
제15장 공 동 구

15.1 관리일반

15.2 현장조사

15.3 재료시험 항목 및 수량

15.4 상태평가기준 및 방법

15.5 안전성평가기준 및 방법

15.6 종합평가기준 및 방법

15.7 보수·보강 방법

제15장 공동구

15.1 관리일반

15.1.1 적용 범위

본 장은 「법」 제2조(정의)의 규정에서 정하고 있는 시설물 중 공동구 시설물에 적용한다.

○ 제2종시설물

• 공동구

※ 수용시설(전기, 통신, 상수도, 냉·난방 등)은 제외

공동구 시설물의 특성에 따라 본 장의 서식을 적절히 응용하여 안전점검 및 정밀안전진단을 실시하며, 본 장에서 제시되지 않은 사항은 다음의 법규나 기준을 따른다.

- 시설물의 안전 및 유지관리에 관한 특별법령
- 국토의 계획 및 이용에 관한 법령
- 재난 및 안전관리 기본법령
- 소방시설 설치 유지 및 안전관리에 관한 법령
- 전기사업법령
- 전기공사업법령
- 전기용품안전관리법령
- 위험물 안전관리법령
- 자연재해 대책법
- 도시계획 시설의 결정·구조 및 설치 기준에 관한 규칙
- 전기통신설비의 기술기준에 관한 규칙
- 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙
- 공동구 설계기준 및 표준시방서
- 건설기준코드(구 콘크리트 표준시방서)
- 콘크리트 표준시방서 유지관리편 해설
- 건설기준코드(구 콘크리트 구조기준)
- 화재안전기준(NFSC)
- 지하공간 침수방지를 위한 소방기준
- 공동구 설치 및 관리지침
- 공동구 안전점검 및 정밀안전진단 매뉴얼
- 산업표준화법에 의한 한국산업규격(KS)
- 그 외, 관계법령 및 기준 등

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

15.1.2 용어 정의

- 공동구
 - 국토의 계획 및 이용에 관한 법 제2조 제9호의 규정에 의한 공동구를 말하며, 지하매설물(전기·가스·수도 등의 공급설비, 통신시설, 하수도시설 등)을 공동 점용함으로써 도시 미관의 개선, 도로 구조의 보전 및 교통의 원활한 소통을 위하여 지하에 설치하는 시설물을 말한다.
- 공동구 본체
 - 공동구 자체 콘크리트 구조물을 말한다.
- 부대설비
 - 공동구의 기능을 유지하는 시설로서 배수설비, 급수설비, 환경설비, 조명시설, 수·변전설비, 통신설비, 소화 및 안전설비 등을 말한다.
- 공동구관리자
 - 공동구를 설치하고 이를 관리하는 특별시장·광역시장·특별자치시장·특별자치도지사·시장 또는 군수를 말한다. 다만 「국토의 계획 및 이용에 관한 법률」 제44조의2제1항에 따라 공동구의 관리·운영을 위탁하는 경우에는 수탁기관의 장을 포함한다.
- 공동구점용자
 - 공동구에 전선로·가스관·수도관·하수도관·통신선로·전기통신회선설비·열수송관 등의 시설을 설치하여 공동구를 점용하는 자를 말한다.
- 변전설비
 - 전력회사의 배전선에서 수전한 고압을 건물 내의 전동·전동기·전기기구 등에 공급하기 위해 필요한 전압으로 낮추는 전기설비를 말하며, 인입케이블·변압기·배전반·기계류 등이다.
- 분기구
 - 수압 관로(펜스톡)를 분기하는 경우에 사용하는 구형의 분수 구조물을 말한다.
- 소방시설
 - 소화설비, 경보시설, 경보설비, 피난구조설비, 소화용수설비, 그 밖에 소화활동 설비로서 대통령령으로 정하는 시설을 말한다.
- 수용시설
 - 전기·가스·수도 등의 공급설비, 통신시설, 하수도시설 등 지하에 매설되는 시설물을 말한다.
- 수전설비
 - 타인의 전기설비로부터 전기를 공급받거나 구내 발전설비로부터 전기를 공급

받아 구내 배전설비로 전기를 공급하기 위한 전기설비로서 수전지점으로부터 구내 배전설비에 전기를 공급하기 위한 배전반까지의 설비를 말한다. 다만, 전철설비는 제외한다.

○ 통신설비

- 열차운행 및 철도운영에 관한 정보(음성, 부호, 문자 및 영상 등)를 송수신하거나 표출하기 위한 통신선로 등의 통신설비와 이에 부속되는 설비 등을 말한다.

○ 지수공법

- V-Cut 후 지수재로 충전하는 방법과 균열주입에 의한 지수공법이 있다.

○ 추락방지시설

- 공중(公衆)이 이용하는 난간, 점검로 등의 이용자 안전을 확보하기 위한 시설을 말한다.

○ 도로부 신축이음부

- 도로교량, 도로터널의 차량이동 부위에 온도 등에 따라 늘어나거나 줄어들면서 생길 수 있는 변형 또는 균열을 방지하기 위한 장치(댐, 제방 등 시설물은 부대 시설에 포함된 도로교량에 한함)를 말한다.

○ 환기구 등의 덮개

- 시설물의 출입구, 환기와 같은 시설물 유지관리 목적으로 보행자 또는 차량이동 구간에 설치된 환기구, 맨홀 등의 덮개(지지구조, 철물, 연결재, 걸침턱 등)를 말한다.

15.1.3 안전점검 및 정밀안전진단 대상 시설

공동구의 안전점검 및 정밀안전진단 실시 범위에 대한 세부적인 대상시설은 [표 15.1]과 같다.

- ① 기본 시설물을 제외한 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단은 해당 시설물에 따라 실시하여야 한다.
- ② 대상 시설물은 안전점검 및 정밀안전진단 대가기준에서 해당 시설물에 따라 예산을 확보하여야 한다.
- ③ 안전점검 및 정밀안전진단 시 공동구 수용시설의 부속시설은 공동구내 수용시설을 설치 및 점용하기 위해 공동구 본체에 설치된 구조부재(이음부, 지지대, 받침대)를 대상으로 한다.

[표 15.1] 공동구 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단 대상시설 범위

구 분	시설물명	점검 및 진단 실시범위			비 고
		정기안전점검	정밀안전점검	정밀안전진단	
기본 시설물	◦공동구 본체 (벽체, 슬래브, 바닥, 출입구, 분기구, 환기구)	○	○	○	정밀안전진단 : 필요시 수행
기타 시설물	◦수용시설의 부속시설 (이음부, 지지대, 받침대)	○	○	○	
	◦부대설비	○	○	○	
	◦주변환경		○	○	
공중이 이용하는 부위	◦추락방지시설	○	○	○	
	◦도로포장	○	○	○	
	◦도로부 신축이음부	○	○	○	
	◦환기구 등의 덮개	○	○	○	

15.1.4 중대한 결함 등의 정도

가. 중대한 결함의 적용 범위

공동구 시설물의 구조안전에 중대한 영향을 미치는 것으로 인정되는 결함으로 대통령령으로 정하는 중대한 결함의 적용 범위는 다음과 같다.

다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 균열 심화 및 탈락

- 15.4.2절의 상태평가항목 및 기준의 균열에서 진행성 균열에 대한 상태평가기준이 “d” 이하 또는 고정 균열의 경우 면적률이 20%이상으로 “e”인 경우
- 15.4.2절의 상태평가항목 및 기준의 파손 및 손상에서 면적률이 20%이상으로 상태평가기준이 “d” 이하인 경우

2) 심한 누수 및 변형

- 15.4.2절의 상태평가항목 및 기준의 누수에서 상태평가기준이 “d” 이하이며, 토립자가 함께 나와 구조적 결함을 유발시킬 수 있는 경우

3) 시설물의 철근콘크리트의 염해 또는 탄산화에 따른 내력손실

- 15.4.2절의 상태평가항목 및 기준의 재질변화에서 콘크리트 탄산화 잔여 깊이 또는 콘크리트 전염화물 이온량 등에 대한 상태평가기준이 “d” 판정으로 철근노출에 대한 상태평가기준이 “e”를 포함하는 경우

나. 공중이 이용하는 부위의 적용 범위

공동구 시설물의 공중의 안전에 영향을 미치는 것으로 인정되는 결함으로 대통령령으로 정하는 공중이 이용하는 부위의 적용 범위는 다음과 같다.

다만, 시설물의 전반적인 상태 및 환경 여건에 따라 책임기술자가 조정할 수 있다.

1) 추락방지시설

- 추락방지시설에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

2) 도로포장

- 도로포장에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

3) 도로부 신축이음부

- 도로부 신축이음부에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

4) 환기구 등의 덮개

- 환기구 등의 덮개에 대한 평가기준이 “d” 이하인 경우

15.2 현장조사

15.2.1 시설물의 점검사항

가. 일반

시설물의 상태평가 시 점검사항은 구조물의 특성에 따라 다를 수 있으므로 수정, 보완하여 사용한다. 각 세부시설별 점검 사항은 평가결과를 기초로 판단하며, 이는 점검부위별 각각의 점검사항에 대한 주요 손상상태를 파악하는데 활용할 수 있다.

나. 시설물 상태변화의 점검항목

정밀안전점검 및 정밀안전진단 실시에서 공동구의 상태평가를 적용함에 있어 기본과업과 선택과업의 내용을 적절히 혼용하여 대상 공동구에 대한 상세한 상태평가를 실시하여야 한다.

1) 정기안전점검 점검항목

육안조사는 실제로 경험 있는 기술자의 기술과 경험을 토대로 시각, 청각을 사용하여 양호, 불량 상태를 판정한다. 그러나 이러한 판정은 개인차가 커서 기술자의 심리적 영향을 받기 쉽다. 기술적 유추에 의한 조사는 경험적인 측면이 있으므로 개인의 능력차에 따른 직접검사를 통하여 양식을 만들고 이 양식에는 다른 유사한 사례를 참고하여 그 상태를 유추할 수 있도록 한다. 특히, 조사 구조물의 내하력, 내구성에 영향을 미칠 우려가 있는 손상상태를 먼저 조사해야 한다.

[표 15.2] 공동구의 정기안전점검 점검항목

구 분	점검부위	점검항목	비고
공동구 본 체	◦벽체 ◦슬래브	◦균열 : 폭, 길이, 균열의 진전 여부 ◦누수, 파손 및 손상, 재질열화 등	
	◦바닥	◦배수상태 ◦바닥상태(침하, 균열 등)	
	◦출입구 ◦분기구	◦균열 : 폭, 길이, 균열의 진전 여부 ◦누수, 파손 및 손상, 재질열화 등 ◦부등침하, 배수처리	
	◦환기구	◦환기구 덮개 상태	
수용시설의 부속시설	◦이음부	◦변형크기	
	◦지지대	◦부식, 변형유무	
	◦받침대	◦균열, 파손, 변형유무	
부대설비		◦부대설비 유무 및 외관상태조사 ◦가동여부	

2) 정밀안전점검 점검항목

정밀안전점검에서는 육안검사 및 간단한 측정·시험 결과를 근거로 이전의 점검·진단에서 발견된 결함·손상의 진전 또는 신규로 발생한 현황을 주요 부재별로 상태를 판단하고, 이전의 결과와 비교·검토하여 공동구 전체에 대한 상태평가 등급을 결정하며, 결함부위 등 주요 부위에 대한 외관조사망도 작성 등 조사결과를 도면으로 기록하여야 한다.

정밀안전점검은 일정한 주기를 정하여 공동구의 기능 수행여부 및 상태를 점검하는 것으로서, 공동구의 경우 편토압이나 침하, 지반상태에 의한 공동구의 손상상태를 고려해야 하며 시간경과와 함께 발생할 수 있는 재료의 열화에 기인한 손상여부를 관찰해야 한다.

정밀 점검시의 구체적 점검항목과 장비는 다음 표와 같다.

[표 15.3] 공동구의 정밀안전점검 점검항목

구 분	점검부위	점검항목	비고
공동구 본 체	◦벽체 ◦슬래브	◦균열 : 폭, 길이, 깊이, 균열의 진전 여부 ◦누수, 파손 및 손상, 재질열화 등 ◦비파괴 강도 및 탄산화깊이, 균열깊이 측정	
	◦바닥	◦배수상태 ◦바닥상태(침하, 균열 등)	
	◦출입구 ◦분기구	◦균열 : 폭, 길이, 깊이, 균열의 진전 여부 ◦누수, 파손 및 손상, 재질열화 등 ◦부등침하, 배수처리 ◦비파괴 강도 및 탄산화깊이, 균열깊이 측정	
	◦환기구	◦환기구 덮개 상태	
수용시설의 부속시설	◦이음부	◦변형크기	
	◦지지대	◦부식, 변형유무	
	◦받침대	◦균열, 파손, 변형유무	
주변환경		◦토지이용변화 ◦지표 및 지질조사	
부대설비		◦부대설비 유무 및 외관상태조사 ◦가동여부	

3) 정밀안전진단 점검항목

정밀안전진단은 안전점검을 실시한 결과를 토대로 공동구의 재해예방 및 안전성을 확보하고 보수·보강공법 제시를 전제로 하여 손상원인을 규명하며 보수·보강공법 선정을 위한 정보를 얻기 위하여 콘크리트 재료의 열화정도, 배면지반의 상태 등을 정량적으로 구하는 것을 주로 한다.

정밀안전진단 항목 및 방법은 다음 표에 준하여 실시하며, 추가로 필요한 항목은 관리주체와 협의하여 시행한다.

[표 15.4] 공동구의 정밀안전진단 점검항목

구 분	점검부위	점검항목	비고
공동구 본 체	◦벽체 ◦슬래브	◦균열 : 폭, 길이, 깊이, 균열의 진전 여부 ◦누수, 파손 및 손상, 재질열화 등 ◦콘크리트 비파괴시험 ◦코어시험 ◦단면측량	
	◦바닥	◦배수상태 ◦바닥상태(침하, 균열 등)	
	◦출입구 ◦분기구	◦균열 : 폭, 길이, 깊이, 균열의 진전 여부 ◦누수, 파손 및 손상, 재질열화 등 ◦부등침하, 배수처리 ◦콘크리트 비파괴시험	
	◦환기구	◦환기구 덮개 상태	
수용시설의 부속시설	◦이음부	◦변형크기	
	◦지지대	◦부식, 변형유무	
	◦받침대	◦균열, 파손, 변형유무	
주변환경		◦토지이용변화 ◦지표 및 지질조사	
부대설비		◦부대설비 유무 및 외관상태조사 ◦가동여부	

4) 공중이 이용하는 부위 점검항목

[표 15.5] 공중이 이용하는 부위의 점검항목

점검부위	점검항목	비고
공중이 이용하는 부위	◦추락방지시설의 상태 ◦도로부 포장 및 신축이음부 상태 ◦환기구 등의 덮개 상태 ◦기타조사	

15.2.2 현장조사 요령

가. 측점 분할

1) 일반사항

- 측점 분할 작업은 현장조사에서 최초로 실시하는 작업으로서 공동구의 진행 방향으로 위치를 표시하는 작업을 말한다.
- 예비조사와 기타 사전조사 시에 입수한 자료를 검토하여 도면에서의 표기 방식을 참고로 현장에서 해당 위치를 표시하고, 위치 표시는 현장에서 쉽게 식별될 수 있도록 하여 추후 유지관리 시에도 활용할 수 있어야 한다.

2) 조사수량 및 측정방법

- 정밀안전점검 및 정밀안전진단 시 측점분할 간격은 각종 현장 조사 시 좌우로 확인 가능한 거리인 5.0m 내외가 적당하며 먼밀한 조사가 필요한 구간에 대하여는 별도로 세분해야 하고, 내업정리 및 분석작업은 필요에 따라 5~50m간격 또는 시공이음부를 기준으로 조정 가능하다.

3) 결과분석

- 국부적인 표면 오염이나 습기 등이 있는 경우 이를 제거하고 스프레이, 매직, 유성 펜 등으로 표시 하며 석필, 분필 등으로 표시할 수도 있다.
- 측점분할은 통상 공동구 입구부터 시작하여 출구에서 끝나며 분할에 따른 오차를 최소화하고, 단면 변화 구간 등 현장에서 직접 확인 가능한 위치는 현장조사 전에 위치를 파악하여, 측점 분할함으로써 오차를 줄인다.

나. 단면 측량

1) 일반사항

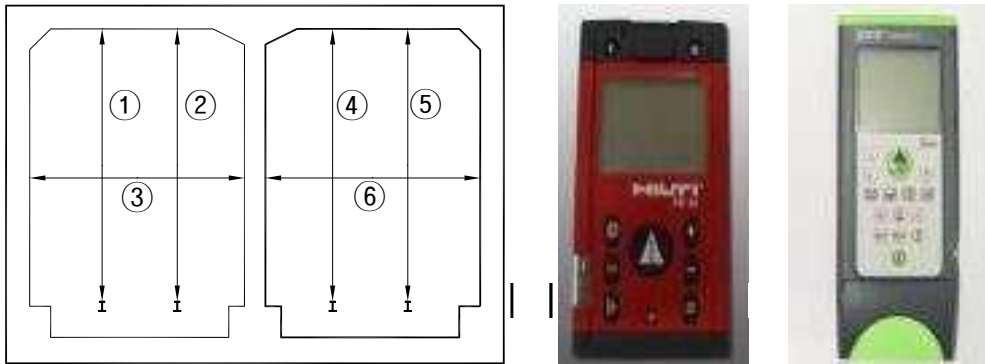
- 외관조사 결과 공동구 단면이 불규칙한 곳에 대하여는 정확한 단면상태 및 시공 상태의 파악을 위하여 공동구의 종 · 횡단 측량을 실시한다.
- 준공도상의 단면과 현 상태의 차이를 검토하여 보수 · 보강대책 수립 시와 유지 · 관리업무 수행 시에도 활용할 수 있도록 한다.

2) 조사수량 및 측량 방법

- 정밀안전진단 시 단면측량은 최소 200m마다 1개소씩 측량하며, 특히 단면변화 구간 및 육안조사 단면의 이상부위는 보다 정확한 측량이 필요하다.
- 사용하는 장비는 일반적으로 일체형 광과거리계에 의한 측량기를 사용하며, 측정간격은 100~200m 범위에서 변상정도에 따라 위치를 선정하여 측량한다.

3) 결과 분석

- 준공도상의 단면과 현 상태의 차이를 비교하여, 도면과 일치 하는지 여부를 확인한다.



[그림 15.1] 단면측량 위치 및 레이저 거리측정기

다. 내부 결함 탐사

1) 반사향

부결함과 철근의 배근 상태를 파악하기 위하여 비파괴검사 방법 등을 실시하여 조사한다.

2) 조사방법

① 타음검사

- 뿔망치(Hammer)로 콘크리트 표면을 타격하여 뿔망치의 반발방향과 타격음에 의해 이상 유무를 조사하는 수단으로 정성적인 방법이지만 적정한 콘크리트 두께의 유무, 배면공동의 유무, 박리부분의 검사, 압축파괴의 유무, 콘크리트 표면의 열화상태를 조사하는 방법이다.
- 단단한 콘크리트는 타격음이 청음을 내고, 열화된 라이닝은 둔탁한 소리를 낸다. 또한 콘크리트 배면에 공동이 있는 경우와 압축파괴된 부위도 역시 둔탁한 음을 낸다.

② 전자파법(레이더탐사법, GPR)

- 100MHz~1GHz 정도의 높은 주파수의 전자파를 콘크리트중에 방사하여 콘크리트 배면에서의 반사파를 잡아 그 파형을 해석하는 것으로 콘크리트의 두께, 공동의 유무를 판정하는 방법이다.

라. 수질 조사 및 침전물 분석 시험

- 수질분석 시험은 필요시 지하수 등의 침출수 및 유수가 콘크리트 구조물에 접하거나 침투하여 콘크리트와 화학반응을 일으켜 구조물을 노후화시킬 수 있는 성분을 함유하고 있는가를 판단하기 위한 시험이다
- 시료채취 과정에서 오염물질이 혼입되지 않도록 주의해야 하며, 일반적으로 지하수 등은 오염이 적어 전처리 없이 시험을 해도 지장이 없는 때가 많다.
- 그러나 시료의 상태나 시험의 종류에 따라서는 공존 물질의 방해를 제거하기 위한 전처리를 필요로 하는 경우도 있다.
- 시료 채취 후 시험 실시까지의 기간 동안 보관은 시료 특성에 따라 냉암소 보관, 보관 유효기간 등의 지배를 받으므로 주의하여야 한다.

마. 배수상태 조사

- 배수상태조사는 용수, 강수가 공동구 주변의 지표수 및 지하수에 영향을 미쳐 공동구의 안전상태를 미리 예측하고 대처하기 위해 실시한다.
- 배수상태 조사시에는 공동구 주변 시설물(맨홀, 출입구, 작업구) 등을 함께 조사하여야 한다.

바. 공중이 이용하는 부위 조사

- 책임기술자는 추락방지시설, 도로부 포장 및 신축이음부, 환기구 등의 덮개와 같은 공중이 이용하는 부위가 대상시설물에 해당되는지 여부를 확인하고, 해당 부위의 결함조사를 실시한다.
단, 시설물에 공중이 이용하는 부위가 해당하지 않는 경우 책임기술자의 판단에 따라 조사부위를 제외할 수 있다.
- 대상시설물에 해당되는 공중이 이용하는 부위는 숙련된 점검자의 육안조사 또는 점검 로봇 등을 활용한 외관조사 및 영상분석(법 시행령 별표 10의14)을 활용하여 결함 및 파손 등을 점검하고 각 평가항목 및 기준에 따라 중대한 결함 등의 해당 여부를 검토하여야 한다.
- 조사된 결함 및 파손 중 중대한 결함 등이 발견된 경우는 해당부위의 외관조사 망도 및 사진대지를 작성하여 「법」 제22조제2항에 따라 관리주체에게 통보하여야 한다.

15.3 재료시험 항목 및 수량

15.3.1 정밀안전점검

가. 재료시험 항목 및 평가방법

정밀안전점검은 현장조사 및 재료시험 결과에 의해 해당 공동구에 대한 상태평가를 실시하는 것으로 이에 필요한 재료시험 항목에 대하여 기본과업 및 선택과업 등의 내용으로 구분되며, 기본과업에 의한 재료시험은 필수적으로 실시한다.

다만, 선택과업의 재료시험 실시 여부는 정밀안전점검의 범위 및 내용 등을 고려한 과업의 내용에 따른다.

[표 15.6] 정밀안전점검의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트	○ 측점분할 ○ 콘크리트 강도 (비파괴 : 반발경도시험) ○ 탄산화깊이 측정 시험 ○ 균열깊이측정(0.3mm 이상)	○ 콘크리트 강도 (국부파괴 : 코어시험) ○ 염화물함유량시험¹⁾

주1) 제1장 교량 1.3.1절 참조

[표 15.7] 정밀안전점검의 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가방법
기본과업	○ 측점분할	○ 신축이음부 또는 평가단위로 분할
	○ 콘크리트강도 - 비파괴 : 반발경도시험	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함
	○ 탄산화깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
	○ 균열깊이측정	○ 피복깊이 이상 발견 또는 관통 여부 등
선택과업	○ 콘크리트강도 - 국부파괴시험법 : 코어시험	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	○ 철근탐사 시험 - 철근배근상태 - 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근위치 탐사
	○ 염화물 함유량	○ 시료채취 및 평가

나. 재료시험 기준수량

상태평가를 위한 기본과업의 재료시험 및 선택과업에 의한 재료시험 기준수량은 [표 15.7], [표 15.8]과 같으나, 이외의 재료시험 항목 및 수량에 대해서는 과업의 내용에 따른다.

[표 15.8] 정밀안전점검 기본과업의 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
측점분할	○ 5~50m 간격 또는 시공이음부	○ 책임기술자 조정 가능
반발경도시험	○ 총수량 = (총연장 ÷ 300m)개소	
탄산화깊이 측정	○ 철근콘크리트 구조물 -총연장 1,000m미만 : 4개소 -총연장 1,000m이상 : 최소4개소 + 1,000m 당 1개소 추가	
균열깊이 측정	○ 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정	

[표 15.9] 정밀안전점검 선택과업의 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
코어채취 ¹⁾	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	○ 실내시험 선택과업
염화물 함유량 시험		

주1) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 이용 가능

15.3.2 정밀안전진단

가. 재료시험 항목

공동구에 대한 상태평가를 실시하는 것으로 이에 필요한 재료시험 항목에 대하여 기본과업 및 선택과업 등의 내용으로 구분되며, 기본과업에 의한 재료시험은 정밀안전진단에서 필수적으로 실시한다. 다만, 선택과업에 대한 재료시험의 실시 여부는 정밀안전진단의 범위 및 내용 등을 고려한 과업의 내용에 따른다.

[표 15.10] 정밀안전진단의 재료시험 항목

구 분	기본과업	선택과업
콘크리트	○ 측점분할 ○ 단면측량 ○ 콘크리트 강도 - 비파괴 : 반발경도시험, 초음파법 ○ 철근탐사시험 - 철근배근상태 - 철근피복두께 ○ 탄산화 깊이 측정 ○ 철근부식도시험 ○ 균열깊이조사 ○ 염화물함유량시험¹⁾	○ 콘크리트 강도 - 국부파괴 : 코어강도 ○ 변형률 측정 ○ 수질조사 및 침전물 분석 ○ 지표·지질조사 등 - 시추조사 - 지반탐사

주1) 제1장 교량 1.3.2절 참조

[표 15.11] 정밀안전진단의 재료시험 평가방법

구 분	재료시험 항목	평가방법
기본과업	○ 측점분할	○ 신축이음부 또는 평가단위로 분할
	○ 단면측량	○ 종·횡단측량 및 선형측량
	○ 콘크리트강도 - 비파괴시험법 : 반발경도시험, 초음파법	○ 외관상 건전부위와 불량부위에 대한 비교평가 필요함.
	○ 철근탐사시험 - 철근배근상태 - 철근피복두께	○ 구조검토를 위한 철근조사 ○ 콘크리트의 강도 및 물성시험 등을 위한 철근 위치 탐사
	○ 탄산화 깊이 측정	○ 현장측정 ○ 탄산화속도계수 산정
	○ 철근부식도시험	○ 주요부재의 철근 대상 ○ 철근부식확률 평가
	○ 염화물함유량시험	○ 시료채취 및 평가
	○ 균열깊이 조사	○ 철근 매입깊이 이상 발전 또는 관통 여부 등 평가
선택과업	○ 콘크리트 강도(국부파괴)	○ 콘크리트강도 평가의 기준 ○ 필요시 콘크리트 물성시험 등
	○ 변형률 측정	○ 공동구의 안전성평가
	○ 수질조사 및 침전물 분석	○ 콘크리트와의 화학반응 여부 판단
	○ 시추조사	○ 과업내용에 의해 조사 및 수량결정
	○ 지반탐사	○ 과업내용에 의해 조사 및 수량결정

나. 재료시험 기준수량

상태평가를 위한 기본과업의 재료시험 및 선택과업에 의한 재료시험 기준수량은 [표 15.11], [표 15.12]와 같으나, 이외의 재료시험 항목 및 수량에 대해서는 과업의 내용에 따른다.

[표 15.12] 정밀안전진단 기본과업의 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
측점분할	○ 5~50m 간격 또는 시공이음부	○ 책임기술자 조정 가능
단면측량	○ 총수량 = (총연장÷200m)+1개소	○ 책임기술자 조정 가능
반발경도시험	○ 총수량 = (총연장÷100m)×2개소	○ 시험부위는 책임기술자가 판단 ¹⁾ (단, 경년변화 평가 시 동일부위시험원칙)
초음파법		
철근탐사시험	○ 총연장 1,000m 미만 = 4개소 ○ 총연장 1,000m 이상 = 최초 4개소 + 500m당 1개소 추가	○ 가능한 한 이전의 시험부위와 중복 피함
탄산화 깊이 측정	<상 동>	
염화물 함유량시험	○ 총연장 1,000m 미만 = 4개소 ○ 총연장 1,000m 이상 = 최초 4개소 + 1000m당 1개소 추가	
철근부식도시험	○ 책임기술자의 판단에 따라 조사 및 수량 결정	
균열깊이 조사	○ 책임기술자의 판단에 따라 수량 결정	

주1) 콘크리트 코어시험 결과를 반발경도, 초음파법과 비교할 경우에는 시험부위가 동일하여야 함

[표 15.13] 정밀안전진단 선택과업의 재료시험 기준수량

구 분	재료시험 기준수량	비 고
코어채취 ¹⁾	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	○ 실내시험 실시
변형률 측정	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	
수질 및 침전물조사	○ 과업 내용에 의해 조사 및 수량 결정	

주1) 이전의 실내시험에 대한 자료가 충분하고, 평가결과가 기준에 적합한 경우에는 기존 자료 이용 가능

15.4 상태평가기준 및 방법

15.4.1 상태평가기준

가. 일반

1) 정기안전점검

정기안전점검에서는 점검서식에 따라 주요부재 종류별로 평가하는 것을 원칙으로 한다.

2) 정밀안전점검

정밀안전점검에서는 공동구 본체 또는 주요부재에 대하여 점검하고, 외관조사망도를 작성하여 상세히 상태평가를 실시하며, 외관조사망도를 작성하지 않은 부위는 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 보고서에 수록된 상태평가결과를 참조하여 책임기술자가 공동구 전체에 대한 상태평가결과를 결정한다.

다만, 선택과업으로 전체부재에 대한 외관조사망도를 작성하였을 경우에는 정밀안전진단의 상태평가 절차에 따라 상태평가결과를 결정한다.

3) 정밀안전진단

정밀안전진단에서는 공동구 전체 부재에 대하여 외관조사망도를 작성하여 부재별로 상세히 상태평가를 실시하며, 책임기술자가 공동구 전체에 대한 상태평가결과를 결정한다.

4) 상태평가항목

공동구의 상태평가 시 고려해야할 주요 평가항목은 다음과 같다.

[표 15.14] 공동구 상태평가항목

구 분		평 가 항 목
공동구 상 태 평 가	본체상태	○ 균 열 ○ 누 수 ○ 파손 및 손상 ○ 재질열화 － 박리 및 층분리, 박락, 백태, 재료분리, 철근노출 ○ 탄산화 ○ 전염화물 이온량(수행시)

나. 기본시설 결합지수 산정기준

공동구 결합지수(f)는 결합점수인 총점 36점으로 계산하여 상태평가결과를 산정하며, 정밀안전점검시 염화물함유량시험을 하지 않는 경우에는 총점 34점으로 계산하여 상태평가 결과를 산정한다.

[표 15.15] 공동구 결합지수 산정기준

평가기준		a	b	c	d	e	
		$0 \leq f < 0.15$	$0.15 \leq f < 0.30$	$0.30 \leq f < 0.55$	$0.55 \leq f < 0.75$	$0.75 \leq f$	
공동구	균열	0 ~ 2	3 ~ 5	6 ~ 8	9 ~ 11	12 ~ 13	
	누수	0	1	2	3	4 ~ 5	
	파손 및 손상	0	0	1	2	3	
	재질 열화	박리	0	0	1	1	1
		충분리 및 박락	0	0	1	2	3
		백태	0	0	1	1	1
		재료분리	0	0	1	1	1
		철근노출	0	1	2	3	4
		탄산화	0	1	2	3	—
		염화물	0	1	1	2	—
$\text{공동구 결합지수 (f)} = \frac{\Sigma \text{결합점수}}{36}$							

주) 총점은 각 결합별 평가기준의 최하값의 합

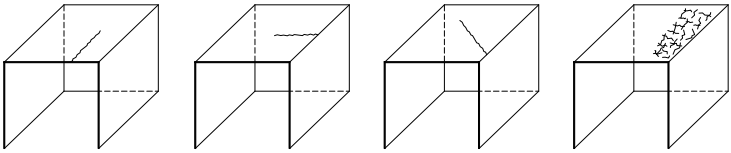
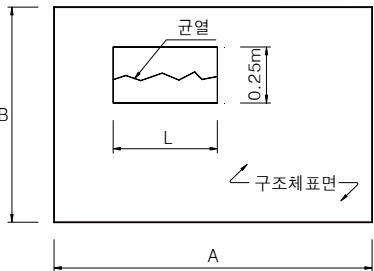
15.4.2 상태평가항목 및 기준

가. 기본시설 상태평가항목 및 기준

평가항목은 5단계로 세분화였고, 평가항목별 상태평가기준은 공동구 상태평가결과와의 차이를 두기 위하여 소문자 a, b, c, d, e로 표기한다.

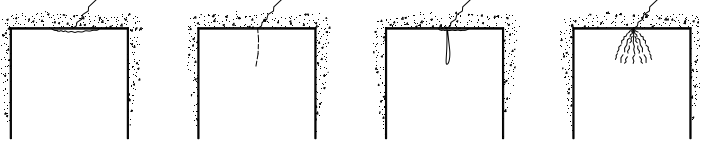
세부기준은 기존 국내기준과 국외기준을 참고하여 결정하였으며, 설문조사를 통한 실무자들의 의견과 현실적인 여건을 고려하여 정하였다. 또한, 각각의 평가항목에 대한 상태평가는 가장 대표적인 것을 기준으로 하여 결정하도록 하며, 여러 개소에서 조사될 경우에는 하향평가 한다. 상태평가 단위길이는 일반적으로 현장조사를 위해 구분한 측정점을 기준으로 하며, 공동구의 시공이음 등을 고려하여 책임기술자의 판단에 따라 조정할 수 있다.

[표 15.16] 균열의 상대평가기준

평가기준 구 분	a	b	c	d	e
균 열	0.1mm 이하	0.1mm 초과 0.3mm 이하	0.3mm 초과 0.5mm 이하	0.5mm 초과 1.0mm 이하	1.0mm 초과
해 설	1) 진행성의 유무가 확인되지 않은 경우에 적용하며 진행성이 확인되는 경우 평가는 하향조정하고 정밀안전진단을 실시하여 정기적으로 관찰하도록 한다. ※ 진행성 여부의 판별은 점검결과를 활용해 판단한다. 2) 균열형상은 종균열, 횡균열, 경사균열, 망상균열로 구분하며 횡균열을 제외한 균열은 하향조정할 수 있다.  (종균열) (횡균열) (경사균열) (망상균열) 3) 균열이 다음 측점에 연속적으로 이어져 있는 경우 하향조정 할 수 있다. 4) 구조적 균열은 설계 오류로 인한 균열, 외부 하중에 의한 균열, 단면 및 철근량 부족에 의한 균열 등이 있다. 구조적 균열은 콘크리트와 철근사이의 응력, 변형률, 미끄러짐(slip), 부착응력 등에 따라 균열 형성단계와 균열 안정화 단계의 2단계로 형성된다. 구조적 균열발생시 면적률에 관계없이 평가는 1단계 하향조정하고, "d"이상으로 발생하였을 경우에는 안전성평가를 통하여 과하중의 양상과 그 결과 분석을 실시하도록 한다. 5) 보수·보강부위는 기존의 균열폭과 길이의 변화, 새로운 균열 및 들뜸의 진행성 유무 등을 점검결과를 활용하여 평가할 수 있다. 6) 면적률이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적률 20% 이상과 구조적 균열 및 단차 균열일 경우의 평가는 a→b, b→c, c→d, d→e로 하향조정할 수 있다. 7) 균열의 발생면적은 균열길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다.  $\frac{\text{균열발생면적}}{\text{구조체표면(점검단위)면적}} \times 100 = \frac{\text{균열길이}(L) \times 0.25}{A \times B(m)} \times 100 = \%$				

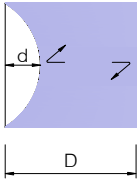
주) 진행성 균열의 경우 상태평가결과가 "d" 이하 또는 고정 균열의 경우 면적률 20% 이상으로 "e" 이면 15.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 15.17] 누수의 상태평가기준

평가기준		a	b	c	d	e
구 분		없 음	스며 있음	떨 어 짐	흐 름	분 출
누 수						
		(스며있음) (떨어짐) (흐름) (분출)				
해 설		1) 누수가 시공이음, 신축이음의 결합, 균열 등의 영향으로 인하여 발생될 경우에는 수압 등에 의한 구조적 결함을 유발 시킬 수 있는지의 여부 등을 검토할 수 있다. 2) 누수는 건기시와 우기시에 따라 계절별로 차이가 발생할 수 있으므로 계절적 요인을 반영하여 평가할 수 있다. 3) 보수·보강부위는 누수상태(수량, 물 흐름)의 변화 유무 등을 점검 결과를 활용하여 평가할 수 있다.				

주) 상태평가결과가 "d" 이하이며, 토립자와 함께 나와 구조적 결함을 유발시킬 수 있는 경우 15.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

[표 15.18] 파손 및 손상의 상태평가기준

평가기준		a	b	c	d	e
구 분		없 음	1/6 미만	1/6 이상 1/3 미만	1/3 이상 1/2 미만	1/2 이상
파 손 및 손 상	손상도	없 음	1/6 미만	1/6 이상 1/3 미만	1/3 이상 1/2 미만	1/2 이상
	손 상 면 적	없 음	아주 경미한 상태	경미한 손상 (10×10)cm미만	중간 손상 (10×10)cm이상 (30×30)cm미만	극심한 손상 (30×30)cm이상
해 설		1) 손상도는 콘크리트 두께에 대한 손상된 두께를 말하며, 일반적으로 설계두께를 기준으로 하고, 측정두께가 있는 경우 이를 기준으로 한다. 손상도 = d/D  d : 파손 및 손상두께 D : 설계(측정)두께 2) 지반탐사 등으로 측정된 콘크리트 두께가 설계두께에 못 미치는 경우에는 이를 손상으로 평가 할 수 있다. 3) 면적률이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적률이 20% 이상일 경우의 평가는 a→a, b→c, c→d, d→e로 하향 조정할 수 있다.				

주) 파손 및 손상에 대한 면적률이 20%이상으로 상태평가결과가 "d" 이하이면, 15.1.4절의 중대한 결함으로 본다. 다만, 손상도 평가 시 기준면적은 설계두께의 2배와 같은 일변의 길이를 갖는 정사각형의 면적 또는 이와 동일한 면적을 갖는 독립된 부위를 말한다.

[표 15.19] 재질열화의 상태평가기준

평가기준 구 분	a	b	c	d	e
박 리	없 음	6mm 미만	6mm 이상 25mm 미만	25mm이상 이거나 조골재 손실	박리가 극심하여 즉시 보수를 요하는 상태
충분리 및 박락	없 음	깊이 12mm미만 또는 직경 75mm미만	깊이 12~25mm미만 또는 직경 75~150mm미만	깊이 25mm이상 또는 직경 150mm이상	박락이 극심하여 즉시 보수를 요하는 상태
백 태, 재료분리	없 음	면적률 5%미만	면적률 5%이상 10%미만	면적률 10%이상 20%미만	면적률 20%이상
철근노출	없 음	면적률 1%미만	면적률 1%이상 3%미만	면적률 3%이상 5%미만	면적률 5%이상
탄산화 잔여깊이	30mm 이상	10mm 이상~ 30mm 미만	0mm 이상~ 10mm 미만	0mm 미만	—
전염화물 이온량	0.3kg/m ³ 이하	0.3kg/m ³ 초과~ 1.2kg/m ³ 미만	1.2kg/m ³ 이상~ 2.5kg/m ³ 미만	2.5kg/m ³ 이상	—
해 설	1) 박리, 충분리 및 박락, 백태, 재료분리는 콘크리트의 재질에 대한 평가로서 경년이나 주변환경영향 등에 따라 열화되는 특성을 나타낸다. 2) 박리는 콘크리트 공동구의 박리된 깊이를 기준으로 하며, 충분리 및 박락은 콘크리트 박락된 깊이, 직경, 상태 등을 고려하여 판단하도록 한다. 3) 박리·충분리 및 박락이 심한 경우에는 다른 변상조건들과 비교·검토하여 그 원인을 조사하도록 한다. 4) 백태 및 재료분리의 경우 발생범위와 정도로부터 판단하도록 한다. 5) 철근노출은 철근콘크리트 공동구인 경우에 적용하며, 심한 부식이 우려되는 경우에는 부식도를 측정하여 철근의 부식상태를 평가하도록 한다. 또한, 철근노출 발생 면적은 철근 노출 길이당 0.25m의 폭을 차지하는 것으로 한다. 6) 탄산화 깊이에 대한 평가는 제1장 교량[표1.28] 해설을 따른다. <일본구조물진단기술협회 「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트 구조물의 건전도 진단 매뉴얼」(2009년)> 7) 채취 코어의 전염화물 이온 시험결과에서 염화물에 의한 강재부식 가능성을 평가하며, 염화물 함유량은 직접적인 손상항목이 아닌 철근부식을 유발할 수 있는 환경에 관한 항목으로써 상태평가기준 범위를 "a~d"로 한다. 염화물 함유량 분석은 철근 깊이까지 깊이별(10mm ~ 20mm)로 단계를 구분하여 염화물 분포를 파악함을 원칙으로 하며, 염화물 이온농도의 분포를 도시한다. <일본구조물진단기술협회 「비파괴시험을 이용한 토목 콘크리트 구조물의 건전도 진단 매뉴얼」(2009년)> 8) 박리, 충분리 및 박락의 면적률이 20% 이하일 경우는 해당 상태평가결과를 기재하고, 면적률이 20% 이상일 경우의 평가는 a→b, b→c, c→d, d→e로 하향 조정할 수 있다.				

주) 탄산화 잔여깊이 또는 전염화물 이온량에 대한 상태평가결과가 "d"등급이고, 철근노출의 상태평가결과가 "e"등급이면 15.1.4절의 중대한 결함으로 본다.

나. 공중이 이용하는 부위의 상태평가항목 및 기준

[표 15.20] 추락방지시설의 상태평가기준

평가기준	구분
a	○손상 및 결함 등이 없는 최상의 상태
b	○추락방지시설에 경미한 결함 및 파손이 발생하였으나, 기능에는 문제가 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정해야 하는 상태
c	○추락방지시설에 결함 및 파손으로 인하여 기능에 일부 문제가 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○고정부 및 연결부 파손 등으로 인해 추락방지시설의 전도 및 이탈이 발생할 수 있어 즉각적인 보수·보강이 필요한 상태
e	○추락방지시설의 전반적 기능저하로 사용자의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지해야 하는 상태

[표 15.21] 도로포장의 상태평가기준

평가기준	구분
a	○포장상태가 최상으로 차량의 주행에 문제가 없는 상태
b	○포장의 결함 및 파손이 미미하게 발생된 상태로 차량주행에 문제는 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○포장 결함 및 파손이 차량에 직접적인 파손을 유발할 정도는 아니나 차량 운전자에게 불편감을 유발할 수 있어 간단한 보수가 필요한 상태
d	○깊이 8cm이상의 포트홀에 의해 차량에 심각한 손상이 발생할 수 있어 즉각적인 보수가 필요한 상태 ○배수불량으로 인한 주행차로 상시 물고임으로 통행차량의 안전성 저하가 우려되는 상태
e	○도로포장 결함 및 파손 정도가 심각하고 차량주행이 불가하여 차량통행 제한 및 사용금지가 필요한 상태

[표 15.22] 도로부 신축이음부의 상태평가기준

평가기준	구분
a	○ 신축이음부에 손상이 없는 상태
b	○ 신축이음 본체의 토사 및 이물질 퇴적, 고무판 노후, 후타재의 미세균열이 발생된 상태로 기능발휘에는 지장이 없으며 결함의 진행 여부를 지속적으로 관찰하고 보수 여부를 결정하여야 하는 상태
c	○ 신축이음 본체의 유간사이 이물질로 기능불량, 고무판 마모, 국부적인 부식 등의 열화가 발생한 상태 또는 후타재의 균열이 50cm이하의 간격으로 발생하거나, 국부적인 박리, 박락, 파손이 발생하여 간단한 보수가 필요한 상태
d	○ 신축유간 밀착으로 인한 거동불량 또는 신축유간이 넓어 차량통행에 지장을 초래할 수 있어 교체가 필요한 상태 ○ 신축이음의 파손 상태가 심각하여 차량통행 시 충격이 발생하는 등 긴급한 보수·보강이 필요한 상태
e	○ 신축이음부 본체 탈락으로 차량주행 시 파손을 유발하거나, 주행 중 사고의 원인이 될 수 있는 상태

[표 15.23] 환기구 등의 덮개의 상태평가기준

평가기준	구분
a	○ 환기구 등의 덮개가 최상의 상태
b	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없고 기능성에 문제가 없는 상태 ○ 기능성에 문제가 없어 결함 및 파손에 대해 지속적 관찰이 필요한 상태
c	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능에 일부 문제가 발생하여 보수가 필요한 상태
d	○ 덮개 등(지지구조 철물, 연결재, 걸침턱 등)에 결함 및 파손 등으로 기능이 상실되어 국부적인 교체 및 보강이 필요한 상태
e	○ 결함 및 파손 정도가 심각하거나 덮개 등이 탈락된 상태

15.4.3 상태평가결과 산정방법

가. 상태평가결과 산정

1) 1단계 : 단위길이별 결합지수(f) 산정

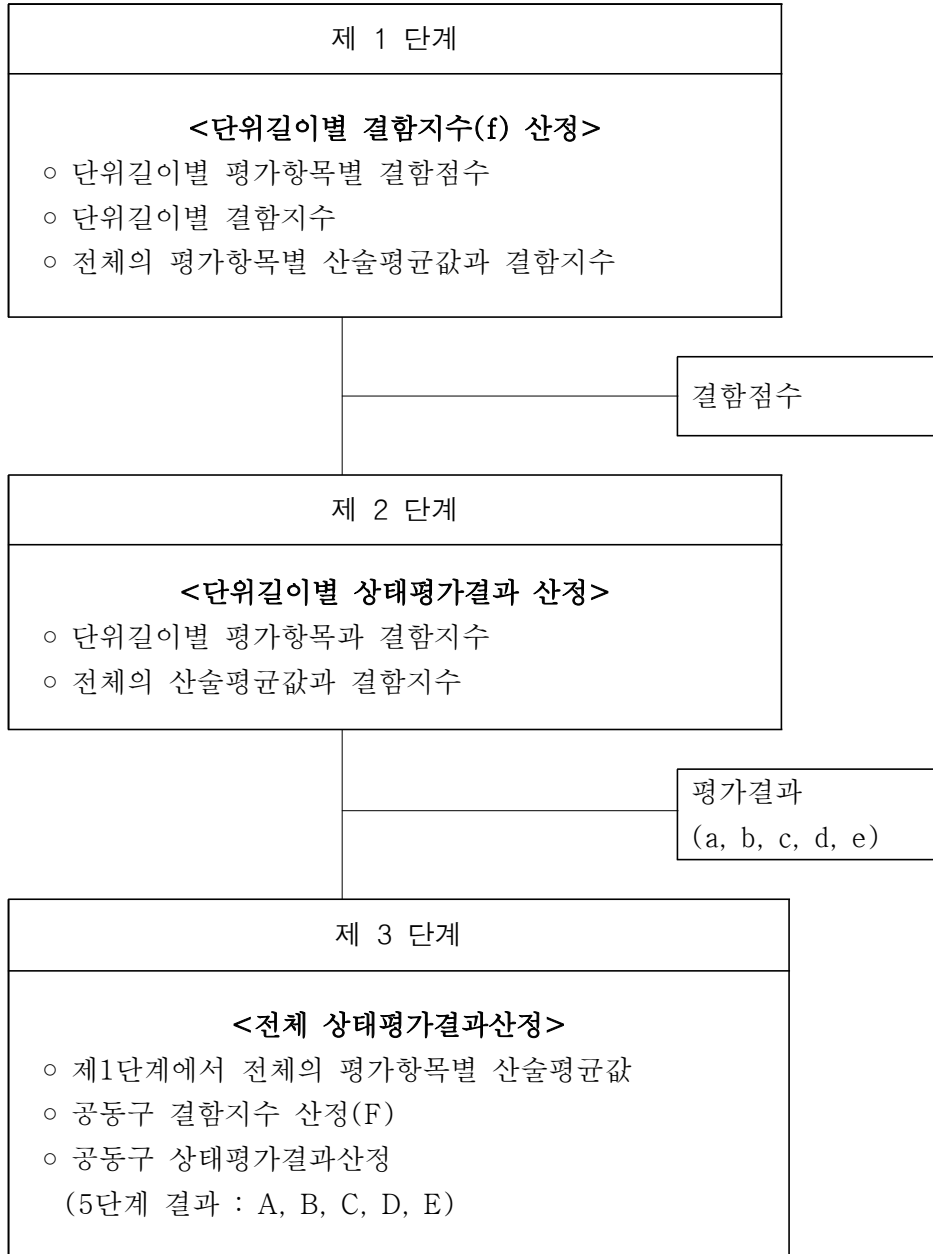
- ① 단위길이별 평가항목에 대해 최저의 결합점수를 부여한다. 균열의 결합점수는 일반적으로 평균값으로 취하며 단차, 폭, 깊이 등을 고려하여 결정한다.
- ② 단위길이별 결합지수를 구한다.
- ③ 전체에 대한 결합지수(f)를 구한다. 이때 단위길이별 평가항목에 대한 결합점수를 산술평균하여 구한다.

2) 2단계 : 단위길이별 상태평가결과 산정

- ① 단위길이별 평가항목과 결합지수에 대한 평가를 5단계(a, b, c, d, e)로 매긴다.
- ② 전체의 평가항목(산술평균값)과 결합지수(f)에 대한 평가를 5단계 (a, b, c, d, e)로 매긴다.

3) 3단계 : 전체 상태평가결과 산정

- ① 제1단계의 결합지수(f) 산정시 사용한 평가항목별 결합점수 산술평균값으로 결합지수(F)를 산정하고, 상태평가결과를 5단계(A, B, C, D, E)로 매긴다.
- ② 상태평가결과 산정
 - A등급(우수) : 결합지수(F) $0.00 \leq F < 0.15$
 - B등급(양호) : 결합지수(F) $0.15 \leq F < 0.30$
 - C등급(보통) : 결합지수(F) $0.30 \leq F < 0.55$
 - D등급(미흡) : 결합지수(F) $0.55 \leq F < 0.75$
 - E등급(불량) : 결합지수(F) $0.75 \leq F$



[그림 15.2] 상태평가결과 산정절차

나. 상태평가결과 산정 예시

상태평가의 근거자료 확인을 위해 결함점수가 부여된 결함물량 집계 표는 외관망도 또는 부록에 수록하여야 한다.

1) 1단계 : 단위길이별 결함지수 산정

Sheet No.	균열	누수	파손 및 손상	재질열화						결함점수 합계	공동구 결함지수
				박리	충분리 및 박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화		
1	7	3	1	1	2	1	0	0	1	16	0.47
2	4	4	1	1	1	1	0	0	0	12	0.35
3	4	2	1	1	1	0	0	0	0	9	0.26
4	7	5	1	1	1	1	0	0	1	17	0.50
5	4	1	0	1	2	0	0	0	1	9	0.26
산술평균	5.2	3.0	0.8	1.0	1.4	0.6	0.0	0.0	0.6	12.6	0.37

① "Sheet No1"의 평가항목에 대한 최저등급의 결함점수를(균열 c-7, 누수 d-3, 파손 및 손상 c-1, 박리 d-1, 충분리 및 박락 d-2, 백태 e-1, 탄산화 b-1) 부여한다. 결함점수 16점을 구한다.

② "Sheet No1"의 결함지수(Σ 결함지수(16점)/34=0.47)를 구한다.

③ 상기 ①, ②와 같은 방법으로 나머지 Sheet에 대하여 구한다.

5개 Sheet의 평가항목에 대한 산술평균값을 구한 후 결함지수를 구한다.

- 평가항목 산술평균 : 균열 5.2, 파손 및 손상 0.8, 누수 3.0, 박리 1.0, 충분리 및 박락 1.4, 백태 0.6, 재료분리 0.0, 철근노출 0.0, 탄산화 0.6
결함점수 합계 12.6점

- 결함지수(f) : $0.37(12.6/34=0.37)$

2) 2단계 : 공동구 상태평가결과 산정

Sheet No.	균열	누수	파손 및 손상	재 질 열 화						상태등급
				박리	충분리 ,박락	백태	재료 분리	철근 노출	탄산화	
1	c	d	c	c	d	c	a	a	b	c
2	b	e	c	c	c	c	a	a	a	c
3	b	c	c	c	c	b	a	a	a	b
4	c	e	c	c	c	c	a	a	b	c
5	b	b	b	c	d	b	a	a	b	b

① Sheet별 평가항목과 결함지수에 대한 등급을 5단계(소문자 a, b, c, d, e)로 매긴다.

② 5개 Sheet의 평가항목에 대한 산술평균값과 결함지수에 대한 등급을 5단계(소문자 a, b, c, d, e)로 매긴다.

3) 3단계 : 공동구 상태평가결과 산정

항목	균열	누수	파손 및 손상	재 질 열 화						합계
				박 리	박 락	백 태	재료분리	철근노출	탄산화	
결합점수	5.2	3.0	0.8	1.0	1.4	0.6	0.0	0.0	0.6	12.6

결합지수	0.37
상태평가결과	C

- ① 제1단계의 결합지수 산정시 사용한 평가항목별 결합점수 12.6점을 구한다.
 - 평가항목 산술평균 : 균열 5.2, 파손 및 손상 0.8, 누수 3.0, 박리 1.0, 층분리 및 박락 1.4, 백태 0.6, 재료분리 0.0, 철근노출 0.0, 탄산화 0.6
- ② 결합지수(Σ 결합점수(12.6점)/34=0.37)를 구한 후 결합지수에 대한 5단계(A, B, C, D, E)등급 중 해당등급(C급)을 매긴다.
- ③ 결합지수 산정 시 소수점 셋째자리 이사는 버림하여 평가한다.

[표 15.24] 부재별 평가항목 조사결과표 예시

공동구명	부재명	조사망도 번호				표번호	
○○공동구	외관상태						
조 사 결 과 표							
일련번호	평가항목	결함정도				결함점수	비 고
		폭	길이	깊이	면적		
1-1							
1-2							
1-3							
조사일시	20 년 월 일			조사자		○ ○ ○	

주) 일련번호 앞은 조사망도 번호, 뒤는 평가항목 결합번호임.

[표 15.25] 평가항목별 상태평가결과 산정표(측점별) 예시

공동구명	○○공동구	평가항목	균열	표번호
부재충면적				
측점 NO.	일련번호	결함점수	상태평가결과	
1	1 - 1			
	1 - 5			
	1 - 8			
	결함점수 = 최저점수			
2	2 - 1			
	2 - 5			
	2 - 6			
	결함점수 = 최저점수			
3	3 - 2			
	3 - 7			
	3 - 10			
	결함점수=최저점수			
4	4 - 1			
	4 - 5			
	4 - 10			
	결함점수 = 최저점수			
5	5 - 1			
	5 - 10			
	5 - 11			
	결함점수 = 최저점수			
결함점수	결함점수 =			

주) 일련번호는 [표 15.24]의 평가항목별 일련번호와 일치 할 것.

[표 15.26] 공동구 상태평가결과 산정표 예시

공동구명		○○공동구			표번호	
근거표 번호		NO.1,				
공동구 공동구		결함점수	평가항목별 등급	총 점	결함지수	상태평가결과
공 동 구 본 체	① 균열					
	② 누수					
	③ 파손 및 손상					
	④ 박리					
	⑤ 층분리 및 박락					
	⑥ 백태					
	⑦ 철근노출					
	⑧ 탄산화					
	⑨ 염화물					
상태평가결과		○ 결함지수(f) = ○ 상태평가결과(결함지수 F) :				

주) 결함점수는 [표 15.25]에서 산정된 평가항목별 결함점수와 일치 할 것.

15.5 안전성평가기준 및 방법

15.5.1 일반

가. 일반

안전성평가는 정밀안전진단시에 실시한다. 다만, 정밀안전점검 또는 긴급안전점검시 일부 부재에 대하여 안전성 평가가 필요하다고 판단될 경우 선택과업으로 실시할 수 있다.

공동구의 안전성평가는 외관조사 및 비파괴 현장시험에 의한 공동구 부재별 상태평가를 분석하고, 필요시 지형 및 지질조사, 누수탐사, 각종 계측 등의 실시결과를 고려하여 이론적 계산과 해석적 검증을 통하여 공동구에 대한 안전성을 평가한다.

안전성평가는 외관조사 및 현장시험에 의한 부재별 상태평가를 분석하고, 필요시 지형 및 지질조사, 지반탐사(GPR 등), 누수탐사, 각종 계측 등의 실시결과를 고려하여 이론적 계산과 해석적 검증을 통하여 안전성을 평가한다.

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

시설물의 안전성평가의 목적은 시설물이 제 기능 및 역할을 유지할 수 있는 구조적 및 운영상의 안전성 확보여부를 평가하는데 있으므로 현장조사부터 시설물의 현황과 상태 및 특성을 충분히 파악하여 제반 문제점을 도출하고 기초자료 분석 및 구조검토·해석 등에 의해 문제점에 대한 원인을 규명함과 더불어 안전성 여부를 판단하여야 한다.

안전성평가를 위하여 기본과업 이외의 필요한 계측, 측정, 조사 및 시험 등의 선택 과업을 시설물 종류 및 구조적 특성에 따라 책임기술자는 관리주체와 협의하여야 하며, 이를 위해서는 설계자료 검토, 시공방법과 사용재료의 검토, 기록을 통한 운영이력의 분석, 부재별 상태평가결과 및 각종 계측·측정·조사·시험 등을 통하여 충분한 기초자료를 확보하는 것이 중요하며, 안전성평가 시 검토할 사항은 다음과 같다.

- ① 비파괴 시험결과 분석
- ② 지질조사 등의 결과 분석
- ③ 시설물의 변형/변위 및 거동 등의 측정결과 분석
- ④ 구조물의 구조검토·해석결과 분석
- ⑤ 기타 안전성평가를 위하여 필요한 사항

나. 안전성평가방법

공동구의 안전성평가방법은 일반적으로 주변지반의 응력상태를 고려한 해석적 방법에 의해 이루어진다.

해석적 방법에 의해 구조물의 안전성을 평가하는 경우 현장조사 및 수집 자료에 의해 얻어진 구조물의 치수, 시공 상세도, 재료의 성질 및 구조물의 결합, 주변지반조건 등을 종합하여 실제 상태에 대한 해석을 통해 올바른 평가를 기대할 수 있으므로 관련 설계 및

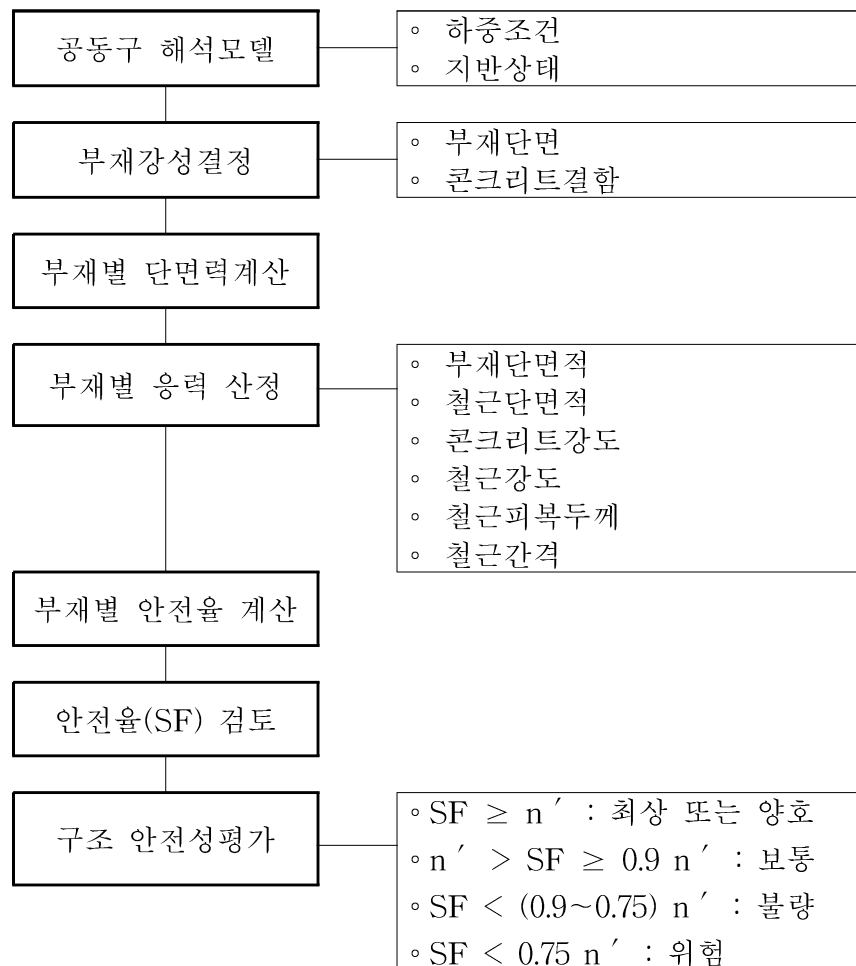
안전에 관한 제반기준을 적용하고 공인된 신뢰도가 있는 해석방법에 의해 평가되어야 한다.

구조물의 해석 시 안전여유율이 고려되어 있으므로 현재상태의 구조물에 대한 구조 해석 결과가 「건설기준코드」의 안전도 기준에 미흡하다고 해서 구조물이 불안전 하다는 것이 아니라 단지, 구조물의 안전여유율이 적다는 것을 의미한다.

따라서 구조해석에 의한 구조물의 안전성평가는 현재상태의 구조물이 얼마나 안전여유율을 확보하고 있는지의 정도를 평가하는 것이 합리적이라 할 수 있다.

즉, 구조해석 결과 안전여유율이 등가안전율(n') 이상인 경우는 안전성이 충분히 확보된 구조물로 평가하고 등가안전율 미만이나 안전여유율이 등가안전율의 약 75% 이상일 때는 안전성은 있지만 충분치 못한 상태로서 구조물의 상태를 주기적으로 점검 및 과대하중 재하억제 등의 관리가 필요한 상태로 평가하며, 안전여유율이 등가안전율의 약 75% 미만인 경우에는 사용제한여부의 판단이 요구되거나 사용금지를 요하는 안전성이 결여된 구조물이라고 평가할 수 있다.

구조물의 안전성평가 산정절차를 그림으로 도시하여 표현하면 [그림 15.3]과 같다.



[그림 15.3] 안전성평가결과 산정절차

다. 내진성능평가

「법」 제12조제3항에 따라 내진성능평가를 실시할 경우 세부지침 공통편의 부록 6. 내진성능평가 공통적용사항과 내진성능평가 세부지침(터널편) 등에 따라 시설물의 내진 성능을 만족시키도록 내진성능평가를 수행하며, 관련 문헌을 참고할 수 있다.

15.5.2 안전성평가기준

정밀안전점검(필요시)이나 정밀안전진단 시에는 안전성평가결과를 산정한다.

정밀안전점검의 경우에는 공동구 상태평가 시 공동구 안전성에 직접 관련된 주요 구조 부재의 손상항목이 D급 이하로 판정되거나 혹은 전문가에 의해 안전성평가 요구가 있을 경우 원인분석을 위한 구조검토 결과에 따라 안전성평가결과를 산정한다.

공동구는 대부분 지표면 아래에 축조되는 구조물로서 지하수의 부력, 지반의 부등침하 및 누수에 의한 지반함몰 등의 영향을 받는다.

따라서 공동구의 설계·준공도서 및 기존의 안전점검 또는 정밀안전진단 보고서 등을 검토하여 구조물의 안전성을 판단하거나 실제 주요부재의 상태평가결과가 불량하게 나타나 현장조사 시 문제점이 발생한 부위를 대상으로 안전율(Safety factor, SF) 검토를 수행하여 구조물의 안전성을 판단하는 것이 필요하다.

국내에서의 구조물 안전성평가는 평가대상 항목의 안전율을 이용하여 수행하고 있으며, 안전율 검토는 허용응력설계법(부재의 발생응력과 허용응력의 비)이나 강도설계법(부재의 소요강도와 설계 강도의 비)에 따라 구조물의 각 부재에 작용하는 외력에 의한 응력을 산정하여 이루어지고 있다.

일반적으로 공동구는 지반과의 상호작용을 바탕으로 구조적 거동이 이루어지므로 구조해석에 필요한 경계조건, 지반상수 등은 설계·준공도서 또는 지반조사에 의해 얻거나 구조물의 설계기준 등에 나와 있는 값을 참고하여 구한다.

상기와 같은 내용을 근간으로 검토한 휨, 전단, 압축 등의 구조적 최저 안전율 정도에 따라 구조물의 안전성에 대한 평가기준을 설정하면 다음 [표 15.27]과 같다.

[표 15.27] 시설물의 안전성평가기준

기준	내 용
A	안전율(SF)이 1.0 이상이고 주부재에 손상이 없는 경우
B	안전율(SF)이 1.0 이상이고 주부재에 손상(단면손실)이 있는 경우
C	안전율(SF)이 1.0 미만~0.9이상
D	안전율(SF)이 0.9 미만~0.75이상
E	안전율(SF)이 0.75 미만

15.5.3 안전성평가결과 산정 방법

가. 안전성평가결과 산정

구조물의 해석방법에는 강도설계법과 허용응력설계법이 있으며 이 중 강도설계법을 원칙으로 하지만 특별한 경우에는 허용응력설계법을 적용할 수 있다.

강도설계법에서는 구조물의 안전여유를 두 가지 측면에서 고려하는데 하나는 하중의 변경, 구조해석 시의 가정과 계산을 간단하게 함으로써 야기될지 모르는 초과하중의 영향을 고려한 하중계수이며, 다른 하나는 설계계산상의 불확실성, 부재의 다양한 형식에 대한 상대적 중요도, 재료의 설계 강도 및 실제단면치수와 제작 시공기술 등에 관련된 다소의 불리한 오차들이 개별적으로는 허용한계에 있더라도 총체적으로 결합 시 부재의 강도감소를 초래할 가능성에 대비한 강도감소계수이다.

이러한 하중계수와 강도감소계수에 의한 설계상의 구조물 안전여유율을 등가안전율이라 하며 다음 식으로 표현된다. 이의 값은 활하중/고정하중의 비(L/D)와 휨부재 혹은 전단부재의 여부에 따라 차이를 갖는데 휨응력에 대해서는 약 1.5~2.0이고, 전단응력에 대해서는 1.7~2.5정도의 값을 갖는다.

$$n' = \frac{\gamma_D + \gamma_L L/D}{\phi(1 + L/D)}$$

여기서, n' : 등가안전율
 γ_D : 고정하중계수
 γ_L : 활하중계수
 L/D : 활하중과 고정하중의 비
 ϕ : 강도감소계수

일반적으로 설계개념의 안전율을 도입하는 공동구는 안전율 산정이 가능하므로 [표 15.22]와 같은 방법으로 안전성평가결과를 산정한다.

- ① 안전성평가는 일반적으로 수치해석을 통한 부재의 응력크기로 평가
- ② 안전율 SF=1 이상인 경우 : A등급으로 표현
- ③ 안전율 SF=1 이상이거나 같은 경우로서 손상이 있는 경우 : B등급으로 표현
- ④ 안전율 SF=1보다 작은 경우 : C, D, E등급으로 표현
 - C등급 : $0.90 \leq SF < 1.0$
 - D등급 : $0.75 \leq SF < 0.90$
 - E등급 : $SF < 0.75$

여기서, 강도설계법 안전율 : $SF = \frac{\text{설계강도}}{\text{소요강도}} = \frac{\phi M_n}{M_u}$

허용응력설계법 안전율 : $SF = \frac{\text{허용응력}}{\text{발생응력}} = \frac{f_a}{f_d + f_l}$

나. 안전성평가결과 산정 방법

공동구는 설계당시 안전율을 도입한 경우에는 안전성평가결과 산정 방법을 다음과 같이 예시 하였다.

[표 15.28] 공동구의 안전성평가결과 산정 예

공동구 안전성평가결과 산정표			
공동구명	○○공동구		표번호
부재구분	안전율(SF)	평가결과	비 고
상부슬래브(횡방향) 휨모멘트	1.08	a	
상부슬래브(종방향) 휨모멘트	0.92	c	
상부슬래브 전단력	1.03	b	손상(단면감소)발생
안전성평가결과	최저 안전성평가결과 = C		

15.6 종합평가기준 및 방법

15.6.1 종합평가기준

시설물의 종합평가는 상태평가만 실시한 경우에는 상태평가결과에 의해 부여된 상태평가등급이 그 시설물에 대한 종합평가등급으로 결정되지만 상태평가와 안전성평가를 동시에 실시한 경우에는 각각의 결과로 부여된 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교하여 최저평가결과를 종합평가결과로 결정한다.

15.6.2 종합평가결과 산정 방법

가. 종합평가 산정 절차

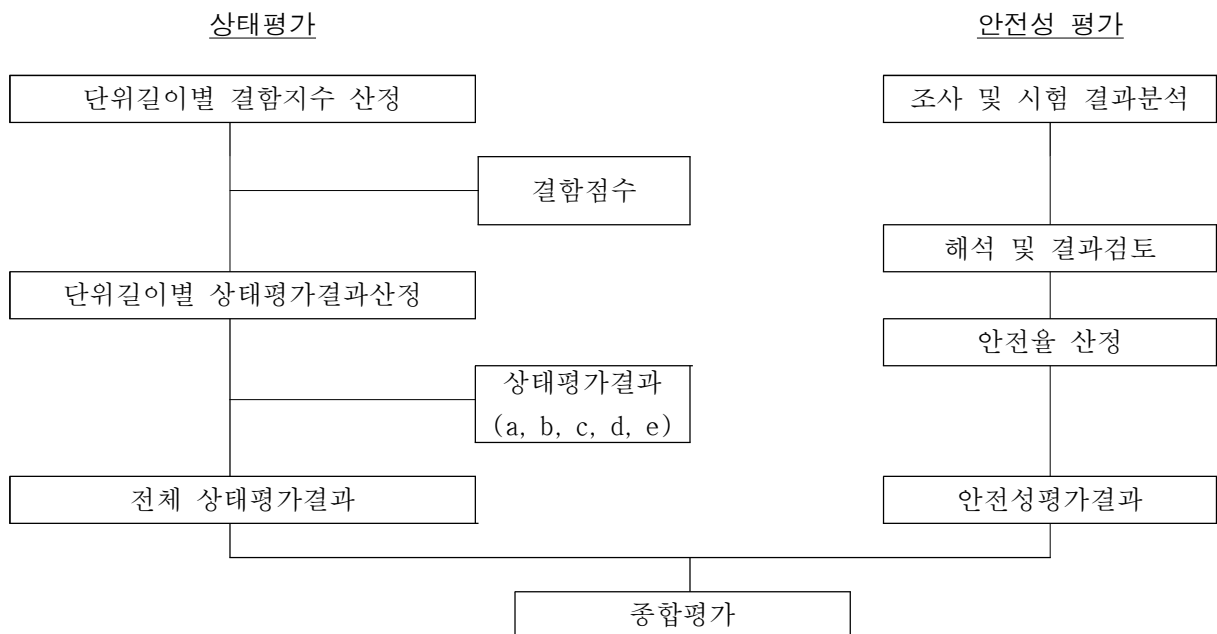
공동구 상태평가와 안전성평가결과 2개 등급 중 최저등급을 공동구 종합평가결과로 하여야 하고 [그림 15.4]의 절차에 따라 결정한다.

1) 정밀안전점검

공동구 상태평가와 기타시설(필요시)을 종합하여 공동구 상태평가결과를 결정하며, 공동구 안전성평가를 시행한 경우에는 상태평가결과와 안전성평가결과를 비교하여 최저등급을 공동구 종합평가결과로 결정한다.

2) 정밀안전진단

공동구 상태평가결과와 안전성평가결과 중 최저 등급을 공동구 종합평가결과로 결정한다.



[그림 15.4] 시설물의 종합평가결과 산정절차

나. 종합평가결과 산정 방법

공동구 종합평가방법은 다음과 같다.

[표 15.29] 공동구의 종합평가결과 산정 예

공동구 종합평가결과 산정표				
공동구명	○○공동구		표번호	
평가구분	결함지수	평가결과	비 고	
상태평가	0.37	C	근거 표번호	
안전성평가	—	A	근거 표번호	
종합평가	—	C		
종합평가결과	○ 안전성평가결과를 표시함. ○ 종합평가결과 : C			

15.7 보수·보강 방법

보수·보강은 보수재료와 공법선정 시 내하력, 내구성, 기능 및 미관 등을 검토하여 결정하며, 이 때 중요한 것은 구조물의 결함 발생원인에 대한 정확한 추정이며, 이를 통해 적절한 공법을 선정할 수 있고 또한, 적절한 보수재료를 선택할 수 있다.

따라서 시설물관련 제반자료, 진단 시 수행한 각종 상태평가 및 안전성평가결과를 기초로하여 결함 발생원인에 대한 정확한 추정 후 보수·보강공법을 선택한다.

15.7.1 균열에 대한 보수공법

콘크리트 균열은 구조물의 내구성 및 사용성에 영향을 미칠 수 있으므로 균열의 원인을 분석하여 표면처리공법, 주입공법, 충전공법 등의 적절한 대책이 필요하다.

15.7.2 누수에 대한 보수공법

콘크리트 누수는 구조물의 기능장애와 노후화의 원인이 될 수 있으므로 누수의 원인을 분석하여 지수공법, 유도배수공법, 차수공법 등의 적절한 대책이 필요하다.

15.7.3 재질열화(박리, 재료분리, 철근노출 등)에 대한 보수공법

철근노출, 박리·박락 및 재료분리 등이 발생한 부위는 구조적인 원인보다는 시공불량 및 환경적인 요인에서 피복두께부족 및 다짐부족, 균열 및 철근부식 등에 의해 발생된다.

대책으로는 단면복원공법이 적용 가능하며, 이 공법은 파취작업한 개소에 단면복원재를 충전하여 단면을 보수하는 공법으로 철근의 부식에 기인하는 열화대책에 적용할 수 있다. 철근에 적합한 방청처리를 실시하고 모르타르 등을 충전하는 것이 일반적이지만, 보수 규모에 따라서 흙손으로 마무리할 경우, 거푸집을 설치해서 충전할 경우, 단면복원재의 재박리방지 때문에 철망 등을 끼우는 경우, 판을 병용하는 경우 등으로 구분하여 적용할 수 있으며 사용재료도 다양하다. 따라서 미리 목표로 하는 내구성이나 공기, 공사비 등을 감안하여 보수·보강공법, 재료를 선정 할 필요가 있다.

15.7.4 내구성 저하대책

일반적으로 탄산화에 대한 보수기술은 마감재 등의 보호막에 의하여 탄산화 진행을 억제하려는 방법이 사용되고 있다.

1) 탄산화가 경미한 경우

탄산화 깊이가 피복두께를 넘지 않는 경우로써 철근까지의 탄산화 도달기간이 내구연한보다 작을 경우에는 콘크리트 표면으로부터 탄산화의 진행을 억제시키는 표면처리 공법을 적용한다.

2) 탄산화가 진행된 경우

탄산화가 진행된 경우 재알칼리화공법을 적용한다. 이 공법은 수증기 통과율이 낮은 차단 층을 표면에 설치하게 되면 탄산화 되지 않은 콘크리트가 탄산화된 콘크리트를 다시 알칼리성으로 만들어 탄산화된 부분의 경계를 표면 쪽으로 밀어내게 되는 원리를 이용한 것이다.

3) 균열이 발생한 경우

콘크리트에 균열이 발생한 경우 철근 주변까지 비교적 빠른 속도로 탄산화된다. 이 경우 탄산화의 진행을 억제하는 대책으로 탄성고무재 도막이나 균열충전재를 사용하는 방법이 있다.

4) 철근 주변까지 탄산화 진행

열화된 부분을 제거 후 보수한다. 철근이 부식된 경우 보수재료와 철근이 최대한 부착되도록 철근에 발생한 녹 등을 모두 제거하여야 한다. 세정 후에 가벼운 산화물이 발생할 수 있다. 이렇게 철근에 완전히 부착된 산화물은 콘크리트와의 부착에 항상 유해한 것만은 아니다.