액상화 가능성 작음 영역(C)에 위치하는 지반



(a) 균등 계수 3.5 미만



(b) 균등 계수 3.5 이상

해설그림 3.4.1 입도분포를 활용한 액상화 예비평가 방법

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

2) Slope 는 사면의 상태에 대한 지수이다. 평가 방법은 사면의 상대 다짐도 및 설계 수평 지진 계수를 이용하며, 평가 결과에 따라 표와 같이 점수를 부여한다.

해설표 3.4.3 Slope 예비평가 결과

| 구분      | 내용    | 점수  |
|---------|-------|-----|
| 예비평가 등급 | II 등급 | 1.0 |
|         | I 등급  | 0.7 |

기존 문헌을 바탕으로 사면의 상대 밀도 또는 상대 다짐도를 평가하고, 지역계수 및 지반 종류를 통해 설계 수평 지진 계수를 결정한다. 자세한 절차는 아래를 따른다.

가. 사면의 상대 밀도 및 상대 다짐도를 바탕으로 사면 구성재료를 평가한다.

해설표 3.4.4 사면의 상대 밀도 및 상대 다짐도

|                             | 항목   | 특성치     |           |
|-----------------------------|------|---------|-----------|
|                             |      | 상대밀도(%) | 상대다짐도(%)  |
| 제체 구성재료의<br>상대다짐 또는<br>상대밀도 | 매우조밀 | 100~80  | 100~95.0  |
|                             | 조밀   | 79~65   | 91.3~94.9 |
|                             | 보통   | 64~55   | 88.7~91.2 |
|                             | 느슨   | 55 미만   | 88.6 이하   |

나. 유효수평지반가속도( $S$ ) 및 지반 종류에 따른 증폭계수 ( $F_a$  및  $F_v$ )를 이용하여 지표면의 설계 수평 지진계수를 산정한다.

해설표 3.4.5 지반 종류와 분류기준

| 지반종류  | 지반종류의 호칭                      | 분류기준             |                                      |
|-------|-------------------------------|------------------|--------------------------------------|
|       |                               | 기반암 깊이, H<br>(m) | 토층<br>평균전단파속도, $V_{s,soil}$<br>(m/s) |
| $S_1$ | 암반 지반                         | 1 미만             | -                                    |
| $S_2$ | 얇고 단단한 지반                     | 1~20 이하          | 260 이상                               |
| $S_3$ | 얇고 연약한 지반                     |                  | 260 미만                               |
| $S_4$ | 깊고 단단한 지반                     | 20 초과            | 180 이상                               |
| $S_5$ | 깊고 연약한 지반                     |                  | 180 미만                               |
| $S_6$ | 부지 고유의 특성평가 및 지반응답해석이 요구되는 지반 |                  |                                      |

다. 두 개의 항목을 이용하여 아래와 같이 안전성 등급을 결정한다.

해설표 3.4.6 사면의 설계 수평 지진계수

| 상대밀도 | 지표면의 수평 지진 계수  |                   |              |
|------|----------------|-------------------|--------------|
|      | 낮음 ( 0 ~ 0.2g) | 보통 (0.21 ~ 0.39g) | 높음 (0.4g 이상) |
| 느슨   | Ⅱ 등급           | Ⅱ 등급              | Ⅱ 등급         |
| 보통   | Ⅰ 등급           |                   |              |
| 조밀   |                | Ⅰ 등급              |              |
| 매우조밀 |                |                   | Ⅰ 등급         |

3) *Struct*은 궤도시설에 속한 건축물, 설비 및 비구조요소, 교량, 지주의 4종류 구조물에 대한 상태 지수의 평균값으로 결정한다.

a) *Building*은 궤도시설 중 정류장의 상태에 따라 나타내는 지수이다.

해설표 3.4.7 Building 예비평가

| 구분                           | 상태등급   | 점수  |
|------------------------------|--------|-----|
| 건축물1)<br>( <i>Building</i> ) | D, E등급 | 1.0 |
|                              | C등급    | 0.8 |
|                              | B등급    | 0.6 |
|                              | A등급    | 0.5 |

주 1) 대상 건축물의 최근 상태평가 등급으로 분류

b) *Column*은 삭도지주의 상태를 나타내는 지수이다. 삭도지주가 2개 이상일 경우 전체 삭도지주의 *Column*지수의 평균값을 사용한다.

$$Column = C_1 \times C_2 \times C_3 \times C_4 \times C_5$$

여기서,  $C_1$ (지진구역에 따른 계수) : 1.0(지진구역 I), 0.9(지진구역 II)

$C_2$ (지반종류에 따른 계수) : 1.0( $S_3 \sim S_6$ ), 0.9( $S_1 \sim S_2$ )

$C_3$ (기초의 전도가능성에 따른 계수 : 1.0(높음), 0.9(낮음)

$C_4$ ((지주하부구조물에 따른 지수) : 1.2(하부구조물에 지주설치),

1.0(지주하부구조물 없음)

$C_5$ (건전성에 따른 계수 : 1.0(불량), 0.9(보통), 0.8(양호)

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

c) *Nonstruct*은 궤도시설 중 궤도시설 설계기준에 따라 분류되는 건물외구조물 및 비구조요소의 내진설계 적용여부에 따라 나타내는 지수이다.

해설표 3.4.8 Nonstruct 예비평가

| 구분                                   | 내용       | 점수  |
|--------------------------------------|----------|-----|
| 비구조요소 및 설비1)<br>( <i>Nonstruct</i> ) | 내진설계 미적용 | 1.0 |
|                                      | 내진설계 적용  | 0.7 |

*Nonstruct*지수는 현행설계기준에 근거하여 내진설계대상이 되는 비구조요소 및 설비에만 적용한다. 비구조요소 및 설비의 내진설계 적용여부는 관련된 구조계산서 또는 인증서를 확인하는 것으로 평가한다.

d) *Bridge*은 궤도시설 중 교량의 상태에 따라 나타내는 지수이다.

해설표 3.4.9 Bridge 예비평가

| 구분                        | 상태등급   | 점수  |
|---------------------------|--------|-----|
| 교량1)<br>( <i>Bridge</i> ) | D, E등급 | 1.0 |
|                           | C등급    | 0.8 |
|                           | B등급    | 0.6 |
|                           | A등급    | 0.5 |

주 1) 궤도시설의 모든 교량의 최근 상태평가 등급으로 분류하되 가장 취약한 교량의 상태등급을 따름

4) *Rescue*는 궤도의 피난위험도에 따라 나타내는 지수이다.

해설표 3.4.10 Rescue 예비평가

| 구분                         | 내용     | 점수  |
|----------------------------|--------|-----|
| 피난위험도<br>( <i>Rescue</i> ) | 지하, 해상 | 1.0 |
|                            | 산악     | 0.8 |
|                            | 평지     | 0.6 |

5) *Deter*은 궤도시설의 노후상태에 따라 나타내는 지수이다.

해설표 3.4.11 Deter 예비평가

| 구분                      | 공용년수(t)            | 점수  |
|-------------------------|--------------------|-----|
| 노후화<br>( <i>Deter</i> ) | 50년 이상             | 1.0 |
|                         | 30년 $\leq$ t < 50년 | 0.8 |
|                         | 10년 $\leq$ t < 30년 | 0.5 |
|                         | 10년 미만             | 0.2 |

6) *Perform*은 내진설계 적용여부와 최근 5년 이내 내진성능평가의 수행여부에 따라 결정한다.

해설표 3.4.12 Perform 예비평가

| 구분                                             | 내용                      |            | 점수  |
|------------------------------------------------|-------------------------|------------|-----|
| 내진설계 및<br>내진성능평가<br>수행여부<br>( <i>Perform</i> ) | 내진설계 미적용 및 내진성능평가 미수행   |            | 1.0 |
|                                                | 내진성능평가 수행               | 일부시설만 수행   | 0.8 |
|                                                |                         | 대상시설 전체 수행 | 0.6 |
|                                                | 내진성능평가 수행<br>및 내진 보강 수행 | 일부시설만 적용   | 0.7 |
|                                                |                         | 대상시설 전체 적용 | 0.5 |

1988년 6층 이상 건축물에 대한 내진설계가 실시된 이래로 1998년 “내진설계기준 준칙(1998.02. 건설교통부)” 이후 17개 각종 시설에 대한 내진설계기준을 정하였으며, 현재 32개 각종 시설물에 대한 내진설계 및 내진성능평가를 실시하도록 하고 있다. 내진성능평가는 내진설계가 적용되지 아니하였거나 내진설계기준이 상향되었을 때 현행 설계기준을 기초하여 시설이 보유하고 있는 내진성능을 평가하고, 목표한 내진성능이 확보되지 아니하였을 경우 이에 대한 보강계획을 수립하는 것을 목적으로 하고 있다.

본 장의 목적은 궤도시설의 내진성능을 평가하는 것이 아니라 내진성능 상세평가 실시의 우선순위를 결정하는 것이 그 목적이므로, 기존에 내진성능평가 및 내진 보강이 수행되었다면 해당시설은 낮은 상세평가 우선순위를 받는 것이 타당하다. 따라서, *Perform*지수를 통하여 내진성능평가가 수행되었거나, 이로 인한 내진 보강이 수행된 공항시설의 취약도 지수를 보정하도록 한다.

### 3.4.3 영향도

궤도 시설물의 영향도는 평상시 교통량 및 화물량, 군사적 중요도와 지진발생 이후 궤도의 영향권에 포함되는 배후인구, 복구에 소요되는 비용 등을 고려하여 영향도 지수로 나타낸다. 궤도시설물의 영향도는 궤도시설물의 취약도 지수 산정과 유사한 방법으로 다음과 같이 영향도 지수(Impact Index)로 나타낸다.

$$II = 20 \times (Importance + Traffic + Lifeline + Detour + Recovery)$$

여기서, *Importance* : 사회·경제적으로 영향을 주는 궤도의 중요도(Importance)

*Traffic* : 궤도를 이용하는 연평균 이용객 또는 연평균 화물운송량

*Lifeline* : 궤도 내·외부 주요 라이프라인(Lifeline)의 존재여부

*Detour* : 궤도시설의 우회가능성 여부

*Recovery* : 궤도시설물의 성능회복(Recovery)을 위한 비용지수

#### ■ 해설 ■

궤도시설의 영향도는 지진으로 인해 피해가 발생할 경우 이로 인한 사회경제적인 영향을 주는 요소를 검토하는 것이다. 궤도의 중요성, 교통량, 탑승인원 등을 고려하여 영향도 지수로 나타낸다.

- 1) *Importance* 는 사회·경제적으로 시설의 중요도(Importance)를 나타내는 지수이다.

해설표 3.4.13 Importance 예비평가

| 구분                           | 궤도시설의 용도 | 점수  |
|------------------------------|----------|-----|
| 중요도<br>( <i>Importance</i> ) | 교통, 시설관리 | 1.0 |
|                              | 관광, 레저   | 0.8 |
|                              | 기타       | 0.6 |

궤도시설 중 일부는 국가 또는 지자체 주요시설의 관리목적을 포함하여 운영되고 있다. 지진피해 발생시 사회·경제적인 영향이 큰 시설의 관리목적으로 설치된 궤도시설에 한하여 교통시설과 마찬가지로 높은 중요도를 부여한다.

- 2) *Traffic* 은 궤도시설을 이용하는 연평균 이용객 또는 화물량을 나타내는 지수이다.

해설표 3.4.14 Traffic 예비평가

| 구분                                        | 연평균 이용객(Pa)                         | 연평균 화물량(C), ton                 | 점수  |
|-------------------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|-----|
| 연평균 이용객<br>및 탑승인원1)<br>( <i>Traffic</i> ) | $50\text{만명} \leq Pa$               | $10\text{만} \leq C$             | 1.0 |
|                                           | $25\text{만명} \leq Pa < 50\text{만명}$ | $5\text{만} \leq C < 10\text{만}$ | 0.8 |
|                                           | $10\text{만명} \leq Pa < 25\text{만명}$ | $1\text{만} \leq C < 5\text{만}$  | 0.6 |
|                                           | $5\text{만명} \leq Pa < 10\text{만명}$  | $1\text{천} \leq C < 1\text{만}$  | 0.4 |
|                                           | $Pa < 5\text{만명}$                   | $C < 1\text{천}$                 | 0.2 |

주 1) 시설물의 특성을 고려하여 연평균 이용객 또는 화물량으로 점수 산정

- 3) *Lifeline* 은 궤도 시설 내·외부에 가스나 상수도 등 주요 라이프라인 시설물의 존재유무를 나타내는 지수이다.

해설표 3.4.15 Lifeline 예비평가

| 구분                                           | 주요 라이프라인 시설물  | 점수  |
|----------------------------------------------|---------------|-----|
| 궤도시설 내·외부<br>주요 라이프라인<br>( <i>Lifeline</i> ) | 가스 및 송유관      | 1.0 |
|                                              | 상수도관 및 광통신케이블 | 0.8 |
|                                              | 기타시설물         | 0.6 |
|                                              | 시설물 없는 경우     | 0.5 |

- 4) *Detour* 는 궤도의 우회가능성을 나타내는 지수이다.

해설표 3.4.16 Detour 예비평가

| 구분                           | 우회가능성 | 점수  |
|------------------------------|-------|-----|
| 우회가능성1)<br>( <i>Detour</i> ) | 우회불가능 | 1.0 |
|                              | 우회가능  | 0.6 |

주 1) 관광시설의 경우 우회가능여부와 관계없이 0.5를 적용

- 5) *Recovery* 는 구조물의 성능 회복(Recovery)을 위한 비용지수를 나타낸다. 궤도의 총연장과 정거장 규모 중 높은 점수를 적용한다.

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

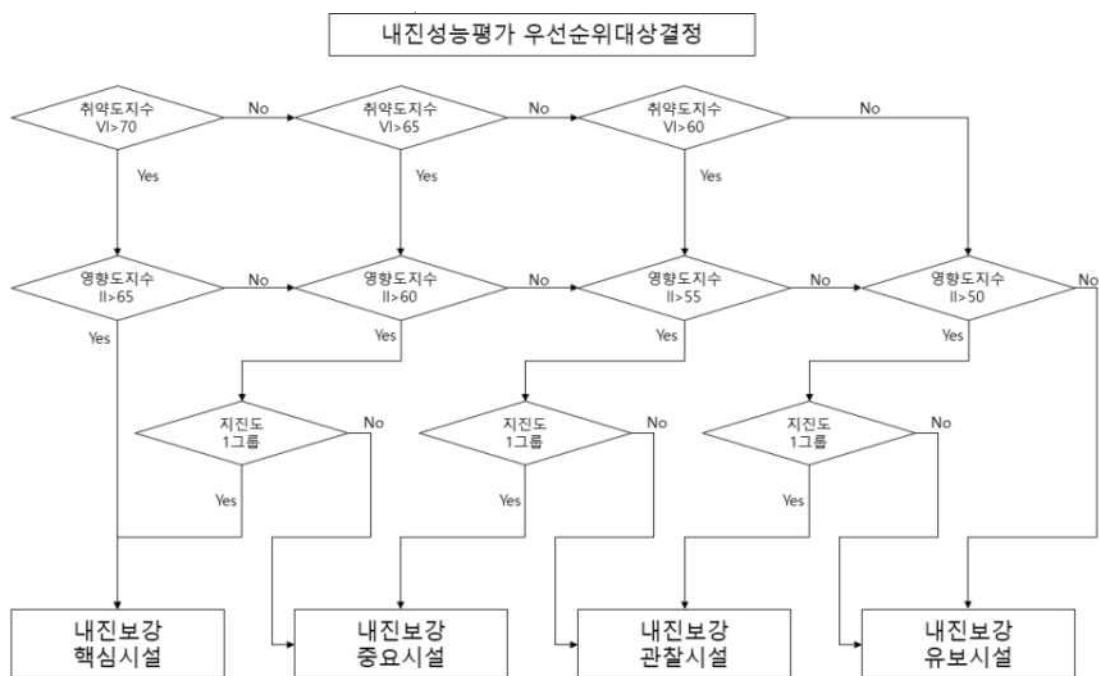
해설표 3.4.17 Recovery 예비평가

| 구분                                | 궤도의 총연장(L)                             | 정거장 규모(S)                                  | 점수  |
|-----------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------|-----|
| 구조물 성능회복1)<br>( <i>Recovery</i> ) | 3,000m 이상                              | $5,000\text{m}^2 \leq S$                   | 1.0 |
|                                   | $1,500\text{m} \leq L < 3,000\text{m}$ | $1,000\text{m}^2 \leq S < 5,000\text{m}^2$ | 0.8 |
|                                   | $500\text{m} \leq S < 1,500\text{m}$   | $500\text{m}^2 \leq S < 1,000\text{m}^2$   | 0.6 |
|                                   | $S < 500\text{m}$                      | $S < 500\text{m}^2$                        | 0.5 |

주 1) 궤도시설이 해상, 지하, 갱도 등에 설치된 경우 2,000m 미만의 궤도시설에 대한 *Recovery*지수는 0.2를 더할 수 있다.

### 3.4.4 최종 평가 및 내진 그룹화

궤도시설의 내진그룹은 지진도, 취약도 지수와 영향도 지수를 종합적으로 고려하여 내진성능 핵심시설, 중요시설, 관찰시설, 유보시설의 4개 등급으로 분류한다.



해설그림 3.4.2 내진그룹화 방법

### ■ 해설 ■

궤도시설의 내진그룹은 해설 그림 3.4.1과 같이 취약도 지수와 영향도 지수를 고려하여 궤도시설의 내진성능을 4개의 등급 즉, 내진보강 핵심시설, 중요시설, 관찰시설, 유보시설로 구분한다. 우선순위가 높은 등급(핵심시설, 중요시설)의 경우 내진성능 상세평가를 우선적으로 수행한다. 내진그룹과 상관없이 최근 지진이 발생한 지역이나 시설물의 노후화로 인한 구조적손상 등이 발견된 경우, 정책적 판단 등에 따라 상세평가를 우선적으로 수행할 수 있도록 한다.

## 제4장 정거장 및 건축물 내진성능 상세평가

### 4.1 일반사항

4.1~4.3은 기존 궤도시설 중 건축물에 대한 내진성능 상세평가의 세부 기술적인 사항을 규정한다. 본 장에서 기술하지 않은 기존 궤도시설 중 건축물에 대한 내진성능 상세평가의 세부 기술적인 사항은 기존건축물의 내진성능평가요령을 준용하도록 한다.

#### ■ 해설 ■

건축물에 대한 기본적인 내진성능평가는 “기존시설물(건축물)의 내진성능평가요령”을 준용하여 실시한다. 다만, 궤도시설물의 경우 정거장과 지주 등 서로 다른 시설이 기능유지를 위한 상호보완적인 관계를 가지고 있으므로 이에 대한 고려를 우선하도록 한다.

#### 4.1.1 평가 대상 건축물

궤도시설의 평가 대상 건축물은 정거장과 부속시설을 포함하여 “궤도운송법”과 “궤도시설의 건설에 관한 설비기준”에서 정한 바를 따른다. 평가대상 건축물의 내진등급은 연면적 5,000㎡ 이상인 정류장의 경우 내진 I 등급을 적용하며, 그 외 건축물의 경우 내진 II 등급을 적용한다.

#### ■ 해설 ■

궤도시설의 내진등급은 특별한 경우를 제외할 경우 대부분이 내진 II 등급에 해당한다.

#### 4.1.2 궤도시설의 특성 반영

기능수행수준의 검토가 필요한 시설을 포함하여 궤도시설의 내진성능 상세평가를 실시할 경우 궤도시설의 내진등급과 상관없이 기능수행을 위해 요구되는 내진성능목표에 대한 평가를 수행할 수 있다.

## ■ 해설 ■

연면적 5,000m<sup>2</sup> 이상인 정류장이 있는 궤도시설의 경우 내진Ⅰ등급과 내진Ⅱ등급에 해당하는 시설이 공존하게 된다. 이러한 경우 하나의 교통체계에서 내진등급에 따라 기능수행수준의 검토가 모두 이루어지지 않기 때문에 기능수행의 연속성을 확보하기 어려울 가능성이 있다. 따라서 발주처와의 협의를 통하여 내진Ⅱ등급에 해당하는 시설의 기능수행과 관련한 성능수준에 대한 별도의 협의가 필요하다.

## 4.2 평가절차

구조물의 경우 선형정적절차, 선형동적절차, 비선형정적절차, 비선형동적절차의 4종류의 상세평가 방법을 사용하며, 비구조요소 및 건물외구조물의 구조해석과 실험을 통한 평가 방법을 사용한다. 건축물 내진성능 상세평가의 세부적인 절차는 기존건축물의 내진성능평가요령을 준용하도록 한다. 다만, 평가방법이 제시되지 않은 장스팬구조물 등 특수구조물에 해당되는 경우 구조공학의 기본원리를 따르는 구조해석과 안전성이 검증된 합리적인 절차와 방법을 사용할 수 있으며, 이 경우 제3자 검토 및 발주처의 사전승인을 획득하도록 한다.

## ■ 해설 ■

내진성능 상세평가는 신축건물을 대상으로 하는 일반적인 구조설계와 다른 해석절차가 사용된다. 특히 평가방법이 제시되지 않는 특수구조물의 경우 설계자의 가정을 검증하고 해석상의 오류를 파악하기 위해 제 3자 검토가 필요하다.

## 4.3 성능수준의 판정

## 4.3.1 성능목표

궤도시설 건축물의 내진등급별 최소성능목표는 KDS 41 17 00 건축물내진설계기준에 따라 해설표 4.3.1과 같다. 구조요소 및 비구조요소의 설계거동한계는 궤도시설의 건설에 관한 설비기준에 따라 표 4.3.2와 같다.

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

### ■ 해설 ■

건축물의 최소성능목표는 다음 해설표 4.3.1과 같다.

해설표 4.3.1 건축물 구조요소/비구조요소의 내진등급별 최소성능목표

| 내진<br>등급 | 성능목표     |      |      |       | 설계지진                               |
|----------|----------|------|------|-------|------------------------------------|
|          | 재현주<br>기 | 성능수준 |      |       |                                    |
|          |          | 건축물  | 구조요소 | 비구조요소 |                                    |
| Ⅰ        | 2,400년   | 붕괴방지 | 붕괴방지 | 미고려   | -                                  |
|          | 1,400년   | 인명보호 | 인명안전 | 인명안전  | 기본설계지진 $\times$ 중요도계수<br>( $I_E$ ) |
| Ⅱ        | 2,400년   | 붕괴방지 | 붕괴방지 | 미고려   | -                                  |
|          | 1,000년   | 인명보호 | 인명안전 | 인명안전  | 기본설계지진 $\times$ 중요도계수<br>( $I_E$ ) |

- 1) 기본설계지진은 스펙트럼가속도가 최대고려지진(2,400년 재현주기 지진 크기)에 의한 값의 2/3 수준에 해당하는 지진으로 1,000년 재현주기 지진 크기에 해당한다.

구조요소 및 비구조요소의 설계거동한계는 해설표 4.3.2~해설표 4.3.4와 같다.

### 4.3.2 성능수준의 판정

궤도시설 건축물의 내진성능평가에 대한 성능수준의 판정은 4.3.1의 성능목표의 만족여부로 판정한다.

### ■ 해설 ■

본 요령과 기존건축물의 내진성능평가요령에 의거 표 4.3.1~표 4.3.4의 성능목표를 만족할 경우 그 성능목표를 만족하는 것으로 본다. 비구조요소 중 기계/전기 비구조요소의 경우 장치의 작동여부를 추가로 검토하여 성능목표를 만족할 경우 그 성능목표를 만족하는 것으로 본다.

## 제5장 기초 내진성능 상세평가

### 5.1 일반사항

5장은 기존 시설물 중 기초 및 기초지반 내진성능 상세평가의 기술적인 사항을 규정한다. 궤도 구성요소 중 평가 부위는 기초 및 기초 저면 하부지반, 옹벽으로 하며, 평가는 “기존시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령”을 준용토록 한다.

#### ■ 해설 ■

기초의 내진성능 평가는 기본적으로 등가정적 해석법을 적용하여 수행한다. 이 때, 상부 구조물의 동적거동을 정확하게 반영하기 위하여 기초와 지반의 상호작용을 고려할 수 있다. 옹벽의 내진성능 평가법에는 등가정적 해석법, 벽체의 영구변위를 허용하는 영구변위 산정법과 수치해석 방법 등이 있으며, 그 외 상세한 사항은 “기존 시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령”을 준용토록 한다.

성능평가용 지진은 내진설계 일반(KDS 17 10 00)에 기반하여 선정한다. 그 외 상세한 일반사항은 “기존 시설물(교량) 내진성능 평가요령”을 준용토록 한다.

#### ■ 해설 ■

본 요령의 2장에서 결정된 지진을 성능평가용 지진으로 사용하되, 상세평가의 세부 내용은 “기존 시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령”의 “제 2장 내진성능 평가기준지진과 평가절차”에서 명시한 것을 준용토록 한다.

### 5.2 평가 기준 및 성능수준 별 하중 조합

기초의 내진성능 평가를 위한 성능수준 및 하중 조합은 “기존 시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령”을 준용토록 한다.

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

### ■ 해설 ■

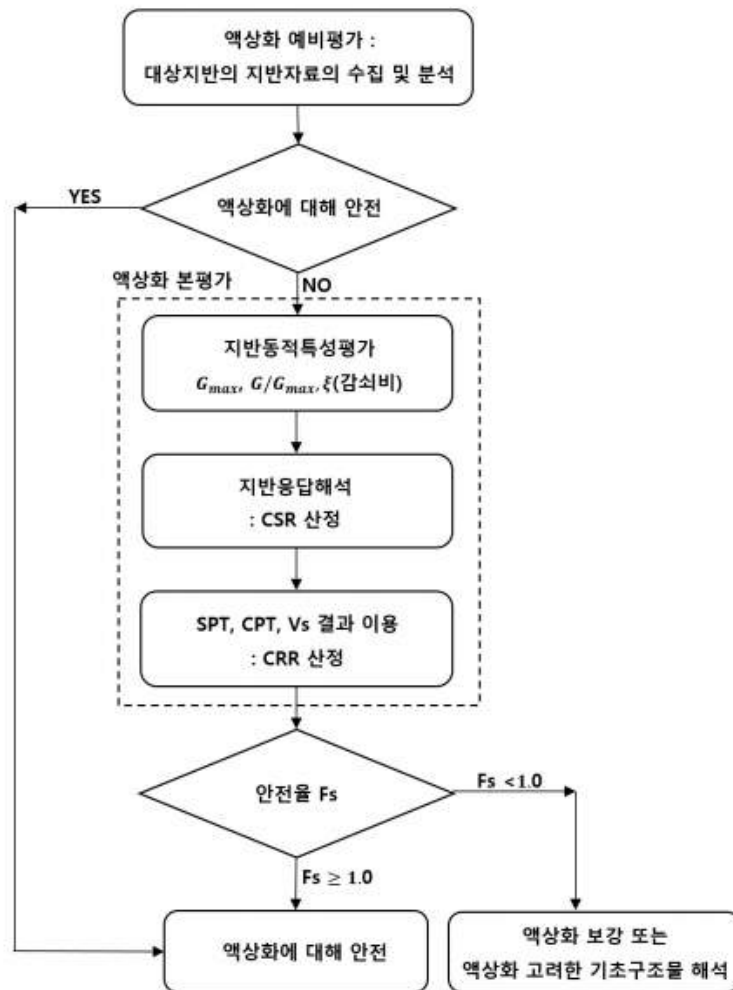
기초 및 지반의 내진성능 평가는 각 시설물별의 관련기준을 따르며, 설계지반운동의 세기 및 진동수성분은 기본적으로 응답스펙트럼으로 표현한다. 설계응답스펙트럼은 해당 시설물의 평가요령에서 규정하고 있는 방법을 사용하며, 그 외 상세한 사항은 “기존 시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령”의 “제 2장 내진성능 평가기준지진과 평가절차”를 준용토록 한다.

### 5.3 액상화 평가

기초의 액상화 발생가능성에 대한 평가는 “KDS 17 10 00 (4.7)”과 “기존시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령”을 준용토록 한다. 액상화 발생가능성이 있다면 “기존시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령”에 따라 액상화를 고려한 기초의 내진성능 평가를 수행한다.

### ■ 해설 ■

액상화 평가의 경우 기초구조물 하부지반이  $S_2 \sim S_6$  인 경우에 수행한다. 지반 액상화 평가는 예비평가와 본평가의 2단계로 구분하며, 전반적인 액상화 평가의 흐름도는 다음의 해설 그림 5.3.1과 같다.



해설그림 5.3.1 액상화 평가 흐름도

### 5.3.1 액상화 평가를 위한 지반 물성치 산정

액상화 평가를 위한 지반 물성치 산정은 “기존시설물(기초 및 지반) 내진성능평가요령”을 준용토록 한다.

#### ■ 해설 ■

액상화 평가에 필요한 지반 물성값은 해당 시설물의 기존 설계 자료 또는 기 수행된 내진성능 평가자료를 이용하여 획득한다. 단, 필요한 지반 물성값이 없거나 기존 지반조사 자료의 신뢰성이 부족하다고 판단될 경우에는 지반조사를 수행한다. 비행장 시설의 액상화 평가를 수행하기 위해 필요한 지반 물성값은 아래와 같다.

- 1) 시설물 하부 지반의 층상 구조 및 지하수위
- 2) 기반암까지의 깊이 및 각 층의 밀도
- 3) 액상화 본평가를 위한 깊이별 표준관입시험 저항값(SPT-N값) 및 해당 SPT 장비의

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

에너지 효율

그 외 상세한 사항은 “기존 시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령” 중 “제 4장 액상화평가”를 준용토록 한다.

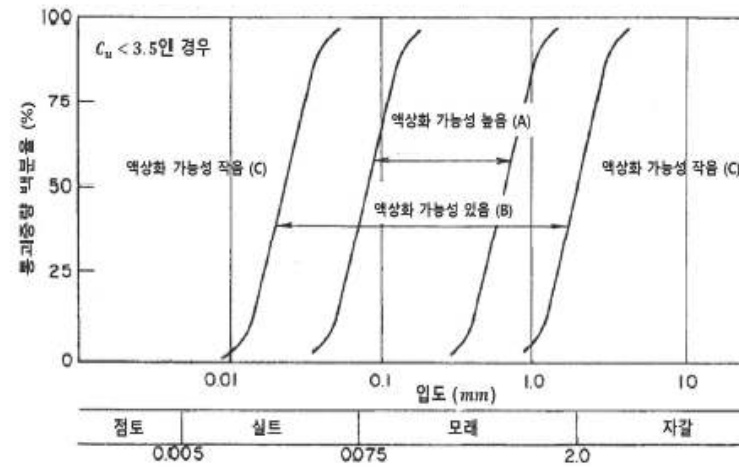
### 5.3.2 액상화 평가

궤도시설의 기초 지반의 액상화 평가 방법은 “기존시설물(기초 및 지반) 내진성능평가요령”을 준용토록 한다. 액상화 예비평가는 수집한 관련자료에 근거하여 지반의 액상화 가능성에 대해 개괄적으로 판단하고 액상화 가능성이 거의 없을 경우에는 액상화 평가를 생략하는 것으로 한다.

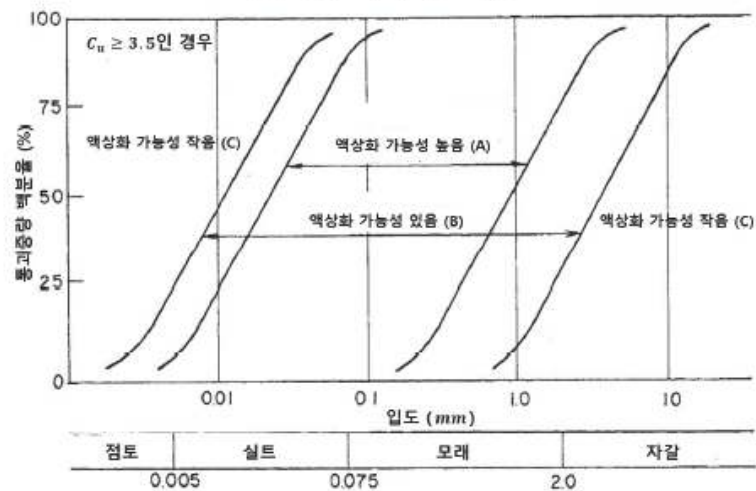
#### ■ 해설 ■

다음 경우에는 액상화에 대해 안전한 것으로 보고 액상화 평가를 생략한다.

- (1) 지하수위 상부 지반
- (2) 액상화 평가 대상 지반이 20m 이상 깊이에 위치한 지반 (단, 20m 이상 깊이에 위치하더라도 액상화가 발생하는 경우에 구조물에 중대한 손상이 생긴다고 판단되거나, 평가 대상 지반이 20m 보다 상부에 위치한 지반과 연관이 있는 층이라고 판단되는 경우는 액상화 평가를 시행한다.)
- (3) 상대밀도가 80% 이상인 지반
- (4) 주상도 자료만 가지고 있는 경우,  
주상도에 기록된 표준관입저항값에 기초하여 산정된  $N_{1,60}$  이 25 이상인 지반  
주상도에 기록된 콘관입저항값에 기초하여 산정된  $qc_{1N}$  이 150 이상인 지반  
주상도에 기록된 전단파 속도에 기초하여 산정된  $V_{s1}$  가 200m/sec 이상인 지반
- (5) 세립분 함량이 35% 이상이고 원위치시험 결과가 다음과 같은 지반  
 $N_{1,60}$  이 20 이상  
 $qc_{1N}$  이 100 이상  
 $V_{s1}$  가 180 m/sec 이상
- (6) 입도분포가 액상화 가능성 작음 영역(C)에 위치하는 지반



(a) 균등 계수 3.5 미만



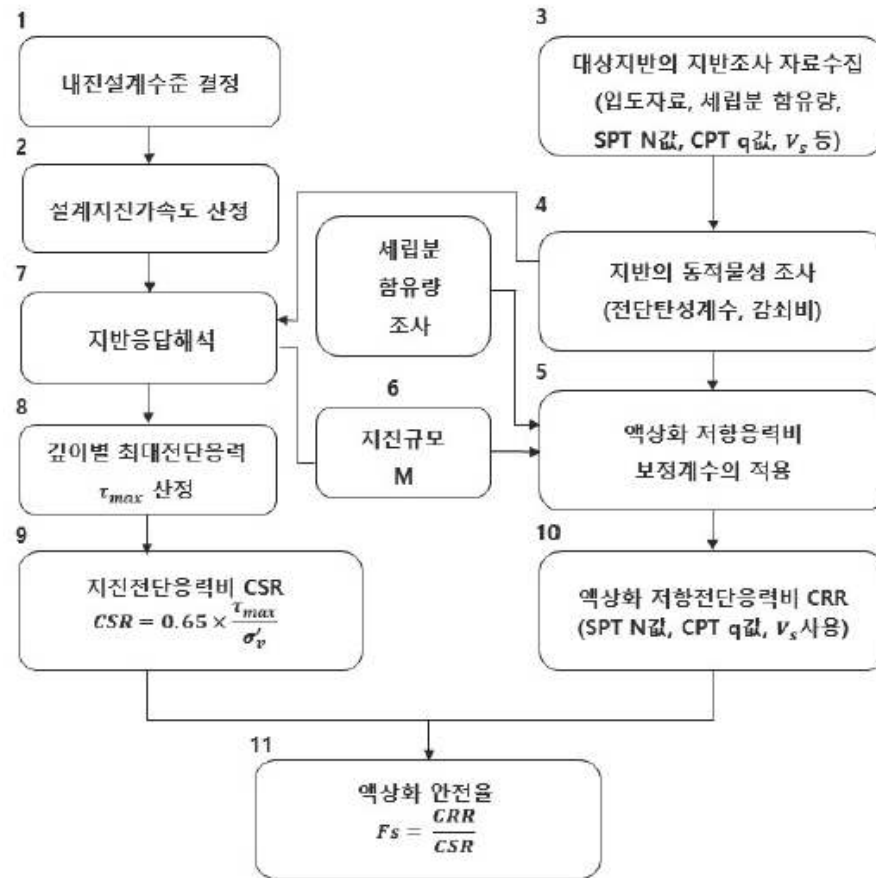
(b) 균등 계수 3.5 이상

해설그림 5.3.2 입도분포를 활용한 액상화 예비평가 방법

액상화 예비평가 결과 액상화 발생 위험이 있는 것으로 판단될 경우 액상화 본평가를 수행한다.

#### ■ 해설 ■

액상화 본평가 방법으로는 국내 지진특성을 고려한 수정 Seed와 Idriss 방법을 제안한다. 액상화 본평가의 흐름도는 다음 해설그림 5.3.3과 같다. 그 외 상세한 사항은 “기존 시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령” 중 “제 4장 액상화평가”를 준용토록 한다.



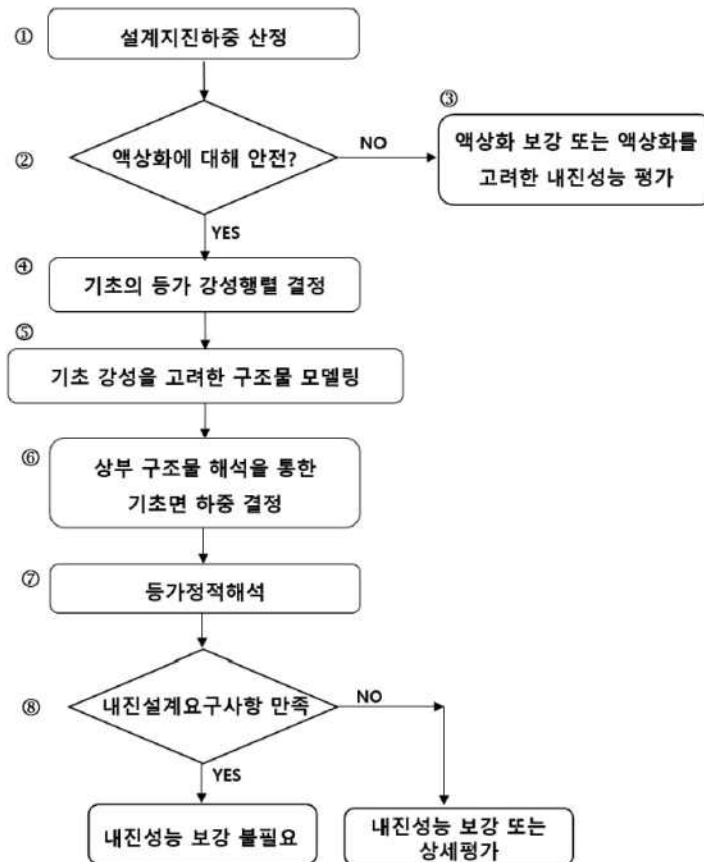
해설그림 5.3.3 액상화 본평가 흐름도

## 5.4 기초의 내진 안정성 평가 방법

기초의 내진안정성 평가방법은 “기존 시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령”을 준용토록 한다.

### ■ 해설 ■

기초의 내진성능 평가는 기본적으로 등가정적 해석법을 적용하여 수행하며, 기초의 모델링 방법으로 지진 시 상부 구조물의 동적거동을 정확하게 반영하기 위하여 기초를 고정단이 아닌 스프링으로 치환하여 기초와 지반의 상호작용을 고려하여 해석할 수 있다. 기초의 내진성능 평가절차는 해설그림 5.3.4와 같으며, 자세한 사항은 “기존 시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령”의 “제 5장 기초의 내진성능 평가” 중 “5.1 일반사항”, “5.2 기초 모델링 방법”, “5.3 기초의 내진성능평가”에 명시한 것을 준용토록 한다.



해설그림 5.4.1 기초의 내진성능 평가절차

## 5.5 옹벽의 내진 안정성 평가 방법

옹벽의 내진안정성 평가방법은 “기존 시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령”을 준용토록 한다.

### ■ 해설 ■

옹벽의 내진성능 평가는 등가정적 해석법, 벽체의 영구변위를 허용하는 영구변위 산정법과 수치해석 방법 등이 있으며, 등가정적해석에서 옹벽에 작용하는 동적토압은 Mononobe-Okabe 토압이론을 적용하여 산정한다. 자세한 사항은 “기존 시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령”의 “제 5장 기초의 내진성능 평가” 중 “5.7 옹벽의 내진성능평가”에 명시한 것을 준용토록 한다.

## 제6장 삭도지주 내진성능 상세평가

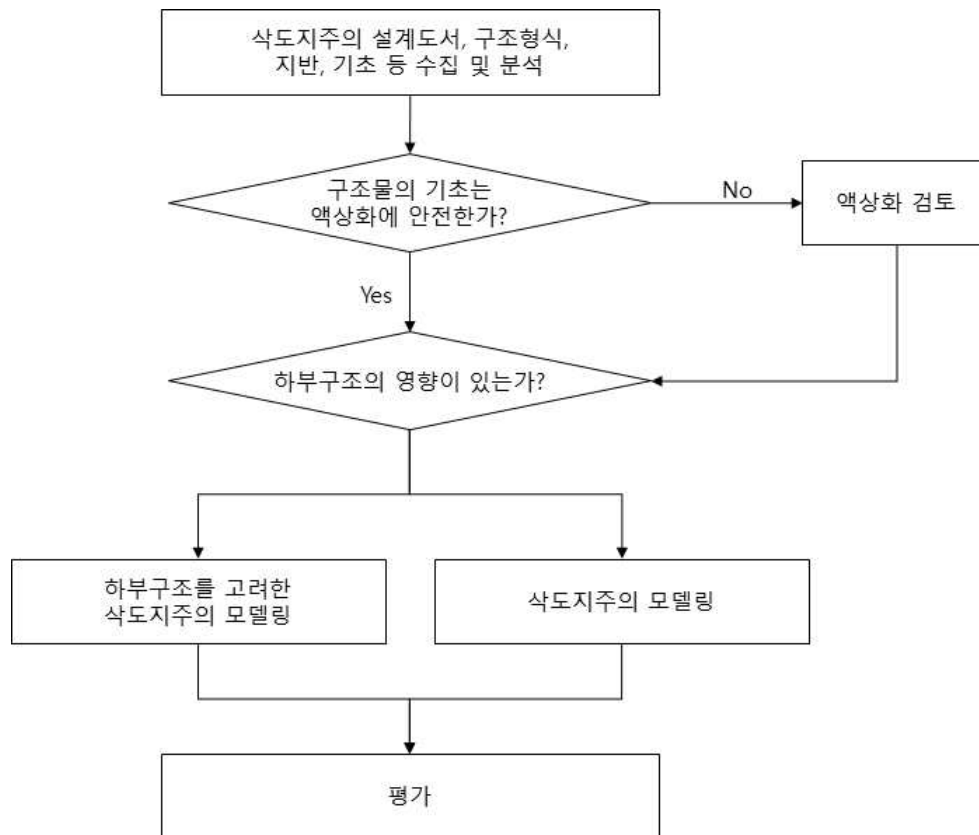
### 6.1 일반사항

삭도지주의 내진성능평가는 삭도시설을 구성하는 시설물 중 지주구조물의 내진성능평가에 적용한다. 이 장의 요구사항은 삭도지주를 구성하는 구조시스템에 한한 것으로 케이블, 차량 등 부속설비에 대한 사항은 포함하지 않는다.

#### ■ 해설 ■

삭도시설은 정거장, 지주, 케이블, 차량 등으로 구성되어 있으며, 정거장은 본 요령 제4장의 규정을 따르도록 하며, 케이블, 차량 등의 부속설비는 운행과 관련하여 별도의 설비기준으로 평가한다. 또한 지주 하부의 기초, 비탈면 등은 본 요령 제4장의 규정을 따르도록 하며, 본 장에서는 지주구조물의 내진성능 상세평가에 대한 내용만을 다룬다.

해설그림 6.1.1은 삭도지주의 내진성능 상세평가의 개략적인 절차를 보여준다.



해설그림 6.1.1 삭도지주의 내진성능평가절차

## 6.2 지주의 모델링

### 6.2.1 재료강도

삭도지주의 내진성능평가를 실시함에 있어 구조물의 재료강도는 현재상태를 기준으로 한다. 재료강도의 결정방법은 “시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침”과 “세부지침(공통, 건축물)” 및 “(건축물, 기초 및 지반)내진성능평가요령”의 기준을 준용한다.

#### ■ 해설 ■

내진설계와 다르게 내진성능평가는 현재 구조물의 상태를 기준하여야 한다. 구조물의 현재상태의 반영은 설계도서 및 현장조사를 활용하며, 재료강도의 결정은 다음절차를 따른다.

- (1) 재료강도는 대상 지주의 시공상태를 고려하고 설계도서에 따라야 한다.
- (2) 설계도서에 재료의 종류 또는 강도만 명기되어 있는 경우, “시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침”과 “세부지침(공통, 건축물)” 및 “(건축물, 기초 및 지반)내진성능평가요령”의 기준을 준용하여 설계강도를 결정한다.

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

- (3) 설계도서가 없거나 설계도서에 재료강도 및 강종이 명기되어 있지 않은 경우, 현장조건의 표본을 채취하여 재료강도시험을 통해 결정하여야 한다. 표본의 채취 및 시험 방법은 “세부지침(공통, 건축물)” 및 “(건축물, 기초 및 지반)내진성능평가요령”의 기준을 준용한다.
- (4) 현장조건에 따라 표본 채취가 불가능한 위치의 경우 예상되는 설계기준강도의 하한치를 적용할 수 있다.

### 6.2.2 액상화 평가

삭도지주의 기초가 연약지반에 위치할 경우 지주구조물의 내진성능평가 이전에 본 요령 제5장의 절차에 따라 액상화가능성을 우선적으로 검토한다.

#### ■ 해설 ■

$S_1 \sim S_2$ 와 같은 암반지반에 위치하지 않은 경우 지반의 상태에 따라 기초저면에 작용하는 모멘트에 의한 변형으로 지주의 전도가 발생할 수 있다. 따라서 삭도지주의 내진성능평가시 구조적성능평가 이전에 기초 및 지반의 액상화 가능성을 우선적으로 검토하고, 액상화 가능성이 있는 경우 액상화에 대한 개선방향을 수립하여야 한다. 현행 설계기준은 액상화를 배제하고 있으므로, 액상화 가능성이 있는 경우 액상화에 대한 보완방법이 결정된 후에 이를 기초로 지주에 대한 성능평가를 실시하도록 한다.

## 6.3 지주하부구조 모델링

### 6.3.1 일반사항

삭도지주의 하부가 구조물인 경우 지진시 구조물의 동적변형과 삭도지주의 동적변형이 증폭될 가능성이 있다. 따라서 하부구조가 구조물인 경우 하부구조의 영향을 고려하여야 한다.

#### ■ 해설 ■

삭도지주의 하부가 지반 및 기초가 아닌 다른 구조물 상부에 놓이는 경우는 전세계적으로 매우 드물다. 그럼에도 불구하고 향후 궤도시설의 확대로 기존 구조물 등을 활용할 가능성이 높기 때문에 본 요령에서는 이에 대해 고려하도록 하였다. 특히 이와 유사한 구조물에 해당하는 고량 또는 고가교 상부 전차선로설비의 경우 1987년 일본의 미야기현 앞바다 지진부터 지진피해가 꾸준히 발생하고 있다.

### 6.3.2 하부구조가 구조물인 경우

하부구조의 거동을 포함한 삭도지주의 내진성능을 검토하기 위하여 삭도지주와 하부구조물을 모두 포함한 해석모델을 사용하는 방법과 각각의 분리된 모델을 사용하는 방법을 사용할 수 있다.

#### ■ 해설 ■

각각의 분리된 모델을 사용하는 방법을 사용할 경우 삭도지주의 내진성능평가는 다음의 절차를 따른다.

- (1) 하부구조물의 고유주기를 산정한다. 하부구조물의 고유주기산정을 해석에 의한 방법과 현장충격시험을 통한 방법을 사용할 수 있다.
- (2) 삭도지주의 고유주기를 산정한다.
- (3) 삭도지주와 하부구조물의 고유주기 비율을 구한다.
- (4) 고유주기비율에 따라 삭도지주에 작용하는 지진하중에 대한 보정계수를 곱한다.  
고유주기비율에 따른 지진하중 보정계수( $\Delta_p$ )는 다음과 같다.

$$\Delta_p = 1.0 : T_p / T_s \leq 0.85$$

$$\Delta_p = 1.5 : T_p / T_s = 1.0$$

\* 중간값은 선형보간하여 사용한다.

여기서,  $\Delta_p$  : 지주와 하부구조물의 증폭을 고려한 지진하중의 보정계수

$T_p$  : 삭도지주의 고유주기

$T_s$  : 하부구조물의 고유주기

## 6.4 해석절차

### 6.4.1 일반사항

삭도지주의 내진성능평가 해석은 등가정적해석법과 동적해석법을 사용할 수 있다.

#### ■ 해설 ■

- (1) 지주의 등가정적해석법은 “궤도시설의 건설에 관한 설비기준” 제49조를 기본으로 한다.  
다만 기존 고유주기 산정식은 지주의 주기가 과소평가될 우려가 있으므로 최신기준인 ASCE7-16과 KDS 41 17 00에 따라 개선된 다음의 고유주기 산정식을 사용하도록 한다.

$$T_a = C_t h_n^x$$

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

| 항력저항시스템               | $C_t$  | $x$  |
|-----------------------|--------|------|
| 철골모멘트골조               | 0.0724 | 0.8  |
| 철골편심가새골조 및 철골좌굴방지가새골조 | 0.0731 | 0.75 |
| 철근콘크리트모멘트골조           | 0.0466 | 0.9  |
| 그 밖의 모든 구조시스템         | 0.0488 | 0.75 |

$h_n$  =지주의 밑면으로부터 꼭대기까지의 전체 높이 (m)

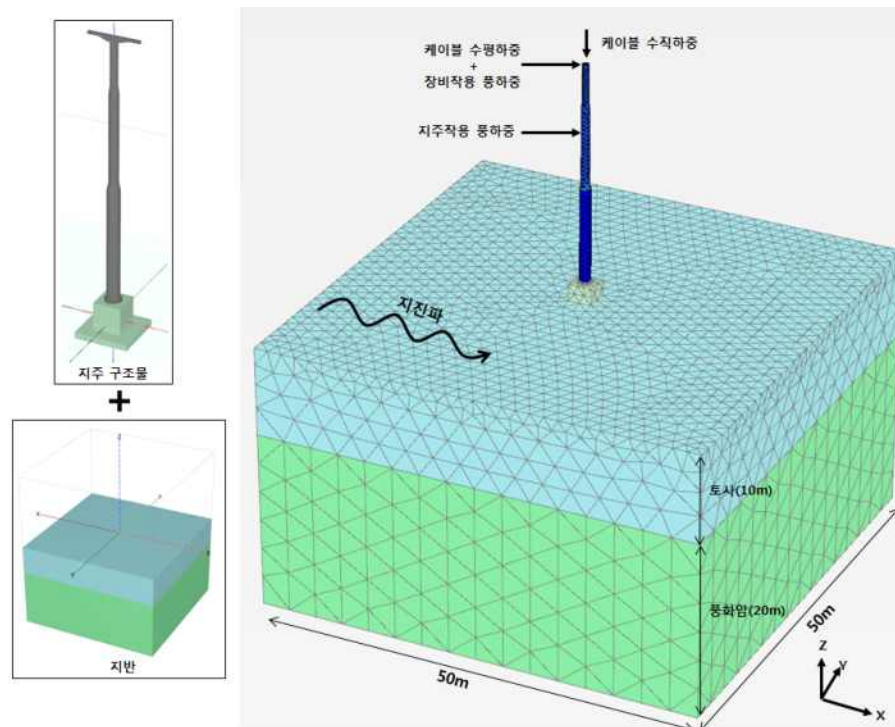
- (2) 비선형 해석의 경우 구조물의 재료 및 형상에 따라 “기존시설물(건축물)의 내진성능평가요령” 등을 준용하여 실시한다.

### 6.4.2 연약지반에 대한 사항

삭도지주의 기초가 연약지반에 해당할 경우 삭도지주의 해석은 지반-구조물의 상호작용을 고려한 모델을 사용하여 해석한다.

#### ■ 해설 ■

암반지반과 달리 연약지반의 경우 액상화에 안전하여도 기초저면에 작용하는 모멘트에 의한 변형으로 지주의 전도가 발생할 수 있다. 따라서 이러한 연약지반 상부 삭도지주의 안전성을 검토하기 위하여 지반-구조물 상호작용을 고려한 해석이 필요하다.



해설그림 6.4.1 지반-구조물 상호작용을 고려한 수치해석 모델의 예

## 6.5 성능수준의 판정

삭도지주의 내진성능평가에 대한 성능수준의 판정은 “케도시설의 건설에 관한 설비기준”에 제시된 성능목표의 만족여부로 판정한다.

### ■ 해설 ■

삭도지주의 성능목표는 “케도시설의 건설에 관한 설비기준”에 따라 다음 해설표 6.5.1과 같다. 삭도지주의 내진성능은 제시된 목표성능을 모두 만족할 경우 최소성능목표를 모두 만족하는 것으로 간주한다. 케도의 운행과 관련한 주요 설비의 경우 “KDS 41 00 00 건축구조기준”의 관련 규정에 따라 장치의 작동여부를 추가로 검토하여야 한다.

해설표 6.5.1 삭도지주의 성능목표 및 설계지진

| 내진등급 | 성능수준 |      | 설계지진           |
|------|------|------|----------------|
|      | 구조물  | 설비   |                |
| Ⅱ    | 붕괴방지 | -    | 재현주기 500년 설계지진 |
|      | 기능수행 | 기능수행 | 재현주기 50년 설계지진  |

## 제7장 교량 내진성능 상세평가

### 7.1 일반사항

7장은 기존 궤도 시설물 중 교량 시설물 내진성능 상세평가의 기술적인 사항을 규정한다. 교량의 내진성능 상세평가 요소는 교량 구성요소 중 교각, 교량받침부, 받침지지길이, 교대, 기초 및 지반으로 한다. 이 중 교각, 교량받침부, 받침지지 길이는 “기존시설물(교량) 내진성능 평가 및 향상요령”을 준용하고 교대, 기초, 지반은 “기존시설물 (기초 및 지반) 내진성능 평가요령”을 준용토록 한다.

#### ■ 해설 ■

평가는 구성요소가 보유하고 있는 공급역량과 내진성능 평가기준지진에 대하여 각구성요소에 요구되는 소요역량을 비교하여 평가한다. 교량의 내진성능 평가는 다양한 방법이 제안되고 있으나 본 요령에서는 평가방법의 단순화를 위하여 교량을 구성하는 각 구성요소-교각, 교량받침(받침길이 포함), 교대, 기초 및 기초지반-에 대해 구성요소가 현재 보유하고 있는 공급역량과 내진성능 평가 기준지진시에 부재에 요구되는 소요역량을 비교하여 개별적으로 내진성능을 평가한다.

성능평가용 지진은 내진설계 일반(KDS 17 10 00)에 기반하여 선정한다. 그 외 상세한 일반사항은 “기존 시설물(교량) 내진성능 평가요령”을 준용토록 한다.

#### ■ 해설 ■

본 요령의 2장에서 결정된 지진을 성능평가용 지진으로 사용하되, 상세평가의 세부 내용은 “기존 시설물(교량) 내진성능 평가요령”의 “제 4장 내진성능 상세평가” 중 “4.1 일반사항”에서 명시한 것을 준용토록 한다.

교량의 구성요소 중 교각의 평가지진하중은 교량 상부구조에서 교각으로 전달되는 지진하중으로 하며, 받침 및 기초의 평가지진하중은 교각의 조합탄성지진력과 교각의 단면강도 중 작은 값으로 한다.

## 7.2 평가 기준 및 성능 수준 별 하중 조합

교량의 내진성능 평가를 위한 성능수준 및 하중 조합은 “기존 시설물(교량) 내진성능 평가요령”을 준용토록 한다.

### ■ 해설 ■

교각에 작용하는 지진하중은 교량의 탄성주기를 계산하여 내진성능 평가기준지진에 대한 응답스펙트럼으로부터 응답가속도(탄성지진응답계수,  $C_s$ )의 크기를 결정하여 계산한다. 지진 하중 및 조합탄성 지지력에 대한 그 외 상세한 사항은 “기존 시설물(교량) 내진성능 평가요령”의 “제 4장 내진성능 상세평가” 중 “4.2 지진하중 및 조합탄성지진력”에 명시한 것을 준용토록 한다.

## 7.3 내진안정성 평가방법

교각, 교량받침부, 받침지지 길이의 내진안정성 평가방법은 “기존 시설물(교량) 내진성능 평가요령”을 준용토록 한다.

### ■ 해설 ■

교각, 교량받침부, 받침지지길이의 공급역량과 소요역량을 비교하여 내진성능 평가를 수행한다. 자세한 사항은 “기존 시설물(교량) 내진성능 평가요령”의 “제 4장 내진성능 상세평가” 중 “4.3 구성요소의 내진성능 평가”에 명시한 것을 준용토록 한다.

교대, 기초, 지반의 내진안정성 평가방법은 “기존 시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령”을 준용토록 한다.

### ■ 해설 ■

교각, 교량받침부, 받침지지길이의 공급역량과 소요역량을 비교하여 내진성능 평가를 수행한다. 자세한 사항은 “기존 시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령”의 “제 5장 기초의 내진성능평가”에 명시한 것을 준용토록 한다.

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

---

교량 기초 및 지반의 액상화 발생 가능성에 대한 평가는 “KDS 17 10 00 (4.7)”과 “기존시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령”을 준용토록 한다. 액상화 발생가능성이 있다면 “기존시설물(기초 및 지반) 내진성능 평가요령”에 따라 액상화를 고려한 기초의 내진성능 평가를 수행한다.

### ■ 해설 ■

액상화 평가를 통하여 기초구조물 주변지반에 액상화가 발생할 것으로 판단되는 경우 액상화에 의한 지반강성 및 강도감소, 액상화에 의해 유발되는 지반변위 등의 영향을 고려하여 기초구조물의 모델링 및 내진성능평가를 수행한다. 얕은기초 하부지반의 액상화 발생이 예상되면 액상화 대책공법을 적용하여 보강하거나 액상화 현상을 모사할 수 있는 동적수치해석을 수행하여 상세내진성능을 평가한 후 액상화 보강여부를 결정한다. 말뚝기초는 액상화 지반의 물성 변화와 지진관성력을 고려한 내진성능평가와 지진후 액상화 지반변위에 대한 내진성능평가를 각각 수행한다.

## 제8장 내진성능평가 보고서 구성

### 8.1 문장 및 보고서의 작성

#### 8.1.1 문장

보고서의 문장은 간결하여야 하며 앞 뒤 연결 관계가 명확하여야 한다.

#### 8.1.2 보고서

객관적인 자료수집과 분석 그리고 결론으로 이루어져야 한다. 대상 기존 시설물에 대한 사항과 이론서 및 전문서, 연구보고서의 내용을 분명히 구별하여야 한다.

#### 8.1.3 편집

편집순서는 다음을 따른다.

1. 표지
2. 속표지
3. 대상시설물 전경사진
4. 제출문
5. 참여기술진
6. 요약
7. 목차
8. 표목차
9. 그림목차
10. 본문
11. 참고문헌
12. 부록
13. 서지자료

### 8.2 현황보고서 작성

현황조사는 기초 및 지반에 대한 조사 및 작업을 필요로 하며 보고서 구성은 다음과 같아야 한다.

1. 개요
2. 조사범위
3. 지반 조사 결과
4. 구조물 요약
5. 도면 및 지질 주상도 분석결과
6. 지반 물성값 결정
7. 부록

### 8.3 예비평가 보고서

입력자료와 예비평가 분석 자료로 구성된다. 평가보고서의 구성은 다음을 참고하여 작성하도록 한다.

1. 개요
2. 궤도에 대한 일반사항
3. 기존 검토 자료 평가
4. 예비평가 결과

### 8.4 상세평가 보고서

상세평가 보고서는 지반의 액상화와 궤도 시설물 내진성능 평가 결과에 대한 종합 보고서로 구성된다. 보고서의 구성은 다음을 참고하여 작성하도록 한다.

1. 내진성능 예비평가결과 분석
2. 지진하중
3. 액상화 평가
4. 건축물의 내진성능 상세평가
5. 기초 구조물의 내진성능 상세평가

6. 삭도지주의 내진성능 상세평가
7. 교량 내진성능 상세평가
8. 내진성능 향상 방안
9. 최종평가 및 결론



# 부록

부록 A. 내진성능평가 예제



## 부록 A

# 내진성능평가 예제

A.1 내진성능 예비평가 예제

A.2 내진성능 상세평가 예제 I [건축물]

A.3 내진성능 상세평가 예제 II [삭도지주]



## A.1 궤도시설 예비평가 예제

### A.1.1 지진도 평가

대상궤도시설은 지진구역 I, 재현주기 500년 국가지진위험지도의 유효수평지반가속도는 0.088g~0.11g, 지반종류 S2에 위치하므로, 아래 표<A.1.1>의 “지진도 등급 기준”에 의해 지진도 2그룹에 해당한다.

표 A.1.1 지진도 등급 기준

| 지진도 지역 | 지반종류           |                |                |                |                |                |
|--------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
|        | S <sub>6</sub> | S <sub>5</sub> | S <sub>4</sub> | S <sub>3</sub> | S <sub>2</sub> | S <sub>1</sub> |
| A1     | 1그룹            | 1그룹            | 1그룹            | 1그룹            | 1그룹            | 2그룹            |
| A2     | 1그룹            | 1그룹            | 2그룹            | 1그룹            | <b>2그룹</b>     | 3그룹            |
| A3     | 1그룹            | 2그룹            | 3그룹            | 2그룹            | 3그룹            | 4그룹            |
| A4     | 2그룹            | 3그룹            | 3그룹            | 3그룹            | 4그룹            | 4그룹            |

### A.1.2 취약도 평가

지진에 대한 궤도시설물의 취약도는 궤도시설 주변의 지반상태, 규모, 시설의 배치, 건축물, 건축외 구조물, 교량 구조물, 터널 구조물, 활주로 구조물에 대한 상태를 고려하여 취약도 지수 (Vulnerability Index)로 나타낸다.

$$VI = 20 \times (Found + Slope + Struct + Rescue + Deter) \times Perform$$

여기서, *Found*: 기초구조물 상태에 따른 지수

*Slope*: 사면 상태에 따른 지수

*Struct*: 구조물관련 지수로 다음 4가지 지수의 평균

- *Building*: 건축물 상태에 따른 지수
- *Column*: 삭도지주의 상태에 따른 지수
- *Nonstruct*: 비구조요소 및 설비 상태에 따른 지수

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

- *Bridge* : 교량 상태에 따른 지수

*Rescue*: 궤도의 소방 및 구조능력에 따른 지수

*Deter*: 궤도시설의 노후화에 따른 지수

*Perform*: 내진설계 적용여부 및 내진성능평가 수행여부에 따른 지수

| No.                                                 | 세부지수             | 설명        | 내용   | 점수   | 가중치 | 점수×<br>가중치 |
|-----------------------------------------------------|------------------|-----------|------|------|-----|------------|
| 1                                                   | <i>Found</i>     | 지반의 액상화   | 안전   | 0.70 | 1.0 | 0.70       |
| 2                                                   | <i>Slope</i>     | 사면의 상태    | 1등급  | 0.70 | 1.0 | 0.70       |
| 3                                                   | <i>Struct</i>    | 구조물 상태    | -    | 0.78 | 1.0 | 0.78       |
|                                                     | <i>Building</i>  | 정거장 상태    | B    | 0.60 | -   |            |
|                                                     | <i>Column</i>    | 삭도지주 상태   | 삭도지주 | 0.73 | -   |            |
|                                                     | <i>Nonstruct</i> | 비구조요소 상태  | 미적용  | 1.00 | -   |            |
|                                                     | <i>Bridge</i>    | 교량 상태     | -    | 0.00 | 1.0 |            |
| 4                                                   | <i>Rescue</i>    | 소방 및 구조능력 | 산악   | 0.8  | 1.0 | 0.80       |
| 5                                                   | <i>Deter</i>     | 공용년수      | 35   | 0.8  | 1.0 | 0.80       |
| 합계                                                  |                  |           |      |      |     | 3.78       |
| 기타                                                  | <i>Perform</i>   | 내진성능평가 여부 | 미수행  | 1.0  | -   | 1.00       |
| →취약도 지수(VI) = $20 \times 3.78 \times 1.0 = 75.53$ 점 |                  |           |      |      |     |            |

### A.1.3 영향도 평가

대상궤도시설의 평상시 교통량 및 화물량, 군사적 중요도와 지진발생 이후 궤도의 영향권에 포함되는 배후인구, 복구에 소요되는 비용 등을 고려하여 영향도 지수로 나타낸다. 궤도시설물의 영향도는 궤도시설물의 취약도 지수 산정과 유사한 방법으로 다음과 같이 영향도 지수(Impact Index)로 나타낸다.

## 부록 A. 내진성능평가 예제

$$II = 20 \times (Importance + Traffic + Lifeline + Detour + Recovery)$$

여기서, *Importance* : 사회·경제적으로 영향을 주는 궤도의 중요도(Importance)

*Traffic* : 궤도를 이용하는 연평균 이용객 또는 연평균 화물운송량

*Lifeline* : 궤도 내·외부 주요 라이프라인(Lifeline)의 존재여부

*Detour* : 궤도시설의 우회가능성 여부

*Recovery* : 궤도시설물의 성능회복(Recovery)을 위한 비용지수

| No.                          | 세부지수              | 설명        | 내용                | 점수  | 가중치 | 점수×<br>가중치 |
|------------------------------|-------------------|-----------|-------------------|-----|-----|------------|
| 1                            | <i>Importance</i> | 사회경제적 중요도 | 관광·레버             | 0.6 | 1.0 | 0.6        |
| 2                            | <i>Traffic</i>    | 최근 5년 수송량 |                   | 1.0 | 1.0 | 1.0        |
|                              |                   | 이용객       | 50,200            | 1.0 | –   |            |
|                              |                   | 화물        | –                 | 0.2 | –   |            |
| 3                            | <i>Lifeline</i>   | 중요 매설물 유무 | 없음                | 0.5 | 1.0 | 0.5        |
| 4                            | <i>Detour</i>     | 우회가능성     | 우회불가              | 1.0 | 1.0 | 1.0        |
| 5                            | <i>Recovery</i>   | 성능 회복 비용  |                   | 0.8 | 1.0 | 0.8        |
|                              |                   | 궤도 총연장    | 1,689m            | 0.8 | –   |            |
|                              |                   | 정거장 규모    | 100m <sup>2</sup> | 0.4 | –   |            |
| 합계                           |                   |           |                   |     |     | 3.9        |
| →영향도 지수(II) = 20×3.9 = 78.0점 |                   |           |                   |     |     |            |

### A.1.4 내진그룹의 결정

지진도, 취약도, 영향도를 산정하여 그림 <A.1.1>과 같은 결정과정을 거쳐 대상공항의 내진그룹을 결정한다. 대상공항의 지진도그룹은 2그룹 취약도지수는 75.5, 영향도지수는 78.0이므로 대상공항은 내진보강핵심시설그룹으로 분류한다.

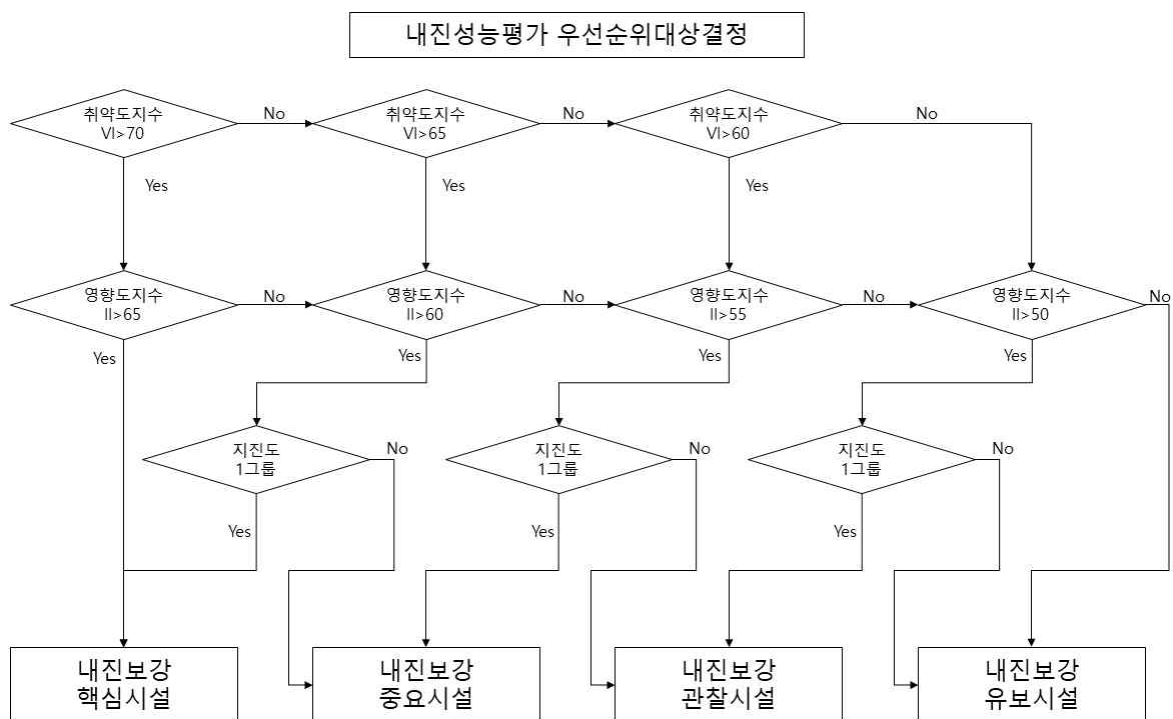


그림 A.1.1 내진그룹화 방법

## A.2 건축물 상세평가 예제

### A.2.1 기본정보

|                             |                                                                                                                                                                                 |                 |                           |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------|
| 용역명                         | A궤도 내진성능평가                                                                                                                                                                      |                 |                           |
| 건물명                         | A궤도 부속동                                                                                                                                                                         |                 |                           |
| 주소                          | A시 XX동                                                                                                                                                                          |                 |                           |
| 용도                          | 궤도시설 부속동                                                                                                                                                                        |                 |                           |
| 내진등급 및<br>성능목표              | 2등급                                                                                                                                                                             | 성능목표(재현주기-성능수준) |                           |
|                             |                                                                                                                                                                                 | 2,400년          | 붕괴방지                      |
|                             |                                                                                                                                                                                 | 1,000년          | 인명보호                      |
| 지반조건                        | S <sub>2</sub>                                                                                                                                                                  |                 |                           |
| 지반조건<br>판정근거<br>적용된<br>평가절차 | 지반조사                                                                                                                                                                            | 지반조사결과          | 기반암 11m<br>평균전단파속도 393m/s |
| 적용된<br>지역계수                 | 비선형정적절차                                                                                                                                                                         |                 |                           |
|                             | 0.22                                                                                                                                                                            |                 |                           |
| 신축줄눈의 유무                    | 없음                                                                                                                                                                              | 신축줄눈의 유격        | -                         |
| 평가결과 및<br>종합판정              | <p>기본설계지진의 1.2배에 대하여 X, Y 양방향 모두 목표성능을 만족하였음.</p> <p>기본설계지진의 1.5배에 대하여 X, Y 양방향 모두 목표성능을 만족하였음.</p> <p>따라서 X, Y 양방향 모두 목표내진성능을 확보하였으므로, X, Y 양방향 모두 내진성능 보강이 필요 없는 것으로 판단됨.</p> |                 |                           |

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

### A.2.2 건축물 정보 및 현장조사 결과

|                               |                                                 |                  |    |
|-------------------------------|-------------------------------------------------|------------------|----|
| 대상구조물                         | A궤도 부속동                                         |                  |    |
| 층수                            | 지상 4층                                           |                  |    |
| 건축연도                          | 1971년                                           | 증축여부             | 없음 |
| 증축연도                          | -                                               | 증축부의 위치          | -  |
| 현장조사에서 나타난 설계도서와 실제 구조물과의 차이점 | - 설계도서상 1C1A 기둥의 크기는 400X500이나 실제 시공은 450X550임. |                  |    |
| 재료강도                          | 평균강도(MPa)                                       | 근거               |    |
| 콘크리트강도                        | 14.78                                           | 코어테스트, 반발경도법     |    |
| 철근강도                          | 300                                             | 연도별 기본재료강도       |    |
| 조적강도                          | 2.1                                             | 현장점검             |    |
| 평면의 형태                        | 사각형, 평면비정형                                      |                  |    |
| 입면의 형태                        | 정형                                              |                  |    |
| 기초의 형태                        | 독립기초                                            |                  |    |
| 지내력                           | 허용지내력(kN/m²)                                    | 근거               |    |
|                               | 300                                             | 지반조사결과를 지내력으로 환산 |    |

### A.2.3 도면

\*생략

### A.2.4 하중 및 해석모델

#### A.2.4.1 고정하중 및 활하중

| 용도              | 고정하중(DEAD LOAD) |             |                            |                            | 활하중                                    | 사용하중                              | 계수하중                                        |
|-----------------|-----------------|-------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------|
|                 |                 | THK<br>(mm) | 중량<br>(KN/m <sup>3</sup> ) | 하중<br>(KN/m <sup>2</sup> ) | (LIVE<br>LOAD)<br>(KN/m <sup>2</sup> ) | (D.L+L.L)<br>(KN/m <sup>2</sup> ) | (1.2D.L+<br>1.6L.L)<br>(KN/m <sup>2</sup> ) |
| 옥탑지붕층           | 방수 및 몰탈         | 50          | 20.0                       | 1.00                       | 1.00                                   | 5.18                              | 6.62                                        |
|                 | 콘크리트슬래브         | 120         | 24.0                       | 2.88                       |                                        |                                   |                                             |
|                 | 천정              |             |                            | 0.30                       |                                        |                                   |                                             |
|                 |                 |             |                            | 4.18                       |                                        |                                   |                                             |
| 지붕층             | 방수 및 몰탈         | 50          | 20.0                       | 1.00                       | 2.00                                   | 6.18                              | 8.22                                        |
|                 | 콘크리트슬래브         | 120         | 24.0                       | 2.88                       |                                        |                                   |                                             |
|                 | 천정              |             |                            | 0.30                       |                                        |                                   |                                             |
|                 |                 |             |                            | 4.18                       |                                        |                                   |                                             |
| 사무실, 복도         | 마감 및 몰탈         | 30          | 20.0                       | 0.60                       | 3.00                                   | 6.78                              | 9.34                                        |
|                 | 콘크리트슬래브         | 120         | 24.0                       | 2.88                       |                                        |                                   |                                             |
|                 | 천정              |             |                            | 0.30                       |                                        |                                   |                                             |
|                 |                 |             |                            | 3.78                       |                                        |                                   |                                             |
| 화장실             | 타일 및 몰탈         | 80          | 20.0                       | 1.60                       | 2.50                                   | 7.28                              | 9.74                                        |
|                 | 콘크리트슬래브         | 120         | 24.0                       | 2.88                       |                                        |                                   |                                             |
|                 | 천정              |             |                            | 0.30                       |                                        |                                   |                                             |
|                 |                 |             |                            | 4.78                       |                                        |                                   |                                             |
| 사무실, 복도<br>(1층) | 마감 및 몰탈         | 30          | 20.0                       | 0.60                       | 3.00                                   | 6.48                              | 8.98                                        |
|                 | 콘크리트슬래브         | 120         | 24.0                       | 2.88                       |                                        |                                   |                                             |
|                 |                 |             |                            | 3.48                       |                                        |                                   |                                             |
| 화장실<br>(1층)     | 타일 및 몰탈         | 80          | 20.0                       | 1.60                       | 2.50                                   | 6.88                              | 9.38                                        |
|                 | 콘크리트슬래브         | 120         | 24.0                       | 2.88                       |                                        |                                   |                                             |
|                 |                 |             |                            | 4.48                       |                                        |                                   |                                             |
| 방풍실, 홀          | 마감 및 몰탈         | 30          | 20.0                       | 0.60                       | 4.00                                   | 7.48                              | 10.58                                       |
|                 | 콘크리트슬래브         | 120         | 24.0                       | 2.88                       |                                        |                                   |                                             |
|                 |                 |             |                            | 3.48                       |                                        |                                   |                                             |

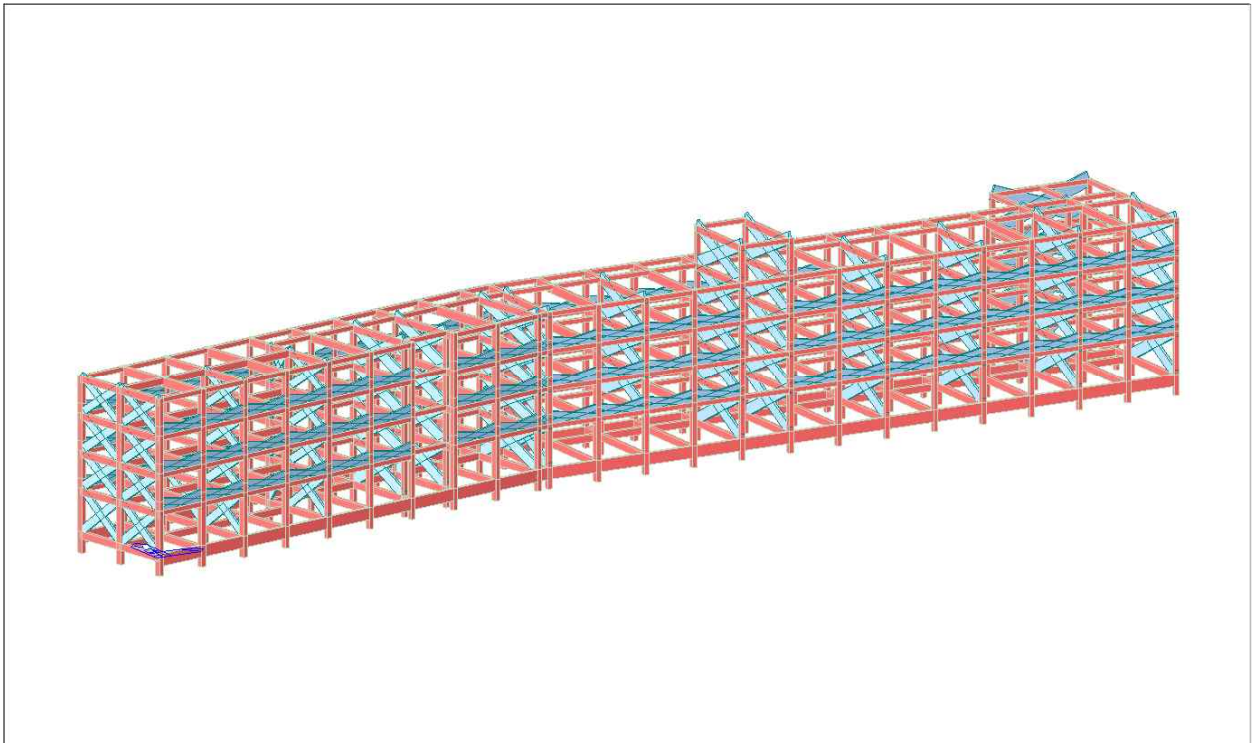
## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

### A.2.4.2 층별하중일람

|      | 면적(m <sup>2</sup> ) | 고정 하중(kN) | 활 하중(kN) |
|------|---------------------|-----------|----------|
| 지붕층  | 1,010.5             | 6,453     | 1,947    |
| 4층바닥 | 1,010.5             | 6,963     | 3,018    |
| 3층바닥 | 1,010.5             | 6,964     | 3,018    |
| 2층바닥 | 1,010.5             | 7,106     | 3,018    |
| 합계   | 4,042.0             | 31,450    | 11,040   |

### A.2.4.3 지하층, 1층 기둥하단부 모델링 방법

- 지중보 포함, 편지지



#### A.2.4.4 주기 및 참여율

| MODAL PARTICIPATION MASSES PRINTOUT |      |           |           |           |           |         |        |         |         |         |         |           |           |
|-------------------------------------|------|-----------|-----------|-----------|-----------|---------|--------|---------|---------|---------|---------|-----------|-----------|
|                                     | Mode | TRAN-X    |           | TRAN-Y    |           | TRAN-Z  |        | ROTN-X  |         | ROTN-Y  |         | ROTN-Z    |           |
|                                     | No   | MASS(%)   | SUM(%)    | MASS(%)   | SUM(%)    | MASS(%) | SUM(%) | MASS(%) | SUM(%)  | MASS(%) | SUM(%)  | MASS(%)   | SUM(%)    |
|                                     | 1    | 0.3889    | 0.3889    | 73.2765   | 73.2765   | 0.0000  | 0.0000 | 0.7158  | 0.7158  | 0.0026  | 0.0026  | 22.0606   | 22.0606   |
|                                     | 2    | 94.8429   | 95.2318   | 1.0527    | 74.3292   | 0.0000  | 0.0000 | 0.0141  | 0.7299  | 1.0601  | 1.0627  | 0.3207    | 22.3814   |
|                                     | 3    | 0.9694    | 96.2012   | 21.2734   | 95.6026   | 0.0000  | 0.0000 | 0.4478  | 1.1776  | 0.0195  | 1.0823  | 73.3874   | 95.7688   |
|                                     | 4    | 1.5317    | 97.7329   | 0.0061    | 95.6087   | 0.0000  | 0.0000 | 0.0007  | 1.1783  | 0.0021  | 1.0843  | 0.0038    | 95.7726   |
|                                     | 5    | 0.0001    | 97.7329   | 2.9192    | 98.5279   | 0.0000  | 0.0000 | 0.2339  | 1.4123  | 0.0002  | 1.0845  | 0.8442    | 96.6168   |
|                                     | 6    | 0.0022    | 97.7351   | 0.9744    | 99.5024   | 0.0000  | 0.0000 | 0.1951  | 1.6074  | 0.0000  | 1.0845  | 2.9066    | 99.5234   |
|                                     | 7    | 1.8134    | 99.5486   | 0.0010    | 99.5034   | 0.0000  | 0.0000 | 0.0007  | 1.6080  | 0.3730  | 1.4575  | 0.0184    | 99.5418   |
|                                     | 8    | 0.0002    | 99.5487   | 0.0002    | 99.5036   | 0.0000  | 0.0000 | 0.0003  | 1.6084  | 0.0002  | 1.4577  | 0.0079    | 99.5497   |
|                                     | 9    | 0.0000    | 99.5487   | 0.1207    | 99.6244   | 0.0000  | 0.0000 | 0.3489  | 1.9573  | 0.0001  | 1.4578  | 0.0166    | 99.5663   |
|                                     | 10   | 0.3536    | 99.9023   | 0.0084    | 99.6328   | 0.0000  | 0.0000 | 0.0076  | 1.9649  | 1.9394  | 3.3972  | 0.0261    | 99.5924   |
|                                     | 11   | 0.0316    | 99.9340   | 0.1719    | 99.8046   | 0.0000  | 0.0000 | 0.4678  | 2.4327  | 0.2275  | 3.6247  | 0.1046    | 99.6970   |
|                                     | 12   | 0.0037    | 99.9377   | 0.1458    | 99.9504   | 0.0000  | 0.0000 | 0.8096  | 3.2423  | 0.0250  | 3.6497  | 0.2512    | 99.9482   |
|                                     | 13   | 0.0496    | 99.9872   | 0.0046    | 99.9551   | 0.0000  | 0.0000 | 0.0385  | 3.2808  | 0.2090  | 3.8587  | 0.0064    | 99.9546   |
|                                     | 14   | 0.0121    | 99.9993   | 0.0261    | 99.9812   | 0.0000  | 0.0000 | 0.1997  | 3.4805  | 0.0583  | 3.9170  | 0.0122    | 99.9668   |
|                                     | 15   | 0.0003    | 99.9997   | 0.0182    | 99.9994   | 0.0000  | 0.0000 | 0.2841  | 3.7646  | 0.0074  | 3.9243  | 0.0326    | 99.9994   |
|                                     | Mode | TRAN-X    |           | TRAN-Y    |           | TRAN-Z  |        | ROTN-X  |         | ROTN-Y  |         | ROTN-Z    |           |
|                                     | No   | MASS      | SUM       | MASS      | SUM       | MASS    | SUM    | MASS    | SUM     | MASS    | SUM     | MASS      | SUM       |
|                                     | 1    | 11.0115   | 11.0115   | 2074.6571 | 2074.6571 | 0.0000  | 0.0000 | 5.4159  | 5.4159  | 0.0200  | 0.0200  | 580805.45 | 580805.45 |
|                                     | 2    | 2685.2584 | 2696.2699 | 29.8054   | 2104.4624 | 0.0000  | 0.0000 | 0.1065  | 5.5224  | 8.0211  | 8.0411  | 8444.4684 | 589249.92 |
|                                     | 3    | 27.4461   | 2723.7161 | 602.3072  | 2706.7696 | 0.0000  | 0.0000 | 3.3880  | 8.9104  | 0.1477  | 8.1888  | 1932120.7 | 2521370.6 |
|                                     | 4    | 43.3670   | 2767.0831 | 0.1726    | 2706.9422 | 0.0000  | 0.0000 | 0.0055  | 8.9159  | 0.0156  | 8.2044  | 99.1085   | 2521469.8 |
|                                     | 5    | 0.0018    | 2767.0849 | 82.6507   | 2789.5930 | 0.0000  | 0.0000 | 1.7700  | 10.6859 | 0.0013  | 8.2057  | 22226.924 | 2543696.7 |
|                                     | 6    | 0.0616    | 2767.1464 | 27.5891   | 2817.1821 | 0.0000  | 0.0000 | 1.4764  | 12.1623 | 0.0000  | 8.2057  | 76524.000 | 2620220.7 |
|                                     | 7    | 51.3433   | 2818.4897 | 0.0292    | 2817.2113 | 0.0000  | 0.0000 | 0.0049  | 12.1672 | 2.8225  | 11.0282 | 483.5575  | 2620704.2 |
|                                     | 8    | 0.0047    | 2818.4944 | 0.0062    | 2817.2176 | 0.0000  | 0.0000 | 0.0025  | 12.1697 | 0.0014  | 11.0296 | 209.2024  | 2620913.4 |
|                                     | 9    | 0.0002    | 2818.4947 | 3.4186    | 2820.6361 | 0.0000  | 0.0000 | 2.6402  | 14.8099 | 0.0010  | 11.0305 | 436.0142  | 2621349.5 |
|                                     | 10   | 10.0117   | 2828.5064 | 0.2385    | 2820.8746 | 0.0000  | 0.0000 | 0.0574  | 14.8674 | 14.6741 | 25.7047 | 687.3658  | 2622036.8 |
|                                     | 11   | 0.8955    | 2829.4019 | 4.8657    | 2825.7403 | 0.0000  | 0.0000 | 3.5394  | 18.4068 | 1.7211  | 27.4258 | 2753.8268 | 2624790.6 |
|                                     | 12   | 0.1042    | 2829.5061 | 4.1279    | 2829.8682 | 0.0000  | 0.0000 | 6.1258  | 24.5326 | 0.1893  | 27.6151 | 6613.2007 | 2631403.8 |
|                                     | 13   | 1.4032    | 2830.9093 | 0.1304    | 2829.9986 | 0.0000  | 0.0000 | 0.2912  | 24.8238 | 1.5815  | 29.1966 | 168.4924  | 2631572.3 |
|                                     | 14   | 0.3429    | 2831.2522 | 0.7391    | 2830.7377 | 0.0000  | 0.0000 | 1.5109  | 26.3347 | 0.4411  | 29.6377 | 320.9289  | 2631893.3 |
|                                     | 15   | 0.0097    | 2831.2619 | 0.5166    | 2831.2543 | 0.0000  | 0.0000 | 2.1498  | 28.4845 | 0.0556  | 29.6934 | 858.9114  | 2632752.2 |

#### A.2.4.5 평가절차별 요구조건 만족여부 검토

- 각 방향 모드참여율이 90%이상인 층전단력과 1차모드의 층전단력비가 130%미만으로 비선형 정적해석을 실시함이 적절한 것으로 판단됨

| 구분 | 방향 | 층 전단력    |          | 층 전단력비    |
|----|----|----------|----------|-----------|
|    |    | 1차모드(KN) | 전체모드(KN) | 전체모드/1차모드 |
| 4층 | X  | 1,214    | 1,253    | 103%      |
| 3층 |    | 2,386    | 2,410    | 101%      |
| 2층 |    | 3,367    | 3,371    | 100%      |
| 1층 |    | 4,072    | 4,080    | 100%      |
| 4층 | Y  | 794      | 869      | 109%      |
| 3층 |    | 1,530    | 1,582    | 103%      |
| 2층 |    | 2,145    | 2,153    | 100%      |
| 1층 |    | 2,599    | 2,613    | 101%      |

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

### A.2.5 평가결과

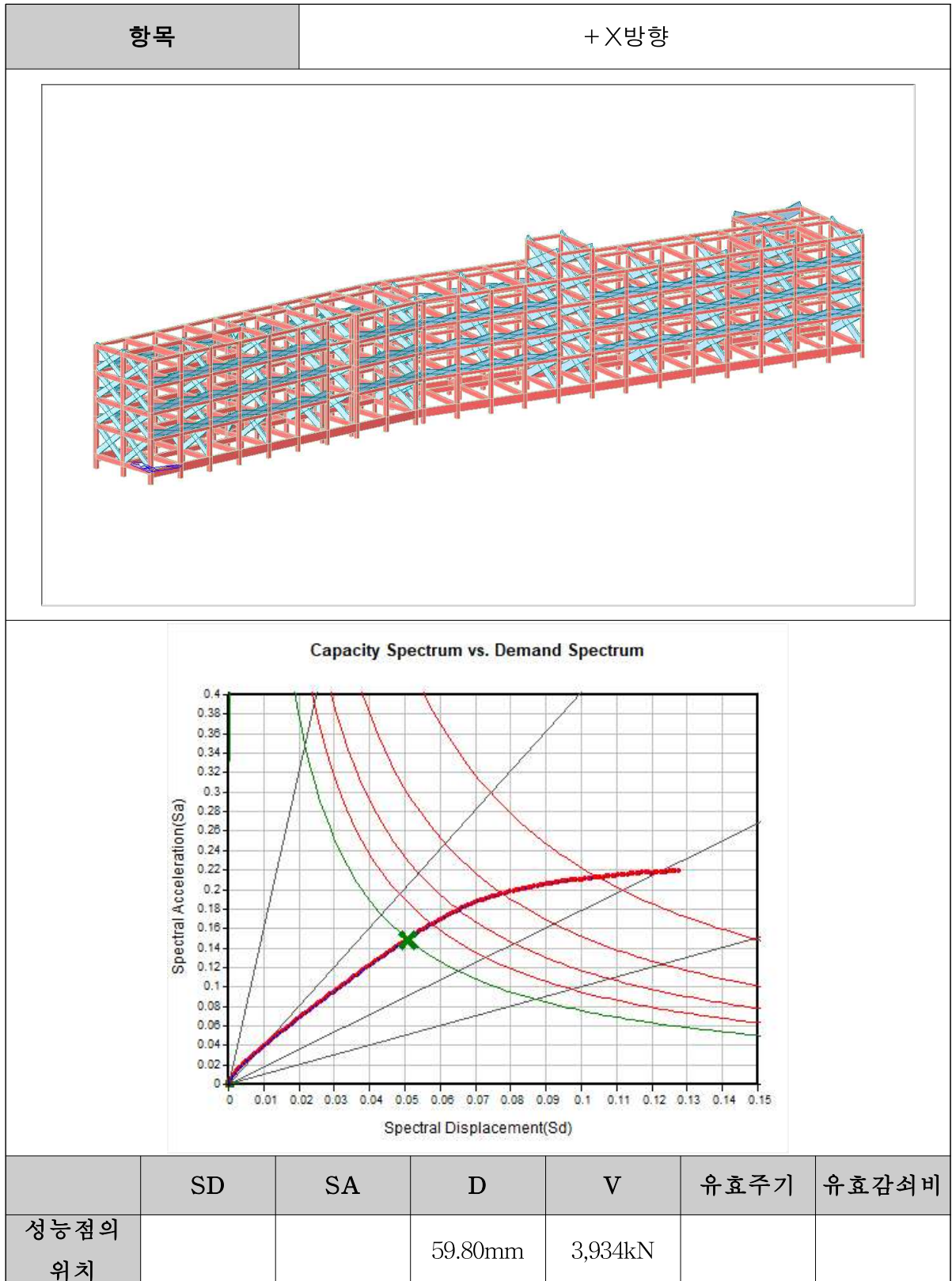
#### A.2.5.1 비선형 정적절차

##### A.2.5.1.1 해석조건

| 항목            | 내용                                                                                          |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|
| 하중조합          | 1.0DL + 0.25LL                                                                              |
| 반응수정계수        | R = 1.0 적용                                                                                  |
| 강도감소계수        | $\phi = 1.0$ 적용                                                                             |
| 재료강도          | 변형지배형 거동: 평균강도<br>강도지배형 거동: 공칭강도                                                            |
| 비선형 모델링 파라미터  | 보: 휨, 전단 유효강성<br>기둥: P-M-M, 휨, 전단, 축방향 강성<br>조적벽체: 강성, 강도, 변형능력 등                           |
| 다축가진효과의 반영    | 성능점의 밀면전단력<br>X방향: 3,167kN<br>Y방향: 2,634kN<br>직교방향 30% 변위의 밀면전단력<br>X방향: 62kN<br>Y방향: 289kN |
| 성능점산정방법       | FEMA440(Procedure-A)                                                                        |
| 수렴조건/스텝크기/총스텝 | X방향: Displacement Norm / 0.001/150<br>Y방향: Displacement Norm / 0.001/150                    |

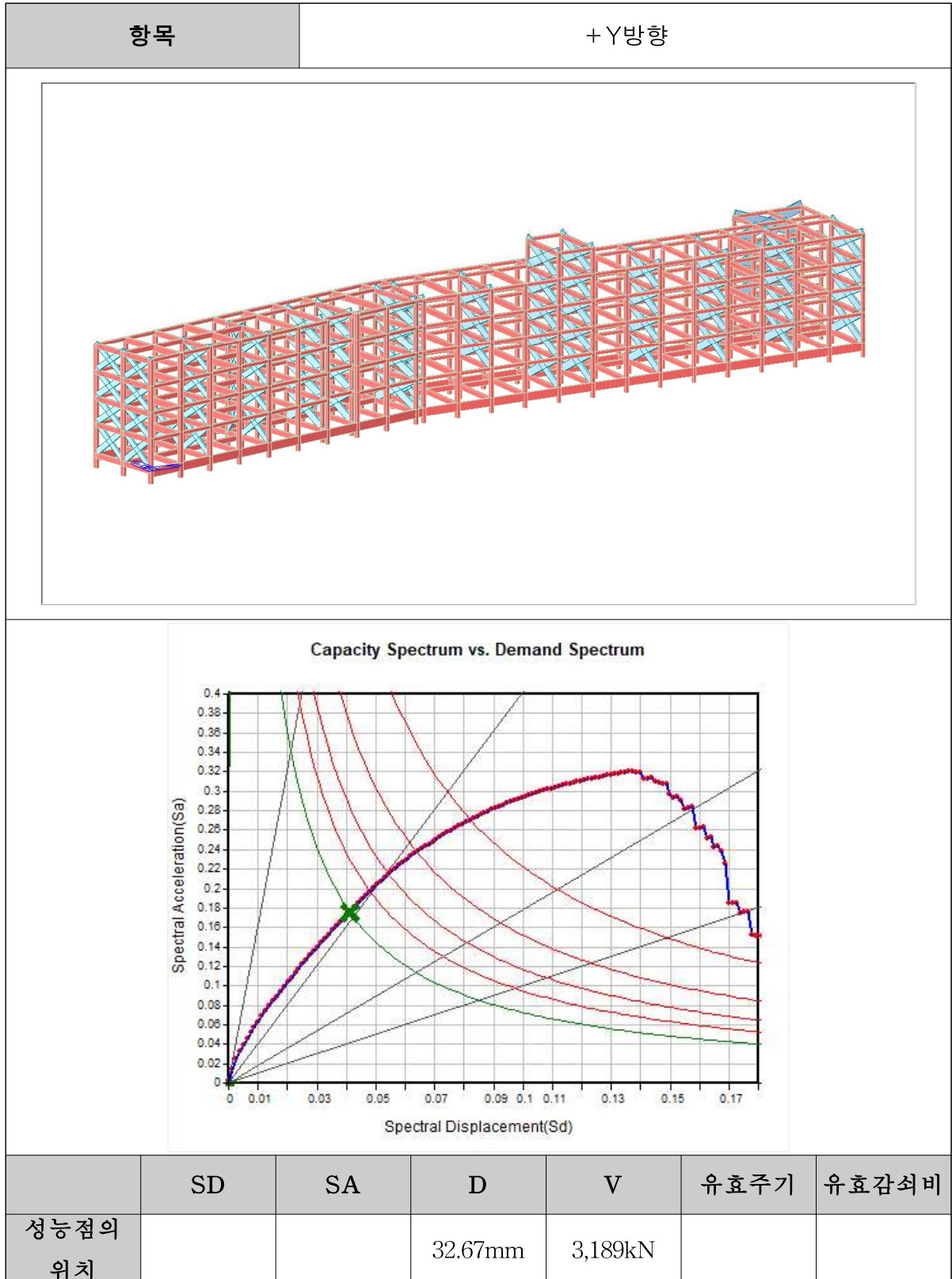
A.2.5.1.2 목표성능: 2,400년-붕괴방지

A.2.5.1.2.1 방향별 밀면전단력 및 횡변위



## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

| 허용층간변형각 |          | 1.05%      |     |      |    |
|---------|----------|------------|-----|------|----|
| Story   | 층간변형각(%) | 허용층간변형각(%) |     |      | 성능 |
|         |          | IO         | LS  | CP   |    |
| 지붕층     | 0.31     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | IO |
| 4       | 0.22     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | IO |
| 3       | 0.38     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | LS |
| 2       | 0.53     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | LS |
| 1       | 0.50     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | LS |



## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

| 허용층간변형각 |          | 1.05%      |     |      |    |
|---------|----------|------------|-----|------|----|
| Story   | 층간변형각(%) | 허용층간변형각(%) |     |      | 성능 |
|         |          | IO         | LS  | CP   |    |
| 지붕층     | 0.02     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | IO |
| 4       | 0.12     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | IO |
| 3       | 0.21     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | IO |
| 2       | 0.35     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | LS |
| 1       | 0.51     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | LS |

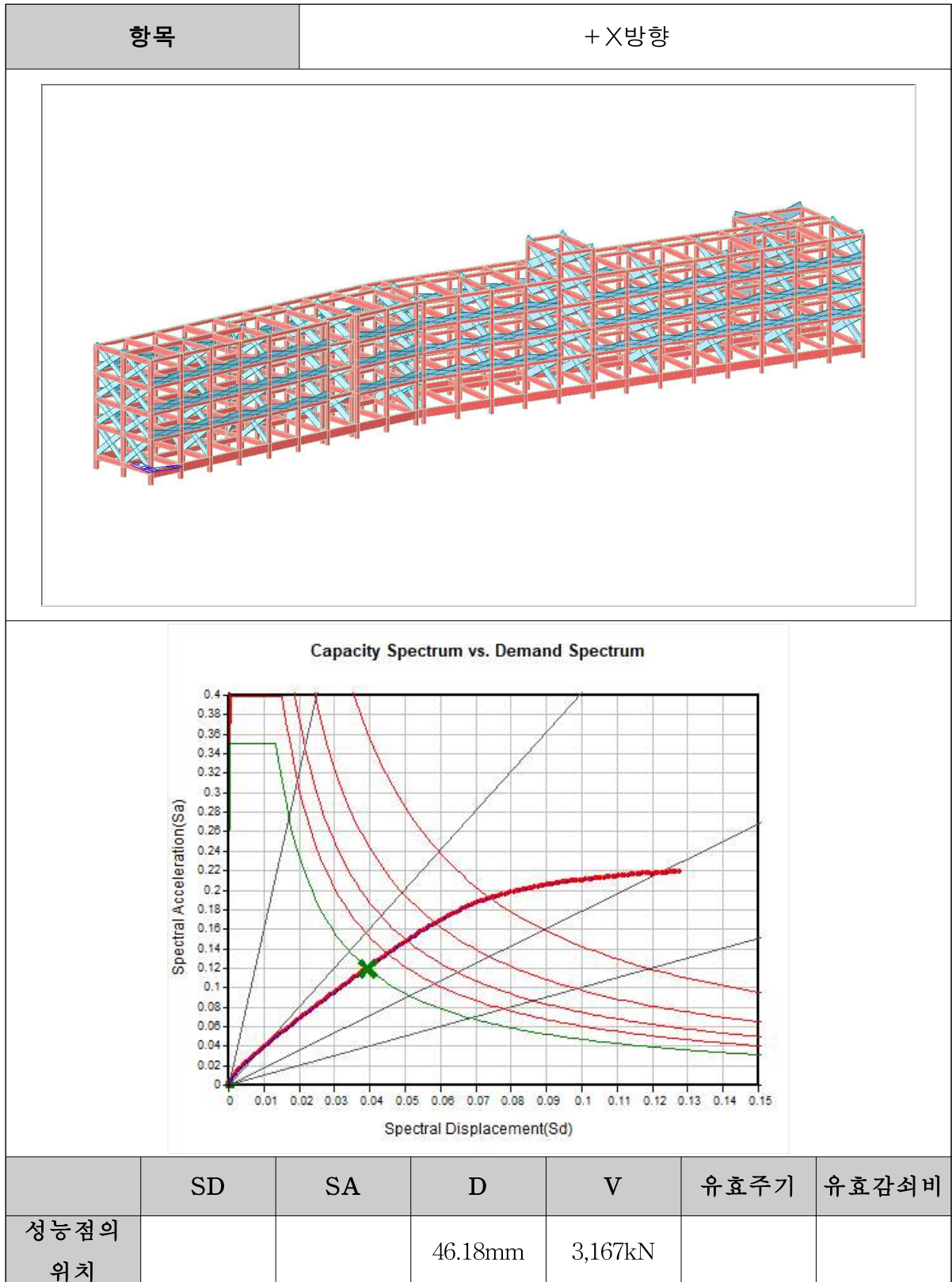
A.2.5.1.2.2 연직하중 저항능력

| 방향   | 층   | 성능점의<br>목표성능 | 수평부재                           |          | 수직부재                         |          |
|------|-----|--------------|--------------------------------|----------|------------------------------|----------|
|      |     |              | 목표성능을<br>만족하는 부재의<br>중력하중분담률   | 만족<br>여부 | 목표성능을<br>만족하는 부재의<br>중력하중분담률 | 만족<br>여부 |
| +X   | 지붕층 | 2,400년-CP    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
|      | 4   | 2,400년-CP    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
|      | 3   | 2,400년-CP    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
|      | 2   | 2,400년-CP    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
|      | 1   | 2,400년-CP    | 10.                            | OK       | 1.0                          | OK       |
| +Y   | 지붕층 | 2,400년-CP    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
|      | 4   | 2,400년-CP    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
|      | 3   | 2,400년-CP    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
|      | 2   | 2,400년-CP    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
|      | 1   | 2,400년-CP    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
| 결과검토 |     |              | 2,400년-붕괴방지수준에 대한 연직하중 저항능력 만족 |          |                              |          |

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

### A.2.5.1.3 목표성능: 1,000년-인명보호

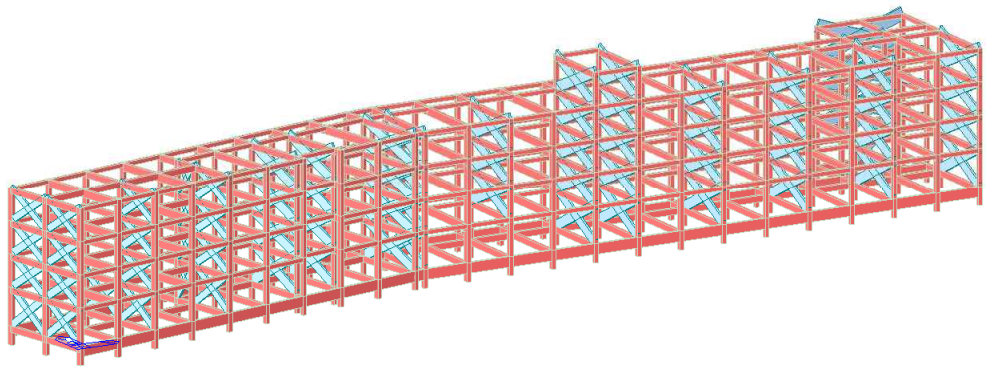
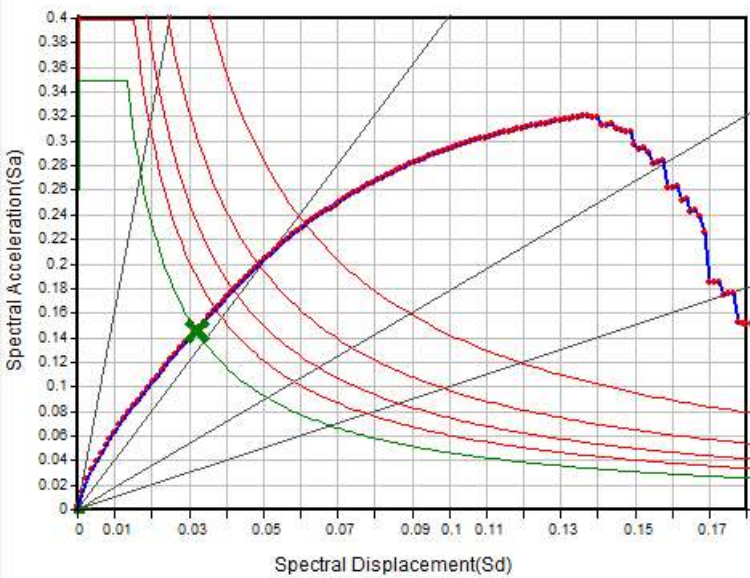
#### A.2.5.1.3.1 방향별 밀면전단력 및 횡변위



| 허용층간변형각 |          | 1.05%      |     |      |    |
|---------|----------|------------|-----|------|----|
| Story   | 층간변형각(%) | 허용층간변형각(%) |     |      | 성능 |
|         |          | IO         | LS  | CP   |    |
| 지붕층     | 0.25     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | IO |
| 4       | 0.16     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | IO |
| 3       | 0.29     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | IO |
| 2       | 0.41     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | LS |
| 1       | 0.39     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | LS |

q

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

| 항목      | + Y방향                                                                                                                                                                |    |         |         |      |       |
|---------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---------|---------|------|-------|
|         |                                                                                   |    |         |         |      |       |
|         | <p style="text-align: center;"><b>Capacity Spectrum vs. Demand Spectrum</b></p>  |    |         |         |      |       |
|         | SD                                                                                                                                                                   | SA | D       | V       | 유효주기 | 유효감쇠비 |
| 성능점의 위치 |                                                                                                                                                                      |    | 25.30mm | 2,634kN |      |       |

## 부록 A. 내진성능평가 예제

| 허용층간변형각 |          | 1.05%      |     |      |    |
|---------|----------|------------|-----|------|----|
| Story   | 층간변형각(%) | 허용층간변형각(%) |     |      | 성능 |
|         |          | IO         | LS  | CP   |    |
| 지붕층     | 0.02     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | IO |
| 4       | 0.09     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | IO |
| 3       | 0.16     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | IO |
| 2       | 0.27     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | IO |
| 1       | 0.40     | 0.35       | 0.7 | 1.05 | LS |

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

### A.2.5.1.3.2 연직하중 저항능력

| 방향   | 층   | 성능점의<br>목표성능 | 수평부재                           |          | 수직부재                         |          |
|------|-----|--------------|--------------------------------|----------|------------------------------|----------|
|      |     |              | 목표성능을<br>만족하는 부재의<br>중력하중분담률   | 만족<br>여부 | 목표성능을<br>만족하는 부재의<br>중력하중분담률 | 만족<br>여부 |
| +X   | 지붕층 | 1,000년-LS    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
|      | 4   | 1,000년-LS    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
|      | 3   | 1,000년-LS    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
|      | 2   | 1,000년-LS    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
|      | 1   | 1,000년-LS    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
| +Y   | 지붕층 | 1,000년-LS    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
|      | 4   | 1,000년-LS    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
|      | 3   | 1,000년-LS    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
|      | 2   | 1,000년-LS    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
|      | 1   | 1,000년-LS    | 1.0                            | OK       | 1.0                          | OK       |
| 결과검토 |     |              | 1,000년-인명보호수준에 대한 연진하중 저항능력 만족 |          |                              |          |

### A.3 삭도지주 예비평가 예제

#### A.3.1 기본정보

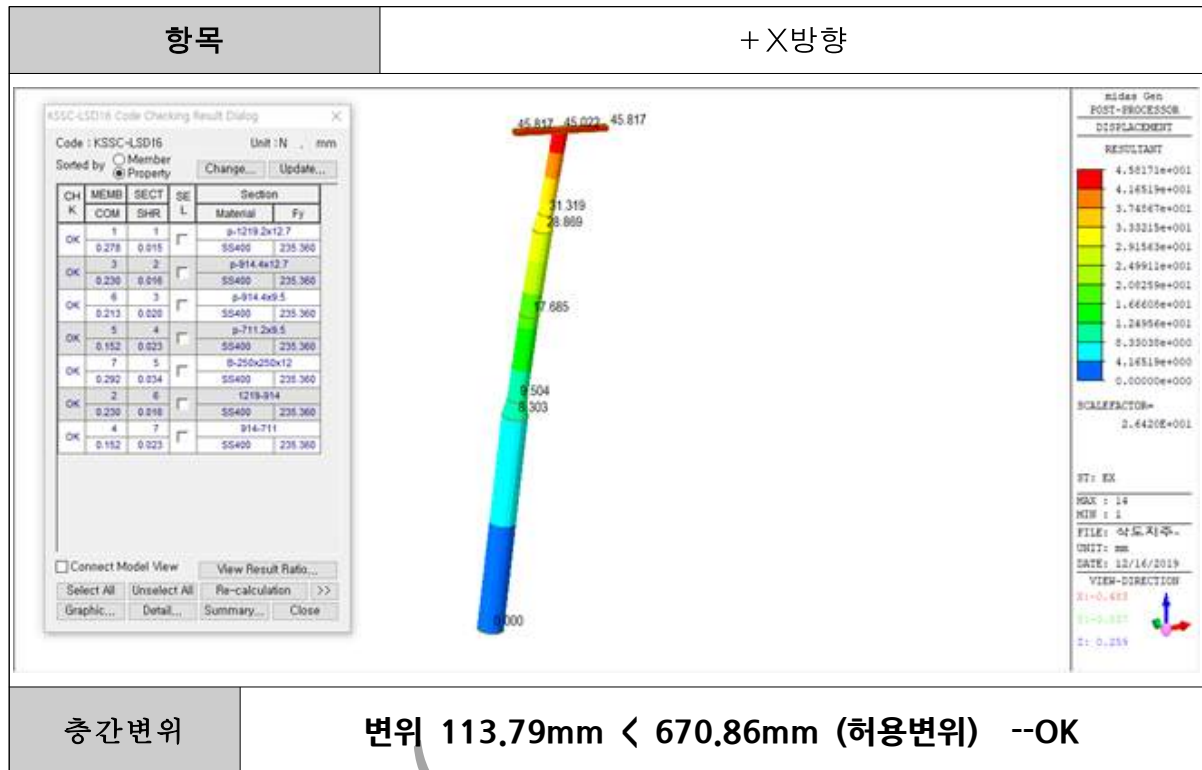
|                                            |                                                                                                                   |                 |                           |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------|
| 용역명                                        | A궤도 내진성능평가                                                                                                        |                 |                           |
| 건물명                                        | A궤도 삭도지주                                                                                                          |                 |                           |
| 주소                                         | A시 XX동                                                                                                            |                 |                           |
| 용도                                         | 스키용 리프트                                                                                                           |                 |                           |
| 내진등급 및<br>성능목표                             | 2등급                                                                                                               | 성능목표(재현주기-성능수준) |                           |
|                                            |                                                                                                                   | 500년            | 붕괴방지                      |
|                                            |                                                                                                                   | 50년             | 기능수행                      |
| 지반조건                                       | S <sub>2</sub>                                                                                                    |                 |                           |
| 지반조건<br>판정근거<br>적용된<br>평가절차<br>적용된<br>지역계수 | 지반조사                                                                                                              | 지반조사결과          | 기반암 15m<br>평균전단파속도 363m/s |
|                                            | 응답스펙트럼해석                                                                                                          |                 |                           |
|                                            | 0.11                                                                                                              |                 |                           |
| 평가결과 및<br>종합판정                             | <p>기능수행수준에 대하여 목표성능을 만족하였음</p> <p>붕괴방지수준에 대하여 목표성능을 만족하였음</p> <p>따라서 목표내진성능을 확보하였으므로, 내진성능 보강이 필요 없는 것으로 판단됨.</p> |                 |                           |

## 기존 시설물(궤도) 내진성능 평가요령

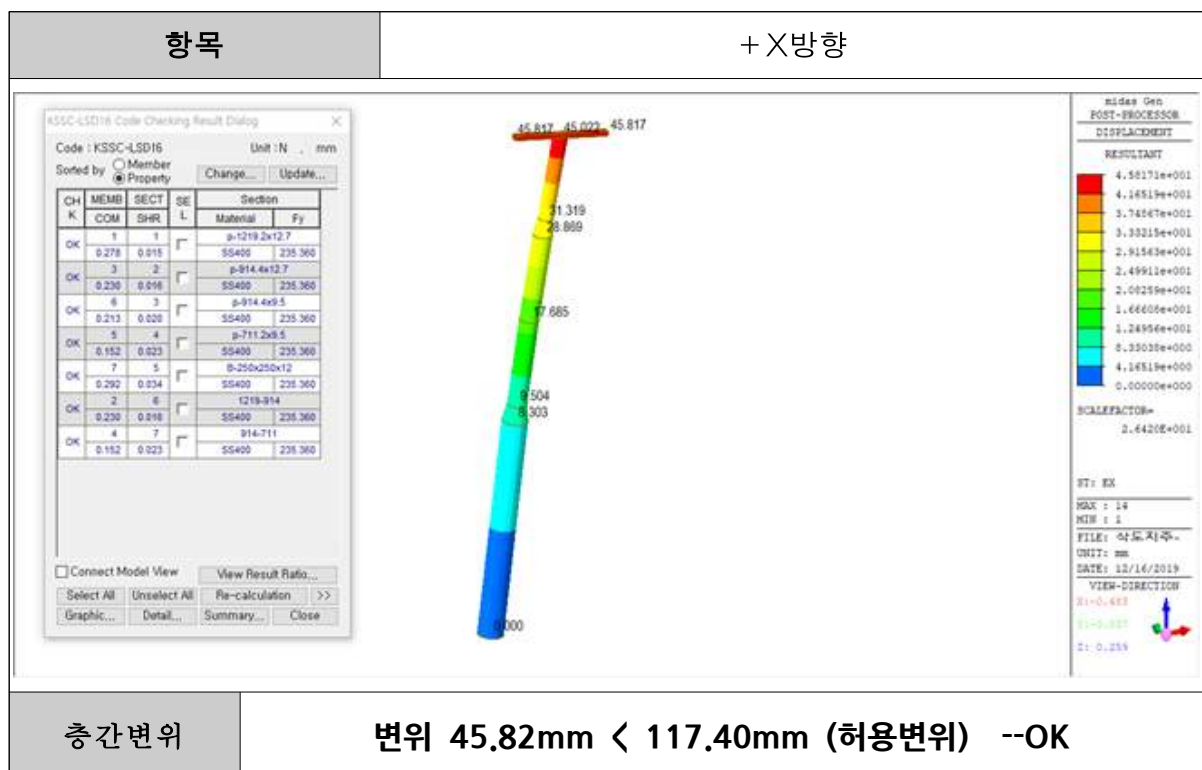
### A.3.2 평가결과

#### A.3.2.1 응답스펙트럼 해석

##### A.3.2.1.1 목표성능: 500년-붕괴방지



##### A.3.2.1.2 목표성능: 50년-기능수행



## 기존 시설물(궤도시설) 내진성능 평가요령

승인 국토교통부 시설안전과

발행 한국시설안전공단

2020년 4월 제정

\* 본 요령의 내용에 관한 질의 및 건의 사항은 국토교통부 시설안전과 및 한국시설안전공단으로 연락하여 주시기 바랍니다.

|                                                                               |
|-------------------------------------------------------------------------------|
| 한국시설안전공단<br>( <a href="http://www.kistec.or.kr">http://www.kistec.or.kr</a> ) |
| (우) 52856 경상남도 진주시 예나로 128번길 24<br>대표전화 1588-8788                             |

본 요령의 내용은 공단 홈페이지에서 다운로드 받으실 수 있습니다.