

## 제 6 장 종합평가

---

6.1 상태평가

6.2 안전성평가

6.3 종합평가 및 안전등급지정

# 제 6 장 종합평가

## 6.1 상태평가

### 6.1.1 상태평가등급 기준

상태평가기준의 구성요소는 시설물의 육안조사에 의한 외관상태 항목과 함께 내구성 요소인 탄산화 항목도 포함하여 상태평가기준이 구성되어 있다.

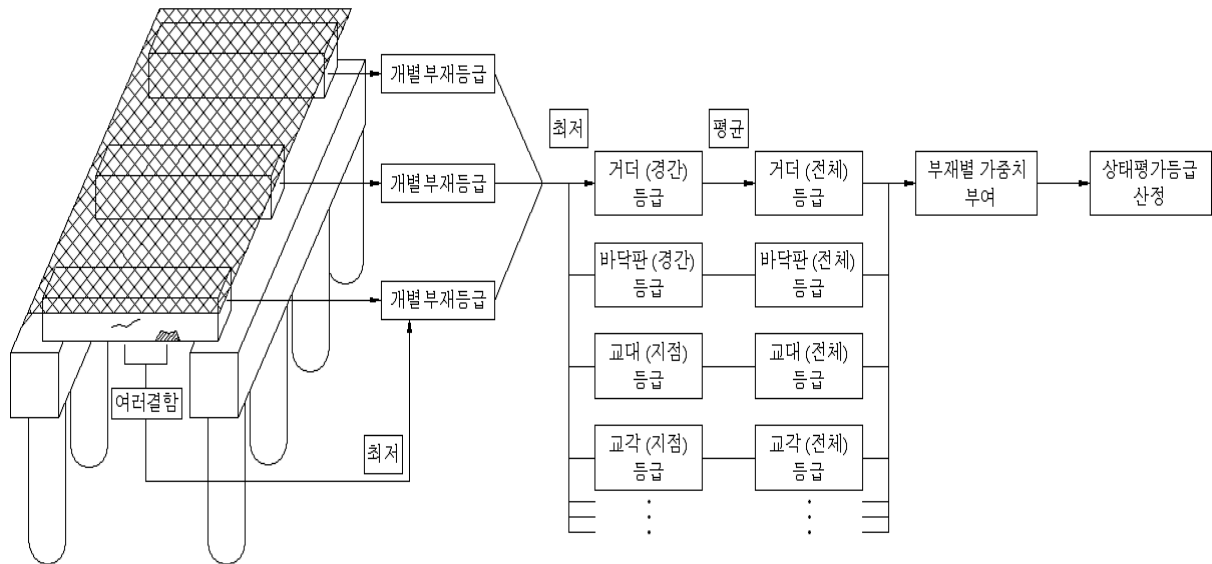
상태평가등급 기준은 <표 7.1.1>를 따르는 것을 원칙으로 한다.

<표 6.1.1> 상태평가등급 기준

| 상태평가<br>등급 | 상태 및 안전성                                                                                                              | 비고 |
|------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| A          | 문제점이 없는 최상의 상태                                                                                                        |    |
| B          | 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태                                                        |    |
| C          | 주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태 |    |
| D          | 주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태                                                                   |    |
| E          | 주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태                                                 |    |

### 6.1.2 상태평가등급 산정 절차

본교, 접속교, 램프교로 구성된 교량의 전체 상태평가 결과 산정 사례를 예시하였다.  
본교는 강 거더교, 라멘교, PSC 박스교의 구조형식으로 되어있다.



<그림 6.1.1> 상태평가등급 산정과정의 예

가. 본교(예)

같은 구조형식별로 분류한 후 부재별로 평균한다. 구조형식에 따른 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다.

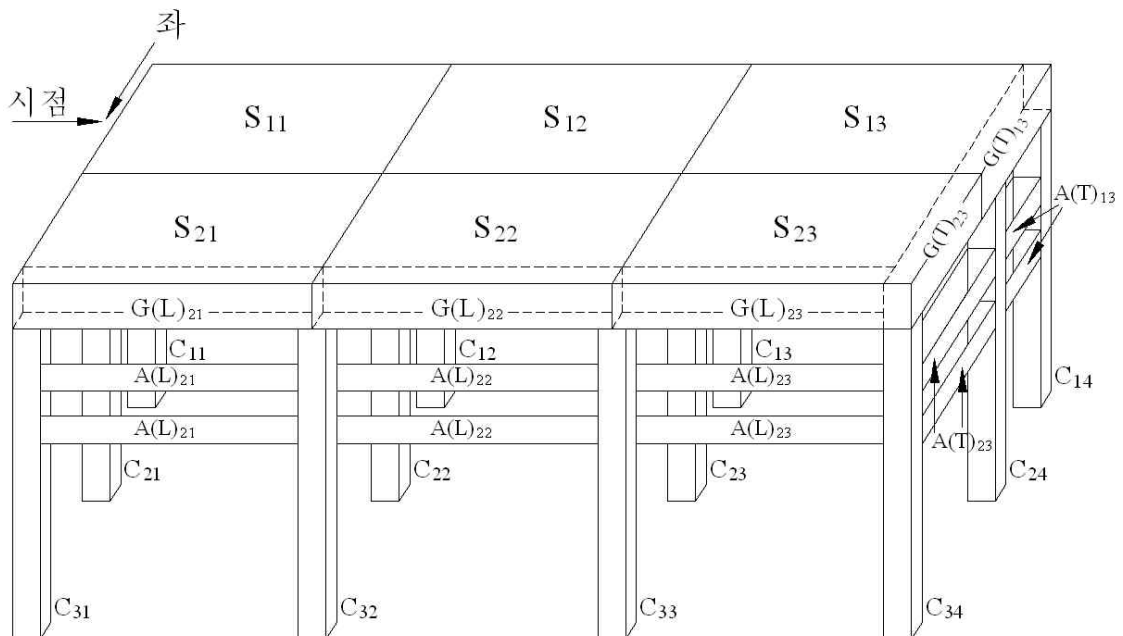
1) 강거더교

| 부재의 분류             |      | 상부구조  |       | 2차 부재 | 기타부재  |       |       |       | 받침    | 하부구조  |    | 내구성 요소 |       |
|--------------------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----|--------|-------|
| 번호                 | 구조형식 | 바닥판   | 거더    | 가로보   | 포장    | 배수    | 난간연석  | 신축이음  | 교량받침  | 하부    | 기초 | 탄산화    | 염화물   |
| 1                  | 강거더교 | b     | b     | b     | c     | b     | a     | c     | c     | b     | Q  | b      | a     |
| 2                  | 강거더교 | b     | a     | b     | c     | c     | a     | X     | c     | a     | Q  | b      | a     |
| 3                  | 강거더교 | a     | a     | b     | c     | c     | a     | c     | c     | a     | Q  | b      | a     |
| 평균                 |      | 0.17  | 0.13  | 0.20  | 0.40  | 0.33  | 0.10  | 0.40  | 0.40  | 0.13  | 0  | 0.20   | 0.10  |
| 가중치                |      | 20    | 18    | 5     | 7     | 3     | 2     | 9     | 9     | 20    | 0  | 4      | 3     |
| (평균×가중치)<br>/가중치 합 |      | 0.030 | 0.027 | 0.010 | 0.028 | 0.010 | 0.002 | 0.036 | 0.036 | 0.027 | 0  | 0.008  | 0.003 |
|                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    | 0.216  |       |
|                    |      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |    | B      |       |

## 2) 라멘교

- 라멘교에서 거더와 가로보가 종방향과 횡방향으로 이루어진 경우에는 종방향과 횡방향의 거더 및 가로보를 평균하여 평가 결과를 산정한다.

| 부재의 분류         |       | 상부구조  |       |   | 2차부재  |   | 기타부재  |       |       |       | 받침    | 하부구조  |       | 내구성 요소 |       |
|----------------|-------|-------|-------|---|-------|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|-------|
| 번호             | 구조 형식 | 바닥판   | 거더    |   | 가로보   |   | 포장    | 배수    | 난간 연석 | 신축 이음 | 교량 받침 | 하부    | 기초    | 탄산화    | 염화물   |
|                |       |       | 중     | 횡 | 중     | 횡 |       |       |       |       |       |       |       |        |       |
| 11             | 라멘교   | b     | c     | c | c     | c | c     | b     | a     | c     | c     | b     | c     | b      | a     |
| 12             | 라멘교   | b     | b     | c | c     | b | c     | c     | b     | c     | b     | b     | c     | b      | a     |
| 13             | 라멘교   | c     | c     | b | b     | c | b     | c     | b     | c     | c     | b     | b     | b      | a     |
| 21             | 라멘교   | b     | b     | c | b     | c | c     | b     | b     | c     | b     | b     | b     | b      | a     |
| 22             | 라멘교   | c     | c     | b | b     | b | c     | b     | b     | c     | c     | a     | c     | b      | a     |
| 23             | 라멘교   | c     | c     | c | c     | d | c     | c     | a     | c     | c     | c     | b     | b      | a     |
| 평균             |       | 0.30  | 0.33  |   | 0.34  |   | 0.37  | 0.30  | 0.17  | 0.40  | 0.33  | 0.22  | 0.30  | 0.20   | 0.10  |
| 가중치            |       | 20    | 21    |   | 5     |   | 7     | 3     | 2     | 3     | 3     | 22    | 7     | 4      | 3     |
| (평균×가중치)/가중치 합 |       | 0.060 | 0.070 |   | 0.017 |   | 0.026 | 0.009 | 0.003 | 0.012 | 0.010 | 0.048 | 0.021 | 0.008  | 0.003 |
|                |       |       |       |   |       |   |       |       |       |       |       |       |       | 0.287  |       |
|                |       |       |       |   |       |   |       |       |       |       |       |       |       | C      |       |



<그림 6.1.2> 라멘교의 부재 구성도

3) 본교 전체의 상태평가 결과

- 본교 전체의 상태평가 결과 산정은 구조형식별로 산정한 환산 결함도 점수에 연장비를 곱한 후 전체를 합하여 산정한다.

| 구 분 | 구조형식   | 환산<br>결함도 점수 | 상태평가<br>결과 | 연장(m) | 연장비   | 환산 결함도점수<br>× 연장비 |
|-----|--------|--------------|------------|-------|-------|-------------------|
| 본교  | 강거더교   | 0.216        | B          | 2,000 | 0.571 | 0.123             |
|     | 라멘교    | 0.287        | C          | 1,000 | 0.286 | 0.082             |
|     | PSC박스교 | 0.312        | C          | 500   | 0.143 | 0.045             |
|     |        |              |            |       |       | <b>0.250</b>      |
|     |        |              |            |       |       | <b>B</b>          |

나. 접속교(예)

- 본교 기준에 준함

다. 램프교(예)

- 램프교의 경우에는 각 램프에 대해 별도로 평가하며, 램프교 전체를 대표하는 상태평가 결과는 산정하지 않는다.

라. 전체 교량의 대표 상태평가 결과 산정(예)

- 길이와 차선에 따른 가중치를 적용하여 종합평가 시 본교와 접속교 및 램프교를 모두 포함하여 최종 상태평가 결과를 산정한다.

| 종류 | 구분   | 환산<br>결함도점수 | 상태평가<br>결과 | 연장(m) | 차선 | 길이<br>× 차선 | 연장비   | 환산결함도점수×<br>연장비 |
|----|------|-------------|------------|-------|----|------------|-------|-----------------|
| 교량 | 본교   | 0.250       | B          | 3,500 | 4  | 14,000     | 0.500 | 0.125           |
|    | 접속교  | 0.266       | C          | 3,000 | 4  | 12,000     | 0.429 | 0.114           |
|    | B램프교 | 0.187       | B          | 200   | 2  | 400        | 0.014 | 0.003           |
|    | C램프교 | 0.236       | B          | 100   | 2  | 200        | 0.007 | 0.002           |
|    | D램프교 | 0.625       | D          | 100   | 2  | 200        | 0.007 | 0.004           |
|    | E램프교 | 0.285       | C          | 300   | 2  | 600        | 0.021 | 0.006           |
|    | N램프교 | 0.176       | B          | 200   | 2  | 400        | 0.014 | 0.003           |
|    | O램프교 | 0.294       | C          | 100   | 2  | 200        | 0.007 | 0.002           |
|    |      |             |            |       |    |            |       | <b>0.258</b>    |
|    |      |             |            |       |    |            |       | <b>B</b>        |

마. 상태평가 결과 산정방법

1) 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

- 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최  
저값을 개별부재 상태평가를 산정한다.
- 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최저값을  
경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.
- 복개구조물은 바닥판의 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

2) 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한 후 구조  
형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다. 환산 결함도 점  
수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준값이며 <표 7.1.2>의 결함  
도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

<표 6.1.2> 상태평가등급 기준 결함도 점수 범위에 따른 기준

| 기준     | A                 | B                    | C                    | D                    | E             |
|--------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| 결함도 범위 | $0 \leq x < 0.13$ | $0.13 \leq x < 0.26$ | $0.26 \leq x < 0.49$ | $0.49 \leq x < 0.79$ | $0.79 \leq x$ |

○ 램프교가 포함된 교량의 경우

본교와 각 램프교에 대해서 각각 상태평가 결과를 산정하며, 길이와 차선에 따른  
가중치를 적용하여 종합평가 시 본교와 접속교 및 램프교를 모두 포함하여 최종 상  
태평가 결과를 산정한다.

또한 경간 및 부재의 상태가 좋지 않은 경우 부가적인 설명을 명시한다.

### 6.1.3 구간별(범물방향, 안심방향)상태평가등급 결과

<표 6.1.3> 연호고가교(범물방향) 상태평가

| 부재의 분류            |          | 상부구조        |        | 2차<br>부재    | 기타부재   |        |                  |                  | 받침               | 하부구조   |        | 내구성 요소 |       |       |       |
|-------------------|----------|-------------|--------|-------------|--------|--------|------------------|------------------|------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 경간<br>번호          | 구조<br>형식 | 바<br>닥<br>판 | 거<br>더 | 가<br>로<br>보 | 포<br>장 | 배<br>수 | 난<br>간<br>연<br>석 | 신<br>축<br>이<br>음 | 교<br>량<br>받<br>침 | 하<br>부 | 기<br>초 | 탄산화    |       | 염화물   |       |
|                   |          |             |        |             |        |        |                  |                  |                  |        |        | 상부     | 하부    | 상부    | 하부    |
| S1/A1             | 강상자형교    | a           | a      | a           | c      | a      | b                | c                | a                | b      | Q      | x      | a     | x     | x     |
| S2/P1             | 강상자형교    | a           | a      | a           | a      | a      | a                | x                | a                | b      | Q      | a      | a     | x     | x     |
| S3/P2             | 강상자형교    | b           | a      | a           | b      | a      | b                | x                | a                | b      | Q      | x      | x     | x     | x     |
| S4/P3             | 강상자형교    | a           | a      | b           | b      | a      | a                | x                | a                | b      | Q      | x      | a     | x     | x     |
| S5/P4             | 강상자형교    | b           | a      | a           | b      | a      | a                | x                | a                | b      | Q      | x      | x     | x     | x     |
| S6/P5             | 강상자형교    | b           | a      | a           | a      | a      | a                | x                | a                | b      | Q      | a      | a     | x     | x     |
| S7/P6             | 강상자형교    | b           | a      | a           | a      | a      | a                | x                | a                | b      | Q      | x      | x     | x     | x     |
| S8/P7             | 강상자형교    | b           | a      | a           | a      | a      | b                | x                | a                | b      | Q      | a      | a     | x     | x     |
| A2                | 강상자형교    | x           | x      | x           | x      | x      | x                | c                | a                | b      | Q      | x      | a     | x     | x     |
| 평균                |          | 0.163       | 0.100  | 0.113       | 0.175  | 0.100  | 0.138            | 0.400            | 0.100            | 0.200  | 0.000  | 0.100  | 0.100 | 0.000 | 0.000 |
| 가중치               |          | 18          | 20     | 5           | 7      | 3      | 2                | 9                | 9                | 20     | 0      | 4      | 3     | 0     | 0     |
| (평균X가중치)<br>/가중치합 |          | 0.029       | 0.020  | 0.006       | 0.012  | 0.003  | 0.003            | 0.036            | 0.009            | 0.040  | 0.000  | 0.004  | 0.003 | 0.000 | 0.000 |
| 1. 환산결합도 점수 =     |          |             |        |             |        |        |                  |                  |                  |        |        |        | 0.165 |       |       |
| 2. 상태평가 결과 =      |          |             |        |             |        |        |                  |                  |                  |        |        |        | B     |       |       |

<표 6.1.4> 연호고가교(안심방향) 상태평가

| 부재의 분류            |          | 상부구조        |        | 2차<br>부재    | 기타부재   |        |                  |                  | 받침               | 하부구조   |        | 내구성 요소 |       |       |       |
|-------------------|----------|-------------|--------|-------------|--------|--------|------------------|------------------|------------------|--------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 경간<br>번호          | 구조<br>형식 | 바<br>닥<br>판 | 거<br>더 | 가<br>로<br>보 | 포<br>장 | 배<br>수 | 난<br>간<br>연<br>석 | 신<br>축<br>이<br>음 | 교<br>량<br>받<br>침 | 하<br>부 | 기<br>초 | 탄산화    |       | 염화물   |       |
|                   |          |             |        |             |        |        |                  |                  |                  |        |        | 상부     | 하부    | 상부    | 하부    |
| S1/A1             | 강상자형교    | b           | a      | b           | b      | a      | c                | c                | a                | b      | Q      | x      | a     | b     | x     |
| S2/P1             | 강상자형교    | a           | a      | a           | b      | a      | b                | x                | a                | b      | Q      | a      | a     | x     | x     |
| S3/P2             | 강상자형교    | b           | a      | a           | b      | a      | b                | x                | a                | b      | Q      | x      | x     | x     | x     |
| S4/P3             | 강상자형교    | b           | a      | a           | b      | a      | b                | x                | a                | b      | Q      | x      | a     | x     | x     |
| S5/P4             | 강상자형교    | b           | b      | a           | b      | a      | b                | x                | a                | b      | Q      | x      | x     | x     | x     |
| S6/P5             | 강상자형교    | a           | b      | a           | a      | a      | a                | x                | a                | b      | Q      | a      | a     | x     | x     |
| S7/P6             | 강상자형교    | a           | a      | a           | a      | a      | b                | x                | a                | b      | Q      | x      | x     | x     | x     |
| S8/P7             | 강상자형교    | a           | b      | a           | b      | a      | c                | x                | a                | b      | Q      | a      | a     | x     | x     |
| A2                | 강상자형교    | x           | x      | x           | x      | x      | x                | c                | b                | b      | Q      | x      | a     | x     | a     |
| 평균                |          | 0.150       | 0.138  | 0.113       | 0.175  | 0.100  | 0.238            | 0.400            | 0.111            | 0.200  | 0.000  | 0.100  | 0.100 | 0.200 | 0.100 |
| 가중치               |          | 18          | 20     | 5           | 7      | 3      | 2                | 9                | 9                | 20     | 0      | 2      | 2     | 2     | 1     |
| (평균X가중치)<br>/가중치합 |          | 0.027       | 0.028  | 0.006       | 0.012  | 0.003  | 0.005            | 0.036            | 0.010            | 0.040  | 0.000  | 0.002  | 0.002 | 0.004 | 0.001 |
| 1. 환산결함도 점수 =     |          |             |        |             |        |        |                  |                  |                  |        |        |        | 0.175 |       |       |
| 2. 상태평가 결과 =      |          |             |        |             |        |        |                  |                  |                  |        |        |        | B     |       |       |

#### 6.1.4 전체 교량의 상태평가 결과

본 대상시설물인 연호고가교에 대한 외관상태 항목과 내구성 요소인 탄산화 및 염화물 항목을 포함한 전체 교량의 상태평가를 실시한 결과 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태인 「B」 등급(평가지수 : 0.170)으로 평가되었다.

<표 6.1.5> 연호고가교 상태평가

| 구성교량명           | 환산<br>결합도점수 | 상태평가<br>등급 | 연장(m) | 차선 | 길이<br>×차선 | 연장비   | 환산결합도점수<br>×연장비 |
|-----------------|-------------|------------|-------|----|-----------|-------|-----------------|
| 연호고가교<br>(범물방향) | 0.165       | B          | 410   | 3  | 1,230     | 0.500 | 0.082           |
| 연호고가교<br>(안심방향) | 0.175       | B          | 410   | 3  | 1,230     | 0.500 | 0.088           |
| 합계(Σ)           |             |            | 820   |    | 2,460     | 1     | 0.170           |
| 1. 평가지수 =       |             |            |       |    |           |       | 0.170           |
| 2. 상태평가 결과 =    |             |            |       |    |           |       | B등급             |

<표 6.1.12> 결합도 점수 범위에 따른 등급

| 등 급   | A                 | B                    | C                    | D                    | E             |
|-------|-------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------|
| 결합도범위 | $0 \leq x < 0.13$ | $0.13 \leq x < 0.26$ | $0.26 \leq x < 0.49$ | $0.49 \leq x < 0.79$ | $0.79 \leq x$ |
|       |                   |                      |                      | ∴ 상태평가 등급 : B        |               |

## 6.2 안전성평가

### 6.2.1 안전성평가등급 기준

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀육안검사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 안전성검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 하고, 최근 도입되고 있는 신뢰성 이론에 의한 평가방법은 충분한 통계자료가 뒷받침되어야 하므로 참고자료로 활용한다.

또한, 교량의 안전성평가는 내하력평가 개념으로 규정되어 왔으나 내하력은 활하중 여유도로서 하중비에 따라 내하력의 변동폭이 크게 변하므로 교량의 안전성을 일관되게 평가하는 기준으로 적절하지 못하다. 따라서 안전성평가는 교량의 안전율 개념을 도입하여 평가하였다. 그러나 안전율이 0.9에서 1 사이에 있어 재하시험에 의한 공용내하력 평가를 실시한 경우 공용내하력 산정결과에 따라 안전성평가등급을 산정한다.

<표 6.2.1> 구조물의 안전성 평가기준

| 등급 | 안전성평가 기준                                       | 비 고                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A  | $SF > 1.0$                                     | ◦ 허용응력설계법<br>$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_{d+1}}$ ◦ 강도설계법<br>$SF(\text{안전율}) = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u}$ |
| B  | $0.9 \leq SF < 1$ 이나, 공용내하력이 설계 하중보다 크게 평가된 경우 |                                                                                                                                                                            |
| C  | $0.9 \leq SF < 1$                              |                                                                                                                                                                            |
| D  | $0.75 \leq SF < 0.9$                           |                                                                                                                                                                            |
| E  | $SF < 0.75$                                    |                                                                                                                                                                            |

※ 안전성평가등급은 통합시설물까지는 소문자(a, b, c, d, e)로 표기하고 전체시설물에 대해서만 대문자(A, B, C, D, E)로 표기함.

### 6.2.2 안전성평가등급 결과

<표 6.2.2> 구조물의 안전성 평가등급

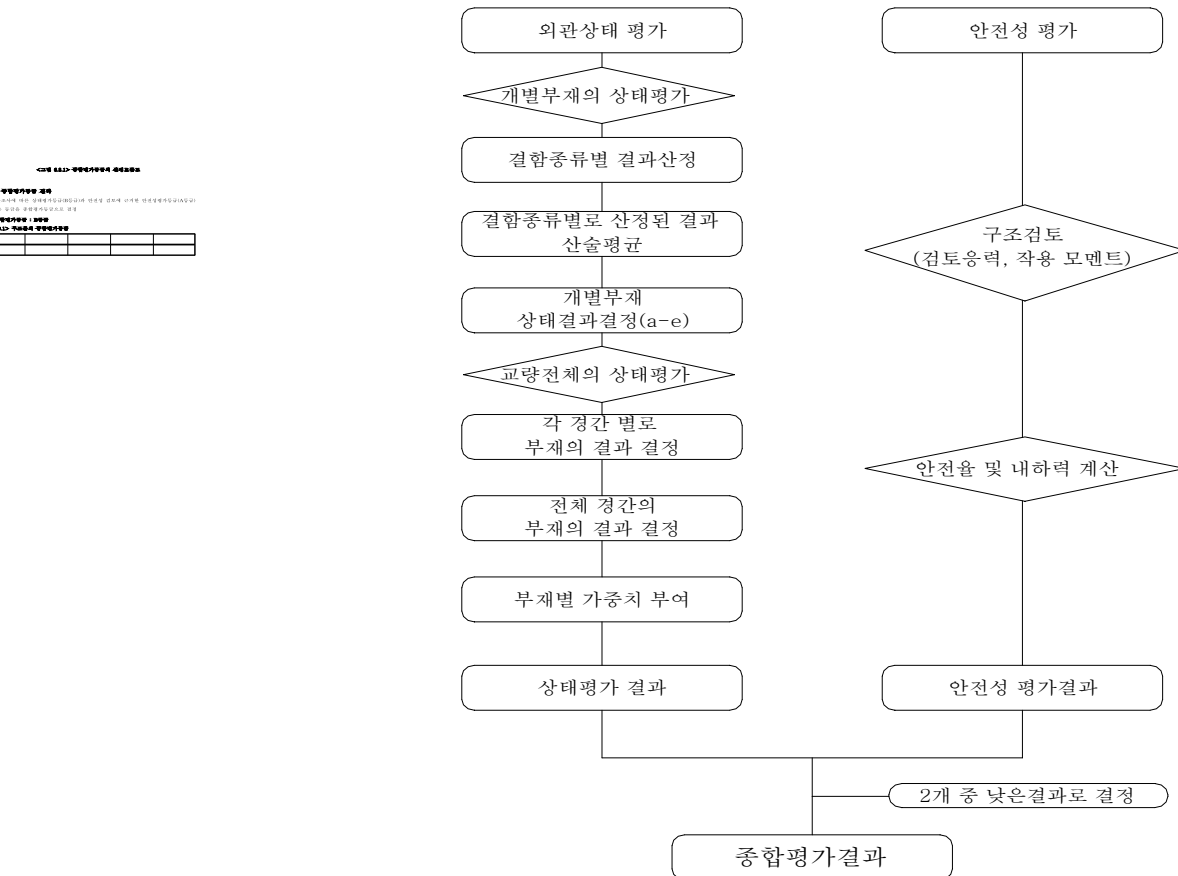
| 부재       | SF(안전율) | 등급 | 비고 |
|----------|---------|----|----|
| 강합성 거더   | 1.219   | A  |    |
| 콘크리트 바닥판 | 1.346   | A  |    |

## 6.3 종합평가 및 안전등급 지정

### 6.3.1 종합평가등급 산정절차

외관조사에 따른 상태평가등급과 안전성 검토에 근거한 안전성평가등급 중 낮은등급을 시설물의 종합평가등급으로 결정한다.

■ 종합평가 등급=MIN(상태평가 등급, 안전성평가 등급)



### 6.3.3 안전등급 지정

연호고가교의 안전등급지정은 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 「법」 제10조의2 및 「영」 제11조의5에 따라 **B등급**으로 지정하였다.

<표 6.3.2> 구조물의 안전등급 지정

| 안전등급      | 시설물의 상태                                                                                                                |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A<br>(우수) | 문제점이 없는 최상의 상태                                                                                                         |
| B<br>(양호) | 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태                                                       |
| C<br>(보통) | 주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하였으나, 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성, 기능성 저하 방지를 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태 |
| D<br>(미흡) | 주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며, 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태                                                                   |
| E<br>(불량) | 주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태                                                 |