

제 2장 시설물 점검사항

2.1 교량의 점검사항

2.2 지하철도의 점검사항

2.3 절토사면의 점검사항

2.1 교량의 점검사항

2.1.1 교면포장

교면포장의 상태는 차량의 주행성과 직접적인 연관이 있으며, 교면포장에 발생한 균열 및 함몰은 교면의 방수층을 파괴하여 상부구조의 누수를 발생시키는 원인이 될 수 있다. 교면포장에 사용되는 아스팔트 혼합물과 콘크리트는 재료적인 특성과 포장체 자체의 거동에서 상이한 면이 있으나 상태평가기준은 아스팔트와 콘크리트를 별도로 분리하지 않고 하나의 등급으로 평가한다.

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

2.1.2 배수시설

배수시설은 교면의 빗물을 배수하는 교량의 부속시설로서 배수시설의 상태가 불량하게 되면 교량을 주행하는 차량의 안전성을 위협하며, 누수로 인하여 시설물의 열화를 발생시키는 주요원인을 제공하게 된다.

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

2.1.3 난간·연석

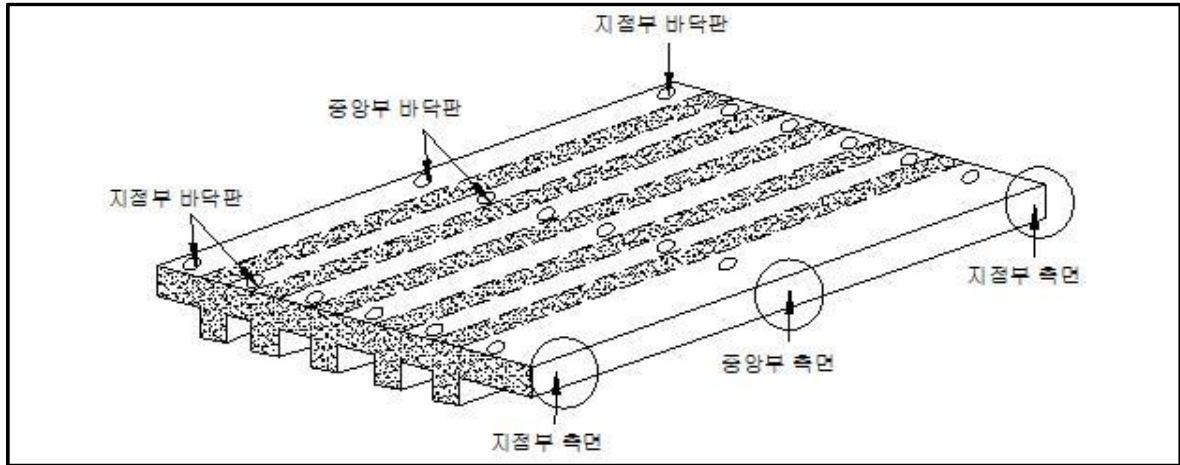
교량의 난간과 연석은 구조적인 중요도는 낮으나, 파손되거나 재료적으로 열화된 경우 통행인에게 불안감을 느끼게 할 수 있다. 특히 차량충돌 등 외부의 강한 하중에 의한 손상일 경우에는 바닥판에도 손상이 발생할 수 있으므로 주의 깊게 점검한다. 연석은 차량의 시선 유도, 차량의 차도이탈방지, 사고시 완충작용 등의 역할을 하는 것으로서 난간 점검시 같이 조사를 한다.

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

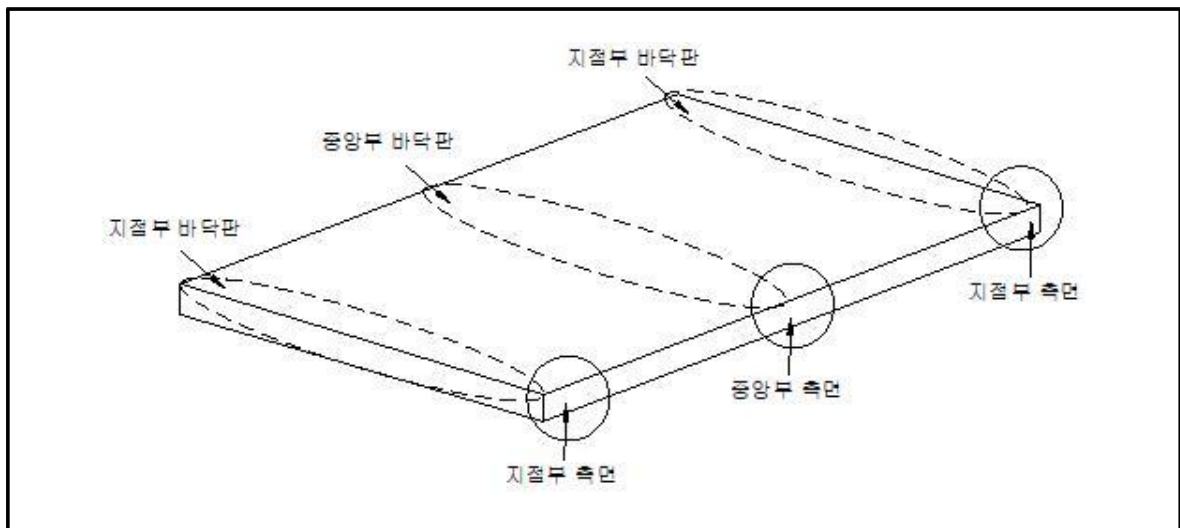
2.1.4 바닥판

바닥판은 교면포장으로부터 전달되는 차량의 윤하중을 거더로 직접 전달하는 역할을 한다. 바닥판은 차량의 윤하중이 직접 작용하므로 교량 구성부재 중 손상이 가장 많이 발생하는 부재로서 한번 손상이 생기면 급속히 악화되므로 조기에 조치를 취하는 것이 중요하다.

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



[거더가 있는 경우의 바닥판 점검부위]



[거더가 없는 경우의 바닥판 점검부위]

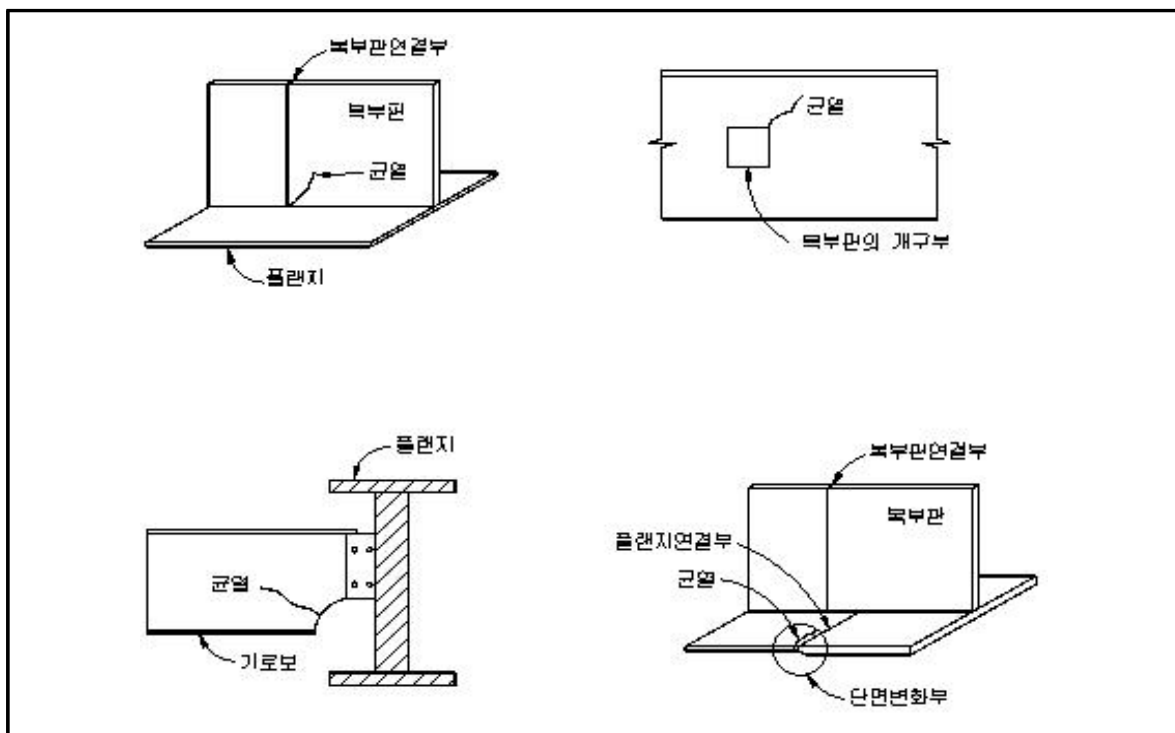
2.1.5 강 바닥판, 강 거더 및 강 교각(강 주탑)

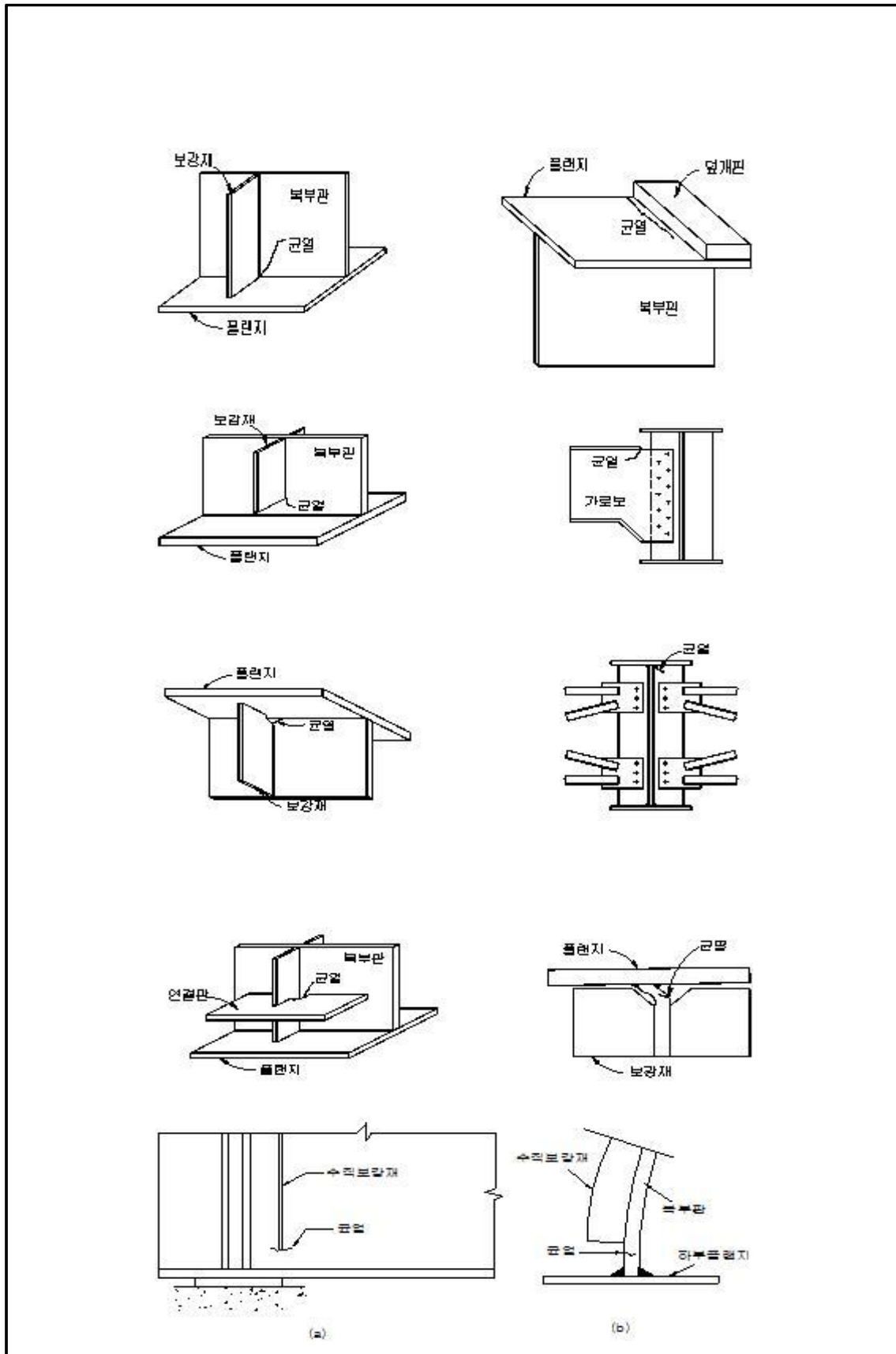
강상판의 바닥판 하면의 점검에서는 운하중의 반복작용으로 인한 리브와 바닥판의 연결부위에 대한 피로균열에 대하여 점검하여야 한다. 강상판 위에 있는 포장단면은 교면포장 점검에서 운하중에 의한 손상이 있는지를 점검한다.

강재 거더는 압연 또는 강재 후판으로 제작된 거더를 의미하며, 제작방법 및 단면형상에 따라 압연 I형, 용접 또는 리벳 플레이트거더, 강박스거더로 구분한다.

강교의 점검은 주부재 또는 보조부재에 발생한 균열 및 변형, 연결부위의 결함, 강재표면의 상태 등을 조사하고 부재에 발생한 결함 및 손상을 조기에 발견하여야 한다.

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	•도장 손상 및 부식 •현장이음부 볼트손상, 누수 •신축이음부 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 연결보트 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

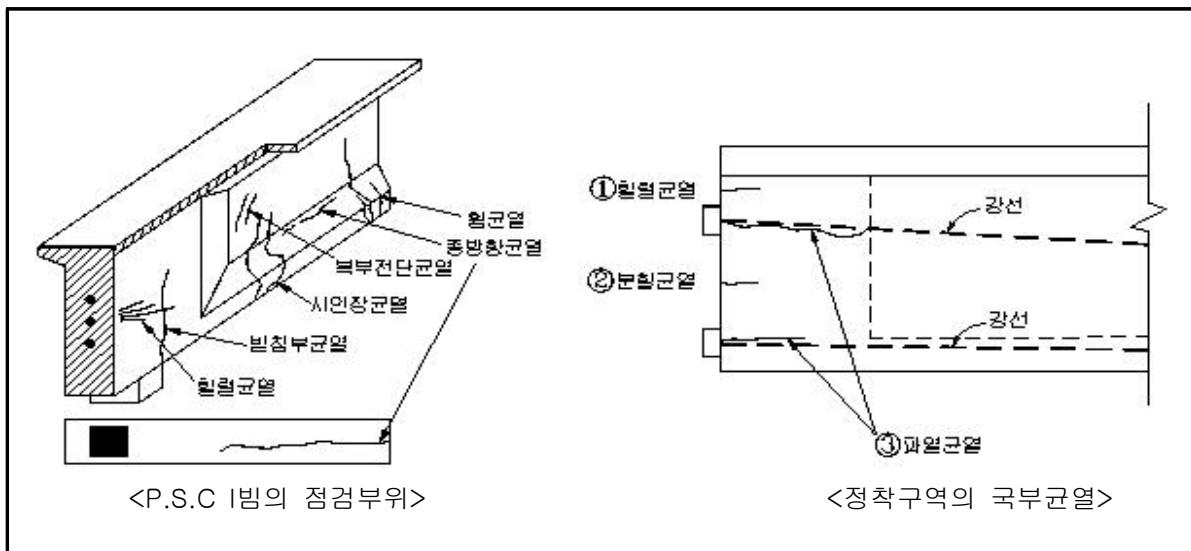




[피로균열이 발생하기 쉬운 구조상세]

2.1.6 프리스트레스트 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

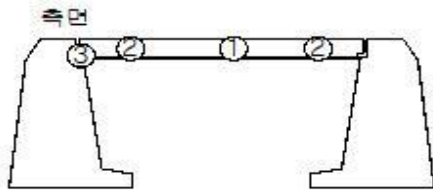
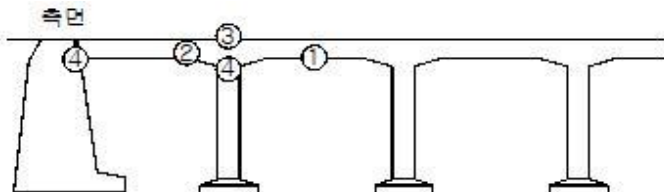
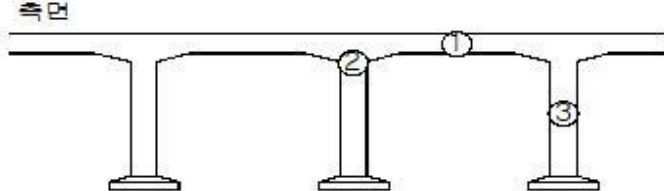


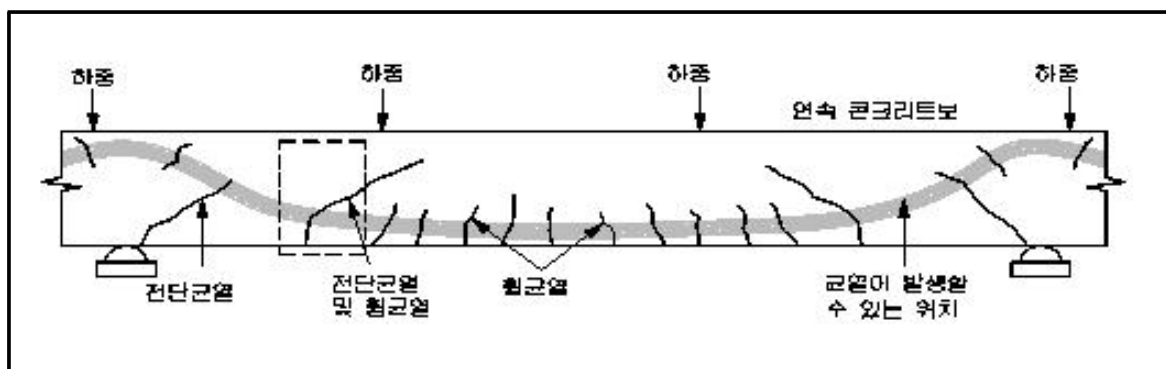
[PSC 거더 점검부위]

2.1.7 철근콘크리트 거더

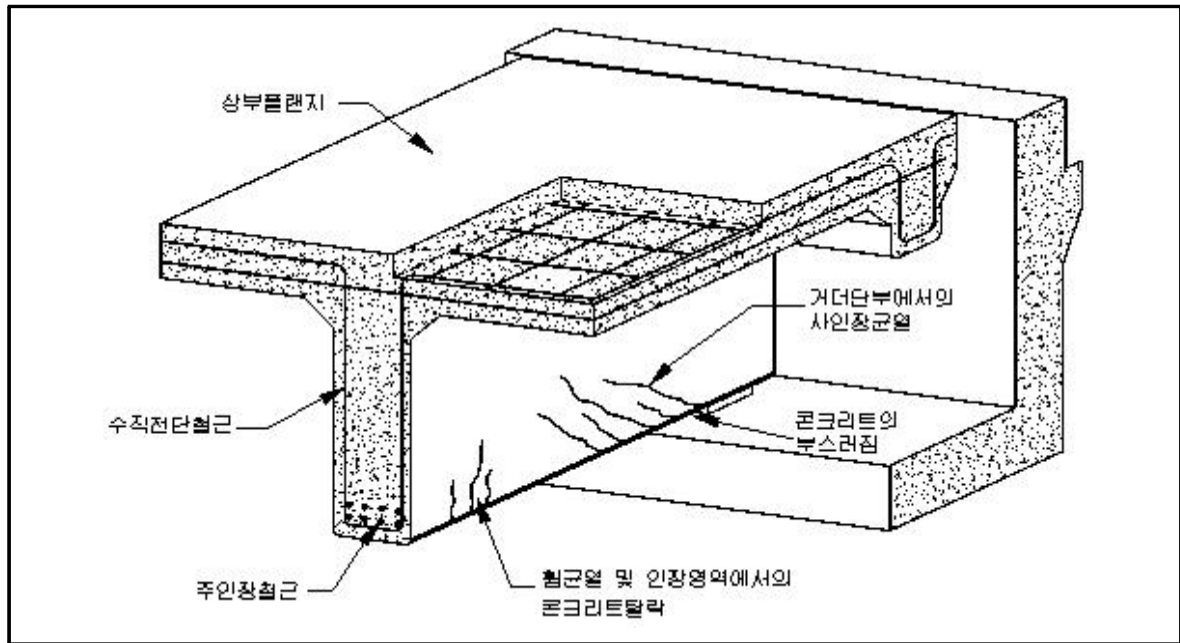
거더는 상부구조의 일부로서 작용하중을 지지하며 교량의 내하성능과 직접적으로 관련되는 주요부재이다. 주요 점검부위는 응력집중부, 단면변화부 등이 있으며 구조형식별 상부공의 점검부위는 다음 그림과 같다. 점검내용은 주로 균열, 박리, 철근노출, 누수, 처짐, 열화 등을 점검한다.

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

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



[콘크리트 거더에 발생하는 균열의 유형과 위치]



[철근콘크리트 거더의 점검부위]

2.1.8 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 상태처짐 의심)
▷ 프리스트레스트 콘크리트 가로보	◦쉬스관 노출 및 파손 ◦정착부 균열 및 파손

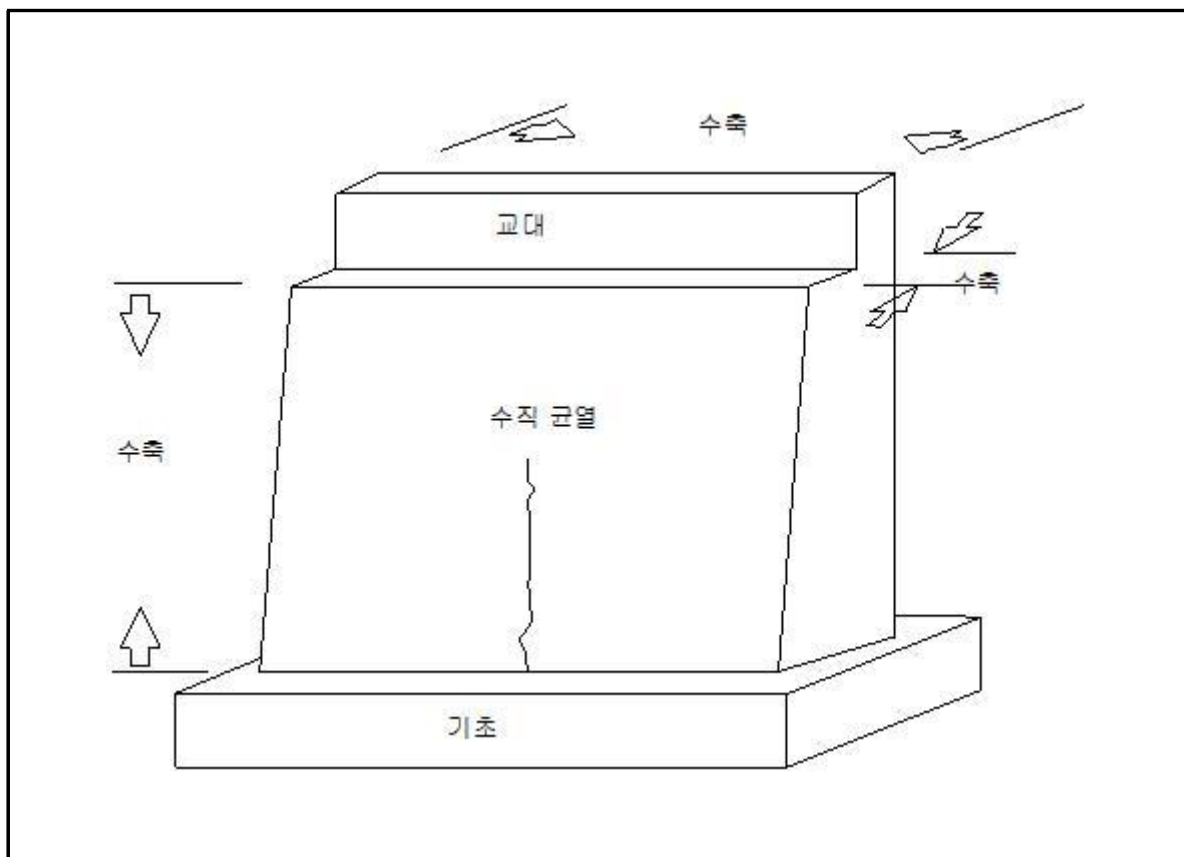
2.1.9 강 가로보와 세로보

점 검 부 위	손 상 종 류
▷ 공통	◦도장손상 및 부식
▷ 피로강도등급 낮은 용접상세부 (D, E급)	◦피로균열
▷ 2차 부재	◦가로보, 세로보, 브라켓 및 브레이싱 변형 ◦하중집중점, 가로보와 세로보 교차부 균열 ◦거세트판 용접부 끝부분 균열
▷ 보수부위	◦용접부 및 용접부 주변 균열

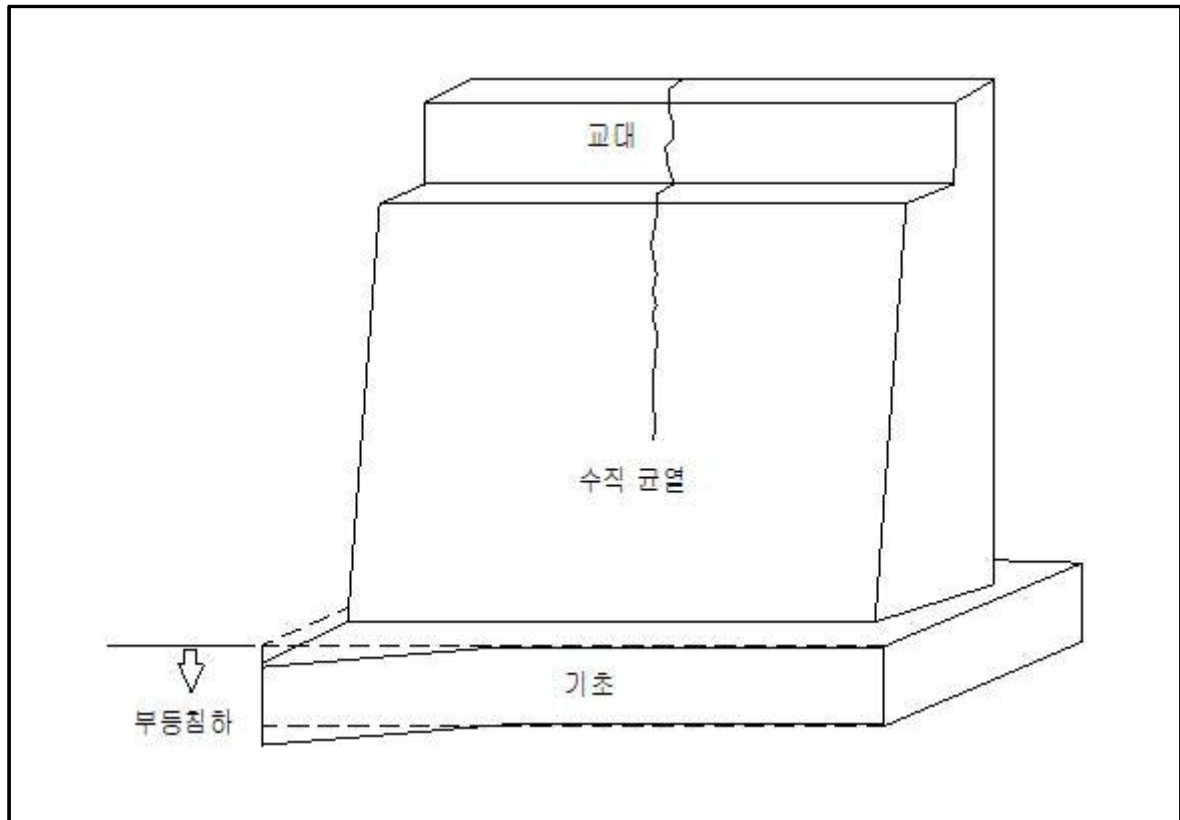
2.1.10 교대 및 교각, 기초

가. 교대

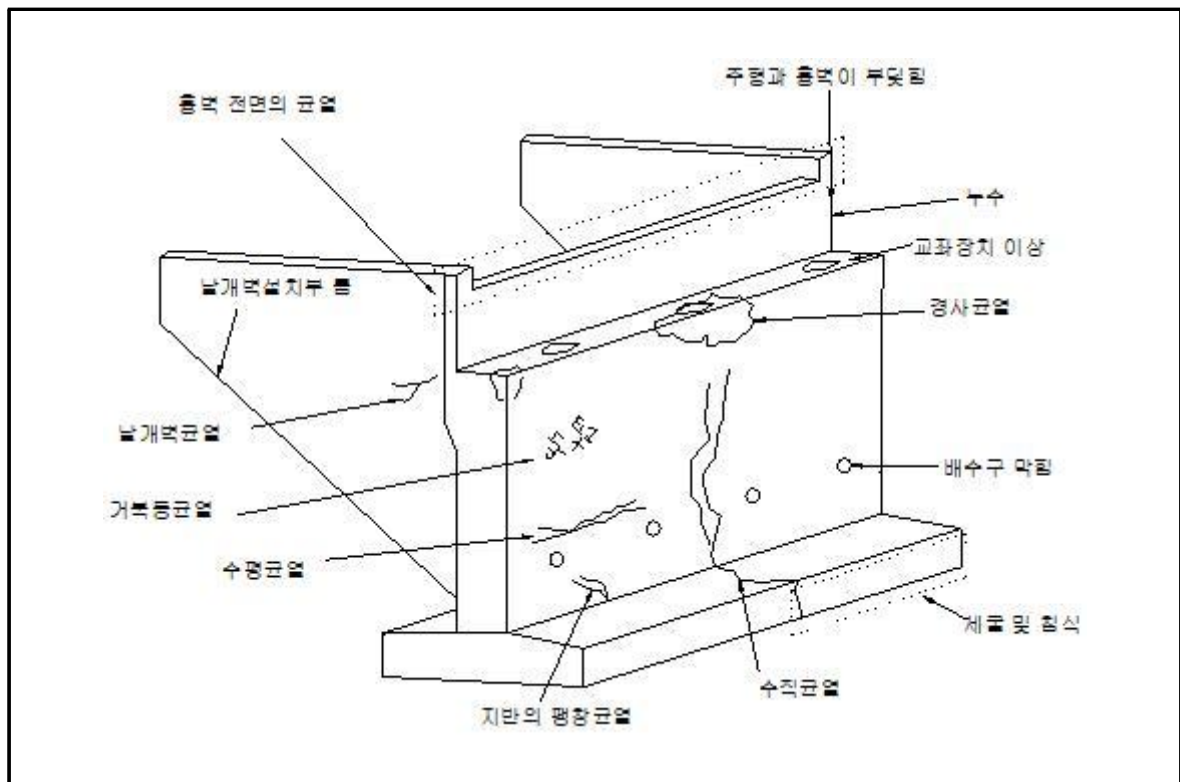
점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	•교대의 기울음 및 전도 •균열, 박리, 박락, 층분리, 철근노출, 백태(유리석회)
▷두부(Coping)	•두부 물고임 •두부와 홍벽 경계부 균열 •반침부 균열 및 파손 •거더와 홍벽 신축유간 부족
▷벽체	•수직균열 및 침하 •구체부 배수구 막힘 •구체와 날개벽 분리 •수면접촉부 침식
▷날개벽(옹벽 포함)	•날개벽 이동, 전도 •석축이 있는 경우 사면붕괴



[온도응력, 건조수축에 의한 교대의 수직균열]



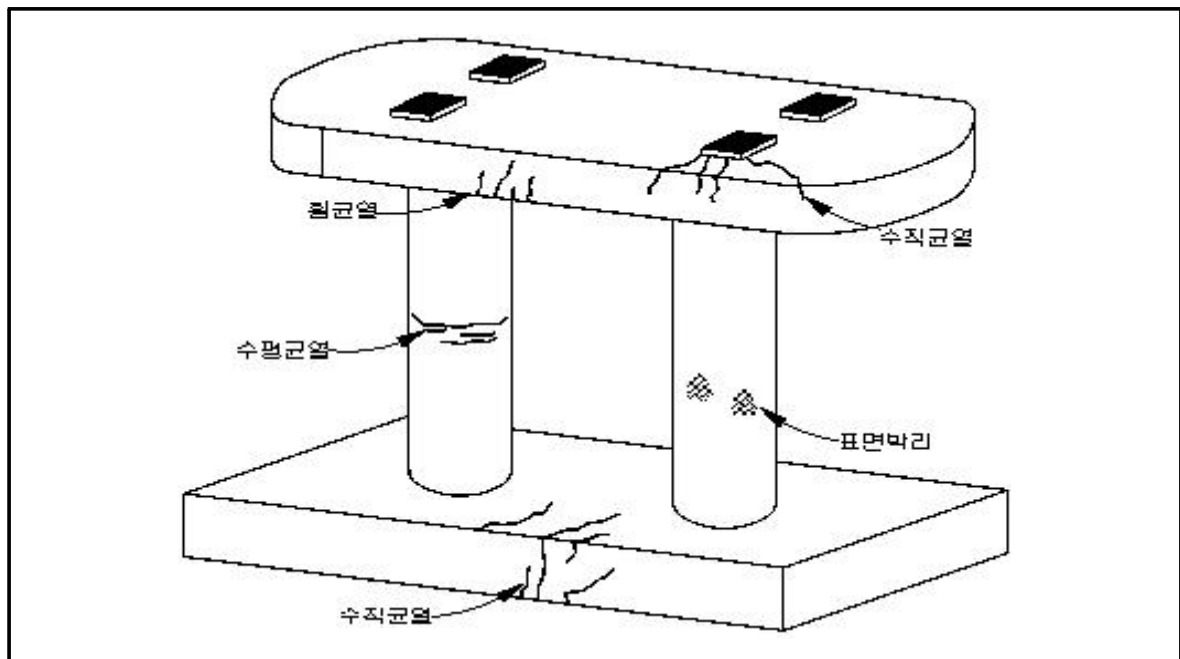
[부등침하로 인한 교대의 수평균열]



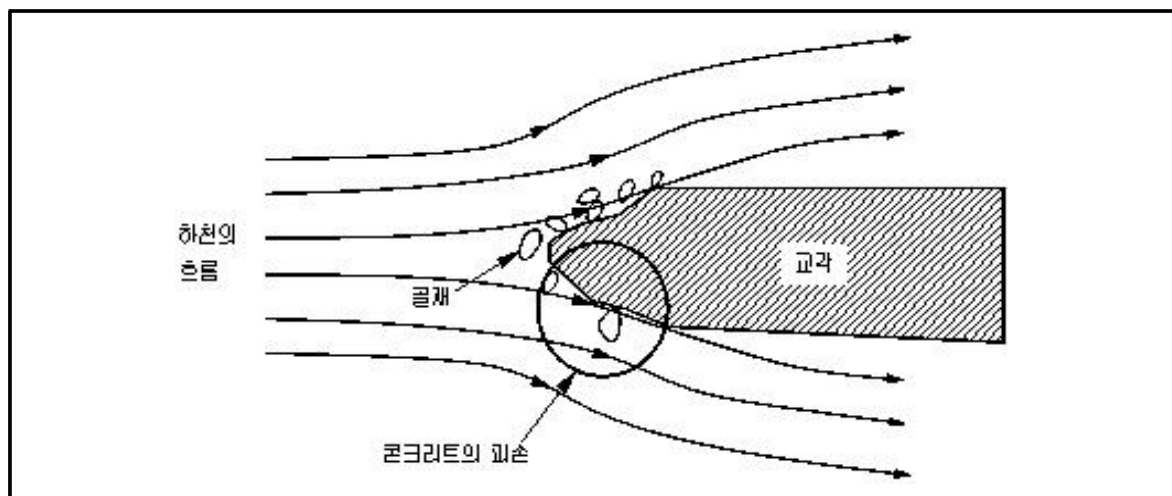
[교대의 점검부위]

나. 교각

점 검 부 위	손 상 종 류
▷공통	•교각의 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



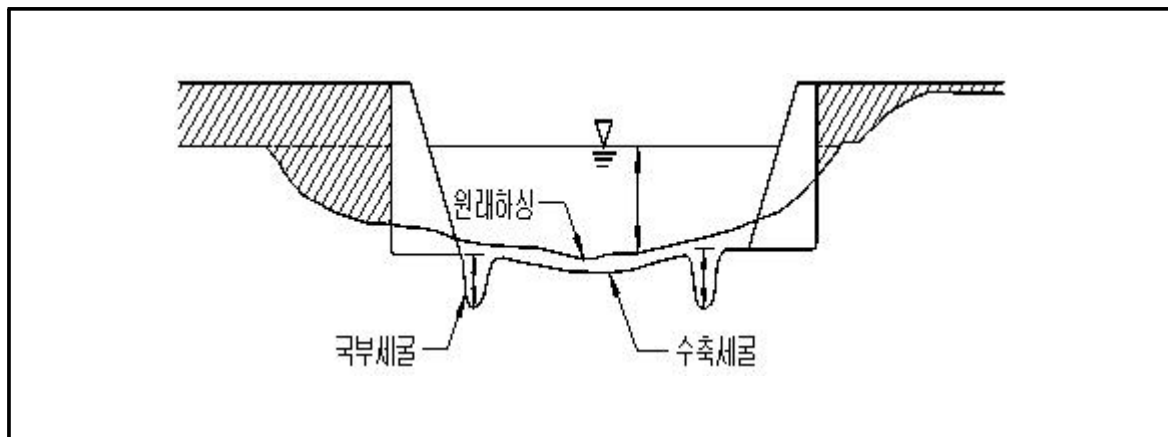
[콘크리트 교각의 점검부위]



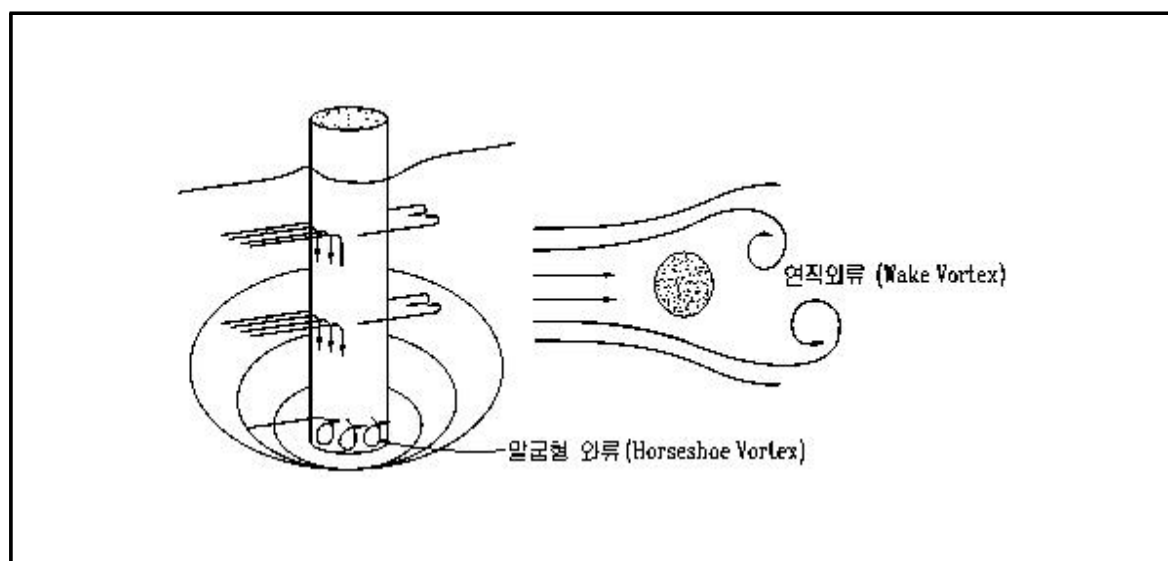
[유수에 의한 교각의 침식]

다. 기초

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



[수축세굴과 국부세굴]



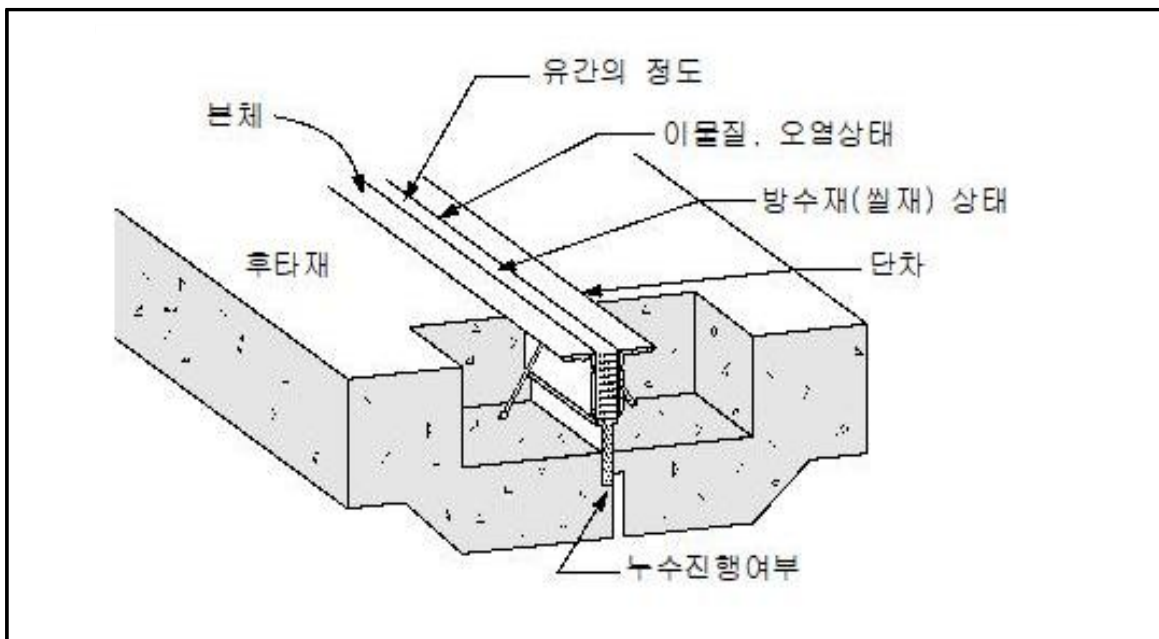
[원형기초의 국부세굴]

2.1.11 신축이음

교량의 신축이음은 온도변화, 건조수축, 활하중에 따른 상부구조의 신축을 원활하게 수용하고 상부구조 이음부에서 차량의 주행성을 확보하기 위한 중요한 부속시설이다.

신축이음은 교면에서 차량하중을 직접 받고 외부에 노출되어 있어서 변형 및 파손되기 쉽다. 신축이음의 점검에서는 재료적인 열화, 방수재의 기능, 신축유간의 확보, 외부충격에 의한 파손 등을 중점적으로 점검하여야 한다.

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

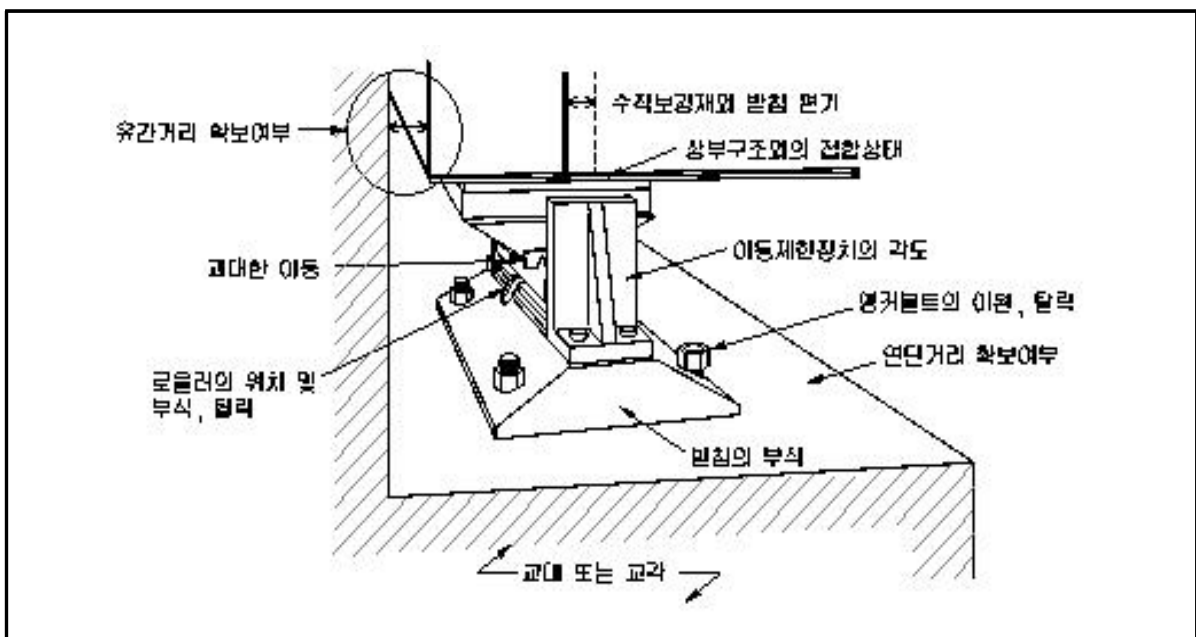


[신축이음 점검부위]

2.1.12 교량받침

받침은 상, 하부구조 접속부에 있는 교량 부속물로서 교량의 구조 중 기계적 요소가 가장 강하며, 응력의 전달과 완충의 기능을 갖고 있어 응력전달을 위해 견고하게 연결되어야 한다. 받침을 점검할 때에는 받침이 설계시나 시공시 의도한 대로 작동하고 있는가에 유의하여야 하며, 재료에 따라 손상 특성이 다르므로 강재, 탄성 받침에 대한 특성을 고려하여 점검한다.

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	•고무재 부풀음 및 갈라짐 •고무판의 과도한 변형
▷받침콘크리트		•앵커볼트 파손, 절단 •콘크리트 파손, 하부공동 및 침하 •교각두부 균열



[교량받침 점검부위]

2.2 지하차도의 점검사항

2.2.1 포장면

점 검 부 위	점 검 사 항
포 장	·균열, 파손, 함몰, 단차 ·포트홀(Pot-hole), 박락 등의 노후화 현상

[교면포장 점검사항]

2.2.2 난간, 중앙분리대

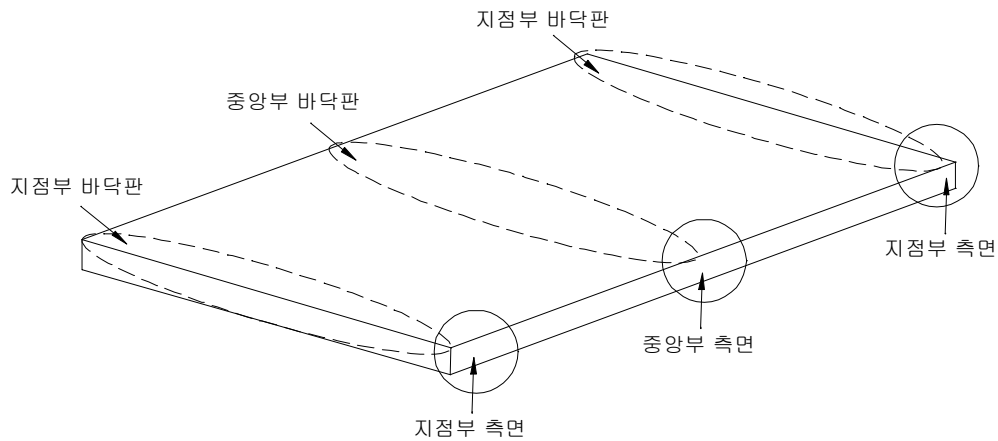
점 검 부 위		점 검 사 항
난 간 중분대	강 재	·강재의 부식 ·충격에 의한 손상, 변형 및 회전의 흔적 ·앵커볼트 손상
	콘크리트	·균열, 박리, 박락 ·철근노출 및 부식
연 석		·고정상태 ·균열, 박리, 국부 파손

[난간 및 중앙분리대 점검사항]

2.2.3 철근콘크리트 바닥판

구 분	점 검 사 항	비고
바닥판	◦균열, 박락, 층분리, 철근노출 발생여부 ◦백화현상, 변색, 열화 발생여부 ◦재료분리 발생여부 ◦누수 발생여부 ◦철근 부식 발생여부	

[철근콘크리트 바닥판 점검사항]



[바닥판하면 점검부위]

2.2.4 벽체

구 분	점 검 사 항	비고
벽체	◦균열 및 누수 발생여부 ◦재질열화, 파손 발생여부 ◦재료분리 발생여부 ◦철근노출 및 부식 발생여부 ◦타일 등 외장재 파손, 탈락여부	

[벽체 점검부위]

2.2.5 배수시설

구 분	점 검 사 항	비고
배수구 배수관	◦설치 및 배치 현황 ◦토사퇴적, 막힘 ◦그레이팅 탈락, 파손 및 탈락, 누락 ◦관의 연결부 파손, 이격여부, 길이부족	

[배수시설 점검부위]

2.2.6 철근콘크리트 옹벽

구 분	점 검 사 항	비고
철근콘크리트 옹벽	◦조인트 주변 이격, 파손, 누수여부 ◦균열 및 백태, 재료분리, 재질열화 발생여부 ◦층분리, 철근노출 및 부식 발생여부 ◦전도, 활동, 침하 발생여부 ◦배수공 상태 (막힘여부)	

[옹벽 점검부위]

2.3 절토사면의 점검사항

절토사면은 다른 일반구조물과 달리 지형, 지질 등의 지반조건과 강우, 기온 등과 같은 외부조건에 의해 주로 영향을 받는 구조물로서 계획단계로부터 시공 및 유지단계에 이르기까지 원지반의 조건이 사면의 안전성을 주로 좌우한다. 또한 원지반에 대한 정밀하고 객관적인 자료의 획득이 매우 어렵고, 정밀안전진단이나 안전점검을 수행하는 전문가에 따라 조사결과가 크게 달라질 가능성이 높다. 따라서 현장조사 방법이나 항목 등에 대한 통일된 기준의 제시가 필수적이다.

절토사면의 현장조사는 사면의 유형에 따라 크게 토사사면과 암반사면으로 구별하여 조사하며, 조사내용은 사면 손상상태 조사, 사면 파괴요인 조사로 구분할 수 있고, 다음 정기점검 내용 및 항목을 수록하였다.

점검 내용	점 검 항 목	점 검 장 비
사면손상상태	- 파괴징후 ·전반적인 외관상태 ·인장균열 및 이완 압괴 유/무 ·지반 및 시설물 변형 유/무 - 파괴현황 · 파괴유형, 위치, 규모	- 카메라 - 필기도구 - 줄자 - 클리노컴퍼스 - GPS(위치측정기) → 도면사용가능
사면파괴요인	- 지반상태 ·구성물질, 풍화도, 불연속면 방향 - 사면형상 ·사면의 경사 ·집수지형 유/무 - 배수상태 - 보호시설 상태	

2.3.1 사면 조사영역 및 사면의 분할

사면의 분할은 현장조사에서 최초로 실시하는 작업으로 정밀점검이나 정밀안전진단의 대상이 되는 절토사면의 규모와 영역을 결정하는 작업을 의미한다. 현장에서 접하게 되는 절토사면은 대개 지형적인 특성에 의해 여러 절토사면이 연속하여 연결되어 있어 이를 구분하기 위한 명확한 기준이 필요하다.

본 용역에서는 2023년 상반기에 실시한 정밀안전점검의 구분을 따라 실시하였다.

1) 사면분할은 사면을 바라보며 우측을 시점, 좌측을 종점으로 하되, 사면의 수직고가 5m 이하로 낮아지는 지점에서 분할한다.

2) 상태평가 및 안전성평가를 위한 구간분할의 경우, 동일사면 내에서 다음의 경우에 구간분할을 실시한다.

- ① 사면의 구성재료(토사, 연약암반, 파쇄암반, 절리암반)가 수평적으로 변화할 경우
- ② 사면의 경사방향이 40° 이상 변화할 경우
- ③ 동일 구간의 연장이 200m 이상일 경우

2.3.2 사면 손상상태 조사

1) 파괴징후

① 인장균열

인장균열의 발생 여부를 파악하기 위해서는 조사대상 절토사면의 상부로부터 가상의 원호활동원에 포함되는 위치까지 조사하는 것이 원칙이나 보다 신뢰성 있는 조사를 위해서는 사면 상부 전반에 대하여 조사하여야 한다.

인장균열이 사면의 안전을 계산에 끼치는 영향은 미소하지만 인장균열 내에 물이 채워질 경우 지반의 전단강도가 약화될 수 있으며, 인장균열이 진행성인 경우 사면파괴에 대한 중요한 증거가 되므로 조사에 신중을 기하여야 한다.

인장균열의 진행성(또는 확장) 여부는 최근 점검자료와의 비교나 계측 등을 통하여 판단한다.

② 지반변형

지반변형은 사면 상하부와 사면내의 모든 변형을 모두 포함한다.

절토사면의 경우 자연상태의 응력준위를 인위적으로 변화시킴에 따른 응력이완과 해방의 원인으로 지반변형이 유발될 수 있다. 조사대상 사면 전반에 걸쳐 이에 대한 조사를 실시하여야 하며, 사면 상하부의 경우는 지반 함몰이나 융기 등의 현상을 관찰하고, 사면 내에서는 사면경사 불량 여부를 파악한다.

③ 구조물 변형

조사대상 사면에 존재하는 구조물은 옹벽, 배수시설 등이 있으며, 이들의 변형은 지반의 변형을 외적으로 표현해 주는 지표가 될 수 있다. 응력의 집중이나 기타의 원인에 의해 발생된 구조물의 변형 여부 및 발생위치, 개소수 등을 전반적으로 조사하여야 한다.

2) 파괴현황

파괴현황은 기존에 발생한 파괴현황을 검토함으로서 사면의 불안정성 및 유사한 형태의 지속적인 파괴발생 가능성을 평가하는 항목으로서 파괴의 규모 및 개소수, 유형 등에 대한 조사가 대상 사면 전반에 걸쳐서 수행되어야 한다.

2.3.3 사면 파괴요인 조사

1) 지반상태

① 토질조건

흙은 점성토와 사질토로 대별할 수 있으나 지반상에 존재하는 토질은 대부분 혼재하여 있다. 사질토의 전단저항원리는 입자간 회전과 활동에 의한 마찰저항과 interlocking이며, 점성토는 구성입자간의 전기적인 힘에 의해 지배받는다.

토질조건은 정밀점검 단계에서는 현장 육안관찰과 토양경도계, 휴대용 콘 시험기 등을 통하여 판단하며, 정밀안전진단 단계에서는 대상사면의 토사 전단저항각 또는 N치를 통하여 토질조건을 평가한다.

또한, 안전성평가를 실시할 경우는 실내실험을 실시하여, 조사대상 사면에 대한 시료는 전면에 골고루(최소 3개소 이상) 채취하여, 이에 대한 토성 실내시험을 실시한 후 평균적인 결과를 사용할 것을 권장한다.

한편, 전단저항각 또는 N치를 조사하기 위한 시추 샘플링 및 표준관입시험은 최소한 1개소에 대하여 토사존재 깊이까지 실시하며 흙의 분류 및 샘플링, 표준관입시험 등은 한국산업규격(KS)에 근거하여 실시한다.

② 토층심도율

대상 절토사면의 토층심도율(SR) 계산을 위해서는 사면내의 토층 두께를 측정하여야 한다.

토층의 두께는 정밀점검 단계에서는 육안관찰을 통해, 정밀안전진단 단계에서는 측량, 비파괴 물리탐사 및 자료조사 등을 통하여 파악한다. 토층두께는 대상 사면 내 토층이 가장 두꺼운 지점의 두께로 적용한다.

토층심도율(SR)은 사면높이에 대한 토층 두께의 비로 정의되며 아래 식과 같이 계산되어진다.

$$SR = \frac{\text{Soil depth}}{\text{Slope height}}$$

③ 연약암반의 지반강도 특성

지반을 구성하는 암석이 풍화를 심하게 받았거나 신생대 제3기 층과 같이 미고결 암석인 경우 지반의 강도가 매우 연약하며, 이러한 경우 지반강도 특성(연약한 정도)에 따라 지반의 역학적 특성이 현저하게 대별된다.

지반강도 특성은 지질해머를 이용한 육안 관찰을 통해, 약간 연약, 연약, 매우 연약 등으로 구분 지을 수 있으며, 각 구분은 일축압축강도 기준으로 20~50MPa, 5~1MPa, 1MPa 이하에 해당한다.

④ 풍화

지질학적인 풍화의 의미는 “암석이 물 또는 공기와 접촉하여 흙으로 붕괴되어 가는 자연적 과정”으로 간단히 요약될 수 있다. 암석의 풍화는 주로 지표면 부근에서 발생하여 흙의 형성, 풍화된 암반부위 형성 등을 통해 하부의 신선한 기반암과 대조를 이루고 이로 인해 공학적 특성의 차이를 야기한다.

암석의 풍화도를 조사하는 방법으로는 단순육안관찰, 현미경상의 풍화면적 측정, 광물함량이나 화학성분비 측정 등이 있으나, 현장에서 신속하고 비교적 용이하게 조사할 수 있는 방법으로는 ISRM이 제시한 육안관찰에 의한 6단계의 풍화등급으로 나누는 방법이 대표적이다.

풍화등급	설 명	공학적 특성
신선함 (F)	암석의 풍화 흔적을 볼 수 없다. 주 불연속면 표면에 경미한 변색이 있을 수 있다.	·발파로 굴착가능 ·모든 구조물 기초로 적합
약한풍화 (SW)	불연속면의 표면과 암석의 변색 상태가 풍화 지표가 된다. 불연속면이 얼룩져 있거나 변색되어 있고, 외부적으로는 신선한 상태보다 약한 상태이다.	·발파로 굴착가능 ·대규모의 댐을 제외한 모든 구조물 기초로 적합
보통풍화 (MW)	조암광물의 절반 이하가 변질(decomposed)되거나 토양으로 분해(disintegrated)된 상태이다. 신선암 및 변색된 암은 핵석(corestone)이나 불연속면의 골격을 이룬다.	·Ripper로 굴착가능 ·대부분의 소규모 구조물 기초로 가능
심한풍화 (HW)	암석 구성 재료의 절반 이상이 부스러졌거나 흙으로 변했다. 신선하거나 변색된 암석이 기반암이나 핵석(corestone) 상태로 존재한다.	·Scraping으로 굴착가능 ·구조물 기초시 신뢰도 낮음
완전풍화 (CW)	모든 암석 재료가 부스러졌거나 흙으로 변했다. 그러나 절리 흔적과 같은 원래의 암반 조직은 보존되어 있다.	·Scraping으로 굴착가능 ·토질 시험 결과에 따라 기초 사용 결정
풍화 잔류토 (RS)	모든 암석이 흙으로 변했고 원래 암반의 구조와 조직은 관찰할 수 없다. 큰 부피의 변화가 생겼으나 흙은 거의 운반되지 않았다.	·기초부에 부적합 ·사면세굴요인 ·성토재 사용시 재료 선별

⑤ 불연속면 특성조사

불연속면은 암반에서 나타나는 모든 연약면을 총괄적으로 나타내며, 작은 단열구조로부터 큰 단층까지 다양한 규모를 가진다.

불연속면은 대개 물리적으로 분리되어 있는 면으로 매우 작은 인장강도를 갖거나 인장강도가 없다. 따라서 암반으로 구성된 절토사면의 경우 불연속면의 존재는 사면의 안정성에 절대적인 영향을 미치며 대부분의 경우 불연속면을 따라 붕괴가 발생한다.

불연속면 특성조사의 경우 정밀점검에서는 육안관찰에 의한 대표적인 방향에 대해 실시하고, 정밀안전진단에서는 10m 이상의 측선을 이용한 선조사법(scanline method)을 실시하거나 조사창측정법(window method)을 실시한다.

선조사법으로 조사를 할 경우 지반의 구조적인 변화를 고려해 3회 이상 실시할 것을 권장하며, 횡수는 절개면의 연장에 따라 조정될 수 있다.

선조사법과 조사창측정법은 불연속면의 통계분석을 위하여 설정된 측선이나 구획내에 존재하는 불연속면에 대하여 연번을 부여한 후 각 불연속면의 교차거리, 방향성, 길이(연장), 틈새(간격), 거칠기, 불연속면의 종류 등을 획득하는 방법이다.

불연속면 특성 조사항목에는 ㉠ 불연속면의 방향성, ㉡ 간격, ㉢ 연장성, ㉣ 거칠기,

㉔ 틈새(간극), ㉕ 충전물, ㉖ 누수, ㉗ 블록형상 등이 있으며 아래에 그 상세 내용을 서술하였다.

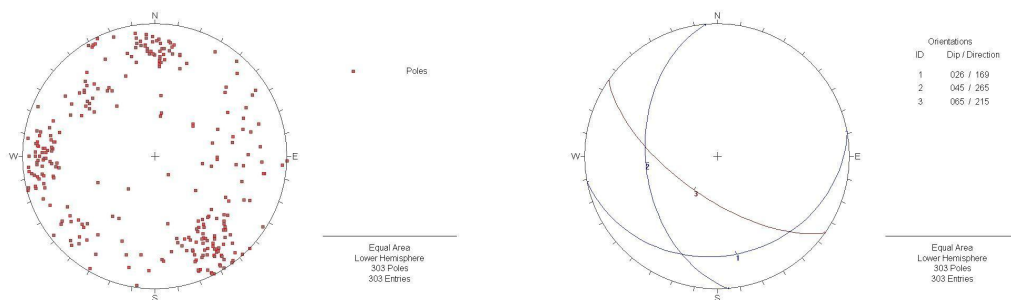
㉘ 불연속면의 방향성

불연속면의 방향성은 사면의 방향성과 연관되어 안전성에 미치는 가장 중요한 인자중의 하나로 공간에서 불연속면의 분포경향을 나타낸다.

－ 조사 방법 및 수량

방향의 측정은 클리노컴파스나 클리노메타를 이용하여 측정한다.

대개 불연속면의 방향성은 주향(strike)과 경사(dip)로 표시하거나, 경사방향(dipdirection)과 경사(dip)로 표시하며, 공학적인 문제에서는 ‘경사(dip)/경사방향(dipdirection)’의 표시방법을 많이 사용한다. 이때 경사는 2자리로 경사방향은 3자리로 표기한다. 예) 12/015



(a) 극점표시법

(b) 대원표시법

불연속면의 표시방법

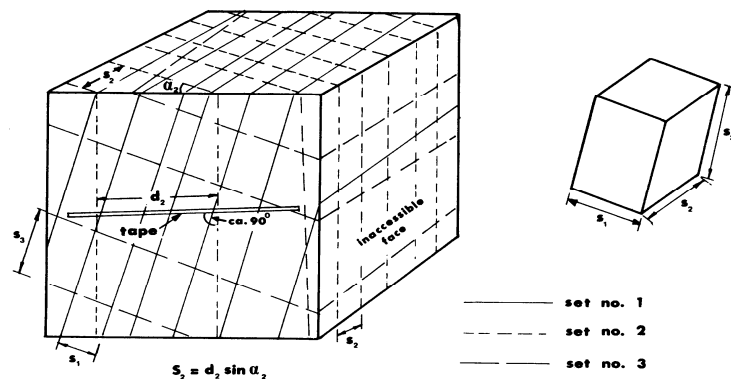
㉔ 간격

불연속면의 간격은 불연속면 사이의 수직거리로서, 사면 내에서 암반블록의 크기를 결정할 뿐만 아니라 수리전도도나 용수특성에도 영향을 미치게 된다.

－ 조사 방법 및 수량

측정용 줄자를 이용하여 대상 불연속면이 다른 불연속면군에 직각인 노두에서 누락 없이 측정하여야 한다. 이때 다른 불연속면군에 직각인 노두에서 측정할 수 없을 경우, 줄자와 불연속면 사이의 예각(α)을 컴퍼스로 측정하여 다음 식으로부터 사거리에 대한 보정을 실시한다.

$$S = d_m \sin \alpha$$



노두 관찰을 통한 불연속면 간격 측정방법

등 급	간 격 [m]
매우 조밀 (very close spacing)	0.06 미만
조밀 (close spacing)	0.06 ~ 0.2
보통 (moderate spacing)	0.2 ~ 0.6
넓음 (wide spacing)	0.6 ~ 2
매우 넓음 (very wide spacing)	2 이상

불연속면 간격 분류 기준

㉞ 연장성

연장성은 불연속면의 넓이나 길이의 의미를 담고 있다. 특히, 사면에서는 불연속면의 연장성에 따라 파괴 가능한 블록을 형성시킬 수 있을 뿐만 아니라, 연장성이 매우 큰 불연속면은 때에 따라 인장균열로 진전될 수도 있다. 그러나 연장성은 불연속면의 특성 중에서 정량화하기 가장 어려운 요소 중 하나이다.

- 조사 방법 및 수량

불연속면의 길이를 10m 이상의 줄자를 사용하여 측정하여 숫자로 기록한다.

등 급	연장성 [m]
매우 낮은 연속성 (very low persistence)	< 1
낮은 연속성 (low persistence)	1 ~ 3
보통 연속성 (medium persistence)	3 ~ 10
높은 연속성 (high persistence)	10 ~ 20
매우 높은 연속성 (very high persistence)	> 20

연장성 분류 기준

㉞ 거칠기

불연속면의 거친 정도는 불연속면의 거동시 전단강도에 큰 영향을 미치므로 불연속면으로 구성된 암반사면의 안전성을 평가하는데 중요한 요소이다.

불연속면의 거칠기는 수 m 정도의 대규모 거칠기(만곡, waviness)와 수 cm 정도의 소규모 거칠기(요철, unevenness)로 나눌 수 있는데, 대규모 거칠기는 요철 부분이 전단활동 시 닳아 없어지지 않는 반면 작은 규모 거칠기는 전단활동 시 마모되기 쉽고 거칠기가 클수록 불연속면의 유효마찰각은 커진다.

등 급	설 명
매우 거칠음 (very rough)	불연속면의 표면에 거의 수직적인 계단 형태의 요철이 존재한다. 불연속면 표면을 만질 때 매우 거친 느낌이 든다.
거칠음 (rough)	경사진 계단 형태의 요철이 확실하게 나타난다. 표면요철이 확실하게 식별되며, 불연속면 표면을 만질 때 거친 느낌이 든다.
약간 거칠음 (slightly rough)	불연속면의 표면요철이 식별가능하며, 손으로 느낄 수 있다.
매끄러움(smooth)	육안으로는 표면 요철의 식별이 어려우나, 손으로 느낄 수 있다.
경면화(slickensided)	불연속면의 미끄러진 표면에 광택이 나는 부분이 관찰된다.

불연속면 거칠기 등급

㉔ 틈새(간극)

틈새는 분리된 인접 불연속벽면간의 수직거리를 의미하며 주로 물, 점토광물, 석영, 방해석 등으로 채워져 있고 비워져 있는 경우도 있다.

틈새의 충전물 중 모암과의 결합력이 매우 양호하여 암반분리의 의미가 없는 경우 즉, 치밀한 석영맥, 기타 암맥류 등으로 견고하게 충전된 것을 제외된다. 틈새는 불연속면의 이완 정도나 사면내의 수압, 투수량 등에 영향을 미칠 수 있다.

- 조사 방법 및 수량

mm단위를 측정할 수 있는 줄자를 사용하여 불연속면의 틈새를 측정한다. 틈새가 좁을 경우 틈새 게이지(feeler gauge)를 이용 측정하여 기록한다.

구 분	간 극 폭
밀착됨 (tight)	간극을 쥔 수 없을 정도로 아주 좁고 밀착됨
약간 벌어짐 (partly open)	간극이 0.1mm 미만
벌어짐 (open)	0.1 ~ 1.0 mm
약간 넓음 (moderately wide)	1 ~ 5 mm
넓음 (wide)	5mm 이상

틈새(간극) 분류 기준

㉕ 충전물

충전물은 불연속면의 인접 벽면간을 채우고 있는 물질에 대한 용어로서 그 성분은 주로 석영(quartz), 녹니석(chlorite), 방해석(calcite), 점토(clay), 이물질(siltmaterial), 단층점토(fault clay), 단층각력(fault breccia) 등이다.

충전물은 그 발생기원의 다양성으로 인하여 전단강도, 투수도 등과 같은 암반의 물리적 거동에 복잡하게 작용하며, 이러한 물리적 거동은 충전물의 광물학적 특성, 충전물의 입도, 함수율과 투수성, 기존의 전단변위 등에 기인한다. 충전물의 함수율과 투수도 및 전단변위 등에 영향을 미칠 수 있다.

- 조사 방법 및 수량

mm단위를 측정할 수 있는 자를 이용하여 불연속면의 간극 내에 채워져 있는 물질의 두께를 측정하고 재료를 기입한다.

충전물 재료	충전물 두께
없음	-
딱딱함	5mm 미만
	5mm 이상
부드러움	5mm 미만
	5mm 이상

충전물 분류 기준

㉢ 누수

암반 불연속면을 따르는 투수 문제는 암반의 공학적, 역학적 특성에 지대한 영향을 미치는데 충전물의 함수비 변화에 따른 충전물 강도 변화, 간극수압 증대에 따른 전단 강도 및 지반 지지력 약화 등으로 대표될 수 있다.

- 조사 방법 및 수량

사면의 불연속면에서 누수 개소를 조사하여 각 누수상태를 평가한다.

누수상태	설 명
완전건조 (completely dry)	누수 흔적을 찾아볼 수 없다.
습함 (damp)	손에 물이 묻지 않으나, 불연속면이 약간 축축한 상태이다.
젖어있음 (wet)	불연속면이 물기로 젖어있고, 손에 물이 묻는다.
떨어짐 (dropping)	불연속면 사이로 물방울이 떨어진다.
흐름 (flowing)	불연속면 사이로 물방울이 단속적으로 떨어지지 않고 계속 흘러나온다.

누수상태 분류 기준

◎ 블록형상

암반은 절리의 간격 및 방향에 따라 특징적인 형태를 갖고 있다.

절리의 방향이 직각이고 등간격이면 정육면체의 형태를 가지고, 두 방향의 절리 간격은 넓고 한 방향이 좁으면 판상의 형태를 보인다.

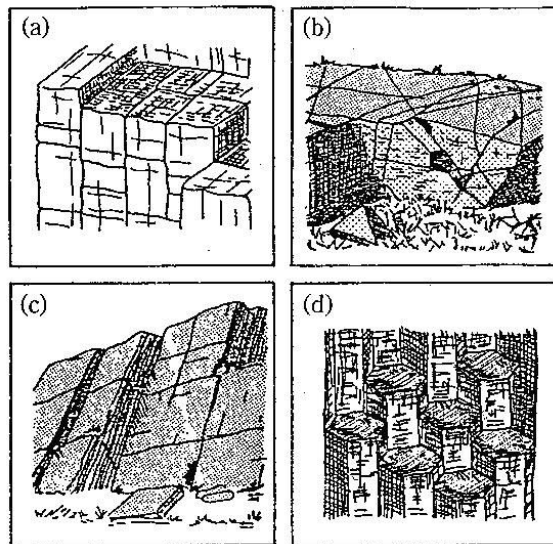
절리가 세 방향 이상으로 발달하면, 절리의 방향은 일반적으로 직각이 아니며 이러한 경우에는 썩기형 또는 다면체의 형태를 보인다.

－ 조사 방법 및 수량

육안조사로 사면을 구성하고 있는 암반의 개략적인 블록 형상을 기록한다.

블록형상	설 명
괴상(massive)	불연속면이 거의 없고, 절리간격이 매우 넓음
판상(tabular)	다른 두 방향의 치수보다 한 쪽 방향의 치수가 상당히 작음
각주상(columnar)	다른 두 방향의 치수보다 한 쪽 방향의 치수가 상당히 큼
불규칙상(irregular)	블록의 크기와 형상의 변화가 심함
블록상(blocky)	거의 정육면체형의 사각형
파쇄상(crushed)	불연속면이 매우 조밀하게 발달하여 각설탕 같은 모양

블록형상 분류 기준



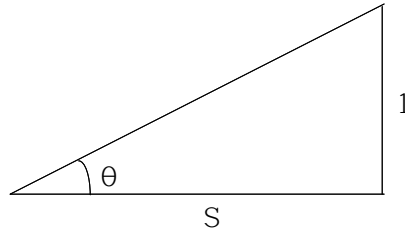
(a) 블록상 (b) 불규칙상 (c) 판상 (d) 각주상
암반 블록의 형상

2) 사면형상

① 사면경사

대상사면에 대한 측량 등을 통하여 사면경사, 사면경사각 또는 경사율(%)을 이용하여 절토사면의 형상을 평가할 수 있다.

다음은 사면경사, 사면경사각, 경사율(%)에 대한 개념이다.



사면경사(1:S), 사면경사각($^{\circ}$), 경사율(%)

여기서, $S(1:S)$ = 사면경사, θ = 사면경사각($^{\circ}$), 경사율 = $(1/S) \times 100\%$

② 집수지형

대상사면의 상부에 집수유역이 존재한다면 이에 대한 고려를 실시한다. 유출계수, 도달시간, 유역면적, 침투율, 토질조건 및 증발산 등 수문학적 평가가 필요하지만 포괄적 차원에서 기술자의 판단을 반영하여 5단계로 평가한다.

3) 자연적 외부요인 (강우 및 지하수 조건)

강우에 대한 항목은 해당지역의 과거 최대 강우강도를 2일 누적강우량, 시우량, 1일 강우량 등의 형식으로 구분하여 획득하며, 지하수 조건은 시추조사시 지하수위를 함께 조사하거나 물리탐사를 이용한다.

암반사면의 경우 절리 틈으로부터 흘러나오는 지하수로부터 추정할 수 있다.

4) 인위적 외부요인

① 표면보호

식생공은 솟크리트공, 격자블럭공, 돌붙임공 및 식생공(폐붙임공법, 씨앗살포공법(seed spray), 매트(mat)공법, 넷(net)공법, 녹생토공법) 유무를 육안으로 조사하여 판단한다.

사면 보수, 보강을 위한 보호·보강 및 낙석방지공법 등 부대시설이 아닌 식생 및 표면보호공의 상태만을 조사하며, 식생의 조밀도와 표면보호공의 상태를 5단계로 평가한다.

② 보호·보강상태

사면의 안전성을 확보하기 위하여 활동력을 억제시키거나, 저항을 증가시키기 위한 공법을 절토사면에 시공한 경우 시공된 부대시설(록볼트 및 앵커공, 쏘일네일링, 슛크리트공, 낙석방지공, 옹벽 등)이 그 역할을 충분히 발휘하는지 조사하여 판단할 필요가 있다.

적용공법에 따라 다소의 차이는 있지만 시설의 결함, 노후화 및 기타사항을 조사하여 평가기준에 적용한다.

③ 배수조건

수량의 다소에 관계없이 용수가 지속된다면 사면상의 식생공이 정착치 못하게 되고 원지반을 침식시키게 되므로 용수부분에 대한 처리가 필요하다.

또한 용수는 사면의 불안정성을 증대시키는 역할을 할 수 있다. 용수를 적게 하는 방법으로는 사면어깨배수공, 소단배수공, 집수정이나 보링을 통한 집수를 배수 처리하는 방법 등이 있으며, 용수를 처리하는 방법은 도랑굴착, 호스, 집수매트, 돌망태(개비온) 등을 통한 배수방법이 있다.

판단기준은 배수가 양호하여 건조상태와 같이 간극수압이 발생하지 않을 경우에 해당되는 항목을 좋음으로 하여 5단계로 육안조사를 통하여 평가한다.