

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침해설서(교량)

2012. 12.

머 리 말

우리나라는 '60년대 이후의 급속한 경제성장 과정에서 대부분의 시설물들이 “공기단축”과 “공사비절감” 위주로 건설되어 선진국의 시설물에 비해 시작부터 안전에 취약할 수밖에 없었습니다. 그럼에도 불구하고 사용 중 유지관리마저 소홀히 하여 '90년대 들어 성수대교와 삼풍백화점 붕괴사고 등의 값비싼 대가를 치른 경험이 있습니다.

이에 따라 정부에서는 1995년 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」을 제정하여 시설물의 안전관리를 시행하고 있으며, 특히 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 업무를 표준화하기 위하여 국토해양부와 우리공단은 교량·댐 등 12개 국가 주요시설물의 점검·진단 업무의 실시방법 및 절차 등을 규정한 세부지침을 마련하였습니다.

2011년에 공통편과 시설물편 6종(교량, 터널, 댐, 항만, 상수도, 건축)의 해설서를 발간하였으며, 금년에는 시설물편 나머지 6종(하구둑, 수문, 제방, 하수처리장, 옹벽, 절토사면)의 해설서를 발간하였습니다. 더불어 2011년도에 해설서 교량편에서 받침 연단거리 측정방법을 「도로교설계기준(2010)」에 따라 개정하였으며 보다 합리적인 점검방법을 추가적으로 제시하여 발간하였습니다.

아울러 본 해설서는 초보자가 알기 쉽도록 그림과 사진 등을 많이 포함하여 편집 구성에 최선을 다하였으나 미흡한 점도 많을 것입니다. 앞으로 계속 보완 발전시켜 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단에 유용하게 활용될 수 있도록 최선을 다하겠습니다.

끝으로 본 해설서 개발작업에 참여하여 주신 직원과 자문위원 여러분들의 노고에 깊은 감사를 드리는 바입니다.

2012년 12월

한국시설안전공단 이사장 김 경 수

제 목 차 례

1.1 관리일반

1.1.1 적용범위	1-1
1.1.2 용어정의	1-5
1.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설	1-5
1.1.4 중대한 결함의 정도	1-6

1.2 현장조사

1.2.1 시설물 점검사항	1-8
----------------------	-----

1.3 재료시험 항목 및 수량

1.3.1 정밀점검	1-82
1.3.2 정밀안전진단	1-86
1.3.3 재료시험 기준수량의 조정	1-91

1.4 상태평가 기준 및 방법

1.4.1 상태평가 항목 및 기준	1-96
1.4.2 상태평가 결과 산정 방법	1-170

1.5 안전성평가 기준 및 방법

1.5.1 일반	1-184
1.5.2 안전성평가 기준	1-184
1.5.3 안전성평가 산정 방법	1-186

1.6 종합평가 기준 및 방법

1.6.1 종합평가 기준	1-213
1.6.2 종합평가 결과 산정 방법	1-213

1.7 보수 · 보강 방법

1.7.1 콘크리트 구조물의 손상에 대한 일반적인 보수 · 보강공법	1-217
---	-------

부록 A	과업지시서 예시	1-227
부록 B	사전검토 보고서 예시	1-243

제1장 교 량

1.1 관리일반

1.2 현장조사

1.3 재료시험 항목 및 수량

1.4 상태평가 기준 및 방법

1.5 안전성평가 기준 및 방법

1.6 종합평가 기준 및 방법

1.7 보수·보강 방법

제1장 교량

1.1 관리 일반

1.1.1 적용 범위

본 장은 「법」 제2조(정의) 및 「영」 제2조(시설물의 범위)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 도로교량과 철도교량에 적용한다.

○ 1종 시설물

－ 도로교량

- 교량의 상부구조형식이 현수교·사장교·아치교·트러스교인 교량
- 최대 경간장 50m 이상의 교량(한 경간 교량 제외)
- 연장 500m 이상의 교량
- 폭 12m 이상으로서 연장 500m 이상인 복개구조물

－ 철도교량

- 고속철도 교량
- 도시철도의 교량 및 고가교
- 트러스교, 아치교, 연장 500m 이상의 교량

○ 2종 시설물

－ 도로교량

- 최대 경간장 50m 이상인 한 경간 교량
- 연장 100m 이상의 교량
- 폭 6m 이상이고 연장 100m 이상인 복개구조물

－ 철도교량

- 연장 100 m 이상의 교량

※ 본 장을 적용하는 복개구조물은 라멘형식으로 시공된 것으로서, 박스형식(개착식)의 복개구조물은 「제2장 터널」에 따라 안전점검을 실시한다.

교량 및 복개구조물의 특성에 따라 본 장과 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀 안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나, 기준을 따른다.

○ 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙

○ 콘크리트 구조설계기준

○ 콘크리트 표준시방서

○ 도로교 설계기준

○ 철도설계기준 (철도교편)

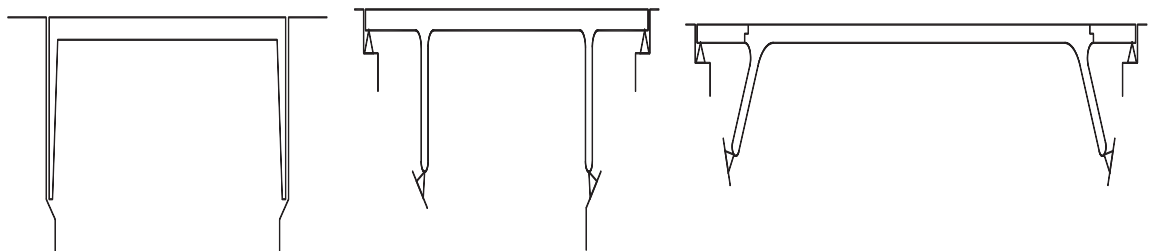
○ 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)

○ 국토해양부 발행 각종 관련 표준시방서

한편, 본 장에서 기술된 내용과 다르더라도 널리 알려진 이론이나 시험에 의해 기술적으로 증명된 사항에 대해서는 발주자와 사전협의하여 적용할 수 있다.

【해설】

1. 「시설물의 안전관리에 관한 특별법」 “이하 시특법” 시행령[별표1] “1종시설물 및 2종시설물의 범위(제2조제1항관련)의 기준으로 도로교량과 철도교량을 정의한다.
2. 시특법 제2장 시설물의 안전조치등에 제10조1항 관련 도로교량, 철도교량을 다음 각 목의 교량 중 상부구조형식에 따른 교량형식으로 나타낸다.
3. “도로”란 「도로법」 제 8조에 따른 도로를 말한다.
4. 교량의 “최대 경간장”이란 한 경간에서 상부구조의 교각과 교각의 중심선 간의 거리를 경간장으로 정의할 때, 교량의 경간장 중에서 최댓값을 말한다. 한 경간 교량에 대해서는 교량 양측 교대의 흉벽 사이를 교량 중심선에 따라 측정한 거리를 말한다.
「시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령」 [별표1]
5. 교량의 “연장”이란 교량 양측 교대의 흉벽 사이를 교량 중심선에 따라 측정한 거리를 말한다. 「시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령」 [별표 1]
6. 용어 정의(「도로설계편람 제5편 교량」, 「시설물 유지관리 매뉴얼 교량편」)
 - (1) 도로교량이란 도로 또는 철도가 계곡, 호수, 해안 등의 위를 건너거나, 다른 도로, 철도, 수로, 가옥, 시가지 등의 위를 건너는 경우에 이들 장애물의 상부로 통행할 수 있도록 축조하는 구조물로 정의할 수 있다.
 - (2) 라 멘 교 : 문형(門形)라멘교, 문형 balanced 라멘교, π 형 라멘교



< 문형 라멘교 >

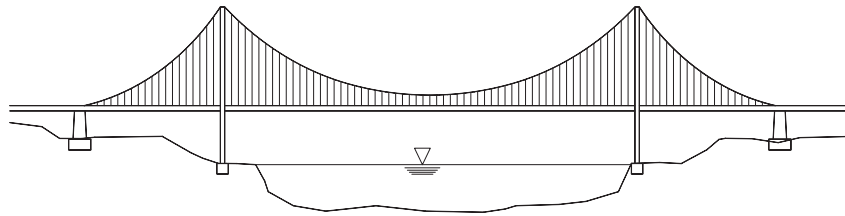
< 문형 balance 라멘교 >

< π 형 라멘교 >

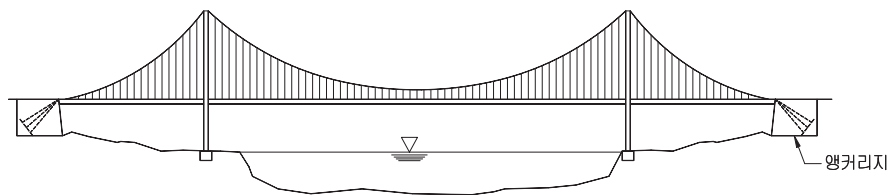
- (3) 현수교는 고정하중 작용시 주케이블이 전체하중을 지지하여 보강형은 무응력 상태가 되며 추가 고정하중과 활하중 등의 추가하중은 보강형과 주케이블 시스템이 부담하도록 한 교량형식이다. 현수교에 작용하는 하중은 보강형을 통해서 널리 분포되므로 재하점만이 심하게 처지지 않고 현수교 전체가 큰 강성을 지니는 구조로 된다. 일반적으로 현수교의 주요한 구성요소는 다음과 같다.

- ① 주요 인장재인 주케이블
- ② 주케이블의 장력을 대지로 이끄는 앵커 부분

- ③ 주케이블의 최고점을 지지하는 강재 또는 철근 콘크리트구조 등의 탑
- ④ 보강형(플레이트거더 또는 트러스)
- ⑤ 보강형을 주케이블에 매다는 현수재
 - (가) 현수교 : 자정식, 타정식



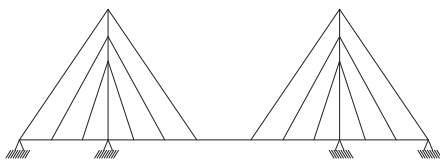
< 자정식 >



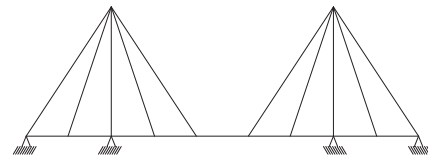
< 타정식 >

- (4) 사장교는 사장재 케이블의 인장강도와 주탑 및 보강형의 휨 · 압축강도를 효과적으로 결합시켜 구조적 효율성을 높인 교량형식으로 케이블의 강성과 장력을 조절함으로써 보강형이 발생하는 휨모멘트를 현저하게 감소시킬 수 있는 교량형식이다.

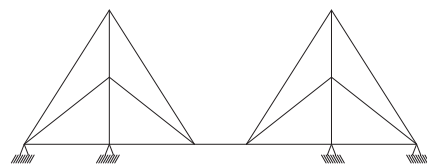
(가) 사장교 : Fan형, Radiating형, Star형, Harp형 등



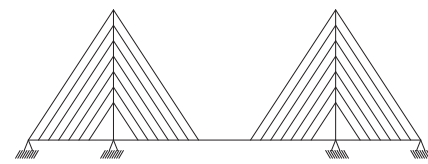
< 부채(Fan) 형 >



< 방사(Radiating) 형 >



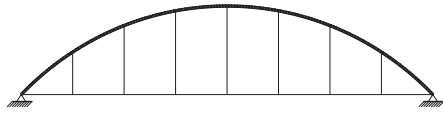
< 스타(Star) 형 >



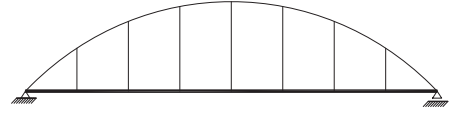
< 하프(Harp) 형 >

- (5) 아치교는 본체가 아치로 되어 있는 교량으로서 쓰이는 아치의 종류에는 다음과 같다

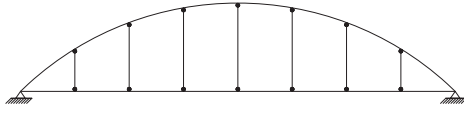
(가) 아치교 : Tied arch, Langer arch, Lohse arch, Nielsen arch 등



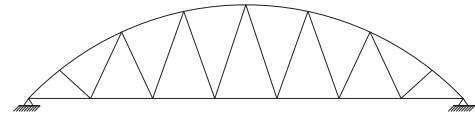
< 타이드 아치(Tied arch)교 >



< 랭거 아치(Langer arch)교 >



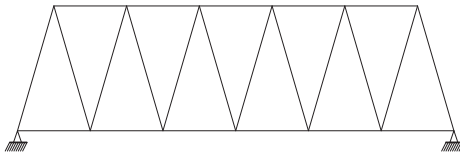
< 로제 아치(Lohse arch)교 >



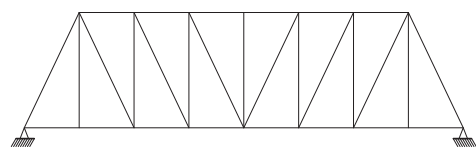
< 닐슨 아치(Nielsen arch)교 >

- (6) 트러스교는 본체가 트러스만으로 구성되어 있는 교량으로, 경간이 커지면 공작에 많은 시간이 소요되는 불리한 점이 있으나 개개의 부재의 크기가 작고 가벼우므로 산간벽지와 같은 운반로가 없는 곳에서는 유리하며 비교적 간단하고 손쉬운 설비로 가설할 수가 있다.

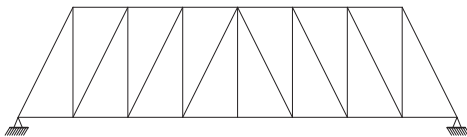
(가) 트러스교 : Warren truss, Pratt truss, Howe truss, K-truss 등



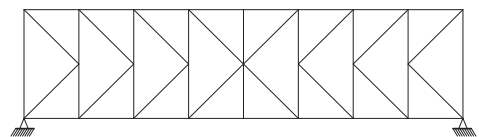
< 와렌 트러스(Warren truss)교 >



< 프렛트 트러스(Pratt turss)교 >



< 하우 트러스(Howe turss)교 >



< K 트러스(K-truss)교 >

- (7) 철도교는 철도선로를 부설하여 열차가 통과할 수 있도록 한 교량으로 초기에는 목재의 큰보(girder)를 짠 것도 있었으나 최근에는 경량화와 강도증가를 목적으로 연속적인 트러스와 프리스트레스트 콘크리트로 된 큰 보를 사용하고 있다.

1.1.2 용어 정의

○ 교량(橋梁)

도로 또는 철도가 계곡, 호수, 해안 등의 위를 건너거나 다른 도로, 철도, 수로, 가옥, 시가지 등의 위를 건너가는 경우에 이들 장애물의 상부로 통행할 수 있도록 축조하는 구조물

○ 복개구조물(覆蓋構造物)

- 지상부분의 공간 활용을 위하여 수로나 하천 위를 슬래브 등으로 덮은 구조물로서 폭 6m 이상의 구조물을 말한다.
- 도로의 ‘복개구조물’이라 함은 하천 등을 복개하여 도로 용도로 사용하는 모든 구조물을 말한다.

1.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

교량 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 1.1]과 같다.

[표 1.1] 교량 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명		점검 및 진단 실시범위			비 고
			정기점검	정밀점검	정밀안전진단	
주요 부재	◦ 상부구조	바닥판, 거더	○	○	○	
	◦ 하부구조	교대 및 교각, 주탑, 기초	○	○	○	
	◦ 받침	교량받침	○	○	○	
	◦ 케이블	케이블, 정착구, 행어밴드, 새들	○	○	○	
	◦ 기타부재	신축이음, 배수시설, 난간 및 연석, 교면포장	○	○	○	
보조 부재	◦ 2차부재	가로보 및 세로보			○	

1.1.4 중대한 결함의 정도

교량 시설물에서 대통령령이 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다. 다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 시설물의 기초세굴

- [표 1.20] 기초세굴에 대한 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

2) 교량 교각의 부등침하

- [표 1.19] 교각 변위의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

3) 교량 받침의 파손

- [표 1.21] 교량받침의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

4) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

- [표 1.26] 탄산화 잔여 깊이 또는 [표 1.27] 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가 기준이 “d” 판정으로 [표 1.11] 철근콘크리트 바닥판, [표 1.13] 철근콘크리트 거더, [표 1.14] 프리스트레스 콘크리트 거더, [표 1.18] 교대 및 [표 1.19] 교각 등에서 철근(강선)부식과 관련하여 상태평가 기준이 “e”를 포함하는 경우

5) 주요 구조부위의 철근량 부족

- 구조 안전성 검토 결과 철근량 부족으로 내력 보강이 필요한 경우로 철근콘크리트 바닥판, 거더 및 교각 코핑부 등이 해당

6) 콘크리트 부재의 균열 심화

- [표 1.12]~[표 1.14]에서 부재의 균열 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

7) 철근콘크리트 부재의 심한 재료분리

- [표 1.11], [표 1.13], [표 1.14], [표 1.18], [표 1.19]에서 열화 및 손상의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

8) 철강재 용접부의 불량 용접

- [표 1.12], [표 1.17]의 강재 용접연결부 결함의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

9) 교대·교각의 균열 발생

- [표 1.18], [표 1.19]에서 균열의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

10) 강재 거더 및 연결판의 균열 및 심한 변형

- [표 1.12]에서 모재 및 연결부 손상의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

11) 케이블 부재의 손상

- [표 1.17]에서 케이블 부재의 상태평가 기준이 “d” 이하의 경우

【해설】

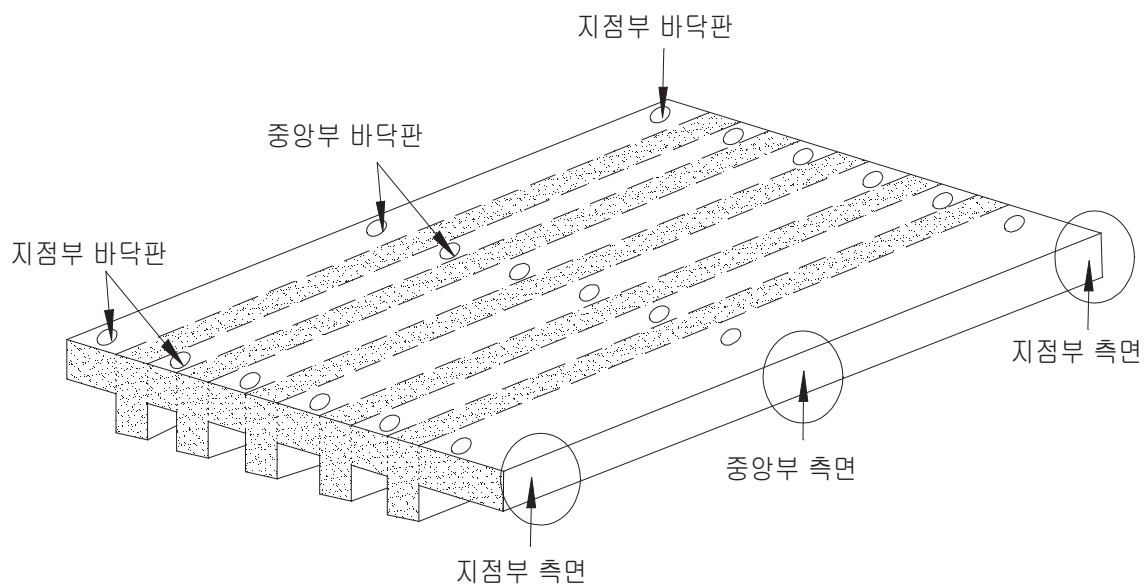
1. 시특법 제 11조에 따라 안전점검 또는 정밀안전진단을 실시한 자는 지체없이 그 결과를 관리주체에게 통보하여야 하며, 영 제12조의 “중대한 결함”이 있는 경우에는 그 내용을 특별자치도지사, 시장, 군수 또는 구청장에게도 통보하여야 한다.
2. 시특법 영 제12조의 “중대한 결함”은 「안전점검 및 정밀안전진단 세부지침」 공통편 3.1.7항과 같다.
3. 특별자치도지사, 시장, 군수, 또는 구청장에 통보를 하는 경우 그 통보 내용에는 다음 각 호의 사항이 포함되어야 한다.
 - (1) 시설물의 명칭 및 소재지
 - (2) 관리주체의 상호, 명칭, 성명(법인인 경우에는 대표자의 성명을 말한다) 및 주소
 - (3) 안전점검 또는 정밀안전진단의 실시기간과 실시자
 - (4) 시설물의 상태별 등급과 중대한 결함 내용
 - (5) 관리주체가 조치하여야 할 사항
 - (6) 그 밖에 안전관리에 필요한 사항

1.2 현장조사

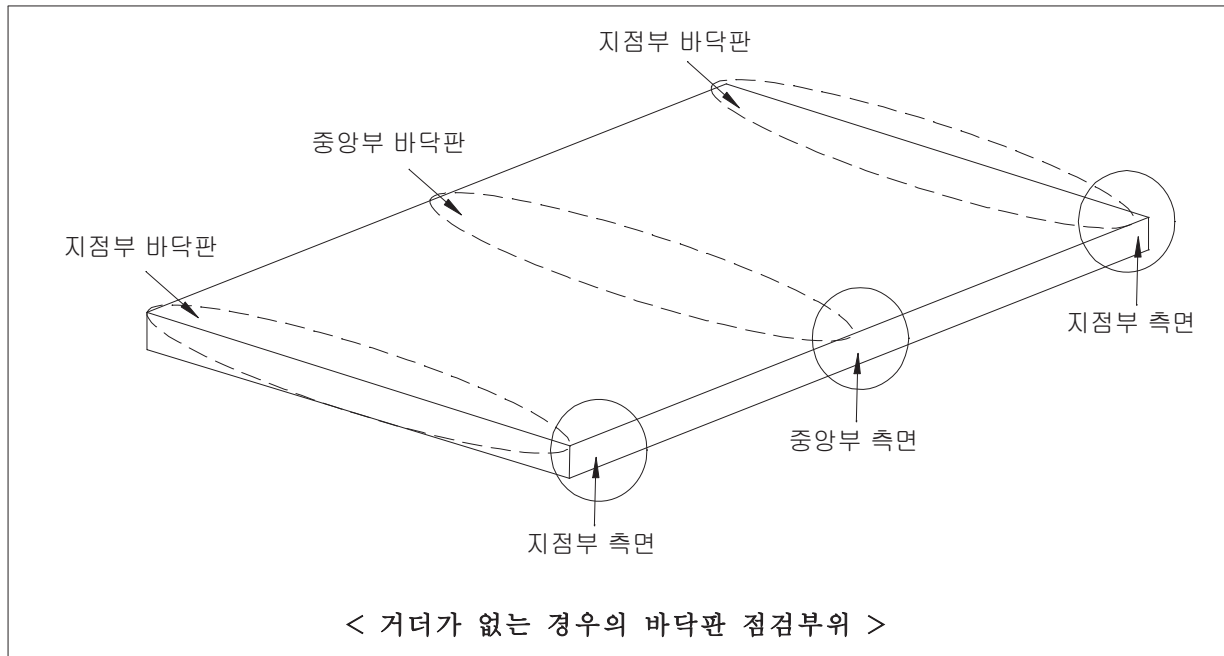
1.2.1 시설물의 점검사항

가. 콘크리트 바닥판

점 검 부 위		손 상 종 류
▷ 공통		○ 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출 ○ 재료분리(공동, 공극) ○ 누수 및 백태(유리석회)
▷ 거더교		○ 균열, 망상균열
▷ 바닥판, 라멘상부	- 받침부(단부)	○ 부스러짐 ○ 사인장균열
	- 중앙부	○ 휨균열



< 거더가 있는 경우의 바닥판점검부위 >



【해설】

[공통]

1. 점검방법

- (1) 도보접근이 불가능한 구간은 점검 장비를 이용하여 근접 점검한다.
- (2) 부모멘트가 발생하는 연속 받침부는 바닥판 상부와 정모멘트가 발생하는 중앙부의 바닥판 하부가 인장영역이 되어 인장균열이 발생하기 쉬운 부위이므로 주의깊게 관찰한다.
- (3) 균열로부터 녹물이 유출되는 것은 철근부식의 징후이므로 확인하여 기록한다.
- (4) 망상균열, 층분리, 누수나 백태흔적이 발견될 경우 위치, 면적을 기록하고 점검용 망치를 두드려 나는 소리로서 내부결함의 존재여부를 추정한다. 내부에 결함 존재 시외관상 건전한 부위에서도 편칭전단파괴의 우려가 있다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 균열은 발생위치, 균열폭, 진전길이, 반복성(공통성) 등을 종합적으로 고려하여 발생 원인을 규명하고 보수·보강 등 적절한 조치방법을 수립할 수 있도록 주의 깊게 조사한다.
- (2) 큰 균열일지라도 상당히 오래전에 발생하여 안정된 것이 있는 반면에 균열폭 0.1mm 미만의 헤어크랙 수준의 미세균열일지라도 운하중의 반복재하에 의해 점차 커지는 균열이 있으므로 균열조사 시에는 특별히 큰 균열에만 주목하지 말고 미세한 균열에도 주의를 기울여야 한다.
- (3) 점검용 망치를 이용한 점검은 내부의 공동이나 층분리 여부를 소리로 판단하는 것으로 건전한 부분을 두들기면 "핑"하는 소리가 나지만 내부결함이 있는 부분은 "퍽"하는 소리가 난다.

- (4) 누수 및 백태가 발견된 부위는 교면포장 상태가 비교적 양호할 경우 포장하부의 콘크리트 상태불량, 방수층의 파손이 원인일 수 있으므로 포장을 제거하여 조사하는 등의 원인분석 행위가 필요하다.
- (5) 환경적 요인에 의하여 열화가 심한 부분은 철근의 부식 환경을 확인하기 위하여 탄산화 시험, 염화물함유량시험, 자연전위차시험 등을 선별하여 실시한다.

[거더교]

1. 점검방법

- (1) 거더와 거더 사이의 바닥판은 윤하중의 작용에 의해 1방향 또는 망상의 2방향 균열이 발생할 수 있고, 균열의 개폐운동과 함께 균열이 발전하고 일부 콘크리트가 탈락되거나 탈락부의 철근 노출 및 부식 등이 발생하므로 이를 점검한다.
- (2) 일방향 균열은 균열 폭, 길이를 점검하고 망상균열은 균열 폭과 균열 면적을 기록한다.
- (3) 연속보 교량, 아치 교량 등의 바닥판에서는 하중의 재하상태에 따라 부모멘트나 인장력이 작용하는 경우가 있으며 합성형의 경우는 거더에 의해 바닥판 건조수축이 구속되어 바닥판이 균열이 발생할 수 있으므로 이를 점검한다.
- (4) 거더교의 바닥판 단부는 신축이음부의 연속성이 저하되어 자유단과 같은 상태가 되므로 휨모멘트가 크게 발생하고, 윤하중의 충격에 의해 콘크리트 탈락 등의 손상이 발생하기 쉬우므로 손상면적을 점검하여 기록한다.
- (5) 3개 이상의 거더에 의해 지지되는 바닥판에서 거더의 부등침하로 인하여 거더의 직각방향으로 휨모멘트가 추가되며 거더 방향으로 균열이 발생할 수 있으므로 이를 점검한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) "[공통]"의 점검시 유의사항을 참조

[슬래브]

1. 점검방법

- (1) 고정하중 및 윤하중(차량하중)에 의해 슬래브 지간 중앙부에 휨응력에 의한 교축 직각방향의 균열과 균열 주변의 콘크리트 변색 및 열화 상태를 점검한다.
- (2) 사각을 가지는 슬래브교의 횡인장 균열은 지간중앙부에서 사각과 평행하게 발생하거나 사각의 직각방향으로 발생하고 둔각부에 큰 휨모멘트가 발생하여 균열이 발생할 수 있으므로 이를 점검한다.
- (3) 지점부에 작용하는 전단응력이 주원인이 되어 발생하는 사인장 균열은 슬래브의 하단에서 상단으로 45°방향으로 진행한다. 이러한 사인장 균열은 바닥판의 측면에서 관측이 가능하며 슬래브의 전단파괴의 징후이므로 균열의 진행을 세심히 관찰하여 기록한다.
- (4) 온도변화에 의한 상부구조의 신축시 받침부의 마찰 및 지압응력에 의해 콘크리트 부스러짐이 발생할 수 있으므로 이를 점검한다.

2. 점검시 유의사항

(1) "[공통]"의 점검시 유의사항을 참조

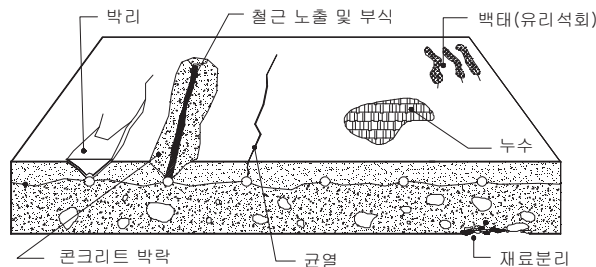
[라멘교]

1. 점검방법

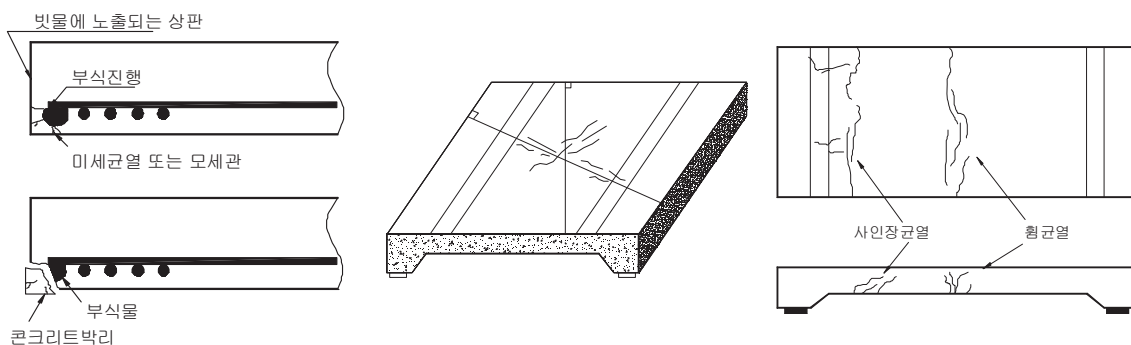
- (1) 라멘교의 인장부위는 수평부재의 중앙부하단, 수직부재의 기초부위, 수직부재의 중앙부 안쪽, 단경간일 경우는 절점부위의 모서리 등이다. 수평부재가 바닥판에 해당되므로 수평부재의 중앙부 하단의 인장균열을 점검한다.
- (2) 인장영역에서 콘크리트가 인장철근으로부터 박리될 가능성이 있으므로 균열부위의 철근노출 및 부식, 백태, 녹물 등을 점검한다.
- (3) 수평부재와 수직부재의 교차 절점부에서 수평부재의 전단응력에 의한 사인장 균열이 발생할 수 있으므로 이를 점검한다.

2. 점검시 유의사항

(1) "[공통]"의 점검시 유의사항을 참조



[해설 그림 1.2.1] 콘크리트 바닥판 점검사항(공통)

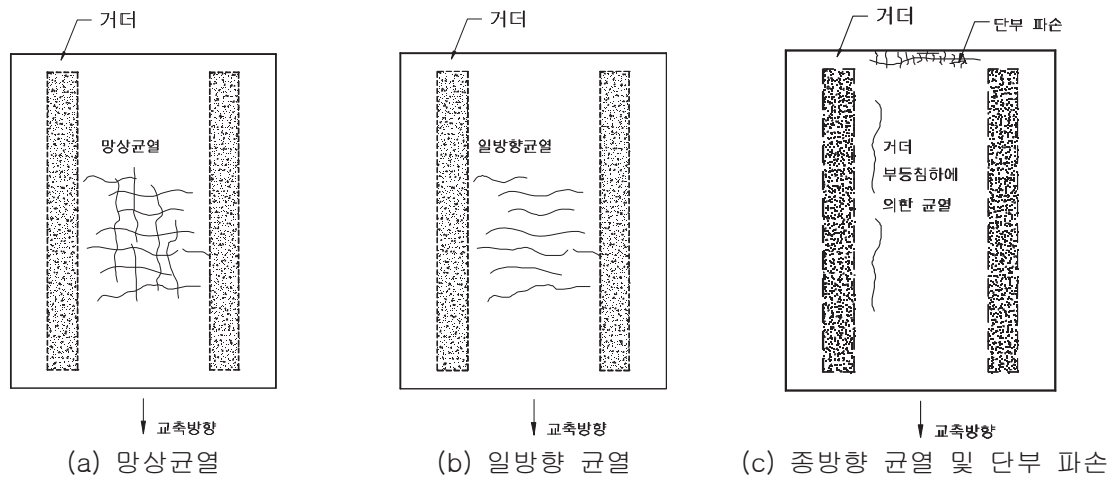


(a) 지점부 콘크리트 박리

(b) 사각 슬래브의 중앙부
균열

(c) 슬래브의 횡균열,
사인장균열

[해설 그림 1.2.2] 콘크리트 슬래브 점검사항



[해설 그림 1.2.3] 거터교의 바닥판 점검사항



a. 재료분리



b. 콘크리트 박락, 철근부식 및 노출



c. 배수구 주변 누수 및 백태



d. 난간하면 콘크리트 탈락



e. 배수구 주변 콘크리트 손상



f. 누수, 백태

[해설 사진 1.2.1] 콘크리트 바닥판 주요손상유형-공통



a. 슬래브 하면 횡균열



b. 슬래브 중앙측 측면 균열

[해설 사진 1.2.2] 콘크리트 바닥판 주요손상유형-슬래브



a. 거더사이 균열

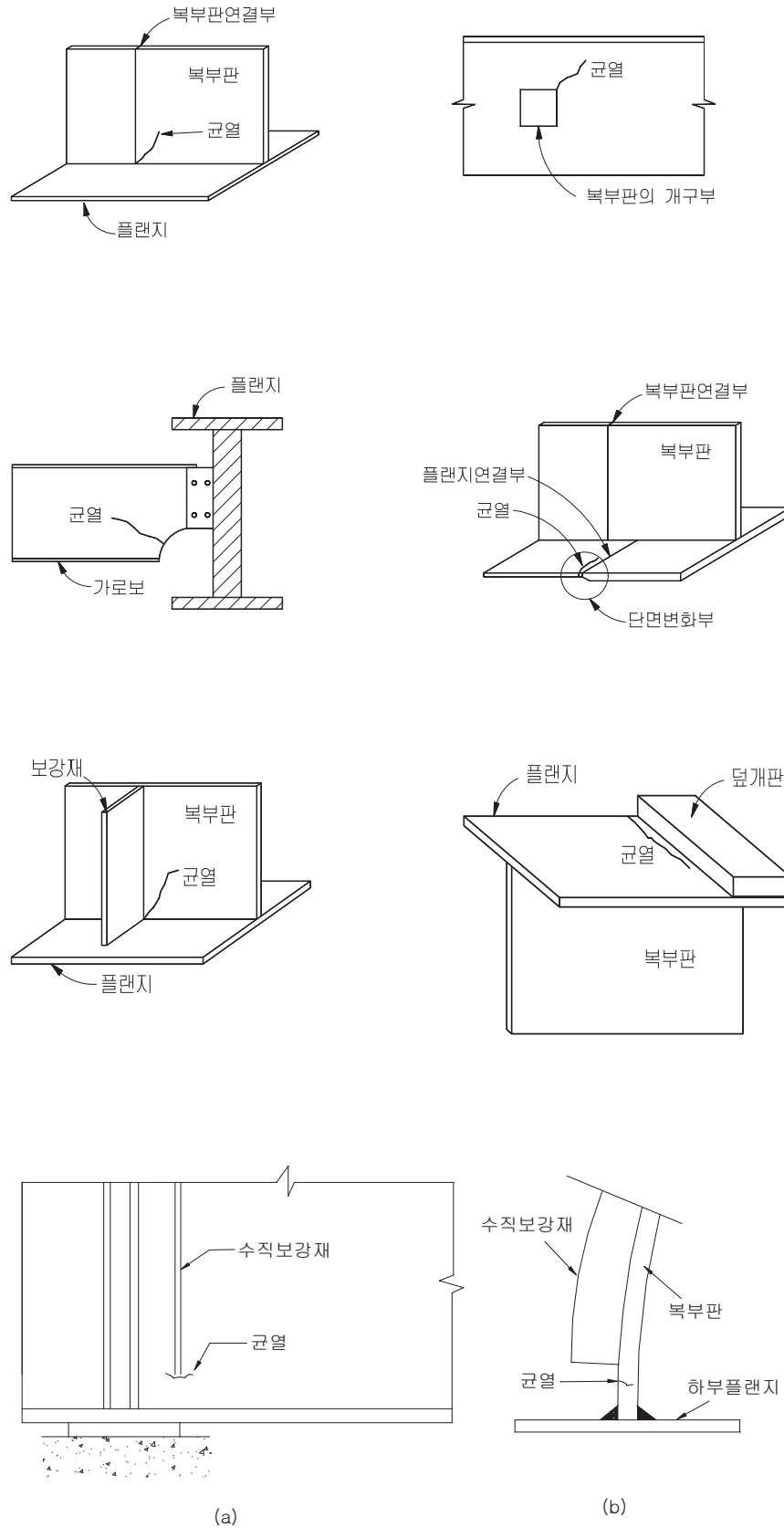


b. 바닥판 단부파손

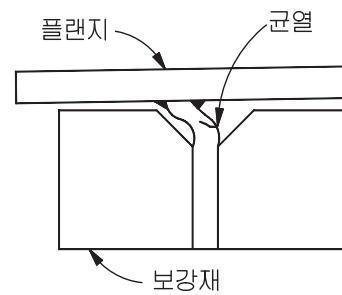
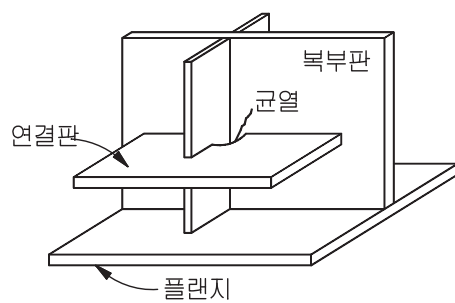
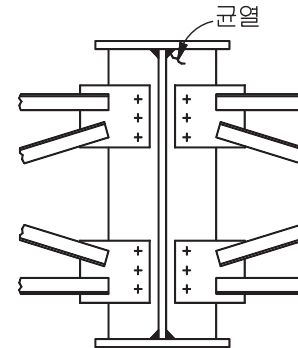
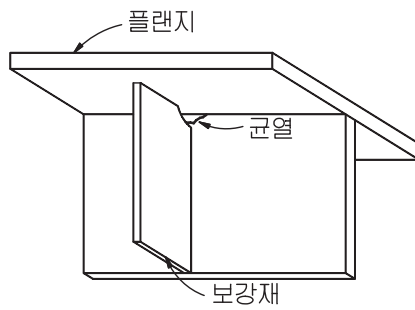
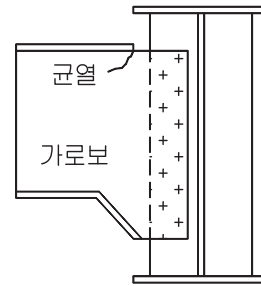
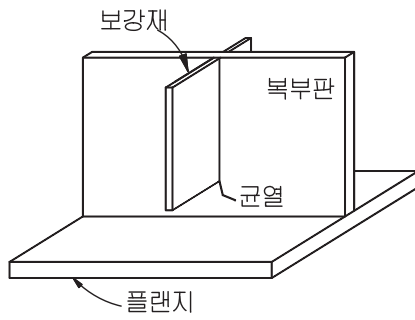
[해설 사진 1.2.3] 콘크리트 바닥판 주요손상유형-거더교

나. 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑)

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	○도장 손상 및 부식 ○현장이음부 볼트손상, 누수 ○신축이음 하면, 배수구 주변, 난간하면 누수, 부식 ○이상음 발생
▷ 피로강도등급 낮은 용접상세부 (D, E급)	○피로균열
▷ 받침부	○복부판 부식 및 국부좌굴 ○거더와 받침연결부 부식 ○게르버교의 경우 핀 연결부 부식 ○지점보강재 하단 용접부 균열 ○박스내부 출입구 방치 ○박스내부 바닥 물고임 및 부식
▷ 중앙부	○부식 ○플랜지 변형 및 처짐 ○맞대기 용접부, 덮개판 덧댐부 끝부분 균열
▷ 주탑	○주탑하단부 연결볼트 부식 및 파단
▷ 보수부위	○용접부 및 용접부 주변 균열
▷ 부재연결판	○트러스교, 아치교의 현재, 사재, 수직재 연결판의 부식, 균열 및 변형 ○사장교, 현수교의 케이블 정착부 연결판의 부식, 균열 및 변형



< 피로균열이 발생하기 쉬운 구조상세 >



< 피로균열이 발생하기 쉬운 구조상세 >

【해설】

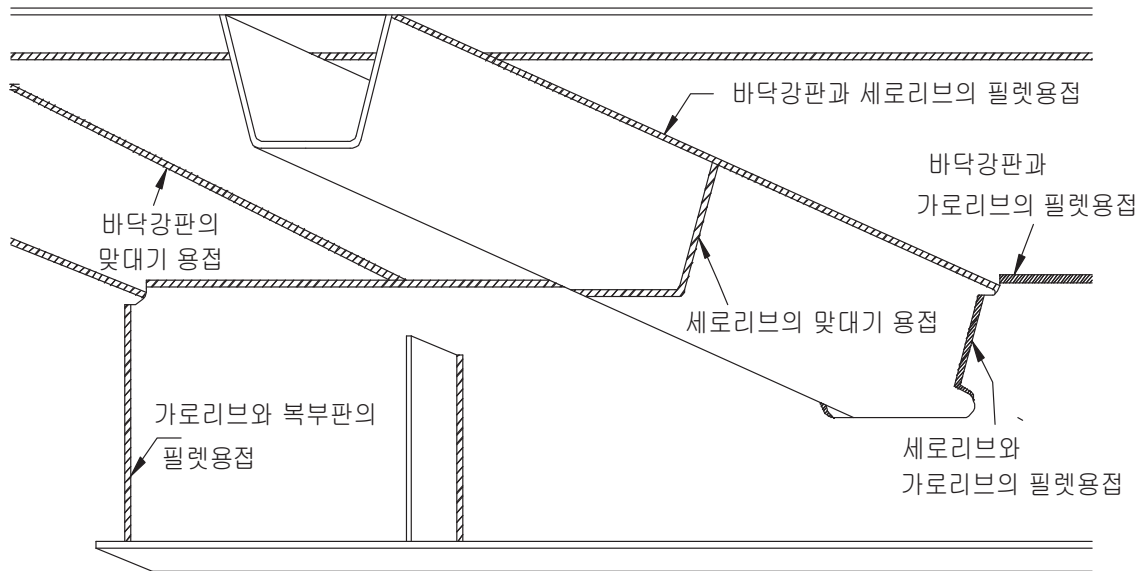
[강바닥판]

1. 점검방법

- (1) 도보접근이 불가능한 구간은 점검 장비를 이용하여 근접 점검한다.
- (2) 박스거더 형식의 강바닥판은 박스내부 점검시 가벼운 사다리를 활용하여 근접 점검한다.
- (3) 강바닥판은 강재의 연결 및 용접으로 구성되므로 강거더의 점검요령을 참고한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 강바닥판의 경우 교면포장 손상이 발견된 경우 해당부위의 강바닥판 하면에도 균열이나 파손 등의 손상이 발생할 수 있으므로 확인 점검한다.
- (2) 피로균열의 경우 도장에 가려 발견하기 어려우므로 도장의 들뜸, 부풀음, 산화물 부착 및 이상을 발생 등의 징후에 유의하여 점검한다.
- (3) 균열이 미세할 경우 불결하게 문질러 지워지지 않도록 하고 점검 후 균열 상황을 재검토하기 위해 균열부위를 청결한 상태로 유지한다.
- (4) 정밀한 조사가 필요하면 와이어 브러쉬(wire brush), 그라인딩(grinding) 등으로 도장제거 후 확대경 혹은 침투탐상시험에 의해 조사한다.



[해설 그림 1.2.4] 강바닥판 용접부 점검 부위 및 점검사항



a. 용접부 균열

b. 볼트손상

c. 용접교차부 균열

[해설 사진 1.2.4] 강바닥판 주요 손상유형

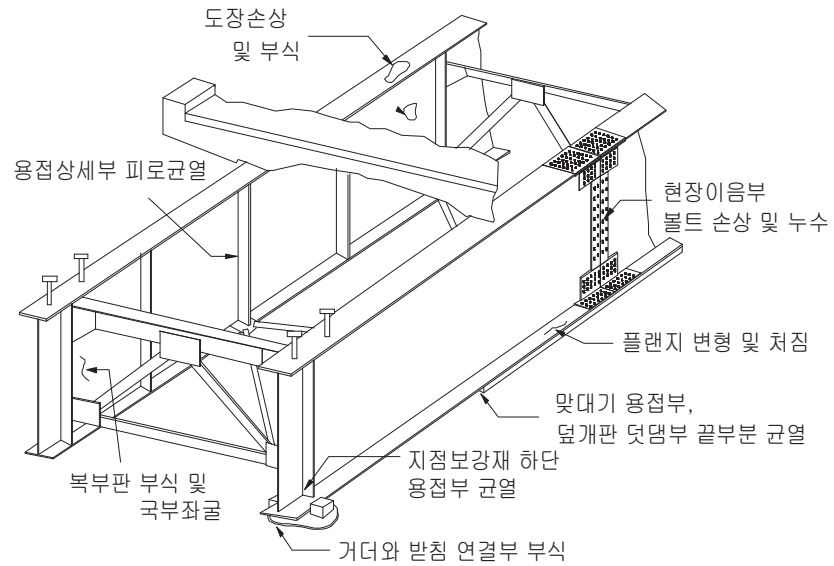
[플레이트 I형 거더]

1. 점검방법

- (1) 도보접근이 불가능한 구간은 점검 장비를 이용하여 근접 점검한다.
- (2) 복부판의 국부좌굴이 의심스러운 경우는 복부에 수직으로 막대기를 밀착시킨 후 막대기와 복부판의 떨어진 거리를 측정하여 변형정도를 기록한다.
- (3) 부식된 부분은 부식정도를 파악하기 위하여 브러쉬 등으로 표면을 긁어낸 후 단면 결손 정도를 확인(받침부 : 복부판, 중앙부: 플랜지)하고 단면결손이 심한 경우 초음파탐상에 의해 강재 두께를 측정한다.
- (4) 게르버의 핀연결부와 같이 손상발견이 어려운 경우 초음파 탐상 등의 기법으로 건전도를 확인한다.
- (5) 강교의 균열은 눈에 잘 띄지 않으므로 거세트판 용접 끝부분이나 하중 집중점의 용접부 등 취약부에는 분명히 균열이 있을 것으로 생각해야 발견할 수 있으며, 특히 용접부의 도장 부풀음, 쇳가루 부착, 이상음 발생 등의 징후가 있는 부분을 중점적으로 점검한다. 이때, 오염부는 브러쉬, 깨끗한 헝겊으로 닦고 점검을 실시한다.
- (6) 하부플랜지의 두께 변화부(변단면부)에서는 테이퍼처리 유무와 용접부 표면결함을 육안 확인한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 균열은 경우에 따라 도장 표면에서 얇은 녹 흔적으로 나타나므로 주변 도장을 조심스럽게 제거한 후 확대경을 사용하여 면밀하게 점검하고 특히 균열이 미세할 경우 불결하게 문질러 지워지지 않도록 하여야 하며 점검 후에도 균열 상황을 재검토하기 위하여 균열부위는 청결한 상태를 유지해야 한다.
- (2) 균열은 밝은 날 낮 추운 날씨에 더 잘 보이며, 균열을 발견하면 이와 유사한 조건의 다른 부위(교량의 전후좌우가 대부분 대칭임)에도 균열이 발생한 것으로 간주하고 점검에 임해야 함



[해설 그림 1.2.5] 플레이트 I 거더 주요점검 부위 및 점검사항



a. 복부판 부식



b. 상부플랜지 부식

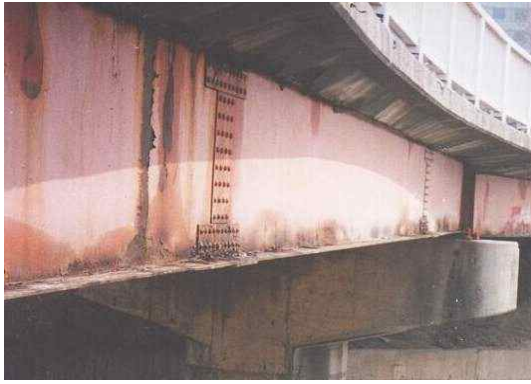


c. 거세트판 부식



d. 받침부 복부판부식

[해설 사진 1.2.5] 플레이트 I 거더 주요 손상유형



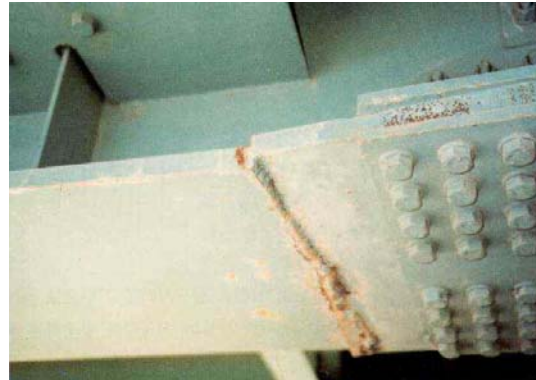
e. 거더 외측 부식



f. 신축이음 하단 거더 부식



g. 도장손상



h. 맞대기 용접부 용접불량



i. I형 거더 부식



j. 가로보 연결보강재 균열



k. 수직보강재 균열



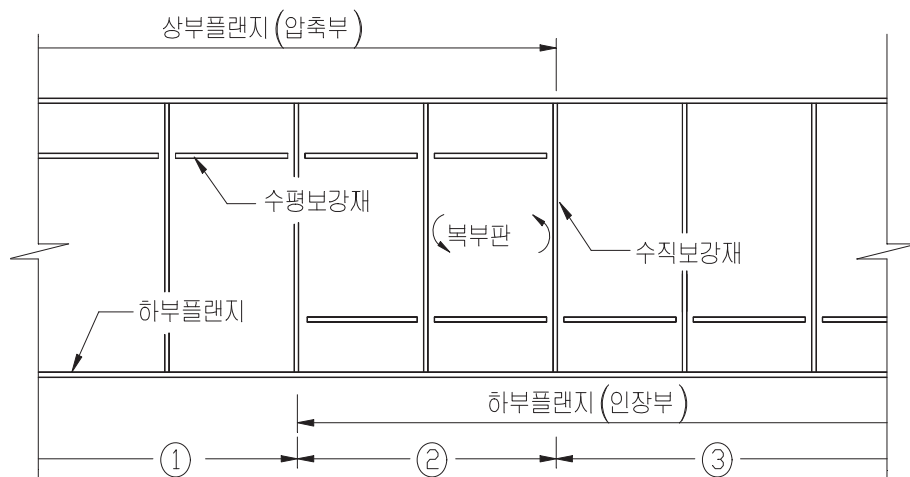
l. 거세트판 연결 복부판 균열

[해설 사진 1.2.5] 플레이트 I 거더 주요 손상유형(계속)

[강박스 거더]

1. 점검방법

- (1) 도보접근이 불가능한 구간은 점검 장비를 이용하여 근접 점검한다.
- (2) 복부판의 국부좌굴이 의심스러운 경우는 복부에 수직으로 막대기를 밀착시킨 후 막대기와 복부판의 떨어진 거리를 측정하여 변형정도를 기록한다.
- (3) 부식된 부분은 부식정도를 파악하기 위하여 브러쉬 등으로 표면을 긁어낸 후 단면 결손 정도를 확인(받침부 : 복부판, 중앙부: 플랜지)하고 단면결손이 심한 경우 초음파탐상에 의해 강재 두께를 측정한다.
- (4) 강교의 균열은 눈에 잘 띄지 않으므로 거세트판 용접 끝부분이나 하중 집중점의 용접부 등 취약부에는 분명히 균열이 있을 것으로 생각해야 발견할 수 있으며, 특히 용접부의 도장 부풀음, 쇠파우 부착, 이상음 발생 등의 징후가 있는 부분을 중점적으로 점검한다. 이때, 오염부는 브러쉬, 깨끗한 헝겊으로 닦고 점검을 실시한다.
- (5) 박스내부 점검시 연속교의 경우 어느 부분까지 점검했는지 혹은 인장부위가 어느 부분인지 구분이 어려울 때, 복부에 붙어있는 수평보강재의 위치가 위에 있는지 혹은 아래·위에 동시에 있는지, 아래에만 있는지를 확인하여 자신의 위치를 알 수 있다. 왜냐하면 보강재는 좌굴방지용으로 압축측에 설치하기 때문이다. 예를 들어 ①구역은 수평보강재가 위에 있으므로 상부플랜지는 압축, 하부플랜지는 인장구역으로 정모멘트 구간임을 알 수 있다.

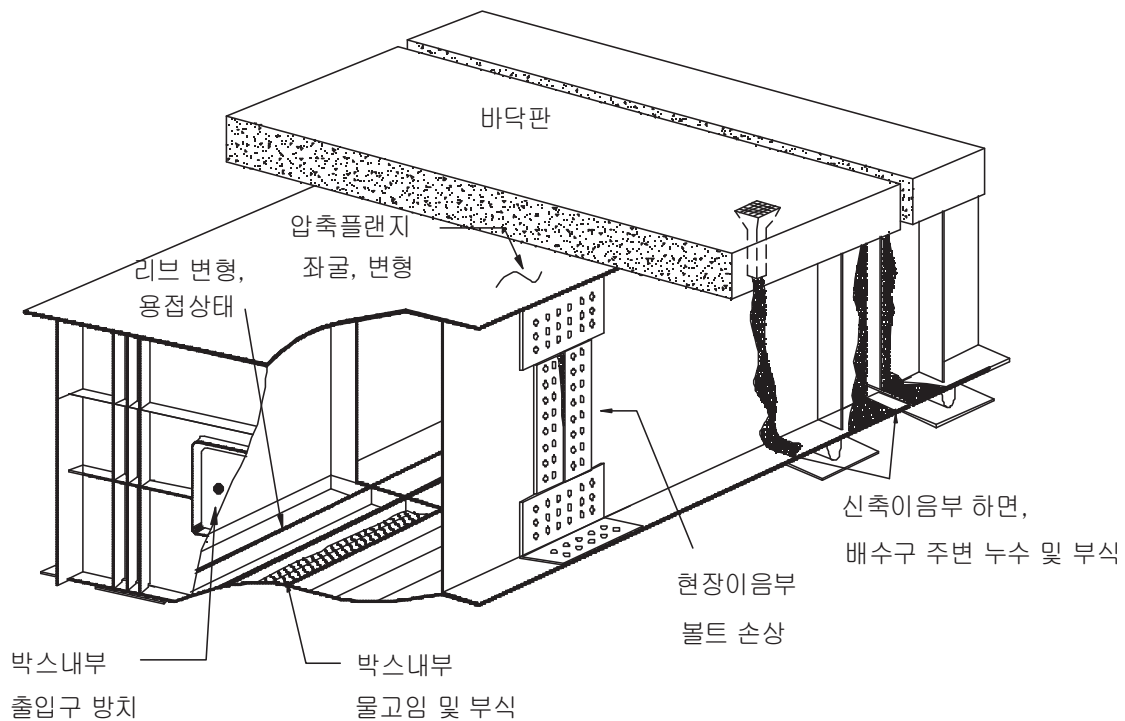


[해설 그림 1.2.6] 강박스 거더 내부의 보강재 배치

- (6) 곡선교의 경우 다이아프램이 주부재이므로 다이아프램과 거더 연결부에 피로균열이 발생할 가능성이 높으므로 점검이 필요하다.
- (7) 다이아프램 하부와 받침장치의 중심축과의 일치여부 및 받침장치의 앵커볼트 체결여부 및 수직보강재와의 간섭여부를 확인하도록 한다.
- (8) 고장력볼트 이음부의 볼트 Hole 확공 여부를 확인한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 균열은 경우에 따라 도장 표면에서 얇은 녹 흔적으로 나타나므로 주변 도장을 조심스럽게 제거한 후 확대경을 사용하여 면밀하게 점검하고 특히 균열이 미세할 경우 불결하게 문질러 지워지지 않도록 하여야 하며 점검 후에도 균열 상황을 재검토하기위하여 균열부위는 청결한 상태를 유지하여야 한다.
- (2) 균열은 밝은 날 낮 추운 날씨에 더 잘 보이며, 균열을 발견하면 이와 유사한 조건의 다른 부위(교량의 전후좌우가 대부분 대칭임)에도 균열이 발생한 것으로 간주하고 점검에 임해야 한다.
- (3) 박스내부 출입구 잠금장치가 망가져 있는 경우 부랑인들이 거주하고 있는 경우가 있으므로 2인 이상이 1조가 되어 내부 점검을 실시한다.
- (4) 박스내부에 환기부족으로 유해가스가 있을 수 있으므로 환기를 시킨 후 점검하고 인화성 물질을 휴대하지 않도록 하며 특히 흡연은 삼가하여야 한다.



[해설 그림 1.2.7] 강박스 거더 주요점검 부위 및 점검사항



a. 현장이음부 부식



b. 용접불량



c. 볼트누락



d. 박스 내부 물고임



e. 조류 배설물



f. 박스 충격 파손

[해설 사진 1.2.6] 강박스 거더의 주요 손상유형

[트러스]

1. 점검방법

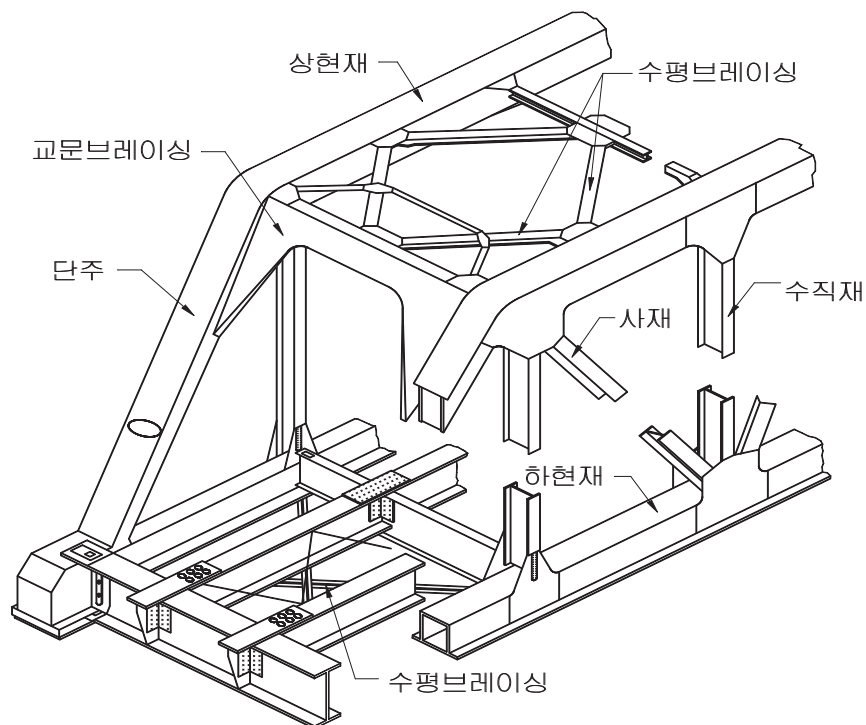
- (1) 도보접근이 불가능한 구간은 점검 장비를 이용하여 근접 점검한다.
- (2) 교대 옆 혹은 교량에서 조금 떨어진 거리에서 상·하현재, 수직재, 사재의 전체적인 선형을 점검하며 중앙부 처짐은 점검로에서 하현재 정도로 눈높이를 낮추어 점검한다.
- (3) 차량통과시 삐걱거리는 소리 등 이상음이 들리면 소음발생 부위를 추정하여 기록한다.
- (4) 사재의 국부좌굴이 의심스러운 경우는 부재면에 막대기를 밀착시킨 후 막대기와 복 부판의 떨어진 거리를 측정한다.
- (5) 부식된 부분은 부식정도를 파악하기 위하여 브러쉬 등으로 표면을 긁어낸 후 단면

결손 정도를 확인(받침부 : 사재, 중앙부 : 현재)하고 단면결손이 심한 경우 초음파 탐상에 의한 강재두께를 측정한다.

- (6) 게르버교의 핀연결부와 같이 손상발견이 어려운 경우 초음파 탐상 등의 기법으로 결손 전도를 확인한다.
- (7) 강교의 균열은 눈에 잘 띄지 않으므로 거세트판 용접 끝부분이나 하중 집중점의 용접부 등 취약부에는 분명히 균열이 있을 것으로 생각해야 발견할 수 있으며, 특히 용접부의 도장 부풀음, 쇠파우 부착, 이상음 발생 등의 징후가 있는 부분을 중점적으로 점검한다. 이때, 오염부는 브러쉬, 깨끗한 헝겊으로 닦고 점검을 실시한다.
- (8) 상·하현재 및 복부재가 박스단면일 경우 내부의 부식 정도로 우려될 만한 수준이면 Hand-hole을 통하여 내시경 등 장비로 상세점검을 실시한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 눈에 될 정도의 처짐이나 충돌에 의한 손상으로 추가손상이 우려되거나 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립한다.
- (2) 고소작업차 등 접근장비에 의한 근접접근시 안전간판 설치 등 교통을 안전하게 유도 후 점검을 실시한다.



[해설 그림 1.2.8] 트러스 부재분류 및 점검부위



a. 받침부 부식



b. 사재 휨



c. 사재 변형



d. 거세트판 부식



e. 거세트판 균열



f. 상부 브레이싱 변형

[해설 사진 1.2.7] 트러스교의 주요손상유형

[강주탑]

1. 점검방법

- (1) 주탑 내·외면 및 다이어프램 등은 변색 및 퇴색을 주의깊게 관찰하여야 한다.
- (2) 연결부에 발생하기 쉬운 볼트의 파손, 누락, 풀림 등의 유무를 조사한다.
- (3) 콘크리트 구조용 정착타기부 위에 강구조의 주탑을 올릴 경우 앵커프레임과 앵커볼트로 체결하고 앵커볼트에 프리스트레스를 도입하는데 이때 P.S Anchor의 볼트 풀림, 균열 및 단면결손 등을 주기적으로 관찰하고, 점검용 망치로 두들겨 반발음으로 상태를 관측한다.
- (4) 주탑 외면은 곤도라, 고소차 등을 이용해 접근한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 곤도라 사용시는 안전에 주의한다.
- (2) 주탑외부 점검시에는 일몰 후나 농무, 강풍, 강우등 악천 후시에는 추락의 위험이 있으므로 주탑 외부 점검을 하지 않아야 하며, 반드시 안전벨트를 착용한다.
- (3) 주탑 내부 출입문 주변으로 우수유입 여부를 관측하고 물고임이 발생하지 않도록 방지조치가 필요하다.



a. 주탑하부 볼트 부식



b. 게르버 핀연결부 부식

[해설 사진 1.2.8] 강주탑 및 게르버 연결부의 주요손상유형

[강교의 피로취약부]

1. 취약부위의 진단 및 평가

점검자는 교량의 취약부가 어디에 있는지를 알아두어야 한다. 열화는 상판의 배수구, 이물질이 퇴적한 곳, 노출된 부위에서 많이 발생하는 반면, 균열은 응력이 집중되는 부위에 많이 발생하게 된다. 따라서, 손상될 가능성이 있는 취약부위의 위치 및 상세도를 정확히 이해하는 것이 진단에 도움이 된다.

2. 피로균열의 발생징후

- (1) 가장 두드러진 형상으로는 균열이 발생한 부위에 부식, 산화물 또는 분말가루가 나타난다. 이러한 산화물 밑으로는 균열이 발생할 수 있다.
- (2) 흔하지는 않으나 두 부재간에 서로 다른 작은 처짐에 의해서도 균열이 발생한다. 두 개의 부재가 서로 마찰함으로서 매우 작은 미진(Oxide Particles)이 나타나게 된다.
- (3) 작은 균열 부근이 자주 움직이게 되면 잘 보이지 않는 미진(Oxide Particles)이 생기게 되는데 이러한 미진이 수분과 습도에 의하여 "녹이 흘러내리는 형상(Bleeding)" 으로 나타난다.

3. 피로파괴의 발생과정

(1) 균열의 발생

일반적으로 응력이 집중되는 부위에서 생기기 쉬우며 초기징후로는 도막이 벗겨지고 미세균열 발생부위를 따라 녹물이 발생된다. 이러한 징후가 발견되는 경우

점검자는 발생부위를 면밀히 관찰하고 필요시 비파괴검사를 수행하여 균열발생여부를 확인한다.

(2) 균열의 진전

일단 균열이 발생하면 반복하중으로 인해 부재의 단면을 가로질러 크게 진전되며 결국 부재가 붕괴할 정도로 위험한 크기에 도달된다.

(3) 균열의 진전

파단이란 진전된 균열이 확대되어 부재가 두 쪽으로 갈라지는 현상으로 여유도가 없는 붕괴유발부재의 경우 경간의 일부 또는 전체가 붕괴된다.

4. 피로균열부의 점검

(1) 현장조사를 하기 전에 도면을 검토하여 응력범주가 낮은 부위와 상세도를 선택하여 예상 균열부를 미리 숙지하는 것이 좋다.

(2) 육안검사를 통하여 피로균열의 발생여부를 확인하고 의심나는 곳이 있을 경우에는 확대경이나 비파괴 시험을 하여 재확인 한다. 이때 부식 또는 균열로 인하여 페인트에 변색이 되었는가를 확인한다.

(3) 균열의 방향과 의심나는 곳을 발견한 후에는 다른 비파괴검사를 수행하여 균열의 정도를 분석 평가하여야 하며 동시에 이와 비슷한 상세도를 갖는 부위도 면밀히 점검하여야 한다.

(4) 피로균열에 대한 비파괴 검사는 다음과 같은 여러 가지 방법이 있다.

① 액체탐상(Dye Penetrant Test(DT))

② 자분탐상(Magnetic Test(MT))

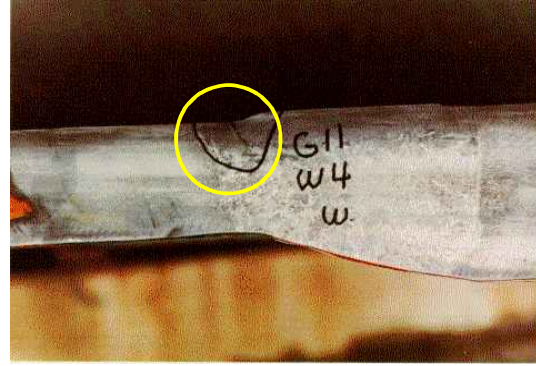
③ 초음파검사(Ultrasonic Test(UT))

④ 방사선투과검사(Radiographic Test(RT))

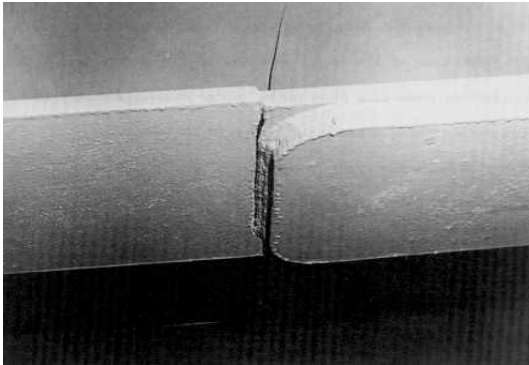
(5) 특히 균열이 작을 경우에는 균열을 불결하게 문질러 지워지는 일이 없도록 하여야 한다. 페인트를 제거하기 전후에 그리스를 제거하는 화학제를 사용하면 균열을 발견하는데 도움이 된다.



a. 지점보강재 하단



b. 맞대기 용접부(하부플랜지)



c. 덮개판 용접부 끝부분



d. 플랜지와 수직보강재 용접부



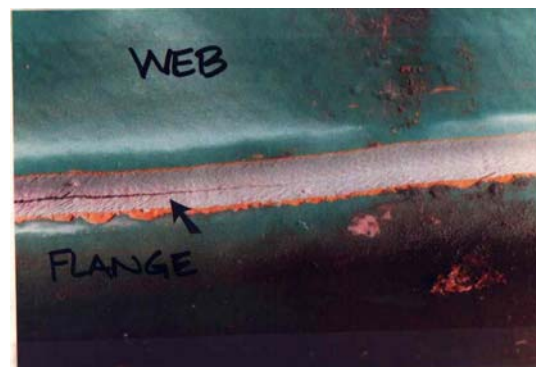
e. 거셋판 용접부



f. 수직보강재 맞대기 용접부

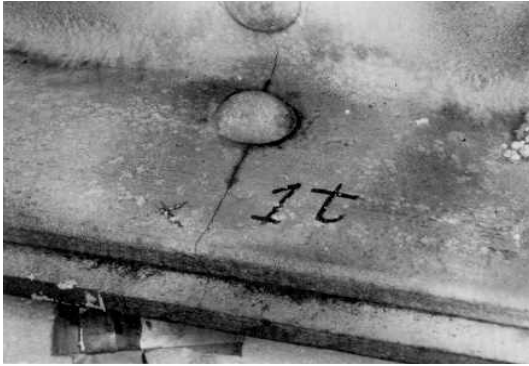


g. 복부판과 가로보 용접부



h. 필렛용접부(용접거더)

[해설 사진 1.2.9] 강교의 피로균열 사례



i. 리벳거더 하부앵글(리벳거더)

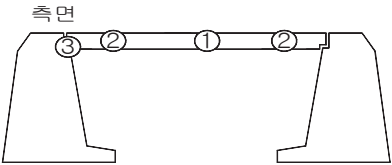
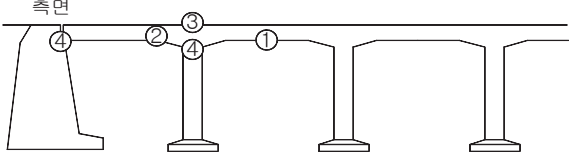
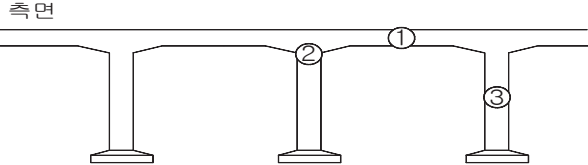


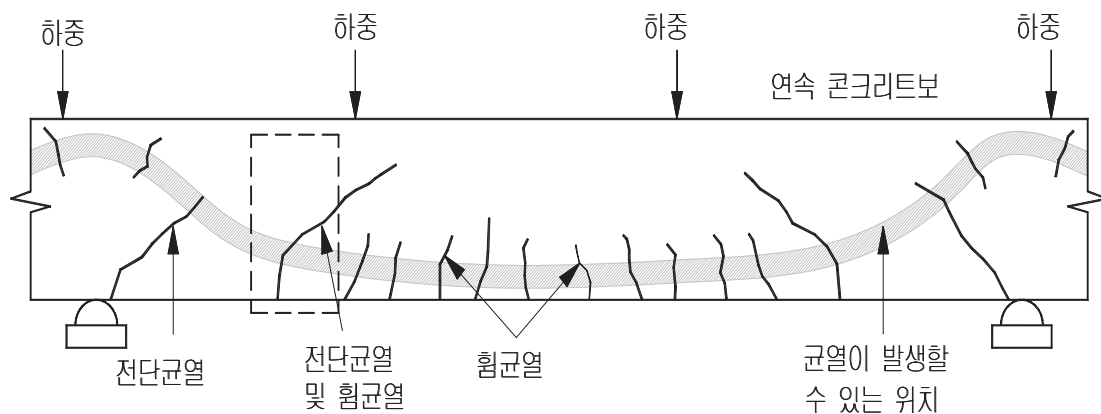
j. 수직보강재 용접교차부

[해설 사진 1.2.9] 강교의 피로균열 사례(계속)

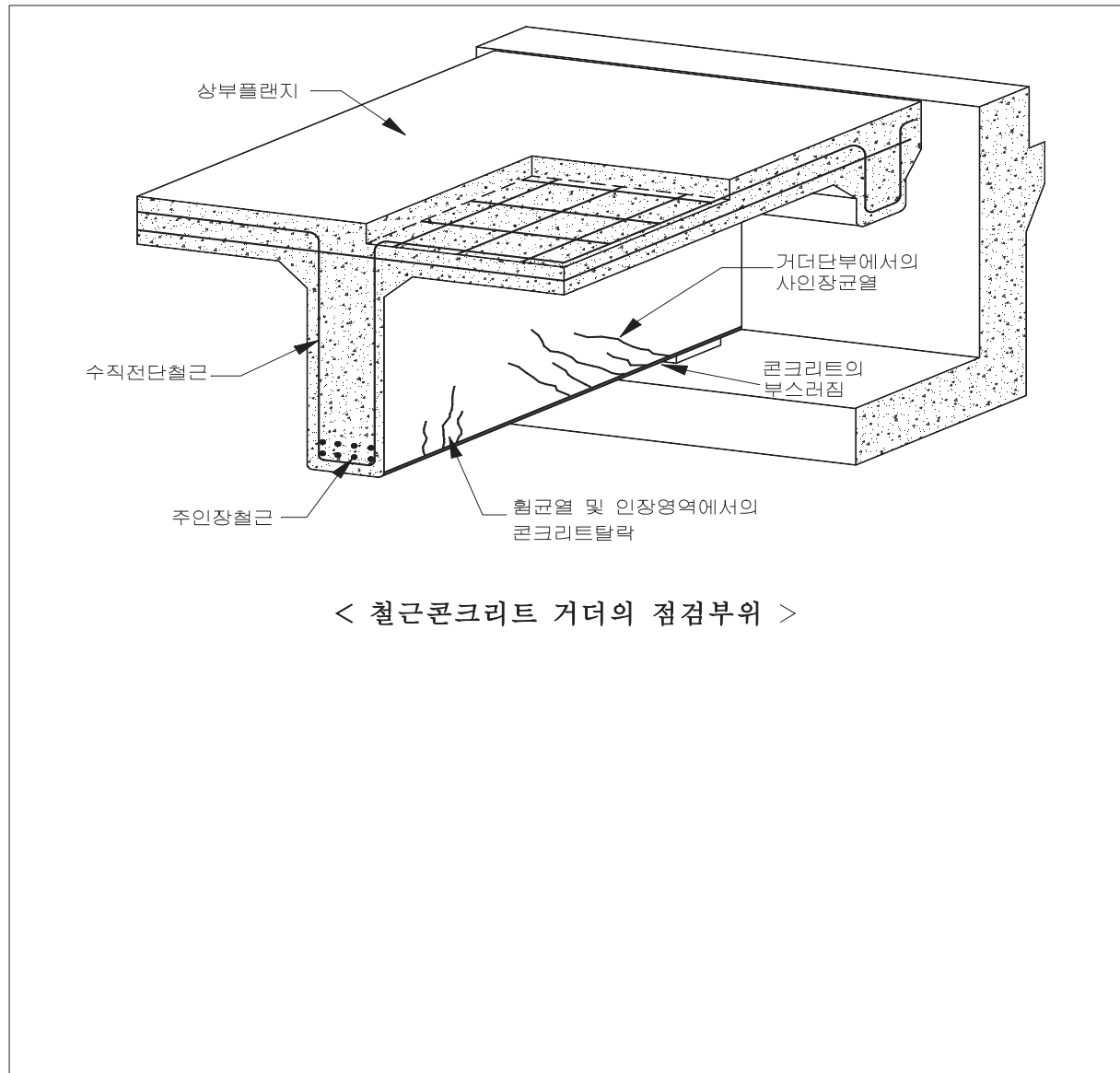
다. 철근콘크리트 거더

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	○ 박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태(유리석회)
▷ 받침부	○ 부스러짐 ○ 복부 사인장 균열
▷ 중앙부	○ 횡방향 균열

구조형식	점 검 부 위	비 고
단순보		① 지간중앙부 ② 지간 1/4부 ③ 받침부
연속보 게르버보		① 지간중앙부 ② 변곡점부(약 L/4) ③ 교각상부 ④ 받침부
라멘보		① 지간중앙부 ② 우각부 ③ 교각부



< 콘크리트 거더에 발생하는 균열의 유형과 위치 >



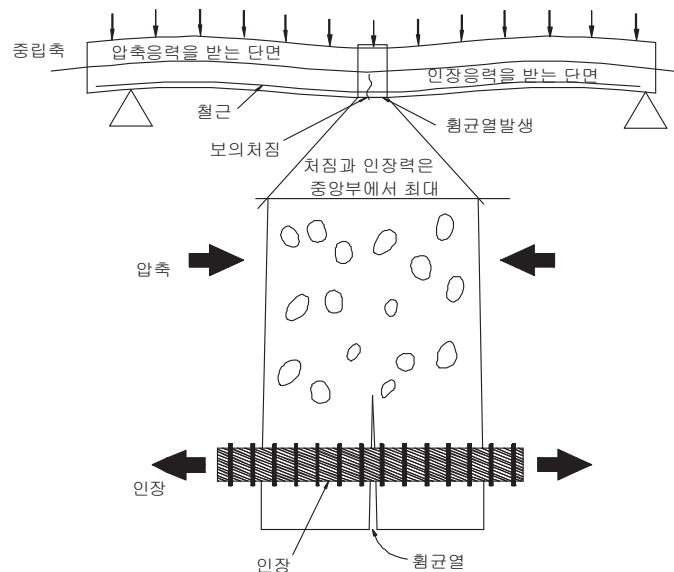
【해설】

1. 점검방법

- (1) 접근이 불가능한 구간은 점검 장비를 이용하여 근접 점검한다.
- (2) 받침부나 중앙부 근처의 손상을 중점점검하며 받침부에 발생한 복부 사인장 균열은 급작스러운 파괴를 유발할 수 있으므로 정밀한 조사가 필요하다.
- (3) 균열의 진행 상황을 파악하기 위하여 균열의 시·종점을 표시해 두는 것이 필요하며, 정기적으로 진행여부를 관찰한다.
- (4) 부모멘트가 발생하는 연속 받침부는 거더의 상부가 인장영역이 되고, 정모멘트가 발생하는 중앙부 거더 하부가 인장구간이 되어 균열발생이 쉬운 부위이므로 인장 균열의 발생에 유의하여 점검한다.
- (5) 균열부에 녹물이 유출되는 것은 철근부식의 징후이므로 유출여부를 조사한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 받침부 거더 복부의 사인장 균열과 중앙부 휨균열은 균열폭, 진전길이 등을 조사하고 다른 거더에도 공통적으로 발생하는 손상인지를 확인한다.
- (2) 공통적인 손상은 대부분 구조적인 결함이므로 발생 원인을 규명하고 보수·보강 등 적절한 조치방법을 수립할 수 있도록 주의깊게 조사한다.
- (3) 큰 균열일지라도 상당히 오래전에 발생하여 안정된 것이 있는 반면에 미세균열일지라도 운하중의 반복재하에 의해 점차 커지는 균열이 있으므로 균열조사시에는 특별히 큰 균열에만 주목하지 말고 미세한 균열에도 주의를 기울여야 한다.
- (4) 환경적 요인에 의하여 열화가 심한 부분은 철근의 부식 환경을 확인하기 위하여 탄산화시험, 염화물함유량 시험, 자연전위차시험 등을 선별하여 실시한다.



[해설 그림 1.2.9] 철근콘크리트보의 응력상태와 휨인장 균열



a. 받침부 균열



b. 중앙부 휨균열

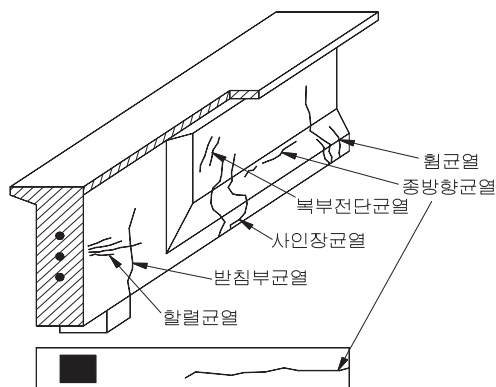


c. 거더 측면 균열

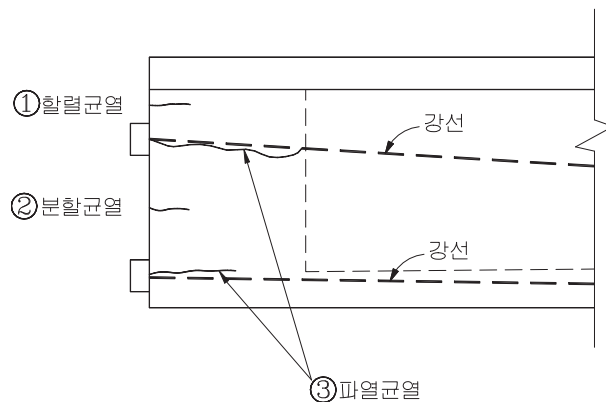
[해설 사진 1.2.10] 철근콘크리트 거더의 주요손상유형

라. 프리스트레스 콘크리트 거더

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	○ 박리, 박락(파손), 철근노출, 백태
▷ 받침부	○ 부스러짐 ○ 복부 사인장균열 ○ 연속교 상단 휨균열 ○ 격벽 개구부 모서리 균열
▷ 중앙부	○ 휨균열, 거더처짐 ○ 쉬스관 노출 및 파손 ○ 박스내부 플랜지 및 복부의 강선방향 균열 ○ 시공이음부 균열 및 누수
▷ 강선정착부	○ 정착부 균열 및 파손



< PSC I빔의 점검부위 >



< 정착구역의 국부균열 >

【해설】

1. 점검방법

- (1) 접근장비를 이용하여 박스외부를 점검하고 박스내부는 도보에 의해 점검하며 복부 높이가 높은 곳에서 가벼운 이동식 사다리로 점검한다.

- (2) 복부에 배치된 강선하부는 콘크리트 다짐불량 및 침하로 인하여 복부에 강선방향으로 침하균열이 흔히 발견되며, ILM 교량의 경우 압출 시공시 패드가 접촉되는 하부플랜지의 손상에 대한 점검이 필요하다.
- (3) 중앙부 하부플랜지의 휨균열과 병행하여 처짐이 발생한 경우는 원인 분석을 위한 안전성 검토가 필요하다.
- (4) 박스내부의 강선정착부는 정착부 자체 및 정착부 후방의 복부 및 플랜지에 발생한 휨방향 균열을 주로 점검한다.
- (5) 박스내부의 기 보강부위의 정착단 앵커부 균열 및 강선의 선형을 점검하여야 한다.
- (6) 보수 부위는 기존 거더와의 일체성을 육안 혹은 점검망치를 두들기는 방법으로 확인하고 강선보강 부위는 정착부와 새들부의 견고함과 강선의 뒤틀림 등 선형을 육안으로 점검한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 하부플랜지 바닥은 쉬스관 배치로 인한 다짐부족으로 내부에 공동, 재료분리와 같은 손상이 존재할 가능성이 높으므로 점검망치를 활용한다. 건전한 부분은 두들기면 "핑"하는 소리가 나지만 층분리 된 부분이나 공동이 발생한 부분은 "퍽"하는 소리가 난다.
- (2) PSC I형 거더는 쉬스관 그라우팅이 불량할 때 균열이 발생하면 큰 응력을 받고 있는 강선이 쉽게 부식환경에 노출되어 내하력 저하가 예상되므로 정밀한 점검이 필요하다.
- (3) 플랜지의 휨균열과 병행하여 처짐이 육안으로 확인될 정도로 큰 경우에는 정밀조사가 필요하나, 중앙부에 휨균열이 발생하지 않은 상태에서 솟음량이 다른 거더에 비하여 상대적으로 덜 솟은 경우에는 강선의 도입력보다는 제작조건에 의한 원인이 대부분이므로 크게 중요한 문제는 아니다.
- (4) PSC I형 거더에서는 단부 정착블럭 상부의 수평균열, 받침장치 상부의 수직방향 활렬균열, PS강선과 강선 사이의 수평균열 등이 긴장력 도입과정에서 종종 발생하므로 이를 면밀히 조사하여야 한다.



a. 플랜지 하면 백태



b. 쉬스관 노출

[해설 사진 1.2.11] 프리스트레스 콘크리트 거더 주요손상유형



c. 개구부 모서리 균열



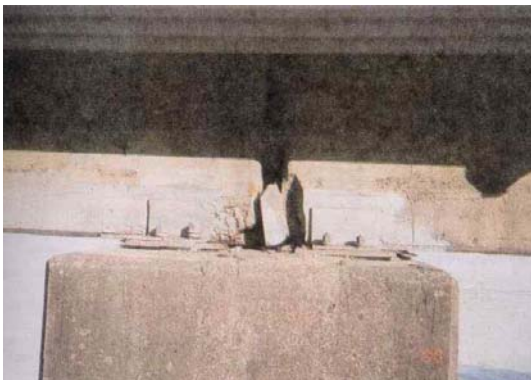
d. 정착구 파손



e. 받침부 균열



f. 중앙부 휨균열



g. 받침부 부스러짐



h. 시공이음부 백태

[해설 사진 1.2.11] 프리스트레스 콘크리트 거더 주요손상유형(계속)

마. 콘크리트 가로보

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○박리, 박락, 층분리, 파손, 철근노출, 백태(유리석회)
▷철근콘크리트 가로보	○박락(파손), 철근노출 ○경사균열(거더의 상대처짐 의심)
▷프리스트레스트 콘크리트 가로보	○쉬스관 노출 및 파손 ○정착부 균열 및 파손

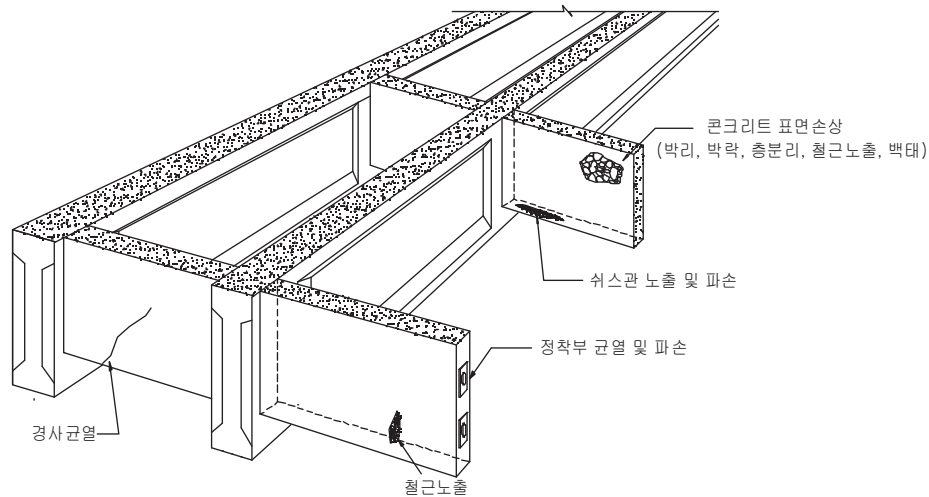
【해설】

1. 점검방법

- (1) 콘크리트 가로보는 철근 콘크리트 거더 및 프리스트레스트 콘크리트 거더의 점검 항목과 손상항목을 같이하므로 기본적으로 거더의 점검요령을 따른다.
- (2) 거더의 상대적 처짐에 의해 가로보에 경사균열이 발생할 수 있으므로 유의하여 점검한다. 균열 점검요령은 거더의 점검요령과 같다.
- (3) 가로보의 균열은 거더의 종방향 힘과는 달리 횡방향 힘에 의해 발생하므로 교축방향의 균열이 횡균열이 된다.
- (4) 가로보의 처짐은 가로보와 거더의 연결부에서의 2차응력을 발생시켜 균열 및 손상의 원인을 제공하므로 처짐량이 큰 경우에는 이를 유의하여 점검하고 기록한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 균열로부터 녹물 유출되는 것은 철근부식의 징후이므로 확인하여 기록한다.
- (2) 층분리, 누수나 백태흔적이 발견될 경우 위치, 면적을 기록하고 점검용 망치를 두드려 나는 소리로서 내부결함의 존재여부를 추정한다.



[해설 그림 1.2.10] 콘크리트 가로보 점검부위 및 점검사항



a. 철근노출



b. 가로보 타설부족



c. 재료분리

[해설 사진 1.2.12] 콘크리트 가로보의 주요손상유형

바. 강 가로보와 세로보

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	○도장 손상 및 부식 ○현장이음부 볼트손상, 누수 ○이상음 발생
▷ 피로강도등급 낮은 용접상세부 (D, E급)	○피로균열
▷ 2차부재	○가로보, 세로보, 브라켓 및 브레이싱 변형 ○하중집중점, 가로보와 세로부 교차부 균열 ○거세트관 용접부 끝부분 균열
▷ 보수부위	○용접부 및 용접부 주변 균열

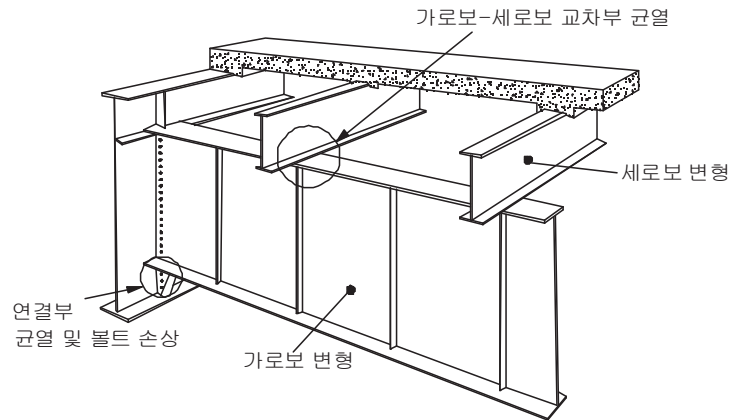
【해설】

1. 점검방법

- (1) 강가로보와 강세로보는 2차부재로서 강재의 연결 및 용접에 의해 부재를 형성하므로 기본적으로 강거더의 점검요령을 따른다.
- (2) 세로보는 상부하중을 가로보에 전달하므로 가로보와 세로보의 연결부에 균열 등의 손상이 발생하기 쉽다. 접합부의 국부적인 손상으로 인하여 하중전달에 영향을 미칠 수 있으므로 이를 유의하여 점검한다.
- (3) 가로보와 거더의 연결부는 용접 또는 볼트 연결이므로 볼트 풀림 및 용접부 균열을 점검한다. 또한 연결부는 피로에 대한 취약부임을 생각하여 점검을 실시한다.
- (4) 가로보의 처짐은 거더와의 연결부에서 2차응력을 발생시킬 수 있으므로 과도한 처짐이 발생한 경우는 이를 점검하고 기록한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 강교량의 거더를 연결하는 2차부재의 구성은 세로보와 가로보로 연결된 경우, 가로보로 연결된 경우, 브레이싱을 사용하는 경우로 나눌 수 있으므로 구성부재에 유의하여 점검을 실시한다.
- (2) 강교량의 2차부재들이 준공시 설계변경이나 부재 간섭 등으로 준공도면과 상이하게 설치되었는지를 확인한다.



[해설 그림 1.2.11] 강가로보, 강세로보의 점검부위 및 점검사항



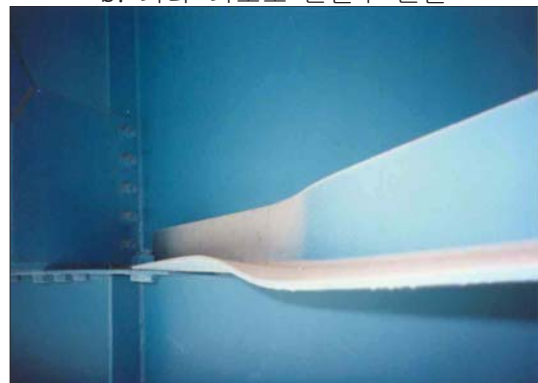
a. 거셋판 용접부 균열



b. 거더-가로보 연결부 균열



c. 연결 절취부 균열



d. 브레이싱 변형



e. 가로보 연결부 들뜸



c. 수평브레이싱 부식

해설 사진 1.2.13] 강가로보, 강세로보의 주요손상유형

사. 케이블

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 케이블 부재	○ 도장 손상 및 부식 ○ 부식으로 인한 케이블 단면 손상 ○ 케이블 변형 및 꺾임 ○ 외부 및 내부 소선 단선
▷ 보호관	○ 보호관의 파손
▷ 정착구	○ 강재 정착구의 도장손상 및 부식 ○ 콘크리트 정착구의 파손, 누수 및 체수 ○ 정착구 댐퍼 파손
▷ 행어밴드, 새들	○ 도장 열화 및 부식 ○ 고정볼트 이완, 탈락 ○ 변형 및 파손

【해설】

☞ "케이블"이란 특수교량의 케이블 시스템을 구성하는 모든 요소를 포함하는 것으로 간주한다. 따라서 점검시 케이블 시스템의 구성요소에 대한 점검이 필요하다.

[케이블 밴드]

1. 점검방법

- (1) 케이블밴드에 접하는 래핑와이어에 틈이 생겼다면 밴드가 미끄러졌을 가능성이 있으므로 미끄러진 흔적을 조사한다.
- (2) 밴드 볼트가 휘어져 있는지 점검한다.
- (3) 방수 목적으로 부착된 코킹재에 균열이나 부분누락이 있으면 물이 침투하므로 이상 유무를 점검한다.
- (4) 케이블밴드의 이동이나 회전이 도장균열이나 케이블밴드 캡 부분의 코킹상태 및 방수상태를 세밀히 관찰한다.
- (5) 케이블하면부와 케이블밴드 회전으로 행어로프의 손상이 있는지 밴드 측면부는 막대거울을 이용하여 마찰 손상 여부 등을 확인한다.
- (6) 케이블밴드의 축력은 밴드볼트의 경사변화 기준에 의해 체크하며 기준봉과 마이크로게이지를 이용한 볼트 축력측정을 실시하여 관리 기준치 내에 미달되는지 확인한다. (통상 점검시기는 준공 후 1년 이내에 실시하며, 3년, 5년이 되는 시점에 실시한 후 매 5년 마다 실시하도록 한다.)
- (7) 케이블밴드의 회전 여부를 각도기로 점검 후 3°이상시 별도로 특별 관찰 점검을 실시하여 원인을 조사한 후 대책을 수립한다.
- (8) 볼트캡의 탈락이나 풀림이 있는지 육안 근접점검으로 상태를 확인한다.
- (9) 케이블밴드 이동시 하중이 편중되어 구조계에 이상으로 나타나므로 밴드의 원 위치설치와 전반적인 조임 작업을 검토한다.
- (10) 케이블 단부에서의 코킹재 열화에 이상 유무를 점검하여야 한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 래핑와이어에 이상이 있을 때는 케이블뿐만 아니라 밴드에서의 미끄러짐에 대하여 조사하여야 하며 장력에도 불균형을 주어 과도한 응력집중 현상을 일으킬 수 있고 케이블의 풀림현상을 가중시킬 우려가 있으므로 세심한 조사가 필요하다.
- (2) 밴드 도장 균열부는 발생 원인을 면밀히 점검하고 점검 후에도 청결상태를 유지시키며 이후 변화 유무가 필요시 마킹 표기나 사진 촬영을 실시한다.
- (3) 케이블밴드 점검은 고소점검이므로 안전장비를 갖추고 점검도구사용과 이동시 안전에 유의한다.
- (4) 케이블 점검통로에서 점검도구의 낙하시 통행차량 및 보행자 부상 발생이 우려되므로 장비 및 도구에 안전고리 및 안전줄을 설치하여 사용한다.
- (5) 강풍과 폭우시는 점검업무를 보류하고 대피한 후 미끄럼 등 위험인자가 제거되어 점검이 가능한지 확인 후에 점검업무를 재개하도록 한다.

[센터 스테이, 사이드 스테이]

1. 점검방법

- (1) 코킹재는 손상받기 쉬우므로 주의해서 점검하여야 하며 코킹재 빠짐이나 열화상태 를 점검한다.
- (2) 밴드 안장걸기부 부근의 스테이 로프는 마모, 부식되기 쉬우므로 점검을 실시한다.
- (3) 핸드로프의 점검통로와 교량상면부를 이용한 센터스테이를 근접 육안점검을 실시한다.
- (4) 스테이 밴드연결, 강봉, 볼트너트부는 간격이동 여부를 줄자를 이용하여 조사 기록하며 변동 여부를 점검시 비교한다.
- (5) 스테이의 이동이나 회전시 도장균열이나 이탈부 박리현상이 발생되므로 세밀히 밀림여부를 관찰한다.
- (6) 스테이 러그 및 리브 용접부 등의 균열이나 파단 여부를 확인한다.
 - ① 스테이 연결 조정봉의 좌굴이나 뒤틀림 등을 확인한다.
 - ② 스테이 연결핀 및 볼트의 변형이나 유간간격 등 계절별로 상태를 확인하여야 한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 스테이 밴드 연결강봉의 볼트 간격 및 핀상태 점검시 안전장비를 갖추고 점검 도구사용과 이동시 안전에 유의해야 한다.
- (2) 강풍과 폭우시는 점검업무를 보류하고 대피한 후 미끄럼 등 위험인자가 제거되어 점검이 가능한지 여부를 확인하여 점검을 재개한다.
- (3) 정착부가 변형되어 있는지 점검을 실시한다.

[케이블, 탑정새들]

1. 점검방법

- (1) 탑정 새들에서의 반력은 보강 리브에 전달되어 탑주 외벽으로 흐르게 된다. 따라서보강 판에는 국부적인 큰 하중이 작용하게 되므로 리브의 국부변형, 좌굴에 주의를 요한다.
- (2) 새들 내부의 결로 등에 의한 수분이 Bolt hole을 통해 보강부로 나오는 경우가 있으므로 볼트 나사산의 도막점검을 실시한다.
- (3) 핸드로프의 점검통로를 이용한 주케이블, 행어로프 근접 육안점검 및 하부에서의 망원경을 이용하여 점검을 실시한다.
- (4) 새들부 부식된 부분은 부식 정도를 파악하기 위해 브러쉬 등으로 표면을 긁어낸 후단면결손 정도를 확인한다.
- (5) 케이블 하면부와 케이블밴드 회전으로 행어로프의 손상이 있는지 밴드 측면부는 막대거울을 이용하여 마찰 손상 여부 등을 확인한다.
- (6) 볼트 고정부는 점검용 망치로 볼트머리 부분을 두들겨본 후 이완 및 이상음 발생 여부를 판단한다.
- (7) 주케이블의 내부 부식이나 누수 등에 따라 래핑와이어 외관상태가 변화징후(부풀음, 탈락, 풀림, 도장변색 등)가 나타나므로 세밀한 관찰이 필요하다.
- (8) 스프레이 새들부 등 접근이 곤란한 경우 망원경이나 줌사진 촬영을 이용하여 점검을 실시한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 로프의 느슨한 정도, 인장부의 한 부분은 팽팽하고 다른 부분은 느슨한 건 아닌지 특히 짧은 행어에 주의를 기울일 필요가 있다. 안장걸기부나 정착부에서는 로프의 소선절단이나 꼬임이 발생하였는지 주의깊게 점검한다.
- (2) 긴 행어에 대해서는 접근 점검이 불가능하므로 정기적인 재도장 작업을 실시한다.
- (3) 케이블 점검은 고소점검이므로 안전장비를 갖추고 점검도구사용과 이동시 안전에 유의하고 2인 1조로 점검을 실시한다.
- (4) 케이블 점검통로에서 점검도구의 낙하시 통행차량 및 보행자 부상이 우려되므로 장비 및 도구에 안전고리 및 안전줄을 설치하여 사용한다.
- (5) 강풍과 폭우시는 점검업무를 보류하고 대피한 후 미끄럼 등 위험인자가 제거되어 점검이 가능한지 여부를 확인한 후 점검업무를 재개한다.

[사장교의 케이블, 케이블댐퍼, 케이블 정착부]

1. 점검방법

- (1) 케이블의 내부 부식이나 누수 등을 확인하여 점검한다.
- (2) 케이블 정착구의 볼트 풀림 및 휨 이상 유무를 확인하여 점검한다.
- (3) 케이블 댐퍼의 변형 및 고무판 이탈 부식의 유무를 확인하여 점검한다.
- (4) 케이블 장력의 변화를 확인하여 점검한다.
- (5) 케이블 연결 상태(소선의 틈 및 파손)를 확인하여 점검한다.
- (6) 케이블의 정착부 점검 시에는 추락의 위험이 있으므로 안전벨트를 착용한다.

2. 점검시 유의사항

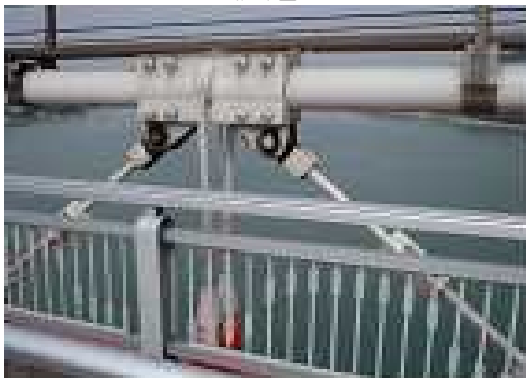
- (1) 곤도라로 접근 불가능한 곳은 차량으로 이동하여 망원경 등으로 점검한다.
- (2) 케이블의 하부 정착부는 볼트의 풀림여부(너트와 부재사이의 도장상태 관찰) 및 용접부 균열 발생 등에 유의하여 점검한다.
- (3) 케이블의 상부 정착부는 수평방향의 균열발생 및 진행여부를 유의하여 관찰한다.
- (4) 케이블은 바람이 강한 날 이상진동 및 소음발생 여부를 유의하여 관찰한다.



a. 케이블밴드



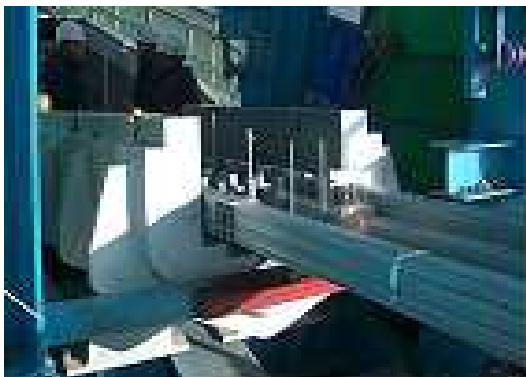
b. 사이드스테이



c. 센터스테이



d. 주케이블



e. 스프레드 새들소선



f. 행어로프



g. 탑정새들

[해설 사진 1.2.14] 현수교 케이블 시스템의 점검부위

[



a. 사장재



b. 케이블 댐퍼



c. 케이블 하부정착부

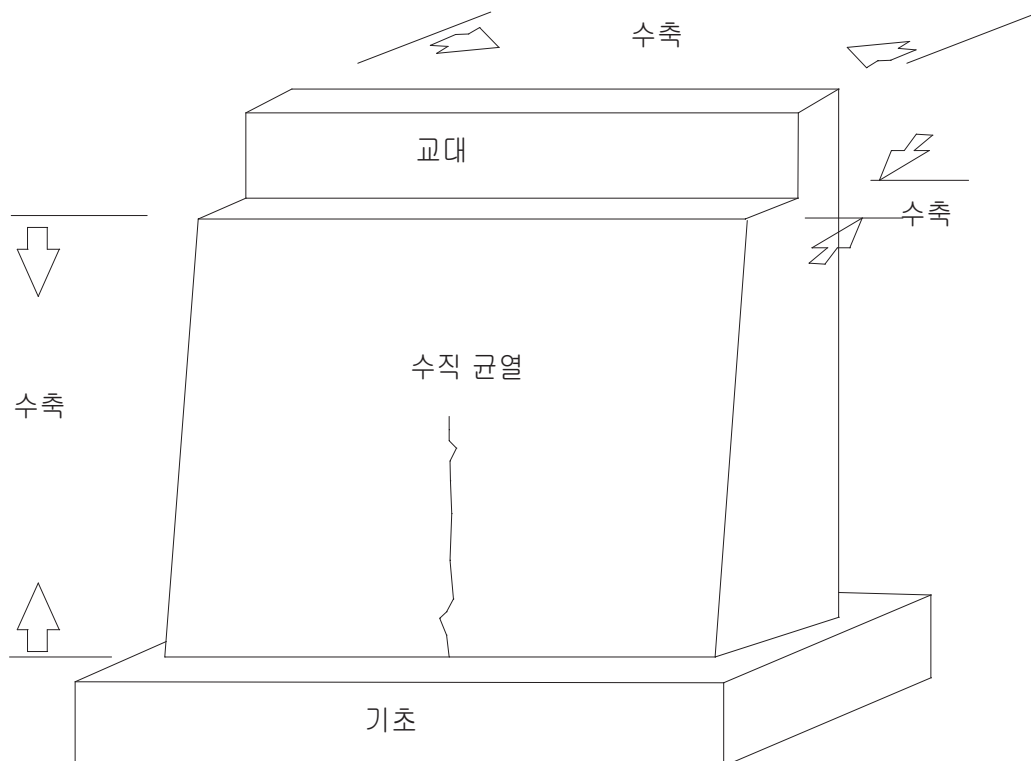


d. 케이블 상부정착부

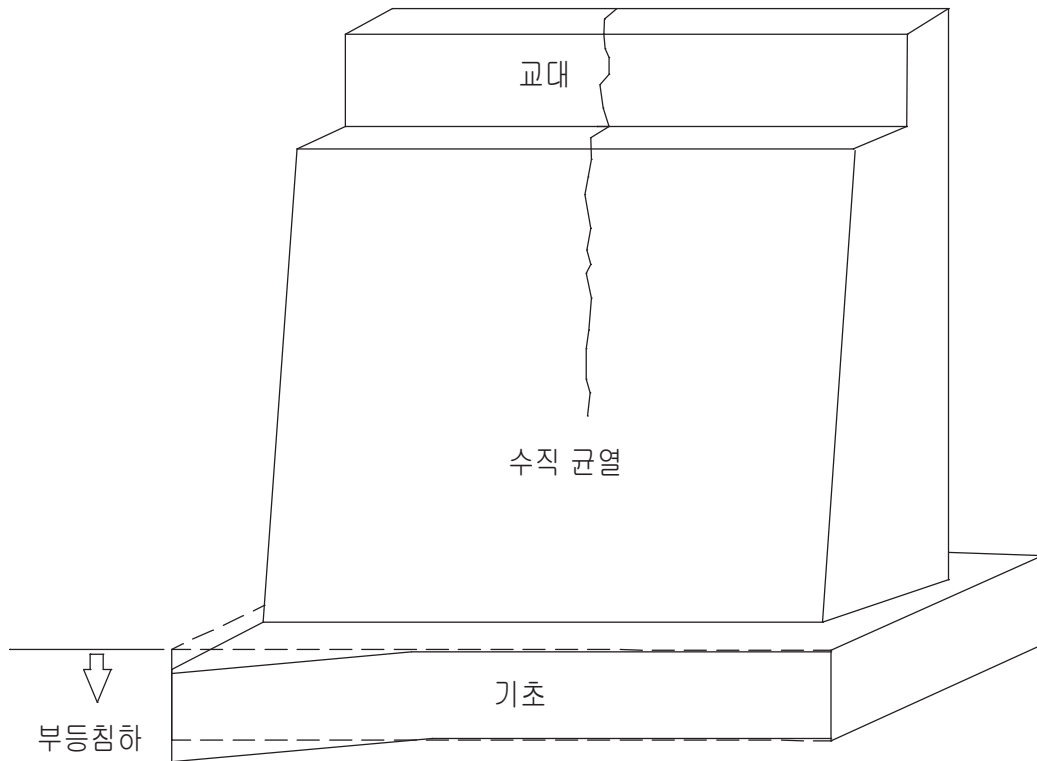
[해설 사진 1.2.15] 사장교 케이블 시스템의 점검부위

아. 교대

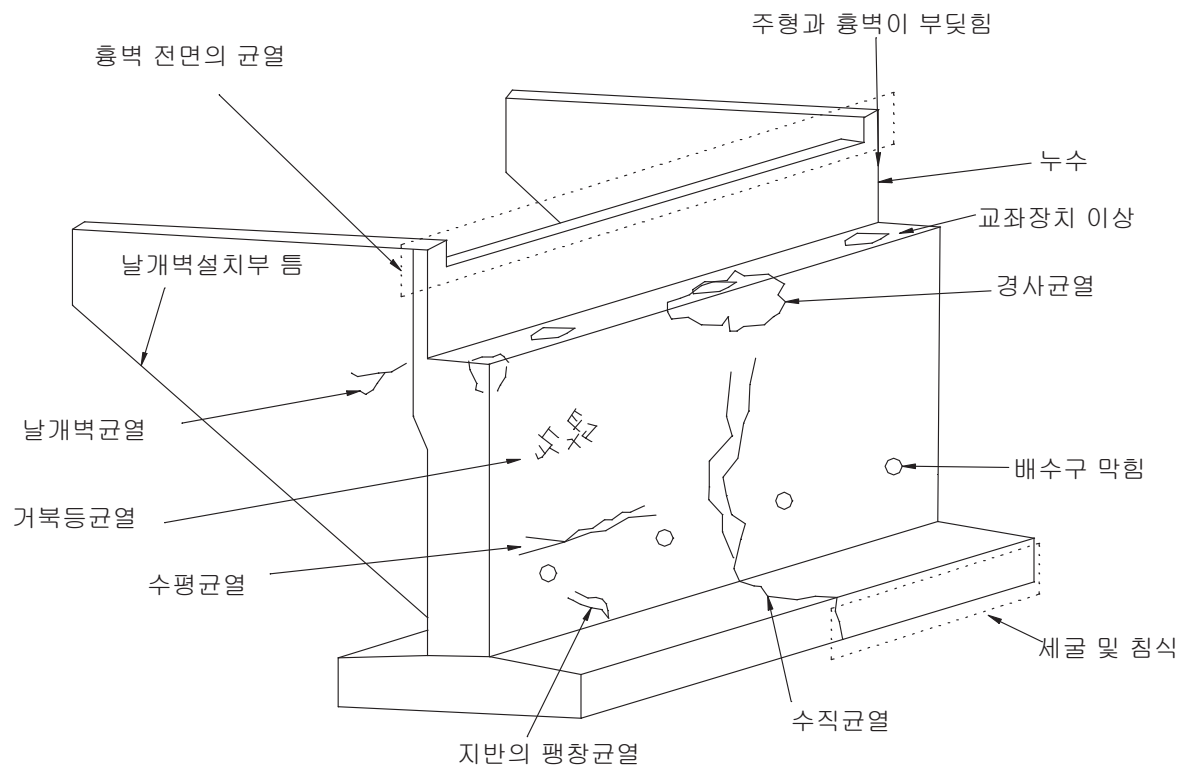
점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	○ 교대 기울음 및 전도 ○ 균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷ 두부(Coping)	○ 두부 물고임 ○ 받침부 균열 및 파손 ○ 두부와 홍벽 경계부 균열 ○ 거더와 홍벽 신축유간 부족
▷ 벽체	○ 수직균열 및 침하 ○ 구체와 날개벽 분리 ○ 구체부 배수구 막힘 ○ 수면접촉부 침식
▷ 날개벽(옹벽 포함)	○ 날개벽 이동, 전도 ○ 석축이 있는 경우 사면붕괴



< 온도응력, 건조수축에 의한 교대의 수직균열 >



< 부등침하로 인한 교대의 수직균열 >



< 교대의 점검부위 >

【해설】

1. 점검방법

- (1) 접근 장비에 의해 근접 육안점검을 실시한다.
- (2) 교대 부근의 세굴 및 침식, 이동 및 침하를 관찰한다.
- (3) 배수관 및 배수구멍이 막히지 않고 적절한 기능을 발휘하는지 점검한다. 열거나 막힌 배수구는 기록해야하며 이음이나 균열을 통한 누수는 교대배면에 물이 누적되어있음을 나타낸다.
- (4) 교대 입지조건이 성토부 혹은 연약지반에 위치한 경우 전후방으로 교대 벽체가 기울었는지 확인하고 의심스러운 경우 실을 매단 점검추를 늘어뜨리거나 측량기로 확인한다. (날개벽, 옹벽 포함)
- (5) 신축이음 하면에 위치하므로 누수 및 화학물질 등에 대한 열화 취약부이므로 탄산화시험에 의한 탄산화 깊이를 확인한다.
- (6) 교대 시공후 상부구조 시공시, 신축유간의 확보 및 받침장치와의 간격조정을 위해 무수축모르타르나 방석콘크리트를 이동시키는 경우가 있으므로 이에 대한 확인이 필요하며, 받침장치 앵커볼트의 설치 및 주변상태(물고임, 패임, 틈발생)를 반드시 확인하여야 한다.
- (7) 교대부 신축이음 유간이 부족한 경우 교대본체 및 흙벽의 변위여부를 점검하여야 한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 신축이음 유간이 벌어져 충격음이 발생하거나 닫혀 있을 경우 거더 상·하부와 흙벽 사이 간격이 서로 차이가 나는지 점검하고 교대 측방유동 여부도 확인하여야 한다.
- (2) 연약지반상의 교대는 뒷채움부의 침하로 인하여 접속슬래브 하부에 공동이 발생하여 흙벽이 교대 뒤쪽으로 전도되어 균열이 발생하기도 한다.
- (3) 교대 뒷면과 날개벽 사이에 공동이 발생했거나 흙이 침하된 경우 날개벽의 전도를 의심하여 점검해야 한다.
- (4) 벽체에 수직으로 발생하는 균열은 건조수축에 의한 비구조적 균열이므로 우려할 바는 아니지만 폭이 넓은 교대에서 균열폭이 1mm 이상이면 교대의 부등침하도 의심하여야 한다.
- (5) 교대 벽체의 수직균열이 상부(자유단)에서 하부(구속단)로 향하는 경우에는 지반의 부등침하에 기인하는 경우가 많으며, 반대로 하부에서 상부로 향하는 경우에는 온도 및 건습변화와 같은 구속균열일 가능성이 높으므로 수직균열의 진행방향을 반드시 확인하여야 한다.



a. 구체 횡방향 균열



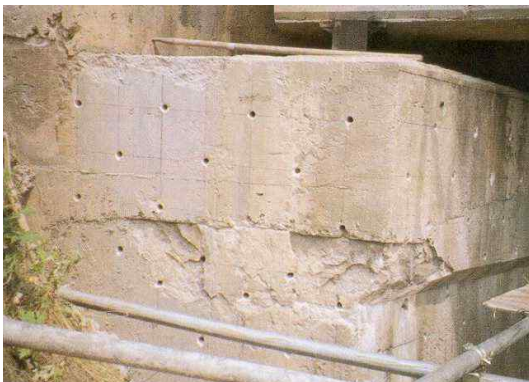
b. 날개벽 균열



c. 받침부 파손



d. 두부 백태



e. 두부 박락

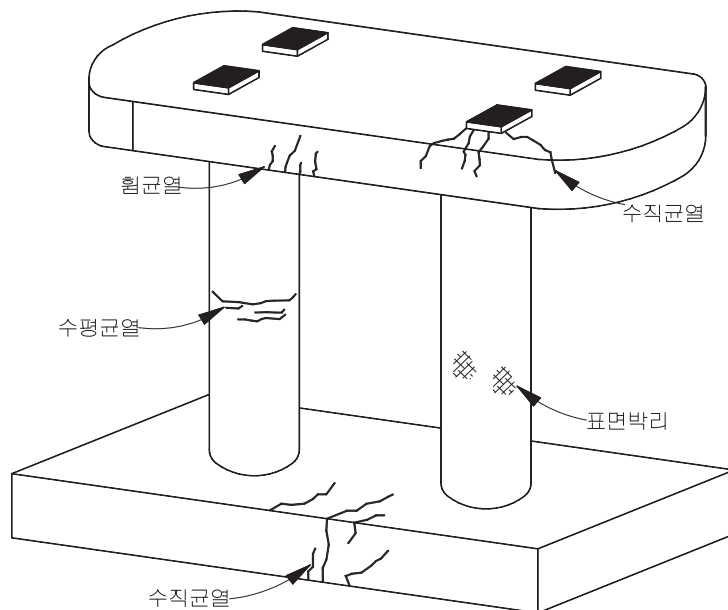


f. 수면접촉부 침식

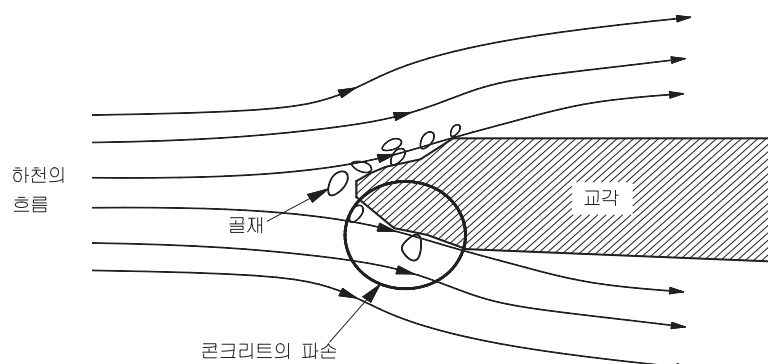
[해설 사진 1.2.16] 교대의 주요손상유형

자. 콘크리트 교각

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	○교각 기울음 및 전도 ○균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷두부(Coping)	○두부 물고임 ○받침부 하부 균열 및 파손
▷벽체	○시공이음부 균열 ○이동 또는 기울음 ○수면접촉부 침식



< 콘크리트 교각의 점검부위 >



< 유수에 의한 콘크리트 교각의 침식 >

【해설】

【 콘크리트 교각 】

1. 점검방법

- (1) 접근 장비 및 점검로에서 점검을 실시한다.
- (2) 신축이음의 유간이 비정상적(크게 벌어짐 또는 닫힘)이거나 방호울타리 선형이 불량한 경우에는 교각 침하가 의심스러우므로 교각 구체 상부와 하부를 측량기기로 측정하여 교각의 전도 여부를 확인하고 구체에 기준점을 표시하여 침하여부를 주기적으로 확인하여야 한다.
- (3) 해안가에 위치한 교량의 경우 수면접촉부 등에 철근노출이나 녹물흐름이 발생한 경우 콘크리트의 염해측정이나 탄산화 시험을 실시하여야 한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 교각두부 받침하부에 0.3mm 이상의 균열이 단부까지 진행된 경우에는 교량 안전과 직접적으로 관련이 있으므로 즉시 보고하고 대책을 수립해야 한다.
- (2) 침하가 의심스러운 경우 기초 주변의 수축세굴 및 국부세굴의 조사가 필요하며 세굴의 발생하였다면 전문가로 하여금 구조물의 안전성 평가를 할 필요가 있다.
- (3) 신축이음 유간이 크게 벌어지거나 닫힘, 방호울타리 선형불량은 교각 침하의 징후로 볼 수 있으므로 교각 점검시 참고해야 할 항목이다.

【 콘크리트 주탑 】

1. 점검방법

- (1) 주탑 외면은 곤도라 등을 이용해 접근한다.
- (2) 주탑 벽체는 후레쉬, 균열경, 줄자 등을 이용 균열의 발생과 변화를 관찰한다.
- (3) 낙하물 등으로 인한 타격흔적이 있을 수 있으므로 주의깊게 관찰한다.
- (4) 염분에 노출될 우려가 있는 주탑의 외부는 탄산화 시험을 실시한다.
- (5) 강주탑과 콘크리트 보조주탑으로 구성된 경우 보조주탑은 교각의 조사요령을 따른다. (“1.4 상태평가 기준 및 방법”의 균열율 산정 방법 참조)

2. 점검시 유의사항

- (1) 곤도라 사용시에는 안전에 유의한다.
- (2) 주탑외부 점검 시에는 추락의 위험이 있으므로 안전벨트를 착용한다.
- (3) 주탑내부 출입문 주변으로 우수유입 여부를 관측하고 조치를 취한다.



a. 구체 수직균열



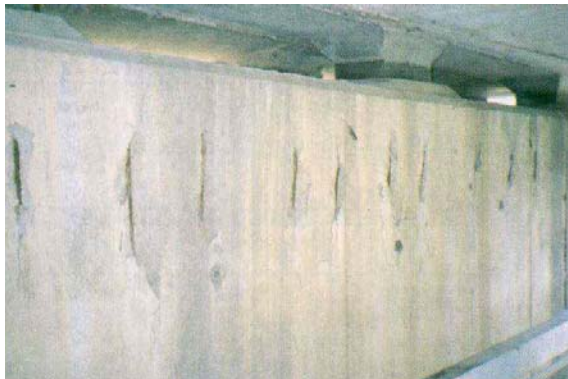
b. 측면균열



c. 구체 재료분리



d. 박리



e. 두부 철근노출

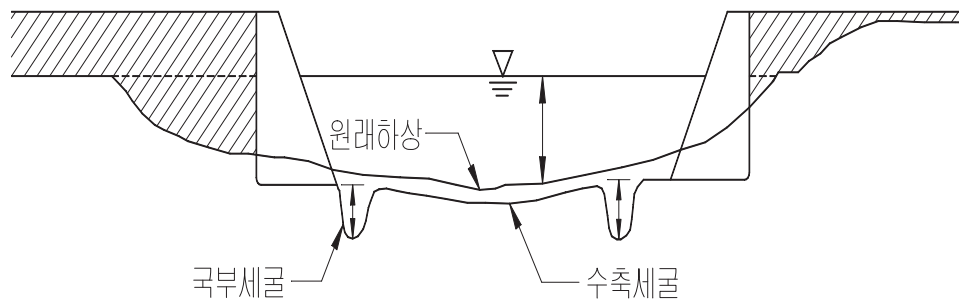


f. 두부 박락

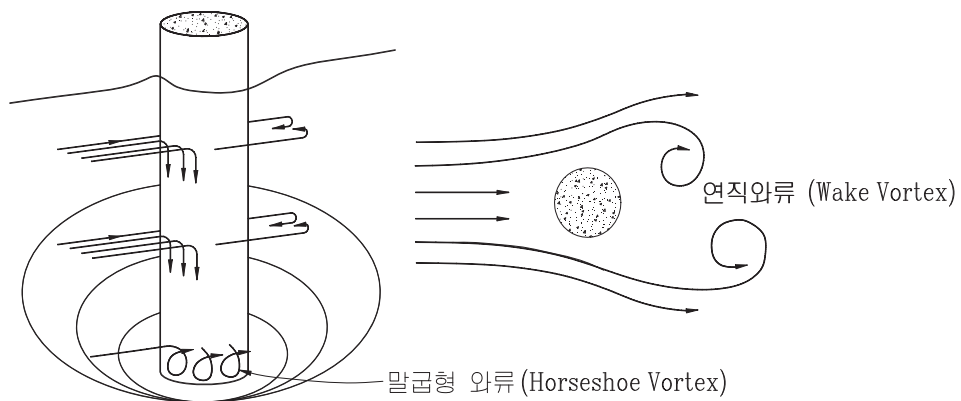
[해설 사진 1.2.17] 교각의 주요손상유형

차. 기초

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	○ 박리, 박락, 철근노출, 백태 ○ 침식, 세굴, 측방유동, 침하 ○ 하부구조물 기울음 및 전도
▷ 직접기초	○ 콘크리트 균열 및 파손
▷ 말뚝기초	○ 말뚝 노출 및 침식
▷ 케이슨기초	○ 케이슨 노출 및 침식 ○ 충돌파손



< 수축세굴과 국부세굴 >



< 원형기초의 국부세굴 >

【해설】

1. 점검방법

- (1) 수중부위의 점검은 갈수기 동안 관찰 및 침식의 흔적조사를 실시한다.
- (2) 보트 등 접근장비에 의한 수면상 노출부위를 근접하여 육안 점검한다.
- (3) 기초 일부가 노출된 부위는 표면 침식 상태를 점검한다.
- (4) 수심이 얕은 구간 혹은 탁도가 흐린 구간은 긴 쇠막대를 이용하여 기초하부를 찔러서 국부세굴 및 구조체의 손상여부를 확인한다.
- (5) 우물통이나 확대기초 위에서 상류측과 하류측 등의 수심을 측정하여 세굴 여부를 개략적으로 조사한다.

2. 점검시 유의사항

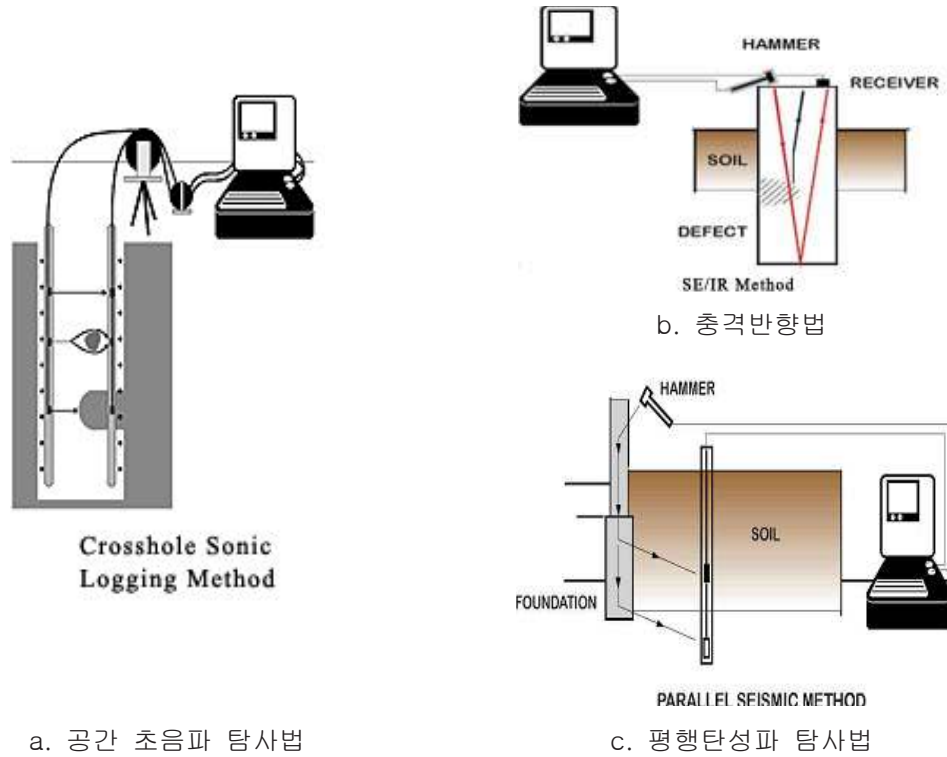
- (1) 육안상 세굴상태가 심하여 침하가 예상되면 대책 수립을 위한 정밀조사가 필요하다.
- (2) 우물통 기초위에서 사진촬영시 수중으로 추락하지 않도록 주의한다.
- (3) 기초가 수면에서 노출된 경우는 육안점검이 가능하나 수중에 있는 경우는 수중조사를 실시하고 그 주기는 세부지침 "1.3.3 재료시험 기준수량의 조정, 다. 수중조사"에 따른다.

3. 깊은 기초의 건전도 평가법

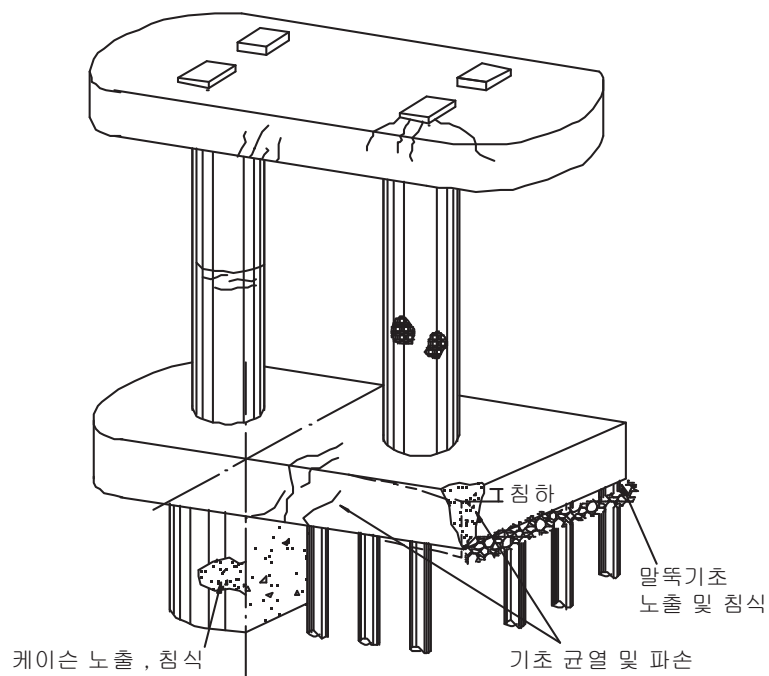
- (1) 깊은 기초의 건전도를 평가하기 위한 초음파 탐상법을 기술하면 아래와 같다.

【해설 표 1.2.1】 깊은 기초의 건전도 평가법

탐사법	특징
공간초음파 탐사법 (CSL, Crosshole Sonic Logging)	건전부에 비해 결함부의 초음파 전달속도와 수신강도가 떨어지는 원리를 이용한 것으로 두 개의 검촉공을 이용하여 송·수신된 초음파의 전달속도와 에너지 강도를 분석
충격반향법(SE/IR법)	파일의 두부에 발생시킨 탄성파가 파일의 선단부에서 반사되어 돌아오는 시간과 측정된 공명주파수를 분석
동적응답법(Impuse Response)	말뚝의 머리에 가속도계와 속도계를 설치하고 로드셀이 부착된 헤머로 말뚝을 타격하여 압축파를 발생시키고 타격시 힘과 반사파를 동시에 측정하여 주파수 영역에서 해석하는 방법
평행탄성파 탐사법 (PS, Parallel Seismic)	사용중인 콘크리트 및 강관말뚝의 길이를 측정하기 위해 말뚝에 평행하게 시추공을 천공하고 말뚝을 타격하여 시추공 센서에 전달되는 탄성파 전달속도를 측정하여 분석



[해설 그림 1.2.12] 깊은 기초의 건전도 평가법



[해설 그림 1.2.13] 기초의 점검부위 및 점검사항



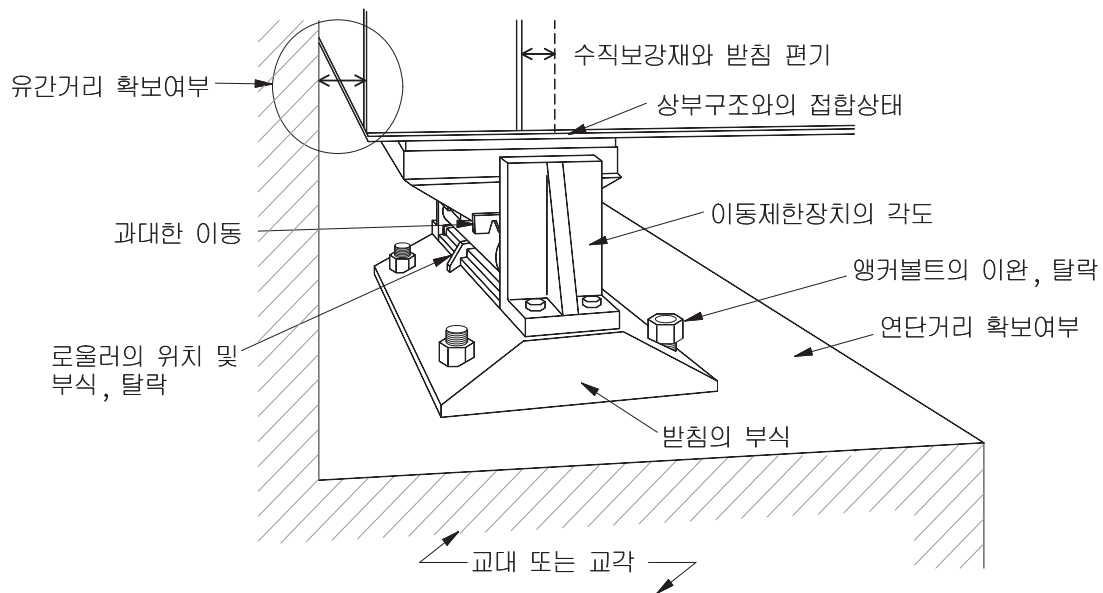
[해설 사진 1.2.18] 기초의 침식



[해설 사진 1.2.19] 기초의 세굴

카. 교량받침

점 검 부 위		손 상 종 류
▷본체	- 공통	○가동받침의 신축유간 부족 ○가동받침 전·후방의 가동장애 요소 ○받침과 거더의 밀착상태 ○수직보강재와 받침 편기상태 ○받침 물고임 및 부식
	- 강재받침	○가동면 부식 ○부속물 파손(부상방지장치 및 이동제한장치)
	- 탄성받침	○부풀음 및 갈라짐 ○고무판의 과도한 변형
▷받침콘크리트		○앵커볼트 파손, 절단 ○콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 ○교각두부 균열



< 교량받침 점검부위 >

【해설】

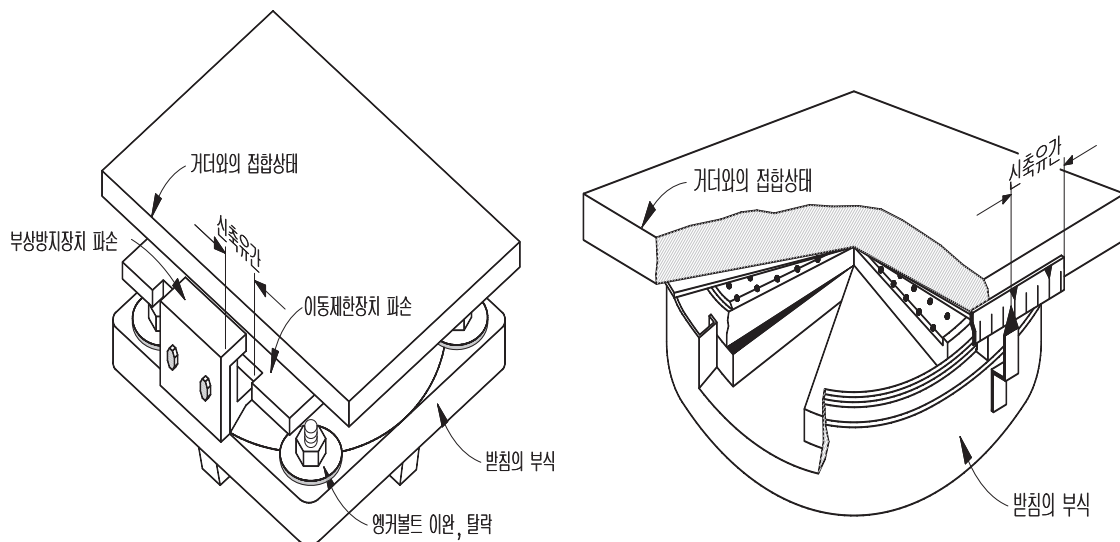
1. 점검방법

- (1) 도보접근이 불가능한 부분은 접근장비를 이용하여 근접점검을 실시한다.
- (2) 가동받침의 가동여부는 가동면의 윤활재가 밀린 흔적이나 먼지 부착정도로 확인이 가능하다.

- (3) 핀(고정)받침을 도장 보수한 경우 핀 연결부 회전유간 틈에 고화된 도장재가 손상 흔적 없이 고드름 형태로 남아있는 경우 핀 회전 불량으로 간주할 수 있다.
- (4) 눈금자가 설치되지 않은 받침은 측면을 깨끗한 형검으로 잘 닦고 유성펜으로 상부 받침과 이동제한장치 끝부분에 수직으로 선을 그어 놓으면 다음 점검시 온도차에 따른 가동량을 측정할 수 있다.
- (5) 곡선교 내측 단부 혹은 사교의 예각부 단부의 부반력으로 인한 받침과 거더의 들뜸 상태를 점검하여야 한다.
- (6) 경사교에서 받침 경사설치로 인한 상부가동받침과 하부받침 접촉 및 받침 부속품과의 접촉으로 인한 가동장애요소를 점검해야 한다.
- (7) 수직보강재와 받침이 10cm 이상 편기시 하부플랜지의 국부변형이나 거더 복부판의 좌굴 여부를 확인하여야 한다.
- (8) 받침하부에 공동이 의심되면 긴 드라이버 혹은 철사로 찔러서 확인하고, 침하흔적은 앵커볼트의 체결상태 및 인접받침의 상태를 참고하여 확인할 수 있다.
- (9) 받침부의 물고임 부분은 누수부위의 확인 및 물고임 원인을 분석해야 한다.
- (10) 계절별 온도변화에 따른 거더 및 슬래브의 신축에 의해 흙벽과 거더 사이의 유간이 변화되므로 이를 점검시 기록하여 온도변화에 따른 적정유간을 검토하여야 한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 받침하부 교각 두부에 0.3mm 이상의 균열이 단부까지 진행된 경우 즉시 보고하고 안전성 검토 및 대책 수립이 필요하다.



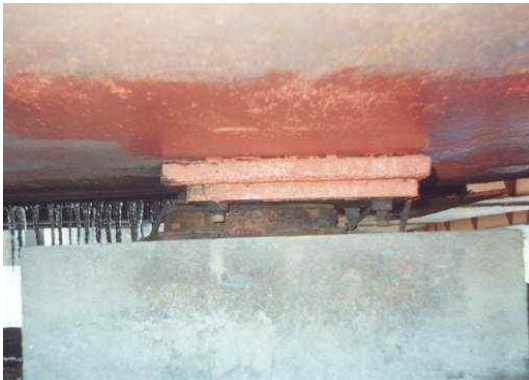
[해설 그림 1.2.14] 교량받침의 점검부위 및 점검사항



a. 포트 받침 들뜸



b. 부속물(PTFE)파손



c. 편기설치



d. 받침대 파손



e. 연단부 균열



f. 받침 침하

[해설 사진 1.2.20] 교량 받침의 주요손상유형

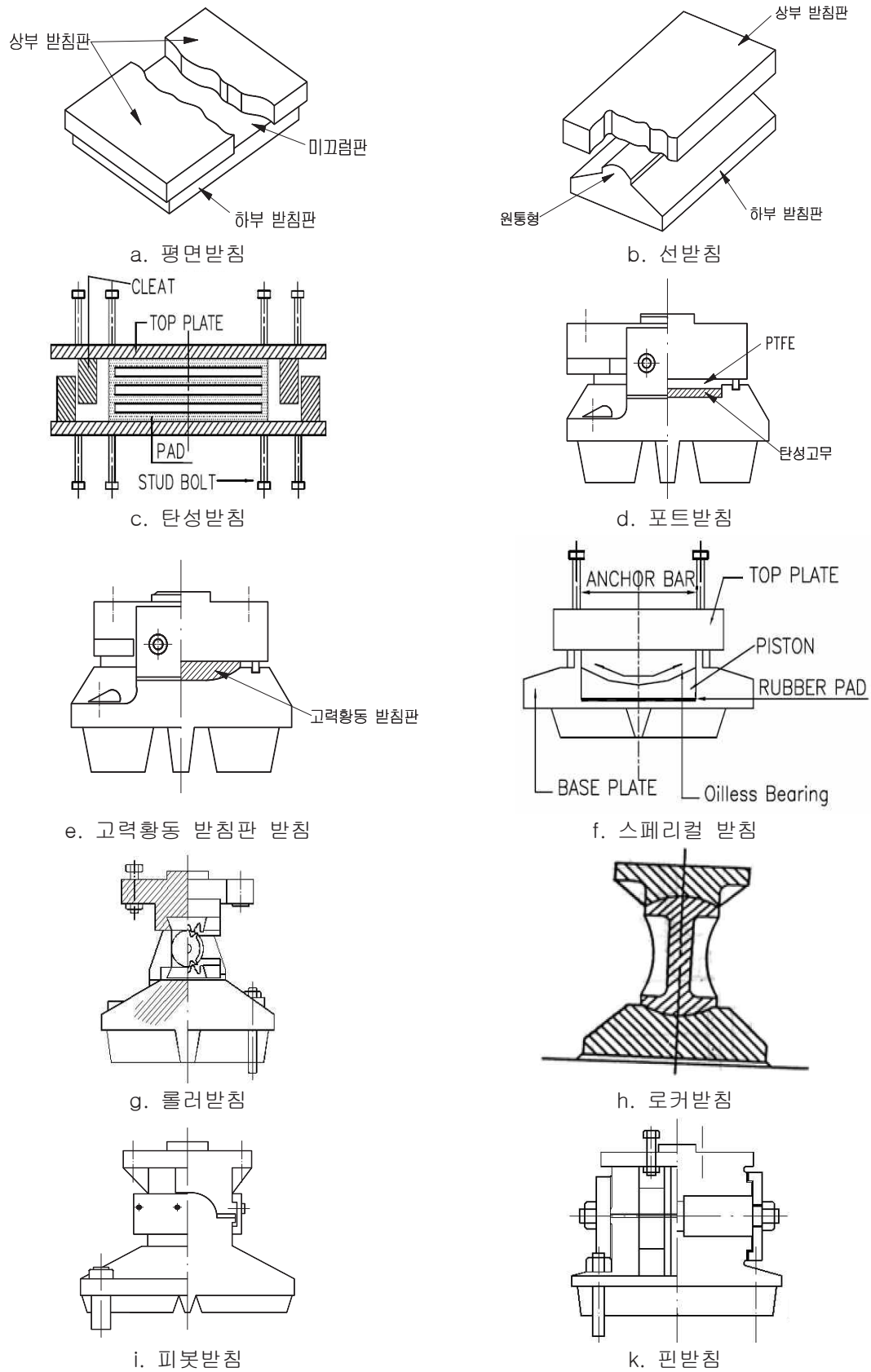
3. 받침의 종류별 단면 구성 및 점검포인트

[해설 표 1.2.2] 교량 받침 종류별 단면 구성 및 점검포인트

받침종류	단면 구성 및 점검포인트	
평면받침	단면구성	상·하부 받침이 접촉한 2장의 강판재를 합하여 면접촉을 하게한 구조
	점검포인트	굴림기능을 가질 수 없는 구조로서 반력의 불균형이 생기기 쉽고, 마찰계수가 커서 저항이 크며, 녹이 고착되면 이동이 불가능하므로 필히 윤활제를 주입하여야 한다.
선받침	단면구성	상·하부 받침이 접촉한 2개의 강재 중 하나를 원통형으로 하여 원주면에서 선접촉을 하게 한 구조로 되어 있으며 굴림기능과 미끄러짐 기능을 갖게 하고 상양력과 이동제한은 와셔(Washer)형으로 억제시킨 구조
	점검포인트	수직하중이 제하된 상태에서 이동시 마찰계수(0.3)가 커서 접촉부의 마모가 심하고 작은 수직하중에만 견딜 수 있으며, 습동부에 필히 윤활제가 주입되어야 한다.
핀받침 (지압형)	단면구성	상·하부 받침이 접하는 중앙의 원통 홈속에 핀이 끼워져 있어 원주면의 지압면적으로 하중을 받게 한 것으로 상양력과 부반력은 양단 가장자리에 취부된 캡(Cap)형으로 억제시킨 구조
	점검포인트	미끄러짐 기능은 없는 구조로 가동형은 별도로 이동할 수 있는 구조를 조합하여 사용하며, 습동부에 윤활제를 주입하여야 한다.
핀받침 (전단형)	단면구성	상·하부 받침이 빗모양으로 돌출된 림(Rib)을 맞물고 있는 중앙에 핀을 끼워 핀의 전단력으로 수직하중을 받게 한 구조
	점검포인트	지압형에 비해 큰 수직하중에 견딜 수 없고 미끄러짐 기능이 없으며 습동부에 윤활제를 주입하여야 한다.
롤러받침 (복수롤러 받침)	단면구성	상·하 벌어진 사이에 2개 이상의 원통형 롤러가 끼워져 마찰력이 적은 상태로 미끄러짐 기능을 갖게 하고 복수 선접촉으로 큰 수직하중을 받게 한 구조
	점검포인트	굴림 기능을 가질 수 없는 구조로 되어 있어 굴림 기능이 있는 가동형 받침이 되려면 굴림 기능을 조합하여야 하며, 습동부에 필히 윤활제를 주입하여야 한다.

[해설 표 1.2.2] 교량 받침 종류별 단면 구성 및 점검포인트(계속)

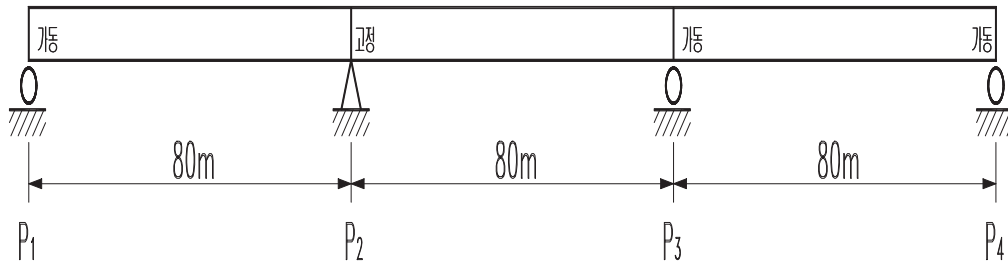
받침종류	단면 구성 및 점검포인트	
롤러받침 (단일롤러 받침)	단면구성	상·하부 받침이 벌어진 사이에 1개의 원통형 롤러를 끼워 선접촉에 의한 일방향 굴림 기능과 미끄러짐 기능을 갖게 하고 상양력과 이동 제한은 스톱퍼(Stopper)로 양단 가장자리에서 억제시킨 구조
	점검포인트	큰 수직하중을 견딜 수 없으며 기본구조가 불안하여 롤러축 방향의 수평도나 상·하 받침의 굴림 평행도가 확보되지 않은 경우 롤러가 이탈하며, 습동부에 필히 윤활제를 주입하여야 한다.
로커받침	단면구성	상·하부 받침이 벌어진 중앙에 타원통형의 로커가 있어 곡면 접촉으로 굴림 기능과 미끄러짐 기능을 동시에 갖게 한 구조
	점검포인트	큰 수직하중을 견딜 수 없고, 상양력과 이동을 제한 할 수 없으며 굴림 및 이동의 한계 때문에 장기간에는 사용할 수 없다. 또한 습동부에는 윤활제를 주입하여야 한다.
피봇받침	단면구성	상부받침을 오목면상으로 하고 하부받침을 볼록면상으로 하여 접합시켜 어느방향으로나 굴림 기능을 갖게 하고 상양력과 부반력은 링(Ring)형으로 억제시킨 구조
	점검포인트	미끄러짐 기능이 없어 가동형은 별도의 이동할 수 있는 구조를 조합하여 사용하여야 하며, 습동부에 필히 윤활제를 주입하여야 한다.
고무받침	단면구성	기본기능에 충실한 받침으로 별도의 다른 부품없이 설치할 수 있는 매우 간단한 구조
	점검포인트	고무재질이 노후되어 탄성을 잃기 쉬우며 상양력이나 부반력을 억제할 수 없다.
고력활동받침	단면구성	상·하부 받침 중앙에 한쪽은 곡면 다른쪽은 평면으로 하여 고체윤활제를 삽입시킨 고력활동판을 면접촉시켜 굴림, 미끄러짐 기능을 갖게 한 것으로 상양력과 이동제한은 스톱퍼로 양단에서 억제시킨 구조
	점검포인트	마찰계수(0.15)가 크며, 무겁고 경제성이 낮다.
포트받침	단면구성	받침을 원형 용기로 하여 고무판을 넣고 중간판으로 밀폐시켜 고무의 팽출현상을 억제하여 굴림 기능을 갖게 하고 다시 중간판 이면에 불소수지판(PTFE)을 깔아 스텐레스판과 접촉시켜 미끄러짐 기능을 갖게 한 구조
	점검포인트	회전각이 적어 경사진 교량에는 설치하기 어려우며 고무와 불소수지판의 변형으로 장기간 사용할 수 없다.



[해설 그림 1.2.15] 교량받침의 종류별 단면형상

4. 교량 받침 이동량 산정 및 받침 유간 확인

- (1) 공용 중 온도변화로 인한 상부구조의 신축에 따라 이동량이 발생하고 교량받침 신축유간의 적정성을 판단하여야 한다.
- (2) 점검 온도별 이동량 계산 예



- P_4 받침 신장량 계산 (Δl) • 신축거더길이 : 160m
- 지난번 점검시 온도 : 10°C • 금번 점검시 온도 : 30°C
- $$\Delta l = \alpha \cdot \Delta T \cdot l = 1.2 \times 10^{-5} \times (30 - 10) \times 160,000 = 38.4 \text{ mm}$$
- 받침의 실제이동량을 측정하여 계산치 38.4mm와 비교한다.

(3) 받침 유간 확인방법 예

- 받침의 유간은 늘음방향, 줄음방향으로 확인하여야 한다.
- 점검시 온도 : 10°C
- 추가예상 이동량이 발생할 수 있는 온도
 - 겨울 : -10°C (줄음방향 유간 계산시 보통지방 강교의 예)
 - 여름 : 40°C (늘음방향 유간 계산시 보통지방 강교의 예)
 - 줄음방향 유간계산 :

$$\Delta l = \alpha \cdot \Delta T \cdot l = 1.2 \times 10^{-5} \times (-10 - 10) \times 160,000 = 38.4 \text{ mm}$$

- 늘음방향 유간계산 :

$$\Delta l = \alpha \cdot \Delta T \cdot l = 1.2 \times 10^{-5} \times (40 - 10) \times 160,000 = 57.6 \text{ mm}$$

- 선팡창 계수 α : 강교(1.2×10^{-5}), 콘크리트교(1.0×10^{-5})
- 유간의 실제 여유량이 상기의 값 이하인 경우에는 유간부족으로 인하여 거더나 교량받침에 손상이 발생하였는지 조사하여야 하며 계산치와 실제 측정치를 2~3차례 비교하여 이동제한 장치의 절단, 받침의 이동, 교체 등 조치방법을 고려하는 것이 바람직하다.

(4) 이동량 산정시 온도변화와 선팽창계수는 [해설 표 1.2.3]과 같다.

[해설 표 1.2.3] 가동받침의 이동량 산정시 온도변화 및 선팽창계수

교량종류	온도변화		선팽창계수
	보통지방	한랭지방	
PSC교, RC교	-5℃ ~ +35℃	-15℃ ~ +35℃	1.0×10^{-5}
강교(상로교)	-10℃ ~ +40℃	-20℃ ~ +40℃	1.2×10^{-5}
강교(하로교 및 강바닥판교)	-10℃ ~ +50℃	-20℃ ~ +40℃	1.2×10^{-5}

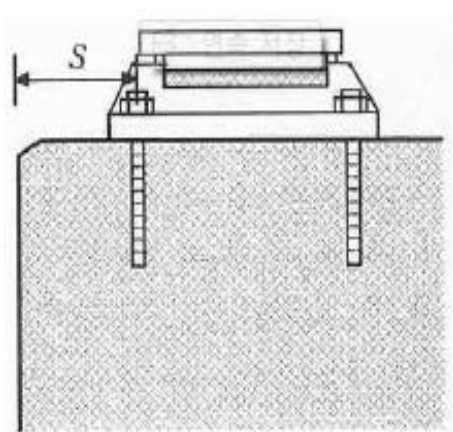
5. 받침 연단거리의 측정

(1) 교좌면은 받침을 통해서 상부구조로부터 하중 등의 집중하중을 받는 곳이고 또 지진시 등에는 큰 수평력이 작용하는 곳이다. 따라서 지진시 하중을 전달하는 부재로서 앵커볼트에 의해 받침을 고정하는 경우에는 받침의 종류와 관계없이 앵커볼트의 중심에서 하부구조 정부 연단까지의 거리를 S 로 한다. 사교 혹은 곡선교의 경우 받침 연단거리 S 는 하부구조 정부연단과의 최단거리 방향으로 확보하여야 한다.

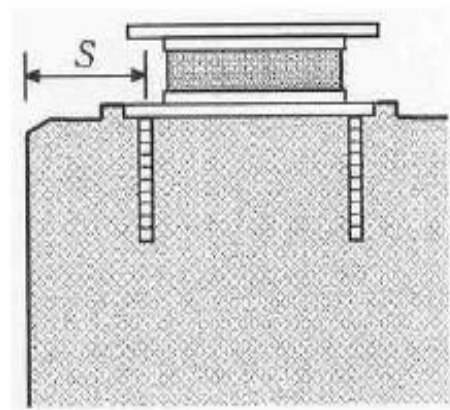
(2) 하부구조 정부(頂部)에 있어서 교축방향의 받침연단과 하부구조 정부 연단 사이의 거리, $S(\text{mm})$ 는 다음 값 이상을 확보하여야 한다.

- 거더의 경간길이 100m 이하 : $S = 200 + 5L$
- 거더의 경간길이 100m 이상 : $S = 300 + 4L$

(여기서, L 은 경간길이(m))

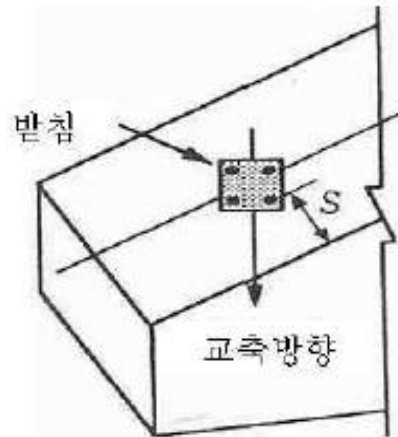


<강제받침>



<고무받침>

[해설 그림 1.2.16] 교량받침의 연단거리



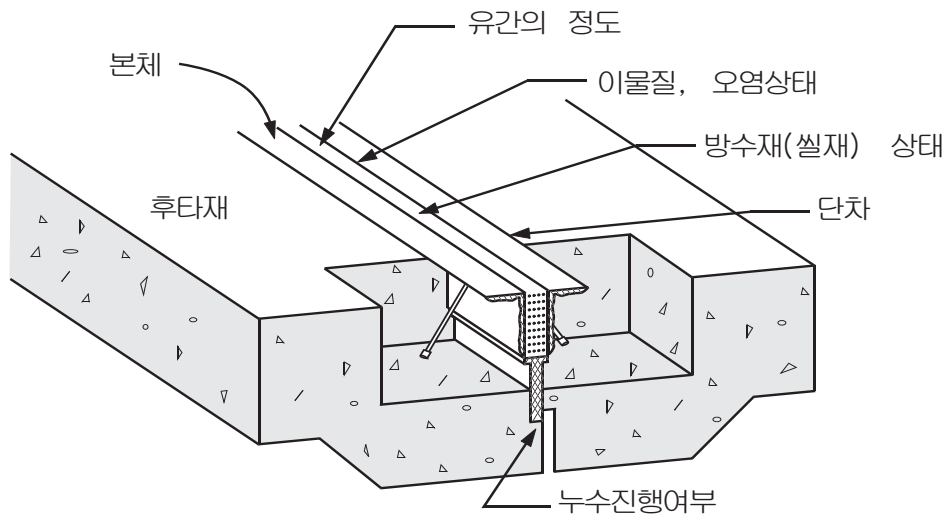
<사교 및 곡선교의 연단거리>

[해설 그림 1.2.16] 교량받침의 연단거리(계속)

- (3) 단, 공용 중인 교량에 대한 교좌부의 연단거리 검토 시, [해설 그림 1.2.16]의 연단거리 S 를 만족시키지 못하더라도 앵커볼트로부터 발생하는 콘크리트 전단파괴를 방지한다면 즉, 받침 앵커볼트에 작용되는 외력에 대해 교좌부의 내력(콘크리트가 부담하는 내력+보강근이 부담하는 내력)이 충분한 전단력을 확보하고 있는 경우에는 안전한 것으로 본다.
- (4) 또한, 코핑이 없는 단일기둥 교각에서는 교좌부 파괴가 낙교 등과 연결될 가능성이 있으므로 이와 같은 경우에는 교축직각방향에 대해서도 교좌부 내력을 조사할 필요가 있다.

타. 신축이음

점 검 부 위		손 상 종 류
▷본체	- 공통	○충격음, 본체유동 및 파손 ○누수 ○유간부족 및 유간과다 ○유간 오물퇴적
	- 고무재	○고무판 마모, 강판노출 및 부식
	- 강재	○강재 연결부 이완 및 파손
▷후타재		○단차(본체, 교면포장, 접속슬래브) ○균열 및 파손



< 신축이음 점검부위 >

【해설】

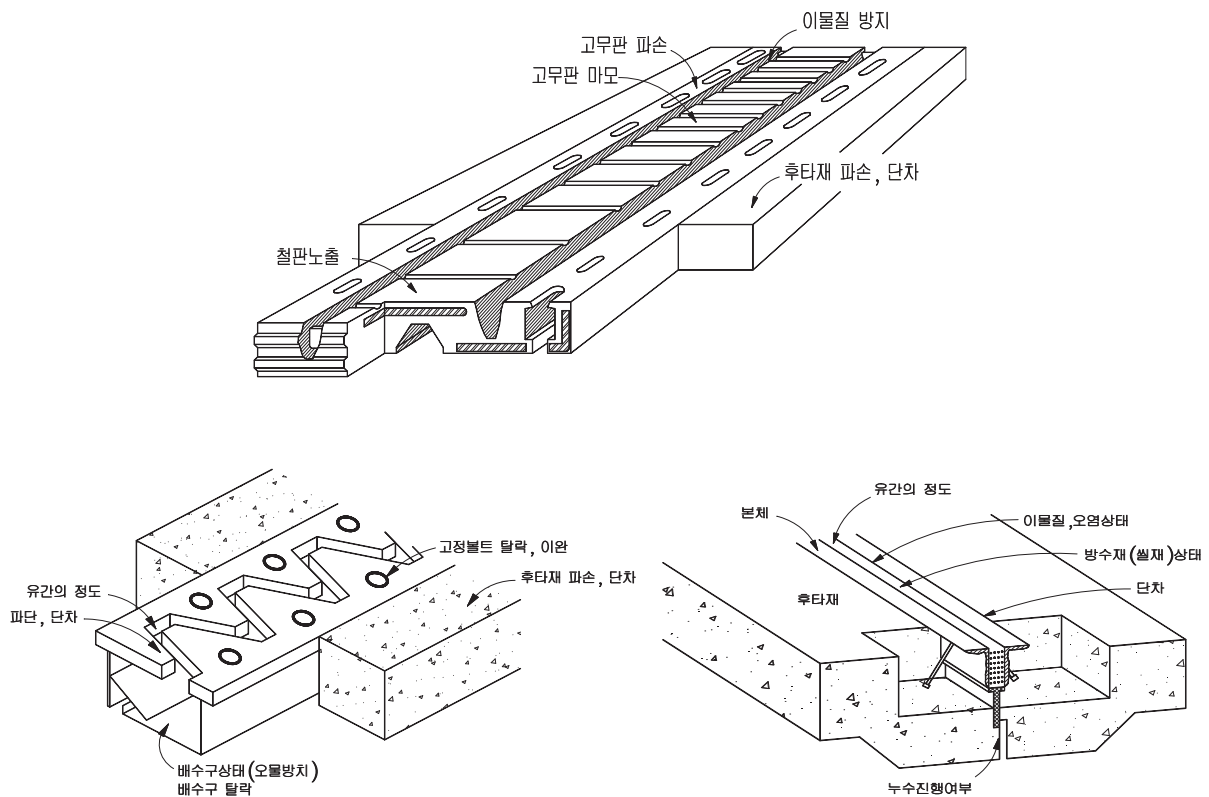
1. 점검방법

- (1) 보도 혹은 방호울타리측 노건부에서 점검하며 필요시 교통 유도 후 점검을 실시한다.
- (2) 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격음 발생여부를 점검한다.

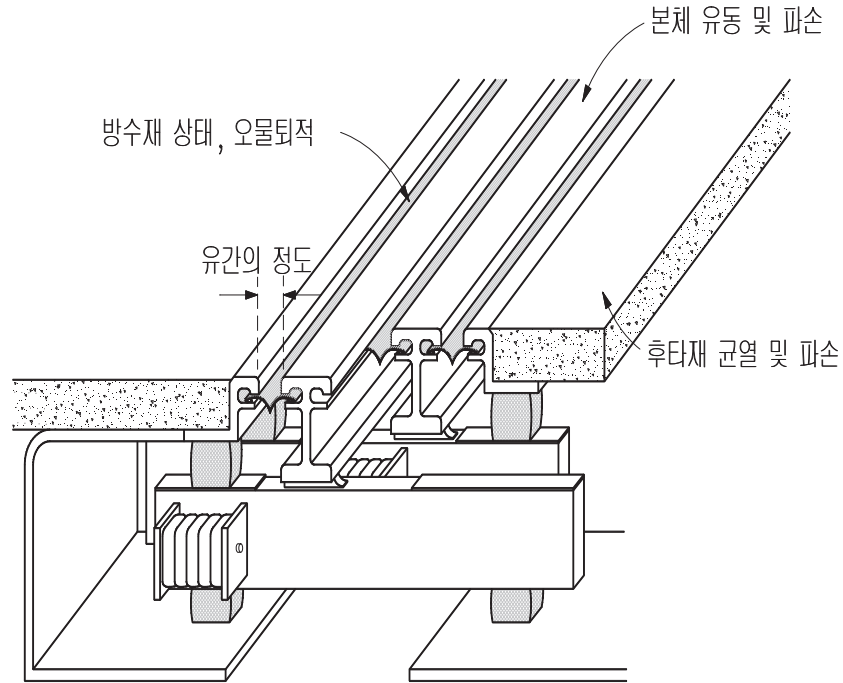
- (3) 고무재의 마모, 파손, 충전 썰재 노출로 차량통행 저해 및 방수기능 저하상태를 점검하며 교각, 교대 위에서 신축이음 하부의 방수성 및 단부보강 슬래브 상태를 점검한다.
- (4) 방호울타리부 신축이음의 방수기능을 점검한다.
- (5) 레일식 하면의 경우 점검로에서 점검이 어려운 경우 장비를 사용하여 거더를 점검할 때 근접점검을 실시한다.
- (6) 점검기간 내 온도차이가 큰 아침과 한낮에 신축 이동량을 조사하고 적정유간을 확보하고 있는지 확인하여야 한다. 이때 온도차는 교량 구체의 온도를 측정하여 아침과 한낮의 온도차에 의한 구체 신축량과 신축유간을 비교하여 적정성을 판단할 수 있다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 신축이음 본체의 유동, 단차, 파손으로 인한 충격으로 타부재에 추가손상이 우려되거나 주행안전성에 지장을 초래할 경우 즉시 보고하여 대책을 수립한다.
- (2) 차량 진행방향과 반대방향으로 점검을 진행하며 2인 1조로 점검을 수행한다.
- (3) 신축이음장치의 본체와 후타재 사이의 부착성과 일체성이 상실되면 충격과 소음 및 파손이 발생하므로 본체와 후타재의 일체거동 여부를 확인한다.
- (4) 신축유간 점검시 통행차량에 유의하여 점검을 실시한다.



[해설 그림 1.2.17] 신축이음의 점검부위 및 점검사항



[해설 그림 1.2.17] 신축이음의 점검부위 및 점검사항(계속)

3. 중점점검 부위

[고무계열 신축이음]

- (1) 고무재료의 노화 , 파손, 누수여부 점검

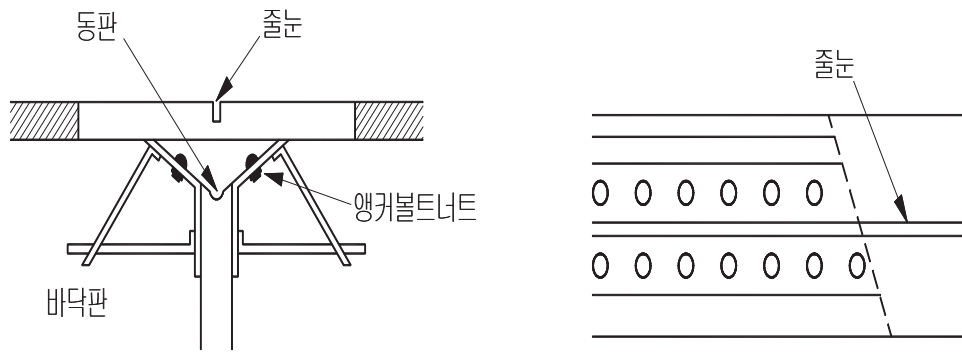
[강재계열 신축이음]

- (1) 본체의 파손, 작동상태, 유간
- (2) 신축이음 장치내부의 이물질에 의한 신축의 방해
- (3) 방수재 파손에 의한 누수
- (4) 유간이 좁은 신축이음의 상부구조 팽창에 의한 이동방해
- (5) 차량 통행시 이상음 발생여부 조사

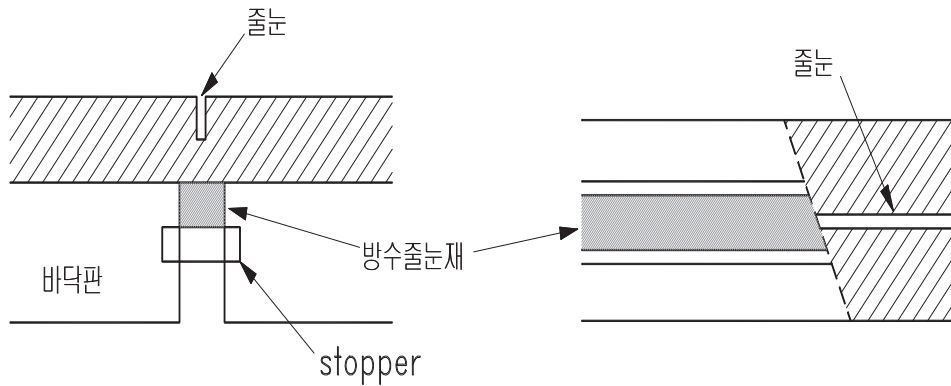
4. 신축이음의 종류별 단면구성

- (1) 신축이음은 윤하중의 지지여부에 따라 윤하중을 지지하지 않는 맞댐식과 윤하중을 지지하는 받침식으로 구분된다.

[맞댐식]

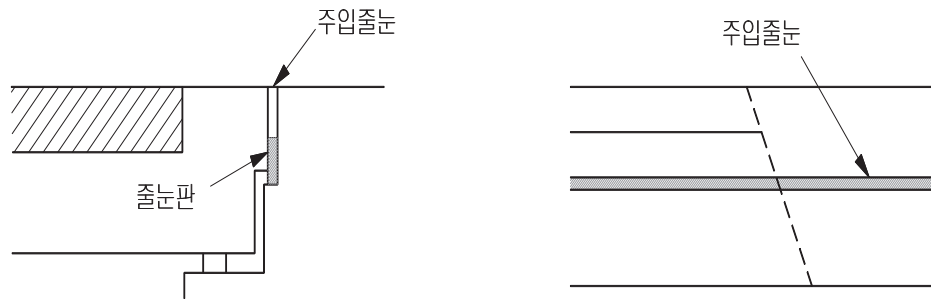


< 맹조인트 >

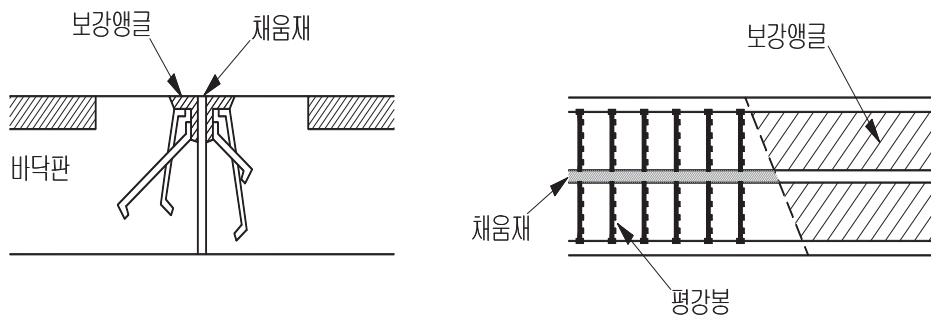


< 절삭조인트 >

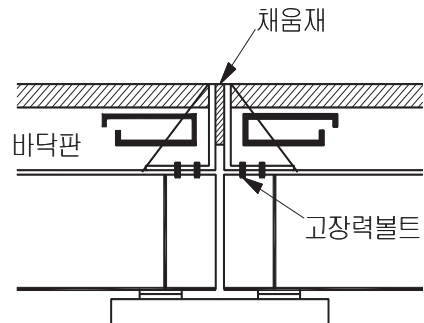
[해설 그림 1.2.18] 맞댐식 맹조인트



< 줄눈조인트 >

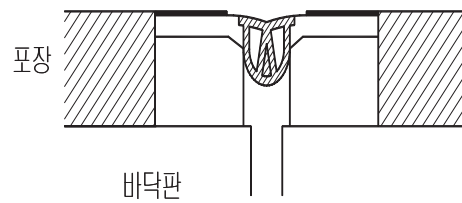


< 앵글 보강조인트 >

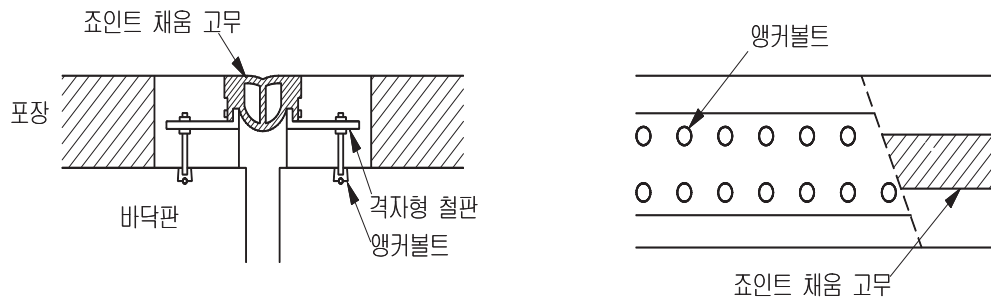


< 보강재 조인트 >

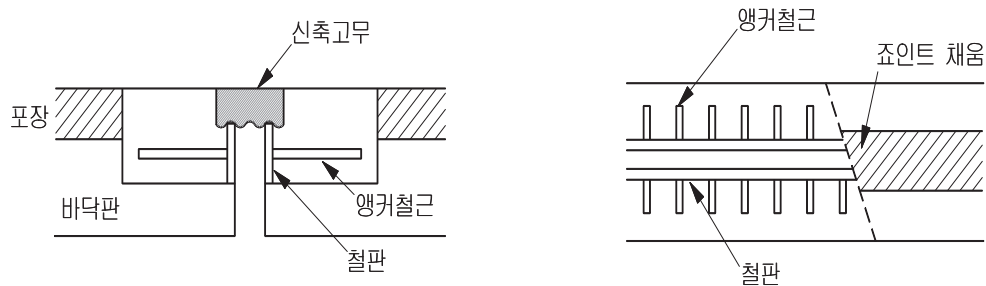
[해설 그림 1.2.19] 맞댐 선시공 조인트



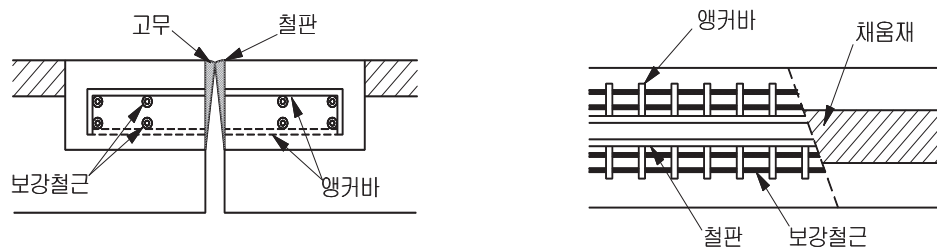
< Cut off 조인트 >



< Coupling 조인트 >



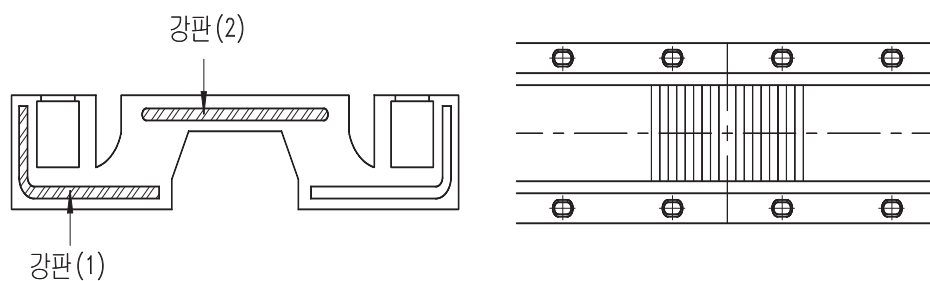
< Hama Highway 조인트 >



< Rubber Top 조인트 >

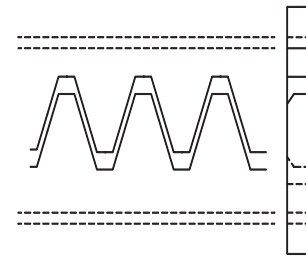
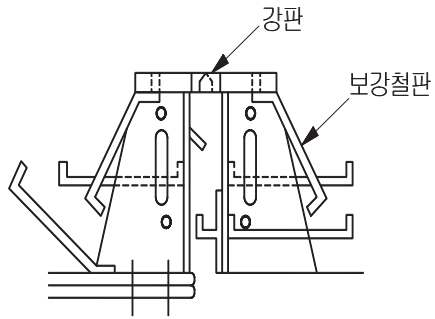
[해설 그림 1.2.20] 맞댐 후시공 조인트

[받침식]

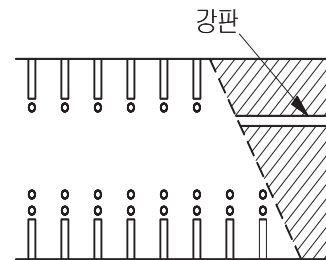
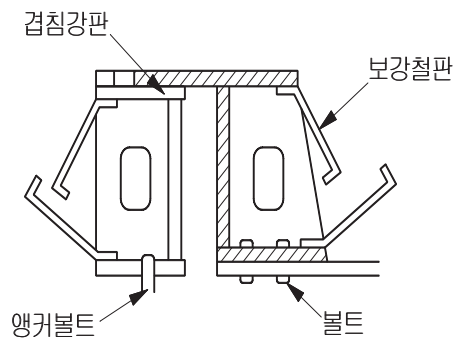


< Transflex 조인트 >

[해설 그림 1.2.21] 받침식 고무조인트

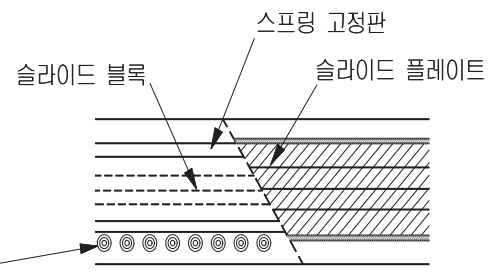
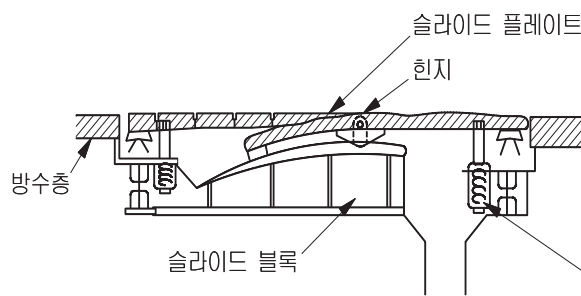


< 강핑거 조인트 >

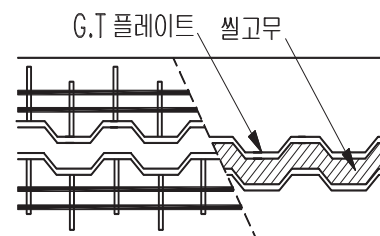
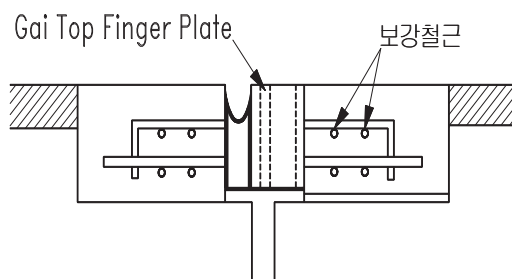


< 강겹침 조인트 >

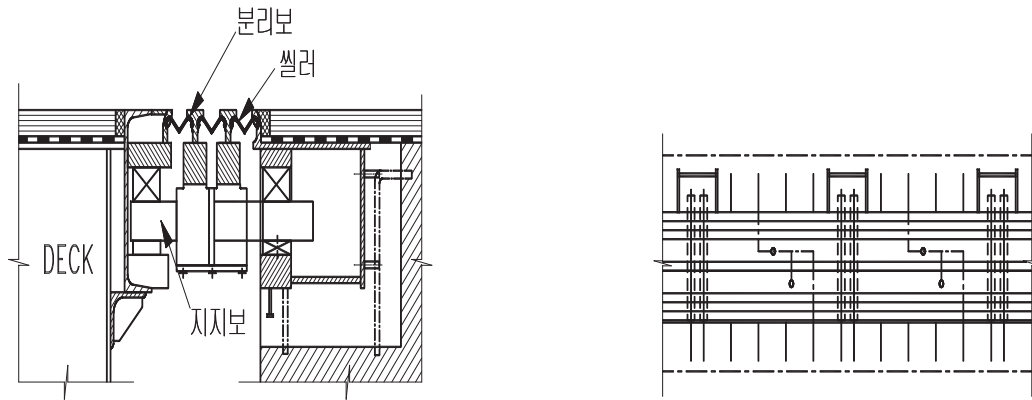
[해설 그림 1.2.22] 받침식 강 조인트



< Damage식 조인트 >



< Gai Top 조인트 >



< Rail식 조인트 >

[해설 그림 1.2.23] 받침식 특수 조인트

5. 신축이음 장치의 신축여유량 확인

- (1) 신축이음 장치의 신축여유량 확인은 교량받침의 유간확인 방법과 동일하게 온도 신축에 따른 계산여유량과 실제 측정 유간을 비교하여 확인한다.

< 신축여유량 계산 예 >

- 교량 형식 및 조건 : 신축장 50m , 보통지방 , RC교
- 점검시 온도 : 10℃
- 확보해야 할 신축여유량

$$\Delta l = \alpha \cdot \Delta T \cdot l = 1.0 \times 10^{-5} \times (35 - 10) \times 50,000 = 12.5 \text{ mm}$$

- (2) 상기 식에 의해 점검시점의 온도와 예상온도변화의 상한값의 차에 따른 예상 신축량과 실제 신축여유량을 확인하여 적정성을 판단한다.
- (3) 신축장은 신축하는 거더의 길이이며, 일반받침의 경우는 고정단으로부터의 거리, 면진받침의 경우에는 교량의 중심으로부터의 거리로 한다.
- (4) 신축량 산정시 온도변화와 선팽창계수는 [해설 표 1.2.3]을 참조한다.



a. 본체 앵글파손



b. 본체 유간부족



c. 본체 유간과다



d. 본체 강판노출



e. 후타재 단차



f. 후타재 파손

[해설 사진 1.2.21] 신축이음의 주요손상유형

파. 교면포장

점 검 부 위		손 상 종 류
▷ 공통	▷ 아스팔트	○ 균열, 함몰, 단차 및 요철, 블리딩, 마모
	▷ 콘크리트	○ 균열, 마모, 박리, 파손
▷ 신축이음 전후, 구조물 경계부		○ 단차, 파손
▷ 곡선부, 중차량 통행차로		○ 마모, 바퀴자국
▷ 배수구 주변		○ 물고임

【해설】

1. 점검방법

- (1) 보도 혹은 방호울타리 양측 노면에서 상세점검을 실시한다.
- (2) 중차량 통행이 많은 차선, 곡선부 외측, 급정지 구간 주변의 손상을 점검한다.
- (3) 신축이음 전후 및 경계부의 단차를 점검한다.
- (4) 배수구 주변 물고임 점검(가급적 비온 직후 교면 위 물고임 및 포트홀 점검) 및 부유물 퇴적 흔적에 의한 물고임 부위를 확인하여 점검한다.
- (5) 물고임이 심한 경우에는 범위와 규모를 기록하고, 동절기나 하절기 주행차량의 제동력과 시인성에 영향을 미칠 물튀김이나 미끄럼저항성 영향 정도를 기록한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 교면포장의 균열 및 보수면적, 단차 등 각 손상에 대하여 점검야장에 경간별로 기록 후 사진을 촬영한다.
- (2) 노면에서 점검시 교통사고의 위험이 높으므로 2인 1조로 하여 차량 진행방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검을 진행한다.
- (3) 상세조사를 실시할 경우 신호봉 등을 사용하여 차량 유도 후에 안전하게 점검을 실시한다.



a. 신축이음 전후



b. 미끄럼 방지포장



c. 배수구 주변

[해설 사진 1.2.22] 교면포장의 점검부위



a. 포트홀



b. 소성변형



c. 균열



d. 바퀴자국



e. 종방향 균열



f. 균열 및 파손

[해설 사진 1.2.23] 교면포장의 주요손상유형



g. 단차



h. 마모



i. 물고임

[해설 사진 1.2.23] 교면포장의 주요손상유형(계속)

하. 배수시설

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 배수구(유입구) - 뚜껑(그레이팅)	○ 뚜껑파손 및 주변파손, 누락 ○ 오물퇴적, 막힘 ○ 배수구의 설치높이가 높음 ○ 배수구 설치위치 불량 ○ 배수구 설치간격 넓음
▷ 배수관	○ 관의 연결부 어긋남, 파손 ○ 이물질에 의한 막힘 ○ 지지철물의 이완 및 파손 ○ 배수관 길이 부족(짧음) ○ 유출구 위치 부적절(도로구간)

【해설】

1. 점검방법

- (1) 배수구는 보도부 혹은 노면에서 도보로 점검하며, 배수구 설치간격, 유입구 누락여부, 그레이팅 파손 및 오물퇴적을 확인한다.
- (2) 배수관은 교량하부 및 측면에서 점검하며 접근이 어려운 부분은 접근 장비를 이용한다.
- (3) 교량이 도로 위를 통과할 경우 배수관에서 유출된 물이 통행인이나 통행차량 위로 떨어지지 않는지 점검한다.
- (4) 배수관의 물이 구조물의 부식을 유발할 수 있는 위치로 배수되는지 점검하여야 한다.
- (5) 경사가 완만한 배수관은 점검용 망치로 두들겨 내부에 쓰레기로 막혀있는지를 점검한다.
- (6) 배수관 지지장치 및 연결부 상태는 흔들어 보거나 망치로 두들겨서 점검한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 배수구에 휴지나 나뭇잎 등으로 막혀있는 경우는 드라이버를 사용하여 제거한다.
- (2) 보도가 없는 노면에서 점검시 2인 1조로 하여 차량진행 방향과 반대방향으로 걸어가면서 점검하며 통행차량에 주의한다.
- (3) 접근장비 사용시 교통소통 및 안전에 유의하도록 한다.



a. 배수구



b. 배수관



[해설 사진 1.2.24] 배수시설의 점검부위



a. 그레이팅 파손



b. 오물퇴적



c. 배수구 막힘



d. 배수관 파손



e. 배수관 길이 짧음



f. 유출구 위치 부적절

[해설 사진 1.2.25] 배수시설의 주요손상유형

거. 난간 및 연석

점 검 부 위		손 상 종 류
▷난간 연석	- 강재, 알루미늄	○강재의 경우 도장 손상 및 부식 ○난간과 상판연결부의 결함, 파손 ○전체적인 처짐 및 선형불량
	- 철근 콘크리트	○균열, 박리, 파손 ○철근노출 및 부식 ○전체적인 처짐 및 선형불량

【해설】

1. 점검방법

- (1) 교량 한쪽에서 눈을 방호울타리 높이 정도로 낮추어 방호울타리의 전체 선형에 급격한 변화 부분이 있는지 점검한다.
- (2) 강재 방호울타리의 경우 방호울타리 기둥과 바닥판 접촉면의 부식 혹은 볼트 손상에 의해 전도 우려가 있는지 힘을 주어 밀거나 당겨서 흔들림 정도를 확인한다.
- (3) 연속 받침부 방호울타리는 콘크리트의 경우 부모멘트에 의한 균열(일반적으로 0.3mm이상)을 점검하고 강재연석의 경우는 용접부 균열을 점검한다.

2. 점검시 유의사항

- (1) 방호울타리의 전체 선형에 급격한 변화부분이 있는 경우 받침이나 하부구조의 침하가 있을 수 있으므로 해당부재 점검시 참고할 수 있도록 기록을 유지한다.
- (2) 차량 충돌 등 외부의 강한 하중에 의한 손상일 경우 바닥판에도 영향을 줄 수 있으므로 바닥판 점검시 이를 고려한다.
- (3) 방호울타리부의 큰 변형이나 파손된 부분으로 통행인 또는 차량의 추락위험이 있을 시 즉시 연락하여 추락방지시설 등의 응급조치가 필요하다.



a. 알루미늄 방호울타리



b. 철근콘크리트



c. 보도 및 연석

[해설 사진 1.2.26] 난간 및 연석의 점검부위



a. 도장손상



b. 난간파손



c. 철근노출



d. 보도 철근노출



e. 연석 부스러짐



f. 연석파손

[해설 사진 1.2.27] 난간 및 연석의 주요손상유형

1.3 재료시험 항목 및 수량

1.3.1 정밀점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

[표 1.2] 정밀점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 - 비파괴시험 : 반발경도 ○ 콘크리트 탄산화 깊이	○ 콘크리트강도 - 국부파괴법 : 코어강도 ○ 철근배근 상태조사 ○ 염화물함유량¹⁾
강재 구조물	-	○ 강재용접부 결함조사 - 자분탐상 및 초음파탐상

주1) ○ 염화물함유량시험 대상은 다음 표에서 정하는 해안에서 250m 이내 거리에 위치하고 있는 시설물을 대상으로 하며 시험부재의 철근깊이까지 10mm 또는 20mm 단위로 깊이별로 구분하여 KS F 2713(2002)의 산-가용성 염화물시험방법으로 실시하여 염화물의 분포를 파악하여야 한다.

○ 또한, 동절기 염화칼슘 등의 사용 등에 따라 염해의 우려가 있는 시설물도 포함한다.

[염해에 관한 외적 성능 저하요인의 구분]

구분	해안에서 거리	염소이온의 침투정도
심한 염해 지역	0m 부근	조수간만 및 파도에 의해 빈번히 해수에 접한다.
보통 염해 지역	100m 이내	강풍시에 해수적(海水滴)이 비래하고, 콘크리트 면이 해수에 젖는다.
경미한 염해지역	250m 이내	해염입자가 비래하고 콘크리트중에 유해량의 염화물이 축적된다.
염해를 고려하지 않아도 좋은 지역	250m 초과	콘크리트중에 유해량의 염화물이 거의 축적되지 않는다.

출처 : 염해 및 탄산화에 대한 철근콘크리트 구조물의 내구성 설계 · 시공 · 유지관리 지침 : 한국콘크리트학회('03.4)

[표 1.3] 정밀점검 재료시험 평가방법

구 분		재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트 비파괴강도 - 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○ 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
선택 과업	콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 - 국부파괴 : 코어채취	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
		○ 철근탐사시험 - 철근배근상태 - 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○ 콘크리트 염화물함유량 시험	○ 시료채취 및 평가
	강재 구조물	○ 자분탐상 및 초음파탐상	○ 강재용접부 결함 탐상

나. 재료시험 기준수량

[표 1.4] 정밀점검의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	○ 50m 마다	○ 연장 50m 마다	
탄산화 깊이 측정	○ 5경간 이내 : 2~3개소 ¹⁾		
	○ 5경간 이상 : 3~6개소 ²⁾		

주1) 교량 상부구조에서 최소 1개소 이상 실시

주2) 교량 상부구조에서 최소 2개소 이상 실시

[표 1.5] 정밀점검의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
코어채취 ¹⁾	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
철근탐사	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
염화물함유량시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
자분탐상시험 (초음파탐상시험)	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		· 용접부 결함

주1) 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하며, 이전에 수행한 안전점검이나 정밀안전진단에서 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 평가기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

【해설】

1. 재료시험 항목은 기본과업과 선택과업으로 나누고 필수적으로 실시해야 하는 항목을 "기본과업"으로, 과업의 내용과 범위에 따라 선택적으로 추가되는 항목을 "선택과업"으로 정의한다.
2. 정밀점검은 간단한 재료시험을 포함하는 점검행위로 기본과업과 선택과업은 상태평가를 위한 최소한의 시험항목으로 규정하였다. 각 과업에 해당되는 시험항목의 평가 및 시험 방법은 세부지침 공통편 부록의 “재료시험의 요령”의 내용을 따른다.
3. "재료시험 기준수량"은 과업을 위한 최소의 수량을 말하며 점검 책임기술자의 판단에 따라 추가적인 시험의 개소수가 필요한 경우에는 관리주체와 협의하여 시험수량을 달리할 수 있다.
4. 수량 기준은 " 상부구조 50m 마다, 하부구조 50m 마다 " 규정하고, 여기서 "50m 마다"는 50m 마다 1회를 실시하는 의미보다는 전체 교량 연장을 50m 단위로 분할하였을 때의 총수량을 결정짓기 위한 "단위 길이"를 말한다. 따라서, 시험은 반드시 50m 마다 실시할 필요는 없으며, 전체 교량 연장에 대해 상부구조, 하부구조를 합하여 총수량에 대한 최소 수량 이상을 실시하도록 한다.
5. 규정에서 상부구조와 하부구조를 분할하였으나 부재의 중요도 및 건전도에 따라 횡수를 재분배하여 실시할 수 있다. 다만, 시험의 결과분석이 적절히 수행될 수 있도록 책임기술자는 수량배분에 주의를 기울여야 한다.

< 재료시험 수량 예시 1 >

- 교량 연장 : 1000m
- 상부구조 시험 횡수 : $1000(m)/50(m) = 20(\text{개소})$
- 하부구조 시험 횡수 : $1000(m)/50(m) = 20(\text{개소})$
- 총 반발경도 시험 횡수 : $20 + 20 = 40(\text{개소})$

☞ 전체 교량에 대해 최소 기본 시험수량은 40개소 임.

☞ 본 예시는 교량의 연장비에 따른 조정을 하지 않은 것이며, 연장비 조정은 "1.3.3 재료시험 기준수량 조정"을 참고한다.

< 재료시험 수량 예시 2 >

- 교량 연장 : 1000m
- 상부구조 시험 횟수 : $1000(m)/50(m) = 20(\text{개소})$
- 하부구조 시험 횟수 : $1000(m)/50(m) = 20(\text{개소})$
- 총 반발경도 시험 횟수 : $20 + 20 = 40(\text{개소})$

- 상부구조 시험 조정 : 25개소 (책임기술자의 판단)
- 하부구조 시험 조정 : 15개소 (책임 기술자의 판단)
- 총 반발경도 시험 횟수 : $25 + 15 = 40(\text{개소})$

☞ 전체 교량에 대해 최소 기본 시험수량은 40개소 임.

☞ 본 예시는 교량의 연장비에 따른 조정을 하지 않은 것이며, 연장비 조정은 "1.3.3 재료시험 기준수량 조정"을 참고한다.

6. 탄산화 깊이 측정은 상부 구조와 하부구조를 합하여 전체 경간이 5경간 이내일 경우는 2~3개소, 5경간 이상일 경우는 3~6개소로 실시하며, 전체 교량이 5경간 이내일 경우는 상부구조에서 최소 1개소 이상을, 5경간 이상일 경우는 최소 2개소 이상을 실시한다.

1.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

[표 1.6] 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도 - 비파괴시험 : 반발경도, 초음파속도 ○ 철근탐사 - 철근 배근상태, 철근 피복두께 ○ 콘크리트 탄산화 깊이 ○ 콘크리트 염화물함유량¹⁾ ○ 균열깊이 조사	○ 콘크리트강도 - 국부파괴법 : 코어강도 ○ 철근부식도 조사 ○ 콘크리트 물성 및 미세구조 ○ 수중조사²⁾ ○ 비파괴재하시험
강재구조물	○ 용접부 결함탐사 - 초음파탐상	○ 용접부 결함탐사 - 방사선투과시험 - 자분탐상시험

주1) 염화물함유량 시험은 [표 1.2]에 따라 실시한다.

주2) 하천교량은 최초 정밀안전진단시 필수로 실시하고, 그후는 1.3.3의 다.항에 따라 실시한다.

[표 1.7] 세부구조별 정밀안전진단 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가 방법
기본 과업	콘크리트 구조물	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
		○ 구조검토를 위한 철근조사
		○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
		○ 현장측정
		○ 탄산화속도계수 산정
	강재 구조물	○ 주철근까지 깊이별(10mm~20mm) 시료채취 및 평가
선택 과업	콘크리트 구조물	○ 발생균열의 철근깊이 이상 발견 또는 관통 여부 등 평가
		○ 허용균열폭과의 비교·검토
		○ 강재 용접부 비파괴시험
		- 맞대기용접부 : 초음파탐상시험
		○ 필요시 방사선투과시험
	콘크리트 구조물	○ 콘크리트강도(국부파괴법) : 코어채취
		○ 콘크리트 물성 및 미세구조
		○ 강도, 수분함량 등
		○ 철근부식도 시험
		○ 주요부재의 철근 대상
강재 구조물	강재 구조물	○ 철근부식확률 평가
		○ 수중조사
		○ 하상에 위치한 교량의 기초조사
강재 구조물	강재 구조물	○ 비파괴 재하시험
		○ 구조물 실 거동(변형, 처짐) 평가
		○ 균열의심부 필요시 염료침투탐상시험 실시

【해설】

1. 염화물 함유량 시험은 해안에서 250m이내에 있는 시설물을 대상으로 [표 1.2]에 따라 실시하고, 이외의 염해의 우려가 있는 시설물에 대해서는 상부구조에서만 실시한다.
2. 염화물함유량시험의 실내시험은 건설기술관리법 제25조에 따른 국·공립시험기관 또는 품질검사전문기관에 의뢰하여 실시하여야 한다.
3. 초음파 전달속도에 의한 압축강도 산정은 코어강도와 반발경도 및 초음파 전달법에 의한 상관관계를 추정한 후 선택적으로 실시한다. 따라서, 반발경도시험과 초음파전달속도 시험을 모두 실시할 필요는 없다.

나. 재료시험 기준수량

[표 1.8] 정밀안전진단의 기본과업 재료시험 기준수량

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	• 동일부위 시험
초음파 전달속도시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	
철근탐사시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	
탄산화 깊이 측정	○ 5경간 이내 : 4~6개소 ¹⁾ ○ 5경간 이상 : 6~9개소 ²⁾		
염화물함유량시험	○ 3개소 이상 ³⁾		
균열깊이 조사	○ 부재의 중요도를 고려 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		• $C_w=0.3\text{mm}$ 이상 균열
강재용접부 초음파탐상시험	○ 플레이트거더교 : 1개소/경간별 거더 ○ 박스거더교 : 2개소/경간별 거더		• 맞대기용접부

주1) 철근콘크리트 상부구조에서의 최소 2개소 이상 실시

주2) 철근콘크리트 상부구조에서의 최소 3개소 이상 실시

주3) 철근콘크리트 상부구조에서의 최소 1개소 이상 실시

[표 1.9] 정밀안전진단의 선택과업 재료시험 기준수량

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
코어채취 ¹⁾	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
수중조사	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		• 필수적으로 실시
비파괴 재하시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
철근부식도시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		
강재용접부 자분탐상시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		• 균열의심부
방사선투과시험	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정		• 맞대기용접부

주1) 콘크리트 코어를 채취할 경우 그 채취 지점은 구조물에 영향이 최소화되는 지점을 선정토록 하며, 이전에 수행한 안전점검이나 정밀안전진단에서 코어채취 및 실내시험에 대한 자료가 충분하고 평가기준에 적합한 경우에는 기존의 자료를 이용할 수 있다.

【해설】

1. 재료시험 항목은 기본과업과 선택과업으로 나누고 필수적으로 실시해야 하는 항목을 "기본과업"으로, 과업의 내용과 범위에 따라 선택적으로 추가되는 항목을 "선택과업"으로 정의한다.
2. 정밀안전진단은 점검의 최상위 점검행위로 정밀점검에 비해 보다 세밀한 점검이 요구되므로 수량 및 시험항목을 확대시킨다. 교량의 기본과업과 선택과업은 상태평가를 위한 최소한의 시험항목으로 규정하였다. 각 과업에 해당되는 시험항목의 평가 및 시험방법은 "1.3 재료시험"의 내용을 따른다.
3. "재료시험 기준수량"은 과업을 위한 최소의 수량을 말하며 점검 책임기술자의 판단에 따라 추가적인 시험 개소수가 필요한 경우에는 관리주체와 협의하여 시험수량을 달리할 수 있다.
4. 재료시험에 대한 수량기준은 상부구조와 하부구조를 합한 총수량을 교량전체의 최소수량으로 정하고 규정에서 상부구조와 하부구조를 분할하였으나 부재의 중요도 및 건전도에 따라 횡수를 재분배하여 실시할 수 있다. 다만, 시험의 결과분석이 적절히 수행될 수 있도록 책임기술자는 수량배분에 주의를 기울여야 한다.
5. 반발경도 시험, 초음파 전달속도 시험, 철근탐사시험에 대한 상부구조의 수량기준은 철근 콘크리트 2개소/50m, 강합성교 1개소/50m로 규정하였다. 이는 상부구조가 콘크리트인 경우 바닥판과 거더의 시험수량을 합한 것으로 강재 거더의 강합성교에 비해 시험수량이 많게 된다. "50m 당 1개소 또는 2개소"는 반드시 50m를 기준으로 시험을 실시하는 의미보다는 전체 교량 연장을 50m로 나누었을 때 최소수량을 규정하기 위한 것이다.
6. 상부구조가 철근콘크리트인 경우는 거더부와 바닥판부의 시험으로 나눌 수 있는데 각각의 수량을 명시하지 않고 거더부와 바닥판을 상부구조로 보고 총 시험회수를 규정하였다. 따라서, 시험의 결과값 분석은 거더부와 바닥판을 개별적으로 실시하여야 하므로 책임기술자의 판단에 따라 적절하게 배분하여 시험을 실시한다.
7. 하부구조의 수량기준은 경간이 50m 이내인 교량은 교대 및 교각별로 시험을 실시할 경우에 시험개소수가 많아지게 되므로 50m를 기준으로 시험회수를 결정하고 경간이 50m 이상인 경우는 교대 및 교각의 개소수를 시험수량으로 결정한다.
8. 탄산화 깊이측정, 염화물 함량시험은 콘크리트의 전반적인 품질에 관한 시험으로 교량 전체에 대한 최소수량을 정의하였으며 상부구조 및 하부구조가 고르게 평가되도록 시험 개소수를 분배하여 실시한다.
9. 균열깊이 조사는 특정수량을 정하지 않고 폭 0.3mm 이상 균열 발생부에 한하여 부재의 중요도에 따라 책임기술자의 판단에 의해 시험을 실시한다.

10. 강재용접부 초음파 탐상시험은 경간별로 거더 당 개소로서 최소 시험개소를 규정한다.
11. 철근탐사시험의 경우 시험단위 1개소는 가로·세로 2방향 측정을 기준으로 하며, 철근 배근 및 현장여건상 1방향 측정만 가능한 경우는 1방향 측정을 1개소로 간주한다.

< 철근 콘크리트교 재료시험 수량 예시 1 >

- 교량 연장 : 1000m
- 경간구성 : 50m이하
- 상부구조 시험 횟수 : $1000(m)/50(m) \times 2 = 40(\text{개소})$
- 하부구조 시험 횟수 : $1000(m)/50(m) \times 1 = 20(\text{개소})$
- 총 반발경도 시험 횟수 : $40 + 20 = 60(\text{개소})$

- ☞ 전체 교량에 대해 최소 기본 시험수량은 60개소 임.
- ☞ 본 예시는 교량의 연장비에 따른 조정을 하지 않은 것이며, 연장비 조정은 "1.3.3 재료 시험 기준수량 조정"을 참고

< 강합성교 재료시험 수량 예시 1 >

- 교량 연장 : 1000m
- 경간구성 : 50m이하
- 상부구조 시험 횟수 : $1000(m)/50(m) \times 1 = 20(\text{개소})$
- 하부구조 시험 횟수 : $1000(m)/50(m) \times 1 = 20(\text{개소})$
- 총 반발경도 시험 횟수 : $20 + 20 = 40(\text{개소})$

- ☞ 전체 교량에 대해 최소 기본 시험수량은 40개소 임.
- ☞ 본 예시는 교량의 연장비에 따른 조정을 하지 않은 것이며, 연장비 조정은 "1.3.3 재료 시험 기준수량 조정"을 참고

1.3.3 재료시험 기준수량의 조정

가. 연장별 조정비

교량의 정밀점검 또는 정밀안전진단 실시에서 재료시험 항목 중 경간당, 거더당 비율에 따라 기준 수량을 규정한 항목은 연장 300m 미만의 교량을 기준으로 한 것이므로 300m 이상일 경우 연장별 조정비에 따라 기본 재료시험의 기준 수량을 책임기술자의 판단으로 조정할 수 있다.

○ 연장별 조정비

▶ 500m : 80%, 1,000m : 60%, 2,000m : 40%, 4,000m이상 : 30~20%

【해설】

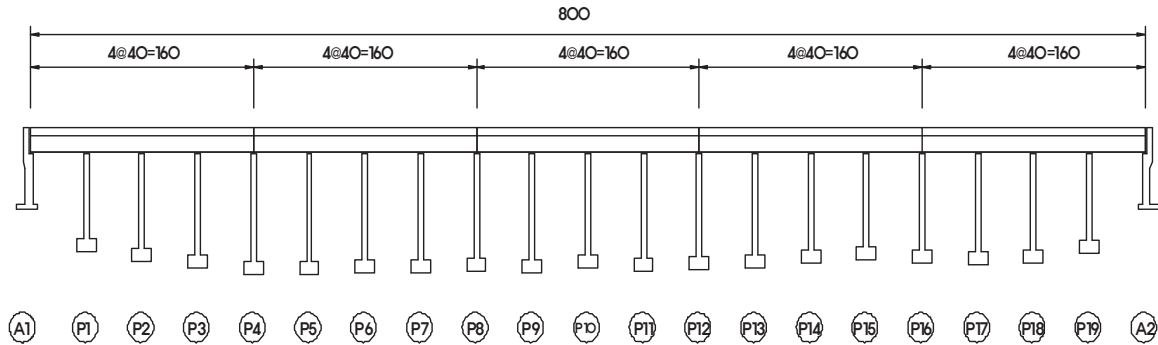
1. 규정은 경간당, 거더당 비율에 따라 기준수량을 규정하는 반발경도 시험, 초음파 전달속도 시험, 철근탐사시험, 강재 용접부 초음파 탐상시험에 적용된다.
2. 교량의 연장이 길어지는 경우 시험의 개소수가 너무 많아지는 것을 방지하기 위하여 교량의 연장별로 시험수량을 조정한다. 규정에서 명시한 연장 사이에 대해서는 직선보간법을 사용하여 조정비율을 결정한다.
3. 조정된 시험수량은 정수로 나타내며 소수점 이하의 수량에 대해서는 올림으로 최소수량을 결정하기로 한다.

[해설 표 1.3.1] 직선보간에 의한 연장별 기준수량 조정비

연장	300m	400m	500m	750m	1000m	1500m	2000m	3000m	4000m이상
조정비	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	35%	30%~20%

< 연장별 재료시험 수량 결정 예시 1 >

- 상부구조 형식 : 철근콘크리트
- 교량연장 : $5(4@40)=800\text{m}$
- 교각 개소수 : 19 EA (P1 ~ P19)
- 교대 개소수 : 2 EA (A1, A2)



(1) 반발경도, 초음파전달 속도시험, 철근탐사시험의 기준수량의 산정

- 상부구조 : $\frac{800}{50} \times 2 = 32$ 개소
- 하부구조 : $\frac{800}{50} \times 1 = 16$ 개소 (경간 $\leq 50\text{m}$)
- 총시험 개소수 : 48 개소

(2) 탄산화 시험, 염화물량함유 시험 기준수량의 산정

- 탄산화 깊이 측정 시험 : 6 ~ 9개소 (5경간 이상)
- 염화물 함유량 시험 : 3개소이상

(3) 반발경도, 초음파전달 속도시험, 철근탐사시험의 연장별 조정비 적용

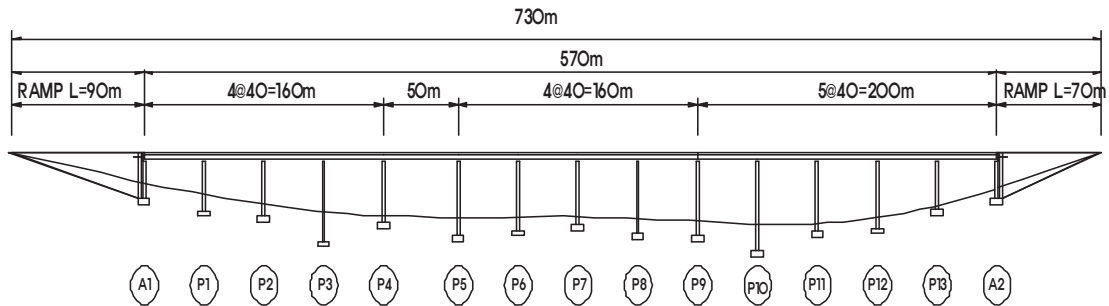
- 연장별 조정비 : $80\% - \left\{ \frac{(800\text{m} - 500\text{m})}{(1000\text{m} - 500\text{m})} \right\} \times (80\% - 60\%) = 68\%$
- 조정된 수량 : $48 \text{ 개소} \times 0.68 = 32.64 \text{ 개소} \rightarrow 33 \text{ 개소}$ (최소수량임)
- 조정된 수량에 따라 상부구조와 하부구조를 합하여 최소 반발경도(초음파전달속도, 철근탐사 시험) 시험량은 33개소로 책임기술자의 판단에 따라 상부구조와 하부구조를 분배하여 33개소 이상 시험을 실시한다.
- 결정수량의 예

시험종류		반발경도	초음파 전달속도	철근탐사	탄산화깊이	염화물함유 량
수량	상부구조	20	20	20	5	3
	하부구조	15	15	15	4	2
총 수량		35	35	35	9	5

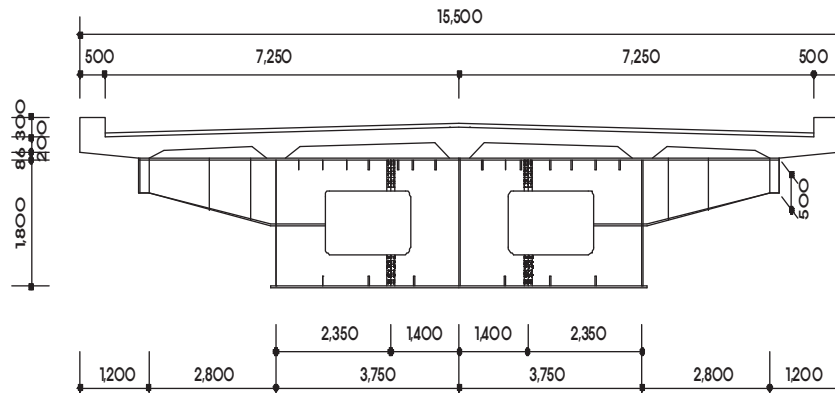
주) 본 예는 해설을 위한 예이며, 결정수량은 책임기술자의 판단에 따라 수량 및 조합이 달라질 수 있다. 다만, 총 교량의 최소수량을 초과하여 시험을 실시해야 한다.

< 연장별 재료시험 수량 결정 예시 2 >

- 상부구조 형식 : 강박스 거더교
- 교량연장 : L=570m (4@40+50+4@40+5@40), 14경간
- 교각 개소수 : 13 EA (P1 ~ P13)
- 교대 개소수 : 2 EA (A1, A2)



< 종단면도 >



< 횡단면도 >

(1) 반발경도, 초음파전달 속도시험, 철근탐사시험의 기준수량의 산정

- 상부구조 : $\frac{570}{50} \times 1 = 11.4$ 개소
- 하부구조 : $\frac{570}{50} \times 1 = 11.4$ 개소 (경간 $\leq 50m$)
- 총시험 개소수 : 23(22.5)개소

(2) 탄산화 시험, 염화물량함유 시험 기준수량의 산정

- 탄산화 깊이 측정 시험 : 6 ~ 9개소 (5경간 이상)
- 염화물 함유량 시험 : 3개소이상

(3) 반발경도, 초음파전달 속도시험, 철근탐사시험의 연장별 조정비 적용

- 연장별 조정비 : $80\% - \left\{ \frac{(570m - 500m)}{(1000m - 500m)} \right\} \times (80\% - 60\%) = 77.2\%$
- 조정된 수량 : 23 개소 $\times 0.772 = 17.756$ 개소 $\rightarrow 18$ 개소 (최소수량임)
- 상부구조 하부구조를 포함한 총 최소수량은 18개소로 책임기술자의 판단에 따라 18 개소 이상을 실시한다.

(4) 강재 용접부 초음파 탐상시험

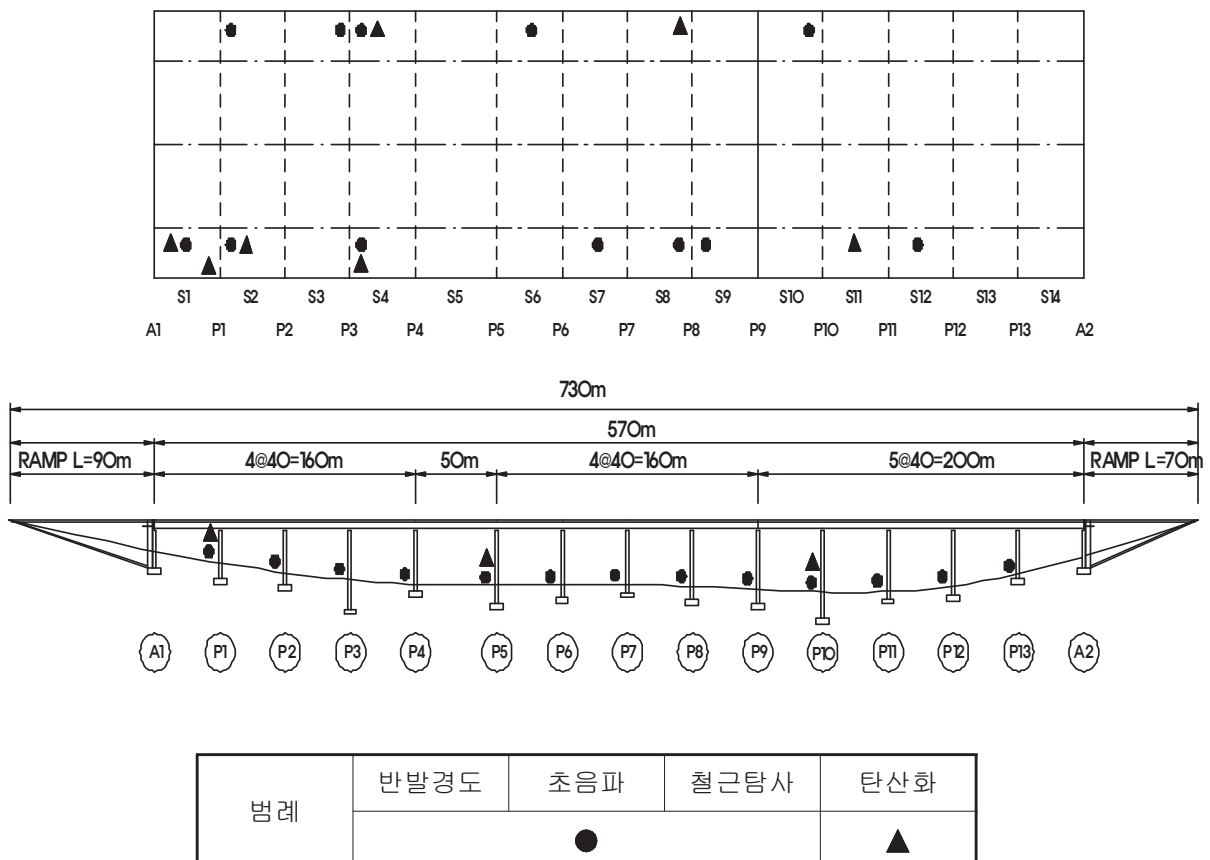
- 규정 : 경간별 거더당 2개소 (강합성 박스거더교)
- 최소 수량 : $14(\text{경간}) \times 2(\text{거더}) \times 2(\text{개소}) = 48\text{개소}$
- 강재 용접부 초음파 탐상시험의 최소수량은 48개소 이며, 맞대기 용접부에 대해 실시하는 시험으로 책임기술자의 판단에 의해 48개소 이상의 시험을 실시한다.
- 결정수량의 예

시험종류		반발 경도	초음파 전달속도	철근 탐사	탄산화 깊이	균열 깊이	염화물 함유량
수량	상부구조	12	12	12	5	11	1
	하부구조	13	13	13	4	-	2
총 수량		25	25	25	9	11	3
강재초음파 탐상시험				90 개소			

주) 본 예는 해설을 위한 예이며, 결정수량은 책임기술자의 판단에 따라 수량 및 조합이 달라질 수 있다. 다만, 총 교량의 최소수량을 초과하여 시험을 실시해야 한다.

(5) 재료시험 위치도 예

시험종류		반발 경도	초음파 전달속도	철근 탐사	탄산화 깊이	균열 깊이	염화물 함유량
수량	상부구조	12	12	12	7	11	1
	하부구조	13	13	13	4	-	2
총 수량		25	25	25	11	11	3



나. 재료시험 기준수량의 조정

교량의 정밀점검 또는 정밀안전진단 시 하부구조에 대한 콘크리트의 조사·시험은 교대, 교각 개소수를 기준으로 재료시험 기준수량을 정하고 있으나, 라멘식과 같이 한 경간에 교각의 기둥이 다수로 존재하는 하부구조에서의 콘크리트 재료시험 기준수량은 상부구조의 경간수를 기준으로 실시한다.

【해설】

1. 라멘교의 평가법을 일반교량의 평가법으로 따를 경우 과소평가 되므로 단위셀과 블록으로 분할하여 평가한다. 라멘교의 형식 중 경간 당 하부구조가 존재하는 경우가 있는 반면에 한 경간에 다수의 하부구조를 포함하는 형식이 있다. 이 경우 하부구조 당 시험을 실시할 경우 불필요한 시험의 중복이 많아지고 시험개소수량 또한 필요 이상으로 많아지게 되므로 라멘교의 경우 하부구조를 기준으로 시험수량을 결정하지 않고 셀 단위로 시험수량을 결정한다. [(" 1.4.2 상태평가 결과 산정방법 다, 1) 본교 (나) 라멘교" 참조)]

다. 수중조사

○ 하천교량의 최초 정밀안전진단에는 필수적으로 수중조사를 실시하여야 한다. 최초 정밀안전진단 이후에는 다음 각호에 해당하는 사항이 발생하는 경우에는 수중조사를 필수적으로 실시하여야 한다.

- 1) 하상정비계획 또는 준설 등에 의하여 교량주변에 하상변동이 발생했을 경우
- 2) 교량이 위치한 하천에서 계획홍수량 이상의 홍수가 발생했을 경우
- 3) 교량에 인접하여 교량확장, 철도 복선화 공사 등으로 인한 기초공사가 시행되었을 경우

1.4 상태평가 기준 및 방법

1.4.1 상태평가 항목 및 기준

가. 부재별 상태평가 적용범위

부재별 상태평가 기준은 교량의 거더와 가로보를 분리하고, 콘크리트의 탄산화와 염화물에 대한 평가항목을 포함하여 세분화하였으며, 아래의 표와 같이 부재별 상태평가 기준을 부재의 중요도를 감안하여 차등화함으로써 가능한 한 전체 상태평가 기준과 부합하도록 조정하였다.

교량의 안전에 직접적인 영향을 미치는 바닥판, 거더, 하부구조 및 받침은 평가기준을 a~e로 범위를 적용하고, 내구성에 영향을 미치는 신축이음, 배수시설, 교면포장과 2차부재인 가로보와 세로보는 a~d로 범위를 조정하였다.

[표 1.10] 부재별 상태평가 적용 범위

부재의 분류		차등 적용범위
상부구조	바닥판, 거더, 케이블	a, b, c, d, e
	2차부재 (가로보 및 세로보)	a, b, c, d
하부구조	교대 및 교각, 기초, 주탑	a, b, c, d, e
받침	교량받침	a, b, c, d, e
기타부재	신축이음, 난간 및 연석, 배수시설, 교면포장	a, b, c, d
콘크리트 재료	탄산화, 염화물	a, b, c, d

부재별 상태평가는 전체 수량에 대한 손상수량의 비율에 의해 평가하는 정량적 평가와 시설물의 상태에 대한 점검자의 주관적인 의견에 의한 정성적 평가를 동시에 수행하며 정성적 평가 시 점검자에 의한 편차를 줄이기 위해 손상수량 및 손상현황에 대한 정도를 정확히 파악하여야 한다.

【해설】

1. 미국 및 일본등 주요선진국의 기준은 상태평가 기준 마련을 위해 선행된 “시설물의 상태평가 기준 정립(교량)(2000.9)”에서 참고할 수 있다.

나. 부재별 상태평가 기준

1) 콘크리트 바닥판

[표 1.11] 콘크리트 바닥판 상태평가 기준

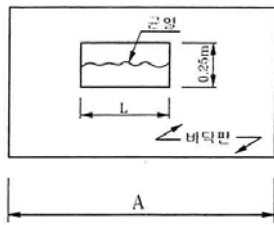
기준	균열		열화 및 손상
	1방향 균열	2방향 균열	
a	○ 균열폭 0.1mm미만	○ 망상균열폭 0.1mm미만	○ 없음
b	○ 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만 ○ 균열율 2%미만	○ 망상균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	○ 표면 손상면적 2%미만
c	○ 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만 ○ 균열율 2%이상~10% 미만	○ 망상균열폭 0.3mm이상	○ 표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○ 철근부식 손상면적 2%미만 ○ 데크플레이트 박리 및 누수 발생
d	○ 균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만 ○ 균열율 10%이상~20%미만	○ 망상균열의 진전으로 인한 콘크리트 박리 발생	○ 표면 손상면적 10%이상 ○ 철근부식 손상면적 2%이상 ○ 데크플레이트 박리가 심하고 누수로 인한 부식 발생
e	○ 균열폭 1.0mm이상 ○ 균열율 20%이상	○ 망상균열에 의한 박리가 심하여 편칭과괴 발생 가능성 있음	○ 부식으로 인한 철근의 단면감소가 심하여 바닥판의 안전성이 저하되는 경우

< 해설 >

- 본 상태평가 기준은 모든 교량형식의 RC 및 PC 바닥판과 RC 및 PSC 박스거더교량의 상부플랜지의 상태평가에 적용한다.
- 1방향균열의 경우 0.3mm미만의 균열평가 기준을 “b”로 1.0mm이상의 균열과 균열율 20%이상인 상태를 “e”로 평가한다.
- 2방향균열의 경우 망상균열로 인한 박리 발생시 평가기준을 “d”, 편칭과괴의 발생 가능성이 있으면 “e”로 평가한다.
- “열화 및 손상” 손상항목은 표면손상 면적과 철근부식손상 면적으로 평가하며, 철근 부식에 따르는 내하력 저하의 가능성이 없으면 표면손상으로, 부식에 의한 철근의 단면감소로 인하여 내하력 저하의 가능성이 있으면 철근부식손상으로 규정한다.
- 표면손상은 파손, 박락, 층분리, 재료분리 등과 같이 손상이 콘크리트 부분에 국한된 경우를 말하며, 철근부식손상은 철근노출 및 노출된 철근이 부식된 경우나, 탄산화 또는 콘크리트내의 염화물로 인해 내부철근의 부식이 발생하고, 이로 인해 콘크리트의 팽창, 균열 및 박리가 발생한 경우를 말한다.
- PSC 박스거더교의 경우 상하부 플랜지와 복부판이 일체가 되어 주형으로써 거동을 하지만, 활하중을 직접 받는 상부플랜지는 콘크리트 바닥판으로, 복부판과 하부플랜지는 PSC 거더로 구분하여 상태평가를 수행한다.
- 균열율은 폭 0.2mm이상의 균열을 대상으로 산정한다.
- 바닥판 하면이 데크플레이트로 보호된 경우 강바닥판이 아닌 콘크리트 바닥판으로 평가한다.
- 콘크리트 균열에 의한 평가기준은 콘크리트 부재에 대한 설계, 시공 및 유지관리 분야간의 일관성을 위해 2007년 12월 개정된 콘크리트 설계기준에 명시된 허용균열폭을 참고하였다.

주 1) 균열을 산정 방법

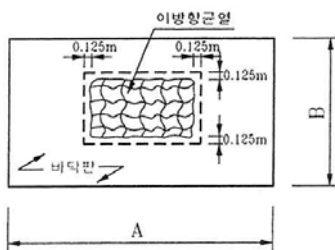
■ 1방향 균열인 경우



- 균열발생 면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 하며, 균열의 개수가 2개 이상일 경우는 각 균열길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

■ 2방향 균열인 경우



- 균열발생 면적은 균열발생 부위를 가로, 세로의 최외측 균열을 경계로 하여 사각형 형태로 구획한 후, 점선내 면면적인 (가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{균열발생면적}(m^2)}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

주 2) 표면손상에 대한 면적율 산정 방법

$$\text{표면손상면적율}(\%) = \frac{\text{결함 및 손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

주 3) 철근부식 손상면적율 산정 방법

노출의 발생면적은 철근노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 함.

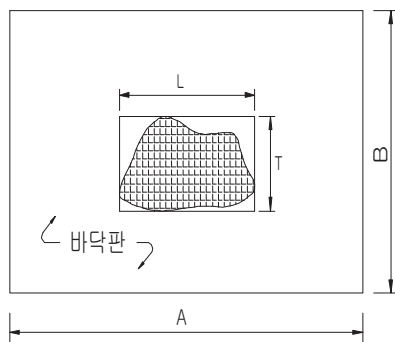
$$\text{철근노출면적율}(\%) = \frac{\text{철근노출면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100$$

【해설】

1. 콘크리트 바닥판의 평가항목은 “균열”과 “열화 및 손상”으로 분류하고 균열은 2방향균열과 1방향 균열에 의해 평가하고, 열화 및 손상은 표면손상과 철근 부식손상으로 평가한다.
2. 상태평가의 기본이 되는 개별부재는 평가의 최소부재 단위로써 바닥판의 경우 경간단위의 바닥판을 개별부재로 본다(예, 경간1의 바닥판1, 경간2의 바닥판2). 개별부재의 대표등급은 평가항목 중 최소등급으로 결정한다.
3. 손상항목은 정량적인 평가(균열폭, 균열율, 손상면적비)와 정성적인 평가(손상정도)로 나눌 수 있고 정량적 평가와 함께 손상의 정도에 따라 기술자의 판단에 의해 대표등급을 조정할 수 있다.

4. 콘크리트 박스거더(철근콘크리트 박스거더, PSC 박스거더)의 경우 상·하부 플랜지와 복부판이 일체가 되어 거더로써 거동을 하지만, 활하중을 직접 받는 상부플랜지는 콘크리트 바닥판으로, 복부판과 하부플랜지는 PSC 거더로 구분하여 상태평가를 실시한다.
5. 철근 부식손상 면적은 철근이 완전히 노출된 경우는 노출면적을 부식손상 면적으로 산정하고 철근 부식손상이 의심스럽거나 징후가 보이는 손상(균열 등)에 대해서는 폭 0.25m에 대해 산정한다.

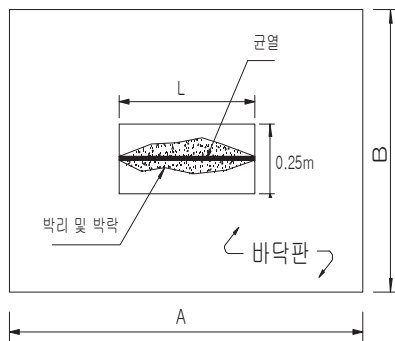
(1) 표면손상에 대한 면적을 산정 방법



- 표면손상 면적은 손상부위 가로, 세로의 최외측 경계로 사각형으로 구획한 후 내면면적으로 구한다. 이때 2방향 균열과 같이 0.25m의 여유폭을 두지 않는다.
- 표면손상 면적율은 아래 식으로 산정한다.
- $$\frac{\sum \text{손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \%$$
- 조사단위 면적은 바닥판 한 경간의 면적을 말한다.

[해설 그림 1.4.1] 콘크리트 바닥판 표면손상 면적을 산정

(2) 철근부식 손상에 대한 면적을 산정 방법



- 철근이 완전히 노출된 경우는 노출면적으로 산정하고, 내부에서 철근 부식시에는 철근노출 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.
- 조사단위 면적은 바닥판 한 경간의 면적을 말한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

[해설 그림 1.4.2] 콘크리트 바닥판 철근 노출 및 부식면적을 산정

$$\text{철근노출면적율}(\%) = \frac{\sum \text{철근노출면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\sum \text{철근노출길이}(L) \times 0.25m}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

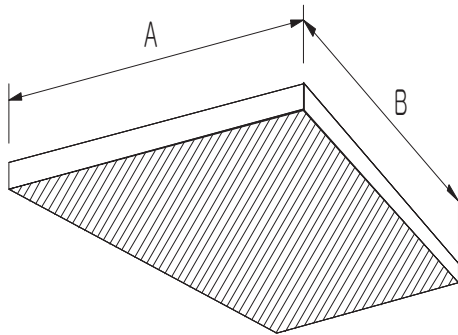
(3) 개별부재 대표등급 산정

- ① 균열에 대한 상태평가 등급과 열화 및 손상에 대한 상태평가 등급 중 최소등급을 개별부재의 대표등급으로 산정한다.

예) 균열 등급 (항목 1)	: B
열화 및 손상등급(항목 2)	: C
개별 부재 대표등급	: C

(4) 손상 면적비 계산시 총면적 산정방법

① 슬래브교의 바닥판(거더가 없는 경우) 조사단위면적



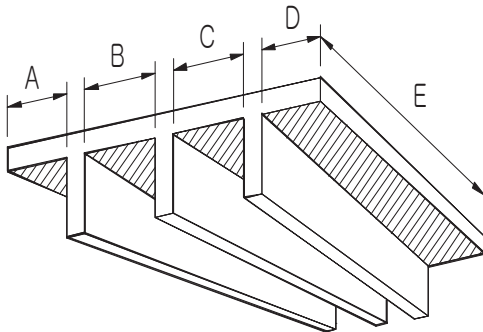
- 조사단위 면적이란 상태평가지 개별부재를 분류하는 단위의 면적을 말한다. 상태평가지 바닥판은 경간단위로 평가하므로 한경간의 면적을 조사단위 면적으로 한다.

- 단위 면적의 계산

$$\text{단위면적} = A(\text{가로}) \times B(\text{세로})$$

[해설 그림 1.4.3] 콘크리트 슬래브 바닥판 조사단위 면적 산정

② 거더교의 바닥판(거더가 있는 경우) 단위면적



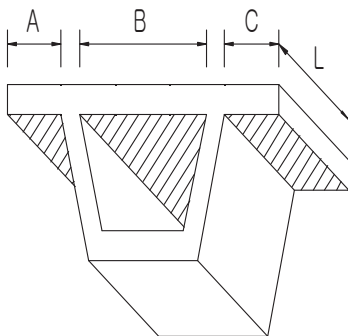
- 거더가 있는 경우는 거더의 폭을 제외하고 현치폭을 포함하는 가로폭을 이용하여 조사단위 면적을 계산한다.

- 단위 면적의 계산

$$\text{단위면적} = \{A(\text{가로}) + B(\text{가로}) + C(\text{가로}) + D(\text{가로})\} \times E(\text{세로})$$

[해설 그림 1.4.4] 거더교의 바닥판 조사단위 면적 산정

③ 1련 박스거더



- 박스형 단면의 복부와 하부 플랜지는 거더로 평가하고 상부 플랜지는 바닥판으로 평가한다. 따라서, 바닥판 하면(거더와 접합부 제외)의 면적을 조사단위 면적으로 산정한다.

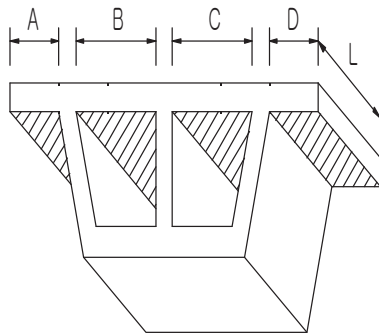
- 조사단위면적

1련 박스거더 조사단위면적

$$= \{A + B + C\}(\text{가로}) \times L(\text{세로})$$

[해설 그림 1.4.5] 박스 거더교의 바닥판 조사단위 면적 산정-1련박스

④ 2련 박스거더



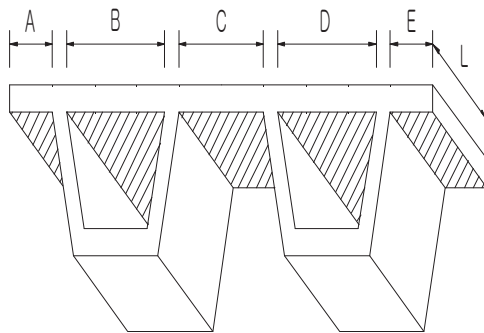
▪ 조사단위면적

1련 박스거더 조사단위면적

$$= \{A + B + C + D\}(\text{가로}) \times L(\text{세로})$$

[해설 그림 1.4.6] 박스 거더교의 바닥판 조사단위 면적 산정-2련박스

⑤ 1련 2 박스거더



▪ 조사단위면적

1련 2 박스거더 조사단위면적

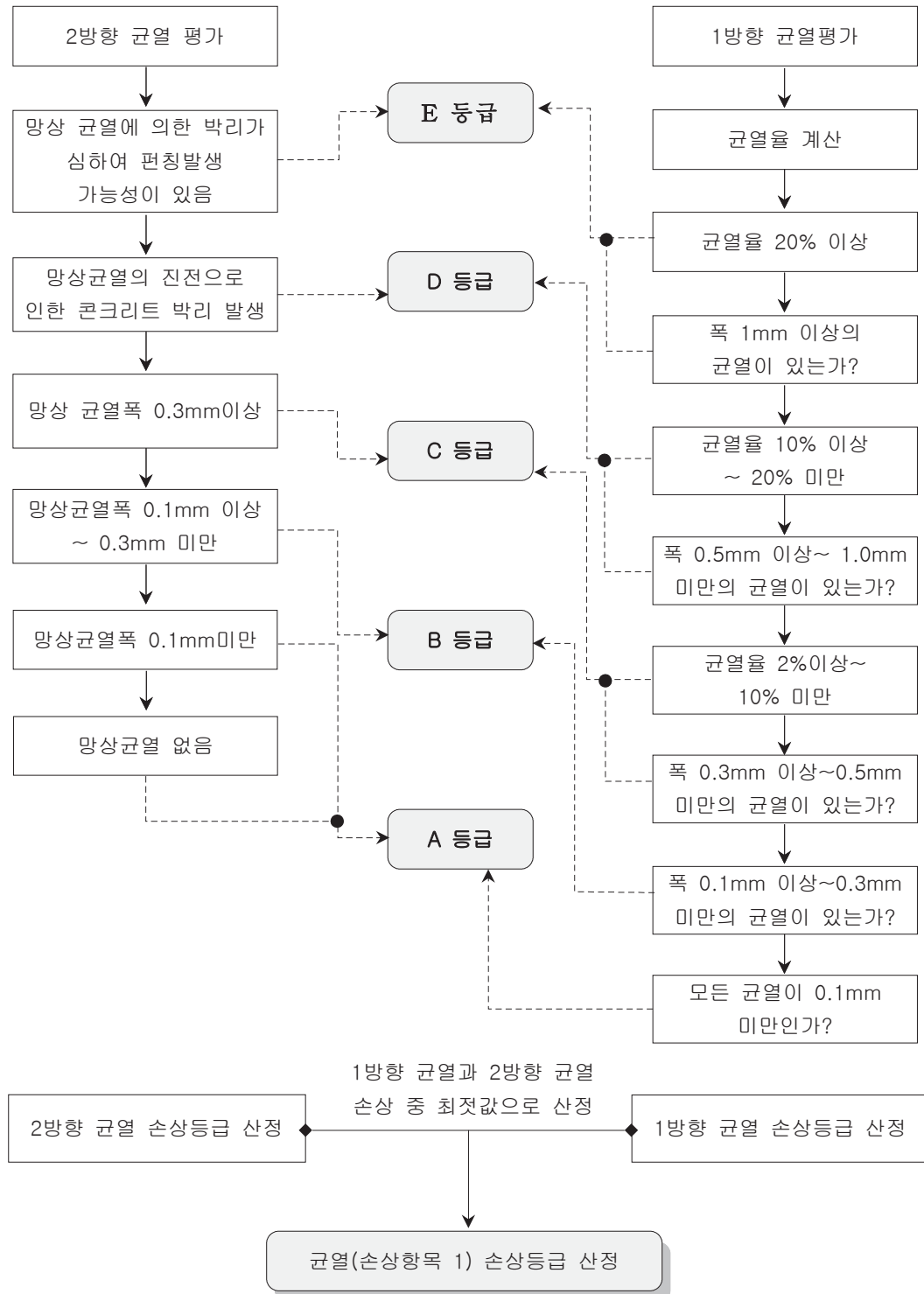
$$= \{A + B + C + D + E\}(\text{가로}) \times L(\text{세로})$$

[해설 그림 1.4.7] 박스 거더교의 바닥판 조사단위 면적 산정-1련 2박스

5. 콘크리트 바닥판의 상태평가 항목 중에 균열과 열화 및 손상은 다음의 순서도 절차에 준하여 수행한다.

(1) 상태평가 절차

① 균열 (항목 1)



[해설 그림 1.4.8] 콘크리트 바닥판의 상태평가 순서도

2) 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑)

[표 1.12] 강 바닥판, 강 거더, 강 교각(강 주탑) 상태평가 기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음
b	○ 보조부재의 국부적 균열	○ 보조부재의 국부적 변형	○ 보조부재 2%미만	○ 부분적 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)	○ 도장탈락 면적 10%미만 ○ 부식발생 면적 2%미만
c	○ 보조부재의 전반적 균열 ○ 주부재의 국부적 균열	○ 보조부재의 전반적 변형 및 파단 ○ 주부재의 국부적 변형 ○ 주탑하단부 연결 볼트 부식	○ 보조부재 2%이상~10%미만 ○ 주부재 2% 미만	○ 주부재의 심한 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷) ○ 부분적 용입부족, 용접누락	○ 도장탈락 면적 10%이상 ○ 부식발생 면적 2%이상~10%미만
d	○ 주부재의 전반적 균열	○ 주부재의 전반적 변형 및 파단 ○ 좌굴에 의한 주부재 변형 ○ 주탑하단부 연결 볼트 파단	○ 보조부재 10%이상 ○ 주부재 2%이상~10%미만	○ 인장플랜지 용접 연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	○ 부식발생 면적 10%이상 ○ 부식에 의한 단면손상 면적 10%미만
e	○ 균열이 주부재 단면의 20% 이상 진전	○ 좌굴에 의한 과대 변형 및 파단으로 주부재의 안전성 저하	○ 주부재 10%이상	○ 인장플랜지 용접연결부 균열진전으로 인해 연결기능 상실	○ 부식에 의한 단면손상 면적 10%이상

< 해설 >

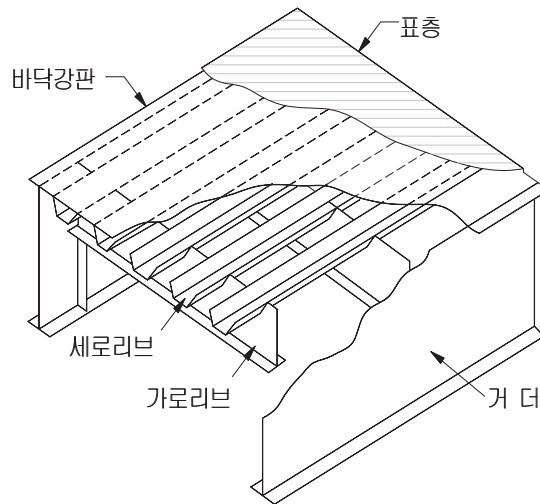
- 본 상태평가 기준은 강 바닥판, 강 거더, 강 교각 및 케이블 교량의 보강형과 강 주탑의 상태평가에 적용한다.
- 강재 거더에 대한 상태평가지 용접연결부에 대한 육안조사 및 비파괴조사 결과를 반영하여 상태평가를 수행한다.
- 주부재라 함은 바닥판(거더)의 구성요소 중 하중을 직접 전달하는 요소를 말하며, 보조부재라 함은 주부재의 변형을 방지하기 위한 보강재를 말한다. 즉, 강박스의 경우 상,하부 플랜지, 복부판, 종리브, 지점부 격벽은 주부재이며, 수평/수직보강재, 횡리브는 보조부재이다.
- 용접불량의 종류를 내하력저하를 유발하지 않는 가벼운 용접결함(기공, 슬래그, 언더컷)과 내하력저하 가능성이 있는 중대 용접결함(용접누락, 용입부족)으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.
- 부식발생면적과 도장탈락면적을 구분하여 평가한다. 즉, 도장탈락은 부재의 내하력 저하와 무관하므로 평가기준을 완화하며, 부식이 발생하였을 경우에는 부식에 의한 단면손상이 시작되었다고 볼 수 있으므로 보다 엄격한 평가기준을 적용한다.
- 강 부재의 균열은 모재 및 용접연결부 균열을 포함한다.
- 강 주탑의 경우 케이블 정착구와 새들은 케이블 시스템에 포함하여 평가하며, 주탑 본체는 강 교각의 평가기준을 적용한다. 강 주탑 평가지 보조주탑 및 기초와의 연결부 볼트의 부식 및 파단에 대한 손상항목을 추가한다.
- 하중이 집중되는 부재연결판(트러스교의 현재, 사재, 수직재, 아치교의 아치부재, 수직재, 케이블 교량의 케이블 정착구)에 심한 부식, 균열, 변형과 같은 손상이 발생된 경우에는 연결판의 안전성을 별도로 평가한다.

【해설】

1. 강교량의 구성 및 부재구분

(1) 상태평가에서 분류하는 주부재 및 2차부재를 다음과 같이 구분한다.

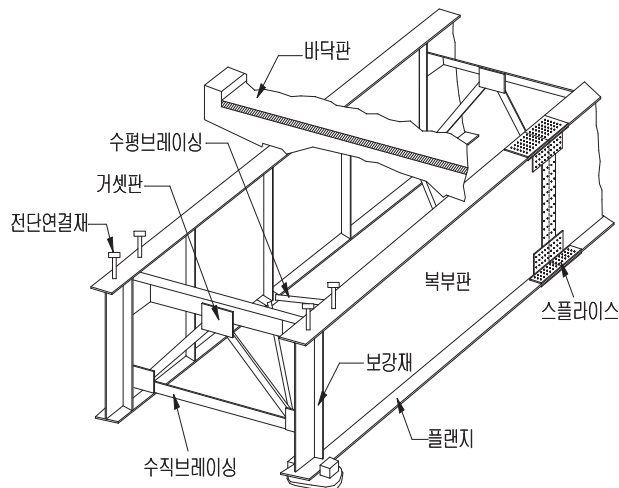
① 강바닥판



- 주부재
 - 바닥 강판
 - 세로리브
- 2차부재(보조부재)
 - 가로리브

[해설 그림 1.4.9] 강바닥판의 부재구성

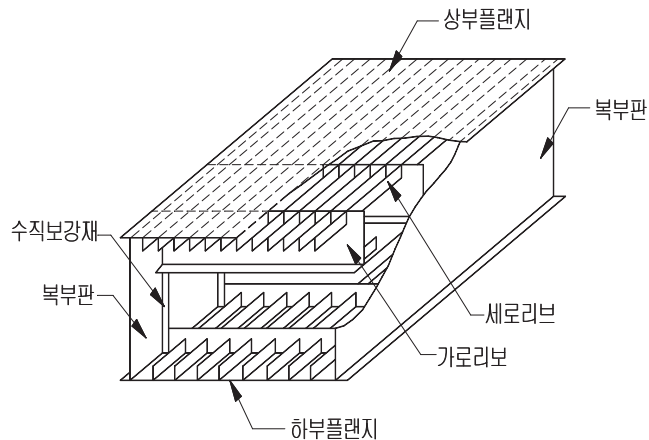
② 플레이트 거더교



- 주부재
 - 상 · 하부 플랜지
 - 복부판
- 2차부재(보조부재)
 - 보강재
 - 수직 · 수평 브레이싱

[해설 그림 1.4.10] 플레이트 거더교의 부재구성

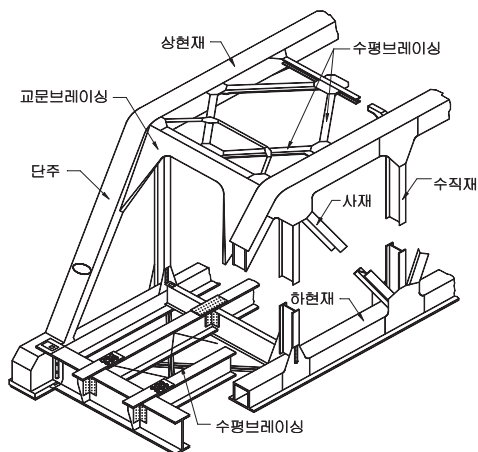
③ 강박스 거더교



- 주부재
 - 상·하부 플랜지
 - 복부판
 - 세로(중)리브
 - 지점부 격벽
- 2차부재 (보조부재)
 - 수직 · 수평 보강재
 - 가로(횡)리브

[해설 그림 1.4.11] 강박스 거더교의 부재구성

④ 트러스



- 주부재
 - 상 · 하현재
 - 복부재, 사재
- 2차부재 (보조부재)
 - 수직 · 수평 브레이싱

[해설 그림 1.4.12] 트러스교의 부재구성

(2) 손상을 계산방법

① 연결볼트 이완·탈락

(가) 연결볼트의 이완·탈락에 대한 손상은 수량을 기준으로 한다. 주부재의 경우는 개별부재(경간당, 지점당, 또는 거더당)를 조사단위로 하고 보조부재의 경우 경간을 조사단위로 한다.

(나) 주부재의 손상을

$$\frac{\sum \text{이완·탈락 볼트수}}{\text{경간, 지점 또는 개별부재의 총 볼트수}} \times 100 = \%$$

(다) 보조부재의 손상을

$$\frac{\sum \text{이완·탈락 볼트수}}{\text{한 경간의 총 볼트수}} \times 100 = \%$$

② 표면열화

(가) 표면열화에 대한 손상율은 주부재의 면적을 기준으로 평가한다. 따라서 조사단위 면적은 강바닥판의 경우 한경간의 면적, 강거더의 경우 경간의 거더 개별부재 면적, 강교각 및 강주탑의 경우 지점단위의 개체 면적을 조사단위 면적으로 한다.

(나) 도장탈락 면적율

$$\frac{\sum \text{주부재의 도장탈락 면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \%$$

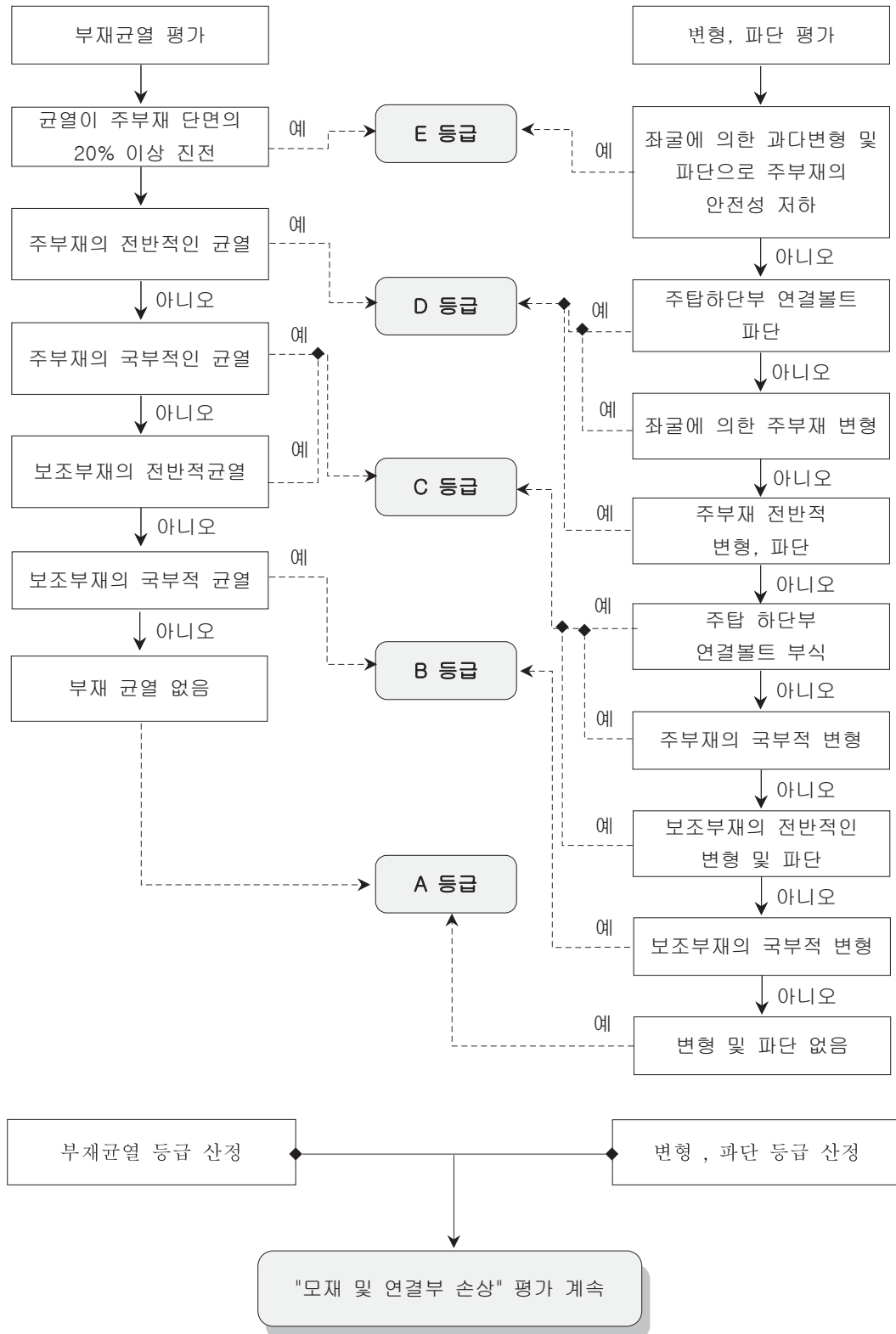
(다) 부식면적율

$$\frac{\sum \text{주부재의 부식발생 면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \%$$

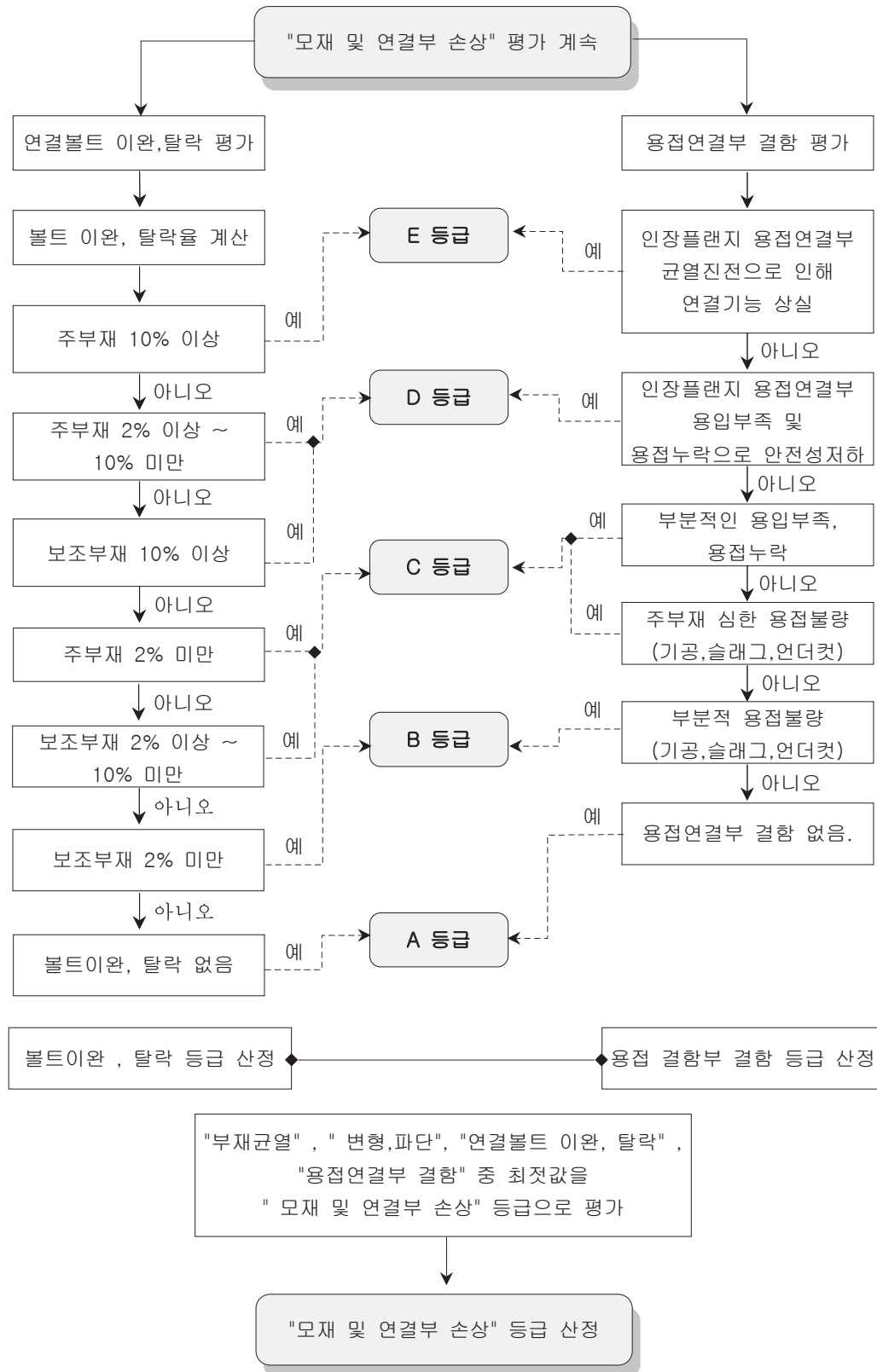
2. 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑)의 상태평가 항목 중에 균열과 표면열화는 다음의 순서도 절차에 준하여 수행한다.

(1) 상태평가 절차

① 모재 및 연결부 손상 (항목 1)

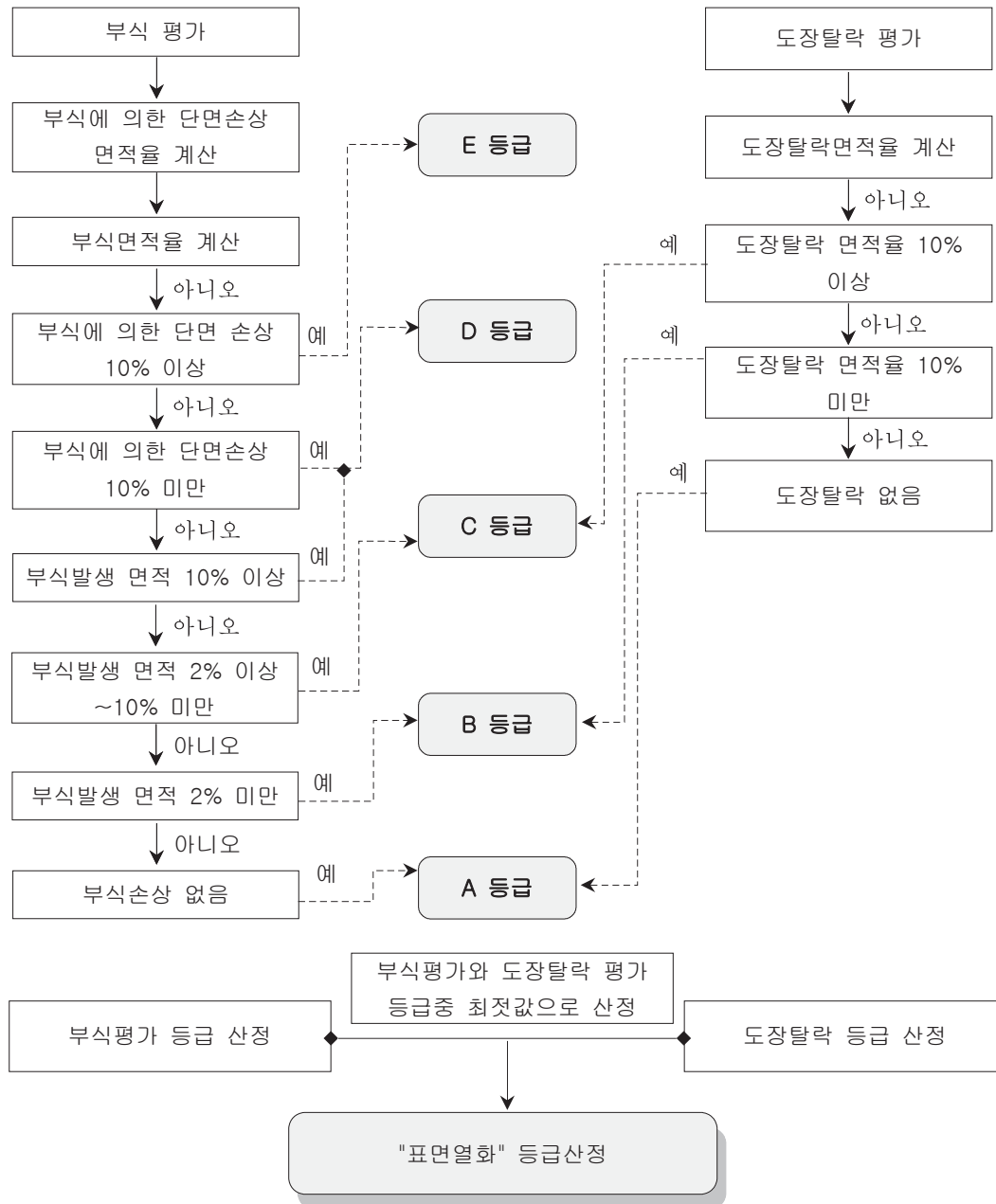


[해설 그림 1.4.13] 강바닥판, 강거더, 강교각의 상태평가 순서도



[해설 그림 1.4.13] 강바닥판, 강거더, 강교각의 상태평가 순서도(계속)

② 표면열화 (항목 2)



[해설 그림 1.4.13] 강바닥판, 강거더, 강교각의 상태평가 순서도(계속)

※ 개별부재 평가결과는 항목1(모재 및 연결부 손상)과 항목2(표면열화) 중에서 최소등급으로 산정한다.

예) ◦ 모재 및 연결부 손상 : A

 ◦ 표면열화 : B

 개별부재 평가결과 : B

3) 철근콘크리트 거더

[표 1.13] 철근콘크리트 거더 상태평가 기준

기준	균열	열화 및 손상
a	○ 균열폭 0.1mm 미만	○ 없음
b	○ 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	○ 표면 손상면적 2%미만
c	○ 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만	○ 표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○ 철근부식 손상면적 2%미만
d	○ 균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만 ○ 내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	○ 표면 손상면적 10%이상 ○ 철근부식 손상면적 2%이상
e	○ 균열폭 1.0mm이상 ○ 휨균열 과다발생 및 과대처짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	○ 지점부 콘크리트 파손으로 인한 거더의 안전성 저하

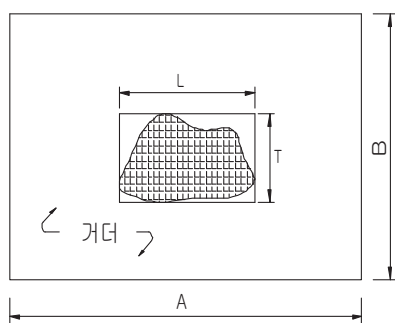
< 해설 >

- 본 상태평가 기준은 RCT거더교, 라멘교 및 프리플렉스교의 거더와 RC박스거더교의 거더부(복부판과 하부플랜지)의 상태평가에 적용한다.
- 철근콘크리트 부재의 경우 재료 및 구조적 특성상 어느 정도의 균열을 동반하는 구조체이며, 사인장균열과 휨균열 및 기타 균열을 구분하지 않고 하나의 평가 기준을 적용하였다.
- 0.1mm미만의 균열은 콘크리트 부재에 흔히 발생할 수 있는 미세균열로써 평가기준을 “a”로 분류하였고, 1.0mm이상의 균열은 구조적 균열로써 “e”로 분류하였다.
- 철근콘크리트 거더에 발생한 손상의 경우, 철근에 영향을 미치지 않을 경우에는 표면손상으로, 철근노출 및 열화로 인해 철근부식의 가능성이 있을 경우에는 철근부식손상으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.

【해설】

1. “개별부재”라 함은 평가의 최소부재 단위로써 철근콘크리트 거더의 개별부재는 경간의 거더를 개별부재로 분류한다. (예, 1경간 거더1, 1경간 거더2, 2경간 거더1 ...)

(1) 표면손상에 대한 면적을 산정 방법

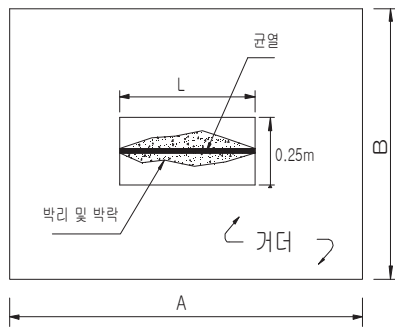


$$\text{■ 표면손상면적율(\%)} = \frac{\sum \text{결함 및 손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

- 조사단위 면적은 경간당 개별거더의 면적을 말한다.

[해설 그림 1.4.14] 철근콘크리트 거더 표면손상 면적을 산정

(2) 철근노출에 대한 면적을 산정 방법



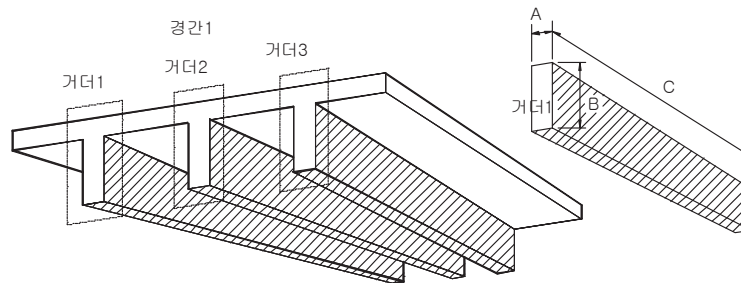
- 철근이 완전히 노출된 경우는 노출면적으로 산정하고, 내부에서 철근 부식시에는 철근노출 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.
- 조사단위 면적은 바닥판 한 경간의 면적을 말한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

[해설 그림 1.4.15] 철근콘크리트 거더 철근 노출 및 부식면적을 산정

$$\text{철근노출면적율(\%)} = \frac{\sum \text{철근노출면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\sum \text{철근노출길이}(L) \times 0.25m}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

(3) 거더의 조사단위면적 산정방법

- ① 철근콘크리트 거더의 조사단위는 경간에서의 거더별 개체에 해당되므로 조사단위면적은 개별 거더의 면적으로 나타낸다.



[해설 그림 1.4.16] 철근콘크리트 거더의 조사단위 면적 산정

(가) T형 거더

○ 조사단위면적

(거더1)의 조사단위면적 = {A (폭) + 2×B (높이)} × C (세로)

(거더2)의 조사단위면적 = {A (폭) + 2×B (높이)} × C (세로)

(거더3)의 조사단위면적 = {A (폭) + 2×B (높이)} × C (세로)

(나) 철근콘크리트 박스거더

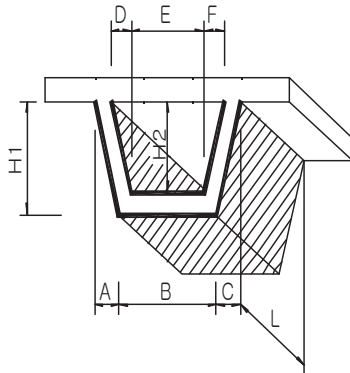
○ 박스거더의 조사단위면적은 내부와 외부를 더한 값으로 한다.

○ 박스거더부의 플랜지는 바닥판으로 평가하므로 복부와 하부플랜지의 면적으로 조사단위 면적을 산정하여야 한다.

○ 철근콘크리트 박스거더의 조사단위는 경간에서의 거더별 개체에 해당되므로 조사단위면적은 개별 거더의 면적으로 나타낸다.

○ 2련 박스 거더의 경우 2련의 박스를 하나의 개별부재로 본다. 그러나 1련 2박스(3박스, . . .)의 경우 박스의 개수에 따라 개별부재를 분할한다.

☞ 1련 박스



■ 조사단위 면적

$$\text{외부} = \{ \sqrt{H1^2 + A^2} + B + \sqrt{H1^2 + C^2} \} \times L$$

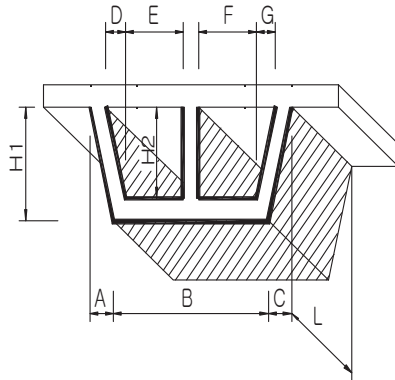
$$\text{내부} = \{ \sqrt{H2^2 + D^2} + E + \sqrt{H2^2 + F^2} \} \times L$$

전체 조사단위 면적

$$= \text{외부 조사단위 면적} + \text{내부 조사단위 면적}$$

[해설 그림 1.4.17] 철근콘크리트 박스 거더의 조사단위 면적 산정-1련박스

☞ 2련 박스



■ 조사단위 면적

$$\text{외부} = \{ \sqrt{H1^2 + A^2} + B + \sqrt{H1^2 + C^2} \} \times L$$

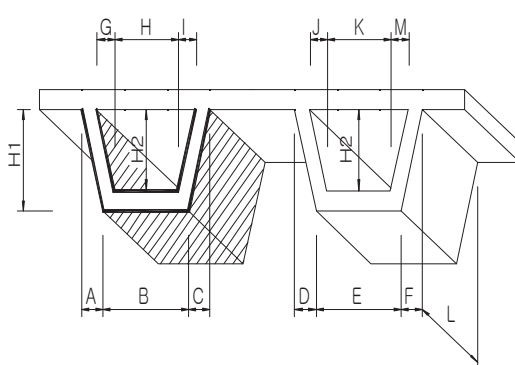
$$\text{내부} = \{ \sqrt{H2^2 + D^2} + E + \sqrt{H2^2 + F^2} \} \times L$$

전체 조사단위 면적

$$= \text{외부 조사단위 면적} + \text{내부 조사단위 면적}$$

[해설 그림 1.4.18] 철근콘크리트 박스 거더의 조사단위 면적 산정-2련박스

☞ 1련 2박스



■ 조사단위 면적

$$\text{외부} = \{ \sqrt{H1^2 + A^2} + B + \sqrt{H1^2 + C^2} \} \times L$$

$$\text{내부} = \{ \sqrt{H2^2 + G^2} + H + \sqrt{H2^2 + I^2} \} \times L$$

전체 조사단위 면적

$$= \text{외부 조사단위 면적} + \text{내부 조사단위 면적}$$

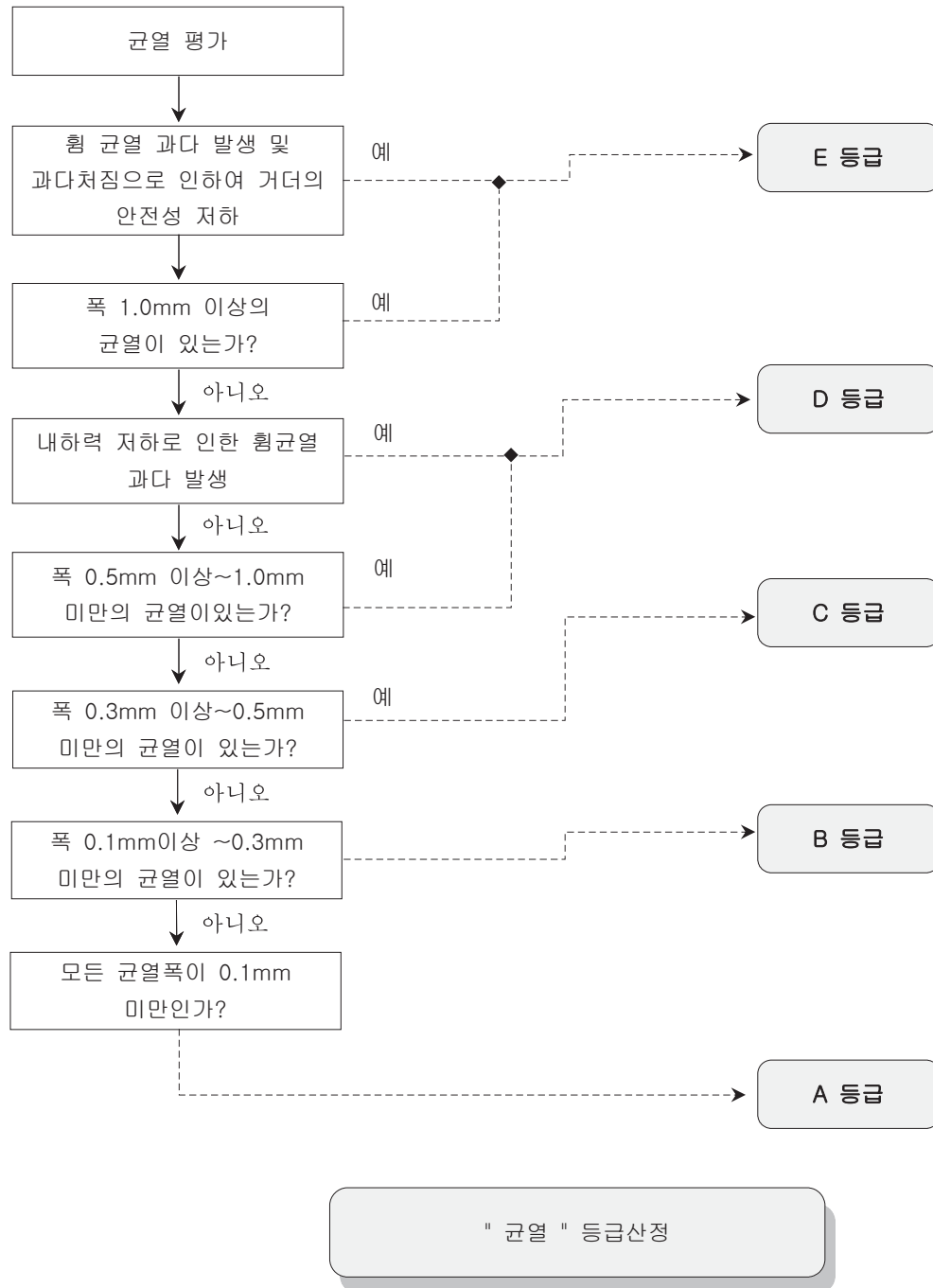
■ 박스 2는 박스 1과 동일한 방법으로 산정한다.

[해설 그림 1.4.19] 철근콘크리트 박스 거더의 조사단위 면적 산정-1련 2박스

2. 콘크리트 거더의 상태평가 항목 중에 균열과 열화 및 손상은 다음의 순서도 절차에 준하여 수행한다.

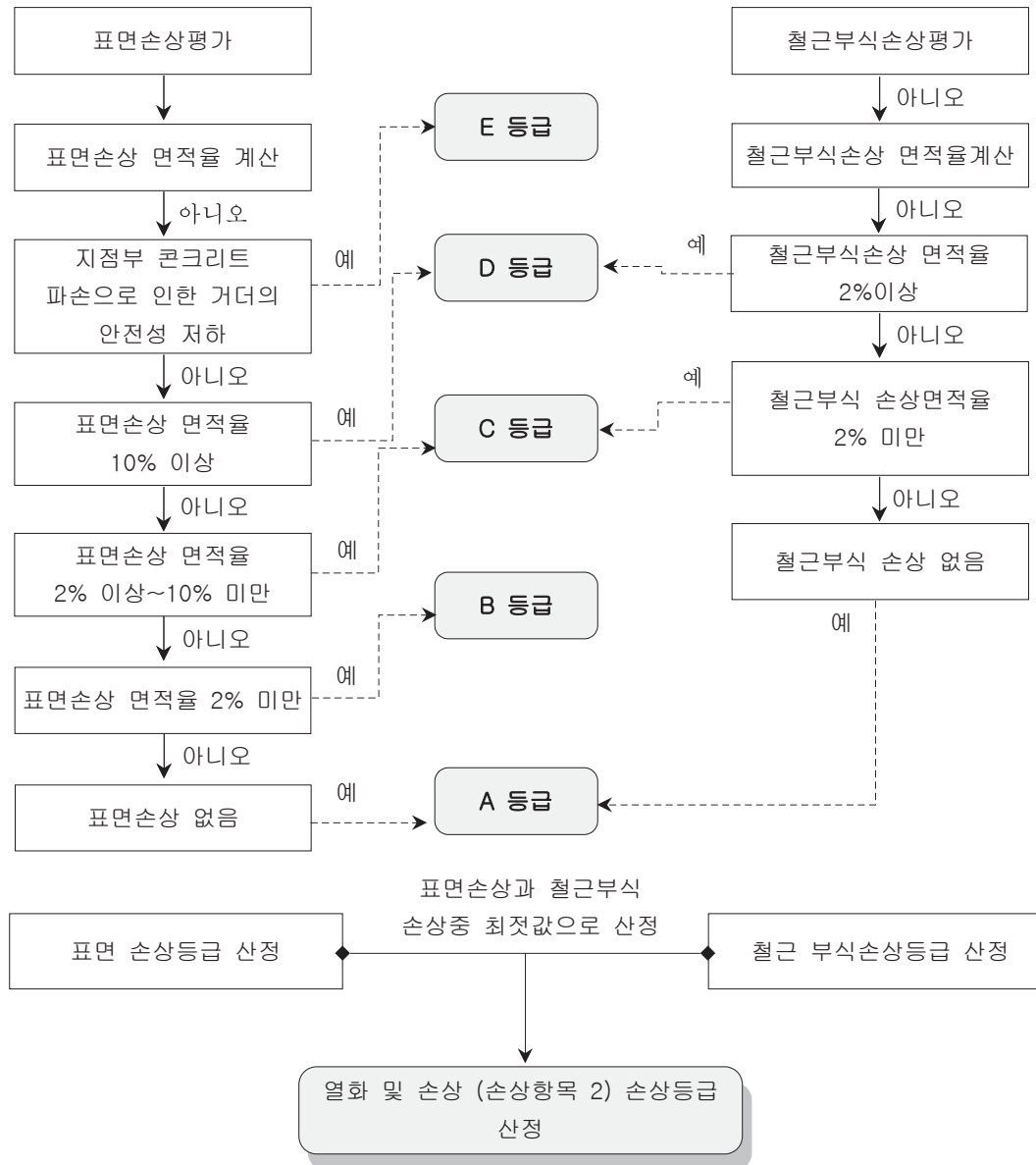
(1) 상태평가 절차

① 균열 (항목 1)



[해설 그림 1.4.20] 철근콘크리트 거더의 상태평가 순서도

② 열화 및 손상 (항목 2)



[해설 그림 1.4.20] 철근콘크리트 거더의 상태평가 순서도(계속)

※ 개별부재 평가결과는 항목1(균열)과 항목2(열화 및 손상) 중에서 최소등급으로 산정한다.

예) ◦ 균열 평가결과 : A
 ◦ 열화 및 손상 평가결과 : C
 개별부재 평가결과 : C

4) 프리스트레스 콘크리트 거더

[표 1.14] 프리스트레스 콘크리트 거더 상태평가 기준

기준	균열	열화 및 손상
a	○ 없음	○ 없음
b	○ 균열폭 0.2mm미만	○ 표면 손상면적 2%미만
c	○ 균열폭 0.2mm이상~0.3mm미만	○ 표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○ 철근부식 손상면적 2%미만
d	○ 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만 ○ 내하력저하로 인한 휨균열 과다발생	○ 표면손상면적 10%이상 ○ 철근부식 손상면적 2%이상
e	○ 균열폭 0.5mm이상 ○ 휨균열 과다발생 및 과대처짐으로 인하여 거더의 안전성 저하	○ 단부 콘크리트의 심한 파손 또는 강선 정착부 파손으로 인한 부재의 안정성 저하

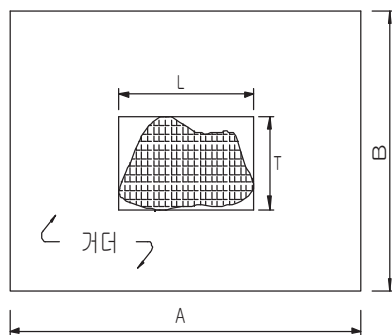
< 해설 >

- 본 상태평가 기준은 PSCI거더교의 거더, PSC박스거더교 및 케이블교량의 PSC 거더부(복부판과 하부플랜지)의 상태평가에 적용한다.
- 프리스트레스 콘크리트 거더의 경우에는 텐던으로 인해 철근콘크리트 거더보다 균열발생 가능성이 적으므로 균열의 평가 기준을 중앙부(휨) 균열, 받침부(사인장) 균열 및 정착부 균열로 구분하지 않고 하나의 평가 기준을 적용한다.
- 프리스트레스 콘크리트 거더의 단부 콘크리트가 파손이 심하거나 정착부 파손으로 안정성이 저하되는 경우 평가기준을 “e”로 평가하며, 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.
- PSC 부재는 균열이 발생하지 않도록 설계하므로, 균열이 없을 경우의 평가기준은 “a”로, 0.5mm 이상의 균열이 발생할 경우 내하력저하로 인한 거더의 안전성이 우려되므로 “e”로 분류한다.
- PSC 박스거더의 경우 하부플랜지와 복부는 거더로 평가하며, 상부플랜지는 바닥판으로 평가한다.
- 부재에 발생한 손상은 콘크리트 부분에 국한된 표면손상과 철근노출, 탄산화 및 염화물로 인한 철근부식 가능성이 있는 철근부식 손상으로 구분하여 평가한다.

【해설】

1. 프리스트레스 콘크리트 거더 상태평가 기준은 다음과 같다.

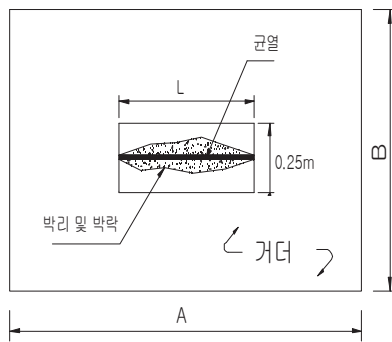
(1) 표면손상에 대한 면적을 산정 방법



$$\blacksquare \text{ 표면손상면적율(\%)} = \frac{\sum \text{결함 및 손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

[해설 그림 1.4.21] 프리스트레스 콘크리트 거더의 표면손상 면적을 산정

(2) 철근노출에 대한 면적을 산정 방법



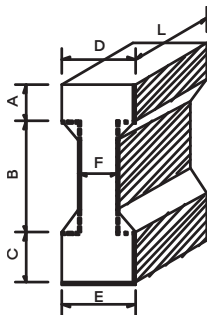
- 철근이 완전히 노출된 경우는 노출면적으로 산정하고, 내부에서 철근 부식시에는 철근노출 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.
- 조사단위 면적은 바닥판 한 경간의 면적을 말한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

[해설 그림 1.4.22] 프리스트레스 콘크리트 거더의 철근노출 및 부식면적을 산정

$$\text{철근노출면적율(\%)} = \frac{\text{철근노출면적}}{\text{단위면적}} \times 100 = \frac{\text{철근노출길이}(L) \times 0.25m}{\text{단위면적}} \times 100$$

(3) 거더의 단위면적 산정방법

☞ PSC I 거더

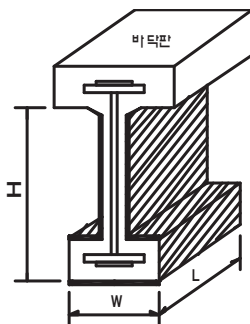


- PSC I 거더의 조사단위면적은 현치부를 무시하고 간략하게 계산한다.
- 조사단위 면적

$$\{2 \times (A + B + C) + 2 \times (D + E - F)\} \times L$$
- 조사단위 면적은 경간당 개별거더의 면적을 말한다.

[해설 그림 1.4.23] PSC I 거더의 조사단위 면적 산정

☞ 프리플렉스 거더



- 프리플렉스빔교의 거더는 상부플랜지부가 바닥판이므로 복부와 하부플랜지부의 면적을 조사단위 면적으로 한다.
- 조사단위 면적

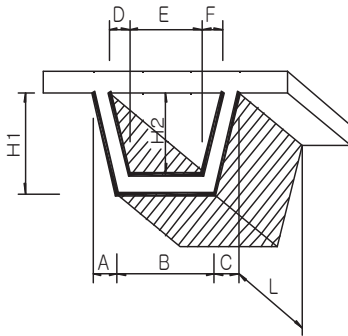
$$= \{2 \times (H + W)\} \times L$$
- 조사단위 면적은 경간당 개별거더의 면적을 말한다.

[해설 그림 1.4.24] 프리플렉스 거더의 조사단위 면적 산정

(4) 프리스트레스 박스거더

(가) 철근콘크리트 박스거더와 형상이 같으므로 철근콘크리트 박스거더의 조사단위 면적 산정법을 따른다.

☞ 1련 박스



■ 조사단위 면적

$$\text{외부} = \{ \sqrt{H^2 + A^2} + B + \sqrt{H^2 + C^2} \} \times L$$

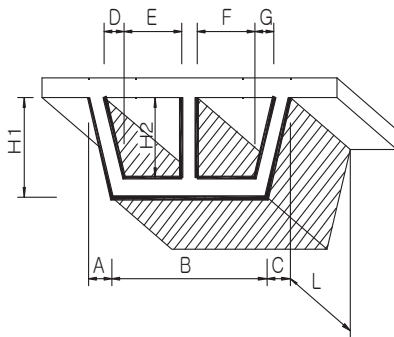
$$\text{내부} = \{ \sqrt{H^2 + D^2} + E + \sqrt{H^2 + F^2} \} \times L$$

전체 조사단위 면적

$$= \text{외부 조사단위 면적} + \text{내부 조사단위 면적}$$

[해설 그림 1.4.25] 프리스트레스 박스거더의 조사단위 면적 산정-1련박스

☞ 2련 박스



■ 조사단위 면적

$$\text{외부} = \{ \sqrt{H^2 + A^2} + B + \sqrt{H^2 + C^2} \} \times L$$

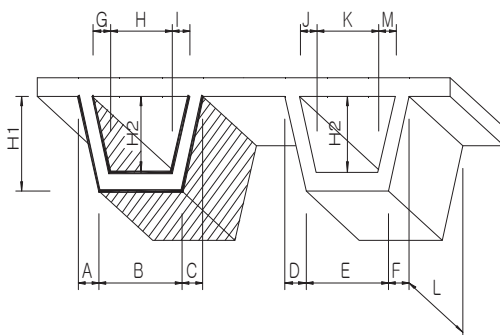
$$\text{내부} = \{ \sqrt{H^2 + D^2} + E + \sqrt{H^2 + F^2} \} \times L$$

전체 조사단위 면적

$$= \text{외부 조사단위 면적} + \text{내부 조사단위 면적}$$

[해설 그림 1.4.26] 프리스트레스 박스거더의 조사단위 면적 산정-2련박스

☞ 1련 2박스



■ 조사단위 면적

$$\text{외부} = \{ \sqrt{H^2 + A^2} + B + \sqrt{H^2 + C^2} \} \times L$$

$$\text{내부} = \{ \sqrt{H^2 + G^2} + H + \sqrt{H^2 + I^2} \} \times L$$

전체 조사단위 면적

$$= \text{외부 조사단위 면적} + \text{내부 조사단위 면적}$$

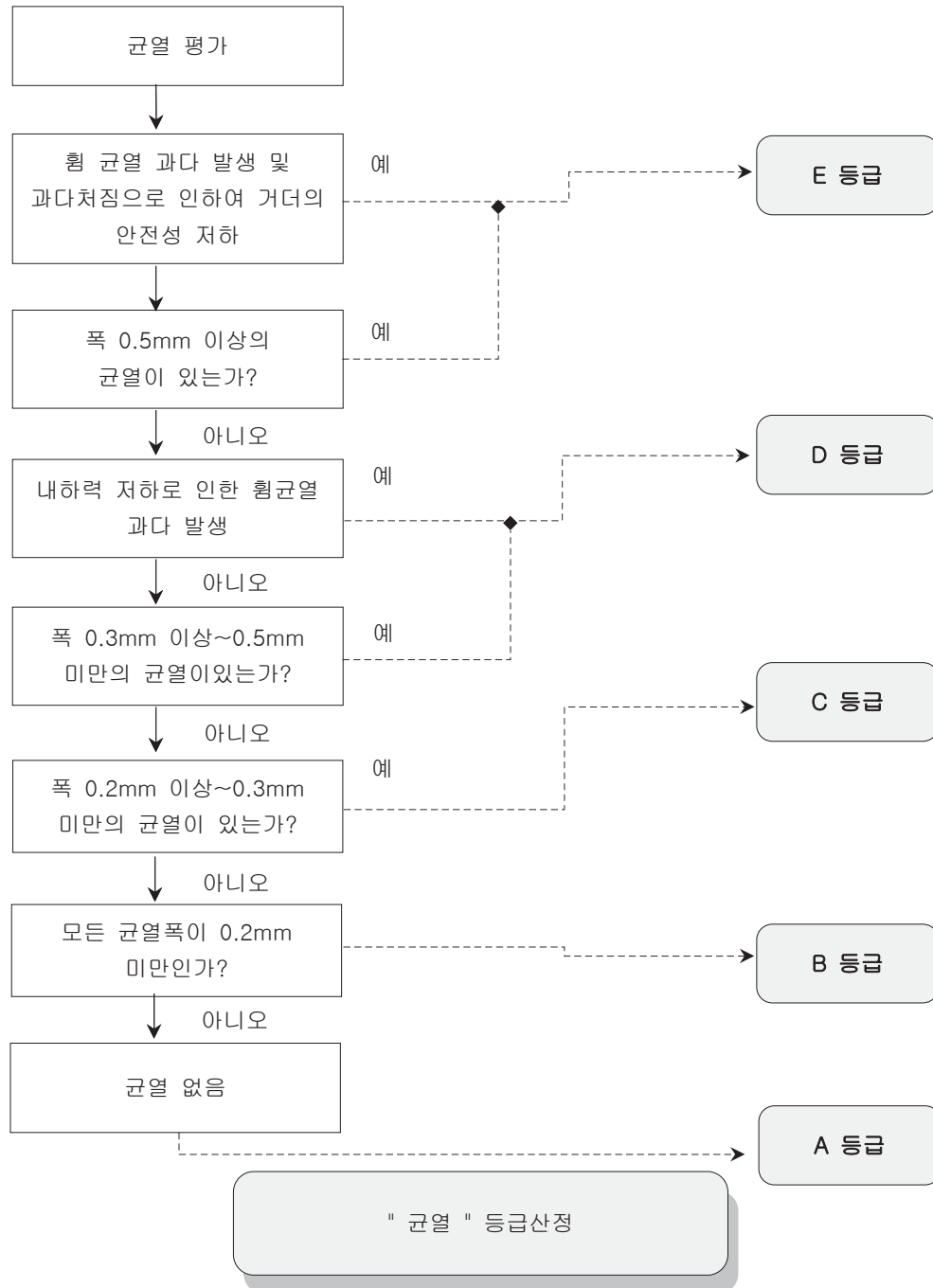
■ 박스 2는 박스 1과 동일한 방법으로 산정한다.

[해설 그림 1.4.27] 프리스트레스 박스거더의 조사단위 면적 산정-1련 2박스

2. 프리스트레스 콘크리트 거더의 상태평가 항목 중에 균열과 열화 및 손상은 다음의 순서도 절차에 준하여 수행한다.

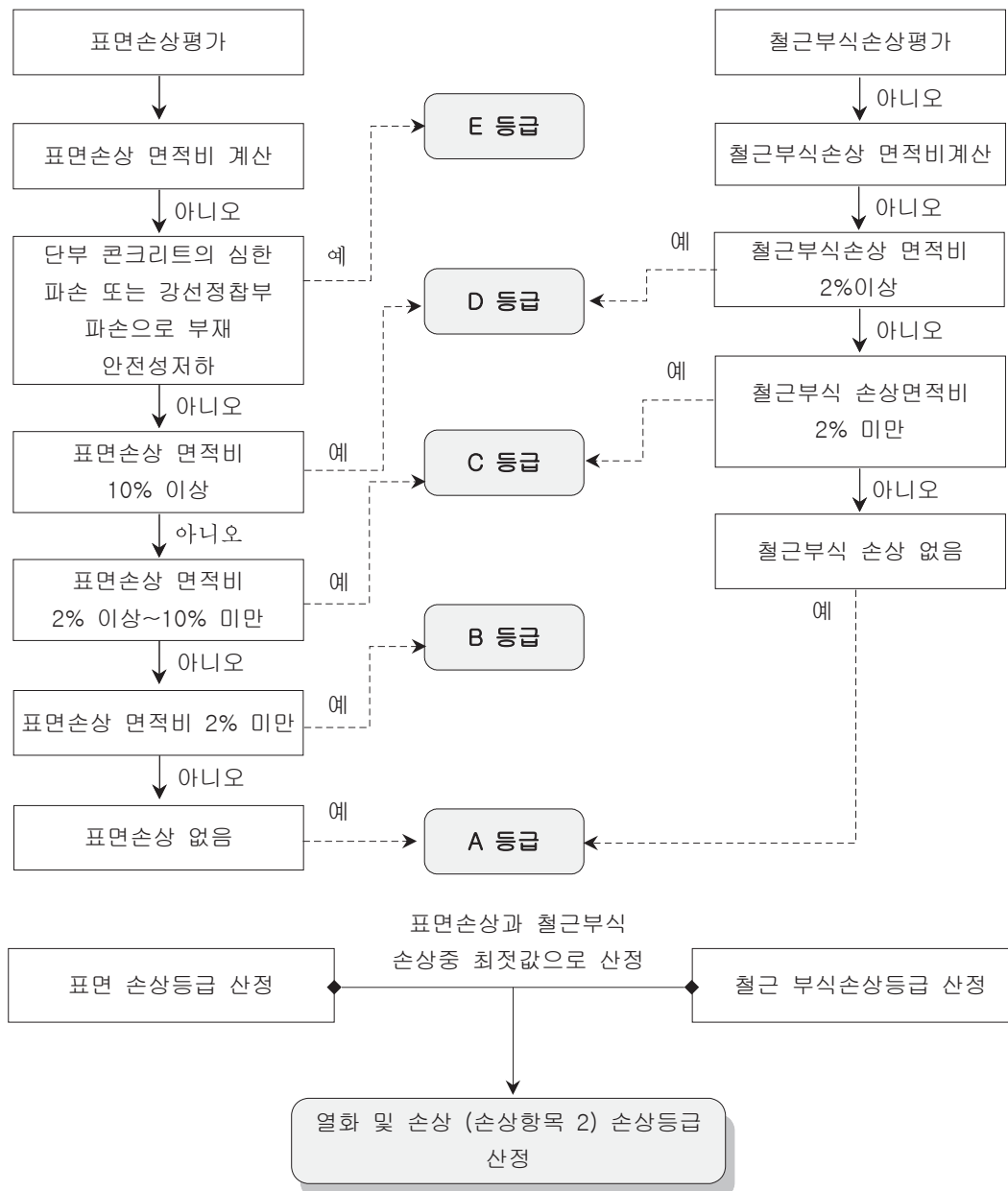
(1) 상태평가 절차

① 균열 (항목 1)



[해설 그림 1.4.28] 프리스트레스 콘크리트거더의 상태평가 순서도

② 열화 및 손상 (항목 2)



[해설 그림 1.4.28] 프리스트레스 콘크리트거더의 상태평가 순서도(계속)

※ 개별부재 평가결과는 항목1(균열)과 항목2(열화 및 손상) 중에서 최소등급으로 산정한다.

예) ◦ 균열 평가결과 : A
 ◦ 열화 및 손상 평가결과 : C
 개별부재 평가결과 : C

5) 콘크리트 가로보

[표 1.15] 콘크리트 가로보 상태평가 기준

기준	균열	열화 및 손상, 철근부식
a	○ 균열폭 0.1mm미만	○ 없음
b	○ 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	○ 표면 손상면적 2%미만
c	○ 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만	○ 표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○ 철근부식 손상면적 2%미만
d	○ 균열폭 0.5mm이상	○ 표면 손상면적 10%이상 ○ 철근부식 손상면적 2%이상
e	—	—

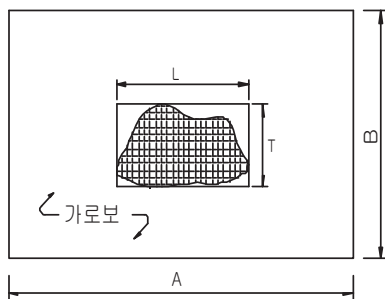
< 해설 >

- 본 상태평가 기준은 콘크리트 교량의 RC 및 PSC 가로보와 라멘교의 기둥과 기둥사이를 연결하는 중간보의 상태평가에 적용한다.
- 2차부재인 철근콘크리트 가로보의 경우, 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 부재에 발생한 손상은 콘크리트 부분에 국한된 표면손상과 철근노출, 탄산화 및 염화물로 인한 철근부식 가능성이 있는 철근부식 손상으로 구분하여 평가한다.

【해설】

1. 콘크리트 가로보의 상태평가 기준은 다음과 같다

(1) 표면손상에 대한 면적을 산정 방법

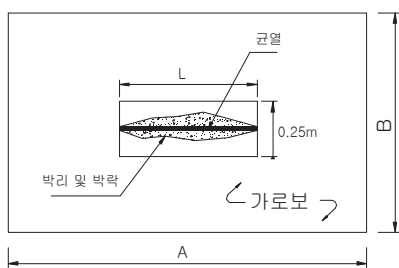


$$\text{표면손상면적율(\%)} = \frac{\sum \text{결함 및 손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

- 조사단위 면적은 한 경간의 가로보의 면적의 총합으로 한다.

[해설 그림 1.4.29] 콘크리트 가로보의 표면손상 면적을 산정

(2) 철근노출 면적을 산정방법

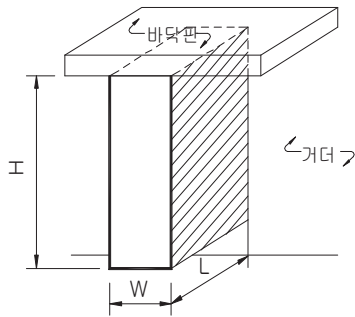


- 철근이 완전히 노출된 경우는 노출면적으로 산정하고, 내부에서 철근 부식시에는 철근노출 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.
- 조사단위 면적은 바닥판 한 경간의 면적을 말한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

[해설 그림 1.4.30] 콘크리트 가로보의 철근노출 및 부식면적을 산정

$$\text{철근노출면적율(\%)} = \frac{\sum \text{철근노출면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\sum \text{철근노출길이}(L) \times 0.25m}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

(3) 조사 단위면적 산정방법



▪ 조사 단위면적

$$= \sum [\{ 2 \times H + W \} \times L]$$

▪ 조사단위 면적은 한 경간의 가로보의 면적의 총합으로 한다.

[해설 그림 1.4.31] 콘크리트 가로보의 조사단위 면적 산정

2. 콘크리트 가로보의 상태평가 항목 중에 균열과 열화 및 손상은 다음의 순서도의 절차에 준하여 수행한다.

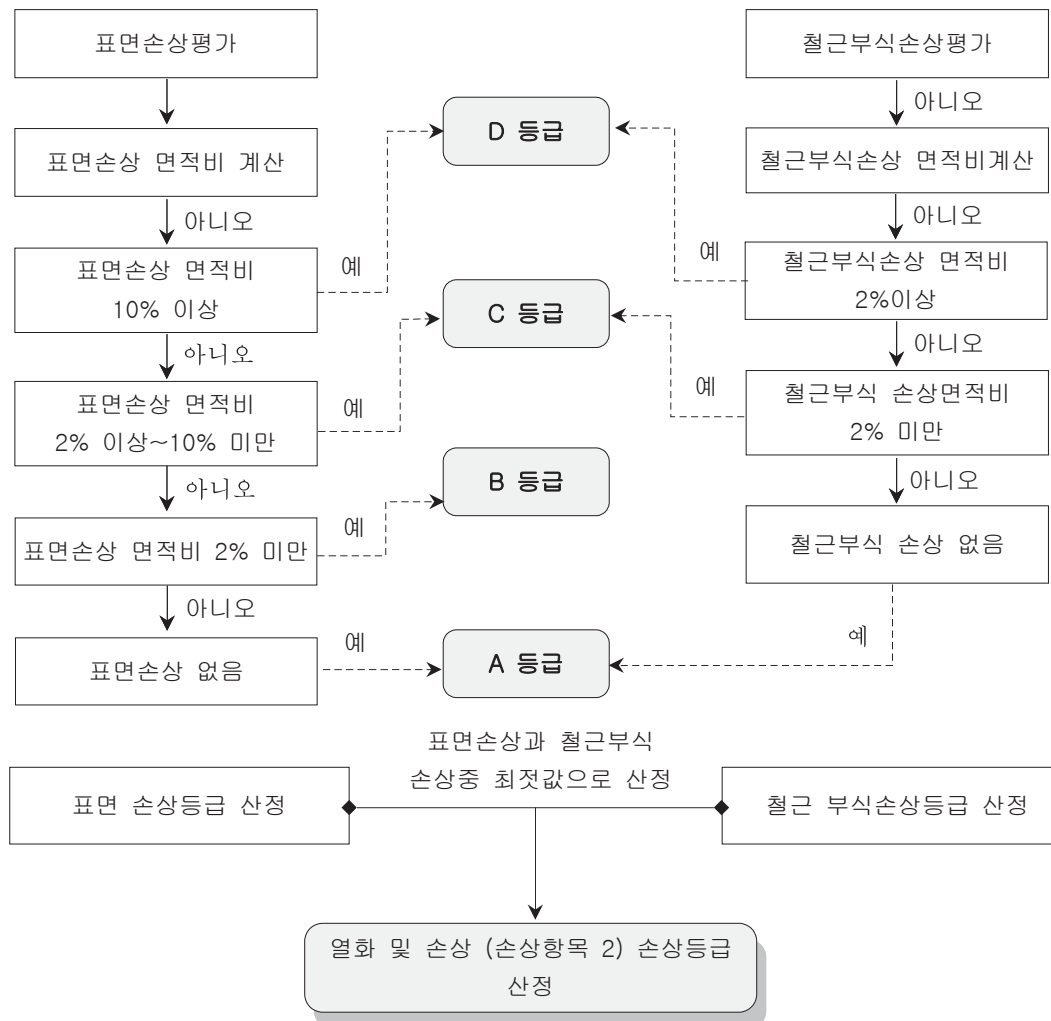
(1) 상태평가 절차

① 균열 (항목 1)



[해설 그림 1.4.32] 콘크리트 가로보의 상태평가 순서도

② 열화 및 손상 (항목 2)



[해설 그림 1.4.32] 콘크리트 가로보의 상태평가 순서도(계속)

※ 개별부재 평가결과는 항목1(균열)과 항목2(열화 및 손상) 중에서 최소등급으로 산정한다.

예) ◦ 균열 평가결과 : A
 ◦ 열화 및 손상 평가결과 : C
 개별부재 평가결과 : C

6) 강 가로보와 세로보

[표 1.16] 강 가로보와 세로보 상태평가 기준

기준	모재 및 연결부 손상				표면열화
	부재의 균열	변형, 파단	연결 볼트 이완, 탈락	용접연결부 결함	
a	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음
b	○ 보조부재의 국부적 균열	○ 보조부재의 국부적 변형	○ 보조부재 2%미만	○ 부분적 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷)	○ 도장손상 면적 10%미만 ○ 부식발생 면적 2%미만
c	○ 보조부재의 전반적 균열 ○ 주부재의 국부적 균열	○ 주부재의 국부적 변형 ○ 변형 및 충격에 의한 손상발생	○ 보조부재 2%이상~10%미만 ○ 주부재 2% 미만	○ 주부재의 심한 용접불량 (기공, 슬래그, 언더컷) ○ 부분적 용입부족, 용접누락	○ 도장손상 면적 10%이상 ○ 부식발생 면적 2%이상~10%미만 ○ 부식에 의한 단면 손상 면적 2%미만
d	○ 주부재의 전반적 균열	○ 주부재의 압축부 좌굴에 의한 변형 ○ 부재의 파단 발생	○ 보조부재 10%이상 ○ 주부재 2%이상	○ 인장플랜지 용접 연결부 용입부족 및 용접누락으로 인한 안전성저하	○ 부식발생 면적 10%이상 ○ 부식에 의한 단면 손상 면적 2%이상
e	—	—	—	—	—

< 해 설 >

- 본 상태평가 기준은 강I거더교, 플레이트거더교, 강박스거더교, 트러스교, 아치교 및 케이블교량의 강 가로보와 세로보의 상태평가에 적용한다.
- 2차부재인 강재 가로보 및 세로보의 경우 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 주부재라 함은 가로보(세로보)의 구성요소 중 하중을 직접 전달하는 요소를 말하며, 보조부재라 함은 주부재의 변형을 방지하기 위한 보강재를 말한다. 즉, 가로보의 경우 상,하부 플랜지, 복부판은 주부재이며, 수직보강재는 보조부재이다.
- 용접연결부 결함에 대한 상태평가 기준을 용접불량의 종류에서 내하력 저하를 유발하지 않는 가벼운 용접결함(기공, 슬래그, 언더컷)과 내하력 저하 가능성이 있는 중대 용접결함(용접누락, 용입부족)으로 구분하여 서로 다른 평가기준을 적용한다.
- 부식 발생면적과 도장 손상면적을 구분하여 평가한다. 즉, 도장손상은 도장탈락, 변색 등 강재를 보호하는 도장의 기능이 저하된 상태를 말하며, 부재의 내하력 저하와 무관하므로 평가기준을 완화하고, 부식이 발생하였을 경우에는 부식에 의한 단면손상이 시작되었다고 볼 수 있으므로 보다 엄격한 평가기준을 적용한다.
- 강 부재의 균열은 모재 및 용접연결부 균열을 포함한다.

【해설】

1. 강 가로보와 세로보의 상태평가 기준은 다음과 같다.

(1) 연결볼트 이완, 탈락 손상을 계산방법

$$\text{주부재 손상율} = \frac{\sum \text{한 경간 주부재의 볼트 이완, 탈락 개수}}{\text{한 경간 총 주부재 연결볼트 개수}} \times 100 = \%$$

$$\text{보조부재 손상율} = \frac{\sum \text{한 경간 보조부재의 볼트 이완, 탈락 개수}}{\text{한 경간 총 보조부재 연결볼트 개수}} \times 100 = \%$$

(2) 표면열화 손상면적을 계산방법

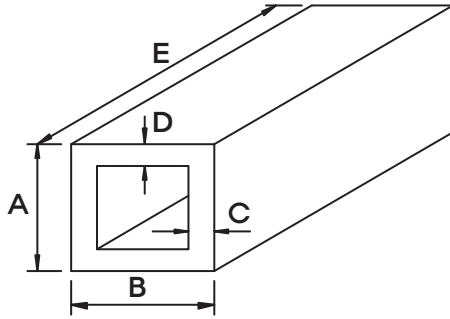
$$\text{도장 손상 면적율} = \frac{\sum \text{한 경간 주부재 도장 손상면적}}{\text{한 경간 총 주부재 면적}} \times 100 = \%$$

$$\text{부식 면적율} = \frac{\sum \text{한 경간 주부재 부식면적}}{\text{한 경간 총 주부재 면적}} \times 100 = \%$$

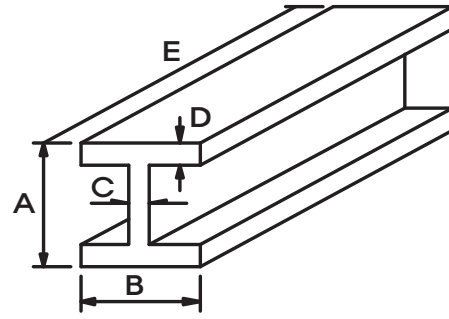
$$\text{부식에 의한 단면손상 면적율} = \frac{\sum \text{한 경간 주부재 손상면적}}{\text{한 경간 총 주부재 면적}} \times 100 = \%$$

(3) 손상면적율 계산을 위한 단면적계산방법

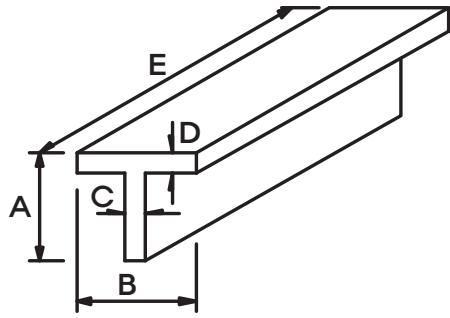
- ① 강가로보 및 세로보는 보통 형강 또는 판형의 조립으로 구성되어 있으므로 다양한 형태를 가진다. 면적계산은 기본적으로 노출된 표면적을 기초로 산정한다. 대표적인 형강에 대해 다음과 분류하였다.



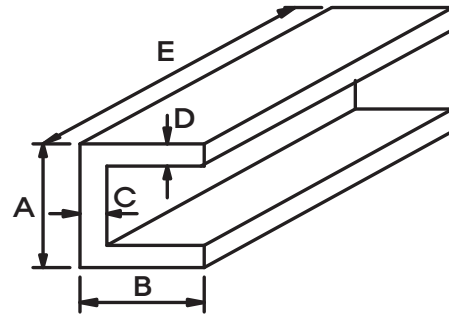
$$\text{면적} = 4 \times (A + B - C - D) \times E$$



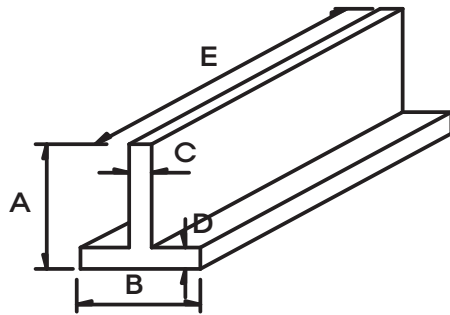
$$\text{면적} = 2 \times (A + 2 \times B - C) \times E$$



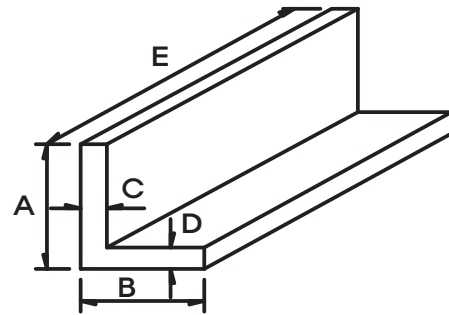
$$\text{면적} = 2 \times (A + B) \times E$$



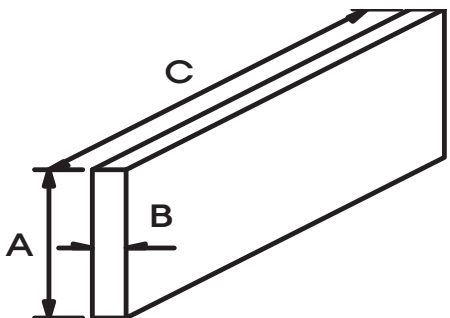
$$\text{면적} = 2 \times (A + 2 \times B - C) \times E$$



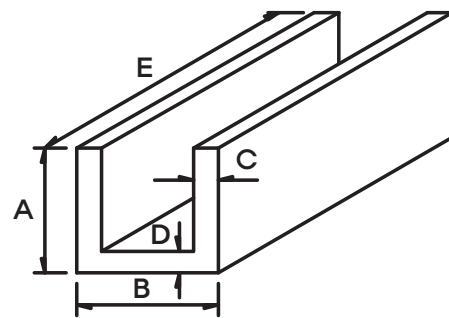
$$\text{면적} = 2 \times (A + B) \times E$$



$$\text{면적} = 2 \times (A + C) \times E$$



$$\text{면적} = 2 \times (A + B) \times E$$



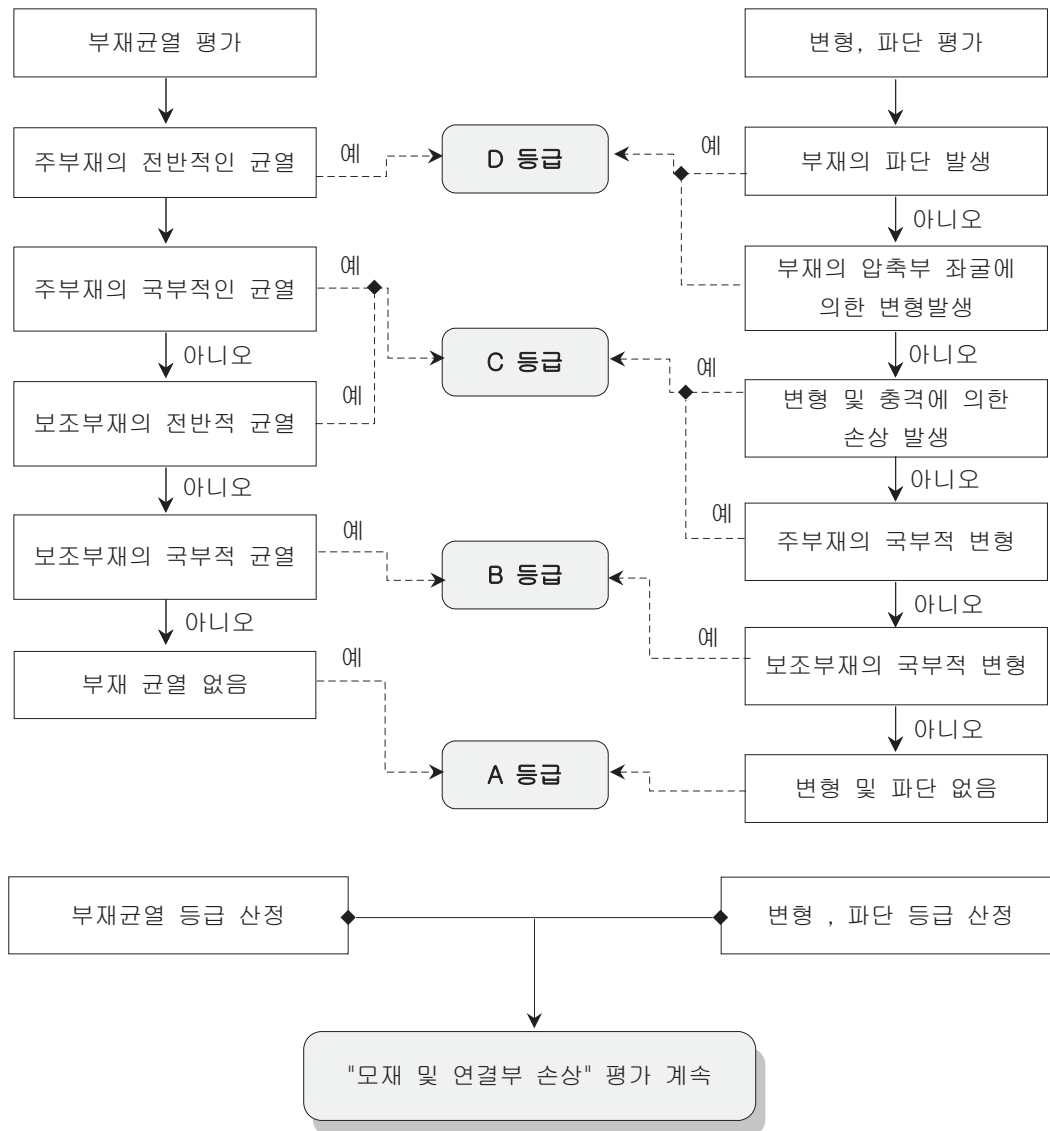
$$\text{면적} = 2 \times (2 \times A + B - D) \times E$$

[해설 그림 1.4.33] 강부재의 기본모형 및 면적계산

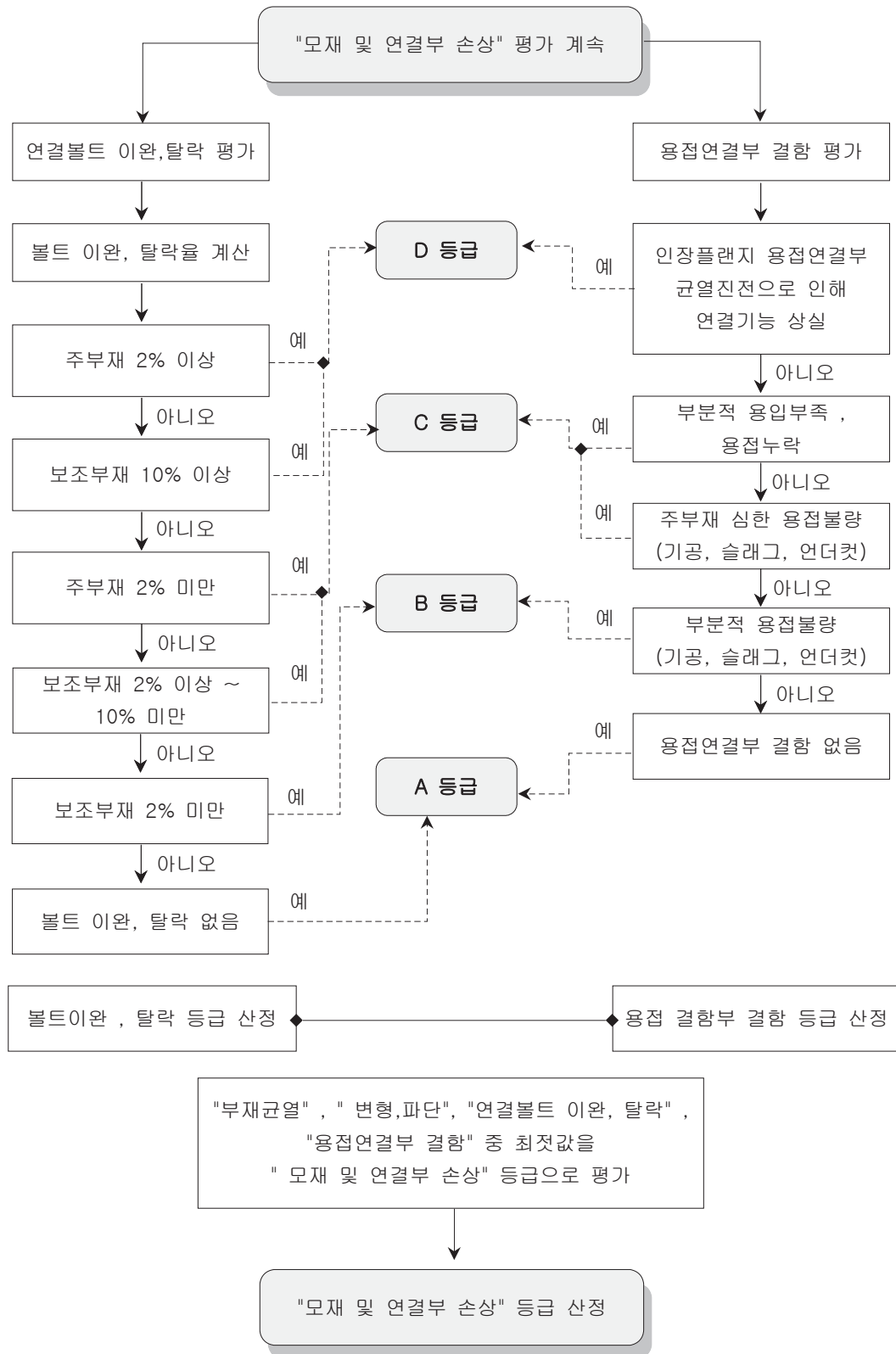
2. 강 가로보와 세로보의 상태평가 항목 중에 균열과 열화 및 손상은 다음의 순서도 절차에 준하여 수행한다.

(1) 상태평가 절차

① 모재 및 연결부 손상 (항목 1)

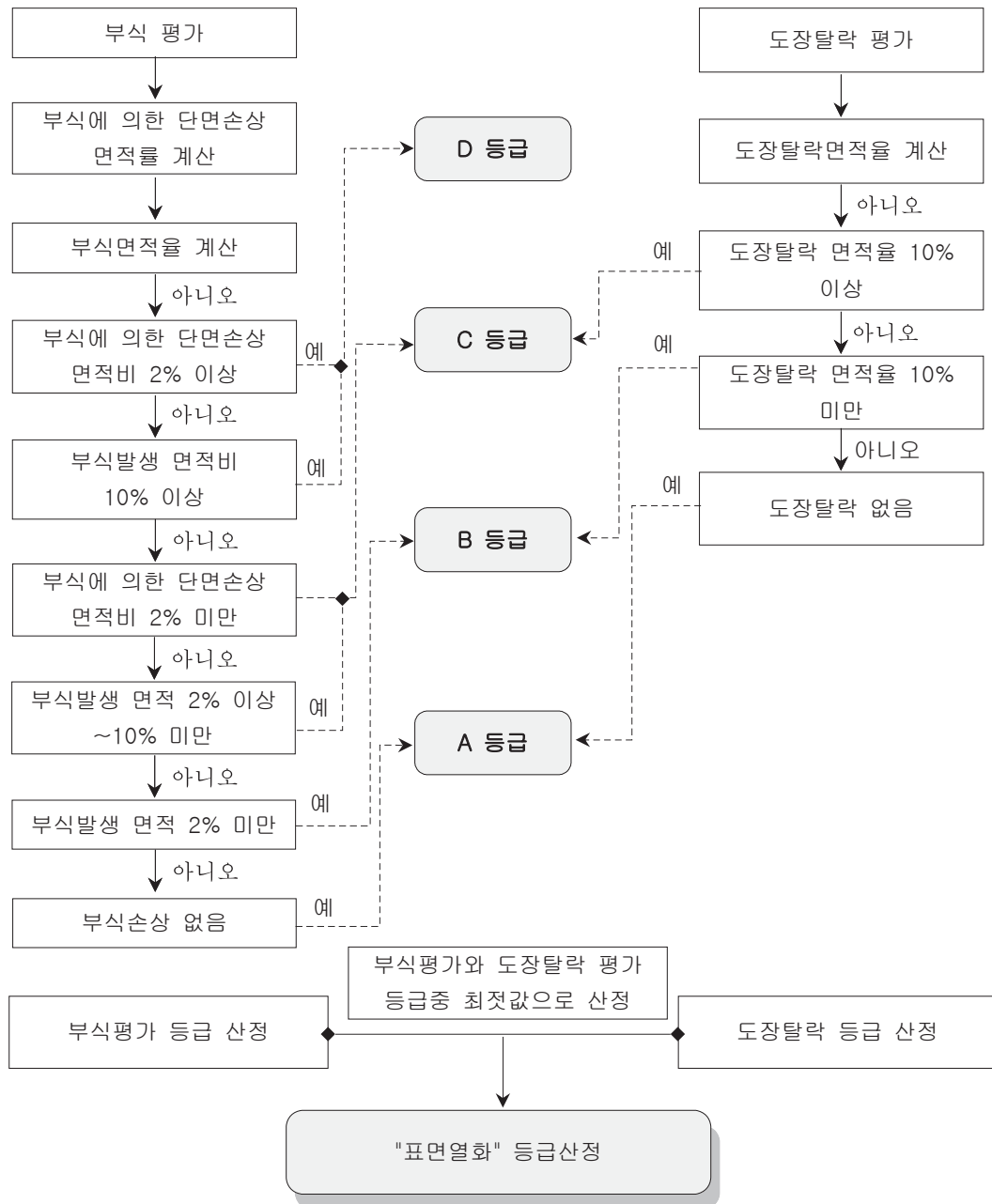


[해설 그림 1.4.34] 강 가로보, 세로보의 상태평가 순서도



[해설 그림 1.4.34] 강 가로보, 세로보의 상태평가 순서도(계속)

② 열화 및 손상 (항목 2)



[해설 그림 1.4.34] 강 가로보, 세로보의 상태평가 순서도(계속)

※ 개별부재 평가결과는 항목1(모재 및 연결부 손상)과 항목2(표면열화) 중에서 최소등급으로 산정한다.

예) ◦ 모재 및 연결부 손상 : B
 ◦ 표면 열화 : D
 개별부재 평가결과 : D

7) 케이블

[표 1.17] 케이블부재 상태평가 기준

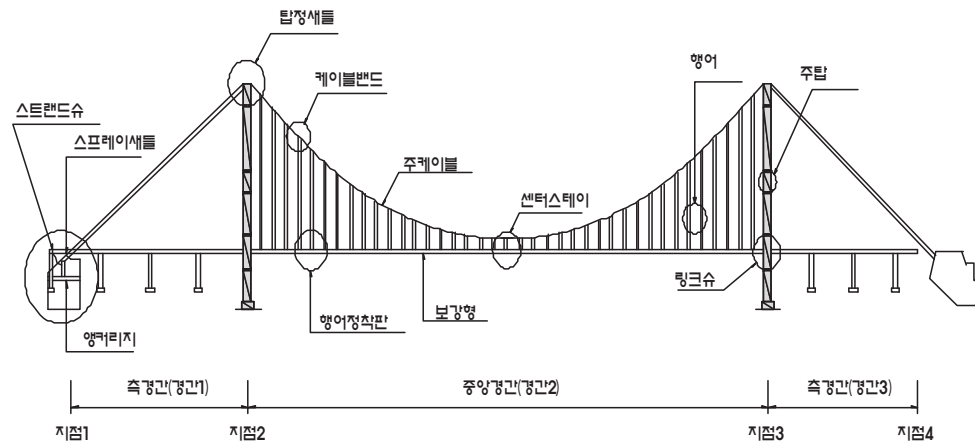
기준	케이블 부재			정착구	행어밴드, 새들
	부식	손상, 단선	보호관		
a	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음	○ 없음
b	○ 도장열화 및 탈락발생 ○ 점녹발생길이 10% 미만	○ 케이블의 변형발생	○ 보호관 파손 길이 2%미만	○ 도장열화 및 탈락 발생 ○ 정착구 누수발생	○ 도장열화 및 탈락발생
c	○ 점녹발생길이 10% 이상 ○ 부식발생길이 2% 미만 ○ 내부소선 부식 발생	○ 케이블의 변형으로 소선 손상 ○ 소선단선 갯수 2%미만	○ 보호관 파손 길이 2%이상~ 10%미만	○ 표면부식 발생 ○ 변형 발생 ○ 댐퍼 열화, 변형 ○ 정착구 채수로 인한 강재부식 및 콘크리트 열화 발생	○ 부식발생 ○ 행어밴드 고정볼트 긴장력 감소
d	○ 부식발생길이 2% 이상 ○ 부식에 의한 단면감소발생 ○ 내부소선 부식으로 인한 단면 손상	○ 소선단선 갯수 2%이상~ 10%미만	○ 보호관 파손 길이 10%이상	○ 부식으로 인한 단면손상 발생 ○ 부분적인 파손 ○ 댐퍼 이탈, 파손 ○ 정착구 채수로 인한 강재 단면 손상 및 콘크리트 파손 발생	○ 부식에 의한 단면 손상 발생 ○ 볼트이완 및 탈락 발생
e	○ 부식에 의해 케이블 소선 단선 발생	○ 소선단선 갯수 10%이상	—	○ 부식 및 파손으로 인한 정착구 안전성 저하	○ 볼트이완 및 탈락으로 인한 변형 및 변위 발생 ○ 행어밴드 및 새들 파손

< 해설 >

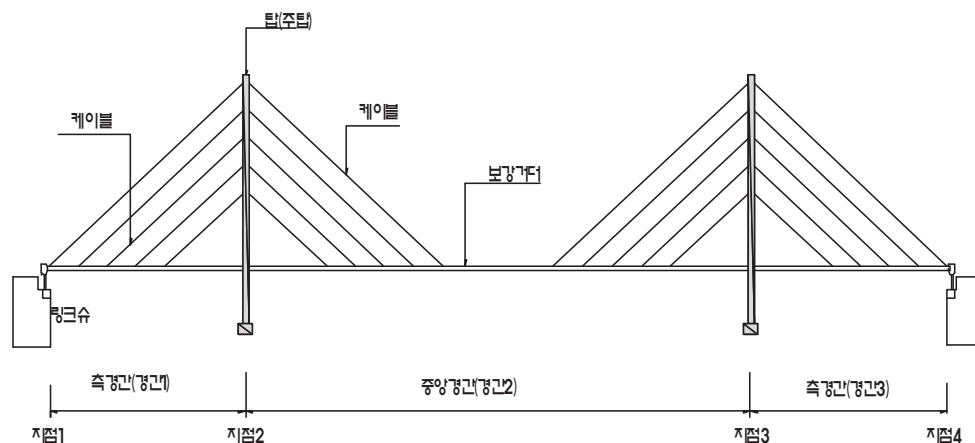
- 본 평가기준은 현수교의 주케이블과 행어케이블, 사장교의 사장재 및 기타형식의 교량케이블의 상태평가에 적용한다.
- 점녹이라 함은 도장두께부족이나 도장하부의 염분입자 등으로 인해 점 모양의 부식이 발생한 것을 말하며, 일반적인 부식평가 기준에 비해 완화된 기준을 적용한다.
- 부식에 의해 발생한 단선은 조치를 취하지 않으면 연속적인 단선이 발생할 가능성이 크므로 엄격한 기준을 적용하여야 하나, 시공중 또는 공용중 일시적으로 발생한 충격에 의해 발생한 단선은 동일한 충격이 지속적으로 반복되지 않으면 손상이 진행되지 않으므로 부식에 의한 단선보다는 완화된 기준을 적용한다.
- 내부소선의 부식발생여부는 채기조사방법에 의해 확인한다.
- 사장교 사장재에 보호관이 설치되어 있을 경우, 부분적으로 절취하여 케이블의 상태를 확인할 수 있으나, 전체적인 케이블의 상태를 직접적으로 확인할 수 없으므로, 보호관의 상태만 평가한다. 이 경우 보호관의 상태평가 기준 범위는 “a~d”이며, 보호관의 손상길이가 전체길이의 10%이상일 경우(d)에는 손상된 보호관을 제거한 후 케이블의 상태를 직접 확인하여야 한다.
- 현수교의 주탑상부와 앵커블록 내에 설치된 새들은 구조적으로 케이블 부재는 아니지만, 새들의 상태는 주탑이나 앵커블록보다 케이블의 안전과 밀접한 연관이 있으므로 케이블 부재의 평가항목에 포함한다.

【해설】

1. 케이블 교량은 측경간과 중앙경간으로 나눌 수 있고 상태평가 및 손상비를 위한 개별부재의 단위는 경간별로 분할한다. 케이블 부재(주케이블, 행어, 행어밴드)의 손상비 계산 시 경간의 주케이블과 행어케이블을 모두 포함하는 길이 및 개수를 이용하여 산정한다.
2. 새들(스프레이새들, 탭정새들)의 경단별 구분은 스프레이 새들은 측경간에 포함하고 탭정 새들은 중앙경간에 포함하여 각 개소에 대해 평가하고 최댓값을 대표등급으로 산정한다.



(a) 현수교의 부재 및 경간분할



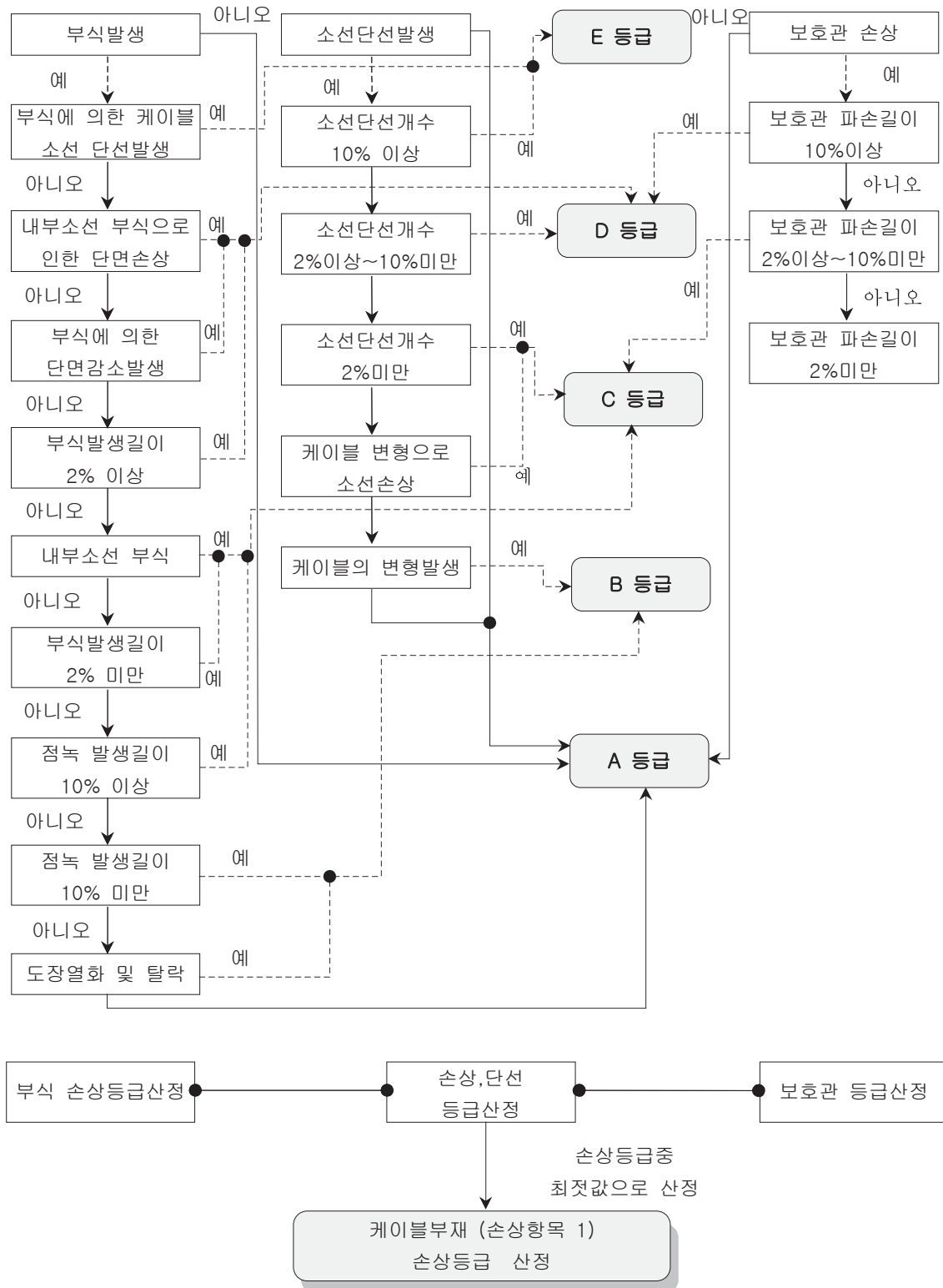
(b) 사장교의 부재 및 경간분할

[해설 그림 1.4.35] 케이블 교량의 부재 및 경간분할

3. 케이블의 상태평가 항목 중에 케이블 부재와 장착구, 행어밴드, 새들은 다음의 순서도 절차에 준하여 수행한다.

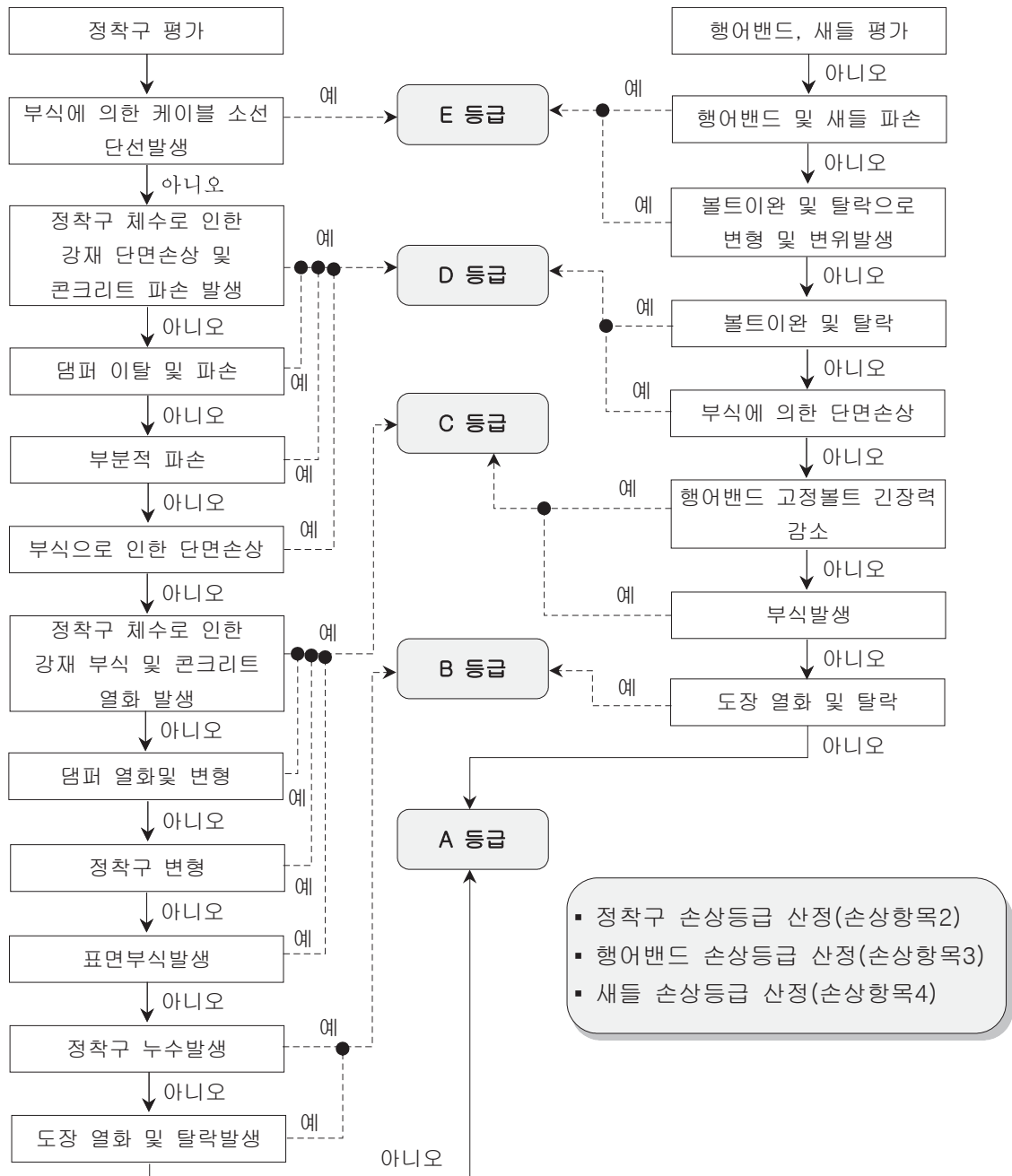
(1) 상태평가 절차

① 케이블 부재



[해설 그림 1.4.36] 케이블의 상태평가 순서도

② 정착구, 행어밴드, 새들



[해설 그림 1.4.36] 케이블의 상태평가 순서도(계속)

※ 개별부재 평가결과는 항목1(케이블부재)과 항목2(정착구), 항목3(행어밴드), 항목4(새들) 중에서 최소등급으로 산정한다.

예) ◦ 케이블 : B ◦ 정착구 : B
 ◦ 행어밴드 : A ◦ 새들 : D

개별부재 평가결과 : D

8) 교대

[표 1.18] 교대 상태평가 기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상
a	○구체 균열폭 0.1mm미만	○ 없음
b	○구체 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	○표면 손상면적 2%미만 ○앵커블록 내부 결로 발생
c	○구체 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만 ○교대와 날개벽사이에 폭 1.0mm이상 의 균열발생	○표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○철근부식 손상면적 2%미만 ○앵커블록 내부 결로에 의한 체수
d	○구체 균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만 ○날개벽 기울음 및 손상 심화 (배면토 유출) ○기초의 부등침하로 인한 구체 기울음	○표면 손상면적 10% 이상 ○철근부식 손상면적 2%이상
e	○구체 균열폭 1.0mm이상 ○날개벽 전도 위험 있음 ○부등침하로 인한 교대 안전성 저하	○코핑부 파손으로 인하여 거더의 탈 락 가능성 있음 ○심한 철근부식으로 인하여 교대의 안전성이 저하됨

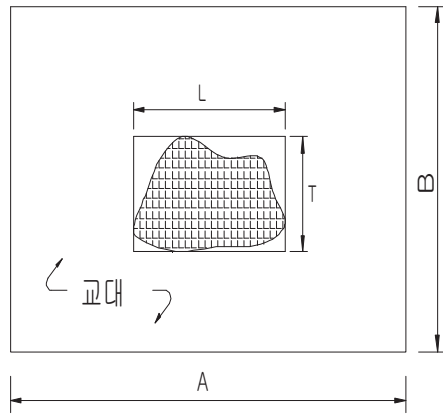
< 해 설 >

- 본 상태평가 기준은 콘크리트로 시공된 모든 형식의 교대와 현수교의 앵커블록의 상태평가에 적용한다.
- 균열폭에 관한 상태평가 기준은 교대 구체에서 발생한 균열에 국한한다.
- 열화 및 손상과 철근부식은 표면손상 면적과 부식으로 인한 철근의 단면손상 발생면적으로 평가한다.
- 상부구조의 침하 및 단차가 발생하거나, 받침 연단부 파손으로 거더의 탈락이 우려되는 경우 “e” 로 평가하며, 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.
- 타정식 현수교의 앵커블록은 교대의 상태평가기준에 준하여 평가하며, 앵커블록을 제외한 하부구조물중에서 하중지지와 토류벽체의 기능을 동시에 갖고 있으면 교대로, 하중지지 기능만 있을 경우에는 교각으로 평가한다.
- 자정식 현수교의 주케이블이 정착되는 교각은 교각의 상태평가 기준에 준하여 평가한다.

【해설】

1. 교대의 상태평가 기준은 다음과 같다.

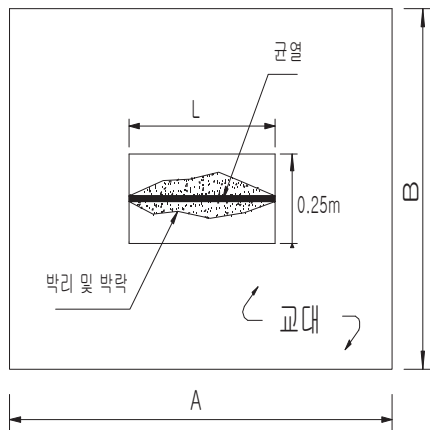
(1) 표면손상에 대한 면적을 산정 방법



$$\blacksquare \text{ 표면손상면적율(\%)} = \frac{\sum \text{결함 및 손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

【해설 그림 1.4.37】 교대의 표면손상 면적을 산정

(2) 철근노출 면적을 산정방법



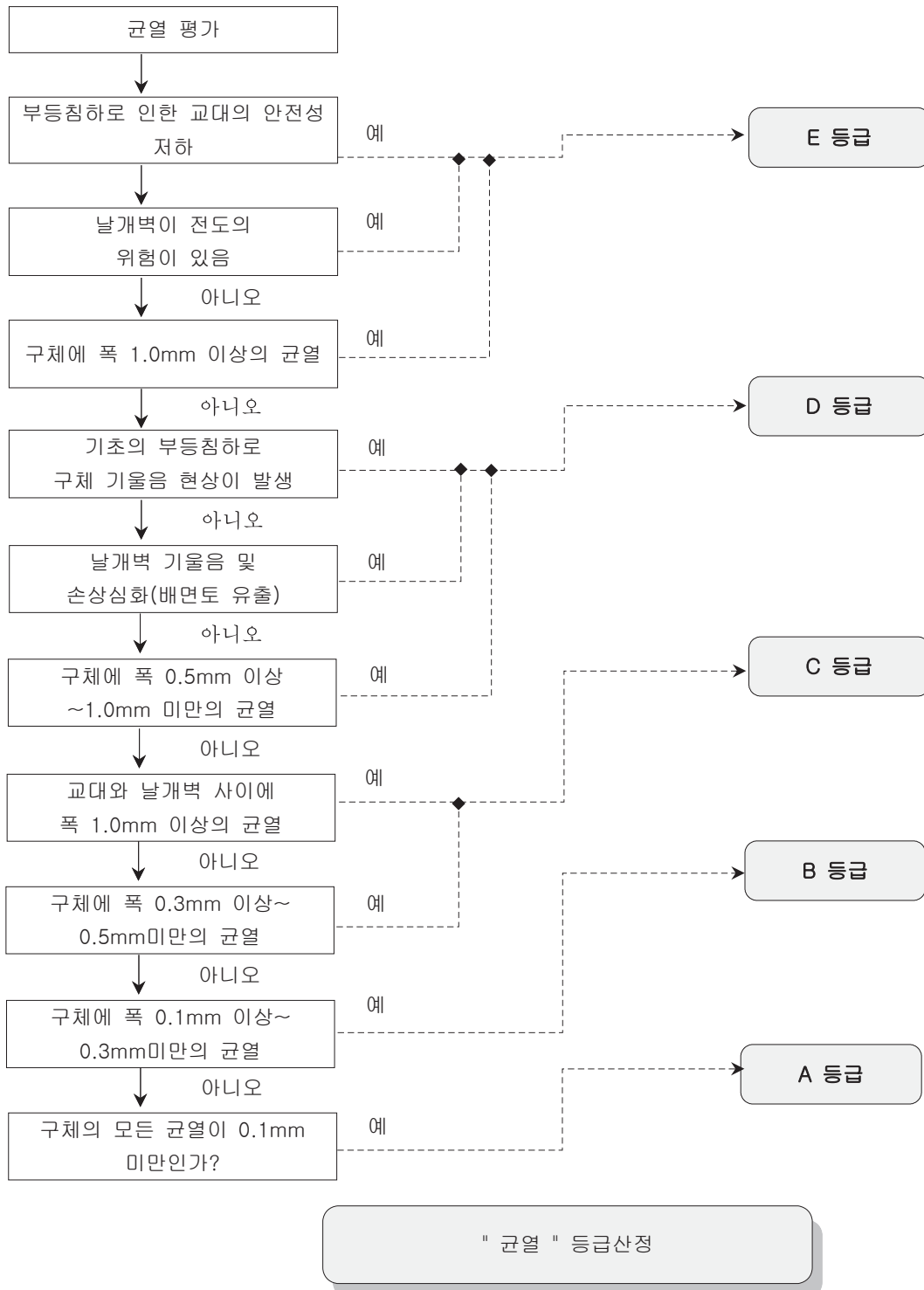
- 철근이 완전히 노출된 경우는 노출면적으로 산정하고, 내부에서 철근 부식시에는 철근노출 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.
- 조사단위 면적은 바닥판 한 경간의 면적을 말한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

【해설 그림 1.4.38】 교대의 철근 노출 및 부식면적을 산정

2. 교대의 상태평가 항목 중에 균열, 변위와 열화 및 손상은 다음의 순서도 절차에 준하여 수행한다.

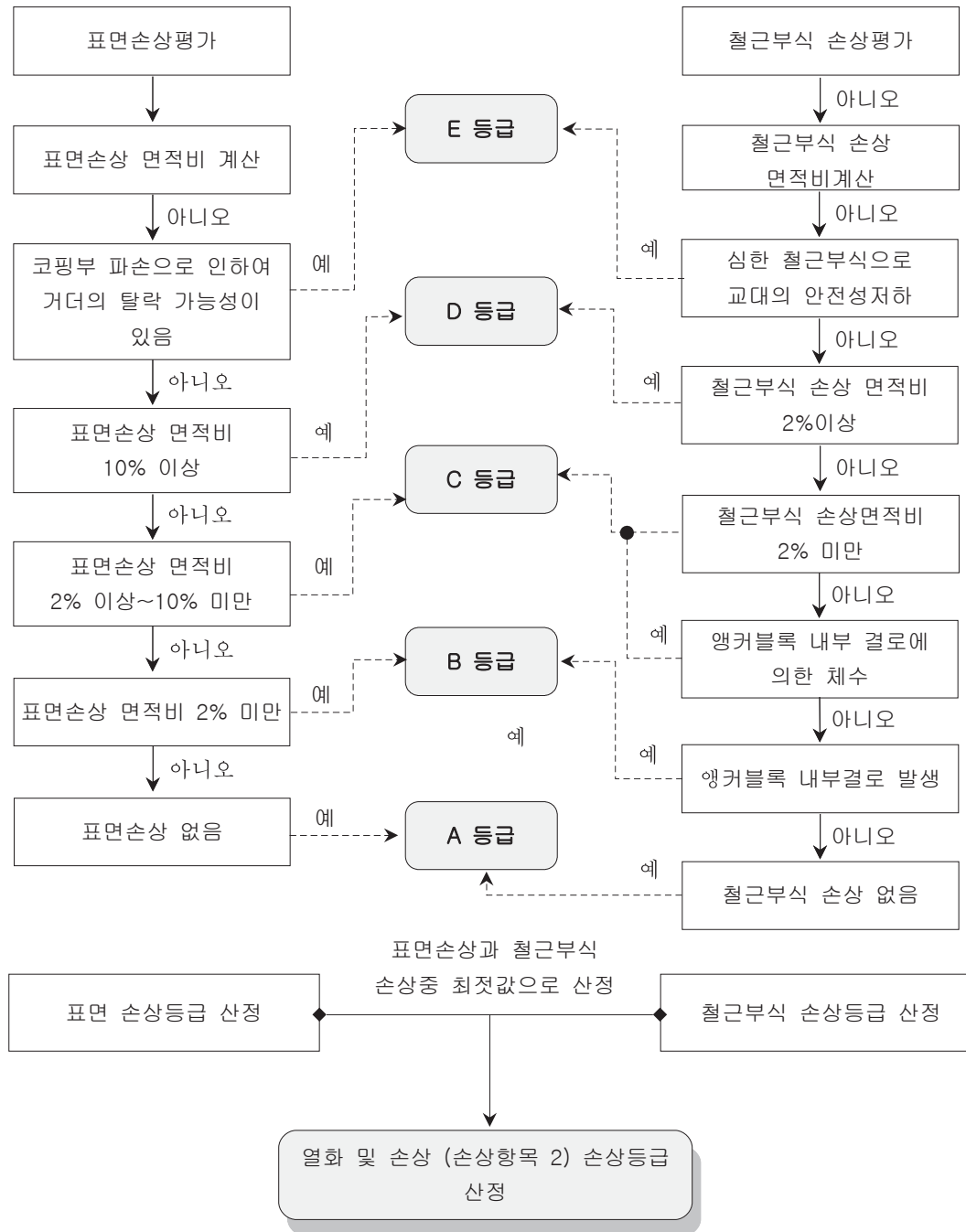
(1) 상태평가 절차

① 균열, 변위 (항목 1)



[해설 그림 1.4.39] 교대의 상태평가 순서도

② 열화 및 손상 (항목 2)



[해설 그림 1.4.39] 교대의 상태평가 순서도(계속)

※ 개별부재 평가결과는 항목1(균열, 변위)과 항목2(열화 및 손상) 중에서 최소등급으로 산정한다.

예) ◦ 균열, 변위 : B
 ◦ 열화 및 손상 : D
개별부재 평가결과 : D

9) 콘크리트 교각

[표 1.19] 콘크리트 교각 상태평가 기준

기준	균열, 변위	열화 및 손상, 철근부식
a	○ 균열폭 0.1mm미만	○ 없음
b	○ 균열폭 0.1mm이상~0.3mm미만	○ 표면 손상면적 2%미만
c	○ 균열폭 0.3mm이상~0.5mm미만	○ 표면 손상면적 2%이상~10%미만 ○ 철근부식 손상면적 2%미만
d	○ 균열폭 0.5mm이상~1.0mm미만 ○ 기초의 부등침하로 인한 교각 기울음	○ 표면 손상면적 10% 이상 ○ 철근부식 손상면적 2%이상
e	○ 균열폭 1.0mm이상 ○ 부등침하로 인한 교각 안전성 저하	○ 코핑부 파손으로 인하여 거더 탈락 가능성 있음 ○ 심한 철근부식으로 인하여 교각의 안전성이 저하됨

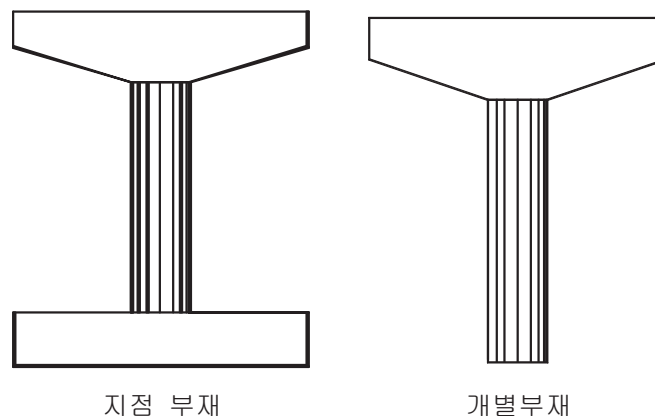
< 해설 >

- 본 상태평가 기준은 콘크리트로 시공된 모든 형식의 교각의 상태평가에 적용한다.
- 열화 및 손상과 철근부식은 표면손상 면적과 부식으로 인한 철근의 단면손상 발생면적으로 평가한다.
- 코핑부 파손으로 거더의 탈락이 우려되는 경우 “e”로 평가하며 즉시 보강 또는 개축을 실시한다.

【해설】

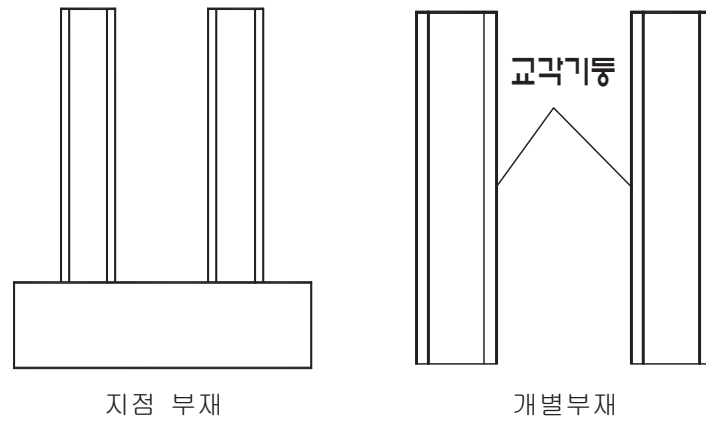
1. 교각의 개별부재는 지점단위로 본다. 즉, 다주식과 같이 다수의 교각기둥을 포함하는 경우에 전체를 하나의 개별부재로 본다. 따라서, 손상면적비를 계산할 때 전체 면적은 코핑부와 모든 교각 기둥의 면적을 더한 값으로 한다.
2. 열화 및 손상과 철근부식은 표면손상 면적과 부식으로 인한 철근의 단면손상 발생면적으로 평가한다. 면적비 계산을 위한 전체 면적은 코핑부를 포함한 교각기둥의 노출된 총면적으로 한다.

(1) 교각의 개별부재

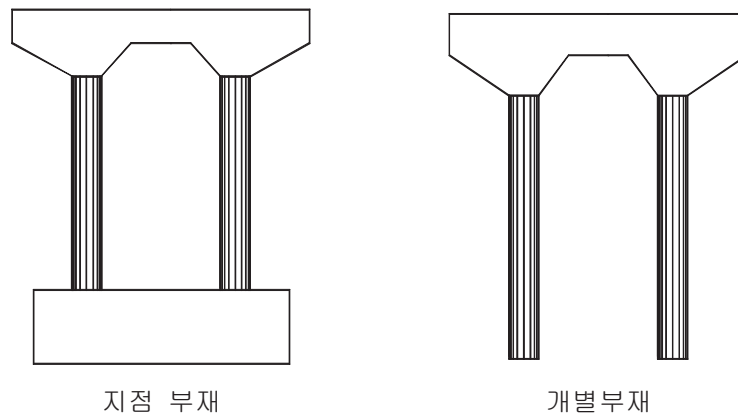


(a) 단주식 - T 형

[해설 그림 1.4.40] 교각 형식별 개별부재 분류



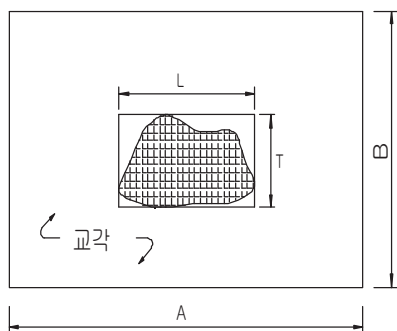
(b) 다주식 - 코핑이 없는 경우



(c) 다주식 - 코핑이 있는 경우

[해설 그림 1.4.40] 교각 형식별 개별부재 분류(계속)

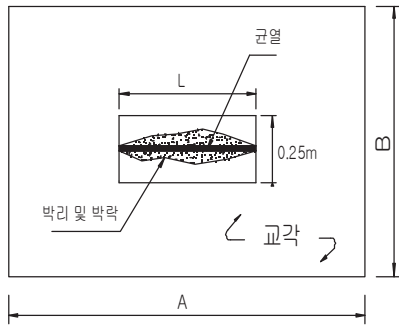
(2) 표면손상에 대한 면적을 산정 방법



$$\blacksquare \text{ 표면손상면적율}(\%) = \frac{\sum \text{결함 및 손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

[해설 그림 1.4.41] 교각의 표면손상 면적을 산정

(2) 철근노출 면적을 산정방법



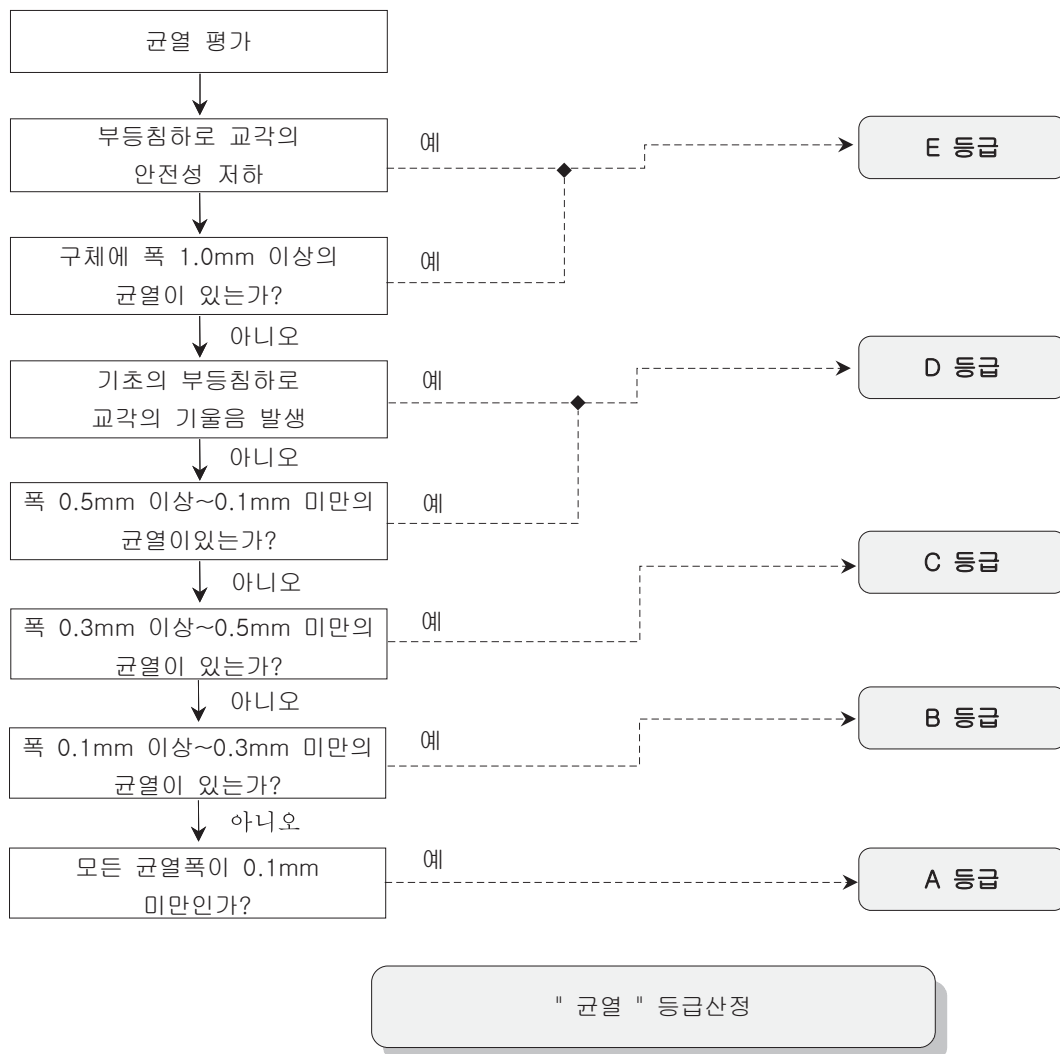
- 철근이 완전히 노출된 경우는 노출면적으로 산정하고, 내부에서 철근 부식시에는 철근노출 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.
- 조사단위 면적은 바닥판 한 경간의 면적을 말한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

[해설 그림 1.4.42] 교각의 철근노출 및 부식면적을 산정

3. 콘크리트 교각의 상태평가 항목 중에 균열, 변위와 열화 및 손상은 다음의 순서도 절차에 준하여 수행한다.

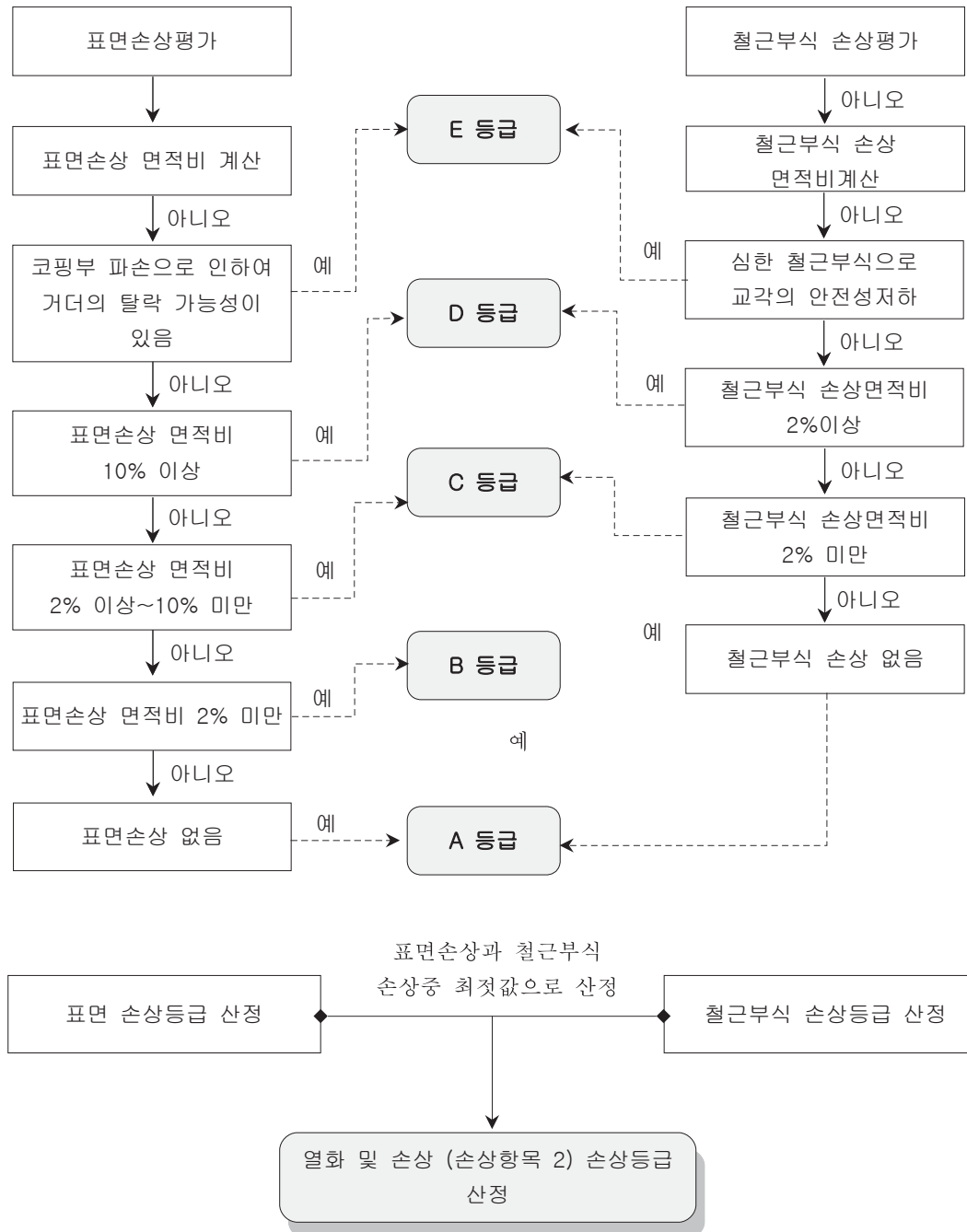
(1) 상태평가 절차

① 균열, 변위 (항목 1)



[해설 그림 1.4.43] 교각의 상태평가 순서도

② 열화 및 손상 (항목 2)



[해설 그림 1.4.43] 교각의 상태평가 순서도(계속)

※ 개별부재 평가결과는 항목1(균열, 변위)과 항목2(열화 및 손상) 중에서 최소등급으로 산정한다.

예) ◦ 균열, 변위 : B
 ◦ 열화 및 손상 : D
개별부재 평가결과 : D

10) 기초

[표 1.20] 기초 상태평가 기준

기준	기초(직접, 말뚝, 케이슨)손상	지반의 안정성
a	○ 없음	○ 없음
b	○ 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm 미만의 균열 발생	○ 매립된 직접기초(확대기초)의 상부가 세굴등에 의해 노출됨
c	○ 직접기초(확대기초)에 폭 0.3mm 이상의 균열 및 단면손상 발생 ○ 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 단면손상 발생	○ 침하가 20mm 미만 발생 ○ 세굴이 직접기초(확대기초)의 하단까지 진행되어 말뚝 및 케이슨기초가 부분적으로 노출됨
d	○ 직접기초(확대기초)의 파손으로 인한 철근노출 발생 ○ 침식, 충돌 등에 의한 말뚝 및 케이슨 기초의 철근노출 발생	○ 침하가 20mm 이상 발생 ○ 세굴에 의해 말뚝 및 케이슨기초가 전반적으로 노출됨 ○ 기초의 부등침하 및 측방유동에 의해 교대/교각이 기울음
e	○ 기초의 파손 및 침식으로 인한 하부구조물의 안전성 저하	○ 기초의 부등침하 및 측방유동에 의한 교대/교각의 기울음으로 인해 상부구조의 단차 및 파손 발생

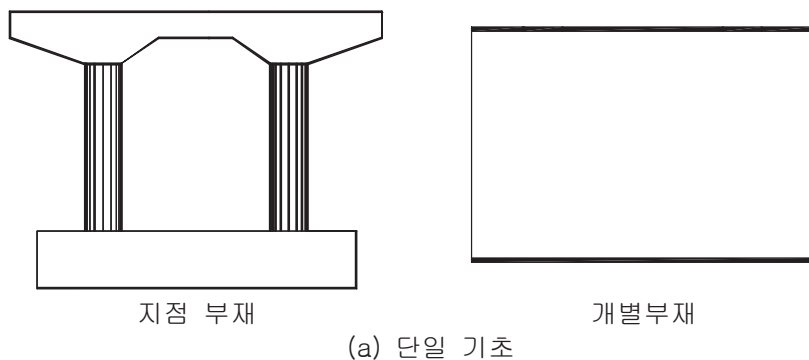
< 해설 >

- 본 상태평가 기준은 케이블 교량의 주탑기초를 포함하여 모든 하부구조물의 기초의 상태평가에 적용한다.
- 기초 자체의 손상항목에는 직접기초(파일두부)의 파손, 파일의 손상 및 결함 등이 있으며, 지반의 안정성항목으로는 기초의 근입장 부족, 측방유동, 세굴 등에 의한 기초의 부등침하가 중요한 평가항목이 된다.
- 기초의 침하는 20mm 미만이 발생하면 평가기준은 “c”, 20mm 이상이 발생하면 “d”로 평가한다.
- 지반의 안정성 평가항목의 경우, 세굴이 진행하여 기초 하부의 국부적인 노출이 발생하면 평가기준은 “c”로 평가하고, 기초하부의 전반적인 노출 및 부등침하 발생시 “d”로 평가하며, 부등침하로 인한 상부구조물의 안전에 위해가 발생할 경우 “e”로 평가한다.

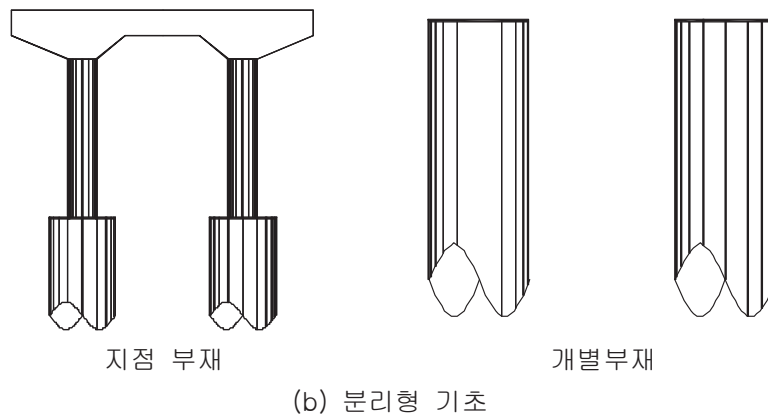
【해설】

1. 기초에 대한 개별부재는 지점단위로 보고 다주식의 하부구조를 가진 구조물에서 분리형 기초를 포함하는 경우에 전체를 하나의 기초로 보고 평가한다.

(1) 기초의 개별부재

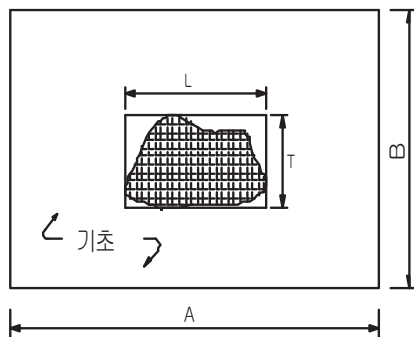


[해설 그림 1.4.44] 기초의 형식별 개별부재 분류



[해설 그림 1.4.44] 기초의 형식별 개별부재 분류(계속)

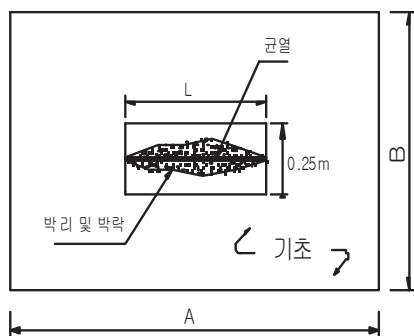
(2) 표면손상에 대한 면적을 산정 방법



$$\blacksquare \text{ 표면손상면적율(\%)} = \frac{\sum \text{결함 및 손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$$

[해설 그림 1.4.45] 기초의 표면손상 면적을 산정

(3) 철근노출 면적을 산정방법



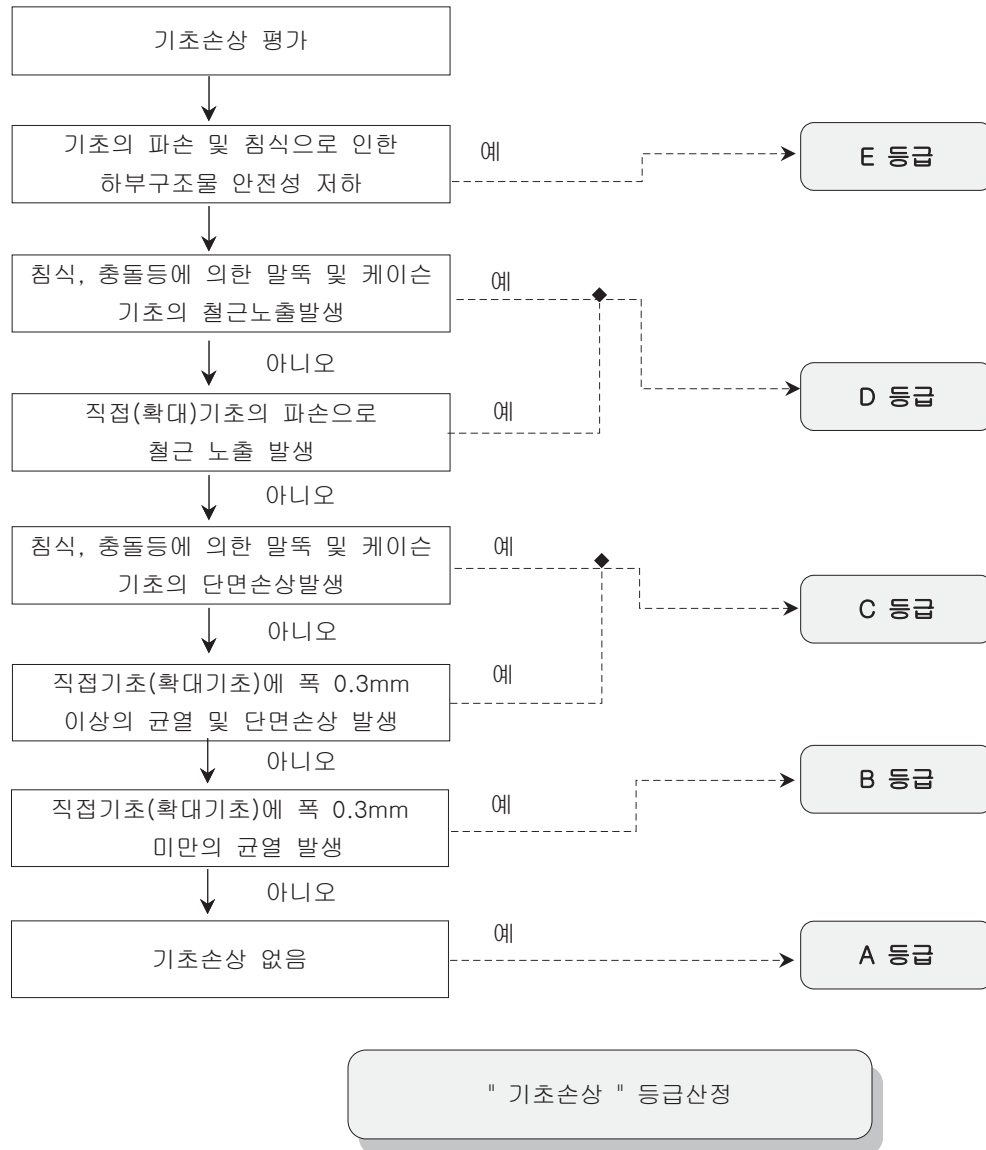
- 철근이 완전히 노출된 경우는 노출면적으로 산정하고, 내부에서 철근 부식시에는 철근노출 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.
- 조사단위 면적은 바닥판 한 경간의 면적을 말한다.
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

[해설 그림 1.4.46] 기초의 철근 노출 및 부식면적을 산정

2. 기초의 상태평가 항목 중에 기초손상과 지반안정성은 다음의 순서도 절차에 준하여 수행한다.

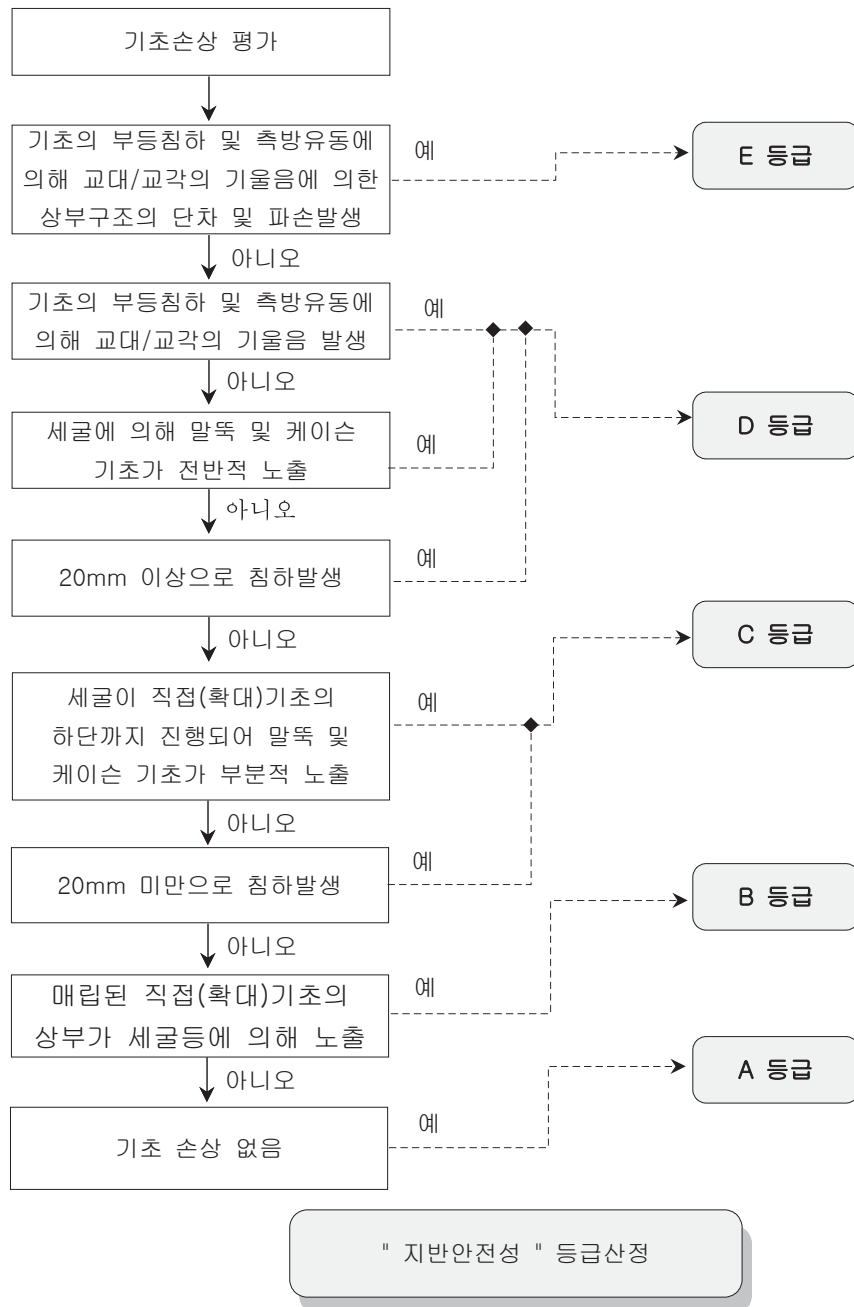
(1) 상태평가 절차

① 기초손상 (항목 1)



[해설 그림 1.4.47] 기초의 상태평가 순서도

3② 지반안전성 (항목 2)



[해설 그림 1.4.47] 기초의 상태평가 순서도(계속)

※ 개별부재 평가결과는 항목1(기초손상)과 항목2(지반안전성) 중에서 최소등급으로 산정한다.

예) ◦ 기초손상 : B
 ◦ 지반안전성 : D

 개별부재 평가결과 : D

11) 교량받침

[표 1.21] 교량받침 상태평가 기준

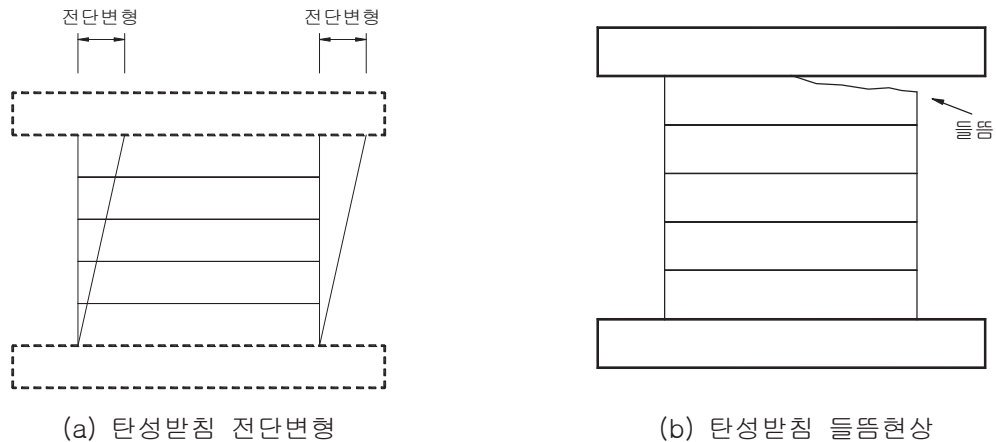
기준	받침 본체		받침 콘크리트
	탄성받침	강재받침	
a	○ 양호	○ 양호	○ 양호
b	○ 미세균열, 갈라짐 등 경미한 열화	○ 외부 도장탈락 및 부식 ○ 도장탈색, 먼지 쌓임	○ 부분적 박리, 탈락 등 손상
c	○ 측면 부풀음 ○ 받침두께의 0.3배 미만의 전단변형	○ 미끄럼판 부식 발생 ○ 부분적 변형, 고정장치 파손 및 이완	○ 받침 콘크리트에 0.3mm이상 균열 발생 ○ 박리, 탈락 등 손상으로 지지단면 감소, 기능상 장애
d	○ 고무재 파손 및 단차, 균열 심화 ○ 받침두께의 0.3배 이상의 전단변형 ○ 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만 ○ 받침의 신축기능 불량	○ 받침 본체 부식으로 인한 받침 신축거동 장애발생 ○ 받침 본체 파손 ○ 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 미만	○ 받침 콘크리트 파손 및 하부공동으로 받침의 탈락 및 침하 발생 가능성 있음
e	○ 받침 신축기능 불량으로 인하여 받침 본체 및 거더(바닥판)의 파손 발생 ○ 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상	○ 받침 신축기능 불량으로 인하여 거더등 주부재의 파손 발생 ○ 받침이 밀착되지 않고 떠있는 부분이 전체면적의 1/2 이상 ○ 작동불능 상태	—

< 해설 >

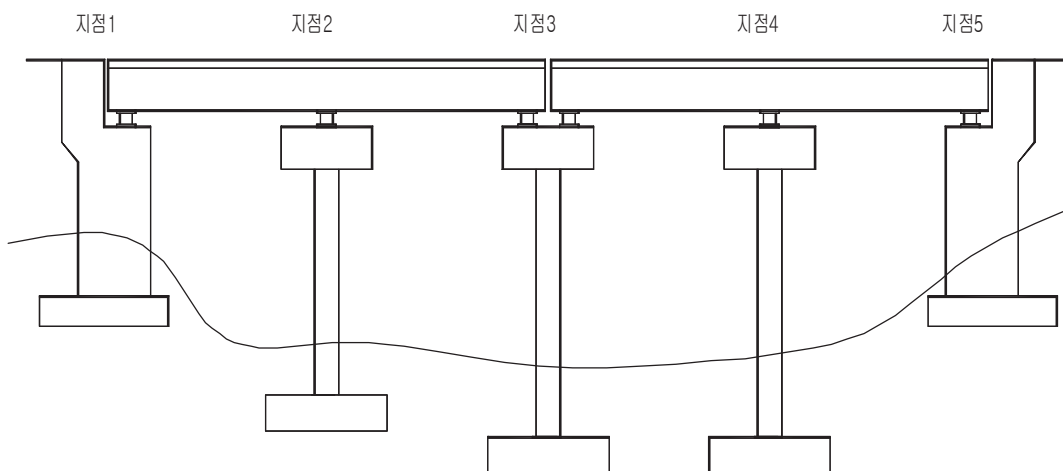
- 본 상태평가 기준은 강재 및 탄성받침의 상태평가에 적용하며, 기타 특수받침의 경우에도 본 상태평가 기준을 준용한다.
- 받침 본체는 상태평가 기준 범위는 “a~e”를 유지하고, 받침콘크리트는 본체에 비하여 중요도가 낮으므로 “a~d”로 한다.

【해설】

1. 상부구조의 편기 또는 기울음 등에 의해 받침의 밀착면이 들뜨는 현상이 발생할 수 있고 이를 "밀착되지 않는 부분"으로 판정하여 평가하고 면적은 받침 본체의 접촉면적으로써, 탄성 받침은 탄성고무받침의 접촉면적이며 강재받침은 받침본체의 상·하부 접촉면적을 말한다.
2. 공용 중 교량의 탄성받침 전단변형은 상부구조의 신축에 따라 발생할 수 있으나 받침의 상시허용전단변형을 만족하더라도 상부구조의 밀림 또는 기타 원인에 의한 편기를 의심해 볼 필요가 있으므로 받침높이의 0.3배를 기준으로 "c"와 "d"등급으로 평가한다. "d"등급으로 판정된 경우는 상부구조의 편기를 의심하여 원인 파악을 할 필요가 있다.
3. 교량받침에 대한 개별부재는 경간과 관계없이 지정단위로 보아야 한다. ([해설그림1.4.49] 참조)
4. 탄성받침의 전단변형은 [해설그림1.4.48]을 참조하여 결정한다.



【해설 그림 1.4.48】 탄성받침 전단변형 및 들뜸현상

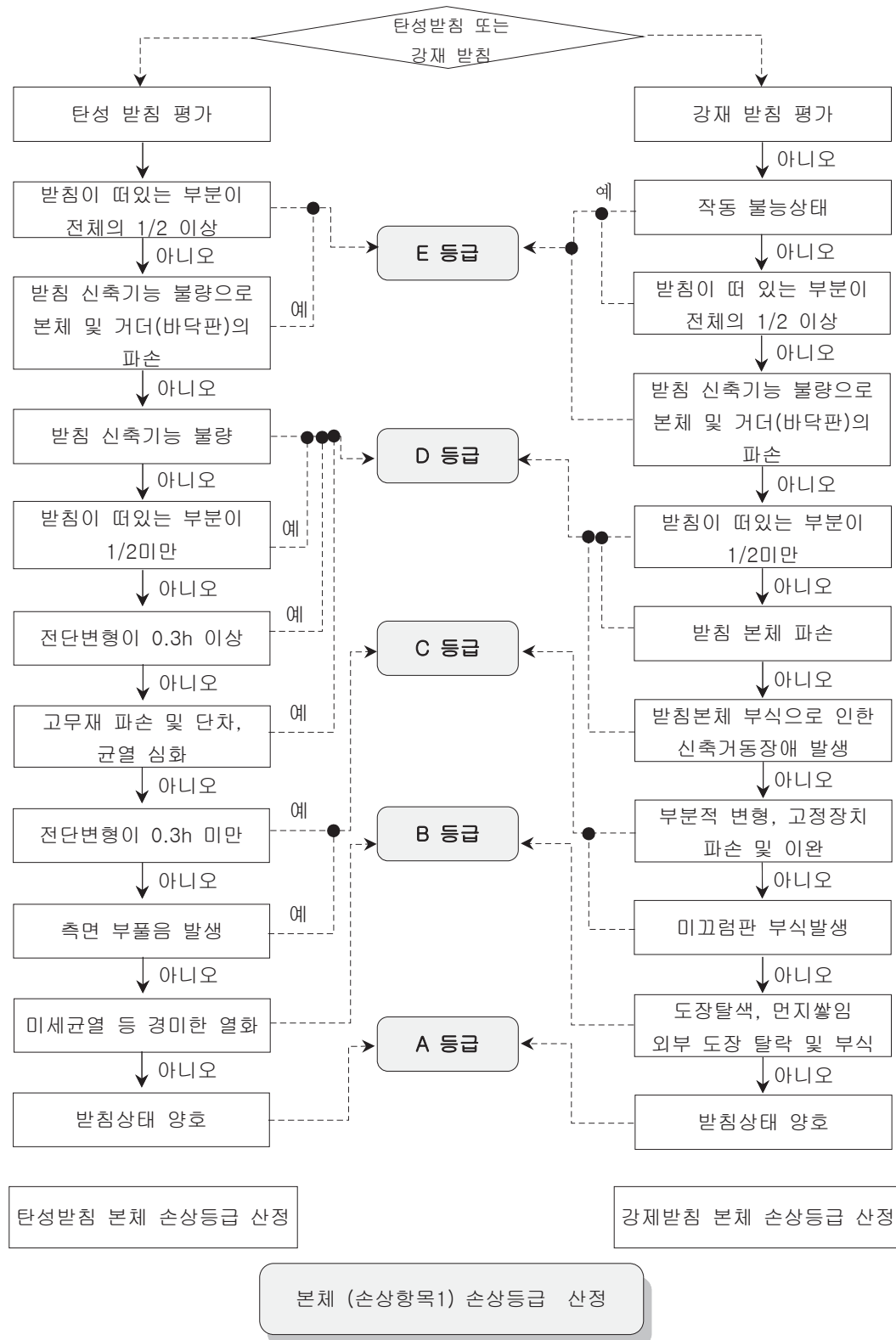


【해설 그림 1.4.49】 교량 받침의 지정단위 분할

5. 교량받침의 상태평가 항목 중에 받침 본체와 받침 콘크리트는 다음의 순서도 절차에 준하여 수행한다.

(1) 상태평가 절차

① 받침본체 (항목 1)



[해설 그림 1.4.50] 교량 받침의 상태평가 순서도

12) 신축이음

[표 1.22] 신축이음 상태평가 기준

기준	본 체	후타재
a	○ 없음	○ 양호
b	○ 토사, 이물질 퇴적 ○ 고무판 노화	○ 미세균열 발생
c	○ 물받이 미설치 또는 파손으로 인한 누수 ○ 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화 ○ 고무판 균열, 볼트 또는 너트의 부분 탈락 ○ 누수로 인하여 신축이음 하부의 받침 및 코핑부에 이물질 퇴적 및 부식발생	○ 균열이 50cm이하의 간격으로 발생 ○ 국부적인 박리, 박락, 파손
d	○ 강판유동 및 연결불량으로 이상음 발생 ○ 신축유간이 밀착으로 인한 거동불량 ○ 신축유간이 넓어 차량통행에 지장 초래 ○ 신축이음 본체 탈락, 파손 및 작동 불능	○ 신축이음의 심한 파손 및 단차로 인하여 차량통행시 충격발생 ○ 파손 범위가 후타재 폭 이상으로 큼
e	—	—

< 해 설 >

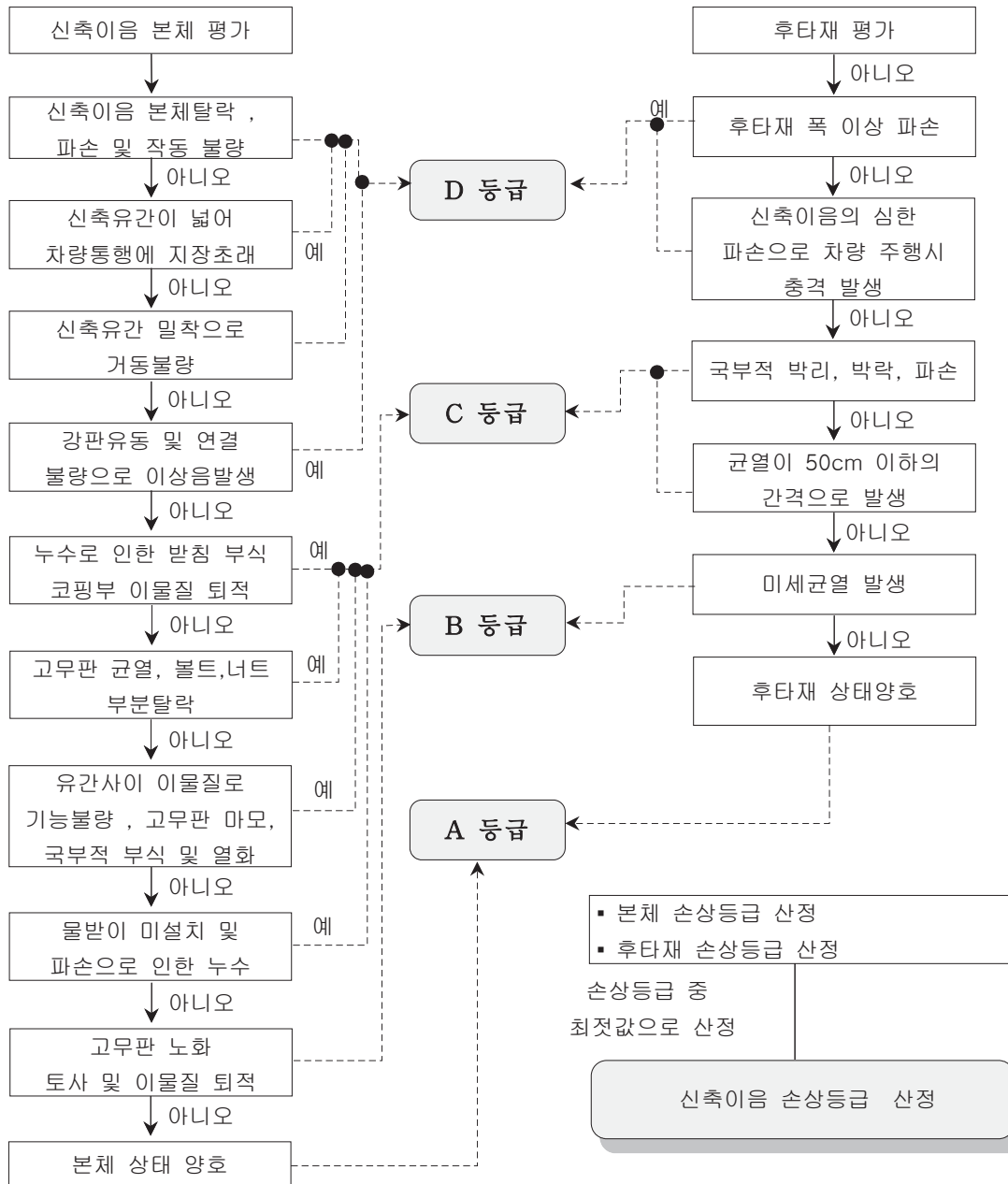
- 본 상태평가 기준은 모든 신축이음의 상태평가에 적용한다.
- 기타부재인 신축이음의 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 신축이음 본체 하부의 전체적인 부식 및 변형이 발생하는 경우 “d”로 평가하며, 긴급보수·보강을 실시한다.
- 후타재 균열이 30cm이하의 간격으로 발생하거나, 전반적인 파손과 단차가 발생하면 평가를 “d”로 한다.

【해설】

1. 신축이음은 지점단위로 평가하고 연속지간에서 신축이음이 없는 경우는 신축이음에 대한 평가를 생략한다.

2. 신축이음의 상태평가는 다음의 순서도 절차에 준하여 수행한다.

(1) 상태평가 절차



[해설 그림 1.4.51] 신축이음의 상태평가 순서도

※ 개별부재 평가결과는 항목1(본체)과 항목2(후타재) 중에서 최소등급으로 산정한다.

예) ◦ 본 체 : B
 ◦ 후 타 재 : D
 개별부재 평가결과 : D

13) 교면포장

[표 1.23] 교면포장 상태평가 기준

기준	포장불량		배 수
a	○ 미세균열	○ 없음	○ 없음
b	○ 포장불량 2%미만	○ 포장손상이 미미하여 주행에 영향 없음	○ 배수구배 및 배수시설 불량에 의한 부분적 물고임
c	○ 포장불량 2%이상~10%미만	○ 포장손상으로 인하여 차량의 통행에 영향 있음	○ 배수구배 및 배수시설 불량에 의한 물고임 발생으로 주행성 저하
d	○ 포장불량 10%이상	○ 전반적인 재포장이 필요한 상태	○ 배수불량에 의한 물고임으로 통행차량의 안전성 저하
e	—	—	—

< 해 설 >

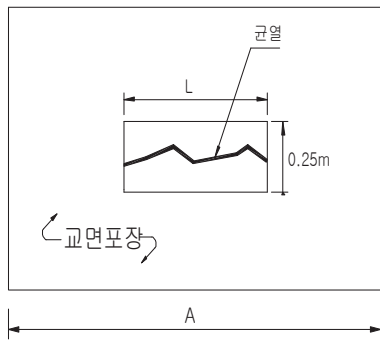
- 본 상태평가 기준은 아스팔트포장과 콘크리트포장을 포함하여 모든 교면포장의 상태 평가에 적용한다.
- 기타부재인 교면포장의 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 평가기준 “d”는 균열율을 포함하여 포장불량이 10%이상인 상태 즉, 전반적인 재포장이 필요한 상태로 평가한다.
- 포장불량율은 균열발생부, 표면이 노화되어 마모된 부분, 기보수된 부분 등의 면적을 전부 더한 값을 경간면적으로 나눈 비율이다.

【해설】

1. 교면포장의 상태평가 기준은 다음과 같다.

(1) 균열율의 산정 방법

① 1방향 균열인 경우



- 균열발생 면적은 길이 당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로하며, 균열의 개수가 2개 이상인 경우는 각 균열 길이에 0.25m의 폭을 곱해서 합산하여 구한다.

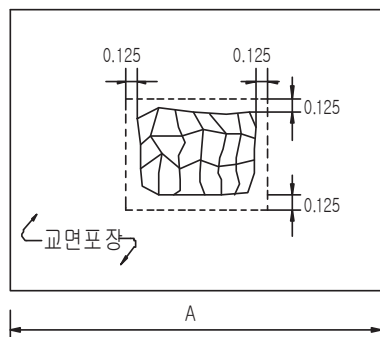
- 균열면적율은 아래의 식으로 산정한다.

$$\frac{\sum \text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\sum \text{균열길이}(L) \times 0.25}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

- 조사단위 면적은 바닥판 한경간의 면적을 말한다.

[해설 그림 1.4.52] 교면포장의 균열율 산정-1방향 균열

② 2방향 균열인 경우



- 균열발생 면적은 균열부위를 가로,세로의 최외측 균열을 경계로 사각형으로 구획한 후, 점선 내면면적인 (가로길이+0.25m)×(세로길이+0.25m)로 구한다.

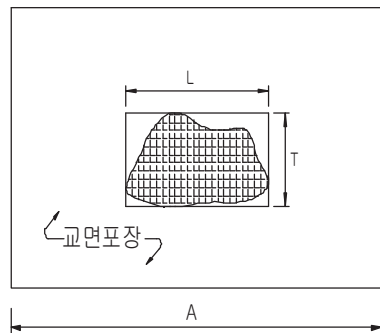
- 균열 면적율은 아래 식으로 산정한다.

$$\frac{\sum \text{균열발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100 = \frac{\sum \text{균열발생면적}(m^2)}{A(m) \times B(m)} \times 100 = \%$$

- 조사단위 면적은 바닥판 한 경간의 면적을 말한다.

[해설 그림 1.4.53] 교면포장의 균열율 산정-2방향 균열

(2) 포장불량을 산정방법

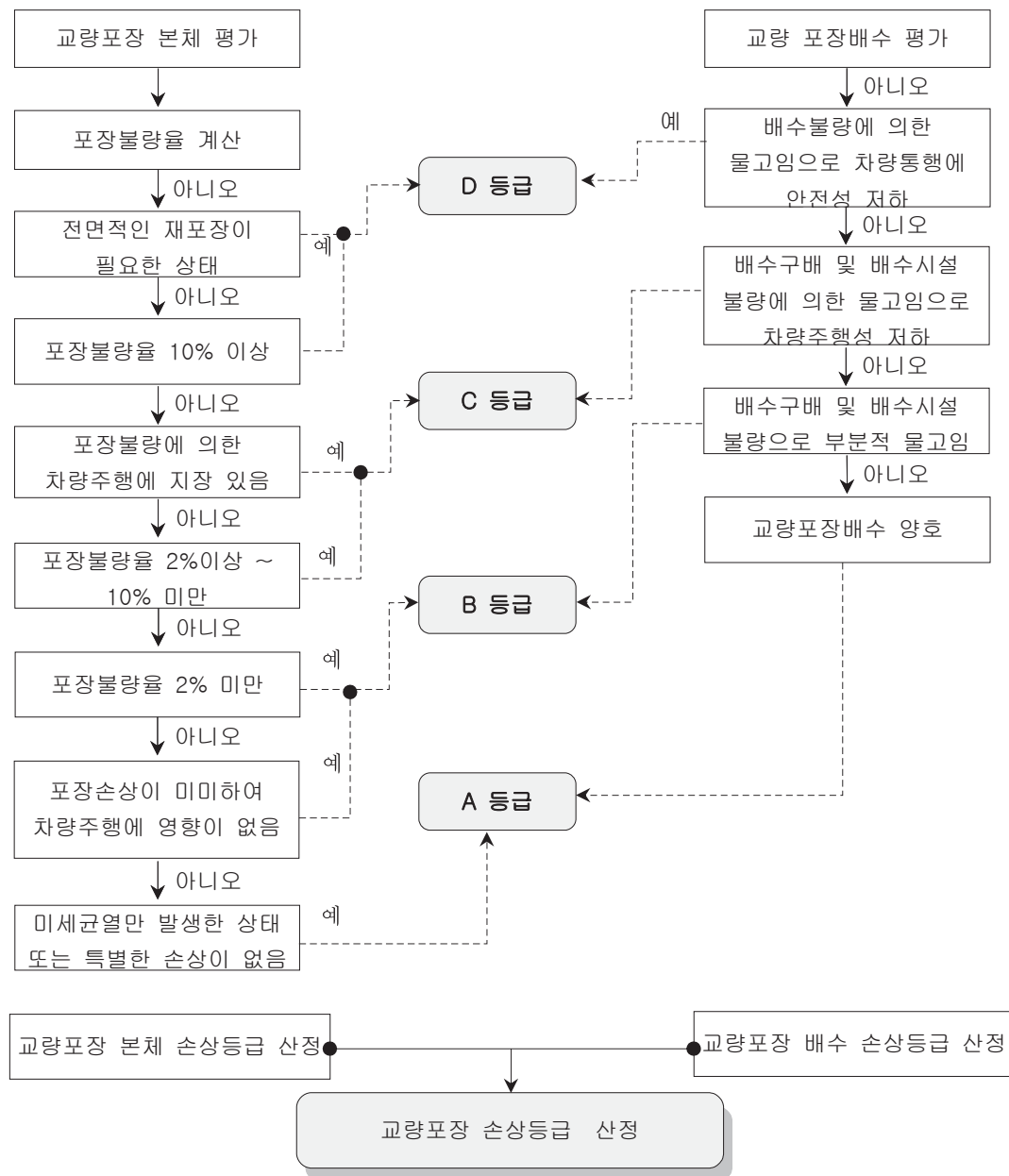


- 표면손상면적율(%) = $\frac{\sum \text{결함 및 손상발생면적}}{\text{조사단위면적}} \times 100$

[해설 그림 1.4.54] 교면 포장의 포장 불량율 산정

2. 교면포장의 상태평가는 다음의 순서도 절차에 준하여 수행한다.

(1) 상태평가 절차



[해설 그림 1.4.55] 교면포장의 상태평가 순서도

※ 개별부재 평가결과는 항목1(본체)과 항목2(배수) 중에서 최소등급으로 산정한다.

예) ◦ 본 체 : B
 ◦ 배 수 : D
 개별부재 평가결과 : D

14) 배수시설

[표 1.24] 배수시설 상태평가 기준

기준	상태기준 설명
a	○ 양호
b	○ 다소의 퇴적물이 있으나 배수에는 이상 없음
c	○ 배수시설의 상태불량, 길이부족 ○ 많은 퇴적물, 누수 ○ 누수로 인하여 구조물 부식 발생 ○ 배수관 유출구 위치가 부적절하여 하부통행에 따른 위험 초래
d	○ 파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태
e	—

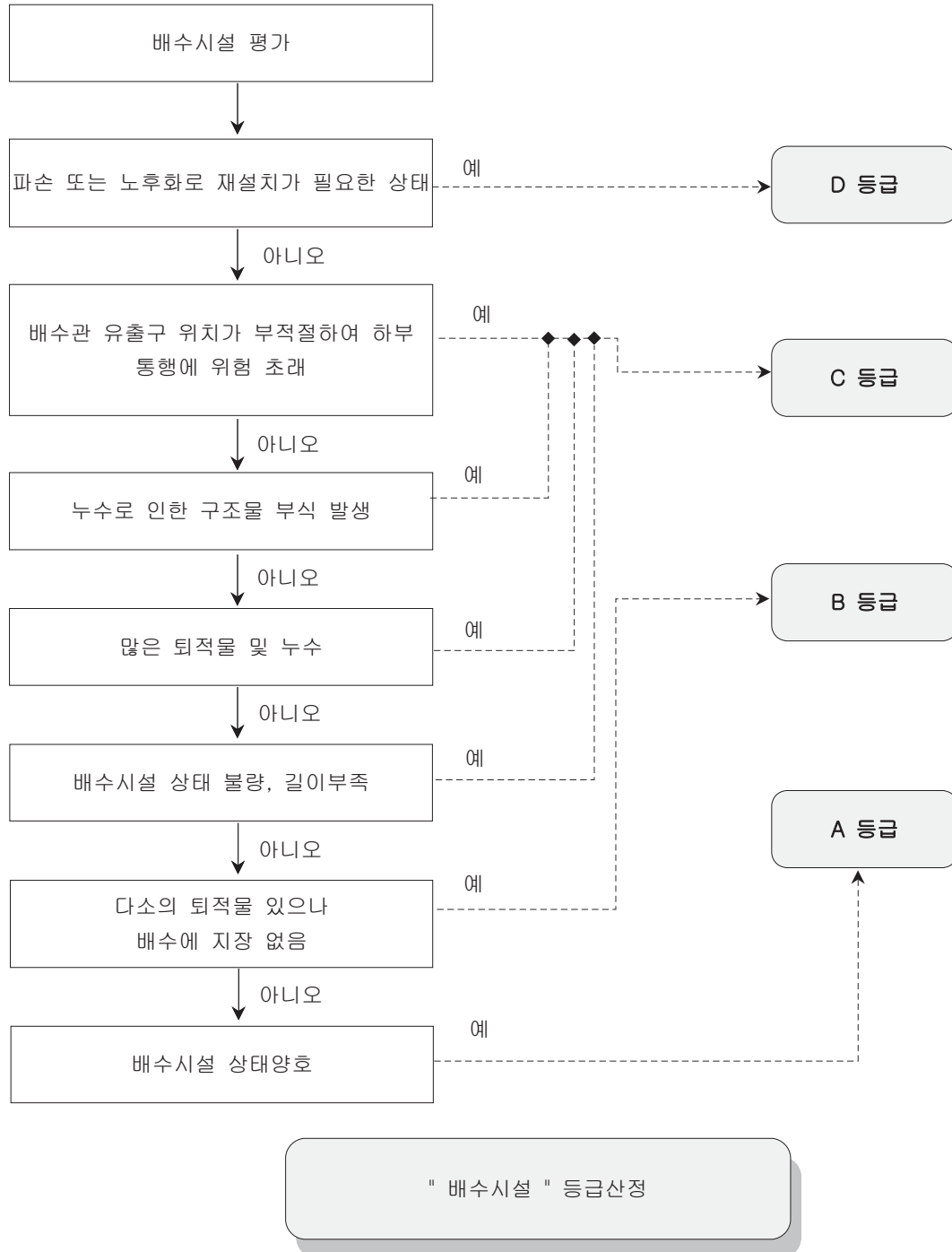
< 해 설 >

- 본 상태평가 기준은 모든 배수시설의 상태평가에 적용한다.
- 기타부재인 배수시설의 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 평가기준 “d”는 파손이나 노후화로 인하여 재설치가 필요한 상태로 정의한다.
- 한 경간에 두 개 이상의 배수시설이 있는 경우 각 배수시설의 평가기준 중 최저값을 배수시설의 평가결과로 한다.

【해설】

1. 배수시설의 상태평가는 다음의 순서도 절차에 준하여 수행한다.

(1) 상태평가 절차



【해설 그림 1.4.56】 배수시설의 상태평가 순서도

15) 난간 및 연석

[표 1.25] 난간 및 연석 상태평가 기준

기준	강 재		콘크리트
a	○ 양호	○ 양호	○ 양호
b	○ 도장 불량 10%미만	○ 고정장치 및 연결재의 이완이 국부적 발생	○ 경미한 손상, 0.3mm이하 균열
c	○ 도장 불량 10%이상 ○ 부식으로 인한 단면 손상 10%미만	○ 파손 및 탈락 10%미만	○ 0.3mm이상 균열 ○ 박리, 파손, 철근노출 10% 미만 ○ 철근부식손상 길이 2% 미만
d	○ 부식으로 인한 단면 손상 10%이상	○ 파손 및 탈락 10%이상 ○ 낙석으로 인한 손상발생 ○ 고정부 열화 및 손상으로 인한 전도의 위험이 있음(방음벽)	○ 박리, 파손, 철근노출 10% 이상 ○ 철근부식손상 길이 2% 이상
e	—	—	—

< 해 설 >

- 본 상태평가 기준은 강재 및 콘크리트 난간 및 연석을 포함하여 모든 난간과 연석의 상태평가에 적용한다.
- 기타부재인 난간과 연석의 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 하며, 점검단위는 부재의 길이로 한다.
- 중앙분리대, 방호벽, 방음벽의 상태평가 시 난간 및 연석의 평가기준을 적용한다.
- 강재의 경우 도장 변색 및 손상 점검길이의 10%이상 즉, 단면 결손으로 차량이나 사용자에게 위험 가능성이 있는 상태의 기준은 “c”로 평가한다.
- 콘크리트는 0.3mm이상의 균열이 발생할 경우 평가기준은 “c”로 평가하며, 보수 및 보강을 실시한다.

【해설】

- 기타부재인 난간과 연석의 상태평가 기준범위를 “a~d”로 하며, 점검단위는 부재의 길이로 한다. 평가는 한 경간의 총길이를 합하여 평가한다. 길이는 난간과 연석을 하나의 단위로 본 길이를 말한다. ([해설그림 1.4.57])
- 콘크리트 난간 및 연석에서 철근부식손상길이 및 철근 노출이 높이 방향으로 하나의 손상이 있는 경우는 높이방향의 길이를 손상길이를 하며 이때, 난간의 높이를 초과하여서는 안된다. 둘 이상의 손상이 길이방향으로 발생하였을 경우에는 다수의 손상을 포함하는 범위의 길이를 손상길이를 한다. ([해설 그림 1.4.58] 참조)
- 콘크리트 난간 및 연석의 손상은 박리, 파손, 철근노출을 합하여 10%이상인 경우 "d"로 평가하고 철근부식손상은 별도의 2%이상인 경우 "d"로 평가한다.

(1) 강재 난간 및 연석의 손상을 계산방법

$$\text{도장 불량율} = \frac{\sum \text{한 경간 도장불량 길이}}{\text{조사단위길이}}$$

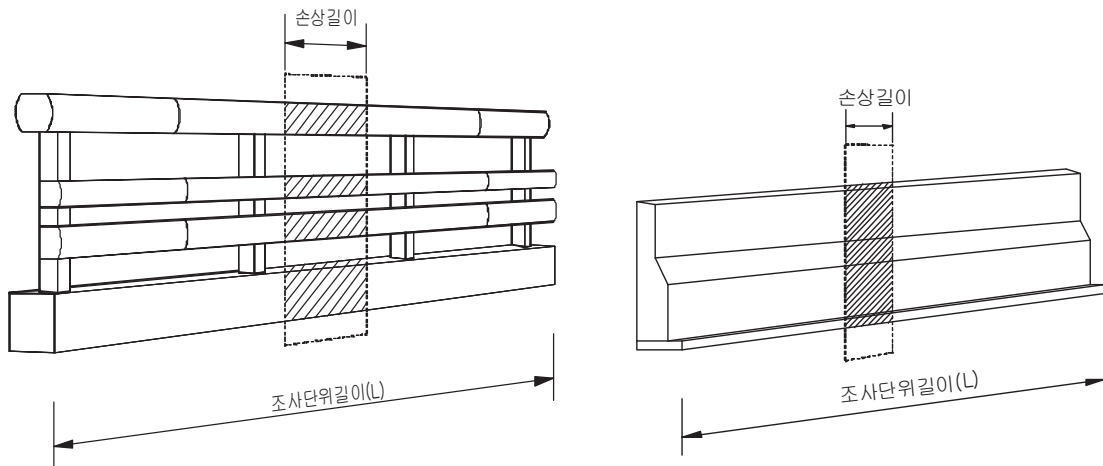
$$\text{부식단면 손상율} = \frac{\sum \text{한 경간 부식단면 손상길이}}{\text{조사단위길이}}$$

(2) 콘크리트 난간 및 연석의 손상을 계산방법

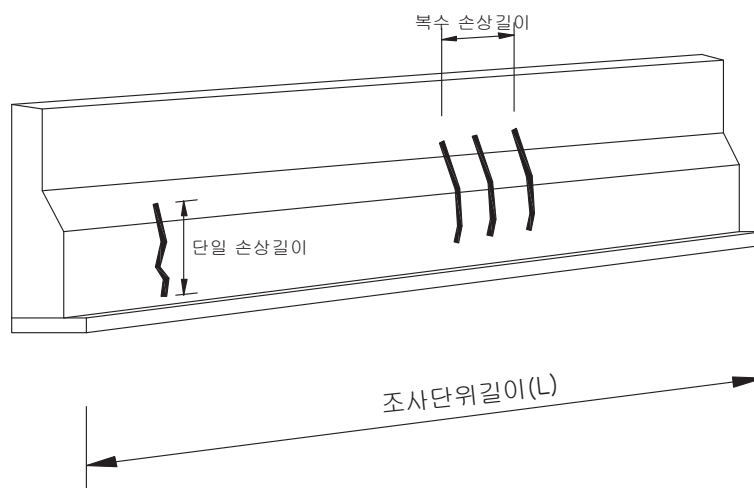
표면손상율 (박리, 파손, 철근노출)

$$= \frac{\sum \text{한 경간 총 박리길이} + \sum \text{한 경간 총 파손길이} + \sum \text{한 경간 총 철근노출길이}}{\text{조사단위길이}}$$

$$\text{철근부식손상율} = \frac{\sum \text{한 경간 총 철근 부식손상길이}}{\text{조사단위길이}}$$



[해설 그림 1.4.57] 난간 및 연석의 손상 및 조사단위 길이

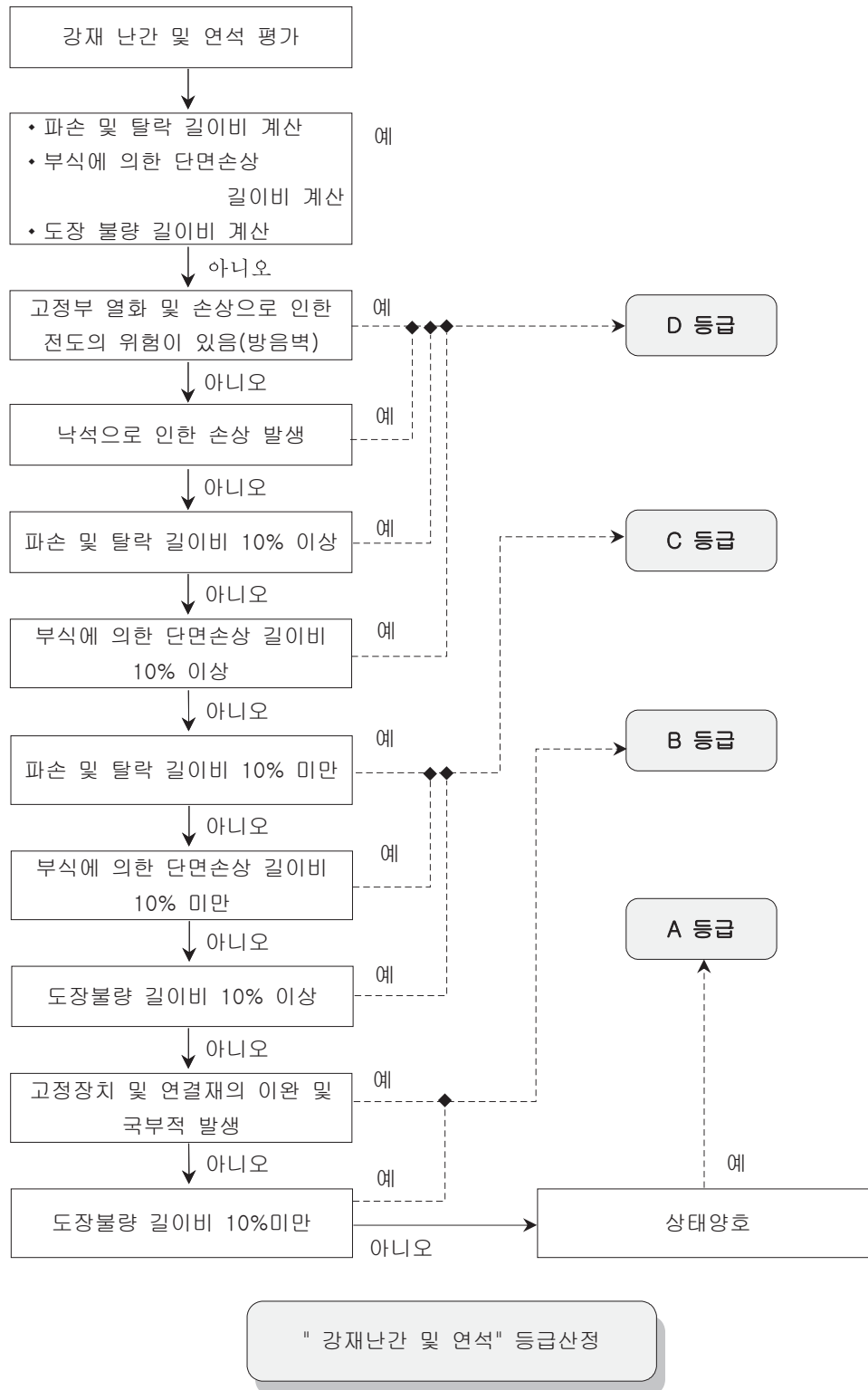


[해설 그림 1.4.58] 콘크리트 난간 및 연석의 손상길이 산정

4. 난간 및 연석의 상태평가 항목 중에 강재와 콘크리트는 다음의 순서도 절차에 준하여 수행한다.

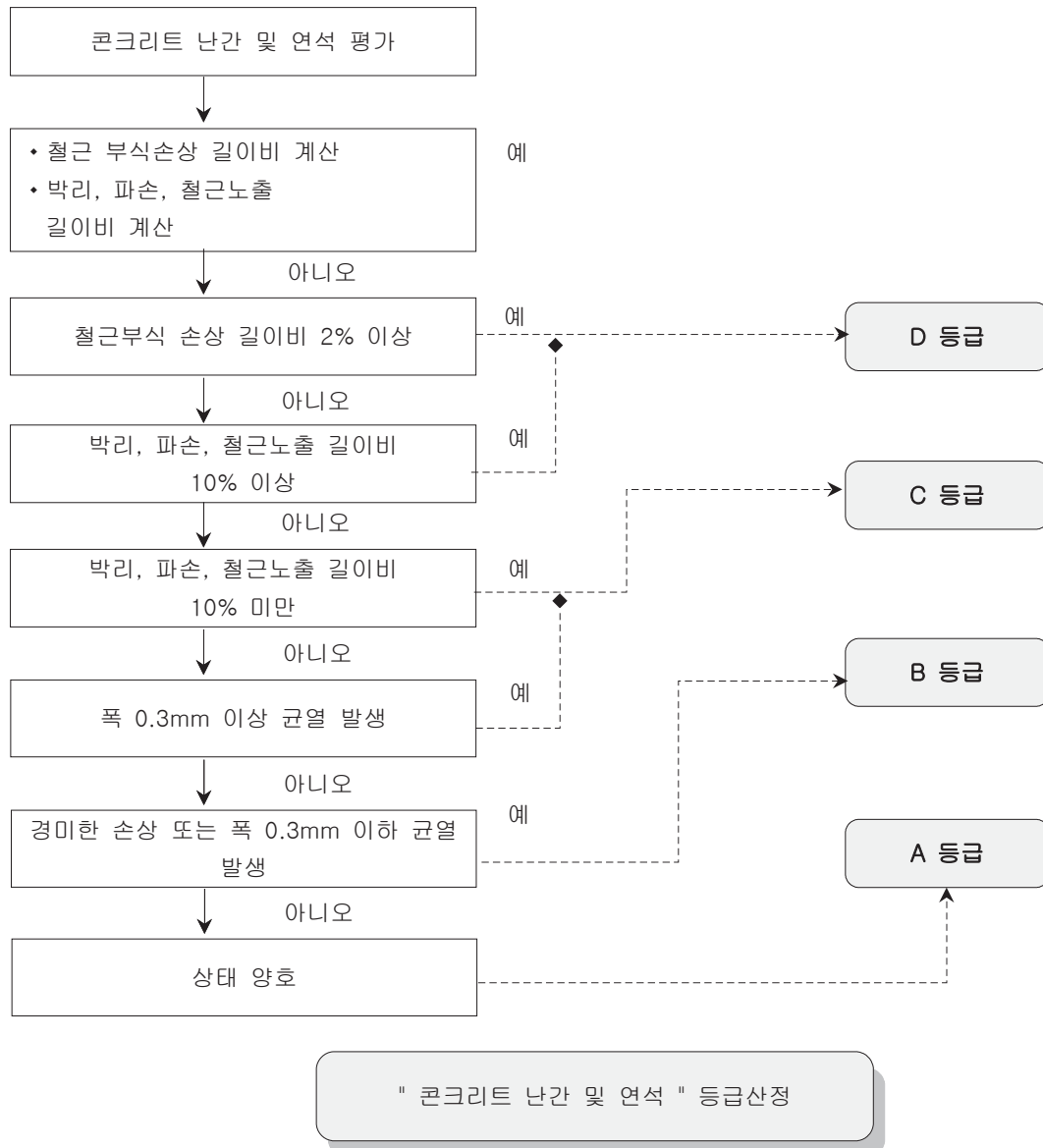
(1) 상태평가 절차

① 강재 난간 및 연석



[해설 그림 1.4.59] 강재 난간 및 연석의 상태평가 순서도

② 콘크리트 난간 및 연석



[해설 그림 1.4.60] 콘크리트 난간 및 연석의 상태평가 순서도

16) 탄산화

[표 1.26] 탄산화 상태평가 기준

기준	탄산화 잔여 깊이	철근부식의 가능성
a	○ 30mm이상	탄산화에 의한 부식발생 우려 없음
b	○ 10mm이상 ~ 30mm미만	향후 탄산화에 의한 부식발생 가능성 있음
c	○ 0mm이상 ~ 10mm미만	탄산화에 의한 부식발생 가능성 높음
d	○ 0mm미만	철근부식 발생
e	—	—

※ 일본구조물진단기술협회 「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」 (2003년)

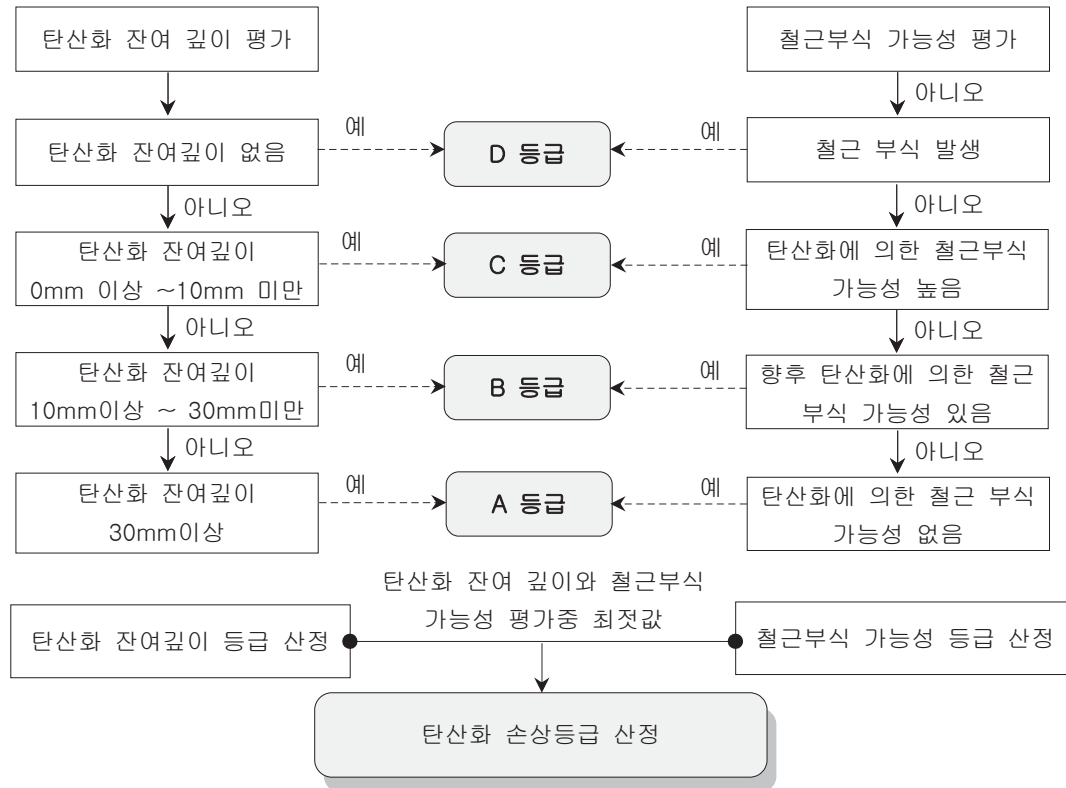
< 해 설 >

- 탄산화 깊이에 대한 평가는 철근으로부터 탄산화의 남은 깊이를 지표로 하여 탄산화에 의한 강재부식 가능성을 나타낸 것으로 탄산화에 의한 단독 열화에 대하여 적용 한다.
- 콘크리트 품질평가 기준인 탄산화는 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 탄산화 조사는 상·하부구조로 구분하여 [공통편] 부록 1의 콘크리트 탄산화 깊이 측정 에 따라 시행하며, 시험개소별로 평가한다.
- 철근의 피복은 조사 위치에서의 실측치를 기준으로 하며, 철근피복조사를 실시하지 않은 경우는 설계도의 수치를 따른다.

【해설】

1. 탄산화의 상태평가는 다음의 순서도 절차에 준하여 수행한다.

(1) 상태평가 절차



【해설 그림 1.4.61】 탄산화의 상태평가 순서도

17) 염화물

[표 1.27] 염화물 상태평가 기준

기 준	전염화물 이온량	철근부식의 가능성
a	○ 염화물 $\leq 0.3\text{kg/m}^3$	염화물에 의한 부식이 발생할 우려 없음
b	○ $0.3\text{kg/m}^3 < \text{염화물} < 1.2\text{kg/m}^3$	염화물이 함유되어 있으나, 부식발생 가능성 낮음.
c	○ $1.2\text{kg/m}^3 \leq \text{염화물} < 2.5\text{kg/m}^3$	향후 염화물에 의한 부식발생 가능성 높음.
d	○ 염화물 $\geq 2.5\text{kg/m}^3$	철근부식 발생
e	—	—

※ 일본구조물진단기술협회 「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트구조물의 건전도 진단 매뉴얼」(2003년)

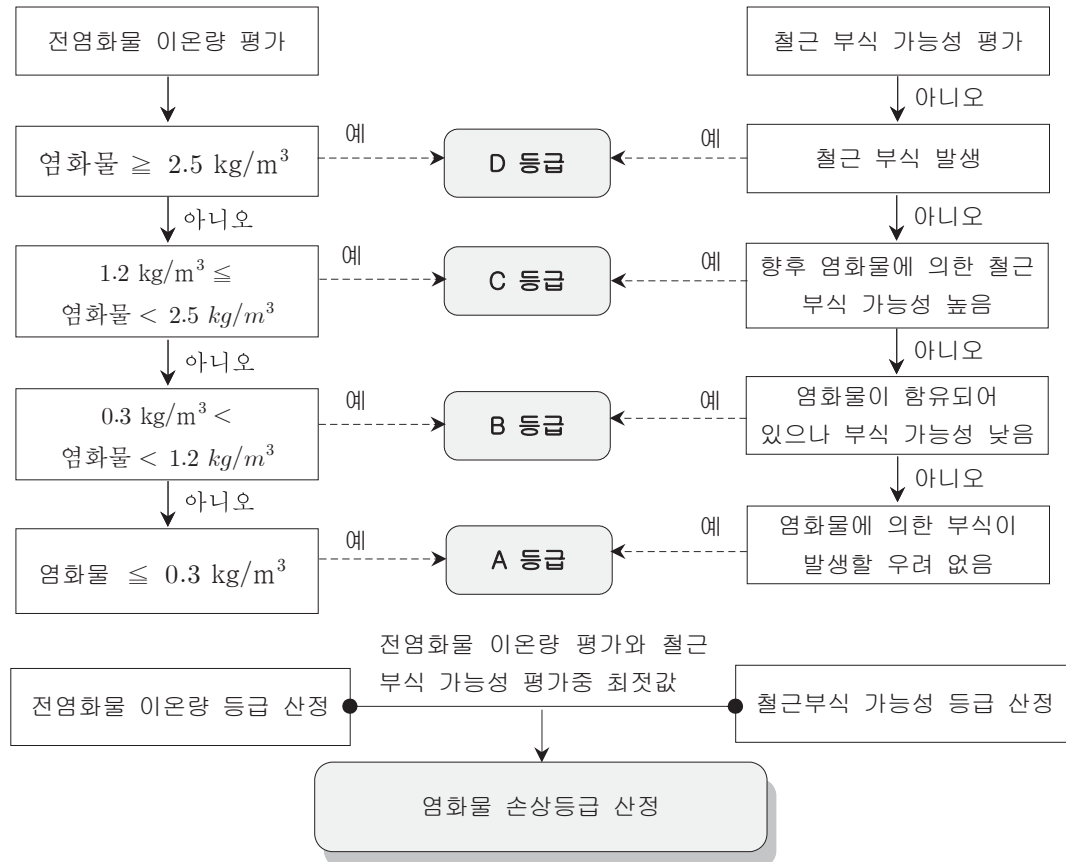
< 해 설 >

- 채취 코어의 전염화물 이온 시험결과에서 염화물에 의한 강재부식 가능성을 평가한다.
- 콘크리트 품질평가 기준인 염화물 함유량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가 기준 범위를 “a~d”로 한다.
- 염화물 함유량 분석은 철근 깊이까지 깊이별(10mm 또는 20mm)로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 하며, 염화물 이온농도의 분포를 도식한다.
- 염화물 함유량 분석은 상·하부구조로 구분하여 KS F 2713(2002)의 산-가용성 염화물시험 규격에 따라 시행하며, 시험개소별로 평가한다.

【해설】

1. 염화물의 상태평가는 다음의 순서도 절차에 준하여 수행한다.

(1) 상태평가 절차



【해설 그림 1.4.62】 염화물의 상태평가 순서도

다. 구조형식에 따른 부재별 가중치

[표 1.28] 구조형식에 따른 일반교량의 부재별 가중치

구분	결함도 평가항목	슬래브 교량	거더교량							라멘교	
			일반 거더교			바닥판·거더 일체형		아치, 트러스		거더 없음	거더있음 (복개구조물)
			일반	2차부재 없음	바닥판 없음	강 바닥판	PSC 박스	콘크리트 바닥판	강 바닥판		
상부	바닥판	34	18	18	—	20	20	15		34	20 21
	주 형	—	20	25	37	18	20	23		—	21 23
	2차부재	—	5	—	11	5	3	5		—	5 —
하부	교대/교각	20	13	13	18	13		13		34	22 24
	기초	7	7	7	7	7		7		7	7 7
받침	교량받침	10	9	9	14	9		9		3	3 3
기타	신축이음	10	9	9	—	9		9		3	3 3
	교면포장	7	7	7	—	7		7		7	7 7
	배수시설	3	3	3	—	3		3		3	3 3
	난간/연석	2	2	2	6	2		2		2	2 2
콘크리트	탄산화	상부	2(4)	2(4)	—	—	2(4)	2(4)	—	4(7)	
		하부	2(3)	2(3)	4(7)	4(7)	2(3)	2(3)	4(7)		
	염화물	상부	2(0)	2(0)	—	—	2(0)	2(0)	—	3(0)	
		하부	1(0)	1(0)	3(0)	3(0)	1(0)	1(0)	3(0)		

() : 정밀점검 시 적용 가중치

< 해 설 >

- 하부구조물이 무근콘크리트로 시공된 경우, 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치를 상부구조물의 탄산화 및 염화물항목의 가중치에 포함시킨다.
- 하부구조물은 무근콘크리트, 상부구조물은 강재로 시공된 경우, 상부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치는 상부구조물의 상태평가항목(바닥판, 거더)의 가중치에 균등배분하고 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치는 하부구조물(교대/교각)의 가중치에 포함시킨다.
- 기둥, 거더 및 슬래브로 구성된 복개구조물은 거더가 있는 라멘교에 준해서 평가하며, 박스형 복개구조물은 터널시설물의 상태평가 기준에 따라 평가한다.
- 교량받침이 없는 라멘교의 경우, 교량받침에 할당된 가중치를 바닥판, 거더, 교대/교각의 가중치에 균등하게 배분한다.
- 기타시설물(신축이음, 교면포장, 배수시설, 난간/연석)이 없는 경우, 기타시설물에 할당된 가중치는 바닥판의 가중치에 포함시킨다.
- 기초에 대한 평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함시킨다.

【해설】

- 모든 교량의 가중치 합은 100을 기준으로 하고 탄산화 및 염화물의 가중치는 상부 및 하부를 합하여 7을 기준으로 한다.
- 하부구조물이 무근 콘크리트로 시공된 경우, 하부 구조물의 탄산화 및 염화물 항목에 할당된 가중치를 상부구조물의 탄산화 및 염화물 가중치에 포함을 시킨다. 이는 탄산화 및 염화물의 평가는 철근 부식에 관계되므로 철근이 없는 무근 콘크리트의 경우 탄산화와 염화물의 가중치를 상부구조물의 가중치를 포함하여 가중치 기준 "7"을 반영하기 위함이다.

예) 하부구조물이 무근 콘크리트로 시공된 경우 탄산화 및 염화물 가중치

구분		철근 콘크리트	무근 콘크리트
탄산화	상부	2(4)	4(7)
	하부	2(3)	-
염화물	상부	2(0)	3(0)
	하부	1(0)	-

()은 정밀 점검시

- 하부구조물은 무근콘크리트, 상부구조물은 강재로 시공된 경우, 상부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치는 상부구조물의 상태평가 항목(바닥판, 거더)의 가중치에 균등분배하고 하부구조물의 탄산화 및 염화물항목에 할당된 가중치는 하부구조물(교대/교각)의 가중치에 포함시킨다. 이 또한 무근 콘크리트와 강재의 경우 염화물과 탄산화에 대한 항목이 상태평가에서 배제되므로 각각의 가중치를 상부구조와 하부 구조물에 균등 할당하여 총 가중치 합 "100"을 반영한다.

예) 하부구조물이 무근 콘크리트, 상부구조물이 강재인 경우

구분		철근 콘크리트		상부(강재), 하부(무근)	비고
탄산화	상부	2(4)	⇒	-	-
	하부	2(3)	⇒	-	-
염화물	상부	2(0)	⇒	-	-
	하부	1(0)	⇒	-	-
바닥판		20	⇒	22	강바닥판 기준
거더		18	⇒	20	
교대/교각		13	⇒	16	

()은 정밀 점검시

- 상부구조의 바닥판이 없는 경우와 강재로 시공된 경우는 표의 "바닥판 없음", " 강바닥판

"의 경우와 같이 탄산화 및 염화물의 가중치는 하부구조에 포함시킨다.

5. 기둥, 거더 및 슬래브로 구성된 복개구조물은 거더가 있는 라멘교에 준해서 평가하며, 박스형 복개구조물은 터널 시설물의 상태평가 기준에 따라 평가한다.
6. 교량받침이 없는 라멘교의 경우, 교량 받침에 할당된 가중치를 바닥판, 거더, 교대/교각의 가중치에 균등하게 배분한다.

예) 교량받침이 없는 라멘교의 경우

구분	라멘교				라멘교		
	거더없음	거더있음 (복개구조물)			거더없음	거더있음 (복개구조물)	
바닥판	34	20	21	⇒	36	21	22
거더	-	21	23	⇒	-	22	24
교대/교각	34	22	24	⇒	35	23	25
교량받침	3	3	3	⇒	0	0	0

7. 기타부재(신축이음, 교면포장, 배수시설, 난간/연석)가 없는 경우, 가타 부재에 할당된 가중치는 바닥판의 가중치에 포함시킨다.
8. 기초는 지반에 묻혀 있는 경우 많아 상태평가를 실시하지 못하는 경우가 있다. 이경우에 기초에 대한 평가가 수행되지 못하며, 이때 기초에 할당된 가중치는 교대/교각의 가중치에 포함시킨다.

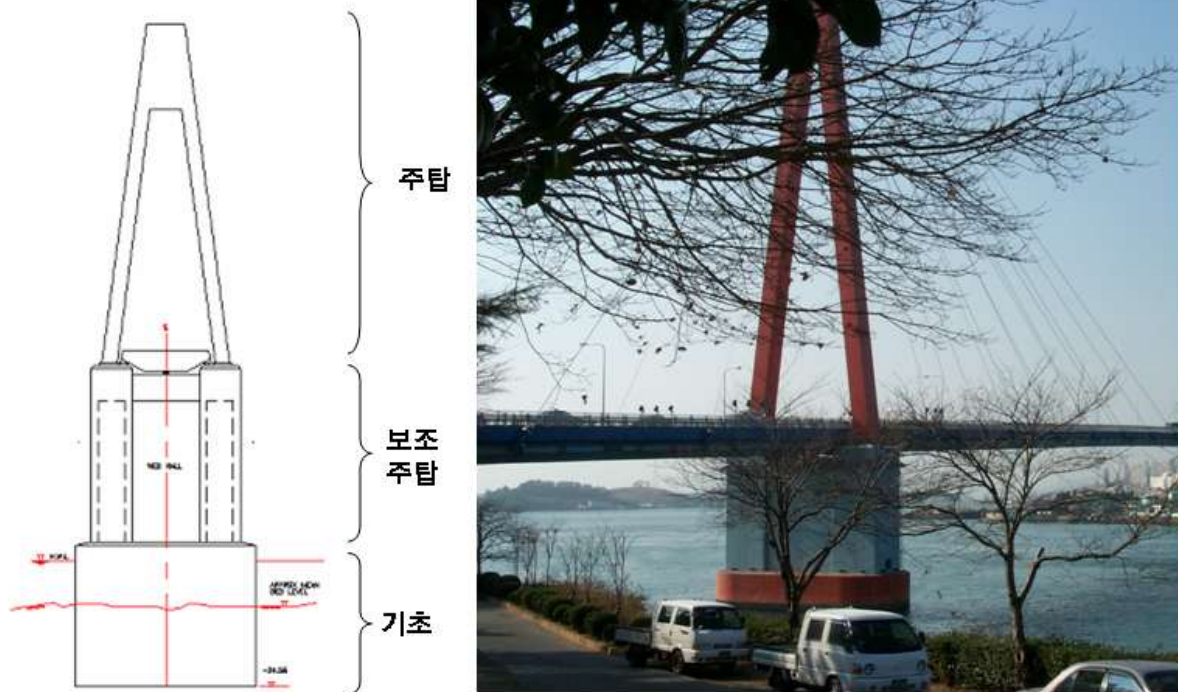
[표 1.29] 구조형식에 따른 케이블교량의 부재별 가중치

구분	결함도 평가항목	현수교		사장교		엑스트라도즈교	
		일반 거더형	보강형, PSC거더형	일반 거더형	보강형, PSC거더형	일반 거더형	PSC거더형
상부	케이블	25	25	23	23	20	20
	바닥판	8	—	9	—	10	—
	거 더	8	20	9	22	10	25
	2차부재	4	—	4	—	5	—
하부	주탑	13		13		6	
	보조주탑	5		5		12	
	교대(앵커블럭)	8		6		6	
	교각	—		2		2	
	기초	4		4		4	
받침	교량받침	5		5		5	
기타	신축이음	5		5		5	
	교면포장	4		4		4	
	배수시설	2		2		2	
	난간/연석	2		2		2	
콘크리트	탄산화	상부	2	2		2	
		하부	2	2		2	
	염화물	상부	1	1		1	
		하부	2	2		2	

< 해 설 >

- 케이블의 구조적 기여도는 현수교>사장교>엑스트라도즈교의 순이며, 거더의 기여도는 이와는 반대로 현수교<사장교<엑스트라도즈교 순이다.
- 상기 표에서 일반거더형이라 함은 바닥판과 거더가 구분되어 있는 교량을 말하며, 보강형과 PSC박스는 박스단면의 상부플랜지가 바닥판의 역할을 하는 폐합된 거더의 형태를 말한다.
- 일반거더형 케이블 교량의 경우 바닥판과 거더는 일반교량의 바닥판과 거더의 상태평가 기준에 준하여 평가하고, 보강형은 강거더, PSC 박스는 PSC 박스거더 부재의 상태평가 기준에 준하여 평가한다. 또한, 보강형 내부의 격벽은 강재 가로보의 상태평가 기준에 준하여 평가한다.
- 상기 표에서 교각이라 함은 하부구조물중에서 주탑, 앵커블록 및 교량 양단부의 교대(교각)를 제외하고 케이블 교량구간에 추가로 설치된 교각을 말하며, 추가 설치된 교각이 없을 경우에는 교각의 가중치를 교대의 가중치에 포함한다.
- 보조주탑은 강주탑과 기초사이에 설치되어 주탑의 하중을 기초로 전달하는 콘크리트 기둥을 말하며, 콘크리트 교각(주탑)의 상태평가 기준에 준하여 평가한다. 보조주탑이 없을 경우 보조주탑의 가중치를 주탑의 가중치에 포함한다. 기초는 주탑기초와 교대(교각)의 기초를 각각 평가하며, 주탑기초가 여러 개일 경우에도 개별적으로 평가한다.
- 기초에 대한 평가가 수행되지 않았을 경우, 기초에 할당된 가중치는 주탑(보조주탑이 있을 경우에는 보조주탑)과 교대/교각/앵커블록의 가중치에 균등 분배한다.
- 케이블교량 구간은 상부구조물의 하중이 케이블부재에 의하여 지지되는 구간까지를 말한다. 즉, 현수교의 주케이블이 일반교량 구간에 설치된 앵커블럭에 연결된 경우에는 거더가 행어케이블에 의해 주케이블에 연결되는 구간까지를 현수교의 구간으로 정의한다.
- 케이블교량의 경우 상부구조물보다 하부구조물이 콘크리트로 시공되는 경우가 많으므로 일반교량과는 달리 하부구조물에 대한 염화물의 가중치 비중을 높였다.

【해설】



[해설 그림 1.4.63] 주탑 및 보조주탑, 기초의 구분

1.4.2 상태평가 결과 산정 방법

가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정

- 개별부재에서 발견된 결함 및 손상에 대하여 평가한 후 각 상태평가 결과 중 최저값을 개별부재 상태평가 결과로 산정한다.
- 한 경간 내에서 여러 부재가 있을 경우는 각 부재의 상태평가 기준 중 최저값을 경간(지점) 상태평가 결과로 산정한다.
- 복개구조물은 바닥판의 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약 50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

【해설】

1. 각 개별부재는 "1.4.1 나. 부재별 상태평가 기준"에 따라 결함 및 손상 항목에 따라 평가한다. 개별부재의 상태평가 결과는 손상항목의 평가결과 중 최저값으로 한다.

예) 콘크리트 바닥판의 상태평가

☞ 결함 및 손상항목 1 : 균열

☞ 결함 및 손상항목 2 : 열화 및 손상

2. 개별부재는 상태평가의 최소단위 부재로써 부재별 또는 경간, 지점별로 구분된다. 교량부재의 종류에 따라 다음과 같이 정의된다.

[해설 표 1.4.1] 부재별 개별부재의 정의

구분	부재분류	정의 단위	분할 단위	예시	비고
1	콘크리트 바닥판	경간	경간	1경간 바닥판	
				2경간 바닥판	
				3경간 바닥판	
				⋮	

[해설 표 1.4.1] 부재별 개별부재의 정의(계속)

구분	부재분류	정의 단위	분할 단위	예시	비고
2	강바닥판	경간	경간	경간 ①의 바닥판	
				경간 ②의 바닥판	
				경간 ③의 바닥판	
				⋮	
3	강거더	경간	부재	경간①의 거더 1	경간의 다수개의 거더는 각각 개별부재가 됨.
				거더 2	
				경간②의 거더 1	
				거더 2	
4	강교각	지점	지점	지점①의 교각 1	지점별로 구분하고 개별부재를 정의함
				지점②의 교각 2	
				지점③의 교각 3	
				⋮	
5	철근콘크리트 거더	경간	부재	경간①의 거더 1	경간의 다수개의 거더는 각각 개별부재가 됨.
				거더 2	
6	프리스트레스 콘크리트 거더			경간②의 거더1	
				거더 2	
7	콘크리트 가로보	경간	경간	경간①의 가로보 또는 세로보	다수개의 가로보에 대해 한 경간의 가로보(세로보)를 모두 묶어 개별부재로 정의함.
8	강가로보			경간②의 가로보 또는 세로보	
9	강세로보			경간③의 가로보 또는 세로보	
				⋮	
10	케이블	경간	경간	측경간	
				중앙경간	
				측경간	
				⋮	
11	교대	지점	지점	지점①의 교대(교각,기초)	지점별로 구분하고 개별부재를 정의함
12	콘크리트 교각			지점②의 교대(교각,기초)	
13	기초			지점③의 교대(교각,기초)	
				⋮	
14	교량받침	지점	지점	지점①의 받침(신축이음)	지점별로 구분하고 개별부재를 정의함
				지점②의 받침(신축이음)	
15	신축이음			지점③의 받침(신축이음)	
				⋮	
16	교량포장	경간	경간	경간①의 포장 (배수시설, 난간 및 연석)	
17	배수시설			경간②의 포장 (배수시설, 난간 및 연석)	
18	난간 및 연석			경간③의 포장 (배수시설, 난간 및 연석)	
				⋮	
19	탄산화	경간	경간		
20	염화물				
				⋮	

3. "1.4.1 나. 부재별 상태평가 기준"에 따라 개별부재의 손상항목은 다음과 같다.

[해설 표 1.4.2] 개별부재의 손상항목 분류

구분	개별부재	손상항목	
1	콘크리트 바닥판 , 콘크리트 거더 , 프리스트레스 콘크리트 거더	①	균열
		②	열화 및 손상
2	강바닥판, 강거더, 강교각, 강가로보, 강세로보	①	모재 및 연결부 손상
		②	표면열화
3	콘크리트 가로보	①	균열
		②	열화 및 손상, 철근부식
4	케이블	①	케이블 부재 손상
		②	정착구 손상
		③	행어밴드, 새들 손상
5	교대, 교각	①	균열, 변위
		②	열화 및 손상
6	기초	①	기초손상
		②	지반의 안정성
7	교량받침	①	받침본체 손상
		②	받침콘크리트 손상
8	신축이음	①	신축이음본체 손상
		②	후타재 손상
9	교량포장	①	포장불량
		②	포장면 배수
10	배수시설	①	배수시설 손상
11	난간 및 연석	①	난간 및 연석 손상
12	탄산화	①	탄산화 잔여깊이
		②	철근부식의 가능성
13	염화물	①	전염화물 이온량
		②	철근 부식의 가능성

4. 복개구조물은 바닥판을 장변방향으로 경간을 구분하고, 1경간의 길이는 약 50m 범위 또는 신축이음부를 경계로 경간을 구분하는 것으로 한다.

나. 전체 시설물의 상태평가 결과 결정

구조형식이 같은 부재에 대해 부재별로 평균하여 부재 상태평가를 결정한 후 구조형식에 따른 부재별 가중치를 적용하여 환산 결함도 점수를 구한다. 환산 결함도 점수는 시설물 전체의 상태평가 결과를 산정하기 위한 기준값이며, [표 1.30]의 결함도 점수 범위에 따른 기준을 적용하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 구한다.

[표 1.30] 결함도 점수 범위에 따른 기준

기준	A	B	C	D	E
결함도 지수	0.10	0.20	0.40	0.70	1.00
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 상태평가 결과를 산정한다. 또한 경간 및 부재의 상태가 좋지 않은 경우 부가적인 설명을 명시한다.

【해설】

1. 결함도 지수는 손상 또는 부재등급에 대한 결함지수를 말하며, 전체 시설물의 상태평가의 과정은 개별부재의 손상항목에 대한 최저 등급을 개별부재의 등급으로 평가하고 여러 개별부재의 등급 중 최댓값을 경간 또는 지점별 부재의 등급으로 평가한다. 각 부재에 대해 경간 및 지점으로 평가된 결과는 결함도 지수를 부여하여 전체경간 또는 전체 지점에 대해 평균하여 전체 시설물의 결함도 지수를 산정한다. 이때 결함도 지수는 "[표 1.30] 결함도 점수 범위에 따른 기준"을 따른다.
2. 결함도 범위는 산정된 결함도 지수에 의해 시설물의 등급을 평가하는 결함도의 범위로써 본교와 램프교, 접속교로 구분하여 평가 등급을 산정할 수 있고 여러 형식으로 구성된 본교일 경우에는 각각의 교량형식에 따라 등급을 산정할 수 있다. 이에 대한 상세한 내용은 " 1.4.2 다. 상태평가 결과 산정 방법"을 참고한다.

[해설 표 1.4.3] 결함도 지수 적용예시

부재분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	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	x	c	a	Q	b	a
4	강거더교	-	-	-	-	-	-	c	c	b	Q	-	-
평균		0.17	0.13	0.2	0.4	0.33	0.1	0.4	0.4	0.15	0	0.2	0.1
가중치		20	18	5	7	3	2	9	9	20	0	4	3
(평균x가중치) / 가중치합		0.034	0.023	0.010	0.028	0.010	0.002	0.036	0.036	0.030	0	0.008	0.003
환산된 결함도 지수범위가 "b"에 해당 됨 ⇨												0.22	
												B	

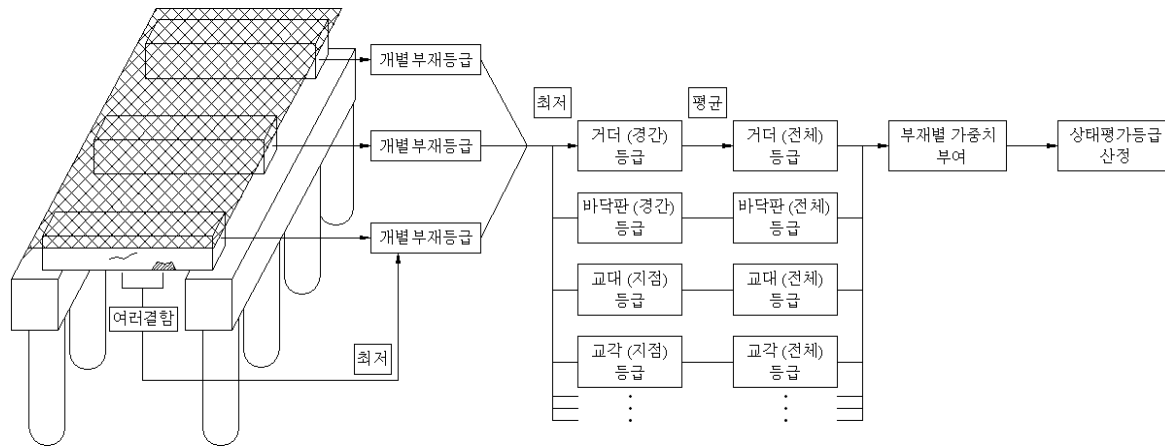
↓ ↓ ↓ ↓ ↓

번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	하부	기초	탄산화	염화물
1	강거더교	0.2	0.2	0.2	0.4	0.2	0.1	0.4	0.4	0.2	Q	0.2	0.1
2	강거더교	0.2	0.1	0.2	0.4	0.4	0.1	x	0.4	0.1	Q	0.2	0.1
3	강거더교	0.1	0.1	0.2	0.4	0.4	0.1	x	0.4	0.1	Q	0.2	0.1
4	강거더교	-	-	-	-	-	-	0.4	0.4	0.2	Q	-	-
평균		0.17	0.13	0.2	0.4	0.33	0.1	0.4	0.4	0.15	0	0.2	0.1
가중치		20	18	5	7	3	2	9	9	20	0	4	3
(평균x가중치) / 가중치합		0.034	0.023	0.010	0.028	0.010	0.002	0.036	0.036	0.030	0	0.008	0.003
환산된 결함도 지수범위가 "b"에 해당 됨 ⇨												0.22	
												B	

주) 가중치 합은 " 100 " 임

다. 상태평가 결과 산정 방법

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



[그림 1.1] 전체 교량의 상태평가 결과 산정 방법 예

1) 본교

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

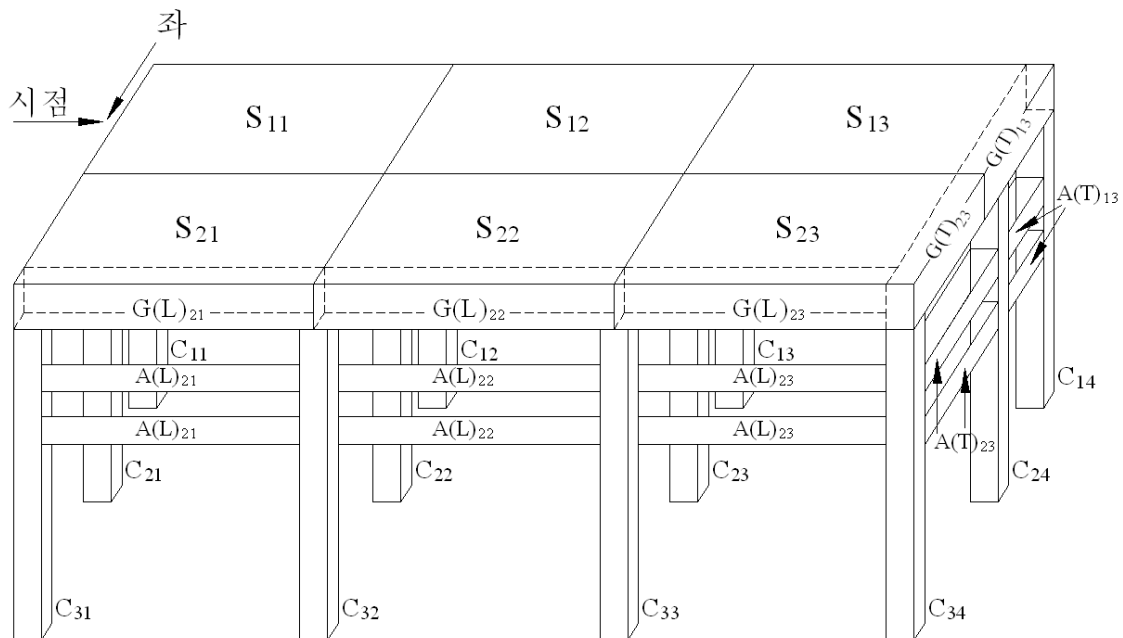
(가) 강거더교

부재의 분류		상부구조		2차 부재	기타부재				받침	하부구조		내구성 요소	
번호	구조형식	바닥판	거더	가로보	포장	배수	난간 연석	신축 이음	교량 받침	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) /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	

(나) 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
			종	횡	종	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 1.2] 라멘교의 부재 구성도

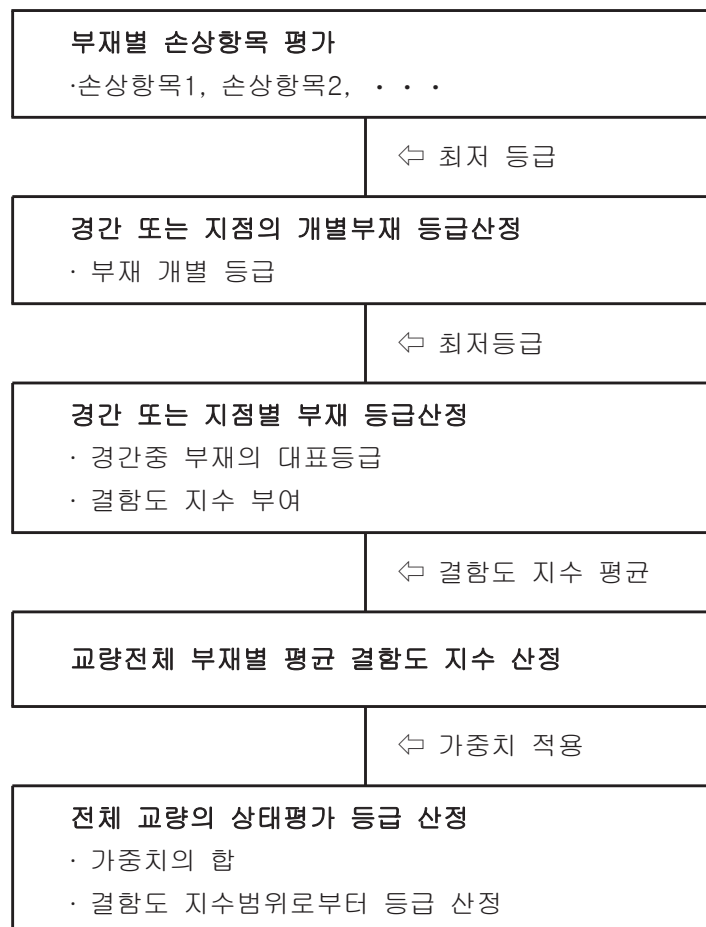
(다) 본교 전체의 상태평가 결과

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

구 분	구조형식	환산 결함도 점수	상태평가 결과	연장(m)	연장비	환산 결함도점수 × 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
						0.250
						B

【해설】

1. 전체 교량에 대한 상태평가 결과 산정 순서도



[해설 그림 1.4.64] 전체교량의 상태평가 결과 산정 순서도

2. 부재별 상태평가 결과로 개별부재 등급을 평가할 때 각 부재별 손상항목 중 최저값을 개별부재 등급으로 산정한다. 개별부재의 분류는 본 해설의 "1.4.2 가. 경간(지점)별 부재 상태평가 산정" 참고한다.
3. 전체 교량의 구성은 본교, 접속교, 램프교로 구분하고 전체 교량에 대한 대표 상태평가를 산정하기 위해서 본교, 접속교, 램프교의 각각의 상태평가 등급을 산정한다. 이때 여러 형식으로 구성된 본교는 각 형식별로 상태평가를 실시하여 등급을 산정하고 본교를 구성하는 연장비에 따라 결함도 점수를 환산하여 최종적인 상태평가 등급은 "본교" 하나의 등급으로 나타낸다.
4. 램프교는 전체 램프교에 대해 상태평가등급을 산정하지 않고 각각의 램프교 등급을 산정하여 차선수 및 연장비에 따라 최종 전체 교량의 상태등급산정에 반영한다.
5. 접속교의 경우는 본교기준에 준하여 평가를 실시한다.
6. 라멘교의 가로보라고 명시된 것은 "2차부재"를 의미한다. 라멘교의 경우 바닥판과 일체화된 중·횡의 거더와 기둥식 구조에서 기둥의 길이가 긴 경우 이를 구속하기 위한 2차 부재를 사용한다. (그림 1.2 참조)

(예시) 교량전체에 대한 상태평가 : 본 예시는 "세부지침"의 예를 경간 및 지점부 분할의 형식을 수정하여 적용하였다.

(1) 본교의 상태평가

① 강거더교

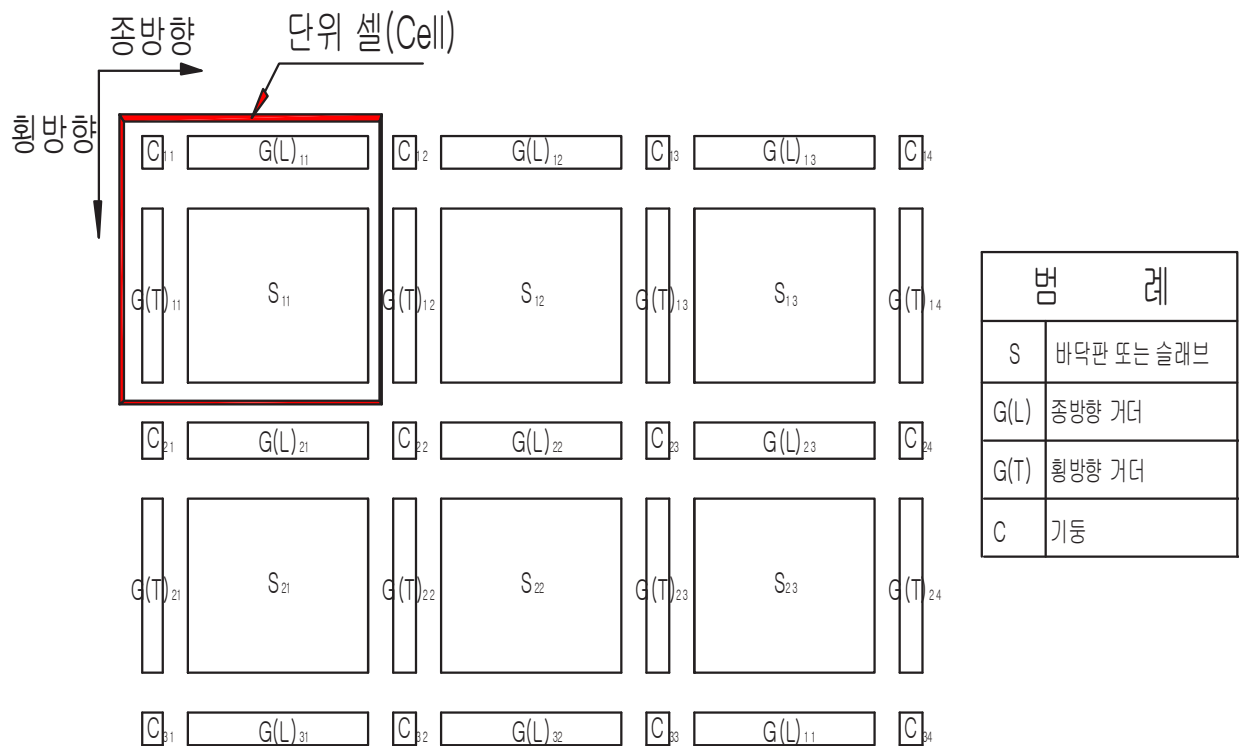
- (가) 개별부재의 최저값을 경간별 부재의 상태평가로 평가하고 경간별 상태평가 결과를 표와 같이 평균하고 가중치를 적용하여 시설물에 대한 상태평가를 실시한다.
- (나) 바닥판, 거더, 가로보, 포장, 배수, 난간 및 연석 항목은 경간단위로 평가하며 신축이음, 교량받침, 하부구조(교각 및 교대), 기초는 지점단위로 상태평가를 실시한다. 따라서, 표의 지점단위 평가 부재에서 한 행이 많아지게 된다.
- (다) 표기 방법에서 "X"등급은 경간 및 지점에서 존재하지 않는 부재를 의미하며, "Q"등급은 부재는 있으나 조사 및 평가가 불가능한 경우의 등급으로 사용하며 결함도 점수는 각각 "0" 으로 산정한다. X등급 및 Q등급의 항은 평균값 산정시 제외된다.

② 라멘교 및 복개구조물

- (가) 일반 거더 및 슬래브교의 상태평가는 개별부재 등급으로 경간단위 부재 등급을 산정하고 경간단위 등급의 평균을 사용하여 시설물의 등급을 산정한다. 그러나, 라멘교는 이러한 상태평가 절차와는 달리 전체 시설물을 교각 기둥 또는 거더로 둘러싼 상부구조를 행과 열단위로 구획하여 부재로 설정하고 각 부재의 요소를 평가하여 전체 시설물에 대해 평균값으로 상태평가를 실시한다.
- (나) 라멘교 부재의 구성은 " [그림 1.2] 라멘교 부재의 구성도"에서 나타내었다.

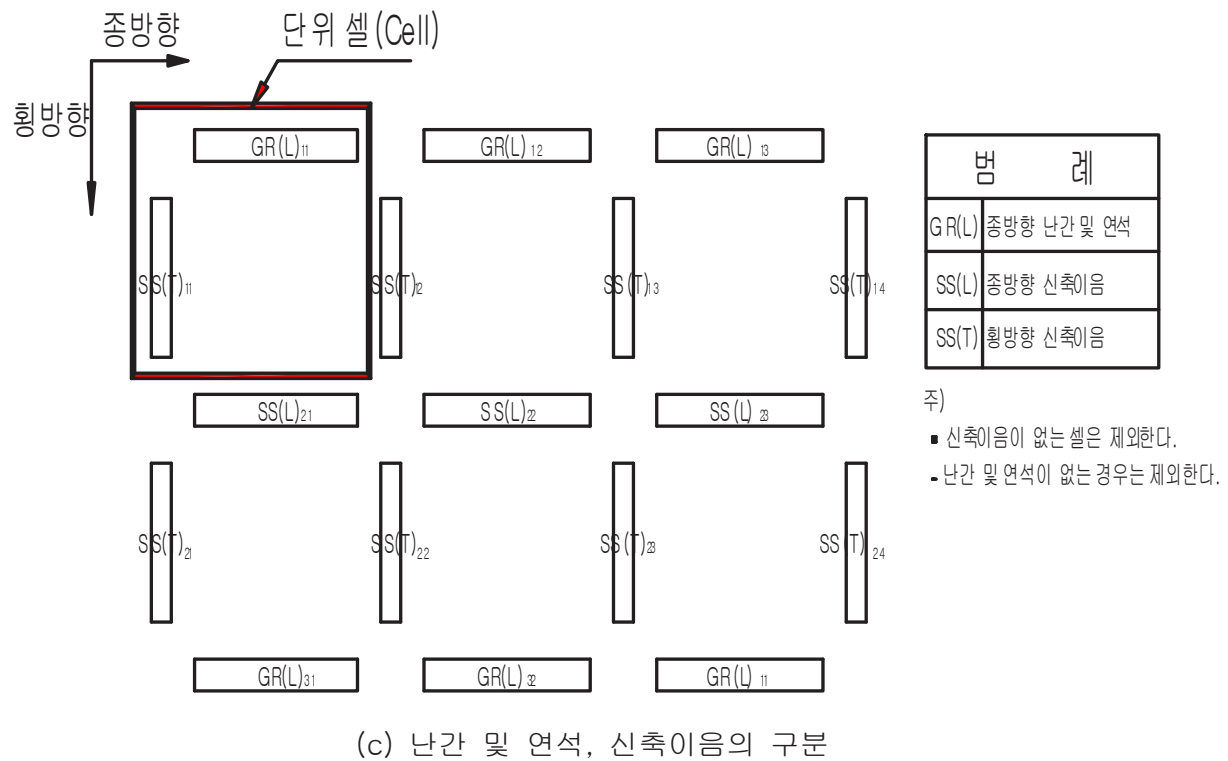
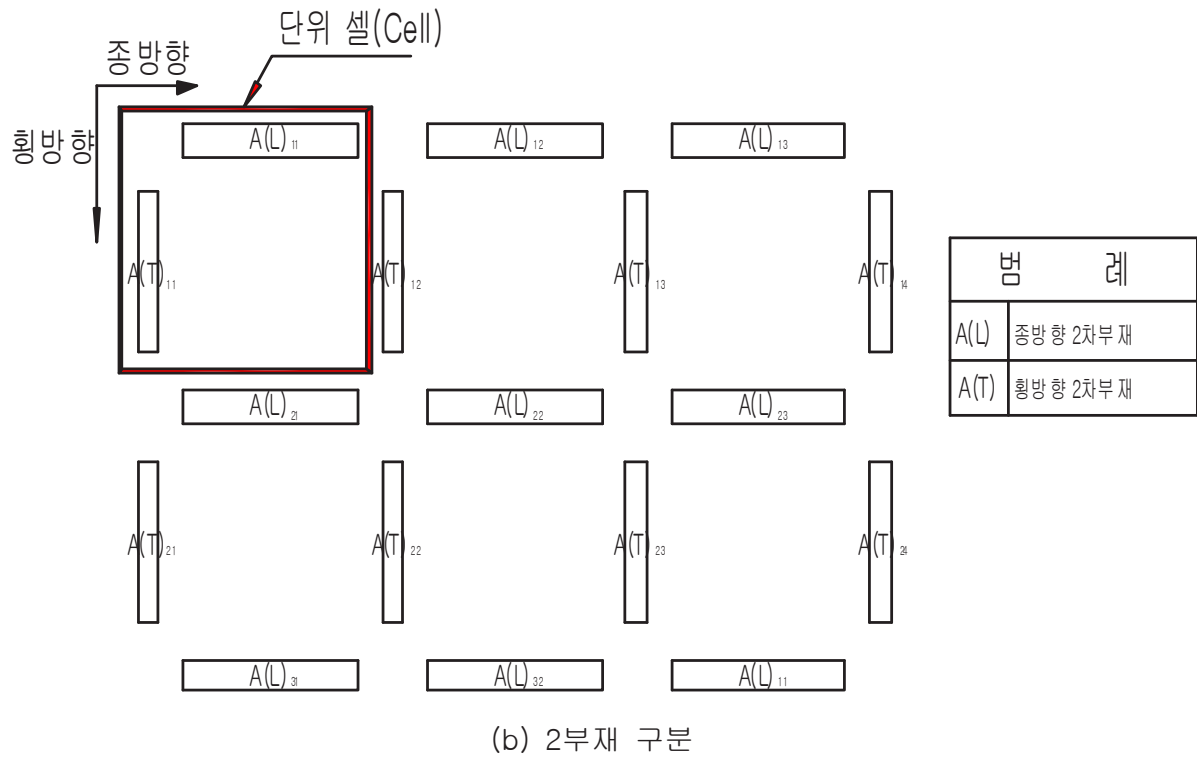
아래 첨자는 A점을 기준으로 부재구분을 위해 구획된 구간의 행과 열을 나타낸다.

- (다) 2차부재는 각 행과 열에 다수개가 있을 때는 묶어서 하나의 부재로 보고 평가한다.
- (라) 전체 라멘교는 기둥과 가로, 세로거더로 구성된 단위의 셀(Cell) ([그림 1.2] 참조)로 구분하고 A점을 기준으로 [해설그림 1.4.65] 과 같이 거더, 바닥판, 기둥, 신축이음, 난간 및 연석을 같은 셀로 간주하여 첨자를 부여한다. 이때 단위 셀에 포함되지 않은 신축이음, 난간 및 연석은 제외된다.
- (마) 평가는 단위 셀을 기준으로 평가를 실시하고 셀의 평가결과를 평균하여 전체 라멘교에 대한 평가결과를 산정한다.
- (바) 전체 라멘교가 종방향으로 [해설그림 1.4.65]와 같이 상부폭이 달라지는 경우는 라멘 구간1, 라멘구간 2 등으로 나누어 각각을 개별형식의 교량으로 간주하여 평가한다.



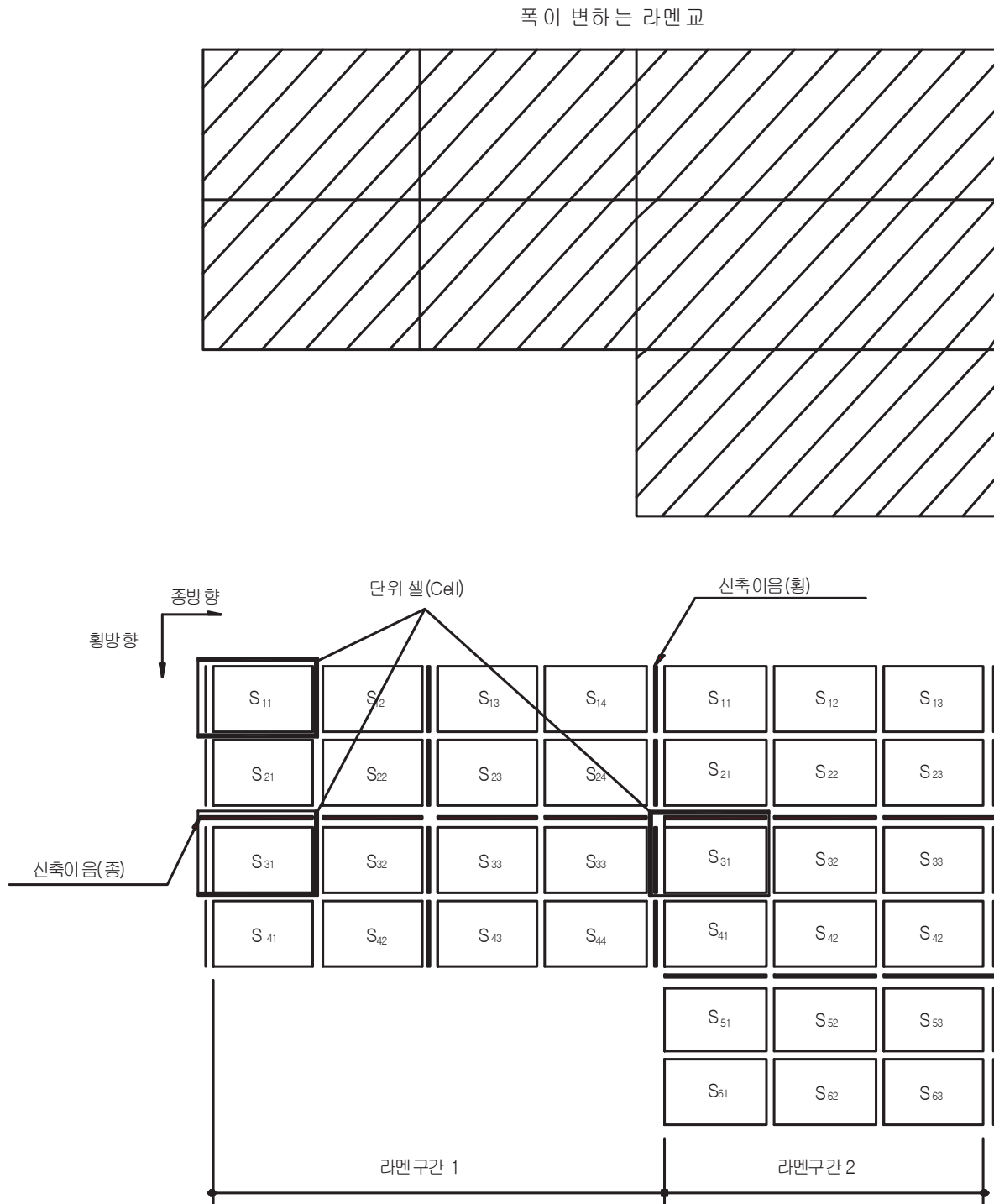
(a) 주부재 구분

[해설 그림 1.4.65] 라멘교의 부재 분할도



[해설 그림 1.4.65] 라멘교의 부재 분할도(계속)

(사) 전체 라멘구간 중 구간1, 구간2 등으로 구분된 개별형식의 라멘교량은 전체 교량의 상태평가에서 각 구간별 연장비에 따라 결과값이 가중 적용된다.



부재분류		상부구조			2차 부재		기타부재					받침	하부구조		내구성요소	
경간 번호	구조 형식	바 닥 판	거더		가로보		포 장	배 수	난간 연석	신축 이음		교량 받침	하 부	기 초	탄 산 화	염 화 물
			중	횡	중	횡				중	횡					
11	라멘교	b	c	c	b	c	c	b	a	c	b	c	b	c	b	a
12	라멘교	b	b	c	c	c	c	c	b	c	b	b	b	c	b	a
13	라멘교	c	c	c	b	c	b	c	b	c	c	c	b	c	b	a
14	라멘교	-	-	b	-	b	-	-	-	-	-	-	a	c	b	a
21	라멘교	b	a	c	c	b	c	b	b	-	c	b	b	b	b	a
22	라멘교	c	c	b	b	c	c	b	b	-	b	c	c	b	b	a
23	라멘교	c	b	b	c	b	c	c	a	-	c	c	a	b	b	a
24	라멘교	-	-	b	-	c	-	-	-	-	-	-	b	c	b	a
31	라멘교	-	a	c	b	c	-	-	-	-	-	-	b	c	b	a
32	라멘교	-	b	c	b	b	-	-	-	-	-	-	b	b	b	a
33	라멘교	-	a	b	c	b	-	-	-	-	-	-	b	c	b	a
34	라멘교	-	-	b	-	b	-	-	-	-	-	-	c	b	b	a
평균		0.300	0.271		0.295		0.367	0.300	0.167	0.333		0.333	0.217	0.317	0.200	0.100
가중치		20	21		5		7	3	2	3		3	22	7	4	3
(평균x가중치) / 가중치합		0.060	0.057		0.015		0.026	0.009	0.003	0.010		0.010	0.048	0.022	.0.008	0.003
0.26 ≤ x < 0.49															0.271	
															C	

(아) 본교 전체의 상태평가는 본교를 하나의 시설물로 보고 본교를 구성하는 각 형식별 교량의 손상정도를 연장비를 사용하여 평가한다. 따라서, 전체 연장의 합에 대한 각 형식별 교량의 연장의 비율을 연장비로 정하고 연장비의 합은 1.00이 된다.

2) 접속교

○ 본교 기준에 준함

【해설】

1. 접속교는 교량형식에 따라 본교의 기준에 따라 평가를 실시하고, 시·종점부의 접속교의 평가 결과를 연장비에 따라 합산하여 평가한다.

3) 램프교

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

【해설】

1. 램프교는 본교에 이어져 다수개의 지선을 형성하므로 전체 램프교에 대해서는 평가를 하지 않고 각각의 램프교를 단일 교량으로 평가하여 전체 교량의 대표 상태평가 결과 산정시 반영한다.

4) 전체 교량의 대표 상태평가 결과 산정

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

【해설】

1. 전체교량은 본교, 접속교, 다수의 램프교로 구성되며 각각의 차선수에 따른 폭이 다르므로 차선은 가중치가 되고 연장비 계산에서 연장은 연장에 차선수를 곱한 값으로 한다.

종류	구분	환산 결함도점수	상태평가 결과	연장(m)	차선	길이 × 차선	연장비	환산결함도점수 × 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
								0.258
								B

1.5 안전성평가 기준 및 방법

1.5.1 일반

안전성평가 항목별 평가방법은 정량적으로 평가하기 어렵거나 또한 다양한 경우가 대부분이므로 상호의 평가결과를 비교하는 것이 필수적이다.

또한, 본 장에 기술되지 않은 평가항목으로서 시설물의 안전에 미치는 영향이 크다고 판단될 경우에는 본 장에 기술된 것과 같이 안전성평가 기준을 제시하고 의견서를 첨부하여 시설물의 평가에 반영할 수 있다.

또한 시설물의 특성 및 제반 여건 등을 고려하여 적절히 응용할 수 있다.

1.5.2 안전성평가 기준

구조물의 안전성평가는 주요 구조부재의 정밀의관조사, 비파괴 현장시험 및 재료시험의 결과를 토대로 종합적으로 이루어져야 한다. 현재 도로교와 철도교는 강교의 경우 허용응력설계법, 콘크리트교는 강도설계법으로 설계되고 있다.

안전성 검토는 대상 교량의 설계개념을 따라 일관성이 유지되도록 평가하는 것을 원칙으로 하고, 최근 도입되고 있는 신뢰성이론에 의한 평가방법은 충분한 통계자료가 뒷받침되어야 하므로 참고자료로 활용한다.

또한 교량의 안전성평가는 내하력평가 개념으로 규정되어 왔으나 내하력은 활하중여유도로서 하중비에 따라 내하력의 변동폭이 크게 변하므로 교량의 안전성을 일관되게 평가하는 기준으로 적절하지 못하다.

따라서 안전성평가는 교량의 안전율 개념을 도입하여 평가하였다. 그러나 안전율이 0.9에서 1.0 사이에 있어 재하시험에 의한 공용내하력 평가를 실시한 경우 공용내하력 산정결과에 따라 안전성평가 결과를 산정한다. 관리주체의 요구에 따라 내진안전성평가를 실시할 경우 “기존 시설물의 내진성능평가 및 향상요령(건설교통부, 2003.12)”의 절차에 따라 내진안전성평가 과업을 수행한다.

[표 1.31] 구조물의 안전성평가 기준

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

【해설】

1. 내하력은 "구조물의 하중에 저항하는 능력"을 말하나 구조물의 안전점검 분야에서의 내하력은 활하중에 대한 여유도를 나타낸다. 내하력 평가는 재하시험을 통한 응답비의 적용 등 시험과 구조해석의 결과에 따른 활하중비를 나타내며 하중비에 따라 동일 구조물의 내하력이 크게 변동할 수 있어 일관성 있는 구조물의 안전성 평가가 어렵다. 따라서, 규정에서는 설계개념에서의 안전율과 내하력 평가의 결과를 조합하여 안전성 평가기준을 규정하였다.
2. 현 규정에서 기존 교량시설물의 내진안전성 평가는 내진설계 미반영 교량 및 내진보강 미적용 교량에 대해 관리주체의 요청에 따라 실시할 경우 "기존시설물의 내진성능평가 및 향상요령(국토해양부, 한국시설안전공단, 2011)" 및 추후 개정내용에 따라 안전성 평가 과업을 수행한다.
3. 안전성 평가 방법은 현행 도로교 설계방법으로 규정된 허용응력법(허용응력 설계법)과 강도법(강도 설계법)을 적용하며, 교량의 상부구조형식 및 사용재료에 따라 [해설 표 1.5.1]와 같이 기본적으로 적용하고, 거더교의 바닥판은 강도법(강도 설계법)을 적용한다. 또한 표에 규정되어 있지 않은 상부구조형식을 갖는 교량의 평가방법에 대해서는 『도로교설계기준』에 규정된 해당 교량형식의 설계방법이나 당초 설계법을 사용하여 평가한다.

[해설 표 1.5.1] 상부구조 형식 및 구조재료에 따른 평가방법

교량 상부구조 형식	교량 재료	안전성 평가방법
RC 슬래브교	철근콘크리트	강도법
RC 라멘교	철근콘크리트	강도법
RC T거더교	철근콘크리트	강도법
PSC I거더교, PSC 박스 거더교	프리스트레스트 콘크리트	허용응력법, 강도법
강 I거더교	압연강재	허용응력법
강박스거더교	판형강재	허용응력법
플레이트거더교	판형강재	허용응력법

주) PSC 거더의 하중단계별 응력검토는 허용응력법을 적용하며 극한하중에 대해 안전성 검토를 강도법으로 수행하여야 함.

4. 하부구조의 안전성 평가시에는 강부재에 대해서는 허용응력법을 콘크리트부재에 대해서는 강도법을 적용한다.

1.5.3 안전성평가 산정 방법

가. 안전성평가의 고려사항

1) 상부구조의 고려사항

상부구조의 안전성평가 시 다음 사항을 충분히 고려하여 엄밀한 판정이 되도록 한다.

- 콘크리트 및 강재 등 재료의 실제강도
- 균열, 박리, 박락, 층분리
- 강재, 철근, 프리스트레싱 텐던의 부식
- 구조부재의 실제단면적과 철근의 위치
- 처짐
- 볼트, 리벳, 용접 등 연결부위의 상태
- 신축 이음부와 받침부의 구속력

강교의 경우, 교량에 발생하는 결함 및 손상의 대부분이 용접부 및 절취부 등의 불연속면에 작용하는 응력집중에 의한 국부적인 추가손상 및 피로파손에 기인하므로 피로응력에 대한 평가를 필요로 하는 경우가 있다.

특히 철도교는 도로교와 달리 설계하중에 가까운 큰 하중이 통과하는 횡수가 많은 것이 특징으로 실동응력 범위가 커짐으로 인해 피로에 대한 고려가 필수요건이 된다.

【해설】

1. 구조물의 설계는 주어진 설계조건에 만족시키기 위해 재료의 강도 및 구조물 강성, 기하적 조건을 선택하는 과정이지만 안전점검 및 진단은 현 시점의 구조물 상태를 가능한 정확히 반영하여 실 구조물의 거동을 해석하고, 설계기준상의 안전성여부를 판정하는 과정이 되므로 가능한 구조물의 손상을 고려하여 판정하여야 한다.
2. 콘크리트 및 강재 등 재료의 실제 강도는 현장 조사 및 비파괴 시험을 통해 측정된 결과를 토대로 반영하여야 한다.
3. 프리스트레스 콘크리트의 안정성 검토는 장기처짐, 단부거동, 유효긴장력의 변화 등을 반드시 고려하여 구조물의 안전성을 판정하여야 한다.

2) 하부구조의 고려사항

교량의 안전성에 영향을 주는 모든 하부구조 부재의 불안정한 흔적에 대하여 특별히 관리를 하여야 하며, 하부구조의 평가는 정확한 공학적 판단 하에 실시한다. 하부 구조물의 적정성 여부는 준공도면, 시공도면, 구조 계산, 점검 결과 및 기타 적절한 자료를 토대로 한다.

교각 및 교대를 포함한 하부구조는 상부구조를 지지할 수 있는 최소한의 안전성 확보 유무가 점검되어야 하며, 우물통과 교각기초 사이의 거동, 기초가 암반에 근입된 상태, 교대의 부등침하, 전방이동 등을 고려한다.

【해설】

1. 하부구조의 불안정요소는 하부구조 자체의 안전성 뿐만 아니라 상부구조에 미치는 영향이 크므로 현장조사를 통해 부재의 파손 및 손상, 기하 및 경계조건의 변동 등을 안전성 평가에 고려하고 하부구조의 거동에 따른 상부구조의 영향을 판단하는 것이 중요하다.
2. 하부구조의 평가시에 상부구조와 동일하게 현장시험을 통한 재료 및 손상정보를 안전성 평가에 반영하여야 한다.

3) 여유도가 없는 구조물 (Nonredundant Structure)

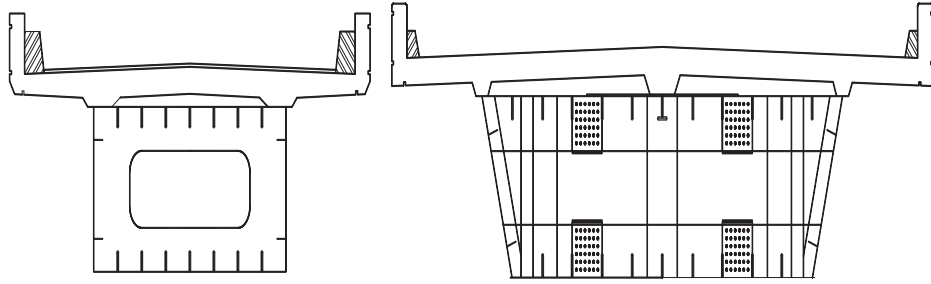
구조물에는 부분적인 부재의 파괴가 교량 전체의 붕괴를 일으킬 것으로 예상되는 주요 구조부재가 존재한다. 이러한 구조물의 안전성평가 시에는 이들 여유도가 없는 부재에 특별히 유의한다.

【해설】

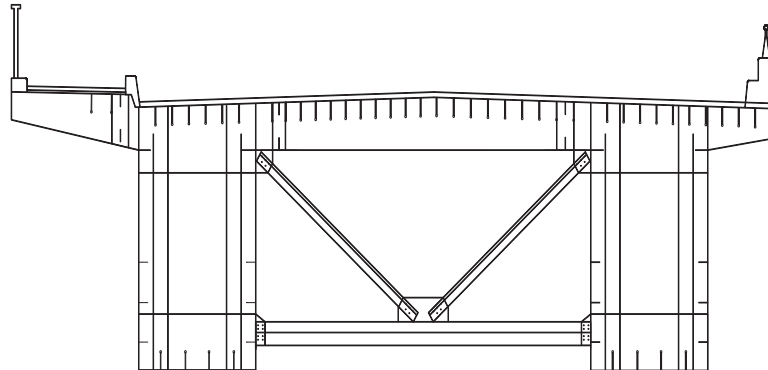
1. 부재의 파손으로 구조물 전체가 붕괴되는 무여유도 부재(Non-Redundant Members)를 붕괴유발부재(Fracture Critical Members: FCMs)라고 한다.
2. 여유도(Redundancy)란 용어는 여러 개의 부재가 있는 구조물에서 한 부재가 붕괴될 때 이 부재가 받고 있던 하중이 다른 부재로 재분배될 수 있는 기능을 말한다. 따라서 구조물이 여유도가 있다는 것은 한 부재가 붕괴될 때 손상되지 않은 다른 부재가 추가 하중을 받아줌으로써 구조물의 완전붕괴를 막을 수 있는 것을 말한다. 여유도의 종류로는 하중경로 여유도, 구조적 여유도, 내적 여유도 등 세 종류로 구분할 수 있다. 그러나 일반적으로 붕괴유발부재는 하중경로 여유도가 없는 구조물 즉, "단재하경로 구조물"의 인장 부재를 말한다. 우리나라에서는 붕괴유발부재를 도로교 설계기준 허용피로응력편에서 단재하 경로 부재로 표현하고 있으며 허용피로응력 범위를 다재하 경로 부재에 비하여 낮게 적용하고 있다.

3. 하중 경로 여유도

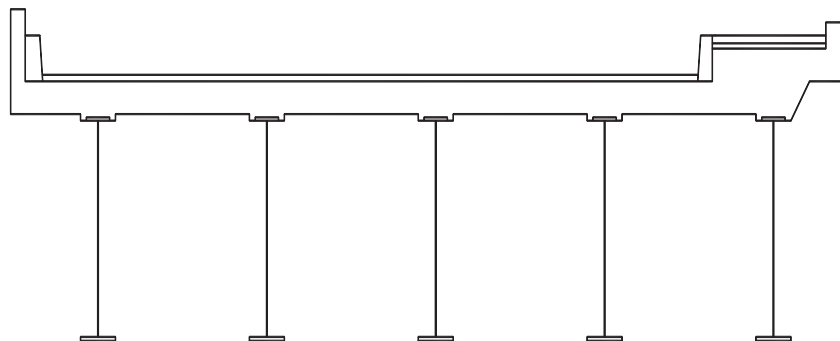
세 개 이상의 거더 또는 보로 설계된 교량을 "하중경로 여유도"가 있는 구조물 또는 "다재하 구조물"이라고 한다. 한 거더 또는 보가 파손될 경우, 파손된 거더가 받던 하중은 다른 거더로 재분배되어 교량은 붕괴되지 않는다. 거더의 개수가 둘인 박스거더는 붕괴유발부재가 아닌 것으로 취급하기 쉬우나 한 개의 박스거더에서 균열이 발생하여 전단면으로 손상이 진전되면 나머지 한 개 부재에서 전체를 지탱할 수 없으므로 거더가 2개인 박스거더는 붕괴유발부재로 간주한다.



(a) 1 개 거더 - 하중경로 여유도 없음



(b) 2개거더- 하중경로 여유도 없음

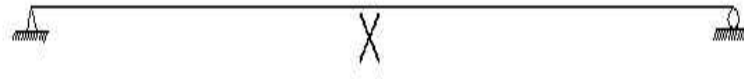


(c) 3개 이상의 거더 - 하중경로 여유도 있음

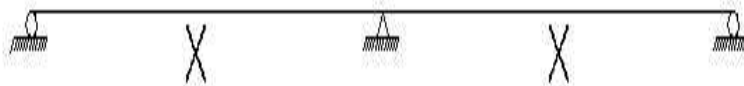
[해설 그림 1.5.1] 하중경로 여유도

4. 구조적 여유도

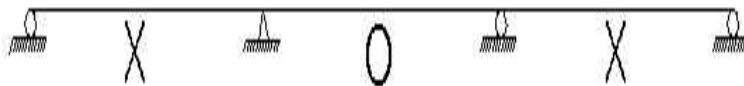
구조적 여유도란 하중이 통과하는 경로와 평행하여 놓인 연속된 경간의 숫자로서 결정된다. 구조적으로 무여유도(Non-Redundancy)라 함은 두 개 이하의 경간을 갖고 있는 구조물을 의미한다. 세 개 이상의 경간으로 구성된 연속구조물에서도 끝 경간은 무여유도이고, 나머지 중간 경간은 여유가 있다고 본다. 왜냐하면 끝경간은 단경간과 마찬가지로 한 쪽 교각에 파손이 났을 경우 구조물이 붕괴할 위험 소지가 있기 때문이다. 두 개의 거더로 된 구조물도 3경간 연속에서 중앙경간은 구조적으로는 여유가 있다. 즉 구조적 여유도는 거더의 개수로 분류하는 것이 아니라 연속경간의 형식에 따라 분류한다.



(a) 단경간 - 구조적 여유도 없음



(b) 2경간 연속 - 구조적 여유도 없음

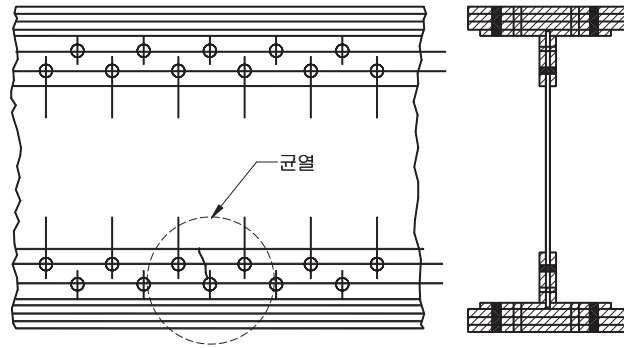


(c) 3경간 연속 - 측경간은 여유도 없으나 중앙경간은 여유도 있음

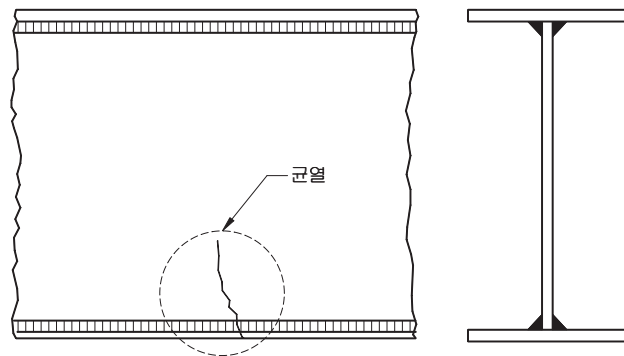
[해설 그림 1.5.2] 구조적 여유도

5. 내적 여유도

내적 여유도를 갖고 있다는 뜻은 여러 부재가 복합적으로 구성된 구조물에서 한 부재가 파손되었다 하더라도 그 영향이 다른 부재에 미치지 않는다는 뜻이다. 내적 여유도가 있는 부재와 없는 부재의 가장 큰 차이점은 한 부재의 파손이 다른 부재에 어떠한 영향을 주는가에 달려 있다. 예를 들면 리벳으로 제작된 플레이트 거더는 내적 여유도를 갖고 있는데, 그 이유는 플레이트와 앵글이 독립된 부재이기 때문에 리벳 하나가 파손된다 하더라도 앵글(Angle)이나 플레이트(Plate)에 영향을 주지 않는다. 또한 앵글에 균열이 발생했다 하더라도 플레이트로 진전하지 않는다. 이와 반대로 용접으로 제작한 플레이트 거더는 내적 여유도가 없다. 따라서 일단 균열이 시작되면 강재가 균열을 막을 수 있을 만큼의 충분한 강도를 갖고 있지 않는 플레이트로 전파된다. 보통 내적 여유도는 부재가 붕괴유발부재인가를 결정하는데는 고려되지 않으나, 그 정도에 따라서 보수·보강을 요한다.



(a) 리벳 거더의 균열 - 내적 여유도 있음



(b) 용접 거더의 균열 - 내적 여유도 없음

[해설 그림 1.5.3] 강부재의 내적 여유도

4) 복잡한 구조물

본 「세부지침」은 국내에 일반적으로 사용되는 교량형식의 평가에 이용함을 목적으로 하기 때문에 현수교, 사장교, 곡선 거더교, 아치, 연속트러스 및 변단면 거더교량과 같이 복잡한 구조물의 안전성검토에는 특별한 해석법 및 절차를 필요로 하며, 사교의 경우에는 부반력도 검토한다.

나. 내하력평가

1) 허용응력법에 의한 공용내하력 평가

(가) 내하율의 평가

허용응력법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시에 하중조합으로는 $D+L(1.0+i)$ 를 사용하므로 하중계수는 각각 1.0이 된다.

사용재료의 허용응력은 강재의 경우 사용재료에 따른 항복응력을 사용하여 도로교 표준시방서와 철도건설공사 표준시방서 규정에 의거 부재종류에 따라 결정한다.

고정하중과 활하중에 의한 응력은 대상 부재단면에 있어서 철근 및 강재부식, 콘크리트의 탄산화, 염해, 동해 등에 의한 강도저하와 단면손실 등을 고려하여 계산한다. 이때 고정하중은 현재 교량에 작용하고 있는 모든 고정하중을 가능한 한 정확히 고려한다. 활하중은 현행 도로교 표준시방서와 철도건설공사 표준시방서의 설계활하중을 사용한다. 허용응력법에 의한 내하율은 강 부재의 내하력 산정 시 적용하는 것이 바람직하며, 허용응력법에 의한 교량부재의 내하율은 다음 식으로 계산한다.

$$\circ \text{내하율(RF)} = \frac{f_a - f_d}{f_l(1+i)}$$

여기서, f_a = 실측 허용응력

f_d = 실측 고정하중에 의한 응력

f_l = 설계 활하중 (도로교의 경우 DB 또는 DL하중,

철도교의 경우 LS하중)에 의한 응력

i = 충격계수는 도로교 표준시방서에서 제시한 설계 충격계수를 적용한다.

(나) 공용내하력의 산정

허용응력법에 의한 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

$$\circ \text{공용내하력(P)} = K_s \times RF \times P_r$$

여기서, K_s = 응답 보정계수 = $\frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \cdot \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$

$$\text{또는} \quad \text{응답 보정계수} = \frac{\varepsilon_{\text{계산}}}{\varepsilon_{\text{실측}}} \cdot \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$$

f_a = 실측 허용응력

f_d = 실측 고정하중에 의한 응력

f_l = 설계 활하중 에 의한 응력

- 도로교의 경우 DB 또는 DL하중
- 철도교의 경우 LS하중

$i_{\text{계산}}$ = 도로교의 경우 도로교표준시방서,

철도교의 경우 철도건설공사 표준시방서에 의한 충격계수

$i_{\text{실측}}$ = 동적재하시험으로부터 평가된 최대 충격계수

$$P_r = \text{설계 활하중}$$

(도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우 LS하중)

$$\delta_{\text{계산}}(\delta_{\text{실측}}) = \text{이론적인 처짐량 (실측 처짐량)}$$

$$\varepsilon_{\text{계산}}(\varepsilon_{\text{실측}}) = \text{이론적인 변형률 (실측 변형률)}$$

【해설】

1. 사용재료의 허용응력은 부재 및 작용력의 종류에 따라 『도로교 설계기준』의 규정을 적용한다. 참고로 강종에 따른 강재의 허용응력은 [해설표 1.5.2]에 나타난 것과 같다.

【해설 표 1.5.2】 허용축방향 인장응력 및 허용휨인장응력(MPa)

강종 강재판 두께(mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
40 이하	140	190	210	260
40초과 75이하	130	175 (190) ^{주)}	200 (210) ^{주)}	250 (260) ^{주)}
75초과 100이하			195 (210) ^{주)}	245 (260) ^{주)}

주) TMC 강재일 경우는 ()의 값을 적용한다.

[해설 표 1.5.3] 허용 휨 압축응력(MPa)

강종 강재판 두께(mm)	SS400 SM400 SMA400	SM490	SM490Y SM520 SMA490	SM570 SMA570
40 이하	140	190	210	260
40초과 75이하	130	175 (190) ^{주)}	200 (210) ^{주)}	250 (260) ^{주)}
75초과 100이하			195 (210) ^{주)}	245 (260) ^{주)}

주) TMC 강재일 경우는 ()의 값을 적용한다.

2. 허용응력은 강재의 국부좌굴에 대한 가능성 여부에 따라 부재의 세장비 또는 폭-두께비를 근거로 조정하여 적용한다. 자세한 내용은 [도로교 설계기준 제3장 강교편, 3.3 강재의 허용응력]을 참고한다.
3. 강교의 허용응력은 하중조합에 따라 허용응력의 증가계수를 적용하도록 [도로교 설계기준 2.2.2.2]를 참고하여 적용한다.
4. 교량관리자가 필요하다고 판단되는 경우에는 표준트럭 하중 또는 차선하중 이외에 실제 통행하는 차량(특수차량, 군전차 등)을 평가 활하중으로 적용할 수 있다. 즉, 표준트럭하중과 차량제원, 축중, 축수, 총중량이 상이한 차량통행의 가능성을 검토하고자 하는 경우, 통행차량을 평가활하중으로 적용하여 내하력 평가를 실시할 수 있다.
5. 공용내하력은 현재의 교량 내하력의 설계활하중에 대한 비율을 나타내는 것으로써 실제 구조물과 구조해석상의 모델링의 응답차이를 "응답보정계수"를 통하여 보정하여 적용한다. 재하시험을 실시하지 않은 경우 또는 재하시험에 의해 실측값을 얻을 수 없는 경우에 "응답보정계수=1.0"이 된다.
6. 응답보정계수(K_s)는 처짐과 변형률에 대해 계산할 수 있으며, 강재의 경우 재료가 콘크리트에 비해 균질하므로 변형률에 대한 응답이 안정적으로 나타나는 특성이 있으나 통상적으로 교량의 전체 강성을 반영하는 처짐에 의한 응답이 더 안정된 결과를 준다.
7. 재하시험시 변형률은 변형률계(strain gage), 처짐은 LVDT와 같은 처짐계에 의해 측정되며 통상 인장부 최대지점은 처짐과 변형률을 동시에 측정하고 압축부는 변형률을 측정하는 것이 일반적이다. 따라서, 응답보정계수는 압축부에서는 변형률을 사용하고, 인장부에서는 처짐과 변형률을 사용하여 구할 수 있다.
8. 실측 처짐 및 변형률은 정적 또는 의사정적 시험을 통한 처짐과 변형률을 적용하고, 실측충격계수는 동적재하시험의 속도별 하중경우에 대해 최대의 충격계수 값을 적용한다.

2) 강도설계법에 의한 공용내하력 평가

(가) 내하율의 평가

강도설계법에 의한 교량부재의 내하율 산정 시 하중조합으로는 1.3D+2.15L(1.0+i)를 사용하므로 하중계수는 각각 1.3, 2.15가 된다.

단면강도는 단면의 현재 상태, 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교 표준시방서와 철도건설공사 표준시방서의 공칭강도와 강도감소 계수에 따라 계산한다.

교량 설계시의 부재강도 감소계수는 부재강도의 산정에 있어서 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시공단면의 오차 등을 고려하는 계수이나 내하력 평가 시에는 그러한 불확실성은 상당히 감소하므로 오히려 공용 중에 부재단면의 손상정도에 따라 결정한다.

그러나 부재단면의 손상정도를 정량적으로 평가하기가 어려우므로 공칭강도의 산정 시는 교량의 현재 상태에 따른 단면감소와 코어 강도에 따른 재료강도를 고려하고 강도감소계수는 설계시의 값을 그대로 사용한다.

고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 고정하중과 현행 도로교 표준시방서의 설계 활하중(DB 또는 DL하중) 및 철도건설공사 표준시방서의 설계활하중(LS하중)을 사용하여 구조해석을 통하여 구한다.

강도설계법에 의한 내하율은 콘크리트 부재의 내하력 산정에 적용하는 것이 바람직하다.

$$\circ \text{ 내하율(RF)} = \frac{\phi M_n - \gamma_d M_d}{\gamma_l M_l (1+i)}$$

여기서, ϕM_n = 극한 저항모멘트 (강구조물 $\phi = 1$,

RC·PC구조물의 휨부재 $\phi = 0.85$)

M_d = 실측 고정하중모멘트

M_l = 설계 활하중에 의한 모멘트

(도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우 LS하중)

γ_l = 활하중 계수 = 2.15

γ_d = 고정하중 계수 = 1.30

i = 도로교 표준시방서에서 제시한 설계 충격계수를 적용한다.

(나) 공용내하력의 산정

강도설계법에 의한 교량부재의 공용내하력은 다음 식으로 계산한다.

$$\circ \text{ 공용내하력(P)} = K_s \times RF \times P_r$$

$$\text{여기서, } K_s = \text{응답 보정계수} = \frac{\delta_{\text{계산}}}{\delta_{\text{실측}}} \cdot \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$$

$$\text{또는 } \text{응답 보정계수} = \frac{\varepsilon_{\text{계산}}}{\varepsilon_{\text{실측}}} \cdot \frac{1+i_{\text{계산}}}{1+i_{\text{실측}}}$$

P_r = 설계활하중

(도로교의 경우 DB 또는 DL하중, 철도교의 경우 LS하중)

【해설】

1. 단면강도는 단면의 현재상태 , 즉 재료강도와 단면손실 등을 고려하여 도로교 설계기준과 철도 건설공사 표준시방서의 공칭강도와 강도 감소계수에 따라 계산한다.
2. 교량 설계시의 부재강도 감소계수는 부재강도의 산정에 있어서 재료강도에 대한 불확실성, 설계와 시공단면의 오차 등을 고려하는 계수이나 내하력 평가시에는 그와 같은 불확실성은 상당히 감소하므로 오히려 공용중에 부재단면의 손상정도에 따라 결정한다. 그러나 부재 단면의 손상정도를 정량적으로 평가하기 어려우므로 공칭강도의 산정시는 교량의 현재상태에 따른 단면감소와 코어강도에 따른 재료강도를 고려하고 강도 감소계수는 설계시 값을 그대로 사용한다.
3. 고정하중과 활하중에 의한 단면력은 현재 작용하고 있는 고정하중과 현행 도로교 설계기준의 활하중(DB 또는 DL하중) 및 철도 건설공사 표준시방서의 설계활하중(LS하중)을 사용하여 구조해석을 통해 구한다.
4. 작용하중에 대한 하중계수는 하중의 종류에 따라 다음에 나타낸 계수를 적용한다.
5. 공용내하력은 허용응력법에 의한 공용 내하력 산정법과 같으므로 참고한다.

[해설 표 1.5.4] 강도감소계수

부재 및 작용력 구분	ϕ
휨부재, 휨과 축방향력 인장을 겸하여 받는 부재	
- 철근 콘크리트 부재	0.85
- 프리캐스트 프리스트레스 콘크리트 부재	0.90
- 현장치기된 포스트텐션 부재	0.85
축방향 인장부재	0.85
전단과 비틀림	0.80
콘크리트 지압	0.70
무근 콘크리트	0.65

[해설 표 1.5.5] 하중계수

구분	하중계수	비고
고정하중	1.3	
활하중	2.15	
토압하중	1.7	라멘교 수평부재의 부모멘트 검토시
	0.65	라멘교 수평부재의 정모멘트 검토시

다. 재하시험

1) 일반

재하시험은 실험적인 방법으로 교량의 거동을 해석하는 방법으로서, 정해진 규정에 따라 교량의 탄성거동에 영향을 주지 않는 크기로 결정된 기지의 하중을 교량의 특정부위에 직접 재하하여 교량을 구성하는 주요 부재들의 실제거동을 관찰 및 계측하는 시험이다.

재하시험의 목적은 교량의 실제 내하력을 정량화시키기 위함이며, 재하시험의 결과는 이론적인 방법으로 평가된 교량의 내하력을 보완하는데 적용된다.

재하시험은 정적 및 동적재하시험으로 구분하여 실시하되 의사정적재하시험을 실시하는 경우에는 정적재하시험을 생략할 수 있다. 재하시험을 시행할 경우에는 시험방법, 시험하중, 계측기기의 운영, 시험원의 자격요건 및 안전조치계획 등을 포함한 신중한 계획이 이루어져야 한다.

내하력평가에서 재하시험의 세부목적은 다음과 같다.

- 교량의 실제 정적 및 동적거동 평가
- 처짐, 진동 등에 대한 사용성 검토
- 새로운 해석방법 및 설계기법의 검증
- 교량의 결함원인의 분석 및 규명
- 해석에 의한 내하력이 작은 경우 실제거동을 반영한 내하력을 결정하여 교량 유지관리의 경제성 향상
- 보수·보강 효과 확인
- 교량의 동특성(진동수, 진동모드 및 감쇠비 및 충격계수)평가
- 설계도서 및 보수·보강 이력자료가 미비한 교량의 내하력평가

【해설】

1. 교량의 역학적 거동을 해석할 수 있는 방법은 크게 이론적 방법과 실험적 방법이 있다. 이론적인 방법은 교량 구조계를 역학공식 또는 경험식으로 이상화하고 구조해석 단계를 거쳐 작용하중에 의한 교량의 거동을 해석하는 방법이다. 그러나 이론적인 방법으로 교량의 거동을 해석하는데 다음과 같은 사유로 한계가 있다.

- (1) 이론적인 방법으로 교량의 거동을 해석하기 위해서는 많은 가정을 하여야 하기 때문에, 가정이 성립하지 않는다면 교량의 실제거동은 이론적인 방법으로 해석한 역학적 거동과 상이할 수 있다.
- (2) 교량을 구성하는 재료의 특성 및 부재들의 역학적 특성이 시간의 경과에 따라 변할 수 있으며, 교량의 시공품질 등 현재 상태를 구조해석에 정확하게 반영하는 것은 거의 불가능하다.

2. 실험적인 방법은 이론적 방법과 달리 구조물의 재료적 및 역학적 성질 등에 관련된 가정을 할 필요가 없으며, 시공품질, 손상 및 결함 등이 거동해석에 반영된다. 그러나, 실험적 방법은 적용상에 시간적으로 큰 제약이 따르게 되며 특정 교량의 해석결과를 일반화시킬 수 없기 때문에 비경제적인 방법이다. 따라서, 실험적 방법은 필요한 경우에 한하여 선택적으로 적용하고 이론적인 방법으로 해석된 구조물의 거동을 검증 또는 보완하는 방법으로 적용하는 것이 바람직하다.

2) 재하시험 대상교량 선정

내하력평가 과정에서 재하시험 대상교량은 내하력평가 목적, 교량상태평가 및 선행 구조해석 결과와 다음에 기술한 사항을 종합적으로 고려하여 선정하여야 한다.

(가) 재하시험이 필요한 경우

- ① 설계도서가 충분치 않아 교량의 내하력 및 거동을 이론적인 방법만으로 평가할 수 없는 경우
- ② 교량의 구조계에 변경이 있는 보강을 실시하였거나 일부 부재가 원 설계와 다른 부재로 교체되어 교량의 전체적인 거동을 이론적인 방법만으로 해석하기 어려운 사유가 있는 경우
- ③ 이론적인 방법으로 평가한 교량의 내하력이 관리주체가 정한 관리수준 목표 이하여서 교량의 실제 여유 내하력을 평가하고자 하는 경우
- ④ 교량의 노후화, 구성재료의 전반적인 열화와 주요 부재의 손상 등의 사유로 인하여 이론적인 방법만으로 교량의 정확한 내하력평가가 불가능하다고 판단되는 경우
- ⑤ 최초로 실시하는 정밀안전진단인 경우 교량의 초기 동적특성 등 초기치 확보측면에서 재하시험을 실시하는 것이 바람직하다. 단 초기점검에서 실시한 경우는 제외한다.
- ⑥ 기타 교량의 동적 특성을 평가하고자 하는 경우

(나) 재하시험이 적합하지 않은 경우

- ① 상태평가 결과가 양호하고, 이론적인 방법으로 평가한 내하력이 관리수준 목표를 상당히 초과하는 경우
단, 초기점검에서 실시하는 재하시험은 예외로 한다.
- ② 교량의 심각한 노후화 또는 손상이 진행되어 긴급한 보강이 필요한 경우
단, 보강 후에는 필요한 경우 재하시험을 실시하여 보강효과를 확인토록 한다.
- ③ 평가자가 판단할 때 내하력평가에서 재하시험이 불필요한 경우

【해설】**1. 재하시험이 필요한 경우**

- (1) 재하시험과 같은 실험적 방법에 의한 교량거동의 분석은 구조물 거동의 검증 또는 이론적인 해석방법을 보완하는 목적으로 적용되며 이론적인 방법에 의한 교량의 내하력 평가가 불가능 하거나 보수·보강에 의한 구조계의 변경에 따른 실제 내하력의 평가가 필요한 교량에 대해서 실시한다.
- (2) 재료의 열화 및 부재의 손상은 해석적인 방법에 의해 구조해석 모델에 직접 반영하기 쉽지 않고 이러한 경우 이론적 해석방법에 의해 실제 내하력을 평가하기 어렵다.
- (3) 교량 준공 후 최초 실시하는 정밀안전진단인 경우 향후 교량의 열화 및 손상, 기하적 변화, 지점부의 손상에 따른 거동변화 등을 판단하여 교량의 거동변화를 통한 유지관리의 목적으로 초기치의 설정이 필요한 경우에는 재하시험을 실시하여 예측된 자료를 초기치 자료로 활용한다. 다만, 초기 점검시 재하시험을 실시한 경우에는 초기치 확보의 목적으로 재하시험을 실시할 필요는 없다.
- (4) 부재의 손상 및 열화가 없더라도 교량의 동적거동은 경계조건과 기하조건, 부재의 연결조건과 세장비에 따라 사용성에 큰 영향을 미칠 수 있다. 이러한 경우 교량의 동적 특성의 판단하기 위해 재하시험을 실시할 수 있다.

2. 재하시험이 적합하지 않은 경우

- (1) 내하력의 관리목표 수준은 일반적으로 설계활하중을 말하며, 이론적인 방법으로 평가한 내하력이 설계활하중을 상당히 초과하는 경우에는 재하시험을 실시할 필요가 없다. 단, 이론적 방법에 의한 해석모델, 해석방법이 적절하다는 것을 전제로 한다.
- (2) 교량의 심각한 노후화 또는 손상이 진행된 경우 재하시험의 실시로 인해 추가적인 교량의 손상을 초래할 수 있으므로 이 경우는 긴급히 보강을 실시하고 보강 후 효과를 확인하기 위해 재하실험을 실시하여 검증토록 한다.

3) 재하시험 계획

(가) 시험경간 선정

- ① 시험경간은 주형의 손상상태, 신축이음의 상태, 받침상태, 보수 및 보강이력 등을 고려하여 종합적으로 가장 취약하고 최대응답이 발생할 것으로 예측되는 경간을 선택함을 원칙으로 하되 교량 총 연장에 따라 시험경간 개소를 증가시킬 수 있다.
- ② 상부구조가 2개 이상의 형식으로 구성되었거나 연속교와 단순교의 조합으로 구성된 경우, 형식별로 1개 경간을 선정하여 재하시험을 실시하는 것이 바람직하다.
- ③ 단, 주 형식 이외의 나머지 형식이 주 형식의 일부로 분류 가능하거나 손상 및 노후 상태, 하부구조상태, 구성비율, 보강이력 등을 고려할 때 재하시험의 필요성이 없는 경우는 예외로 한다.
- ④ 국부적 충돌사고 및 손상, 일부 경간의 보강효과 검증 등 특수한 목적을 위한 재하시험은 예외로 한다.

(나) 계측기 및 센서의 부착

- ① 대상교량의 구조형식 및 계측 목적에 따라 센서 및 계측기의 종류, 부착위치 및 개소수, 재하하중, 시험회수 등을 결정한다.
- ② 계측기와 센서는 압축·인장 휨변형률, 전단변형률, 최대처짐, 진동 및 동적특성, 균열 거동 등을 계측하기 위하여 부착한다.
- ③ 4차선 이하 교량의 경우 계측기와 센서의 부착 위치는 시험경간 내 전 거더를 대상으로 하며 4차선 이상의 경우는 예외로 한다.
슬래브교의 경우 시험트럭의 축간거리 간격만큼 이격시켜 전폭에 대하여 계측기와 센서를 부착함을 원칙으로 하며, 특수교량이나 박스교의 경우는 시험목적에 맞게 결정한다.
- ④ 연속교의 경우 하중 영향범위를 고려하여 정·부 모멘트부에 공히 계측기와 센서를 부착하는 것을 원칙으로 한다.
- ⑤ 센서를 부착할 경우 직사광선, 습기, 이물질에 의한 손상 및 간섭을 받지 않도록 방습 및 보호처리를 한다.

(다) 재하하중 선택

- ① 재하하중은 교량의 형식과 설계활하중 및 노후정도를 고려하여 하중재하로 인한 계측효과를 충분히 얻을 수 있도록 재하하중을 정하여야 한다. 그리고 전륜/후륜의 축중은 현행법상 과적기준을 초과하지 않으며, 도로교설계기준의 규정을 벗어나지 않는 범위 내에서 시험 중 중량의 변화가 없는 토사를 적재한 덤프트럭을 사용한다. 단, 교량의 노후 및 손상정도가 심하여 재하시험으로 추가적인 손상이 우려되는 경우는 선행 구조해석을 통하여 시험차량의 중량을 결정하는 것이 바람직하다.
- ② 시험차량은 성능이 양호한 차량을 선택하며, 차량에 대한 제원과 축중을 정확히 파악한다. 3차선 이상의 교량은 2대 이상을 교폭 또는 교축방향으로 동시에 재하시켜 시험하는 것이 바람직하며, 이때 트럭간 총중량의 차이는 최소화하고 가급적 같은 모델의 차량을 사용하는 것이 좋다.
- ③ 우천시에는 우수로 인한 적재물의 중량 증가를 방지할 수 있도록 덮개를 씌우고, 시험 종료후 하중증가가 우려되는 경우 축중을 재측정한다.

(라) 재하시험 계획

- ① 재하시험 시기는 교량의 주변여건, 교통량, 보행자의 안전 등 경제적, 사회적 손실을 고려하여 교통통제의 영향이 적은 시간대를 선정한다.
- ② 우천 시나 대기온도가 계측기의 작동범위를 벗어날 때는 적절한 대책을 마련하지 않는 한 재하시험을 실시하지 않는다.

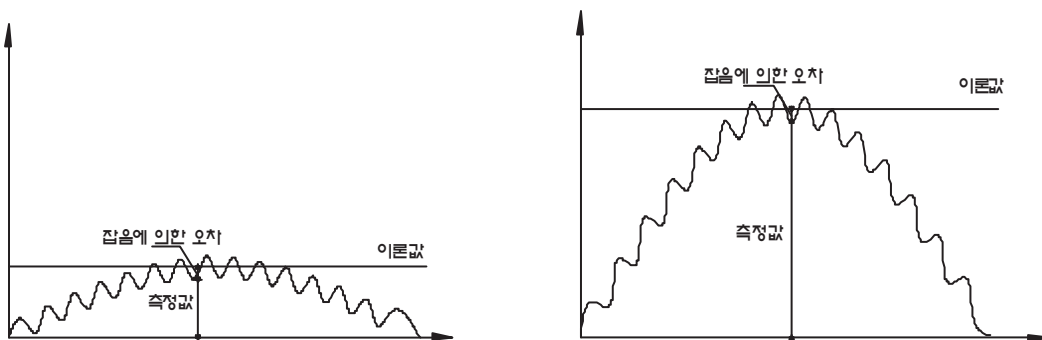
(마) 안전계획

- ① 재하시험원 및 교통통제원은 주·야간 모두 육안으로 식별이 가능한 복장을 착용한다.
- ② 차량의 안전운행을 위하여 각종 교통통제용 안전간판, 비상조명등, 보조장비를 설치하여 운영한다.
- ③ 재하시험 종료 후 부분적으로 훼손된 교량표면을 원상 복구한다.

【해설】

1. 시험경간의 선정

- (1) 시험경간은 가장 취약하고 최대응답이 발생할 것으로 예상되는 경간으로 선정한다. 이는 교량의 내하력은 가장 취약부의 내하력을 대표 내하력으로 결정하기 때문이다. 또한 재하시험시 응답 중 센서 및 계측기의 신호 잡음의 영향이 응답이 작을수록 크기 때문에 [해설 그림 1.5.4]와 같이 가능한 응답이 최대인 경간의 계측이 필요하다.



[해설 그림 1.5.4] 응답에 따른 잡음의 영향

2. 계측기 및 센서의 부착

- (1) 계측기 및 센서는 일반적으로 변형률을 측정하는 변형률 게이지(Strain gauge), 처짐을 측정하는 변위변환기, 교량의 동적응답인 가속도를 측정하는 가속도 변환기를 사용한다. 각 계측기 및 센서의 특징은 [해설 표 1.5.6]과 같다.

[해설 표 1.5.6] 계측기 및 센서

종류	특 징	
변형율 게이지	재료의 인장 또는 압축에 따라 게이지의 전기 저항변화에 따른 변형율의 측정	계측값은 부재의 결함 및 손상상태, 결선방법, 와이어의 길이 및 주변환경 등의 영향을 고려하여 센서 선정
변위 변환기	- 다이얼게이지(Dial gauge)	동적변위 측정이 불가능
	- LVDT (Linear Variable Differential Transformer)	정 · 동적 변위 측정 가능
	- Ring type 변위변환기	정 · 동적 변위 측정 가능
가속도 변환기	구조물의 진동을 전기적인 신호로 변환하여 가속도를 측정	원리에 따라 전기저항식, 서보형식, 압전형식이 있음.
균열계	균열 및 신축이음의 간격변화 측정	균열의 하중의존성 검토
온도계	교량의 온도 및 부재 상 · 하부 온도차 측정	균열 및 처짐의 온도 의존성 검토
레이저 변위계	타겟점의 레이저 계측을 통한 처짐의 측정	
경사계	경사변형(경사각)측정을 통한 처짐의 측정	

3. 재하하중의 선택

- (1) 시험차량은 당초 교량 설계활하중(DB하중기준)의 60~90% 정도에 결정하되, 『도로법』에 규정된 총중량 40톤, 축중 10톤을 초과하지 않도록 한다.
- (2) 전륜/후륜의 축중은 『도로교설계기준』의 규정을 벗어나지 않는 범위내에서 시험 중 중량의 변화가 없는 토사를 적재한 덤프트럭을 사용한다. 단, 노후화가 심하거나 손상정도가 심하여 재하시험으로 인해 추가적 손상이 우려되는 교량의 경우 선행구조해석을 통해 시험차량의 중량을 결정하는 것이 바람직하다.
- (3) 재하시험시 교량의 규모에 따라 트럭하중에 의해 적정의 응답을 기대할 수 있는 중량을 재하하여야 하므로 3차선 이상의 교량에 대해서는 2대 이상을 교폭 또는 교축 방향으로 동시 재하시키는 것이 바람직하다. 2대 이상의 트럭을 사용하는 경우는 트럭간 총중량 차가 최소가 되도록 차량을 선택한다.

4. 재하시험 계획

- (1) 시험의 계획은 시험목적에 따른 시험경간의 선정, 시험의 종류, 센서의 종류, 센서의 부착위치 및 수량, 재하시험 하중, 하중재하 위치 및 주행방법에 대한 계획을 수립하고 센서 부착시 온 · 습도의 영향에 대한 대비책을 수립하여야 한다.

- (2) 재하시험은 교통흐름의 차단 또는 통제가 필요한 시험으로 교량의 주변여건, 교통량, 보행자의 안전 및 사회·경제적 손실을 최소화 시킬 수 있는 시간대를 선택하여 실시한다. 또한, 교통통제 및 안전관리계획은 시험 전에 수립하여 관련기관에 협조를 받아야 한다.

5. 재하시험에 영향을 미치는 요인

재하시험에서는 하중작용에 의한 교량의 거동을 계측하는 과정이 포함되며 계측된 결과는 경험적 방법에 이외에 검증하기가 어렵기 때문에 신뢰성 있는 계측결과를 도출하여야 한다. 재하시험의 결과에 직접적으로 영향을 미칠 수 있는 요인들은 다음과 같다.

(1) 센서 설치에 따른 영향

① 곡면 부착의 영향

변형률 게이지 설치시 표면 청결작업 과정에서 표면이 오목 또는 볼록한 형태의 곡면을 형성하는 경우 저항값의 변화를 가져오므로 게이지 부착면은 가급적 평면이 되도록 주의한다.

② 응력집중 부분의 부착

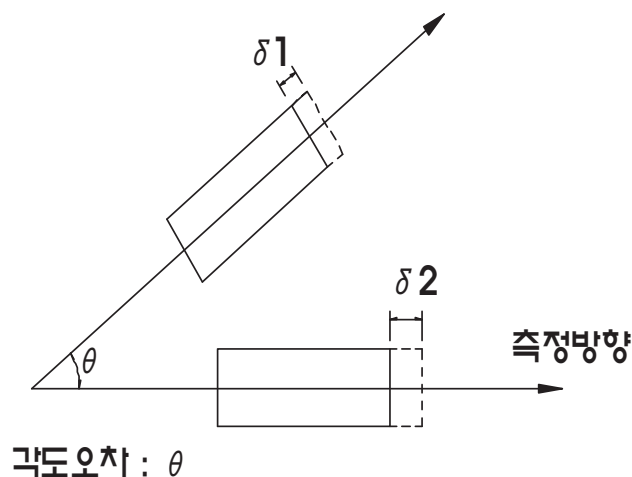
단면 급변부, 부재의 연결부는 대표적인 응력집중부이며 이러한 곳에 게이지를 부착하는 경우는 계측의 목적이 국부적 응력집중을 파악하고자 하는 것인지 전체적인 공칭응력을 파악하고자 하는 것인지를 판단하여 적절한 위치를 선정하여야 한다. 공칭응력의 파악이 목적인 경우에는 응력집중부에서 일정거리 이격시켜 게이지를 부착하고 측정하는 것이 바람직하다.

③ 센서 게이지율의 보정

사용 계측기의 게이지율과 센서의 게이지율이 다른 경우는 이를 보정하여 사용한다.

④ 각도 오차

측정방향과 센서의 방향이 일치하지 않는 경우는 설치각도 오차가 발생하므로 센서 설치시 측정방향과 일치하도록 방향을 조정하여야 한다.



[해설 그림 1.5.5] 센서의 각도오차

⑤ 센서 이동 오차

교고가 높은 상부구조의 계측에서 비계를 이용하는 경우 비계 이동 또는 흔들림에 따른 계측오차가 발생할 수 있으므로 지지점의 고정에 유의하여야 한다.

(2) 온도에 의한 영향

전기저항식 센서를 사용하여 측정한 값의 정밀도는 환경, 재질, 시간, 회로 그리고 측정기 등의 영향을 받으며 그 중에서도 가장 큰 인자로서는 측정중의 온도변화에 의한 계측값의 변화이다. 센서를 측정하고자 하는 곳에 부착하면 하중을 가하지 않은 상태에서도 온도의 변화에 따라 저항 값이 달라져 계측값에 영향을 주게 된다. 일반적으로 변형게이지에 대한 온도보상은 비교적 양호하게 이루어지고 있으나 직사광선에 노출된 리드와이어에 대한 온도보상은 등한시 하고 있다. 재하시험시 계측에서 온도의 영향을 최소화하는 방법은 다음과 같다.

① 회로에 의한 방법

저항변화 또는 전압변화를 통해서 외부로부터 발생하는 변형률에 해당하는 것을 스트레인 게이지에 대한 열변형률로 상쇄시키는 시스템으로 액티브-더미 방법과 휘스톤 브리지회로 방법이 있다.

② 자기 온도보상형 게이지에 의한 방법

스트레인게이지 자신의 저항온도계수를 제거함으로써 실제 발생하는 열변형률 감소를 최소화하는 방법이다.

③ 리드와이어 결선 방식에 의한 방법

리드와이어의 길이가 길어져도 출력전압의 영점조정이 용이해지며, 주변온도에 대한 리드와이어의 저항변화를 서로 상쇄시키는 결선방법이다.

(3) 습도에 의한 영향

센서의 측정값은 센서 주변의 습도에 의해서도 큰 영향을 받는다. 습기 또는 수분에 의해 저항소자가 전기분해 또는 부식을 일으켰을 때 저항값의 변화가 생기거나 단선이 되어 영점의 이동으로 측정값의 오차를 발생시킨다. 일반적으로 실내에서 짧은 시간 계측이 이루어지는 경우는 방습처리가 불필요 할 수 있으나 장시간 습한 현장에서 재하시험을 실시하는 경우는 방습처리가 필수적이다.

(4) 리드와이어 길이에 의한 영향

센서와 측정장비를 연결하는 리드와이어 길이가 너무 길면 저항값이 변화하여 정밀한 측정이 불가능하므로 주의하여야 한다. 정적측정의 경우 50m, 동적측정의 경우 30m이하로 제한하는 것이 바람직하다. 리드와이어 길이 영향을 최소화하는 방안은 다음과 같다.

(가) 리드와이어는 가능한 굵은 동선을 사용하여 선의 저항값을 극소로 한다.

(나) 내·외부 잡신호 침투를 소화하기 위하여 차폐 가능한 선을 선택함

(다) 리드와이어는 두가닥씩 꼬여있는 선을 사용

(라) 가능한 리드와이어 길이를 최소화할 수 있는 방법을 모색함.

(5) 잡신호의 영향

전기저항식 센서로부터 계측된 값은 센서에서 발생하는 매우 미소한 전기적 신호로부터 변환된다. 이 전기적 신호에 계측기의 내·외부에서 발생하는 자기장, 고전압 및 부전기 사용 등의 원인으로 인한 잡신호(노이즈)가 혼입되면 원하는 신호에 대한 계측오차를 발생시키므로 충전전 잡신호를 제거시켜야 한다.

4) 정적재하시험

정적재하시험은 센서의 부착, 측정장비와 센서의 연결, 측정장비 및 센서의 점검, 시험 차량의 중량 및 제원확인, 재하위치 표시, 교통통제 등이 완료되면 시작하도록 한다. 정적재하시험은 다음과 같은 목적에 따라 정적처짐 또는 정적변형율을 측정한다.

- 중립축 위치 판단
- 하중의 횡분배
- 주형과 바닥판과의 합성 작용
- 부재의 강성
- 응력 및 처짐의 영향선
- 계산응력과 측정응력의 비교

(가) 시험방법

- ① 재하시험은 재하차량 이외에 일반차량이 완전히 통제된 상태에서 실시한다.
- ② 재하경우별로 시험경간에 재하차량을 포함한 활하중이 전혀 재하되지 않은 상태에서 매 재하경우마다 0점 조정을 실시하여 시험결과를 정리할 때 반영토록 한다.
- ③ 상부구조의 진동, 소음, 충격 등이 측정결과에 영향을 미칠 수 있으므로 시험차량은 시동을 끈 후 구조체의 응답시간을 고려하여 약 1분 정도의 측정대기 시간을 가진 후 측정하는 것이 좋다.
- ④ 재하경우별로 2회 이상 반복측정을 실시하는 것이 바람직하다.
- ⑤ 활하중 재하위치는 설계조건, 차선조건을 고려하여 계측 대상부재에 최대응답이 발생하도록 결정하고, 대칭성과 중첩성을 확인할 수 있는 재하조건을 적어도 1회 이상 실시하는 것으로 한다.
- ⑥ 전면 교통통제에 따른 차량지체가 예상되고, 교통사고의 가능성이 높은 경우에는 재하횟수를 합리적으로 줄여서 시행할 수 있으며, 재하차량을 차선별로 주행시켜 시험하는 의사정적 재하시험을 수행할 수 있다.

(나) 정적처짐

정적처짐의 측정위치는 대상교량의 규모와 재하시험의 목적에 따라 결정한다.

각 주형의 지간 중앙부에는 반드시 측점을 설치하고 필요에 따라 경간의 1/4지점, 3/4지점 (또는 1/3지점, 2/3지점) 등 측점수를 증가 시킨다.

(다) 정적변형률

정적변형률의 측정위치는 대상교량의 구조적 특성과 재하시험의 목적에 따라 결정한다.

【해설】

1. 응답보정계수의 산정

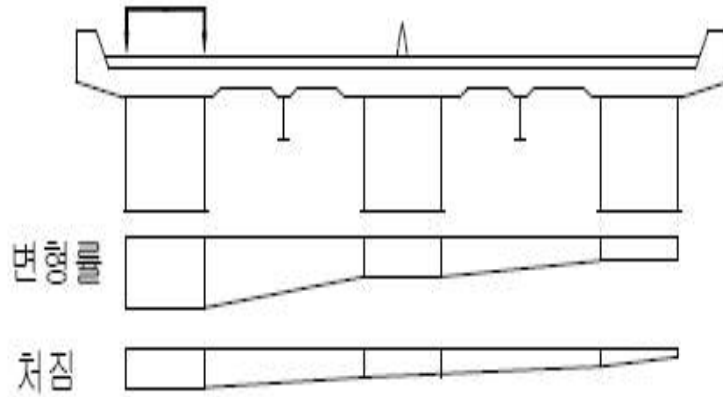
- (1) 정적재하시험에서 계측된 결과는 기본적으로 공용내하력 평가를 위한 보정계수 산정에 반영된다. 보정계수는 구조해석 모델과 실제 교량의 차이를 시험결과와 해석결과를 바탕으로 보정하는 것이므로 보정계수 산정을 위해서 재하시험에 사용된 차량을 평가활하중으로 하여 구조해석을 수행하여야 한다.
- (2) 콘크리트 구조물의 경우 균열등과 같은 결함, 손상 또는 재료의 비균질성, 이론값의 불확실성 등으로 변형률에 의한 응답비는 신뢰성이 낮으므로 콘크리트교, PSC 합성형교의 내하력 평가시 국부적인 응답을 나타내는 변형률보다 처짐에 의한 보정계수를 사용하는 것이 바람직하다.
- (3) 시험차량의 축중량이 직접적으로 재하되는 거더에 부착된 각종 센서들의 응답량은 안정된 값을 보이거나, 재하된 위치로부터 멀리 떨어진 곳에서 측정된 응답량들은 변동량이 대체로 크게 증가하는 경향을 나타내고 있다. 실측 응답량은 내하력 평가에 사용되는 응력보정계수(K_s)로 활용된다는 점에서 가장 큰 응답량을 선정하는 것이 구조물의 안전도 측면에서 바람직한 것으로 판단된다. 따라서, 내하력 평가에서 실측 응답량은 시험차량의 축중량이 직접적으로 재하되는 부위의 응답량을 이용하여 도출한 응력보정계수로 사용하는 것이 바람직하다.
- (4) 측정응답치가 계산응답치에 비해 크게 나온 경우 또는 응답비율이 2배이상 차이가 나는 경우 구조물의 손상여부, 구조해석 모델의 검증, 재하시험 재분석 등을 통해 원인을 분석하여야 한다.

2. 중립축의 위치판단

- (1) 상부 슬래브 또는 거더 상·하부에서 계측된 변형률을 이용하여 실제 중립축을 확인하고 이를 이론의 값과 비교하여 교량의 실거동 상태를 평가한다. 계측자료에 의한 중립축의 위치와 이론에 의한 위치가 크게 다른 경우 그 원인을 충분히 규명하여야 한다.

3. 하중의 횡분배

- (1) 하중의 횡분배 효과란 교량의 상부구조에서 하중이 횡방향으로 분배되는 정도를 나타내는 것으로 처짐 및 변형률의 실측값에 의해 하중경우별로 측정단면에서 검토한다. 횡분배가 불량한 경우에는 구조물에 부정적인 영향을 줄 수 있으며 손상 및 결함의 영향, 보수된 부재의 보수 효과 등에 의한 것일 수 있으므로 하중 횡분배가 불량한 경우를 검토하여야 한다.



[해설 그림 1.5.6] 변형률 및 처짐의 횡방향 분포

4. 거더와 바닥판과의 합성작용

- (1) 합성형교의 경우 강거더와 상부 슬래브의 인접한 부분에서 계측된 변형률을 서로 비교하여 합성 여부를 확인한다. 계측된 변형률이 거의 같거나 비슷한 경우는 합성형교로, 차이가 큰 경우는 비합성교로 평가한다. 비합성거동을 하는 것으로 판명된 경우는 그 원인을 충분히 규명해야 한다.

5. 부재강성

- (1) 측정된 변형률로부터 측정위치별로 변형률의 연속성이 없는 경우에는 국부적인 부재의 손상을 의심할 수 있다. 또한, 처짐은 교량의 전체적 강성을 반영하므로 이론값의 처짐과 시험에 의한 처짐을 비교하여 실 교량의 강성을 정성적으로 평가할 수 있으며 지나친 처짐 또는 변형률의 불연속이 나타날 경우는 그 원인을 규명해야 한다.

6. 기타 정적재하시험 결과의 분석

- (1) 정적 하중 경우(load case)에 따라 하중의 중첩성을 판단하여 측정된 자료들의 신뢰성을 확인할 수 있다.
- (2) 교량의 대칭성을 확인하는 작업은 거동의 합리적인 판단을 위한 매우 중요한 요소로서 차량은 대칭적 거동을 유발할 수 있도록 재하한 후 대칭성 유무를 확인한다. 이때 변형률 또는 처짐이 크게 차이나는 경우 대칭성을 의심해 볼 수 있으며 보수·보강 시 추가된 중량 등이 있는지 확인하여야 한다.

5) 동적재하시험

교량의 동적재하시험은 크게 두 가지로 분류할 수 있다.

시험차의 주행에 따른 동적응답 으로부터 실제 교량의 충격계수 및 진동평가를 위한 시험과 교량의 동적 특성을 구하기 위한 시험이 있다.

(가) 차량 주행시험

- ① 특수한 목적을 제외하고 동적재하시험은 재하차량 이외에 일반차량이 완전히 통제된 상태에서 실시한다.
- ② 정적재하시험용 계측기와 동적재하시험용 계측기가 상이한 경우 계측기의 측정오차를 검정하기 위하여 동적재하시험용 계측기를 사용하여 정적재하시험과 동일한 1개 재하 경우를 선택하여 정적재하시험을 실시한다.
- ③ 시험차량의 주행속도는 상행차선과 하행차선에서 각각 최저 10km/h에서부터 현장여건상 가능한 최대 주행속도까지 10km/h 간격으로 속도를 증가시키면서 교량의 동적응답신호를 측정한다.
- ④ 측정결과를 이용하여 교량의 충격계수, 동적변형률, 가속도, 진동주기, 고유 진동수에 따라 사용성 측면에서의 교량진동 특성을 분석한다.

(나) 동적특성 시험

- ① 교량의 동적특성 즉 고유진동수, 감쇠율, 모드형상을 구하는 시험으로써 상시 미진동, 주행차량에 의한 진동, 가진기에 의한 진동 등을 가속도계 및 변위계로 측정하는 시험이다.
- ② 장대교의 경우 내진안전도, 내풍안전도를 평가함에 있어 대상교량의 동특성이 기본 자료로 활용되며 공용중인 교량에서 기간 경과에 따른 동특성의 차이는 교량의 손상 정도를 평가하는데 사용될 수 있다.

【해설】

1. 충격계수의 산정

- (1) 동적주행시험에서 각 속도별로 측정된 변형률 또는 처짐의 시간이력곡선으로부터 실측 충격계수를 산정한다. 동적주행시험 결과로부터 산정된 실측충격계수가 『도로교설계기준』에서 규정한 충격계수의 적용한계($i = 0.3$)를 초과하는 경우에는 원인을 분석하여야 한다. 실측충격계수(i_m) 산정에는 다음 식을 적용하여 각 주행속도 별로 계산된 충격계수의 최댓값을 실측충격계수로 결정한다.

$$i_m = \frac{A_{dyn}}{A_{sta}} - 1$$

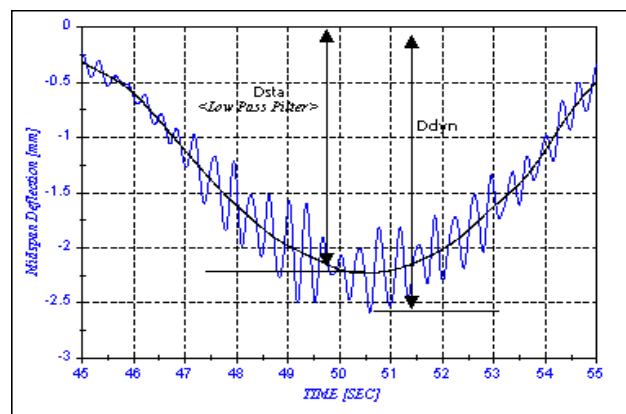
여기서, A_{dyn} : 최대 동적응답(주행속도별)

A_{sta} : 최대 정적응답

(2) 충격계수 산정에서 최대 정적응답은 정적 또는 의사정적 시험에서 계측된 결과를 사용하거나 동적응답곡선(Dynamic response)에서 충격효과를 제거한 곡선(Filtered response)으로부터 최대 정적응답을 유추하여 사용한다. 전자의 경우 다음과 같은 문제점을 내포하고 있다.

① 주행시험에서 각 주행속도마다 운전자의 숙달, 습관에 따라 정적재하시험시 이용된 부착 게이지 상단으로 차량을 주행하기 어렵고

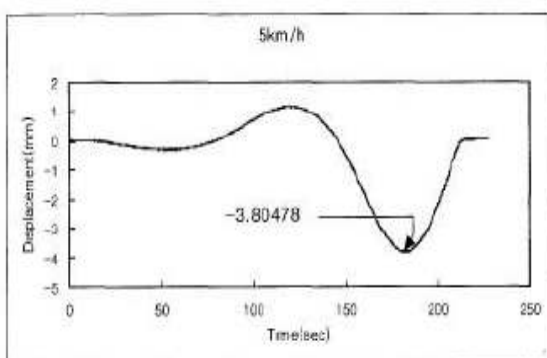
(가) 의사정적 시험의 경우에도 노면의 요철 등의 원인으로 대상교량에 가해지는 충격이 속도별로 다르게 나타나므로 이를 정적 응답 이력곡선이나 동적응답 이력곡선으로 간주하여 실측충격계수를 산정하기 어렵다. 따라서, 계측된 변형률, 처짐의 파형으로 직접적으로 산출할 수 있는 후자의 방법이 실측충격계수의 분석에 안전한 값을 제공한다.



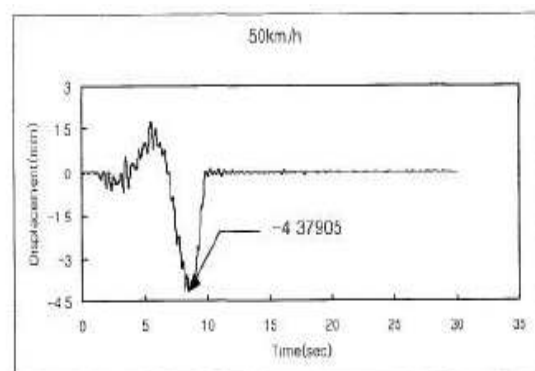
[해설 그림 1.5.7] 처짐이력곡선

○ 충격계수 산정 예

필터링에 의한 정적 효과는 [해설그림 1.5.11]을 참고한다.



(a) 처짐응답곡선 (5 km/hr)



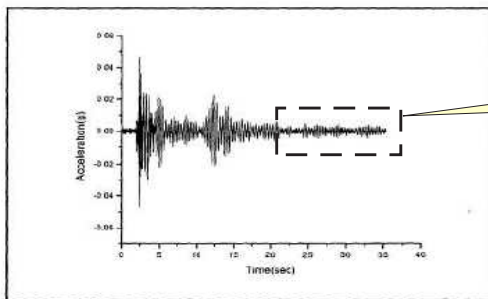
(b) 처짐응답곡선 (50 km/hr)

[해설 그림 1.5.8] 동적 주행시험 결과 예

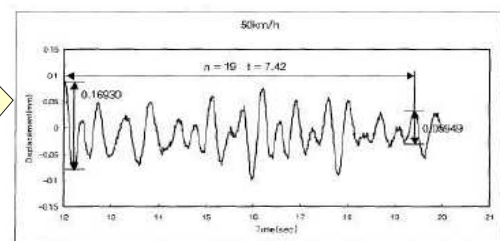
$$\begin{aligned}
 \text{실측충격계수}(i_m) &= \frac{A_{dyn(max)}}{A_{sta(max)}} - 1 \\
 &= \frac{|-4.379|}{|-3.805|} - 1 = 0.151
 \end{aligned}$$

2. 고유진동수 산출

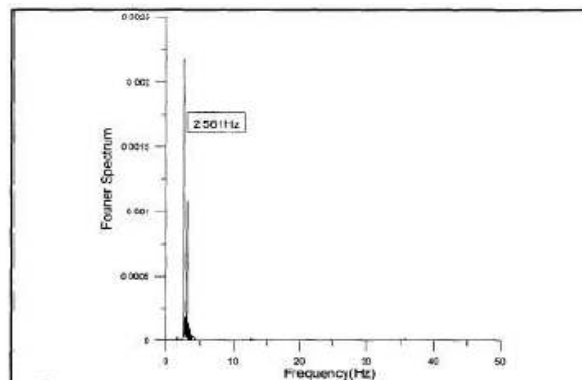
- (1) 교량의 고유진동수 분석은 실제 교량의 해석모델과의 일치성을 규명하는 자료로써 동적 자극에 대해 교량은 교량 고유의 진동형상을 가지므로 고유진동수의 비교를 통해 해석모델의 정밀도를 분석할 수 있다.
- (2) 차량 주행시험으로부터 고유진동수를 획득하기 위한 동적 자료는 차량이 교량을 통과한 후 교량의 처짐 또는 변형률이 조화적으로 감소한다고 가정하면, 고유진동수는 가속도 변환기에 의해 측정된 가속도 신호를 AD변환하여 FFT(Fast Fourier Transform), 분석함으로써 구해진다. 이때 진동파형은 차량통과 후 교량자체의 자유진동 파형으로 분석하므로 차량 통과 후 충분한 파형을 측정하는 것이 필요하다.
- (3) 무손상인 경우 측정 고유진동수가 해석 고유진동수를 다소 상회하는 경우가 일반적이며, 차이가 큰 경우 해석 모델 재검토를 통해 원인 분석을 하여야 한다.



(a)가속도 이력파형



(b) 자유진동 이력곡선



(c) FFT 분석결과

[해설 그림 1.5.9] 고유진동수 산정 예

3. 동적 특성시험

- (1) 차량주행시험은 충격계수 산정을 기본 목적으로 하는 시험인 반면에 교량의 동적특성을 취득하기 위한 시험으로 상시 교량의 미진동을 측정하거나, 가진기를 사용하여 인위적인 진동을 생성하는 방법에 의해 교량의 동적특성(고유진동수, 고유모드, 감쇠율)을 평가할 수 있다.

6) 의사정적재하시험

의사정적재하시험은 동적재하시험과 마찬가지로 차량주행시험을 실시하여 측정한 응답 파형으로부터 정적응답을 간접적으로 유추하는 재하시험 방법으로서 동적 측정장비를 이용할 수 있고 정적재하시험에 비하여 차량통제가 용이하기 때문에 재하시험 시간을 단축할 수 있는 장점이 있다.

따라서 의사정적재하시험은 평가대상 교량의 현장여건, 교통량 등을 감안하여 차량의 전면교통통제를 실시하는 것이 바람직하지 않다고 판단될 때 실시하도록 한다.

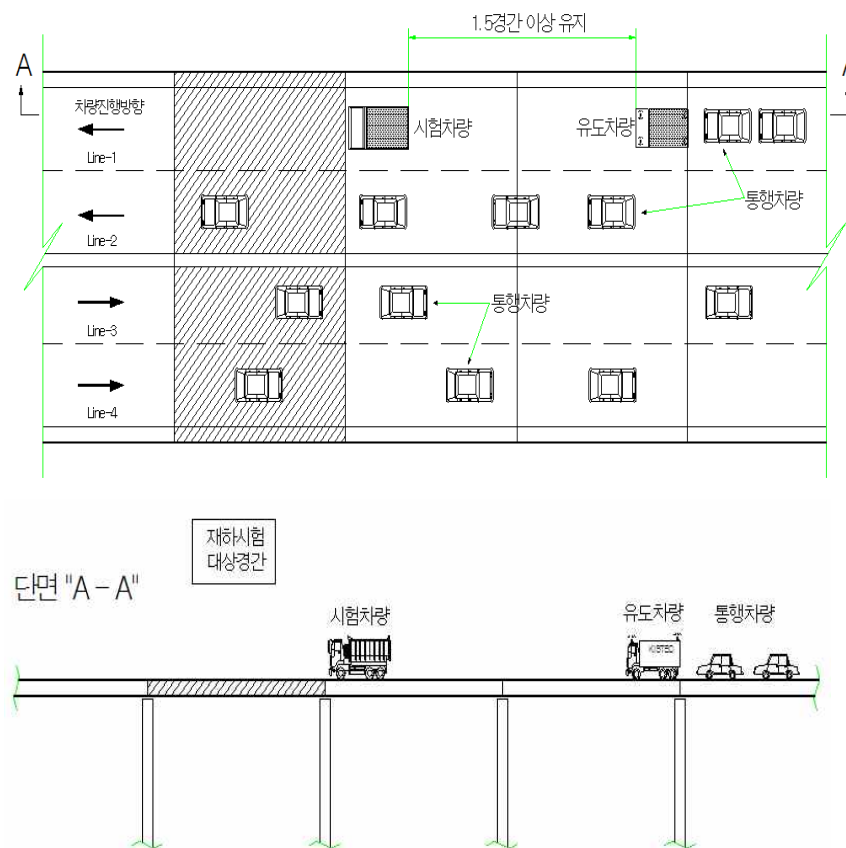
의사정적재하시험은 다음과 같은 요령으로 실시한다.

- ① 시험대상 교량에 정적재하시험과 같은 요령으로 재하경우별로 재하위치를 표시한다.
- ② 시험대상 교량 전후방에 신호 및 교통통제요원을 배치하고 차량의 통행이 없는 시기에 시험차량을 교량으로 유도하여 재하위치를 통과하도록 한다.
- ③ 차량의 통행이 없는 시기를 확보하기 곤란한 경우에는 시험차량의 전후방에 주행유도 차량을 운행하여, 시험차량이 평가대상교량을 통과할 때까지 다른 차량의 교량진입을 통제한다.
- ④ 의사정적재하시험에서 시험차량의 속도는 약 10km/h 이내의 속도를 유지하도록 한다.
- ⑤ 의사정적시험에서 측정한 데이터에서 동적효과를 제거하여 정적효과를 구한다.

【해설】

1. 의사정적 재하시험 방법

- (1) 의사정적재하시험은 차량의 전면통제가 필요한 정적재하시험을 대체할 수 있는 시험방법으로 축중을 알고 있는 시험차량을 시험대상 공간에 저속(10 km/hr 이내)으로 주행시켜서 계측한 응답파형의 동적효과를 제거함으로써 이동하중에 의한 정적거동을 구하는 시험방법이다.
- (2) 의사정적 재하시험 방법은 사전 교통량을 조사하여 교통량이 적고 인근 차선으로 중·대형차량의 통행이 없을 경우에 주변차량의 통제없이 시험차량을 대상공간으로 통과시키는 방법과 시험차량 후방에 유도차량을 배치하고, 주변차량의 부분통제를 실시하여 주변차량들에 의한 잔류응력의 영향을 최소화하는 방법이 있다.



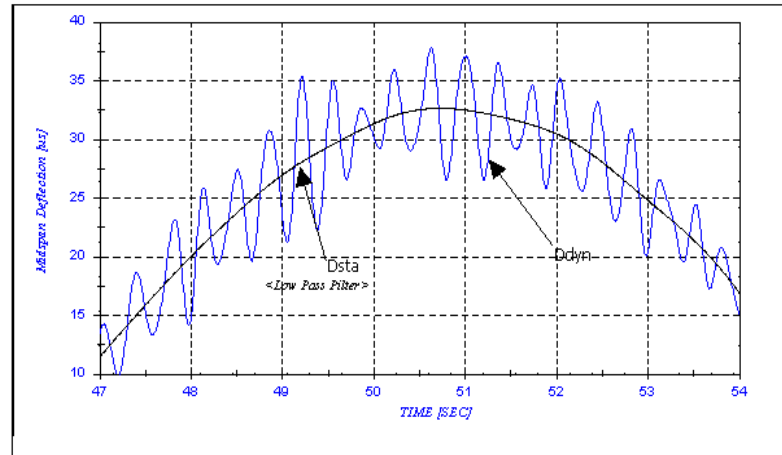
[해설 그림 1.5.10] 의사정적 재하시험의 방법

- (3) 유도차량과 시험차량의 간격은 교통량이 다소 많은 경우에는 단순교에서 1.5경간 이상, 연속교에서 2.5경간 이상을 유지하고 교통량이 많은 경우는 시험차선 이외에 인접차선에도 유도차량을 두어 부분적 통제를 실시한다.

2. 의사정적 재하시험의 결과분석

- (1) 의사정적재하시험은 정·동적 특성분석의 목적에 따라 측정위치, 시험차량 진행방향등에 따라 결과를 분석한다.
- (2) 동적효과와 제거방법

시험차량을 저속(10 km/hr 이내)의 속도로 시험대상경간에 차선별로 주행하여 계측한 응력 파형상의 동적응답 곡선을 Low Pass Filter에 의해서 필터링한 최대 정적응답 $<Y_{sta(max)}>$ 곡선을 기준으로 동적효과를 제거하여 정적효과를 구한다.



[해설 그림 1.5.11] 필터링에 의한 정적효과

(3) 의사정적 시험 결과의 활용

의사정적시험에 의해 구해진 결과는 정적재하시험의 결과분석 및 활용과 같이 사용될 수 있다.

- ① 응답비 산정
- ② 중립축 위치분석
- ③ 하중의 횡분배 효과 분석
- ④ 응력 및 처짐의 영향선 분석

1.6 종합평가 기준 및 방법

1.6.1 종합평가 기준

시설물의 상태평가와 안전성평가를 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가 결과와 안전성평가 결과를 종합적으로 비교·검토하여 그 시설물에 대한 종합평가를 결정한다.

【해설】

1. 상태평가와 안전성평가는 동일 시설물에 대해 개별적으로 평가하고 각각의 평가결과 중 최저 등급을 종합평가 결과로 결정한다.
2. 개별시설물(전체 교량 구조물) 중 2개소 이상의 안전성 평가를 실시한 경우는 전체교량 구조물을 구성하는 구간별 또는 형식별 교량의 가중치를 동일하게 보고 그 중 최저값을 안전성 평가의 등급으로 결정한다.

1.6.2 종합평가 결과 산정 방법

가. 정밀점검

정밀점검 시 안전성평가를 수행하지 않고 상태평가 만을 수행한 경우는 상태평가 결과를 해당시설물의 종합평가 결과로 하며, 안전성평가까지 모두 수행한 경우 상태평가 결과와 안전성평가 결과 중 낮은 결과를 시설물의 종합평가 결과로 결정한다.

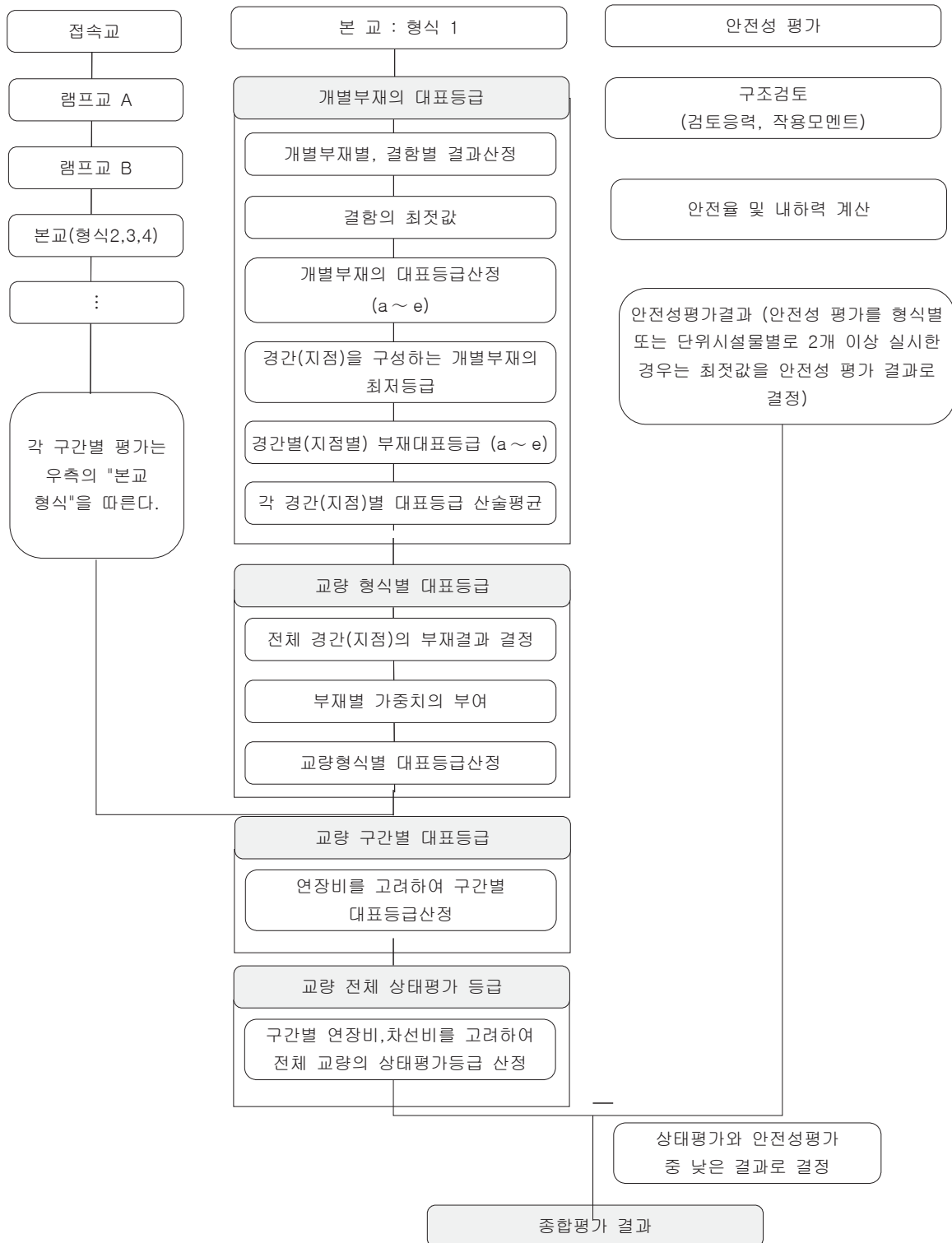
나. 정밀안전진단

외관조사에 따른 상태평가 결과와 안전성 검토에 근거한 안전성평가 결과 중 낮은 결과를 시설물의 종합평가 결과로 결정한다.

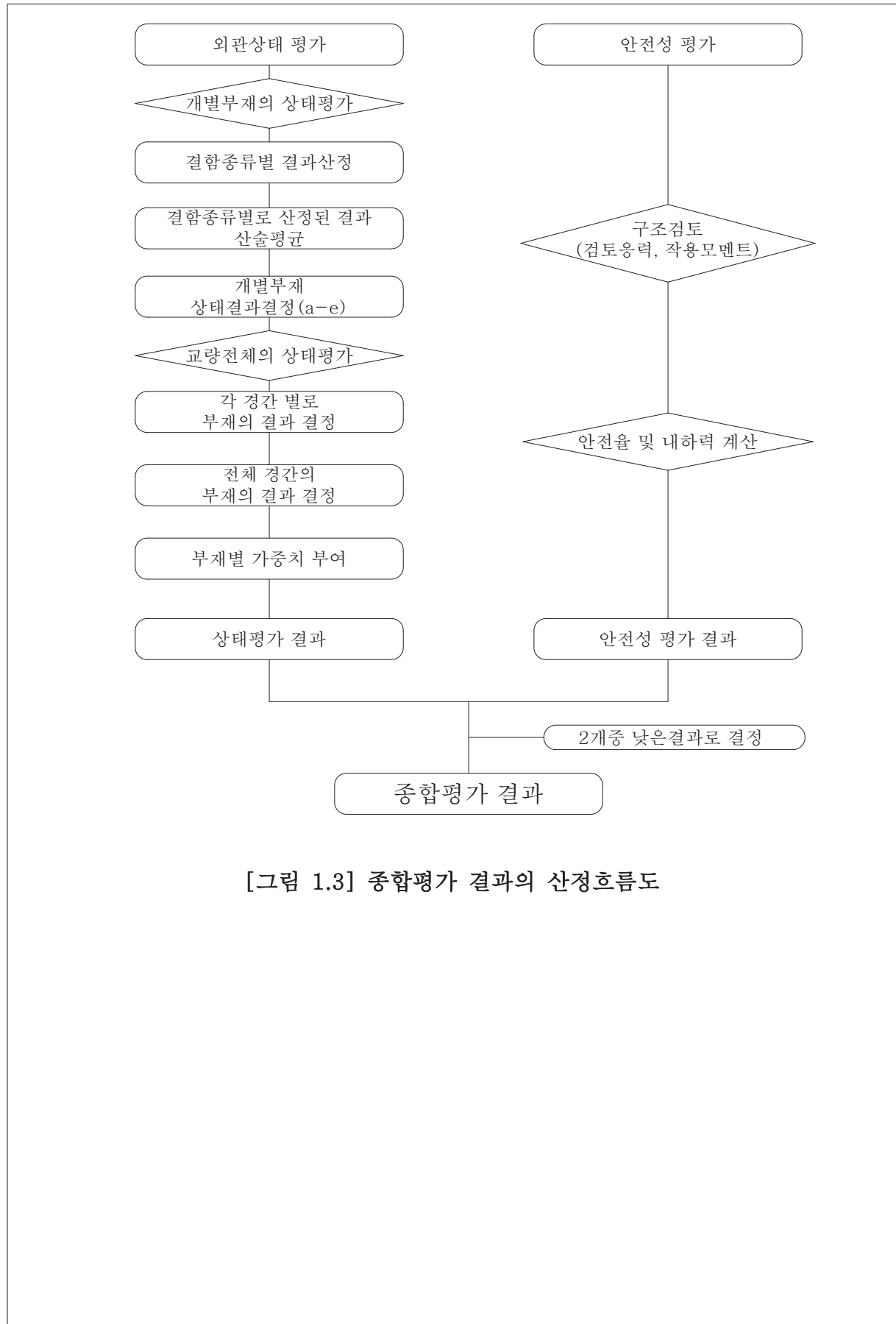
○ 종합평가 결과 = MIN (상태평가결과, 안전성평가결과)

【해설】

1. 종합평가 절차는 다음과 같은 순서로 진행한다. 개별시설물은 접속교, 램프교, 본교로 구성되는 단위시설물을 개별적으로 평가하여 각각의 연장비,차선비를 고려하여 종합평가에 반영한다.



[해설 그림 1.6.1] 종합평가 순서도



[그림 1.3] 종합평가 결과의 산정흐름도

1.7 보수 · 보강 방법

교량 시설물의 주요 보수 · 보강 방법을 소개하면 다음과 같다.

【해설】

1. 보수의 필요성은 발생한 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하 여야 하며, 이를 위해 본 세부지침 및 각종 기준(표준시방서 등)을 참조한다. 보강의 경우는 부재안전율을 각종 기준에서 정하는 수치이상으로 하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하여야 한다.
2. 보수 · 보강의 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 아래의 경우 중에서 결정한다.
 - (1) 현상유지(진행억제)
 - (2) 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
 - (3) 초기 수준이상으로 개선
 - (4) 개축
3. 구조물 결함에 따른 보수 · 보강은 보수재료와 공법 선정시 공법의 적용성, 구조적 안전성, 경제성 등을 검토하여 결정한다. 이 때 중요한 것은 구조물의 결함발생 원인에 대한 정확한 분석이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절한 보수재료를 선택할 수 있다. 따라서 시설물관련 제반자료, 안전점검 및 정밀안전진단시 수행한 각종 상태평가 및 안전성 평가 결과를 기초로 하여, 결함발생 원인에 대한 정확한 분석 후 결함 부위 또는 부재에 가장 적합한 보수 · 보강공법을 선정하여야 한다.
4. 구조물 결함에 따른 보수 · 보강은 보수재료와 공법선정시 구조적 적합성, 시공성, 경제성, 대민 영향도, 미관, 행정상 장래계획 등을 검토하여 결정한다. 이때 중요한 것은 구조물의 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절한 보수재료를 선택할 수 있다. 보수·보강 공법의 선정기준과 고려사항은 [해설 표 1.7.1]을 참고한다.

【해설 표 1.7.1】 보수·보강 공법 선정기준 및 고려사항

공법선정기준	고려사항
구조적 적합성	· 각 공법의 특성과 구조형식 및 재료의 적합성 · 전체 구조계의 위치적 적합성
시공성	· 현장 시공가능성과 교통통제의 필요성의 검토 · 교통통제가 필요하지 않은 경우 교량 진동에 따른 품질관리 검토 · 기술적, 품질적으로 시공관리가 가능한지 검토 · 시공기간과 시공시기 및 교통규제의 조기 개방여부 검토
경제성	· 조치방법별 공사비의 검토
대민영향도	· 주변 주민의 교통장애, 생활환경 장애 검토
미관	· 조치방법 시행 후 미관을 현저히 해칠 수 있는지 검토
행정상 장애계획	· 노선의 선형개량과 중요도 검토 · 하천의 개수계획 및 도시계획 · 문화재로서의 보전성 검토

1.7.1 콘크리트 구조물의 손상에 대한 일반적인 보수 · 보강공법

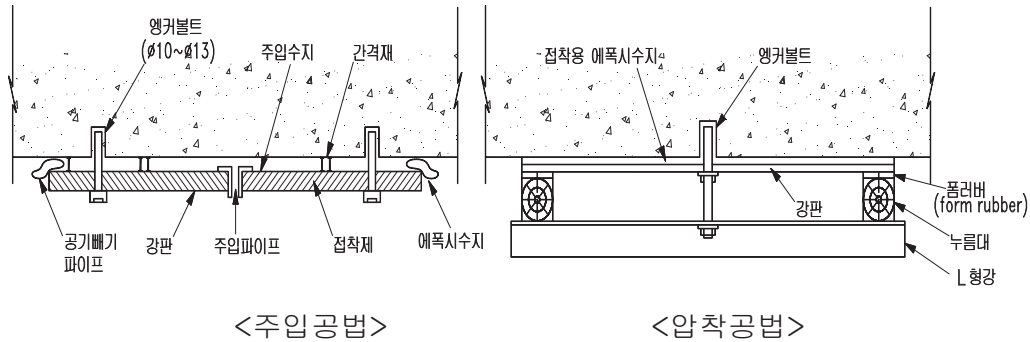
- 표면보호공법
- 단면보수공법
- 강판접착공법
- 프리스트레스 도입공법
- 콘크리트 덧붙이기공법

【해설】

- 콘크리트 구조물의 손상에 대한 일반적인 보수·보강 공법을 나열한 것이다. 일반적인 콘크리트 구조물의 보강공법은 다음과 같은 방법이 있다.

(1) 강판 접착공법

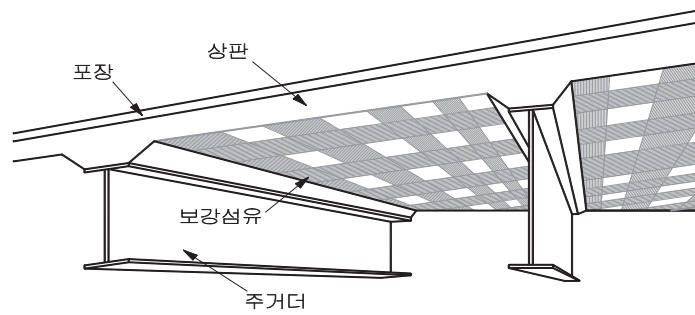
콘크리트 바닥판(Slab)면, 보 또는 기둥면에 강판을 접착하여 기존 콘크리트 구조물과 일체화시켜 콘크리트 열화와 철근의 부식을 방지함은 물론 하중에 대한 내하력을 증가시키는 공법으로 주입공법과 압착공법 등 두 가지 종류가 있다.



[해설 그림 1.7.1] 강판접착공법 개요도

(2) 보강섬유 접착공법

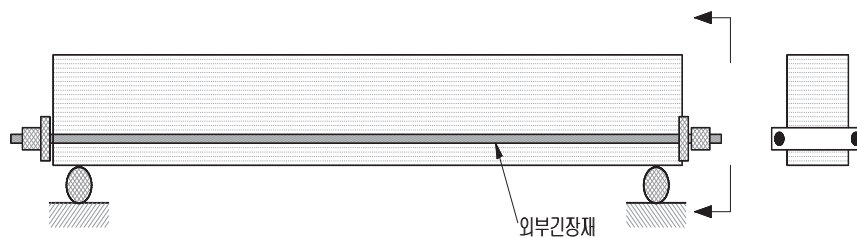
열화된 콘크리트 표면 전체를 제거한 후 보강섬유를 에폭시 수지로 함침하면서 정착시켜 강인한 보강섬유층을 형성케하여 콘크리트 표면을 보강하는 공법이다.



[해설 그림 1.7.2] 보강 섬유접착공법 개요도

(3) 프리스트레싱 공법

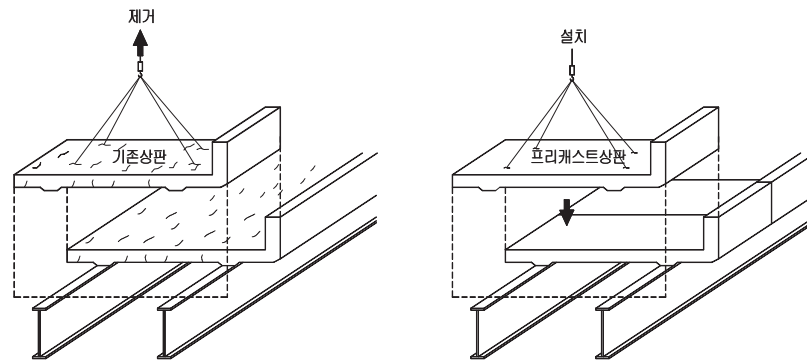
프리스트레스 도입에 의한 보강은 콘크리트에 프리스트레스력을 부여함으로써 부재에 발생하고 있는 인장응력을 감소시켜 균열을 복귀시킬 뿐만 아니라 압축응력을 부여하는 것을 목적으로 하는 공법이며 구조물의 내력 및 강성의 증강, 균열폭의 감소 등의 효과가 있다.



[해설 그림 1.7.3] 프리스트레싱 공법 개요도

(4) 교체공법

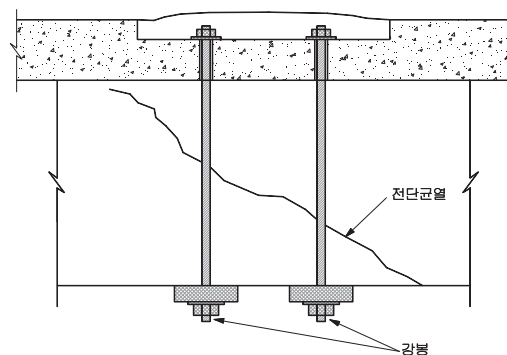
교체공법은 손상된 부분만을 제거하여 새롭게 콘크리트를 타설해서 손상을 받지 않은 부분과 같은 정도의 기능으로 회복하는 공법으로 부분교체 공법과 부재를 전면적으로 회복시키는 전면공법이 있다.



[해설 그림 1.7.4] 교체공법 개요도

(5) 앵커공법

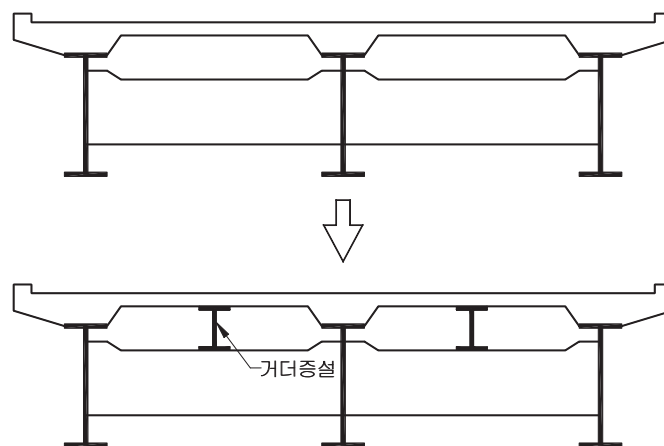
균열이 구조내력에 지장을 주는 경우 균열부분을 강봉으로 봉합시켜 내하력을 회복시키는 공법이며 보강해야 할 부위가 넓지 않은 경우에 적용한다.



[해설 그림 1.7.5] 앵커공법 개요도

(6) 보강형 증설공법

기존 바닥판 하면의 거더 사이에 1~2개의 세로보를 증설하여 바닥판의 지간을 줄여줌으로써 운하중에 의한 모멘트를 경감시키거나 가로보를 보강 해줌으로써 교량 전체의 보강효과를 꾀하는 보강 공법이다.

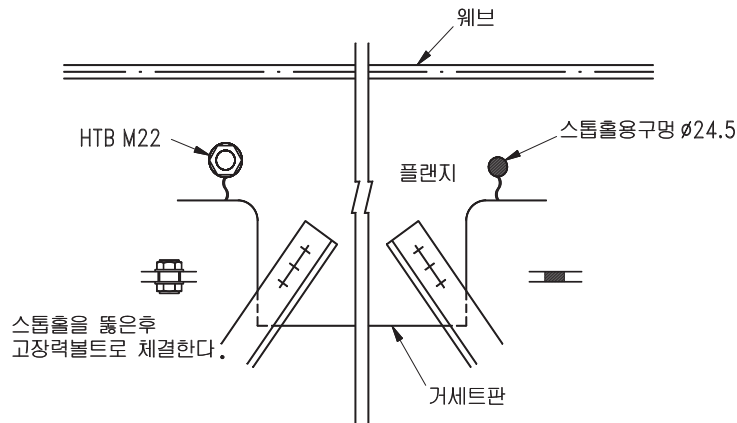


[해설 그림 1.7.6] 보강형 증설공법 개요도

2. 강교는 각종의 자연력 및 인위작용을 받아 시간경과와 함께 물리적, 화학적으로 변질·변형되거나 성능저하가 진행되어 손상의 형태로 나타나며, 안전진단, 분석평가, 보수·보강의 각 단계를 유기적으로 상호 관련시켜 시행하면 보다 효과적인 보수·보강 효과를 기대할 수 있다. 일반적인 강교의 보강공법에는 다음과 같은 방법이 있다.

(1) Stop-Hole 공법(보수)

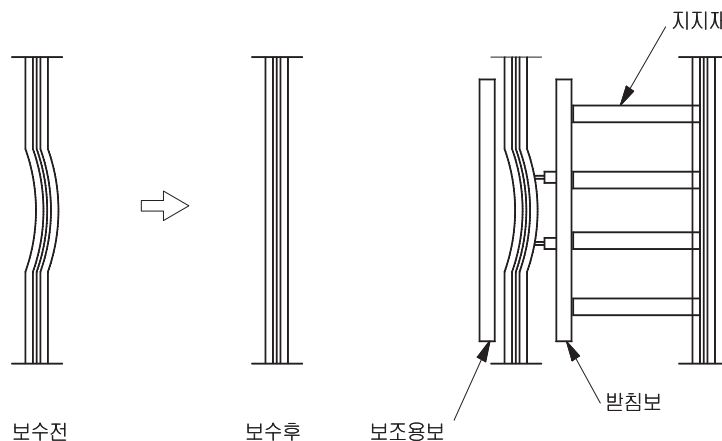
피로균열 선단에 구멍(Stop-Hole)을 설치하여 선단부의 국부적인 응력집중을 해소하고, 균열의 진전을 일시적으로 방지하는 방법이다.



[해설 그림 1.7.7] Stop-Hole 공법 개요도

(2) 교정공법 (보수)

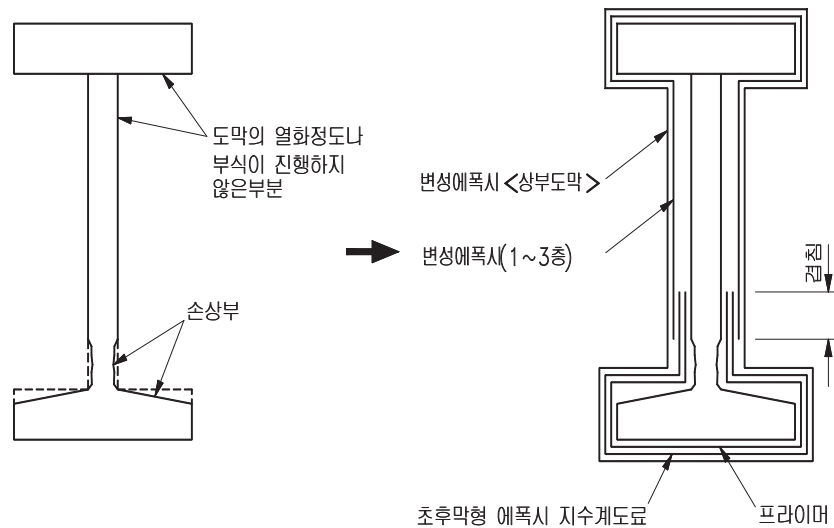
변형된 부재를 상온에서 교정하면 상당한 소성변형이 발생되므로 교정 후(소성변형 후)의 인성저하를 고려해서 가열교정공법을 적용하는 것이 일반적이다.



[해설 그림 1.7.8] 교정 공법 개요도

(3) 도장보수 (보수)

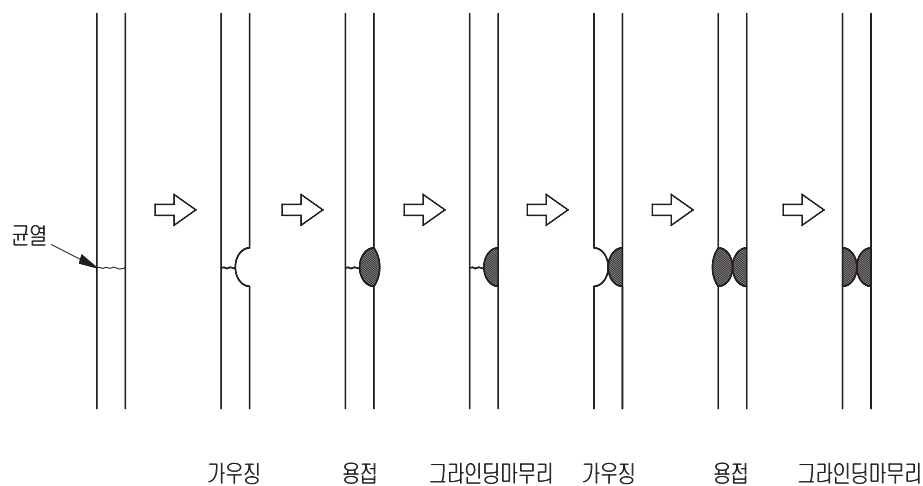
부식에 의해 결함이 발생한 부재는 녹의 진행속도도 빠르고 도막수명도 짧아 구조물의 내력이나 내구성에 영향을 끼칠 수 있다. 부식에 의해 단면손상이나 결함발생이 우려되는 경우 특수한 도장을 이용한다.



[해설 그림 1.7.9] 도장보수 공법 개요도

(4) 용접보수공법(보수)

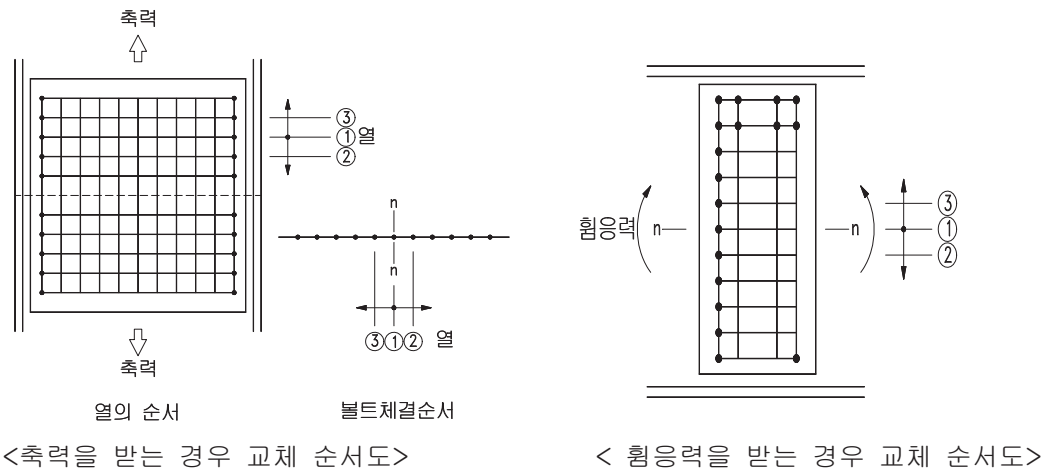
본 공법은 균열이 발생된 부위를 가우징으로 제거한 후 재 용접하여 보수하는 방법과 Tig 용접의 비소모성 전극을 사용하여 균열부를 재용융하는 방법, 손상부에 철판을 대고 용접하는 방법 등이 있고 현장 조건과 결함의 종류에 따라 적절한 공법을 적용하여 보수한다.



[해설 그림 1.7.10] 용접 보수공법 개요도

(5) 볼트교체공법(보수)

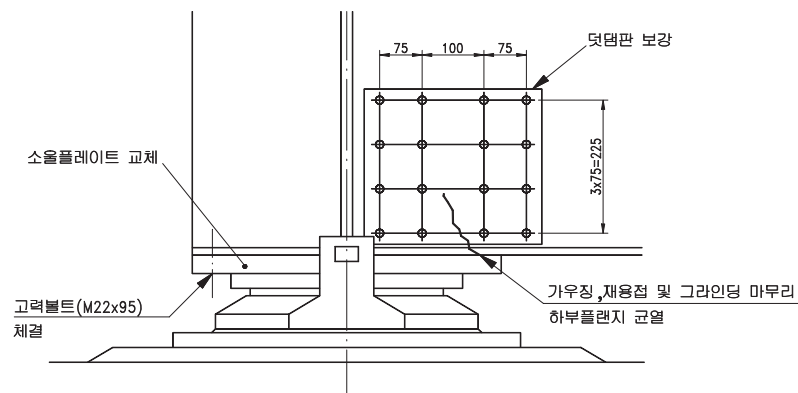
볼트 이음부는 공용중의 진동, 충격에 의해 이완되기 쉽고, 빗물이나 습기에 노출되어 볼트가 부식되기 쉽다. 공용중 결함이 있는 볼트를 교체하기 위해서는 이음부의 구조적 특성을 파악하고, 적절한 순서로 교체한다.



[해설 그림 1.7.11] 볼트교체 공법 개요도

(6) 보강판 고력볼트 체결공법(보수·보강)

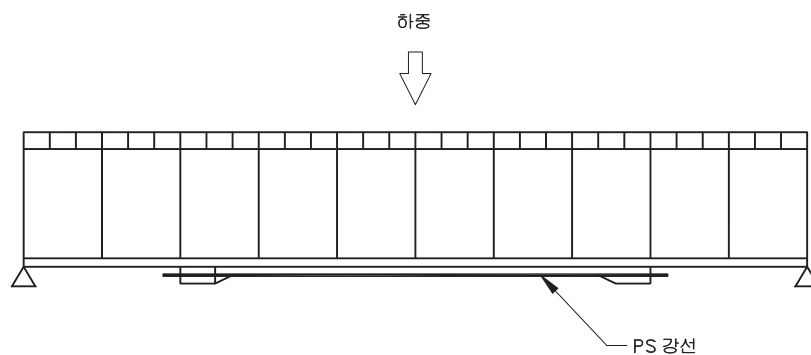
강재의 재질이 불확실하고 작업조건이 나빠 안정된 상태로 용접할 수 없는 강교에서 부식에 의한 단면 결손이나 피로에 의한 균열이 생겼을 때 단면의 보강효과를 기대하는 목적으로 이 공법을 적용한다.



[해설 그림 1.7.12] 보강판 고력볼트 체결공법 개요도

(7) 외부 Cable 공법(포스트텐션법)(보강)

강구조물에 이상처짐이 발생하였거나 하중증가로 인해 내하력 향상이 필요한 경우에 적용하며, 부재에 긴장재를 설치하여 프리스트레스를 하는 공법이다.



[해설 그림 1.7.13] 외부 Cable 공법 개요도

3. 콘크리트 균열 보수에 관한 일반적인 공법을 나열한 것이다. 각 공법의 주요 내용은 다음과 같다. 균열기준은 구조물의 중요도, 특성 등에 따라 다양하므로 구조물의 특성 및 균열현상 등을 고려하여 적절한 보수공법을 사용하여야 한다. 콘크리트 균열의 보수목적과 균열상태에 따른 보수공법별 적정성을 비교하면 다음 [해설 표 1.7.2]와 같다.

[해설 표 1.7.2] 콘크리트 균열의 보수공법 적정성 비교

보수 목적	균열현상·원인		균열폭 (mm)	보수공법				
				표면처리 공법	주입공법	충전공법	침투성 공법	기타
방수성	철근부식 미발생시	균열폭 변동이 작음	0.2이하	○	△		○	
			0.2 ~ 1.0	△	○	○		
		균열폭 변동이 큼	0.2이하	△	△		○	
			0.2 ~ 1.0	○	○	○	○	
내구성	철근부식 미발생시	균열폭 변동이 작음	0.2이하	○	△	△		
			0.2 ~ 1.0	△	○	○		
			1.0이상		△	○		
		균열폭 변동이 큼	0.2이하	△	△	△		
			0.2 ~ 1.0	△	○	○		
			1.0이상		△	○		
		철근부식		-				□
		염해		-				□
		반응성 골재		-				□

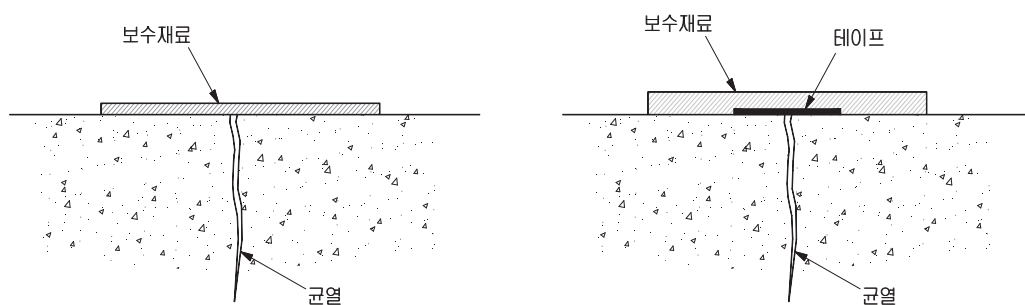
주1) 균열폭 3.0mm 이상의 균열은 구조적인 결함을 수반하는 일이 많으므로

여기에 표시하는 보수공법 뿐만 아니라 구조내력의 보강을 포함하여 실시하는 일이 보통이다.

주2) ○ : 적당 △ : 조건에 따라 적당 □ : 기타

(1) 표면처리공법

미세한 균열(일반적으로 폭 0.2mm이하) 위에 도막을 입혀 방수성과 내구성을 향상시키는 공법이며 균열내부를 처리할 수 없고, 진행성 균열은 보수하기 곤란한 점이 있다.



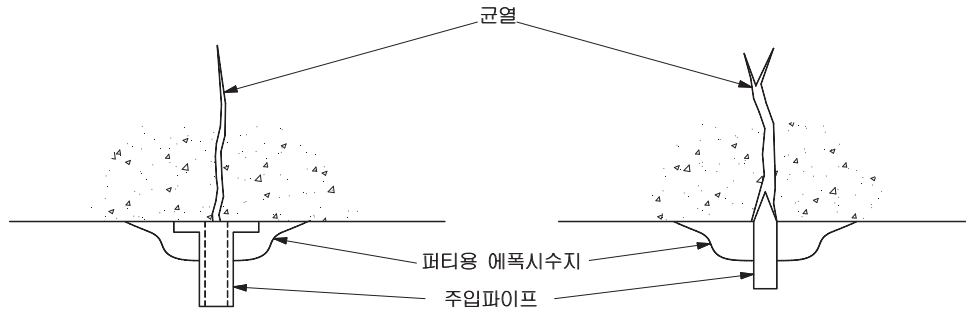
<정지 균열>

<진행성 균열>

[해설 그림 1.7.14] 표면처리 공법 개요도

(2) 주입공법

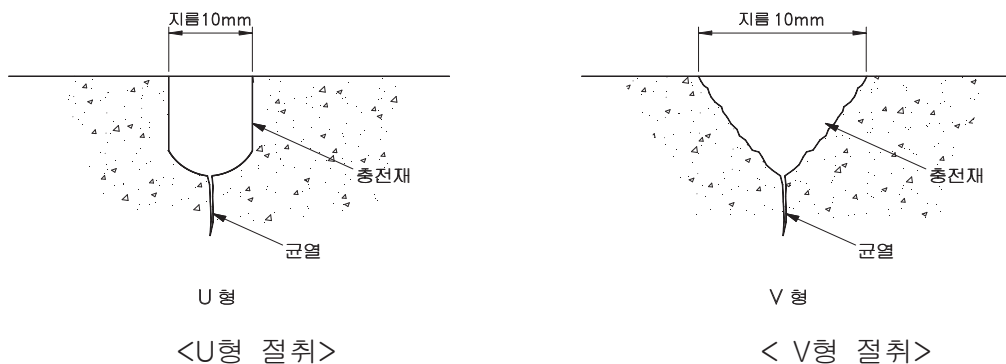
균열 부분에 에폭시계 수지 및 시멘트계 재료를 주입하여 콘크리트를 일체화시키고 콘크리트의 수밀성을 크게 하며 콘크리트 및 철근의 열화와 부식을 방지하는 공법이다.



[해설 그림 1.7.15] 주입공법 개요도

(3) 충전공법

균열폭이 비교적 큰(0.5mm이상) 경우에 적용하는 공법으로서 균열을 따라 콘크리트를 V형이나 U형으로 절취하고 그 부분에 보수재를 충전하는 공법이며 이 공법은 철근이 부식되지 않는 경우와 철근이 부식되는 경우로 나누어 보수한다.



[해설 그림 1.7.16] 충전공법 개요도

(4) 침투성 도포방수제에 의한 누수방지

침투성 방수제 도포공법은 콘크리트 표면부가 전반적으로 노후되어 0.2mm 정도 이하의 미세한 균열을 갖는 경우에 적용되며, 균열폭이 큰 경우는 부적당하다. 침투성 도포방수제에 의한 0.2mm 정도의 균열폭의 경우, 누수방지에 관한 일본내 실내실험 결과 누수가 발생되지 않는 것으로 나타났지만 이 공법은 아직 시공 실적이 적어서 내구성에 대한 신뢰성이 불명확하나 최근 국내에서 널리 이용되고 있는 공법중의 하나이다.

4. 유지관리 방안 제시

시설물을 안전하고 경제적으로 유지관리 하는데 필요한 사항을 제시하는 것으로 결함 및 손상의 종류와 원인, 점검요령, 조치대책 등에 관한 실무적이고 필수적인 내용을 해당 시설물의 그림 및 사진 등을 위주로 구성하여 안전점검 경험이 적은 사람도 쉽게 활용 할 수 있도록 하여야 한다. 교량 구조물의 유지관리 방안은 해당 교량의 특성을 감안 하여 효율적인 향후 관리가 가능하도록 제시하여야 한다. 결함 및 손상의 특성을 토대로 원인을 규명하여 향후 점검시 유의사항 및 요령을 되도록 쉽게 구성하는 것이 중요하다.

부 록

A. 과업지시서 예시

B. 사전검토보고서 예시

부록 A

과업지시서 예시

-정밀점검, 정밀안전진단

본 과업지시서 예시는 과업의 제반여건에 따라 변경될 수 있습니다.

정밀점검, 정밀안전진단 과업지시서

1. 일반조건

1.1 과업명 : ○○교 정밀안전진단

1.2 과업의 목적

본 과업은 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”(이하 “시특법“ 이라 한다.) 제7조 및 동법 시행령 제9조에 규정에 따른 정밀안전진단(안전점검)으로서 시설물에 대한 물리적 기능적 결함을 조사하고 구조적 안전성 및 손상상태를 점검하여, 재해를 예방하고 시설물의 효용을 증진시켜 공공의 안전을 확보하는데 그 목적이 있다.

1.3 과업의 범위

가. 시설물의 개요

- 1) 시설물 명 : ○○교
- 2) 위 치 : ○○도 ○○시(군) ○○동(면) ○○리
- 3) 제 원
 - 교 량 형 식 :
 - 연 장 : m
 - 교 폭 : m
 - 설 계 하 중 :
 - 준 공 년 도 : 년 월

나. 정밀안전진단(안전점검) 대상시설물의 범위

구 분	부재명		정밀점검	정밀안전진단
주요 부재	상부구조	바닥판, 거더	○	○
	하부구조	교대 및 교각, 주탑, 기초	○	○
	받침	교량받침	○	○
	케이블	케이블, 정착구, 행어밴드, 새들	○	○
	기타부재	신축이음, 배수시설, 난간 및 연석, 교면포장	○	○
보조 부재	2차부재	가로보 및 세로보		○

1.4 과업 세부내용

[정밀안전진단]

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 상태평가
- 4) 안전성평가
- 5) 종합평가
- 6) 보수·보강방법
- 7) 보고서 작성

[안전점검]

- 1) 자료수집 및 분석
- 2) 현장조사 및 시험
- 3) 상태평가
- 4) 안전성평가(선택과업이 있을 경우)
- 5) 보수·보강방법(선택과업이 있을 경우)
- 6) 보고서 작성

1.5 주요업무의 사전승인 등

계약상대자는 다음사항에 대해서는 사전에 관리주체의 승인을 받아 과업을 수행하여야 한다.

- 1) 사업수행계획서 및 착수신고서의 내용변경
- 2) 기본계획을 포함한 주요내용 및 방침의 설정 또는 변경
- 3) 기타 감독원의 지시나 계약상대자의 판단에 따라 승인 받아야 할 사항

1.6 과업수행 및 공정보고

1.6.1 착수신고서 제출

- 1) 계약상대자가 과업착수시 제출할 착수신고서와 착수신고서에 포함하여 제출할 서류의 내용과 서식은 다음 각호와 같다.
 - ㉠ 착수신고서
 - ㉡ 사업수행계획서
 - ㉢ 인력 및 장비 투입계획서
 - ㉣ 세부공정계획서
 - ㉤ 사업책임기술자 선임신고서
 - ㉥ 사업수행 조직표
 - ㉦ 안전관리계획서
 - ㉧ 사전검토 보고서
- 2) 계약상대자는 당해 시설물의 설계도서 등 유지관리자료와 과업지시서 등이 법령 및 지침, 세부지침 등에 부합되는지의 여부를 검토하여 용역 착수일로부터 15일 이내에 관리주체에게 서면으로 보고하고 그 방침을 받아 용역 업무를 진행하여야 한다. 다만, 용역업무의 특수성 등으로 인하여 별도로 기간을 정할 경우에는 그 기간으로 한다.
- 3) 설계도서 등의 사전검토를 거쳐 관리주체의 방침을 받은 결과를 반영한 과업수행

계획서를 작성하여 관리주체에게 서면으로 보고하고 승인을 받아 용역 업무를 진행하여야 한다.

- 4) 설계도서 등의 사전검토 보고서와 과업수행계획서에 관한 일체의 서류는 정밀안전진단(안전점검) 실시결과 보고서에 수록하여야 한다.
- 5) 계약상대자는 상기 1.6.1항의 착수신고 서류 ○부를 관리주체에 제출하여야 한다.

1.6.2 공정보고

계약상대자는 과업수행기간 중 다음사항을 포함한 월간진도보고를 매월 말일을 기준으로 하여 다음달 5일까지 점검책임기술자의 확인을 받아 관리주체에 제출하여야 한다.

- 1) 과업추진내용 및 공정현황
- 2) 과업수행상 중요 문제점 및 대책
- 3) 참여기술자 현황
- 4) 다음 달 과업수행 계획

1.7 법률준수의 의무

계약상대자는 이 과업을 수행함에 있어 관계 법률에 저촉되는 행위로 인한 모든 피해사항에 대하여 책임을 져야 한다.

1.8 안전관리

1.8.1 일반

안전점검 및 정밀안전진단을 실시하는 사람은 안전은 물론 공공의 안전을 위하여 진단측정장비 및 기기 등을 안전하게 운용하고 작업을 안전하게 수행하도록 안전관리계획을 수립하여야 한다.

1.8.2 안전점검 및 정밀안전진단 종사자의 안전

- 1) 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하는 사람은 안전모, 작업복, 작업화와 필요한 경우 청각, 시각 및 안면보호장비 등을 포함한 개인용 보호장구를 항상 착용하여야 하며 진단측정장비 및 기기를 항상 최적의 상태로 정비하여야 한다.
- 2) 밀폐된 공간에서의 작업이 필요할 경우에는 유해물질, 가스 및 산소결핍 등에 대한 조사와 대책을 사전에 마련하여야 한다.

1.8.3 공공의 안전

공공의 안전측면에서 관리주체는 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 기간

동안 교통통제와 작업공간 확보를 위하여 적절한 계획을 수립 시행하여야 한다.

1.9 용어의 해석

과업지시서상의 용어해석에 차이가 있을 경우에는 관리주체와 계약상대자가 상호 협의하여 결정해야 한다.

2. 점검계획 및 세부사항

2.1 점검계획

2.1.1 일 반

점검계획은 현장에서의 사전조사를 실시한 후에 수립하며 조사항목은 아래와 같다.

- 현장여건 및 문제점
- 시설관리자 및 주민의견 청취
- 제반시설 관련자료

이때 도면 및 자료를 개략 검토한 후에 조사를 수행함으로써 구조물의 형상이나 세부사항들에 대한 사전 정보를 갖고 점검에 임하도록 한다.

2.1.2 점검계획 수립

사전조사시 수집된 자료를 검토 후 점검계획을 수립하며 다음 사항이 포함되어야 한다.

- 1) 조사범위 및 항목결정
 - 각 분야별 조사범위와 세부항목을 전체 점검계획에 맞추어 결정
 - 책임기술자가 필요하다고 판단되는 경우 별도 조사항목 포함
- 2) 기존 점검자료 검토
 - 기발견된 결함의 확인을 위해 검토
- 3) 분야별 소요인원 및 구성
 - 분야별 총 소요인원을 판단하여 가용인력을 구성, 투입계획수립
- 4) 재료시험 실시에 대한 적정성여부 판단
- 5) 진단기간 및 계획된 작업시간 예측
- 6) 진단범위 및 안전성에 대한 판단
- 7) 진단장비 선정

구조물의 진단에 필요한 재료시험 장비, 측량장비를 준비할 때에는 분야별 세부조사 항목에 부합되는 장비를 준비하도록 한다. 또한, 접근장비는 육안조사

및 점검장비에 의한 측정이 가능하도록 사다리, 고소차, 교량점검차, 비계, 점검 보트, 예인선 및 부선 등을 준비한다.

이러한 장비선정 시에는 다음의 항목을 고려한다.

- ① 접근장비를 안전하게 지지하는지 여부
- ② 장비위치에 따른 교통통제의 필요성
- ③ 장비설치에 따른 지장물 존재여부

8) 접근방법 결정

- 교량 하면(바닥판 하면, 거더 하면, 박스거더 내부, 하부구조 두부, 교량받침 등)에 대한 현장조사시에는 사다리, 고소차, 교량점검차, 비계 설치, 사다리 설치 등 현장여건에 따라 안전을 고려한 최선의 방법을 선택한다.
- 교량점검차의 접근이 불가능한 수중구간의 접근은 예인선 및 부선에 고소차를 태워 실시하되 안전장치의 착용 등을 통해 안전에 유의하며, 특히 기상상태에 주의한다.

9) 진단종사자의 안전

- 점검업무 및 접근방법과 관련하여 점검자는 안전사고 예방에 유의한다.

10) 기타 점검자와 관리주체가 필요하다고 판단되는 사항

2.1.3 과업수행 적용 기준

본 과업은 다음의 현행 제규정 및 지침에 의거하여 제반사항을 성실히 이행하여야 한다.

- 1) 시설물의 안전관리에 관한 특별법, 시행령, 시행규칙
- 2) 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침 및 세부지침
- 3) 도로교 설계기준
- 4) 콘크리트 표준시방서
- 5) 콘크리트 구조설계기준
- 6) 철도설계기준 (철도교편)
- 7) 「산업표준화법」에 의한 한국산업규격(KS)
- 8) 국토해양부 발행 각종 관련 표준시방서

2.2 점검실시 세부사항

2.2.1 자료수집 및 분석

관리주체가 보존하는 감리보고서·시설물관리대장 및 설계도서 등 관련서류와 다음에 명시된 자료를 수집하고 검토·분석하여 본 과업의 기초자료로 활용한다.

1) 설계도서

시설물의 준공도서로서 종·평면도, 단면도, 구조물도, 시공상세도, 구조계산서, 수리·수문계산서, 공사시방서 등 시설물의 유지관리에 필요한 도서

2) 시설물관리대장

3) 시공관련 자료

4) 안전점검 및 정밀안전진단 자료

5) 보수·보강공사 자료

2.2.2 현장 조사 및 제반관련 시험 실시

- 1) 현장조사는 사전에 기존자료를 검토하여 예상되는 각종 손상에 대하여 충분히 이해한 후 현장조사에 임한다.
- 2) 현장조사는 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단지침(세부지침, 교량편)에 의해 실시하며, 점검대상 구조물에 대한 상세 외관조사 및 현장시험을 실시하여 부재별로 상태평가에 활용한다.
- 3) 상세 외관조사시 주요결함이 발견될 경우 이에 대한 안전성검토 실시한다.

2.2.3 세부시설별 조사사항

부재구분		진단부위	진단방법	
상 부 구 조	상 관 부	(1)교면포장(아스팔트, 콘크리트)	육 안	
		(2)배수시설(배수구, 배수관)	육 안	
		(3)방호울타리(강재, 콘크리트) 및 연석	육 안	
		(4)바닥판 (철근콘크리트, 강바닥판)	손상(균열, 탈락) 열화(누수, 백태)	비파괴장비 및 육안 육 안
		(5)신축이음 (고무형, 강재형)	본체(강재, 고무재) 후타재(콘크리트)	간단한 공기구, 육안 간단한 공기구, 육안
		(6)교량받침 (강재, 고무재)	기능, 손상, 열화	간단한 공기구, 육안
	거 더	(7)철근콘크리트	중양부 손상, 결함, 열화 받침부 손상, 결함, 열화	비파괴장비 및 육안 비파괴장비 및 육안
		(8)프리스트레스트	중양부 손상, 결함, 열화 받침부 손상, 결함, 열화	비파괴장비 및 육안 비파괴장비 및 육안
		(9)강재	손상(균열, 처짐, 변형)	계측장비, 육안
			연결부 상태	육 안
			열화(부식, 오염)	육 안
			브레이싱, 가로보	육 안
		하부구조	(10)교대 및 (11)교각	비파괴장비 및 육안
			(12)기초	육안, 설계·시공자료

2.2.4 선택과업

선택과업은 과업수행 전 계약상대자와 합동으로 실시한 사전조사 결과에 따라 조사항목을 선정하며, 과업수행 중에 발생하는 항목은 협의하여 추진한다.

2.2.5 상태평가

상태평가는 재료시험 및 외관조사에 의해 시설물의 각 부재로부터 발견된 상태변화(결함, 손상, 열화)를 근거로 하여 세부지침의 상태평가 기준에 따라 실시한다.

정밀안전진단에서는 시설물의 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정한다.

상태평가가 정확히 이루어졌는지 확인하는 동시에 기록용 문서로서 이용하기 위하여 안전점검·정밀안전진단을 실시한 사람은 외관조사 결과를 안전점검·정밀안전진단 서식에 각각의 결함의 형태, 크기, 양 및 심각한 정도 등을 기록하여야 한다.

(정밀점검에서는 기본시설물에 대하여 점검하고, 외관조사망도를 작성하여 상세히 상태평가를 실시하며, 외관조사망도를 작성하지 않은 부위는 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서에 수록된 상태평가 결과를 참조하여 책임기술자가 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정한다.)

2.2.6 안전성평가(안전점검의 경우 선택과업)

책임기술자는 계측 및 구조해석 또는 기존의 안전성평가 자료와 함께 부재별 상태평가, 재료시험 결과 및 각종 계측, 측정, 조사 및 시험 등을 통하여 얻은 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조물의 안전과 부재의 내(하)력 등을 종합적으로 평가하여 세부지침의 안전성평가 기준에 따라 시설물의 안전성평가 결과를 결정한다.

보고서에는 평가에 사용된 해석방법의 종류 및 해석결과에 대한 설명과 계산기록을 포함하여야 한다.

2.2.7 종합평가 및 안전등급 지정

- 1) 상태평가 및 안전성평가를 실시한 결과를 종합하여 세부지침의 종합평가 기준에 따라 시설물의 종합평가 결과를 결정한다.
- 2) 정밀안전진단(안전점검)을 실시한 책임기술자는 당해 시설물에 대한 종합적으로 평가한 결과로부터 안전등급을 지정한다.

다만 정밀안전진단(안전점검) 실시결과 기존의 안전등급보다 상향하여 조정할 경우에는 해당 시설물에 대한 보수·보강 조치 등 그 사유가 분명하여야 한다.

안전등급	시설물의 상태
A (우수)	문제점이 없는 최상의 상태
B (양호)	보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태
C (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 (미흡)	주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태
E (불량)	주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태

2.2.8 보수·보강방법(안전점검의 경우 선택과업)

1) 일반

보수는 시설물의 내구성능을 회복 또는 향상시키는 것을 목적으로 한 유지관리 대책을 말하며, 보강이란 부재나 구조물의 내하력과 강성 등의 역학적인 성능을 회복, 혹은 향상시키는 것을 목적으로 한 대책을 말한다.

보수를 위해서는 상태평가 결과 등을, 보강을 위해서는 상태평가 및 안전성평가 결과 등을 상세히 검토하고, 발생한 결함의 종류 및 정도, 구조물의 중요도, 사용 환경조건 및 경제성 등에 의해서 필요한 보수·보강 방법 및 수준을 정하여야 한다.

2) 보수·보강의 필요성 판단

보수의 필요성은 발생한 손상(균열 등)이 어느 정도까지 허용되는가의 판단에 의하여 하며, 이를 위해 본 지침 및 각종 기준(표준시방서 등)을 참조한다.

보강의 경우는 부재안전율을 각종 기준에서 정하는 수치이상으로 하기 위하여 어느 정도까지 부재단면 등을 증가하여야 하는지를 판단하여야 한다.

3) 보수·보강의 수준의 결정

보수·보강의 수준은 위험도, 경제성 등을 고려하여 아래의 경우 중에서 결정한다.

- 현상유지(진행억제)
- 실용상 지장이 없는 성능까지 회복
- 초기 수준이상으로 개선
- 개축

4) 공법의 선정

구조물 결함에 따른 보수·보강은 보수재료와 공법 선정시 공법의 적용성, 구조적 안전성, 경제성 등을 검토하여 결정한다.

이때 중요한 것은 구조물의 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고, 또한 적절한 보수재료를 선택할 수 있다.

따라서 시설물관련 제반자료, 진단시 수행한 각종 상태평가 및 안전성 평가 결과를 기초로 하여, 결함 발생 원인에 대한 정확한 분석 후 결함부위 또는 부재에 가장 적합한 보수·보강공법을 선정하여야 한다.

5) 보수·보강 우선순위의 결정

각 시설물은 주요부재와 보조부재로 이루어져 있으며, 이들 시설물에서 발생된 각종 결함에 대한 보수·보강 우선순위는 다음과 같이 결정한다.

- 보수보다 보강을, 주부재를 보조부재보다 우선하여 실시한다.
- 시설물 전체에서의 우선순위 결정은 각 부재가 갖는 중요도, 발생한 결함의 심각성 등을 종합 검토하여 결정한다.

6) 유지관리 방안 제시(선택과업)

시설물을 안전하고 경제적으로 유지관리하는데 필요한 사항을 제시하는 것으로 결함 및 손상의 종류와 원인, 점검요령, 조치대책 등에 관한 실무적이고 필수적인 내용을 해당 시설물의 그림 및 사진 등을 위주로 구성하여 안전점검 경험이 적은 사람도 쉽게 활용할 수 있도록 하여야 한다.

3. 보고서 작성 방법

3.1 일반

정밀안전진단(안전점검) 실시결과 보고서는 시설물 관리주체의 유지관리업무에 효율적이며 체계적으로 활용할 수 있도록 과업내용을 중심으로 작성·제출하여야 하며, 세부적인 작성 방법은 세부지침을 참조한다.

3.2 정밀점검 보고서에 포함될 사항

1) 서두

보고서의 표지 다음에 정밀점검의 개요를 쉽게 알 수 있도록 다음의 서류를 붙인다.

- 제출문(정밀점검을 실시한 기관의 장)
- 정밀점검 결과표 (안전등급)
- 시설물 현황표
- 참여 기술진 명단

- 시설물의 위치도
- 시설물의 전경사진, 부위별 사진
- 정밀점검 실시결과 요약문
- 보고서 목차

2) 정밀점검의 개요

정밀점검의 범위와 과업내용 등 정밀점검 계획 및 실시와 관련된 주요사항을 기술한다.

- 점검의 목적
- 시설물의 개요 및 이력사항
- 점검의 범위 및 과업내용
- 사용장비 및 기기 현황
- 점검 수행 일정

3) 자료수집 및 분석

정밀점검의 관련자료를 검토·분석하고 그 내용을 기술한다.

- 설계도면, 구조계산서
- 기존 정밀점검·정밀안전진단 실시결과
- 보수·보강이력
- 시설물의 내진설계 여부 확인
- 기타 관련자료

4) 현장조사 및 시험

과업내용에 의거 실시한 현장조사, 시험 및 측정 등의 결과분석 내용을 기술하고, 필요한 경우 사진 또는 동영상 등을 첨부한다.

- 기본시설물 또는 주요부재별 외관조사 결과분석
- 주요한 결함(손상)의 발생원인 분석
- 재료시험 및 측정 결과분석

5) 시설물의 상태평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 시험의 분석 결과에 따라서 상태평가 결과의 작성 방법은 본 세부지침의 제8장에서 기술한 내용을 따른다.

- 대상 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결과 결정
- 콘크리트 또는 강재의 내구성 평가

6) 안전등급 지정

정밀점검 실시결과 상태평가 및 안전성평가(필요시) 등을 종합적으로 평가하여 제11장에서 기술한 내용을 따라 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 한다.

7) 시설물의 안전성 평가 (필요한 경우 추가로 실시)

안전점검 결과 시설물의 보수·보강방법을 제시한 때에는 보수·보강시 예상되는 임시 고정하중(공사용 장비 및 자재 등)이 시설물에 현저하게 작용하는 경우에 대한 시행방법을 검토

8) 종합결론 및 건의

- 정밀점검 실시결과의 종합결론
- 정밀안전진단 및 시설물의 사용제한의 필요성 여부
- 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항
- 기타 필요한 사항

9) 부록

- 과업지시서 : 부록의 과업지시서 예문 참조
- 외관조사망도
- 측정, 시험 성과표
- 상태평가 결과 자료
- 시설물관리대장 사본
- 현황조사 및 외관조사 사진첩
- 사용장비 및 기기의 사진
- 사전조사 자료일체(사전검토 보고서, 과업수행계획서 등 관련자료)
- 기타 참고자료

(정밀점검 결과와 관련되는 설계도서, 감리보고서, 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서 등 관련자료 포함)

3.3 정밀안전진단 보고서에 포함될 사항

1) 서두

보고서의 표지 다음에 정밀안전진단의 개요를 쉽게 알 수 있도록 다음의 서류를 붙인다.

- 제출문(정밀안전진단을 실시한 기관의 장)
- 정밀안전진단 결과표 (안전등급)

- 시설물 현황표
- 참여 기술진 명단
- 시설물의 위치도
- 시설물의 전경사진, 부위별 사진
- 정밀안전진단 실시결과 요약문
- 보고서 목차

2) 정밀안전진단의 개요

정밀안전진단의 범위와 과업내용 등 정밀안전진단 계획 및 실시와 관련된 주요 사항을 기술한다.

- 진단의 목적
- 시설물의 개요 및 이력사항
- 진단의 범위 및 과업내용
- 사용장비 및 시험기기 현황
- 진단 수행 일정

3) 자료수집 및 분석

정밀안전진단의 관련자료를 검토·분석하고 그 내용을 기술한다.

- 설계도면, 구조계산서
- 기존 정밀점검·정밀안전진단 실시결과
- 보수·보강이력 및 용도변경
- 시설물의 내진설계 여부 확인
- 기타 관련자료

4) 현장조사 및 시험

과업내용에 의거 실시한 현장조사, 시험 및 측정 등의 결과분석 내용을 기술하고, 필요한 경우 사진 또는 동영상 등을 첨부한다.

- 전체 시설물 외관조사 결과분석
- 주요한 결함(손상)의 발생원인 분석
- 재료시험, 측정결과의 분석

5) 시설물의 상태평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 시험의 분석 결과에 따라서 시설물의 상태평가 결과를 작성하며, 작성 방법은 본 세부지침의 제8장에서 기술한 내용을 따른다.

- 콘크리트 또는 강재의 내구성 평가

- 부재별 상태평가 및 시설물 전체의 상태평가 결정

6) 시설물의 안전성평가

과업내용에 따라 실시한 현장조사 및 재료시험 등의 결과를 분석하고 이를 바탕으로 구조물의 내(하)력, 사용성 등을 검토하고 시설물의 구조적, 기능적 안전성을 평가한다.

- 현장 재하시험 및 계측 결과분석
- 지형, 지질, 지반, 토질조사 등의 결과분석
- 시설물의 변위, 거동 등의 측정결과 분석
- 시설물의 구조해석 및 구조계산을 통한 분석결과
- 수문, 수리 등 해석결과 및 분석 (관리주체의 요구 등 필요한 경우)
- 시설물의 내(하)력 평가
- 시설물의 내진성능, 사용성 평가 (관리주체의 요구 등 필요한 경우)
- 정밀안전진단 결과 시설물의 보수·보강방법을 제시한 때에는 보수·보강시 예상되는 임시 고정하중(공사용 장비 및 자재 등)이 시설물에 현저하게 작용하는 경우에 대한 구조안전성 평가 포함 시행
- 시설물의 안전성평가 결정

안전성평가 작성 방법은 본 세부지침의 제9장에서 기술한 내용을 따른다.

7) 종합평가

- 시설물의 상태평가와 안전성평가 결과를 종합하여 안전상태 종합평가 결과의 결정
- 종합평가 작성 방법은 본 세부지침의 제10장에서 기술한 내용을 따른다.

8) 안전등급 지정

정밀안전진단 실시결과 상태평가 및 안전성평가 등을 종합적으로 평가하여 제 11장에서 기술한 내용을 따라 당해 시설물의 안전등급을 지정하여야 한다.

9) 보수·보강 방법

시설물의 상태평가와 안전성평가 결과에 따라 손상 및 결함이 있는 부위 또는 부재에 대하여 적용할 보수·보강 방법을 제시함.

(내진성능 평가 후 내진능력 부족시의 경우를 포함)

- 보수·보강방법에 대한 개요, 시공방법, 시공시 주의사항 등
- 당해 시설물의 유지관리를 위한 요령, 대책 등

시설물을 안전하고 경제적으로 유지관리하는데 필요한 사항을 제시하는 것으로 결함 및 손상의 종류와 원인, 점검요령, 조치대책 등에 관한 실무적이고

필수적인 내용을 해당 시설물의 그림 및 사진 등을 위주로 구성하여 안전점검 경험이 적은 사람도 쉽게 활용할 수 있도록 하여야 한다.

10) 종합결론 및 건의사항

- 정밀안전진단 실시결과의 종합결론
- 유지관리시 특별한 관리가 요구되는 사항
- 기타 필요한 사항

11) 부록

- 과업지시서 : 부록의 과업지시서 예문 참조
- 외관조사망도
- 구조해석 모델링 및 수치해석 자료 (입출력자료는 e-보고서에 포함)
- 측정, 시험, 계측 성과표
- 상태평가 결과 자료
- 안전성평가 결과 자료
- 시설물관리대장 사본
- 현황조사 및 외관조사 사진첩
- 사용장비 및 기기의 사진
- 사전조사 자료 일체(사전검토보고서, 과업수행계획서 등 관련자료)
- 기타 참고자료

(정밀안전진단 결과와 관련되는 설계도서, 감리보고서, 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서 등 관련자료 포함)

4. 성과품 납품목록

이 과업과 관련한 성과품은 다음과 같으며 이에 대한 지불은 산출내역서상의 계약금액으로 한다.

- 1) 정밀안전진단(안전점검)보고서(부록포함) : 20부(안전점검의 경우 10부)
- 2) CD보고서 : 5부
- 3) 사진첩 : 3부

부록 B

사전검토 보고서 예시

정밀안전진단(안전점검) 사전검토 보고서

1. 과업명 : ○○교 정밀안전진단(안전점검)

2. 배경 및 목적

시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 지침(국토해양부고시 제2010-1037호, 2010. 12.31)의 3.1.4항 및 3.9.2항에 따라 과업대상 시설물의 과업지시서 또는 용역설계서 내용이 법령 및 지침, 세부지침 등에 부합되는지 여부를 검토하고, 그 결과를 관리주체에 보고하고 과업수행계획서에 수록하고자 함

3. 과업의 범위

3.1 시설물 명 : ○○교

3.2 위 치 : ○○도 ○○시(군) ○○동(면) ○○리

4. 사전검토 내용

4.1 정밀안전진단(안전점검) 대상시설물의 범위

구 분	시설물명		점검 및 진단 실시범위			비 고
			정기점검	정밀점검	정밀안전진단	
주요 부재	◦ 상부구조	바닥판, 거더	○	○	○	
	◦ 하부구조	교대 및 교각, 주탑, 기초	○	○	○	
	◦ 받침	교량받침	○	○	○	
	◦ 케이블	케이블, 정착구, 행어밴드, 새들	○	○	○	
	◦ 기타부재	신축이음, 배수시설, 난간 및 연석, 교면포장	○	○	○	
보조 부재	◦ 2차부재	가로보 및 세로보			○	

4.2 정밀안전진단(안전점검) 유지관리자료 보유 현황 검토

보존대상 목록		관리주체 보유현황	비고
설계도서	◦ 공통 - 준공내역서 - 공사시방서 - 각종계산서 - 토질 및 지반조사 보고서 - 기타 특이사항 보고서		
	◦ 설계도면 - 교량 및 복개구조물 - 위치도, 평면도, 단면도(중·횡), 상부·하부 구조물도, 빔상세도, 신축이음, 교량받침 상세도		
시설물 관리대장	◦ 기본현황 ◦ 상제제원 ◦ 유지관리 이력		
시공관련 자료	◦ 시공관련 자료 ◦ 품질관리 관련자료 - 재료증명서 - 품질시험기록 - 관리 및 선정시험 기록 등 각종 시험 기록 - 시설물의 주요 구조 부위에 대한 계측 관련자료 ◦ 사고기록		
안전점검 및 정밀안전진단 자료			
보수보강 자료			

4.3 정밀안전진단(안전점검) 과업의 범위

[표 1.1] 정밀점검일 경우

과업항목	지침상 기본과업	금회 과업 내용	
자료수집 및 분석	•설계도서 •시설물관리대장 •시공관련자료 •안전점검·정밀안전진단 실시결과 자료 •보수·보강이력 검토·분석	○전 등	
현장조사 및 시험	•외관조사 및 외관조사망도 작성 •간단한 현장 재료시험 등 - 콘크리트 비파괴강도(반발경도시험) - 콘크리트 탄산화 깊이 측정	○콘크리트 시험 -반발경도시험 -탄산화시험 ○철근탐사시험	
상태평가	•외관조사 결과분석 •재료시험 결과 분석 •대상 시설물(부재)에 대한 상태평가 •시설물 전체의 상태평가 결과에 대한 책임 기술자의 소견 (안전등급 지정)	○전 등	
안전성평가	-		
보수·보강 방법	-		
보고서작성	•CAD 도면 작성 등 보고서 작성	○전 등	
과업항목	지침상 선택과업	금회 과업 내용	비용 반영
자료수집 및 분석	•구조·수리·수문 계산(계산서가 없는 경우) •실측도면 작성 (도면이 없는 경우)		
현장조사 및 시험	•전체부재에 대한 외관조사망도 작성 •시설물조사에 필요한 임시접근로, 가설물의 안전시설 설치 및 해체 등 •조사용 접근장비 운용 •조사부위 표면청소 •마감재의 해체 및 복구 •수중조사 •기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성 평가 등에 필요한 조사시험	○전체부재 외관조사망도 작성 ○콘크리트 시험 - 코어채취 - 연화물함유량 - 실내시험 등 ○강재조사·시험 - 도막두께측정	
상태평가	-		
안전성평가	•필요한 부위의 구조지반수리수문 해석 등 안전성평가 •임시 고정하중에 대한 안전성평가		
보수·보강 방법	•보수보강 방법 제시		

[표 1.2] 정밀안전진단일 경우

과업항목	지침상 기본과업	금회 과업 내용	
자료수집 및 분석	•설계도서 •시설물관리대장 •시공관련자료 •안전점검·정밀안전진단 실시결과 자료 •보수·보강이력 검토분석	○저등	
현장조사 및 시험	•전체부재의 외관조사 및 외관조사망도 작성 ○현장 재료시험 등 - 콘크리트 시험 : 비파괴강도(반발경도시험, 초음파전달 속도시험 등), 탄산화 깊이측정, 염화물함유량시험 - 강재 시험 : 강재 비파괴시험	○전체부재 외관조사 및 외관조사망도 작성 ○콘크리트 시험 -반발경도시험 -초음파전달속도시험 -탄산화시험 -균열깊이 조사 ○철근탐사시험	
상태평가	•외관조사 결과분석 •현장시험 및 재료시험 결과분석 •콘크리트 및 강재 등의 내구성 평가 •부재별 및 시설물 전체 상태평가 결과에 대한 소견	○저등	
안전성평가	•조사, 시험, 측정결과의 분석 •기존의 구조계산서 또는 안전성평가 자료 검토·분석 •내하력 및 구조 안전성평가 •시설물의 안전성평가 결과에 대한 소견	○저등	
종합평가	•시설물의 종합평가 결과에 대한 소견 •안전등급 지정	○저등	
보수·보강방법	•보수·보강 방법 제시	○저등	
보고서작성	•CAD 도면 작성 등 보고서 작성	○저등	
과업항목	지침상 선택과업	금회 과업 내용	비용 반영
자료수집 및 분석	•구조·수리·수문 계산(계산서가 없는 경우) •실측도면 작성 (도면이 없는 경우)		
현장조사 및 시험	•시료채취 및 실내시험 •지형,지질,지반조사 및 탐사, 토질조사 •수중조사 •조사용 접근장비 운용 •기본과업 범위를 초과하는 강재비파괴시험 •기타 관리주체의 추가 요구 및 안전성평가 등에 필요한 조사·시험	○콘크리트 시험 -코어채취 -실내시험 등 ○수중조사 ○계측기 상태조사 -실내시험 등 ○강재 용접부 조사 -초음파두께측정 -자분탐상	○ ○ ○ × ○ ×
안전성평가	•구조해석 •구조안전성 평가 등 전문기술을 요하는 경우의 전문가 자문 •내진성능 평가 및 사용성 평가 •임시 고정하중에 대한 안전성평가	○안전성평가 ○내진성능평가	× ×
보수·보강 방법	•내진보강 방안 제시 •시설물 유지관리 방안 제시	○내진보강 방안 제시 ○시설물 유지관리 방안 제시	× ×

4.4 정밀안전진단(안전점검) 기본과업 재료시험 수량

[표 2.1] 정밀점검의 경우

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	○ 50m 마다	○ 연장 50m 마다	
탄산화 깊이 측정 ²⁾	○ 5경간 이내 : 2~3개소 ¹⁾ ○ 5경간 이상 : 3~6개소 ²⁾		

[표 2.2] 정밀안전진단의 경우

구 분	교 량		비 고
	상부구조	하부구조	
반발경도시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	• 동일부위 시험
초음파 전달속도시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	
철근탐사시험	○ 철근콘크리트 : 2개소/50m ○ 강합성교 : 1개소/50m	○ 1개소/연장50m ○ 교대, 교각 개소수 (경간장 50m 이상)	
탄산화 깊이 측정	○ 5경간 이내 : 4~6개소 ¹⁾ ○ 5경간 이상 : 6~9개소 ²⁾		
염화물함유량시험	○ 3개소 이상 ³⁾		
균열깊이 조사	○ 부재의 중요도를 고려 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정		• $C_w=0.3\text{mm}$ 이상 균열
강재용접부 초음파탐상시험	○ 플레이트거더교 : 1개소/경간별 거더 ○ 박스거더교 : 2개소/경간별 거더		• 맞대기용접부

4.5 기타 사항

5. 결론

[정력전검의 경우 예시]

과업지시서와 용역설계서 검토결과, 정력전검의 범위, 유지관리자료, 과업범위, 기본과업의 재현시험수량은 모두 지친, 세부지침과 부함됨.

[정력안전진단의 경우 예시]

과업지시서와 용역설계서 검토결과, 정력안전진단의 범위, 유지관리자료, 기본과업의 재현시험수량은 지친, 세부지침과 부함됨.

다만, 정력안전진단 과업범위 중 아래와 같이 일부 항목에 대한 비용이 반영되지 않아 보완이 필요함

- 현장조사 및 시험
 - 계측기 상태조사
- 안전성평가
 - 내진성능평가
- 보수·보강방법
 - 시설물 유지관리 방안 제시

안전점검 및 정밀안전진단 세부지침 해설서(교량)

발행 한국시설안전공단

2011년 12월 일 초판

2012년 12월 일 개정판

* 본 세부지침해설서의 내용에 관한 질의 및 건의 사항은
한국시설안전공단으로 연락하여 주시기 바랍니다.

한국시설안전공단 (http://www.kistec.or.kr)
(우) 411-758 경기도 고양시 일산서구 고양대로 315 대표전화 1599-4114, 031-910-4114

본 세부지침해설서 및 다른 해설서 내용은
공단홈페이지에서 다운로드 받으실 수 있습니다.

공 통 편	2011. 12
시설물편 제 1장 교 량	2012. 12 (개정판)
제 2장 터 널	2011. 12
제 3장 댐	2011. 12
제 4장 항 만	2011. 12
제 5장 상 수 도	2011. 12
제 6장 하 구 독	2012. 12
제 7장 수 문	2012. 12
제 8장 제 방	2012. 12
제 9장 하수처리장	2012. 12
제 10장 건 축 물	2011. 12
제 11장 옹 벽	2012. 12
제 12장 절 토 사 면	2012. 12