

지하철 3호선 압구정역 외부출입구 승강기 설치공사 실시설계

유지관리지침서

2008. 8.



차 례

제 1 장 개 요	1
1.1 적용범위.....	1
1.2 용어의 정의.....	1
1.3 관련기준.....	2
1.4 유지관리의 목적.....	2
1.5 유지관리 요령.....	3
1.6 유지관리의 경제성.....	4
1.7 유지관리 절차.....	6
제 2 장 관리체계 및 조직운영	7
2.1 개 요.....	7
2.2 조직 및 역할.....	7
2.3 기획과 예산편성.....	8
2.4 유지관리 계획.....	9
2.5 기 준.....	12
2.6 기록 및 보고.....	13
2.7 자료관리.....	13
2.8 공급 및 조달.....	14
2.9 요원관리.....	15
제 3 장 외부출입구 개착구조물	17
3.1 손상의 종류와 원인.....	17
3.2 구조물의 점검.....	26
3.3 보수·보강공법.....	44

3.4 보수보강후 평가.....	95
3.5 보수보강합격기준.....	101

제 1 장 개 요

1.1 적용범위

본 지침서는 지하철 3호선 압구정역 외부출입구 승강기 설치공사의 시설물 공용기간 동안 시설물의 안전성과 기능성을 유지하기 위한 시설물 유지관리 업무에 적용한다.

본 지침서는 시설물의 안전점검 및 정밀안전진단과 유지관리를 시행함에 있어 점검방법, 관리방법 등의 내용에 대하여 체계적이고, 효율적인 운용을 도모하기 위해 일반적이고 기본적인 사항을 규정하였으며, 기타 특별한 구조물이나 별도의 전문적인 기술이 필요한 경우는 적절한 보정을 통하여 지침서를 준용할 수 있으며, 또는 각종 시방서를 참고하여야 한다.

1.2 용어의 정의

본 유지관리지침서에 사용된 용어의 정의는 다음과 같다.

- 유지관리 : 시설물과 부대시설의 기능을 보존하고 이용자의 편의와 안전을 도모하기 위하여 일상적으로 또는 정기적으로 시설물의 상태를 조사하고 손상부에 대한 조치를 취하는 일련의 행위
- 보 수 : 일상적인 손질 즉 유지로는 감당치 못할 정도로 크게 손상된 시설물을 수리를 통하여 원래의 기능을 회복시키는 작업
- 복 구 : 재해 등의 요인으로 변형되어 본래의 기능을 상실한 시설물을 원형으로 만들어 본래의 기능을 충분히 발휘할 수 있도록 보수하는 작업
- 신 설 : 시설물을 새로 축조하는 작업
- 보 강 : 파손된 구조물 보수에 있어서 원래의 기능 이상으로 기능향상을 꾀하거나, 적극적으로 기존 구조물의 기능향상을 목적으로 행하는 작업
- 개 량 : 기존 시설물을 현재의 상태 보다 더욱 양호한 상태로 고치거나, 사회적, 경제적인 여건변동으로 인하여 이에 부응하기 위해 시행하는 시설물의 개조
- 기 능 : 목적 또는 요구에 따라서 대상물이 달성하는 역할
- 기 능 성 : 시설물에 요구되는 기능에 관한 제 성능
- 내 구 성 : 시설물의 성능, 기능저하의 시간경과 변화에 저항하는 성능
- 내 용 성 : 시설물 또는 그 부분이 기능을 지속해서 유지하는 능력
- 내 하 성 : 부재의 내하력으로 평가하는 시설물의 성능
- 내용년수 : 시설물과 부대설비가 건설 후 사용하거나, 시간이 지남에 따라 물리적인 마모, 기능

의 저하 등으로 인하여 그 시설물을 이용하는데 안전 및 기능유지가 어려운 상태에 이르기까지의 기간

- 이 상 : 시설물의 각 부분에 있어서 위치, 형상, 구조 등이 정상이 아니어서 제 기능을 발휘 하기가 곤란하게 된 상태
- 결 함 : 시설물이 자체적인 변화 또는 외부의 작용에 의해 불완전하게 된 상태
- 점 검 : 시설물의 물리적, 기능적, 환경적 상황을 시설물의 이상에 대하여 신속하고도 적절한 조치를 취하기 위하여 실시하는 조사
- 측 정 : 점검부의 이상 또는 결함부의 상태를 정확히 알기 위하여 기기 또는 장비를 이용하여 정량적인 자료를 산정하는 작업
- 기 록 : 점검이나 측정을 통하여 발견된 이상현상 등에 관한 사항과 이것의 처리사항을 일정한 양식에 기술하는 것. 또한 시설물을 유지관리하기 위하여 필요한 제반 자료를 작성하는 것.

1.3 관련기준

본 지침에서 정하지 않은 사항들은 다음 기준이나 법규에 따른다.

- ① 도로교표준시방서
- ② 콘크리트표준시방서
- ③ 시설물의 안전관리에 관한 특별법 및 그 시행령
- ④ 건설교통부가 발행하는 각종 요령 및 지침
- ⑤ 철도청이 발행하는 교량 관련 각종 요령 및 지침
- ⑥ 본 공사의 시방서

1.4 유지관리의 목적

1.4.1 유지관리의 목적

구조물 유지관리는 구조물량의 현상을 파악하여, 이상 및 손상을 조기에 발견하고 적절한 조치를 취함으로써 사용자의 안정 및 원활한 교통 흐름을 확보함과 동시에 향후 구조물 유지관리에 필요한 자료를 얻는 것을 목적으로 실시하며, 유지관리의 목적은 다음과 같다.

- ① 구조물의 안전성을 확보하고, 설계목적에 부합되도록 보장한다.
- ② 손상을 조기에 발견하고, 향후 발생될 손상을 예측한다.
- ③ 구조물의 상태를 체계적이고 주기적으로 기록한다.
- ④ 축적된 점검결과의 분석을 통해 향후 설계, 시공될 구조물의 개선을 기대할 수 있다.

- ⑤ 보수, 보강, 개축 등의 의사결정에 필요한 자료를 제공한다.
- ⑥ 점검결과와 전산관리 등을 통해 합리적인 유지관리 계획을 수립하여, 예산의 최적분배가 가능하게 한다.

1.4.2 안전점검의 목적

안전점검은 시설물유지관리 업무의 일환으로서 시설물의 기능 및 안전을 유지하기 위하여 경험과 기술을 갖춘 자가 육안 또는 점검기구 등에 의하여 내재되어 있는 위험요인을 조사하는 행위로 안전하고 원활한 교통을 확보함과 동시에 합리적인 유지관리 자료를 기대하는 것을 목적으로 실시한다.

1.4.3 정밀 안전진단의 목적

정밀안전진단은 시설물의 재해예방 및 안전성 확보 등을 위하여 필요한 시설물에 대하여 물리적, 기능적 결함을 발견하고 그에 대한 신속하고 적절한 배치를 하기 위하여 구조적 안전성 및 결함의 원인 등을 조사, 측정, 평가하여 보수, 보강 등의 방법을 제시하는 것을 목적으로 한다.

1.5 유지관리 요령

1.5.1 유지관리 개요

시설물의 결함은 계획, 설계, 제작, 시공 및 감리, 시설물의 이용, 청소 및 점검 장비와 시설 등의 유지관리 단계를 거치면서 자연적 요인과 인위적 요인에 의하여 발생하는 것이므로 유지관리 단계에서는 물론 계획, 설계, 시공단계에서도 유지관리를 염두에 두고 행하여야 한다. 시설물의 유지관리 체제는 다음의 제반사항을 추구함으로써 순차적으로 구축한다.

- ① 유지관리 담당자에 대한 시설물 보전의 정확한 정보제공
- ② 공사상의 하자에 대한 신속하고 적합한 대응
- ③ 유지관리 업무에 관한 제반 기준의 확립
- ④ 유지관리 활동에 대한 지원체제의 정비
- ⑤ 시설물의 신뢰성 확보
- ⑥ 시설물에 대한 수명주기의 비용 개념을 도입

1.5.2 유지관리의 자세

시설물의 유지보수 업무에 종사하는 자는 항상 다음과 같은 자세로 업무에 임하여야 한다.

- ① 시설물의 결함이나 파손을 초래하는 요인을 사전조사로 발견하여 미연에 방지토록 한다.
- ② 시설물의 결함이나 파손은 조기발견하고 즉시 조치하여 파손이 확대되지 않도록 한다.
- ③ 이용편의에 있어서 제한 및 장애를 최대한 적게 한다.
- ④ 안전을 최우선으로 하여 모든 작업을 시행한다.
- ⑤ 면밀한 작업계획 수립에 의해 최대의 작업효과를 가져오도록 하여 예산낭비의 요인이 없도록 한다.

1.5.3 유지관리의 방침수립

시설물의 유지관리 업무를 효과적이고 적합한 방법을 통하여 경제적으로 수행하기 위해서는 다음과 같은 운영방침을 수립해야 한다.

- ① 시설물에 대한 지속적인 점검과 사전정비를 효과적이며 체계적인 방법으로 실시하여 시설물의 기능을 보존하고 이용자의 안전과 편의를 도모하도록 한다.
- ② 주시설의 관리를 최우선으로 하고, 부속 시설물도 예방정비를 철저히 시행하여 시설물의 피해가 확대되는 것을 방지한다.
- ③ 시설물 정비를 효과적으로 수행하기 위해서는 보수의 타당성을 사전에 충분히 판단한 후 적정한 규모와 경제적인 방법으로 적기에 시행한다.
- ④ 예산 집행상 차질이 없도록 명확한 년, 월, 주간 작업계획하에 일일 인력동원, 자재투입, 작업 운영 등 철저한 작업계획을 수립하여 예산낭비 요인이 발생하지 않도록 한다.
- ⑤ 작업원의 이직현상과 동원의 어려움을 해소하고 능력있고 성실한 필수작업요원들을 고정 확보하여 운영할 수 있도록 하는 유지관리반의 정예화가 필요하다.
- ⑥ 기존시설에 대하여 새로운 방법에 의한 개량과 규격 및 기준을 변경할 때는 현재 시행되는 모든 기준에 부합되어야 하며, 관리책임부서 및 관련기준과 협의 후 조치한다.

1.6 유지관리의 경제성

1.6.1 시설물의 경제성

유지관리의 경제적 기본원칙은 종합적 비용을 최소부담으로 수행해야 하는 것이다. 종합적 비용에는 계획설계비, 건설비, 유지관리비 및 폐기처분비 등 모든 비용을 종합적으로 검토하여야 한다.

유지관리비의 구성요소는 다음과 같이 분류한다.

- ① 유 지 비 : 시설물을 관리하기 위해서 실시하는 일상점검, 정기점검, 청소, 보안, 식재관리, 제설 등에 필요한 유지점검에 관련된 비용
- ② 보수비 및 개량비 : 파손개소, 결함이 발생한 부분에 대한 사후보전을 위해 보수하는 비용과 개조 등을 지출하는 비용
- ③ 일반관리비 : 시설물을 유지하는데 지출되는 제반 관리비로서 행정비, 관련세금, 보험료, 감가상각, 업무위탁에 필요한 사무비 및 위탁업무의 검사에 필요한 경비 등
- ④ 운용지원비 : 유지관리에 필요한 기술자료의 수집, 기술의 연수, 보전기술개발의 제비용 등

1.6.2 내용년수

내용년수를 나타내는 방법으로는 여러 가지가 있지만 대별하면 다음과 같은 4가지가 있다.

- ① 물리적 내용년수 : 시설물과 부대설비가 건설후 사용함에 따라서 또는 세월이 지남에 따라 손상, 열화(劣化)등의 변질현상이 진행되어 그 시설물을 이용하기에 위험한 상태에 이르기까지의 기간
- ② 기능적 내용년수 : 시설물의 기능이 사회 및 경제활동의 진전, 생활양식의 변화 등에 따른 변화에 대응하지 못하고, 기능의 상대적 저하가 시설물로서의 편익과 효용을 현저하게 저하기켜 그 기능을 발휘하기 어려운 상태에 이르기까지의 기간
- ③ 사회적 내용년수 : 시설물의 제 기능저하보다는 사회적 환경변화에 적응이 불가능하기 때문에 야기되는 효용성의 감소를 말한다.
- ④ 법정 내용년수 : 시설물이 안전을 유지하고 그 기능을 지닐 수 있는 기간으로 물리적 마모, 기능상, 경제상의 조건 등을 고려하여 각 시설물이나 부대시설에 대해 규정한 년수를 말한다.

상기된 4가지 내용년수 중에서 시설물의 유지관리 측면에서는 기능적 내용년수를 고려하여 경제적 평가의 기준으로 함이 타당하다.

1.7 유지관리 절차

시설물을 유지관리함에 있어서 정확한 현 보유강도나 안정성 파악, 급격한 기능저하를 가져올 우려가 있는 변형누수 등의 결함을 조기에 파악하여 적절한 대책을 수립하는 것이 매우 중요하다. 시설물 유지관리는 정량적으로 기준화된 것이 아니므로 경험적 판단을 요하는 경우가 많으나 적절하고 객관적인 평가가 이루어지기 위해서는 시설물별 점검기준 및 평가판정기준을 마련하여 각 기준에 따라 유지관리를 시행하는 것이 바람직하다.

한편, 새로운 형식의 특수구조물에 결함이 나타난 경우에는 경험의 부족으로 향후의 예측이 불가능한 경우가 있으므로 전문기술자의 자문을 구하여야 한다.

유지관리를 적절히 하기 위해서는 다음과 같은 절차에 따라 수행하는 것이 바람직하다.

- ① 시설물별 적절한 유지관리계획을 작성한다.
- ② 유지관리자는 유지관리계획에 따라 시설물의 점검을 실시하며, 점검은 점검표에 따라 실시한다.
- ③ 점검결과에 따라 발견된 결함의 진행성 여부, 발생 시기, 결함의 형태나 발생위치와 그 원인과 장해추이를 정확히 평가·판정한다.
- ④ 점검결과에 의한 평가·판정 후 적절한 대책을 수립하여야 한다.

제 2 장 관리체계 및 조직운동

2.1 개 요

구조물 유지관리에 적용하는 일반적인 관리원칙은 가장 적절한 경비로 최선의 방법을 통하여 작업을 수행하는 것이다. 본 절에서는 구조물 전반에 걸친 유지관리 체계를 개발하기 위하여 고려되어야 할 사항을 제시하였다. 유지관리란 설계, 시공된 형태에 대하여 구조물 각 기능별로 구분한 체계와 그 요소들을 보호, 보수, 복구하는 사항으로 그외 추가되는 부대시설의 관리, 청소 등의 예방적인 관리 및 방재대책, 기타 서비스 등도 포함된다.

2.2 조직 및 역할

2.2.1 유지관리 조직

각 구조물 유지관리 조직에서 유지관리자의 책임과 권한은 상급부서와의 상호유대관계와 동등 수준의 유지관리 업무를 운영하는 기타 다른 부서의 역할 등을 포함하며 하급부서의 성격에 의해 결정된다.

구조물 본래의 다양한 기능을 보존시키기 위한 유지관리 업무의 본질을 고려하면 지역의 범위가 넓은 토목 구조물의 유지관리 업무는 기능적인 면 보다는 행정, 산업, 교통등의 지리적, 사회적인 면에 관련시켜 하는 것이 좋다. 이 경우 다른 행정기관의 담당 업무도 고려하여 유지관리 기관의 설치 위치는 가능한 한 지역의 행정중심이 되는 도시에 두는 것이 편리하며 이것은 물론 현장과의 거리와 점검을 하기위해 필요로 하는 시간과의 관계에서 결정된다. 기능의 다양성은 유지관리조가 보유한 능력과 장비에 의해 좌우된다고 볼수 있는데, 그 성격상 고가의 정교한 장비를 필요로 하는 유지관리 분야는 일반적으로 특수작업조(crew)에 의해 다루어지며 때로는 정규 유지관리 집단 외의 조직에 국한되는 경우도 있다.

2.2.2 유지관리 조직의 역할

하급조직으로부터 입수된 정보는 관리업무를 효율적으로 수행하는데 필요한 판단기준이 되고 또한 불필요하거나 불확실한 정보를 제거하기 위한 여과장치와 완벽성 및 정확성을 향상시키기 위한 검토 기능을 한다. 또한, 정보를 상급 유지관리 수준으로부터 하부조직 수준으로 전달케하는 것도 하부의 정보가 상부로 유입되는 것과 마찬가지로 중요하다. 최종결정은 정보전달이 관리업무를 명확성을 보장해 줄 수 있어야 하며 가급적 최하급 실무 수준에서 이루어지도록 장려되어야 한다.

관리업무는 조직개념과 조직원들이 조직의 성공에 기여할 수 있는 요원의 일부가 되어야 한다는 의식을 증진시켜야 한다. 이것은 유지관리자에 의해 행하여진 작업이 각 종사자들이 동기를 부여 받을 때 최선의 결과를 얻을 수 있기 때문이다. 즉 이해는 동기 부여에 대해 필수적이며 이해를 돕기 위한 열쇠는 상호간의 정보교환에 있다. 이런 것들에 대한 많은 연구결과, 구조물 유지관리 분야를 명확히 정립하기 위해서는 상호간의 정보교환이 필수적임을 알 수 있다. 그러나 각 관리자는 조직기구, 관리방법 또는 정보전달 계통을 변경하기에 앞서 그 조직의 일관된 관점을 고려하여야 한다.

2.2.3 유지관리자의 임무

유지관리를 효과적으로 수행하기 위한 유지관리 종사자의 임무는 다음과 같다.

- ① 정기적으로 시설물의 이상 유무를 점검하고 작업원을 배치하여 청소 및 제반 시설물에 대한 상시보수를 실시한다.
- ② 일일작업량을 부여하고 작업과정을 감독하며 실시결과를 확인, 보수작업일지를 기록 정리한다.
- ③ 작업장 안전관리 및 담당구간내 순찰을 실시하여 이상 유무를 확인한다.
- ④ 사고발생시 인명구조작업과 피해가 확대되지 않도록 필요한 안전조치를 취해야 한다.
- ⑤ 보수작업 시행에 있어 효율적인 작업시행 방법을 강구하여 작업성과를 증대토록 한다.
- ⑥ 철저한 작업계획 확립으로 인원, 자재 및 작업도구 등을 준비 확보하여 차질이 없도록 하여야 한다.
- ⑦ 수시로 필요한 안전관리 교육을 실시하여야 한다.

2.3 기획과 예산편성

기획과 예산편성 체계(System)의 선정은 어떤 작업이 최우선이고 조직내에서 무엇이 최선의 정보 전달을 고무시킬 수 있는가에 기초를 두고 행하여져야 한다. 예산의 수립은 과거의 기록 및 수행성과를 토대로 하게 되며, 다음과 같은 사항이 예산편성에 고려되어야 한다.

- ① 어떤 구조물이 계획된 유지관리의 관점에서 재시공을 필요로 하는가를 결정
- ② 승인된 사업과 예정사업을 비교하여 유지관리 요구사항의 조정
- ③ 차후 재시공될 구조물의 유지관리 요구사항을 조정하기 위한 향후 일정계획시 신설시공 계획의 결정

예산 편성 시에는 목적인 수준을 달성하기 위해 월별, 분기별 검토를 하여야 하며 시행사업의 소요경비가 실행예산을 초과하지 않도록 감시하여야 한다.

각 구조물의 유지관리에 소요되는 예산편성은 구조물의 재령, 구조물의 결함에 따른 일반보수비와 특별보수비, 인명과 재산의 피해정도 및 구조물의 특성 등에 따라 반드시 기획하여 반영되어야 한다.

2.4 유지관리 계획

- 시설물의 유지관리자는 장기적인 유지관리기준을 마련하고 그 기준에 근거하여 유지관리를 행하여야 한다.
- 유지관리는 시설물의 계획, 설계 및 시공의 기록을 적절히 이용하여야 한다.
- 시설물의 계획, 설계 및 시공시 유지관리를 충분히 고려하는 것이 바람직하다.

2.4.1 점검계획

시설물의 준공후 유지관리자는 수시점검 또는 정기적인 점검계획을 수립하여 계획에 따라 적절히 점검을 시행하며, 점검계획을 수립할 때는 다음과 같은 사항들이 고려되어야 한다.

- ① 시설물의 종류, 범위, 항목, 방법 및 장비
- ② 점검대상부위의 설계자료, 과거이력 파악
- ③ 시설물의 구조적 특성 및 특별한 문제점 파악
- ④ 시설물의 규모 및 점검의 난이도
- ⑤ 점검당시의 주변여건
- ⑥ 점검표의 작성
- ⑦ 기타 관련사항

2.4.2 점검의 종류

시설물의 점검의 종류는 다음과 같이 분류한다.

- ① 수시점검 : 유지관리자 또는 관리주체의 일상적인 유지관리 업무로 육안을 이용하여 일일 점검 또는 필요하다고 판단되는 때에 수시로 실시하는 부정기 점검이다.
- ② 일상점검 : 손상을 조기에 발견하기 위해 육안을 이용하여 정기적으로 실시하는 점검으로 가능한 시설물에 근접하여 점검하고, 손상판정기준에 따른 상태 등급을 기록한다.
- ③ 정기점검(초기점검 포함) : 시설물의 안전성을 확보하기 위하여 정기적으로 실시하는 정밀육안 점검 및 장비를 이용한 점검을 말하며 손상부위 및 손상종류, 손상의 정도 등 손상 상세사항을 그림 또는 도면에 기록한다. 초기점검은 시설물 관리대장에 기록되는 첫번째 시설물의 정기점검으로 신설구조물의 경우 준공후 90일이내에 시행토록 확인하고 기록하여

추후 특별한 주의를 필요로 하는 사항에 대하여 점검 중에 평가하여야 한다.

- ④ 긴급점검 : 태풍, 집중호우, 폭설 등의 재해가 발생한 경우, 긴급한 손상이 발견된 때 또는 관리주체가 필요하다고 판단하는 경우에 실시하는 모든 점검을 말하여, 필요한 경우에는 장비나 기계기구를 사용하여 실시한다.
- ⑤ 정밀안전진단 : 특별히 선정된 시설물의 외관상태, 내구성, 내화성 및 안전도의 파악을 위해 실시되며, 정밀육안조사와 장비조사 및 현장시험을 통하여 조사·측정 평가하여 보수·보강등의 방법을 제시한다.

2.4.3 점검 시설물

점검종류별 점검대상 시설물은 다음과 같다.

- ① 수시점검 : 유지관리가 필요한 모든 시설물을 대상으로 한다.
- ② 일상점검 : 유지관리가 필요한 모든 시설물을 대상으로 한다.
- ③ 정기점검 : 시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령에서 정한 1,2종 시설물과 관리주체가 필요하다고 판단하는 시설물을 대상으로 한다.
- ④ 긴급점검 : 태풍, 집중호우, 폭설등의 재해가 발생한 경우, 긴급한 손상이 발견된 때 또는 관리주체가 필요하다고 판단하는 시설물을 대상으로 한다.
- ⑤ 정밀안전진단 : 관리주체가 안전점검을 실시한 결과 시설물의 재해예방 및 안전성 확보 등을 위하여 필요하다고 판단하는 시설물과 “시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령”에서 정하는 시설물을 대상으로 한다.

2.4.4 점검시기

점검종류별 점검시기는 다음과 같다.

- ① 수시점검 : 1일 점검 또는 관리주체가 필요하다고 판단한 때
- ② 일상점검 : 분기별 1회 이상 실시한다.
- ③ 정기점검 : 2년 1회 이상 실시한다.
- ④ 긴급점검 : 관리주체가 필요하다고 판단한 때 또는 관계행정기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에게 긴급점검을 요청한 때
- ⑤ 정밀안전진단 : 관리주체가 필요하다고 인정한 경우에 실시한다.

2.4.5 점검원의 자격

시설물의 안전점검을 실시할 수 있는 점검원의 자격은 “시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령”에서 명시한 점검원의 자격을 갖춘 자로서 건설교통부장관이 인정하는 안전점검 및 정밀안전진단 교육을 이수한 자를 말하며, 자격은 다음과 같다.

안전점검 및 정밀안전 진단을 실시할 수 있는 자의 자격

구 분	기술자격자	학력·경력자	비 고
수시점검 및 일상점검	<ul style="list-style-type: none"> •토목·건축분야의 1급 이상의 자격을 소지한자 •토목·건축분야의 기사 2급의 자격을 소지한 자로서 당해분야에서 3년이상 근무한자 	<ul style="list-style-type: none"> •토목·건축분야의 석사이상의 학위를 가진자 •토목·건축분야의 학사학위를 가진자로서 당해분야에서 1년이상 근무한자 •토목·건축분야의 전문대학을 졸업한자로서 당해분야에서 3년이상 근무한자 •토목·건축분야의 고등학교를 졸업한자로서 당해분야에서 6년이상 근무한자 •토목·건축분야의 학위를 가졌거나 토목·건축분야의 전문대학 또는 고등학교를 졸업한자로서 공공관리 주체에 소속되어 유지관리 업무에 종사하는 자 	<ul style="list-style-type: none"> •수시 점검은 “시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령”에 명시된 점검은 아님
정기점검 (초기점검) 및 긴급점검	<ul style="list-style-type: none"> •토목·건축분야의 기술사 •토목·건축분야의 기사 1급의 자격을 가진자로서 당해분야에서 7년 이상 근무한 자 •토목·건축분야의 기사 2급의 자격을 가진자로서 당해분야에서 10년 이상 근무한 자 	<ul style="list-style-type: none"> •토목·건축분야의 박사학위를 가진 자 •토목·건축분야의 석사학위를 가진자로서 당해분야에서 6년이상 근무한자 •토목·건축분야의 학사학위를 가진자로서 당해분야에서 9년 이상 근무한자 	
	<ul style="list-style-type: none"> •건축사 면허를 가진자로서 연면적 5천 제곱미터 이상의 건축물에 대한 설계 또는 감리실적이 있는 자 	<ul style="list-style-type: none"> •토목·건축분야의 전문대학을 졸업한자로서 당해분야에서 12년이상 근무한자 •토목·건축분야의 고등학교를 졸업한자로서 당해분야에서 15년 이상 근무한자 	

구 분	기술자격자	학력·경력자	비 고
정밀안전진단	<ul style="list-style-type: none"> •토목·건축분야의 기술사 •토목·건축분야의 기사 1급의 자격을 가진자로서 당해분야에서 10년 이상 근무한 자 •토목·건축분야의 기사 2급의 자격을 가진자로서 당해분야에서 13년 이상 근무한 자 	<ul style="list-style-type: none"> •토목·건축분야의 박사학위를 가진자로서 당해분야에서 3년 이상 근무한자 •토목·건축분야의 석사학위를 가진자로서 당해분야에서 9년이상 근무한자 •토목·건축분야의 학사학위를 가진자로서 당해분야에서 12년 이상 근무한자 •토목·건축분야의 전문대학을 졸업한자로서 당해분야에서 15년이상 근무한자 	

2.4.6 일정계획

작업을 원활하고 능률적으로 실시하기 위해서는 유지관리의 전반적인 일정계획을 합리적으로 수립하고 작업시행은 계획에 따라 면밀한 준비와 세심한 검토를 하면서 시행하여야 한다.

2.5 기 준

2.5.1 품질기준

품질기준은 분산되어 있는 각 구조물의 유지가 균일하고 적시에 양질의 기술로 이루어 지도록 보장하여야 한다. 품질기준은 때때로 유지관리조 상호간의 경험차이, 사용재료의 차이, 유지 우선순위상의 문제점, 기준에 맞는 자원의 결핍 등으로 효율적인 기준의 제정이나 관리가 어렵다. 그러므로 품질기준은 유지관리 활동을 야기시킬 조건과 점검주기를 명시해야 하며, 필요한 조치를 규정해야 한다. 또한, 충분한 결과를 얻기 위해서는 성과품에 대한 시방서를 상세히 확인하여야 한다. 완료된 작업의 성과를 평가할 수 있도록 상세한 세부 항목을 점검표에 작성하여 품질기준에 포함시켜야 하며 복잡한 구조물의 경우에는 전문기술자에 의해 품질기준이 규정되어야 한다.

2.5.2 작업기준

작업기준은 효과적인 기획, 예산편성, 일정계획 수립에 필수적인 요소이다. 거의 모든 유지관리 기능들은 반복 작업에 의해 수행되며 어떤 기능들은 수시로 반복 수행되고 기타 기능들은 연중 몇 차례만 반복되기도 한다. 또한 몇몇 기능들은 많은 인원들로 여러가지 수행단계를

거쳐서 이루어지나 어떤 기능은 혼자서 간단히 행하여지는 것도 있다.

작업기준 작성시 고려할 사항은 기능이 복잡하고 경비가 많이 소요되는 빈번한 반복 기능들에 대한 것이다. 유지관리 우선순위는 높은 품질 또는 작업의 효율을 위해 필요하며 시간과 능률 기준은 규정된 유지관리 우선순위에 근본을 두어야 한다. 시간과 능률 기준에 영향을 미치는 변수로는 현장까지 또는 현장으로 부터의 이동시간, 재료의 수송시간, 가용한 장비의 형식, 극도의 기후조건, 작업원의 부족 등이 있다. 시간과 능률기준에 따른 유지관리 절차는 기획을 위한 인력과 장비계획, 작업일정계획, 예산편성에 필수적인 요소이다. 즉 작업기준은 가용자원의 우선순위 결정에 기본적인 판단기준이 된다.

2.6 기록 및 보고

2.6.1 일 반

유지관리 기록 및 보고를 위해서는 순찰일지, 작업일지, 자재수급일지, 취업표 등을 기록하여 상부기관에 보고하여야 한다. 어떠한 보고 체계도 기재사항 그 자체 만큼은 신뢰할 수 있으므로 신뢰성을 확보하기 위해서는 관련 기재사항을 잘 이해하여야 하며 그 기재사항들을 될 수 있는대로 간단한 표현을 사용해야 한다. 기록체계는 많은 기능들을 잘 포함할 수 있도록 수립되어야 하며, 효과적인 기록체계를 이루려면 수립과정에서 앞서 예상되는 의문사항들이 밝혀져야 한다.

2.6.2 기록의 기간

유지관리 기록은 시설물을 사용하는 기간동안 보존하는 것을 원칙으로 하며, 시설물의 사용기간은 지난후에도 다른 시설물의 유지관리자료로 사용하기 위해 보존하는 것이 바람직하다.

2.6.3 기록의 항목

기록해야 할 항목으로는 주요제원, 일반도, 주변환경, 점검계획과 결과, 평가판정의 결과, 대책계획 및 결과 등으로 한다.

2.7 자료관리

자료관리의 방법에는 관리하는 자료의 항목이나 종류에 따라 차이가 나지만 관리하는 대상 구조물의 수량, 지역의 범위에 따라 또한 차이가 있다. 일반적으로 시공시 설계도서류의 보존

관리는 물론 일상업무에 사용빈도가 높은 평면도 등은 설계 원도보다 복사된 현황원도를 따로 작성하여 사용하는 것이 좋다.

대량의 구조물을 유지관리 하려면 기존 구조물에 관한 자료도 필연적으로 요구되므로 이용빈도가 높은 자료를 전산화(data base)하여 정보검색을 합리화 하는 것이 좋다. 관리하는 구조물에 관한 각종자료 및 유지관리 실시자료는 향후의 유지관리를 진행하는데 필요하며 과거의 경과로 부터 현재를 분석하거나 장래의 투자계획을 책정하는 경우 등에도 필수 불가결한 정보원이 된다. 자료관리는 우선 관리할 자료의 항목을 정한 다음 그것을 관리하는 방법을 규정하여야 한다.

유지관리에 필요한 자료에는 다음의 것이 있다.

- ① 주변지역의 현황도 및 관계서류
- ② 지반조사 보고서 및 실험 보고서
- ③ 설계도, 구조계산서, 설계도면, 표준시방서, 특별시방서, 견적서
- ④ 보수, 개수(改修)시의 상기 설계도서류 및 작업기록
- ⑤ 공사계약서, 시공도, 사용재료의 업체명 및 품명
- ⑥ 공정사진, 준공사진
- ⑦ 관련된 인허가 서류등

2.8 공급 및 조달

유지관리에 있어서의 공급 및 조달은 실제작업을 직접시행하는 경우는 그 비중이 다른 관리업무와 마찬가지로 대단히 중요하며, 그 작업을 외부로 발주하는 경우에는 필요한 자재나 기계는 수주자 측에서 준비하는 것이 일반적이고 공급 및 조달의 비중은 상대적으로 적으므로 일반관리업무의 일부에 포함시키는 정도가 좋다.

유지관리를 목적으로 하는 공급 및 조달은 물자의 형식에 관계된 범주로 다음과 같이 분류할 수 있다.

- ① 유지관리 절차상 필요한 여러가지 시방의 물자
물자의 저장 및 조달은 넓은 지역에 분포된 저장소에 대량으로 행하는 것이 일반적이며 물자의 이동은 대량의 조달로 경비를 낮추기 위해 수년주기로 행하여 진다.
- ② 화학물질, 페인트, 연료, 벌크(bulk)등은 드럼통, 탱크, 창고 등과 같은 대량의 특수저장시설을 필요로 하며 물품은 연간 또는 계절적인 사용량을 기본으로 하거나 재료의 최대저장수명에 따른다.
- ③ 청소재료, 안전복, 장비부품 등과 같은 공급물품은 중앙공급체계를 통하여 구입된다.

- ④ 서비스 품목으로는 수건, 보호복, 가스, 청소작업용품 등과 같은 항목을 제공한다. 물자와 더불어 장비는 유지관리 업무의 공급 및 조달에 중요한 역할을 한다. 인원과 자재의 수송은 실작업에 쓰이는 작업장비와 함께 유지관리 계획에서 가장 큰 예측불능의 요소를 갖는다. 만약 기상 불확실성이 배제된다면 연중 물자 조달계획은 매우 정확히 세워질 수 있다. 그러므로 과거의 기상기록을 최대한 활용하여 계획을 세워야 하며 한정된 저장수명을 갖는 공급 항목들은 특별한 관리를 필요로 한다.
- 전기와 전자 수리장비들은 일반적으로 고가이고 한정된 저장수명 때문에 문제가 발생하는 경우도 있다. 고가의 장비들은 공급자로 부터 적절한 부품공급이 원활하지 않는 경우가 있으므로 타기관들과의 협조로 여분의 재고를 파악하는 것이 바람직하다. 유지관리를 위한 물자의 저장은 예상되는 조건들(저장수명, 저장규정 등)에 의해 저장물자를 제한하고, 공급이 원활하고 사용현장에서 가장 편리한 저장위치로 제한하여야 한다.

2.9 요원 관리

2.9.1 요원관리

유지관리 업무를 직접하는 경우는 작업종류에 따라 국가기술자격법에 명시한 기술자격을 보유한 요원을 필요로 하며 주요부분의 실작업은 외부의 전문업체에 위탁하는 것이 요구되는 품질 확보의 차원에서 바람직하다.

관리업무 중에는 각종기준의 작성 및 개정, 적산, 공정관리, 안전관리, 검사 등에 기술자를 필요로 하므로 그 영역은 넓다. 그러나 일반 사무직원도 유지관리에서는 상당한 영역에서 그 적성을 발휘할 수 있다. 또한 일반사무직원이 기술을 필요로 하는 영역에 대해서도 어느 정도의 훈련과 교육을 통하여 기술자를 대신할 수 있는 기능을 발휘할 수 있도록 하는 조치가 필요하다.

2.9.2 유지관리 작업조의 규모

각종 구조물의 유지관리 업무는 크게 다음 3가지 형식이 있다.

- ① 주기적 또는 예방적인 유지관리
- ② 국부 또는 전면의 일상적 유지관리
- ③ 응급보수

기타 요원들로 구성된 아주 작은 유지관리작업조는 청소나 간단한 보수작업등의 항목을 주기적으로 취급할 수 있으나 유지관리작업조의 정확한 규모는 보수대상부위에 대한 필요작업량에

의해 결정된다. 국부 또는 전면 유지관리작업조는 기 언급된 소규모 유지관리작업조 보다 기술의 정도가 높은 조직이 필요하므로 필요인력은 개개의 작업들에 따라 가변적이다. 필요인력은 1~2명의 작업원에 의해 수행될 수 있는 조직이 요구된다. 일상적이 아닌 전면적 유지관리 작업은 콘크리트의 보수, 철근조립작업, 도장기술, 비계조립작업, 강 부재의 용접등과 같이 작업이 기본적으로 중요하며 많은 지식과 경험을 필요로 한다.

2.9.3 교육 및 훈련

교육 및 훈련은 전문영역의 기능과 지식을 향상시키며 그외에도 그와 관련된 지식도 부여함으로써 유지관리를 체계적으로 수행하는데 도움이 된다. 교육 및 훈련은 구조물 유지관리 계획을 수립하는데 있어 중요한 부분이며 특히 양질의 관리를 위해 필수적이다.

경험 있는 유지관리 조직원들에 대해서도 교육 및 훈련의 내용을 개선하여 재교육 및 훈련이 필요하며 이에 따라 얻어지는 이익은 질적, 양적인 견지에서 구조물 유지관리 성과를 향상시킨다.

제 3 장 외부출입구 개착구조물

3.1 손상의 종류와 원인

3.1.1 콘크리트 구조물의 손상

콘크리트 구조물의 손상에는 다음과 같은 항목이 있다. 각 손상의 종류에 대한 손상정도의 범위를 표 3-1에 나타냈다.

1) 균열

일반적으로 콘크리트에서 균열은 육안으로 분간할 수 있다. 보통 균열부에는 녹이나 백화의 흔적이 나타난다.

- 균열은 미세균열, 중간균열 및 대형균열로 나눌 수 있다. 철근 콘크리트 구조물에서의 미세균열은 구조물의 성능에는 영향이 없으나 중간 및 대형 균열은 중요하기 때문에 점검보고서에 기록하여 추적조사가 이루어지도록 하여야 한다. 프리스트레스트 콘크리트에서의 균열은 모두 중요하기 때문에 점검 중 균열의 길이, 폭, 위치, 그리고 방향에 유의하여야 한다.
- 콘크리트보에서의 균열은 구조적으로 영향이 있는 균열과 구조적으로 영향이 없는 균열로 나눌 수 있다. 구조적으로 영향이 있는 균열에는 최대 인장부 또는 모멘트부에서 발생하여 압축부로 진전되는 수직방향의 휨 균열과 부재의 복부에서 주로 발생하는 경사방향의 전단 균열이 있다. 구조적으로 영향이 없는 균열에는 온도로 인한 균열, 건조수축에 의한 균열, 그리고 매스 콘크리트 균열 등이 있다.
- 균열은 결함원인별로 수축균열, 정착균열, 구조적 균열, 철근부식 균열, 지도형상 균열, 동결융해 균열로 나눌 수 있다. 부식 등 화학적 작용이 심할 경우 구조적 균열, 철근 부식균열, 지도형상 균열은 시설물 구조에 영향을 미칠 수 있다.

2) 박리(Scaling)

박리는 콘크리트 표면의 모르타가 점진적으로 손실되는 현상으로, 표면에서의 모르타 손실 깊이 등을 기준으로 표 3-1과 같이 4가지로 나눌 수 있다. 점검자는 박리의 위치, 크기 및 깊이를 기록하여야 한다.

3) 층분리(Delamination)

층분리는 철근의 상부 또는 하부에서 콘크리트가 층을 이루며 분리되는 현상으로, 철근의 부식에 의한 팽창이 주요 원인이며 이러한 부식은 주로 칼슘이온(소금, 염화칼슘)에 의하여 발생된다. 층분리 부위는 망치로 두드려 중공음이 나는지 여부로 확인할 수 있다. 점검자는 층분리의 위치 및 크기를 기록하여야 한다.

4) 박락(Spalling)

박락은 콘크리트가 균열을 따라서 원형으로 떨어져 나가는 층분리 형상의 진전된 현상이다. 박락은 정도에 따라 표 3-1과 같이 분류된다. 점검자는 박락의 위치, 크기 및 깊이를 기록하여야 한다.

5) 백화(Efflorescence)

백화는 콘크리트 내부의 수분에 의하여 염분이 콘크리트 표면에 고형화한 현상으로 콘크리트 노후화의 증거이다.

6) 손상

열차의 탈선에 의한 충돌로 인하여 콘크리트 시설물 구조물이 손상을 입을 수 있으며 특히 프리스트레스트 보의 경우 충돌 손상에 유의하여야 한다.

7) 누수

배수공과 시공이음의 결함, 균열 등으로 발생된 누수에 대하여 그 상태를 조사한다.

8) 중성화

공기중의 탄산가스와 콘크리트중의 수산화칼슘이 서서히 반응하여 탄산칼슘으로 됨에 따라 콘크리트가 알칼리성을 상실하는 현상으로 콘크리트의 배합조건, 양생조건, 시공조건 등이 주요 원인이며 중성화 깊이 혹은 철근부식량 등으로 열화의 상태를 조사한다.

9) 동해

콘크리트중의 수분이 동결과 용해의 반복작용으로 균열이 발생하거나 표면부가 박리하여 콘크리트 표면층에 가까운 부분으로부터 파괴되어 내구성이 저하되는 현상으로 콘크리트의 동해 깊이로 열화의 상태를 조사한다.

10) 알칼리골재 반응

주로 시멘트로부터 공급되어지는 알칼리와 골재중의 반응성 실리카성분이 수분의 존재하에서 장기간에 걸쳐 일어나는 체적팽창성 반응으로, 콘크리트에 균열을 일으키고 구조물의 내구성을 저하시키는 현상으로 콘크리트의 팽창량으로부터 열화의 상황을 조사한다.

11) 염해

외부로부터 염화물 이온이 침투하거나 콘크리트중에 염화물 이온이 존재하여 강재가 부식함으로써 콘크리트 구조물에 손상을 끼치는 현상으로 철근부식량 등으로 열화의 상태를 조사한다.

표 3-1 열화의 등급판정

열화종류	열 화 정 도	열 화 범 위
균 열	미세균열	0.1mm 이하
	중간균열	0.1mm ~ 0.7mm
	대형균열	0.7mm 이상
박 리	경미한 박리	0.5mm
	중간정도의 박리	0.5mm ~ 1.0mm
	심한 박리	1.0mm ~ 25.0mm
	극심한 박리	25.0mm 이상으로 조골재 손실
박 락	소형 박락	깊이 25mm 이하 또는 직경 150mm 이하
	대형 박락	깊이 25mm 이상 또는 직경 150mm 이상

3.1.2 손상의 원인

1) 균열

균열의 발생원인은 설계, 환경, 재료, 시공 등 여러 가지 원인이 있으며, 이를 원인별로 분류하면 표 3-2와 같다.

표 3-2 콘크리트의 균열 원인

분 류	원 인
설 계 관 련	세부설계의 불량
하 중 관 련	사용하중, 지진력, 과하중, 단면·철근량 부족, 부등침하
환 경 요 인	환경·온도의 변화, 콘크리트 부재양면의 온도차, 동결·융해의 반복, 화재에 의한 표면의 가열, 내부철근의 녹에 의한 팽창, 산·염류의 화학작용
재 료 의 성 질	시멘트의 이상응결, 시멘트의 이상팽창, 콘크리트의 침하 및 불리딩, 골재에 포함되어 있는 진흙, 시멘트의 수화열, 콘크리트의 경화·건조수축, 반응성 골재와 팽화암의 사용
시 공 관 련	혼화재료의 불균일한 분산, 장시간의 반죽, 펌프 압송시의 시멘트·물의 중량, 급속한 타설속도, 불균일한 타설, 배근 처짐, 철근 피복두께의 감소, 거푸집의 부풀음, 누수, 동바리의 가라앉음, 초기의 급속건조, 경화시의 진동재하, 거푸집의 조기제거, 초기동결

구체에 발생하고 있는 균열은 열화도에 복잡하게 영향을 미친다. 약간의 균열이 있어도 콘크리트의 중성화에 영향을 줄 수 있으며, 한냉지에서는 동해에 영향을 준다. 또한, 내부철근까지 도달하는 균열일 경우는 철근의 부식에 영향을 준다. 부재를 관통하는 균열은 누수의 원인이 되고 다른 부분의 열화를 조장하는 경우도 있다.

균열손상은 구조물의 주변상황을 종합해서 조사하고 열화현상의 원인의 추정에도 활용할 수

있다. 그림 3-1~3-6에 대표적인 균열손상의 종류와 원인을 나타냈다.

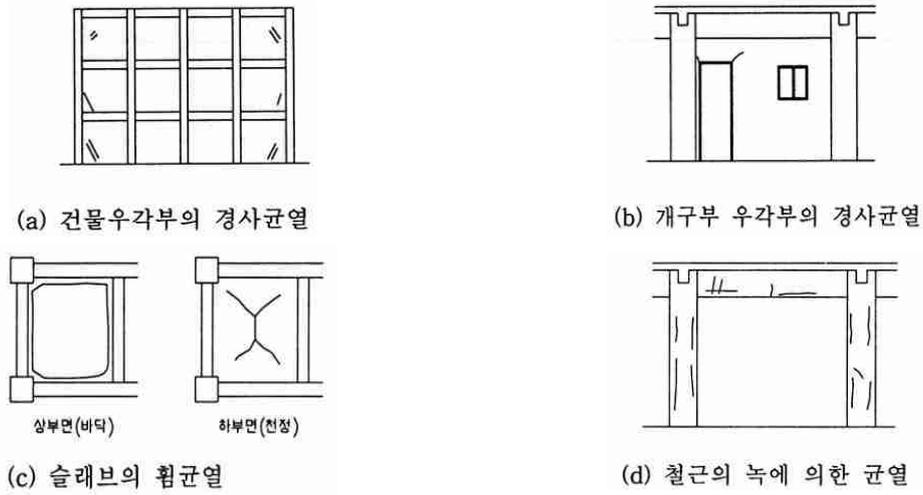
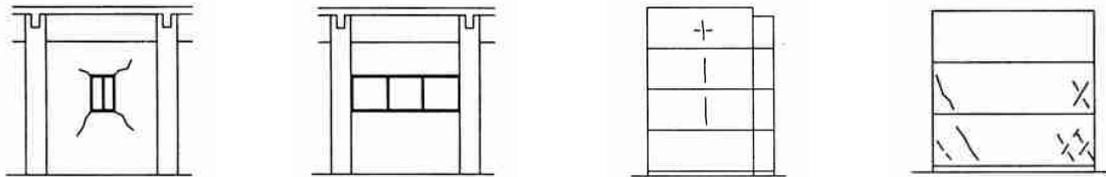
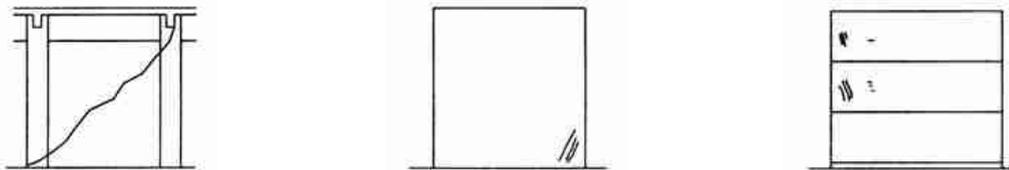


그림 3-1 균열의 형상



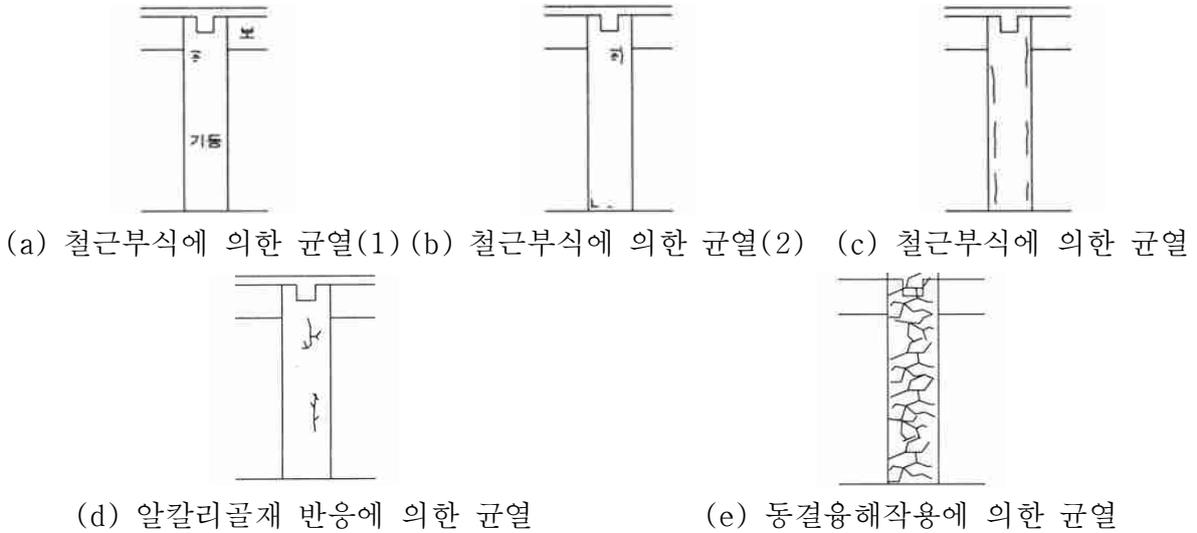
(a) 건조수축균열(1) (b) 건조수축균열(2) (c) 건조수축균열(3) (d) 건조수축균열(4)



(e) 콜드조인트에 의한 균열 (f) 부등침하에 의한 균열 (g) 철근의 부식에 의한 균열

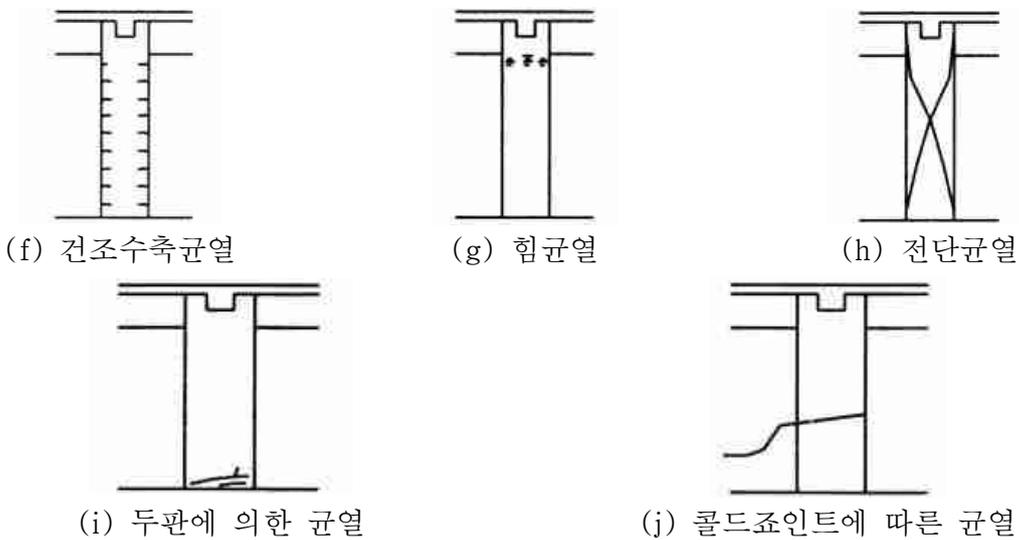
- (a) 기둥·보에 의해 주변이 구속된 벽에 개구부가 있으며 우각부에 경사진 균열이 일어나기 쉽다.
- (b) 허리벽과 내림벽에는 수직방향의 균열이 일어나기 쉽다.
- (c) 큰 벽에서는 건조수축에 의해서 종방향으로 인장균열이 생긴다.
- (d) 큰 벽에서는 기초가 구속되어 상부구조가 수축하기 때문에 단부에 경사균열이 일어나기 쉽다.
- (e) 콘크리트 타설시에 시간간격이 있는 경우는 콜드조인트가 되어 균열이 생긴다.
- (f) 큰 벽에서는 부등침하에 의해서 역팔자 형태의 균열이 생긴다.
- (g) 철근의 부식에 의한 균열은 피복두께가 작은 곳에서는 철근의 노출을 동반하는 것이 많다.

그림 3-2 벽·개구부에 생기는 균열의 형태와 추정되는 원인



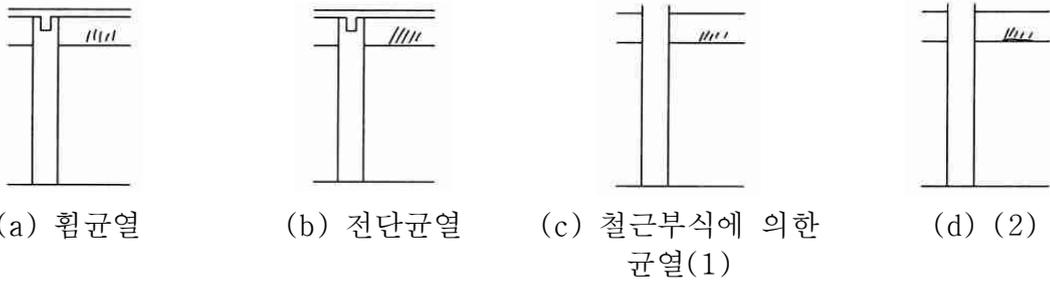
- (a) 철근부식에 의한 균열(1) (b) 철근부식에 의한 균열(2) (c) 철근부식에 의한 균열
- (d) 알칼리골재 반응에 의한 균열 (e) 동결융해작용에 의한 균열
- (a) 피복두께 부족이 원인으로 주근을 따라서 균열과 박리가 생기는 경우
- (b) 주두부와 주각부에서 철근이 한쪽으로 몰려서 피복두께가 부족하여 균열과 박리가 생기는 경우
- (c) 콘크리트중에 염화물을 다량 함유하여 주근에 따라서 균열이 발생하는 경우
- (d) 기둥의 중심부에 종방향으로 균열이 생기는 경우
- (e) 외부에 면한 기둥에서 거북등 모양의 균열이 발생한다.

그림 3-3 기둥에 생기는 균열의 형태와 추정되는 원인(1)



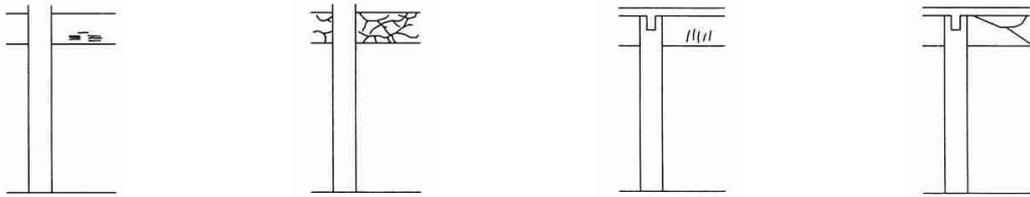
- (f) 건조수축균열
- (g) 휨균열
- (h) 전단균열
- (i) 두판에 의한 균열
- (j) 콜드조인트에 따른 균열
- (f) 기둥의 각부에 횡방향으로 균열이 생긴다.
- (g) 지진시에 주두부분에 휨균열이 생기는 예
- (h) 지진시에 경사방향으로 전단균열과 주근에 따라서 부착균열이 생긴 예
- (i) 주각부 등에는 두판등이 생길 가능성이 많지만, 그 부분에 균열이 생긴다.
- (j) 시공을 연속해서 진행하지 않을 경우 앞서 타설한 콘크리트가 먼저 응결을 시작해 나중 타설한 콘크리트와의 사이에 균열이 생긴다.

그림 3-4 기둥에 생기는 균열의 형태와 추정되는 원인(2)



- (a) 휨모멘트를 받고 있는 보에서는 미세한 휨균열은 허용된다.
- (b) 부등침하와 지진시에 전단력을 받는 경우에 생기는 균열
- (c) 피복두께 부족이 원인인 늑근에 따른 균열로 박리가 생기고 있다.
- (d) 보주근을 따라서 균열이 생기는 것으로 콘크리트중에 염화물을 다량으로 함유하는 경우에 생기는 균열

그림 3-5 보에 생기는 균열의 형태와 추정되는 원인 (1)



- (e) 알칼리 골재반응에 의한 균열
- (f) 동결융해작용에 의한 균열
- (g) 건조수축에 균열
- (h) 이어치기에 따른 균열

- (e) 보의 중심부에 수평방향으로 균열이 생긴다.
- (f) 외부에 면한 부재에 거북등형의 균열이 생긴다.
- (g) 재축에 직교하는 방향으로 균열이 생긴다. 바닥슬래브까지 관통한다.
- (h) 먼저 타설한 콘크리트와 나중 타설한 콘크리트 경계면에서 균열이 생긴다.

그림 3-6 보에 생기는 균열의 원인과 추정되는 원인 (2)

2) 철근의 부식

콘크리트중의 철근부식의 주된 요인에는 철근주위의 콘크리트의 중성화와 염화물이온의 존재, 균열 등이 있으며, 철근이 이미 노출되어 있는 경우는 이러한 원인에 의해서 콘크리트의 피복이 탈락한 것이며, 거기까지는 이르지 않아도 균열이 철근에 도달하면, 우수가 침입해서 녹물등이 나타난다. 철근부식의 원인에는 표 3-3와 같은 항목이 있다.

표 3-3 철근부식의 원인

철근부식의 원인	진 단 방 법
콘크리트의 중성화 철근의 피복두께 부족 마감재의 두께 부족 열화 콘크리트중의 염화물 함유 화학적침식 물질의 존재 동해	버어니어 캘리퍼스, 스케일, 육안에 의한다. 버어니어 캘리퍼스, 스케일, 육안에 의한다. 초산용해법에 의한 전염분량으로 한다. 화학분석, X선회절 등에 의한다.

3) 누수

철근콘크리트 구조물의 천정 및 외벽부분에서의 누수가 문제가 된다. 마감재 자체의 오염만으로 그치는 경우도 있지만, 전산기계실 등의 중요한 기기가 있는 곳에서의 누수는 중대한 사고를 일으킬 우려도 있으며, 누수검지 장치를 준비해두는 곳도 있다. 누수의 원인은 콘크리트 구체에 결함이 있는 경우 실링재·방수재료의 경년열화, 개구부 주위의 간극과 균열등 여러 가지가 있지만 대부분이 설계상의 문제이거나 시공상에 기인하는 것이다. 누수의 진단에서는 이러한 원인을 밝히고 조속한 시기에 적절한 조치를 해야 한다.

4) 표면열화

표면열화에는 백화, 오염(누수의 흔적, 녹물오염을 포함), 들뜸, 박리, 박락, 팝아웃트, 취약화(분상화도 포함) 등이 있으며 원인규명을 위한 조사는 구조물의 이력콘크리트의 품질에 관한 데이터, 구조물의 용도·침식성물질 사용의 유무등에 대해서 설문결과도 참고한다. 표면열화의 점검항목은 표 3-4로부터 적절하게 실시한다. 또한, 점검개소는 열화상황의 종류별로 대표적인 개소를 육안 및 간단한 기구에 의해서 실시한다. 표면열화의 대표적인 원인은 표 3-5와 같다.

표 3-4 표면열화의 점검항목

점 검 항 목	점 검 방 법
백태 오염(누수의 흔적, 녹물오염을 포함) 들뜸, 박리, 박락 팝아웃트 취약화(분상화도 포함)	발생부분, 발생면적, 열화의 정도의 측정 발생부분, 발생면적, 열화의 정도의 측정 발생부분, 발생면적과 깊이, 낙하의 위험성의 측정 발생부분, 발생면적과 깊이의 측정 발생부분, 발생면적과 깊이의 측정

표 3-5 표면열화의 원인

표면열화의 원인
물과 침식성 물질과의 접촉 철근, 매입철물의 부식 등 콘크리트의 거동(균열 등) 외력, 화재에 의한 손상 콘크리트의 품질과 시공결함(피복두께를 포함함)

5) 콘크리트의 중성화

콘크리트는 시멘트, 물, 골재를 혼합하여 시멘트 페이스트로 골재를 결합시킨 것이다. 시멘트가 물과 접촉하면 화학반응이 진행하여 수산화칼슘등이 생성된다. 보통 포틀랜드 시멘트에서 생기는 수산화칼슘의 양은 시멘트양의 약 1/3이며, pH 12~13의 강알칼리성을 나타내어 수화물의 pH를 결정한다.

공기중에 존재하는 탄산가스량은 실외에서 0.03% 정도이지만, 실내에서는 더욱 높은 농도를 나타낸다. 이와 같이 탄산가스가 콘크리트중에 확산하여 콘크리트의 알칼리성을 저하시키는 현상을 중성화라고 한다.

조사는 콘크리트를 부분적으로 깨내어 중성화의 깊이를 측정하고, 측정개소의 환경, 콘크리트의 상황, 마감재의 종류와 깊이를 기록한다. 조사개소는 건물의 대표적인 환경의 어느 부분, 대표적인 마감재를 시공한 부분 및 노출부분, 조사시에 열화현상이 관찰된 부분으로 한다. 중성화(탄산화)에 의한 콘크리트 구조물의 열화는 콘크리트의 배합조건, 양생조건, 시공조건, 환경조건등이 주된 요인이며 중성화 깊이 혹은 철근부식량 등으로 열화의 상황을 판정한다.

- ① 중성화 깊이는 콘크리트 표면의 일부를 깨내어 단편적으로 페놀프탈레인 약액을 분무하고 콘크리트 표면에서 착색부분까지의 평균거리를 측정해서 구한다.
- ② 중성화 시험용의 시약은 1% 페놀프탈레인 용액(수량 약 15% 함유)을 사용하는 것을 원칙으로 한다.
- ③ 측정은 콘크리트가 노출된 여러 가지의 환경조건 및 마감재별로 3개 이상으로 한다.

6) 콘크리트의 동해

동해에 의한 콘크리트 구조물의 열화는 콘크리트의 물시멘트비, 공기량 및 외기온도, 물의 공급정도 등의 열화요인에 의해 발생하는데 콘크리트의 동해 깊이를 열화의 주요 지표로 하고 있다. 한냉지에서는 콘크리트의 조기열화를 일으키는 것으로서 동해가 가장 중요한 요인이 된다. 콘크리트 구조물이 외부에 노출되어 있는 경우 동해는 구조물의 내구성을 크게 좌우하게 되며 재료의 열화를 촉진시키는 등 여러 가지 문제를 야기시킬 수 있다.

콘크리트 구조물은 동결융해 작용을 받아서 콘크리트중의 수분이 동결팽창하고 이것이 반복해서 일어나면 콘크리트의 조직이 느슨해지고 균열, 스케일링, 팝아웃 등을 일으켜, 표면부에서 열화해간다. 이 표면층은 일반적인 동결융해 시험에서의 열화기구와 동일한 열화라고 판단해도 좋으며 깊이가 서서히 증대하여 구조물의 미관에 영향을 미치는 것도 있다. 이 단계에서는 콘크리트 표면 조직의 느슨함이 생기기 때문에 콘크리트중의 함수율이 높아지고 동해의 진행은 더욱 빨라진다.

특히, 동해가 현저하게 진행된 경우 유효한 콘크리트의 단면이 크게 감소하여 내하력에 영향을 주며 철근의 피복감소로 철근 부착강도의 저하와 변형의 증대가 일어날 우려도 있다. 동해의 점검을 위한 점검항목은 표 3-6과 같다. 또한, 점검개소는 주로 박리·들뜸이 확인되는 부위·부분과 그 표면열화 상황별로 대표적인 개소를 각각 1~3개소 선정한다.

조사는 육안 및 비파괴검사에 의한다.

표 3-6 동해의 점검항목

점 검 항 목	점 검 방 법
균열 스케일링 들뜸, 박리, 박락등(팝아웃 포함) 강도추정 동해부분의 깊이 철근의 부식	균열패턴, 균열의 폭·길이·개수 스케일링의 면적과 깊이 들뜸, 박리, 박락의 면적과 깊이 햄머에 의한 반발경도, 타음 각아내기에 의한 열화심화 부식면적

7) 콘크리트의 알칼리골재 반응

알칼리골재 반응에 의한 구조물의 열화는 주로 반응성 골재에 의한 것으로서 주로 콘크리트 팽창량으로부터 열화의 상황을 판정할 수 있다.

알칼리골재 반응에는 알칼리 실리카 반응과 알칼리 탄산염 반응의 2종류가 있으며 주로 많은 피해를 보이는 것은 알칼리 탄산염 반응이다. 콘크리트중에 적절하게 철근이 배근되어 있는 경우 알칼리 탄산염 반응이 구조내하력에 주는 영향은 그다지 크지 않다. 따라서, 알칼리 탄산염 반응에 의한 콘크리트 구조물의 열화는 콘크리트의 팽창 및 팽창에 의해서 생기는 균열이지만 강재의 방식등과 관계가 있는 내구성능, 부재의 변형 및 미관에 주는 영향이 주된 내용이다. 알칼리골재 반응의 주된 요인으로는 반응성 골재의 사용, 알칼리의 공급, 물의 공급 등이 있다.

8) 콘크리트의 염해

염해를 받은 콘크리트 구조물의 열화는 콘크리트 표면의 염화물 이온 및 콘크리트 내부의 염화물이온 등이 열화의 요인이며 한계염화물 이온농도에 달하는 부위 표면에서의 깊이, 혹은 철근부식량 등으로 판정한다.

대기중에서 콘크리트 내부의 철근표면에 일정 이상의 염화물 이온이 존재하면, 충분한 양의 물과 산소의 존재에 의해서 철근(PC강재 등 콘크리트 중의 보강강재 모두를 포함)은 부식한다. 이 염화물 이온은 해사의 사용, 염화물 이온을 포함한 혼화재의 사용, 해수의 침입, 동결방지제의 사용등에 의해서 콘크리트내에 침입하며, 특히 해사의 사용에 의한 영향이 가장 크다. 염화물 이온이 콘크리트 자체의 역학적 성질에 주는 영향은 적다. 염해는 염화물 이온의 침입에 의해서 철근이 부식되는 현상으로 다음과 같이 콘크리트 구조물에 악영향을 미친다.

- ① 녹물에 의한 콘크리트 표면의 오염
- ② 철근에 다른 균열 발생에 의한 (a) 일층부식의 촉진 (b) 부재 구조특성의 변화(내하력, 반복하중을 받는 부위에서의 내피로특성 등)
- ③ 피복콘크리트의 탈락
- ④ 철근의 단면결속(중량 감소)

또한, 신설구조물에서는 재료의 품질관리(염화물이온 함유량의 규제)를 충분하게 실시하면, 콘크리트 재료에 기인하는 염화물 이온의 혼입은 방지할 수 있다. 철근부식을 일으키는 한계 염화물 이온농도로서는 0.4%(시멘트 중량에 대한 % : 보통 시멘트의 경우 1.2kgf/m³로서 주어지는 것도 있음)가 기준이 된다.

3.2 구조물의 점검

3.2.1 점검계획

1) 목적

점검 및 진단의 목적은 시설물의 현상태를 판단하여, 상태평가 및 안전성평가의 기본자료를 제공하며, 시설물 상태와 노후화 정도에 대한 지속적인 기록의 제공, 그리고 보수 및 성능회복 작업의 우선순위 등을 결정하기 위함이다.

2) 점검계획, 점검시기 및 장비

① 점검계획

효과적이고 안전한 시설물 점검을 위해서 철저한 사전계획과 준비가 필요하다. 사전점검을 위한 현장조사가 필요하며 계획에는 다음 사항이 고려되어야 한다.

- (a) 점검 형식의 결정
- (b) 점검을 수행하는데 필요한 인원, 장비 및 기기의 결정
- (c) 기 발생된 결함의 확인을 위한 기존 점검자료의 검토
- (d) 점검기간과 계획된 작업시간의 예측
- (e) 타기관 또는 주민과의 협조체계
- (f) 현장기록의 양식을 취합하고 대표 부위에 대한 적절한 사전 스케치
- (g) 특기사항에 대한 확인
- (h) 비파괴 시험을 포함한 기타 재료시험 실시에 대한 적정성 여부의 판단
- (i) 구조물에 붕괴유발부재, 피로취약구조부위, 단재하경로부재와 같이 특별한 주의를 필요로 하는 부재와 부위가 포함되었는지 판단
- (j) 인근 구조물중에 동종의 도구와 장비 및 인력을 필요로 하는 점검작업에 대한 계획 확인

② 점검시기

시설물의 철저한 점검 및 진단을 위하여 기후·온도·시급성등을 고려하여 가장 바람직한 기간중에 실시되어야 한다.

③ 점검장비

시설물 점검 및 진단장비는 접근에 필요한 장비 및 실제 점검작업을 수행하는데 사용되는 장비를 말한다.

점검자는 점검 및 진단을 수행하기 위하여 구조부재에 접근할 필요가 있으며, 이 경우 가장 편리하고 안전한 장비를 이용하여야 한다. 점검 및 진단방법과 진단장비의 선정에 있어 책임 기술자는 현장에서 예비조사를 하여야 하며 만일 도면이 있는 경우의 예비점검 및 진단을 도면을 가지고 수행함으로써 구조물의 형상이나 세부사항들에 대한 예비검증이 되도록 하여야 한다.

3.2.2 점검요령 및 방법

1) 일반사항

시설물의 점검항목이 빠지지 않도록 현장점검을 체계적이고도 조직적인 방식으로 수행하여야 하며, 시설물 점검 및 진단절차를 표준화하여야 한다. 각 시설물별 점검 및 진단실시 요령이나 세부점검양식(일상점검·정기점검)은 점검 및 진단실시요령과 표준점검양식(건설교통부 추천)이 작성되기 전까지는 관리주체가 소관시설물별로 기사용하던 것이나 새로이 작성하여 점검에 활용하여야 한다.

- ① 현장검사 : 현장검사는 기존시설물에 관한 최소한의 기초자료를 얻고, 시간이 경과함에 따라

변화되는 균열폭과 길이등의 변화를 추적하기 위하여 수행한다. 시설물 현장에서의 측정은 도면이 없거나 도면상에 나타난 자료를 확인하기 위하여 필요하다. 측정의 정확성은 원하는 목적을 달성하는 정도이면 충분하다.

- ② 점검 및 진단부위의 청소 : 부식, 노후화 또는 기타 식별이 어려운 결함을 발견하기 위하여 정밀육안근접 점검전에 조사부위를 깨끗이 청소하여야 한다.
- ③ 시설물의 상태평가 : 서로 다른 책임기술자에 의하여 다른 시간대에 수행된 점검 및 진단 결과에 일관성을 확보하기 위하여 책임기술자 등은 시설물 부위별 상태평가를 위하여 제시된 통일된 점검 및 진단양식과 기준에 의하여 조사하여야 한다.
- ④ 중대한 위험이 발견되는 결함 : 현장에서의 점검 및 진단기간 동안 발견된 공중에 위험을 끼칠 수 있는 구조 또는 안전과 관련된 위험이 존재하는 경우에는 즉시 관리주체에 통보하여야 하며 관리주체는 다음과 같은 사항에 대하여 체계화된 조치를 취하여야 한다.
 - (a) 결함에 대하여 소관행정기관의 장에게 신속한 보고
 - (b) 경찰과 주민에 대한 긴급통지
 - (c) 발견된 결함에 대한 신속한 평가
 - (d) 신속한 후속조치
 - (e) 후속조치 결과의 확인
 - (f) 다른 사고 시설물에서 발견된 결함부와 유사한 구조부위를 가지고 있는지 여부의 확인
 - (g) 기타 필요한 사항

2) 일상점검

① 개요

일상점검은 시설물의 유지관리를 책임지고 있는 자가 실시하는 것으로 일반적인 순찰과 유사한 성격의 점검이다.

- (a) 일상점검은 일상의 순회와 같은 성격으로, 육안관찰이 가능한 개소에 대해서 발생시기 및 상황파악을 위해서 실시한다.
- (b) 일상점검의 항목, 부위 및 빈도는 열화예측 결과를 기초로 결정한다.
- (c) 일상점검은 육안관찰, 사진, 비디오, 쌍안경 등에 의한 외관상의 열화점검과 차상감각 등의 기타 점검으로 분류된다.

② 일상점검의 요령 및 방법

(a) 검사항목

일상점검은 육안 또는 쌍안경등의 장비를 이용하여 실시하되 대상구조물의 특성과 열화현상의 종류등을 고려하여야 한다. 일상점검에서는 다음 항목의 검사를 실시한다.

- a) 새로운 균열이나 열화의 발생
 - b) 열화손상의 진행성 여부
 - c) 보수부위의 보수효과
 - d) 구조물 또는 부재전체의 상태 및 콘크리트의 상태
 - e) 기타 점검책임자가 지정한 항목
- (b) 검사장비

일상점검에 사용되는 검사장비는 다음과 같다.

(c) 검사방법

검사방법은 이하와 같은 방법으로 실시한다.

- a) 대상구조물에 대한 순시 및 개략적인 육안검사를 실시한다.
- b) 추적점검구역에 대한 구조물별 위치를 확인한다.
- c) 새로운 균열이나 열화가 발생하였는지를 검사한다.
- d) 새로운 누수·누출부위가 발생하였는지를 검사한다.
- e) 검사사항을 검사양식에 기입하고 관리한다.

일상점검 검사장비 예시

장 비 명	용 도	비 고
크랙게이지	균열폭 측정	정도 : 1/100mm 이상
쌍안경	균열관측	30배
망원경	균열관측	90배 이상
와이어 브러쉬	콘크리트 부서짐 여부판정	
분무기	균열촬영	
사진기	열화현상부위 촬영	
확대경	균열폭 측정	직경 100mm 이상
테스트 햄머	박리여부 판정	
5m 줄자	균열깊이 측정	5m 이상
50m 줄자	균열위치 측정	50m 이상

3) 정기점검

① 개요

(a) 초기점검

초기점검은 시설물관리대장에 기록되는 첫 번째 시설물의 정기점검을 말한다. 일반적으로 신설시설물의 경우는 준공 후 90일 이내에 시행토록 한다. 또한, 구조형태가 변화되었을 때에도 초기점검이 필요하다.

- a) 초기점검은 구조물의 열화예측을 하기 위해 일반적으로 구조물의 사용이전, 사용중 혹은 보수, 보강후에 실시한다.
- b) 초기점검의 항목 및 부위는 상정되는 열화기구 및 건설중의 시험·검사의 결과를 기초로 결정해야 한다.
- c) 초기점검의 방법은 상정되는 열화기구 및 건설중의 시험·검사의 결과를 기초로 열화예측에 적절한 방법을 채용한다.

(b) 정기점검

정기점검은 시설물의 현상태를 정확히 판단하고, 최초 또는 이전에 기록된 상태로 부터의 변화를 확인하며 구조물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하는 데에 필요한 면밀한 육안검사와 간단한 측정기구에 의한 측정으로 이루어지는 계획된 정기적 점검이다.

- a) 정기점검은 일상점검으로 파악하기 어려운 구조물의 세부에 대해서 정기적으로 열화개소 및 열화상황을 파악하기 위해 실시한다.
- b) 정기점검의 항목, 부위 및 빈도는 기존의 유지관리의 기록 및 열화예측 결과를 기초로 결정한다.
- c) 정기점검의 방법은 열화예측의 결과를 기초로 적절한 방법을 채용한다.

② 정기점검요령 및 방법(외관검사)

(a) 검사항목

외관검사에서는 콘크리트 구조물에 보편적으로 발생하고 있는 다음과 같은 열화현상을 검사한다. 외관검사의 결과는 검사양식에 따라 기입하여 보관한다. 점검책임자는 외관검사 결과 열화현상이 심하다고 판단되는 부위에 대하여 정밀검사를 실시해야 한다.

- a) 균열 : 발생시기, 길이, 범위, 부위, 규칙성, 형태, 깊이, 폭, 균열성상
- b) 콘크리트 변형·변질 : 박리, 박락, 켈형성, 백태현상, 누수, 누출
- c) 철근 : 부식, 노출
- d) 특수환경 : 지진, 화재, 산·알칼리의 접촉 유무

(b) 검사장비

외관검사에 사용되는 장비는 다음과 같다.

외관검사 장비 예시

장 비 명	용 도	비 고
크랙게이지	균열폭 측정	정도 : 1/50mm 이상
쌍안경	균열관측	30배
망원경	균열관측	90배 이상
와이어 브러쉬	콘크리트 부서짐 여부판정	
분무기	균열촬영	
로프	격자구성	2m 간격 표시
사진기	열화현상부위 촬영	
확대경	균열폭 측정	직경 100mm 이상
슈미트 햄머	콘크리트 강도 측정	
테스트 햄머	박리여부 판정	
철근탐지기	철근의 위치탐사	
초음파 측정기	콘크리트 내부품질평가	

(c) 검사방법

검사대상 구역을 격자화하고 균열 등의 항목 검사방법은 이하와 같은 방법으로 실시한다. 외관검사를 마치고 열화현상이 현저한 구역에 대해서는 검사자료를 검토하여 정밀검사의 실시여부를 판단한다.

- a) 격자화된 구역을 하나씩 검사한다.
- b) 하부 1단을 중점 검사구역으로 선정하여 균열폭을 기입한다.
- c) A11구역은 슈미트햄머를 사용하여 2.5cm 간격으로 25점에 대한 반발경도를 측정한다.
- d) 2단까지는 10배율 쌍안경을 이용하여 벽면에서 10~15m 거리에서 검사한다.
- e) 3단부터 30배율 망원경을 이용하여 벽면에서 15~20m 거리에서 검사하며, 1단이 높아질수록 4m씩 더 떨어져 검사한다.
- f) 쌍안경 및 망원경은 안정된 삼발 받침대에 고정시킨후 사용해야 한다.
- g) 하부 1단에서 열화현상이 현저한 부분은 사진촬영을 한다.
- h) 균열을 사진촬영할 경우 구역에 물을 분무시키고 균열에만 물기가 남을 정도로 말린 후 표준자의 눈금이 나오도록 촬영한다. 이 때 촬영거리도 기입하며 사용하는 카메라의 렌즈는 50mm를 기본으로 한다.

③ 정기점검의 검사절차

정기점검의 검사절차는 이하의 항목으로 구성되어 있다.

(a) 균열도의 작성

- a) 육안검사를 통하여 발견된 균열은 검사양식에 따라 기록·관리한다.
- b) 육안으로 관측이 곤란한 접근 불가능 지역은 고배율의 망원경을 사용하여 관찰한다. 이 때, 균열의 이상 진전의 가능성이 있거나 균열폭이 과대하다고 판정될 경우에는 고가사다리 등을 이용하여 근접 검사를 실시한다.
- c) 균열의 정확한 추이를 관찰하기 위하여 검사양식에 균열의 시작점 및 끝점의 관측날자를 기록한다.
- d) 관측한 균열의 길이는 시작점과 끝점과의 직선길이를 한다.
- e) 균열에 규칙성이 있다고 판정될 경우에는 균열간격을 측정하여 기록한다. 균열간격은 균열들 사이의 평균간격으로 한다.
- f) 균열이 복잡하여 mapping이 곤란하거나 기록만으로는 열화현상을 충분히 기술하기 힘들 경우에는 사진을 촬영하여 균열도와 같이 보관한다.

(b) 균열폭의 측정

- a) 균열폭의 측정은 1개의 균열내에서 가장 큰 부분의 것을 기록하는 것을 원칙으로 한다. 균열의 길이가 1m를 초과할 경우에는 1m씩 나누어 최대 균열폭의 위치와 크기를 기록한다.
- b) 균열폭의 측정은 정도 1/50mm 이상의 균열게이지로 측정한다.
- c) 균열폭의 측정단위는 mm로 하며 최대 자리수는 소수점 이하 2자리(0.01mm)까지 기록한다.
- d) 균열폭이 0.25mm를 초과하는 균열이 다수 발견되고 열화현상이 현저한 것으로 판단되는 부분에 대해서는 추적검사구역으로 선정하고 정밀검사의 실시여부를 판정하여야 한다.

(c) 균열깊이의 측정

- a) 균열폭이 0.25mm를 초과하는 부분에 대해서는 육안 및 초음파 측정기 등 비파괴 장비를 이용하여 균열깊이를 측정한다.
- b) 균열이 관통되었을 것이라 판단되는 부분에 대해서는 정밀검사의 실시여부를 판정하여야 한다.

(d) 콘크리트의 균열성상

- a) 콘크리트에 발생한 균열특성을 수축성, 팽창성, 침하성 균열의 3종류로 구분하여 기록한다. 특별히 구분이 어려울 경우에는 분류하지 않는다.

- b) 균열성상의 파악은 확대경으로 측정하는 것을 원칙으로 한다. 확대경이 없을 경우에는 균열계이치를 사용할 수 있다.
 - c) 1개의 균열이 2가지 이상의 특성을 지닌다고 판단될 경우에는 그 특성 및 영역을 상세히 기록하되 균열성상 분류시에는 두가지 모두 기록한다.
- (e) 콘크리트의 변형·변질

【콘크리트의 박리】

- a) 콘크리트의 박리는 테스트햄머로 2~3회 타격했을 때 반향음이 맑은 음일 때 박리로 판정한다.
- b) 콘크리트의 박리가 발견된 부분은 그 형태, 폭 등을 검사양식에 따라 기록하고 콘크리트의 균열에도 그 위치 및 범위를 기록한다.
- c) 콘크리트의 박리형태는 부부적 박리, 원추상 박리, 전면적 박리의 3종류로 분류하여 기록한다.
- d) 콘크리트가 박리된 부분은 추적검사구역으로 설정하여 이상점검을 실시한다.
- e) 박리된 콘크리트를 채취하였을 경우에는 정밀검사를 실시할 경우에 대비하여 별도 보관한다.

【콘크리트의 박락】

- a) 콘크리트의 박락이 발견된 부분은 그 형태, 폭 등을 검사양식에 따라 기록하고 콘크리트의 균열도에 그 위치 및 범위를 기록한다.
- b) 콘크리트의 박락형태는 부분적 박락, 원추상 박락, 전면적 박락의 3종류로 분류하여 기록한다.
- c) 콘크리트가 박락된 부분은 추적검사구역으로 설정하여 일상점검을 실시한다.
- d) 박락된 콘크리트를 채취하였을 경우에는 정밀검사를 실시할 경우에 대비하여 별도 보관한다.

【콘크리트의 부서짐】

- a) 콘크리트의 부서짐 여부는 콘크리트 표면을 와이어 브러쉬로 3~5회 정도 긁었을 때 모르터 및 잔골재가 떨어져 나가는 것으로 판정한다.
- b) 콘크리트의 부서짐이 발견된 부분은 그 형태, 폭 등을 부록의 검사양식에 따라 기록하고 콘크리트의 균열도에 그 위치 및 범위를 기록한다.
- c) 콘크리트의 부서짐 영역이 계속 진전될 경우에는 정밀검사의 실시여부를 판정하여야 한다.

d) 콘크리트의 백화현상, 켈형성 등이 발견된 부분은 부록의 검사양식에 따라 기록하고 콘크리트의 균열도에 그 위치 및 범위를 기록한다.

(f) 철근 조사

【철근노출】

- a) 철근노출이 발견된 부분은 그 형태, 폭 등을 검사양식에 따라 기록하고 콘크리트의 균열도에 그 위치 및 범위를 기록한다.
- b) 철근의 노출부위는 빗물 등 이물질의 침입이 용이하여 2차 열화를 일으키기 쉬우므로 긴급히 보수한다. 보수는 검사결과 및 전문가의 의견을 종합하여 그 원인을 분석한 후 보수절차에 따라 실시한다.

【철근부식】

- a) 외관검사시의 철근 부식에 대한 검사는 균열로부터의 녹물 유출, 철근이 노출된 균열내부에 대한 육안검사 등 비파괴검사로 한정한다.
- b) 녹물의 유출이 발견된 부분은 그 형태, 폭 등을 검사양식에 따라 기록하고 콘크리트의 균열도에 그 위치 및 범위를 기록한다.
- c) 녹물의 유출 등 철근부식이 진행중이라 판단되는 부분에 대해서는 정밀검사의 실시여부를 판정하여야 한다.
- d) 녹물의 유출이 발견된 부분은 추적검사구역으로 설정하여 일상점검을 실시한다.

【누 수】

- a) 허니컴 및 균열등의 유·무를 확인하고 누수가 시작되는 부분을 검사하여 검사양식에 따라 기록하고 콘크리트의 균열도에 그 위치 및 범위를 기록한다.
- b) 누수의 흔적이 확인된 부분은 그 진행성을 파악하기 위하여 추적검사구역으로 설정하여 우천시등에 수시로 검사를 실시한다.
- c) 누수가 확인된 부분은 누수원인을 분석한 후 대책을 수립한다.
- d) 녹물이 유출되거나 누수량이 많은 경우에는 전문가의 의견을 종합하여 그 원인을 분석하고 적절한 대책을 강구한다.

【누 출】

- a) 물 이외의 물질이 누출된 흔적이 발견된 부분은 그 형태, 폭 등을 부록의 검사양식에 따라 기록하고 콘크리트의 균열도에 그 위치 및 범위를 기록한다.
- b) 누출의 흔적이 확인된 부분은 그 진행성을 파악하기 위하여 추적검사구역으로 설정하여 일상점검을 실시한다.

④ 정기점검의 정밀검사

(a) 검사항목

정밀검사의 기본항목은 염해 및 중성화로 한다. 점검책임자는 구조물의 수명관리를 위하여 필요하다고 생각되는 항목은 정밀검사항목에 추가할 수 있다.

(b) 검사장비

정밀검사에 필요한 검사장비는 다음과 같다.

(c) 검사방법

- a) 코어의 채취 및 보수
- b) 염화물량 측정
- c) 중성화 깊이 측정

정밀검사 장비 예시

장 비 명	용 도	비 고
코어채취기 1식 드릴 망치, 정 브러쉬 염분량분석기 페놀프탈레인용액 철근부식측정기 전자저울	코어채취 코어채취기 정착앵커볼트설치 코어채취 보조장비 채취부위의 청소 염분량의 측정 중성화 깊이 측정 철근부식 측정 시료 무게 측정	비트직경 : 5cm 이상 드릴직경 : 15cm 정도 0.01% 정도 0.1g

4) 긴급점검

① 손상점검

손상점검은 비계획적인 점검으로서 재해나 사고에 의해 비롯된 구조적 손상을 평가하는 것이다. 점검의 범위는 긴급한 사용제한이나 사용금지의 필요성이 있는지의 판단과 보수를 수행하는데 있어 필요한 작업량의 정도를 결정할 수 있어야 한다. 신속하게 하중제한 등 사용제한 여부를 결정할 수 있도록 현장에서의 계산 능력이 필요하다.

- (a) 천재(지진, 풍수해), 화재 및 차량선박의 충돌 등의 긴급사태에 있어서 구조물의 이상에 관한 정보를 신속히 얻기 위해서 실시한다.
- (b) 항목 및 부위는 구조물의 중요도와 긴급사태의 상황에 따라서 정해진다.
- (c) 방법은 점검의 목적에 부합되는 적절한 방법을 채용한다.

② 특별점검 : 특별점검은 관리주체가 판단하여 행하는 정기점검 수준의 점검이다.

5) 정밀안전진단

정밀안전진단은 정기점검 과정을 통해서 쉽게 발견하지 못하는 결함부위를 발견하기 위하여 행해지는 정밀한 육안검사 및 검사측정 장비에 의한 측정을 포함하는 근접점검이다. 세부내용은 다음과 같다.

- ① 일상 및 정기점검 등 주로 육안에 의한 검사로는 열화도의 판정이 곤란한 경우, 구조물 혹은 부재의 열화손상이 진행되어 열화도가 심각하다고 판단되는 경우 및 보수, 보강을 목적으로 구조물의 열화도에 관한 상세한 자료를 얻기 위해서 실시한다.
- ② 항목 및 부위는 일상점검, 정기점검 및 열화예측의 결과를 기초로 결정한다.
- ③ 점검의 방법은 점검의 목적에 합치하는 적절한 방법을 채용한다.

6) 재료시험

① 현장시험

아래의 현장시험 절차를 콘크리트 및 강재 구조물에 사용할 수 있다.

(a) 콘크리트 현장시험

- a) 강도법 : 콘크리트의 경도를 측정하고 콘크리트 강도를 추정하는데 사용된다.
- b) 음파법 : 기계적 음파법은 층분리나 기타균열을 발견하는데 사용된다.
- c) 초음파법 : 적절한 훈련과 경험을 쌓으면 초음파 기법을 사용할 경우 콘크리트 상태에 관하여 양호한 자료를 얻을 수 있다.
- d) 자기법 : 주로 철근피복두께 및 위치 확인에 사용된다.
- e) 전기법 : 저항 및 전위법이 있으며 전기적 저항기법은 시설물 바닥판 시일(Seal)도장의 침투성을 측정하는데 사용된다. 철근의 부식은 전위차에 의해 발생하는 부식셀을 발생시키고 콘크리트 바닥면에 설치한 하프-셀(half-cell)을 사용하여 하프-셀과 철근사이의 전위차를 측정함으로써 부식을 감지할 수 있다.
- f) 원자법 : 중성자 흡수 및 확산기법에 의해 콘크리트내 수분함량을 추정하는데 주로 사용된다.
- g) 자기온도계법 : 콘크리트 시설물 바닥판의 층분리를 탐지하는데 이용되는 보조시험법이다.
- h) 레이더법 : 지표면 침투 레이더(GPR : Ground Penetrating Radar)는 시설물 바닥판의 노후화 및 층분리를 발견하기 위하여 사용된다.
- i) 방사선법 : 감마광선의 콘크리트 투과성질을 이용하는 것으로 필름을 방사선에 노출시킴으로써 콘크리트의 점검에 사용할 수 있다.

j) 내시경법 : 내시경을 콘크리트 시설물 부재에 천공된 구멍 내부로 삽입된 관찰 튜브를 이용하여 다른 방법으로는 볼수 없는 구조물 내부에 대한 정밀한 검사를 할 수 있다.

(b) 강재의 현장시험

a) 방사선법 : 용접 또는 구조의 슬래그 함침이나 간극과 같은 결함을 쉽게 찾아낼 수 있는 방법이다.

b) 자기입자 시험 : 염료침투 방법과 같이 표면이나 표면부근의 결함을 찾을 때에 쓰인다.

c) 와상전류 시험 : 자기입자 점검과 매우 유사하게 운용되며, 결함은 조사하고자 하는 재료에 자기장이 아닌 전기장을 교란(Perturbation)시켜 발견한다.

d) 염료 침투 시험 : 염료침투 방법을 사용한 점검으로 가장 보편적으로 사용되는 방법이다. 이 방법은 비록 구조물 표면의 결함에만 한정되지만 저가로 쉽게 사용할 수 있다.

e) 초음파 검사 : 내부결함을 찾기 위하여 재료의 진동특성을 이용하여 점검하는 방법이다.

② 실내시험

현장시험 결과 및 조사된 사항을 보완하기 위하여 다음과 같이 표준화된 실내 시험을 실시할 수 있으며, 이들 시험은 KS기준을 우선으로 하고 KS 기준에 없는 시험은 ASTM이나 AASHTO등의 기준을 사용할 수 있다.

(a) 코아시험 - 강도시험, 수분함량, 공기량 측정 등

(b) 염분함량 시험

(c) 중성화 측정방법 - 페놀프탈레인 시험

(d) 기타 시험 등

③ 시험결과의 해석 및 평가

현장 및 실내시험 결과는 그 분야에 경험이 있는 자에 의하여 해석되고 평가되어야 한다. 이전에 같은 시험이 실시되어진 경우에는 시험결과를 비교하고 차이점을 분석평가 하여야 하며 같은 재료 특성을 평가하는데 다른 형식의 시험방법이 사용되는 경우에는 각 시험결과를 비교하고 차이점을 파악하여야 한다.

필요한 경우 기존자료와 현장계측자료를 토대로 예상되는 문제점을 분석하기 위하여 모델링을 통하여 이론적 해석을 실시할 수 있다.

④ 시험보고서

모든 현장 및 실내시험결과는 시설물 관리에 필요한 자료의 일부로 사용하여야 한다. 시험결과는 책임시험자가 서명한 시험기관의 정식공문으로 제출하여야 한다.

7) 안전사항

점검자 및 진단종사자의 안전은 물론 공공의 안전이 중요하므로 관리주체는 점검자가 점검 기구와 장비의 적절한 운용과 안전관리에 만전을 기하도록 하기 위한 계획을 수립하여야 한다. 구조물의 열화진단을 위하여 점검을 수행할 경우의 안전사항은 이하와 같다.

- ① 작업이 진행되는 동안 점검구역을 깨끗하고 안전한 상태로 유지하여야 한다.
- ② 점검구역내 불필요한 인원은 가급적 배제한다.
- ③ 점검구역 관할 부서장은 검사작업이 안전한 상태로 진행되도록 편의를 제공한다.
- ④ 점검책임자는 점검수행전 안전교육을 실시하고 사전에 안전조치를 취하도록 한다.
- ⑤ 검사자는 점검전에 검사에 필요한 제 장비를 구비하여 그 작동여부 및 안전을 확인하고 점검책임자의 확인을 받아야 한다.

3.2.3 점검항목

각 점검단계에서 수행하는 점검항목은 다음과 같다.

1) 일상점검

일상점검은 주로 육안검사에 의한 점검으로 다음과 같은 항목의 검사를 실시한다.

- ① 균열상황
- ② 들뜸·박리·박락
- ③ 강재의 노출상황·녹의 유무
- ④ 청소
- ⑤ 누수·누출
- ⑥ 변위·변형
- ⑦ 지지상태
- ⑧ 이상음·진동
- ⑨ 변색
- ⑩ 기타 점검책임자가 지정한 항목 등

2) 정기점검

정기점검에서 조사하는 검사항목은 기본적으로 일상점검에서 조사하는 점검항목을 포함하고, 보다 근접해서 조사하기 때문에 상세하게 열화상황을 파악할 수 있고 간단한 장비를 사용한다. 일상점검에 비해 정기점검에서 추가되는 점검항목은 다음과 같다.

- ① 염해
- ② 중성화
- ③ 동해
- ④ 피로
- ⑤ 균열 및 들뜸 등의 정량적인 평가 등

3) 긴급점검

기본적으로 정기점검에서 실시하는 점검항목을 포함한다. 점검항목은 구조물의 중요도 및 긴급사태의 상황에 따라서 정한다.

3.2.4 점검결과의 기록

1) 일반사항

관리주체는 일관성 있고 적정한 점검·진단 및 유지관리를 위하여 소관 시설물에 대하여 완전하고 정확한 기록 및 자료를 보관하여야 한다. 시설물 관리대장은 개개의 시설물에 관한 누적된 자료를 비롯하여 시설물의 손상과 보수·보강기록, 구조물의 내하력에 관한 자료를 포함한 모든 기록을 포함시켜야 한다. 또한, 시설물 관리대장은 향후 전산기에 의한 시설물 관리체계를 구축할 수 있도록 관리항목의 전산화를 고려하여 시설물을 관리하는 중앙행정기관의 장이 표준화하여 작성한다.

2) 시설물 관리에 필요한 자료

관리주체는 준공도면, 구조계산서, 특별시방서 등을 반드시 보관하여야 하며 아래에 명시한 기타서류는 시설물의 관리에 필요한 자료이므로 반드시 보존하도록 노력하여야 한다.

- ① 설 계 도 : 시공도면, 제작 및 작업도면, 준공도면
- ② 시 방 서 : 특별시방서
- ③ 사 진 : 정면 및 측면, 주요 결함부위, 주요 시공사진
- ④ 재료시험 : 재료증명서, 관리 및 선정시험기록, 재하시험자료
- ⑤ 보수이력 : 날짜, 개요, 계약자, 공사비, 계약번호
- ⑥ 사고기록 : 날짜, 경위, 부재의 손상 및 보수현황
- ⑦ 점검이력 : 날짜, 종류 등 모든 점검 활동
- ⑧ 점검시 필요사항 : 시설물의 특성, 해당부위, 특수장비목록, 접근방법과 안전확보사항등의 기록
- ⑨ 시설물 관리대장 : 년도별 점검기록이 포함된 시설물 관리기록

⑩ 안전성평가기록 : 내하력 결정과 관련된 기록

3) 점검자료

- ① 점검자료는 점검시마다 그 결과에 따라 변경되며 필요한 경우 절차에 따라 수행된 상태 점검의 결과와 더불어 각 시설물 자료에는 다음 점검 사항을 포함 시켜야 한다.
 - (a) 사용제한사항
 - (b) 부대시설물
 - (c) 환경조건(구조물에 피해를 주는 환경)
 - (d) 기타
- ② 점검자료의 갱신 : 시설물 관리대장에는 현장조사일시를 명시하여야 하며 최종점검 이후 시설물에서 수행된 주요 작업에 대하여 기록하여야 한다. 유지관리와 개량작업으로 인하여 구조물이 변경된 경우에도 변경된 치수를 기록하여야 한다.

4) 상태 및 안정성평가 자료

전반적인 시설물의 상태와 내하력을 정의한다. 평가는 시설물관리대장 항목과 점검 자료를 기본으로 하며 다음과 같은 자료를 포함시킨다.

- ① 상태평가 : 유기관리 또는 사용제한사항 등을 포함하며, 관찰에 의한 시설물의 상태에 대한 점검결과를 기록한다.
- ② 안정성평가 : 내하력을 결정하기 위한 계산기록을 보관한다. 취약부재를 포함한 해석결과에 대한 설명, 내하력 평가방법의 종류 및 해석에 사용된 계수에 대한 설명을 포함시켜야 한다.
- ③ 계측결과평가 : 계측이 필요하다고 인정되는 시설물에 대해서는 필요한 개소를 선정하여 정기적으로 계측을 시행하고 그 기록을 보관한다.
- ④ 변화된 상태에 따른 내하력 : 유지보수나 개량작업으로 인한 부재의 강도나 사하중의 변화가 구조물의 상태 또는 내하력을 변화시키는 경우 내하력을 다시 계산하여야 한다.

5) 현장점검, 진단양식 및 보고서

현장에서 사용하는 점검 및 진단양식과 보고서는 체계적으로 작성되어야 하며 결함에 대한 설명과 결함의 개략도가 포함되어야 한다. 보고서는 정기점검보고서와 정밀 안전진단보고서로 부류할 수 있다.

- ① 정기점검 보고서
 - (a) 개요
 - (b) 정기점검의 범위 : 육안검사, 재료시험, 콘크리트 피복측정 등

- (c) 주요 부재별로 조사결과 분석
- (d) 주요 부재별 요약보고
- (e) 건의사항 : 정밀안전진단 또는 시설물 사용제한 필요성
- (f) 부록 : 점검결과, 사진, 주요 부위 결함 개략도 등

② 정밀안전진단보고서

- (a) 개요
- (b) 정밀안전진단 계획 수립 : 진단범위, 필요한 재료시험, 내하력 측정 여부
- (c) 전체 부재의 조사결과 분석
- (d) 안전성 평가 (구조적 안전성 평가)
- (e) 전체 부재 조사결과 요약보고
- (f) 보수·보강공법 제시
- (g) 건의사항
- (h) 부록 : 육안검사 사진, 육안검사 개략도, 재료시험결과, 보수·보강공법등 조사자료

3.2.5 점검결과의 판정

1) 시설물 상태평가

상태평가는 시설물 주요구조부에 대한 재료 및 육안검사에 조사된 상태에 대한 평가를 포함한다. 점검자는 안전점검결과, 각 부재로부터 발견된 결함을 근거로 하여 다음과 같이 결함의 범위 및 정도에 따라 A, B, C, D, E의 5가지 단계로 상태등급을 정한다.

시설물 결함의 상태등급

부 호	상 태
A	문제점이 없는 최상의 상태
B	경미한 손상의 양호한 상태
C	보조부재에 손상이 있는 보통의 상태
D	주요 부재에 진전된 노후화(강재의 피로균열, 콘크리트의 전단균열, 침하등)로 긴급한 보수 보강이 필요한 상태로 사용제한 여부를 판단
E	주요 부재에 심각한 노후화 또는 단면손실이 발생하였거나 안전성에 위험이 있어 시설물을 즉각 사용금지하고 개축이 필요한 상태

3.2.6 유지관리용 점검 시설 및 설치

1) 유지관리용 점검 시설 및 설치

유지관리용 점검시설은 구조물의 점검을 용이하게 하고 손상 발생시 즉각적인 보수 및 보강 작업이 가능하게 하는 시설로서 구조물의 규모, 중요도, 용도, 외관, 기능성 그리고 점검시설의 경제성 등을 고려하여 결정한다.

① 점검시설의 조건

- (a) 건축한계를 넘지 않는 범위내에서 점검과 보수를 위한 공간이 확보되어야 한다.
- (b) 시공시에 점검시설을 설치하는 것이 바람직하다.
- (c) 접근이 가능한 부분에서는 점검과 보수가 가능한 구조이어야 한다.
- (d) 작업시에 안전성이 보장되어야 한다.
- (e) 점검시설은 조작이 간편하고 내구성이 좋아야 한다.
- (f) 전동 구동장치는 필요시 수동으로 구동되어야 하며 각종 안전장치가 고려되어야 한다.
- (g) 상기의 점검시설은 구조물의 미관상 지장이 없는 범위에서 설치하는 것을 원칙으로 한다.

② 점검시설의 종류

구조물의 점검 및 보수에 이용할 수 있는 시설은 형태에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

점검시설의 종류

형 태	종 류	목 적
고 정 식	검사통로 형식	•천정 내부의 점검 •층고가 높은 개방된 내부공간의 천장면 및 설비기기등의 점검
	사다리 형식	•벽면의 점검 •다른 부위로의 접근 수단
주 행 식	곤돌라 형식	•외벽면의 점검
점 검 차	고가 점검차	•외벽면의 점검 및 보수공간의 제공
	바구니 점검차	•외벽면의 점검과 보수공간의 제공 •내부의 고소 작업이 필요한 공간의 점검 및 보수공간의 제공

3.2.7 주요손상부에 대한 대책 및 보고

1) 손상조치의 종류

구조물에 발생한 손상의 원인은 설계, 환경, 재료, 시공 등 여러가지 원인이 있으며 손상을 방지

하면 구조물의 안전성에 중대한 영향을 미치는 손상으로 발전될 수 있고 손상부위의 탈락이나 누수 등으로 인한 주요기기의 고장 및 장애로 인하여 거주성 및 사무의 능률면에서 중대한 지장을 초래하게 되므로 손상 부위의 발견 즉시 가능하면 조기에 손상의 정도에 따라서 적절한 조치를 취해야 한다. 손상조치는 구조물 상황을 종합해서 판단하고 향후의 손상의 원인 추정에도 활용할 수 있도록 해야 한다. 일반적으로 손상조치의 종류는 다음과 같다.

- 일상조치 : 손상예방을 위한 간단한 조치
- 응급조치 : 안전에 중대한 위험이 있어 임시적으로 긴급하게 보수·보강하는 조치
- 보수·보강조치 : 주로 시설물의 내구성과 사용성 확보차원에서 발생한 손상이 더 이상 진행되지 않도록 하거나 내력을 증대시켜 안전성을 확보하는 조치
- 교체조치 : 구조물의 일부 또는 전부를 철거하고 신설하는 조치

① 일상조치

일상조치는 시설물에 손상이 발생하기 이전에 예방적인 차원에서 실시하는 간단한 조치들로 그 내용은 다음과 같다.

- (a) 구조적 안정상태에 관한 일상조치 : 구조물 외벽 및 주요구조부의 표면에서 탈락의 위험이 있는 부분은 제거하고 결손부분은 청소한 후 보수한다. 재료적 부식 등에 의한 구조부재의 내력저하 등의 손상에 대비하여 정기적으로 재료시험을 한다.
- (b) 설비시설에 관한 일상조치 : 구조물내의 소화설비, 기계설비 등의 시험가동 및 작동시간을 실제 측정해 보고 환기팬 등의 정착불량으로 인한 낙하의 우려가 있는 설비기기는 점검하여 안전하게 정착시킨다. 또한, 설비기기의 내·외부를 정기적으로 청소하고 운황상태를 점검하여 운전이 문제가 없도록 주유등 필요한 조치를 해야 한다.
- (c) 기타 일상조치 : 기타 구조물내의 전기조명설비, 비상구의 출입문, 창호의 개폐, 부속철물의 고정상태, 배수시설, 펌프등의 작동상태를 점검하고 이상이 있을 때는 즉시 수리한다.

② 응급조치

구조물에 발생한 손상을 방지하는 경우 대인이나 대물에 위해를 줄 가능성이 있는 손상 또는 시설물 자체의 손상이 급속히 확대될 가능성이 있는 경우에는 응급조치를 취해야 하며 가능한 응급조치의 지속기간을 짧게 하는 것이 바람직하다.

③ 보수·보강조치

구조물에 관한 일상점검이나 정기점검, 긴급점검, 정밀안전진단을 실시한 후 손상이 발견되면 해당 손상내용에 적절한 보수·보강 조치를 실시하여야 한다. 보수·보강 조치에 관한 구체적 항목들은 다음과 같다.

- (a) 철근콘크리트의 균열에 관한 보수·보강조치
- (b) 콘크리트 결손부의 보수·보강조치
- (c) 중성화에 관한 보수·보강조치
- (d) 콘크리트 강도저하에 관한 보수·보강조치
- (e) 철골의 보수·보강조치

④ 교체조치

구조물에 발생한 손상이 구조물의 안전성 및 기능성에 치명적인 영향을 미치고 기존의 보수·보강조치로는 기능성 및 안전성을 회복할 수 없을 때 또는 보수·보강보다 교체가 경제적으로 유리하다고 판단될 경우는 시설물의 일부나 전체를 개축한다. 교체공법의 선정에 있어서는 환경조건, 안전성, 교체후의 처리, 공기등을 고려하는 이외에 대상구조물에 적절한 공법을 선정해야 한다.

2) 조치방법 선정시 검토사항

구조물의 손상에 대한 조치방법은 구조물의 종류·용도에 맞게 미관, 실내환경, 기능의 확보, 안전성, 경제성, 내구성 등에 우선적인 순위를 붙이고 계획적, 효과적으로 조치방법을 선정하는 것이 바람직하다. 특히, 손상의 정도, 중요도 등에 따라서 조치방법이 결정되어야 하므로 시설물의 점검결과를 정밀검토한 후에 조치방법을 결정해야 한다.

3) 조치기록

구조물의 손상에 대한 조치는 설계, 시공, 점검, 평가·판정, 보수, 보강 등의 결과를 체계적으로 기록, 보존하여 향후 점검과 유지관리를 반영할 수 있도록 하여야 한다.

3.3 보수·보강공법

3.3.1 보수의 목적

균열보수의 목적은 일체성이라고 하는 의미에서 손상이 존재하지 않은 콘크리트부재에 균열이 발생됨으로써 초래되는 피해를 최소한으로 억제하고, 동시에 그 효과를 지속시키는 것으로, 균열이 존재하지 않은 시점에서의 콘크리트구조물의 성능과 기능을 회복시키는 것을 의미한다.

균열보수는 균열발생에 의해 야기되는 다음의 성능저하 및 열화현상에 대응하는 것을 말한다.

1) 철근부식

국부적인 산소농도차중성화염화물 함유 수분이동 등에 의해서 철근표면의 부동태피막이 침식당하면서 철근의 부식이 시작된다.

2) 누수·투수

격벽과 차폐부재로서의 성능을 유지할 수 없게 된다.

3) 오염

균열로부터 녹물이 새어나오거나 백화현상이 발생하여 미관이 손상된다. 건축물의 경우에는 이것 때문에 보수를 하게 되는 사례도 많이 있다.

4) 위험감

일반인이 보았을 때 불안감을 주고, 구조물의 안전성에 의심을 갖게 된다.

즉, 균열보수는 위에서 열거한 성능저하와 열화현상을 회복하기 위해서, 균열부에 대해서 적절한 보수공법을 적용하고, 콘크리트 내부로의 공기·수분·염분 및 황화수소 등의 침입을 막고, 내부철근의 부식과 균열주변부 콘크리트의 열화진행을 억제하는 것을 목적으로 한다. 또한 균열보수는 주로 방수성, 내구성의 회복을 목적으로 행하는 경우 외에, 대인안전성, 미관면에서 행하는 일도 있다. 보수의 범위, 보수의 규모 등은 보수 목적을 만족하는 범위에서 경제성을 고려하여 결정할 필요가 있다. 또한, 균열의 보수를 한 뒤에도 다시 균열이 발생하는 경우가 있는데, 이러한 경우에는 보수재료, 보수공법의 선정 잘못 외에 구조적인 결함이 포함되는 일이 많다. 구조적인 결함에 대해서는 간단하게 균열을 보수만 해서는 불충분하므로 보강을 병용하여 해야 한다.

따라서, 균열의 보수가 성공하기 위해서는 발생한 균열이 어떤 것인지, 또, 이후 어떠한 성능저하(피해)가 예상되는지를 검토하고, 보수공법·사용재료·보수시기 등을 결정할 필요가 있다. 구체적으로는 균열의 원인, 균열의 형태(폭·밀도·깊이), 균열의 진행성 여부, 구조물의 환경조건(온도·습도·누수와 침수)과 같은 사항을 파악해 두는 것이 바람직하다.

3.3.2 보수설계

1) 보수설계의 기본적인 흐름도

손상된 콘크리트 구조물에 보수를 고려하는 경우에는 구조물의 열화상황 및 이에 따르는 구조물의 성능저하의 상황을 정확하게 평가하고, 그 후에 적절한 보수보강공법, 보수시기 및 그에 필요한 재료를 선택해야 한다.

그림 3-7에 기본적인 보수설계의 흐름도를 나타내었고, 여기서는 크게 4가지의 작업으로 구성되어 있다.

- 구조물의 열화상황 및 열화에 따른 구조물의 성능저하상태의 평가
- 열화 혹은 구조물 성능의 저하상태의 보수에 적합한 후보가 되는 보수공법들을 선정

- 후보가 되는 공법에 사용되는 보수재료의 선정
- 후보가 되는 공법의 성능조사

또, 보수설계에 있어서 고려해야 될 사항을 정리하면 다음과 같다.

- ① 보수여부 판정에 기인하여 보수범위와 규모(구조물 전체 혹은 부재)를 설정한다. 또 필요에 따라서 현장을 재조사한다.
- ② 균열의 원인, 균열의 발생상황(균열폭, 깊이, 패턴 등), 구조물의 중요도 및 환경조건(일반환경, 공장지역, 염분환경지역, 온천지, 한냉지, 특수용도지역)을 파악한다.
- ③ 보수 목적 및 회복 목표를 명확히 결정하고 (2)의 환경조건을 고려하여 보수에 가장 적당하다고 생각되는 보수재료, 보수공법, 보수시기를 선정한다.

보수설계를 원만하게 하기 위해서는 구조물의 유지관리가 어떻게 되고 있는가에 관해서 미리 고려해 두는 것도 중요하다. 구조물의 유지관리에서는 구조물의 중요도, 설계공용기간 혹은 잔존공용수명, 환경조건 및 라이프사이클비용 등을 고려해서, 구조물에 문제가 발생한 경우에 어떤 점에 중점을 두고 보수를 실행할 것인가를 미리 명확하게 해두어야 한다. 예를 들면, 비용을 중시하는 경우에는 큰 초기비용을 들여서 1회의 보수로 남은 공용기간의 성능유지를 도모하는 것과, 초기비용을 크게 하지 않고서 몇 번의 보수를 반복함으로써 성능유지를 도모하는 것 등 적어도 2가지 이상을 고려하는 것이 가능하다.

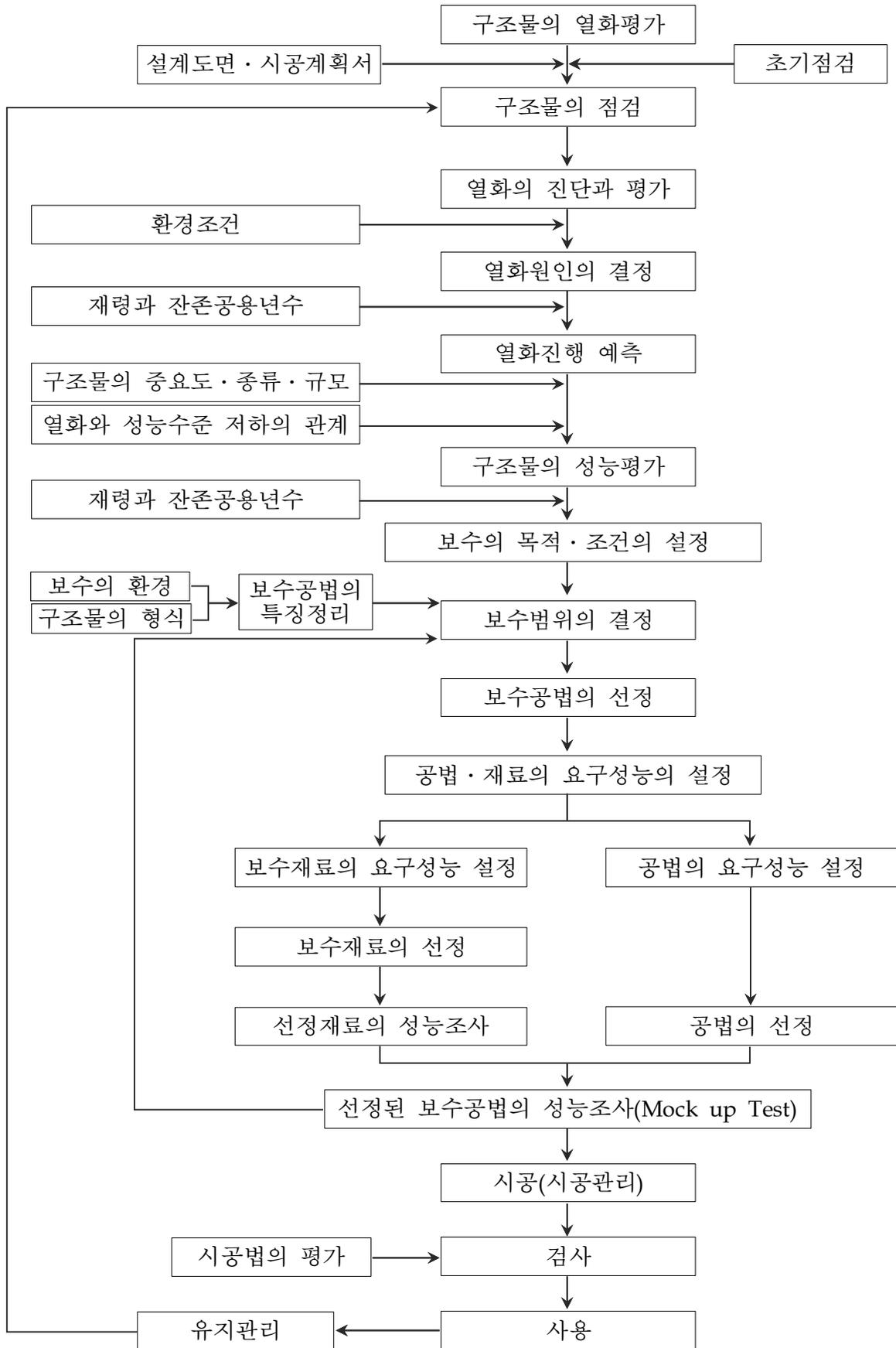


그림 3-7 기본적인 보수설계의 흐름도

2) 구조물의 열화 및 성능의 평가

구조물의 보수를 적절하게 하기 위해서는 그 현상파악과 장래의 예측을 하는 것이 매우 중요하다. 이 작업에서는 우선, 구조물의 점검을 하고, 그 결과로부터 구조물의 손상 즉, 구조물을 구성하는 재료(콘크리트 구조물의 경우에는 콘크리트 및 내부보강재)의 열화진행정도를 파악하며 진행을 예측한다. 다음에 열화에 따른 구조물의 각종성능변화(저하)를 파악하고, 그 후 변화에 대한 예측을 하는 것도 필요하게 된다.

① 구조물의 점검

보수시에 실시하는 점검은 구조물의 열화상황을 정확하게 파악하고, 열화예측을 하기 위해 필요한 모델에 대응하는 입력데이터를 얻어야 한다. 이 점검은 건설교통부의 유지관리지침의 상세조사에 해당하는 것이다. 상세조사는 일상점검이나 정기점검에서 이상이 있는 경우에 실시되는 것이지만, 일상점검과 정기점검의 단계에서는 열화의 원인을 정확히 알기 힘든 경우가 있다. 따라서 열화의 발생상황과 환경조건 등으로부터 열화원인을 확실하게 알 수 있는 경우를 제외하고는 우선, 열화원인을 알기 위한 예비점검을 실시하는 것이 필요하다. 동시에 이 예비점검에서 열화진전상황을 크게 구분하는 것이 가능하면, 그 후에 실시되는 상세조사에서의 조사항목 설정시에 참고가 되고, 또 그것을 간략화할 가능성도 있다. 점검결과를 열화예측모델의 입력데이터로서 사용하도록 하는 경우에는 구조물의 종류, 규모, 열화부위에 대한 적절하고도 합리적인 점검계획에 기초해서 실시하는 것이 중요하다. 또, 점검항목과 점검방법은 열화현상에 적합한 것이어야 한다.

② 열화진행모델 및 구조물성능평가모델

점검결과로부터 열화의 상황을 평가하여 미래를 예측하기 위해서는 각 열화마다 그 메카니즘을 반영하는 열화모델을 구축하는 것이 좋다. 또, 열화에 의한 구조물의 성능변화의 상황을 예측하기 위해서는 열화현상과 구조물의 성능을 관련시키는 모델이 필요하다. 열화진행모델은 열화현상을 가능한한 정확하게 평가할 수 있는 것이 바람직하다. 즉, 모델화할 때는 열화현상에 관한 해석기술의 현 상황과 함께, 점검기술과 점검결과의 정밀도를 고려하여 적은 해석기술을 확립하는 것이 중요하다. 쓸데없이 영향인자를 증가시켜 불확정 요소가 늘어나 예측정밀도를 저하시키는 경우도 있으며 구조형식과 환경조건이 그다지 특수한 것이 아닌 경우에는 이제까지의 경험과 실험데이터 등도 가미한 모델이 유효한 경우가 많다.

같은 개념을 구조의 성능평가에 적용할 수 있다. 구조물에 요구되는 성능을 구조물의 종류, 규모, 공용기간, 환경조건 등에 따라 달라지고, 또, 복수의 성능이 요구되는 것이 많다. 그래서 원칙적으로는 요구되는 성능 모두에 관해서 이를 각각 평가하는 모델이 필요하다. 그러

나 각 성능과 열화와의 관계에 관해서는 해석의 정밀도도 가지각색이고, 또 예를 들어 미관과 대인안전성과 같이 모델로서 정량적으로는 평가하기 어려운 것도 있다. 장래에 이들에 관해서도 어떠한 모델이 만들어질 것으로 생각되지만, 해석정밀도가 극단적으로 나쁜 것과 모델화가 어려운 것은 다른 평가하기 쉬운 성능의 평가결과에 의해 그들 성능을 평가하는 것도 고려할 필요가 있다.

③ 구조물의 평가와 판정

위의 모델에서 평가된 구조물의 각 요구성능에 대해 그 현상태와 장래예측의 결과가 남은 공용기간중에 필요한 요구수준을 만족시키는가를 조사한다. 그래서, 그 종합적인 판정에 따라 보수의 필요 여부와 또 보수가 필요하게 된 경우에는 그 공법과 사용보수재료에 요구되는 성능이 결정된다.

구조물의 요구성능수준은 동일한 구조물이더라도 구조물의 소유주, 관리자 혹은 사용자에 따라 달라지는 경우가 있다. 현 상황에서 요구성능수준의 설정이 곤란한 경우와 성능평가모델의 신빙성이 떨어지는 경우에는 각 요구성능에 대해서 개별적으로 성능조사를 하는 것뿐만 아니라, 몇가지의 성능을 포함하도록 성능을 설정하기도 하고, 대표적인 성능이 만족되면 다른 성능도 만족하고 있는 것으로 간주함으로써 구조물의 전체 요구성능을 조사하는 것을 대체하는 경우도 있다. 예를 들면, 구조물의 각 성능의 장기적인 변화상황을 확실히 나타내는 성능으로서 「내구성」을 성능으로 설정하는 것도 생각할 수 있다. 이 경우, 구조물성능평가모델 대신에 열화평가모델을 사용해서 행한 평가결과를 그 기준값과 비교해서 「내구성」을 조사하는 것도 가능하다.

3.3.3 보수범위의 선정

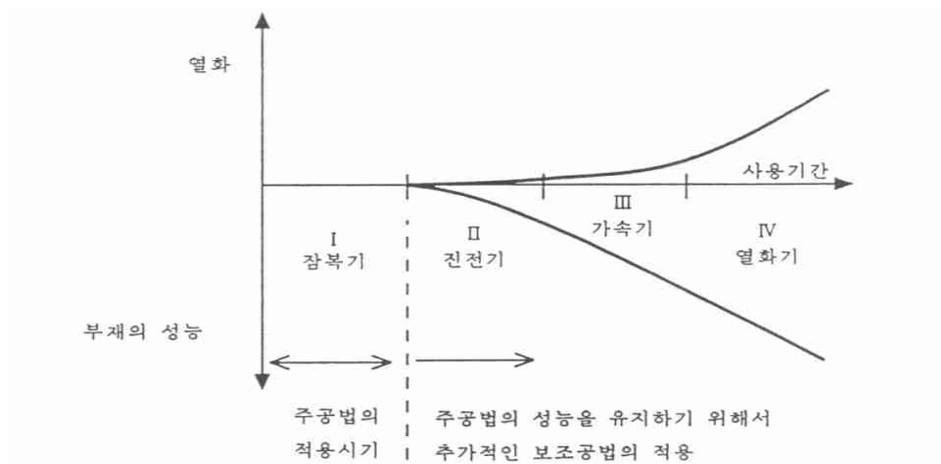
보수 범위는 회복 목표 수준, 보수 공법 등에 따라서 구조물의 내하력에 영향을 미치지 않도록 설정한다.

- 1) 부분적인 보수는 보수 대상 부위중에서 부식되어 있는 철근 주변의 콘크리트를 제거하고, 부식되어 있는 부분은 전부 제거하는 것을 원칙으로 한다.
- 2) 전면적인 보수는 콘크리트의 균열이나 박리가 나타나고, 철근이 부식되어 있는 부위 및 녹물이 있는 부위는 물론 주변 부위에 대해서도 테스트 해머로 타격하여(경음이 발생한 부위는 콘크리트가 들떠 있다고 생각된다) 콘크리트가 들뜬 범위를 표시하고, 그 위치 부근을 전동 드릴, 정 등을 사용하여 제거한다. 또, 염화물에 기인하는 철근부식에 관해서는 부식한계 염화물 이온량을 초과하는 부분은 전부 제거하는 것을 원칙으로 한다.

3.3.4 보수시기의 결정

1) 주입 및 충전공법의 적용시기

균열보수공법으로서 주입 및 충전공법의 목적은 균열이 존재함으로써 초래되는 성능저하(철근부식·누수·위험감·오염 등)을 방지하기 위해서, 균열이 존재하지 않은 상태(성능·기능)에 최대한 가깝도록 보수하는 것으로서, 그림 7-8은 사용기간에 따른 열화의 정도 및 이에 따른 보수공법의 적용가능한 시기에 대한 설명으로서 주공법은 잠복기에 적용하며 진전기에는 주공법의 성능을 유지하기 위해 추가적인 보조공법의 적용이 필요하다.



- I(잠복기) : 콘크리트 속으로 외부염화물이온의 침입 및 철근 근방에서 부식발생 한계량까지 염화물이온이 축적되는 단계
- II(진전기) : 물과 산소의 공급하에서 계속적으로 부식이 진행되는 단계
- III(가속기) : 축방향균열발생 이후의 급속한 부식단계
- IV(열화기) : 부식량이 증가하고, 부재로서의 내하력에 영향을 미치는 단계

그림 3-8 보수공법의 적용시기

2) 표면처리공법의 적용시기

표면처리공법의 목적은 외부염화물이온 등 부식성물질의 침투를 막고, 철근부근의 염화물 이온량을 부식발생한계량 이하로 억제하는 것, 혹은 이미 염해가 진행하고 있는 경우에는 철근의 부식속도의 저하, 균열 등에 의한 위험감의 제거, 박락 등에 의한 장애를 방지하기 위한 것으로서 그 적용가능한 시기는 그림 3-8에 따른다.

3) 단면복원공법의 적용시기

단면복원공법의 목적은 덧개콘크리트의 박리·박락에 의해 강재를 보호하는 성능의 저하를 복원하고 부재단면을 복원하는 것으로서 그 적용가능한 시기는 그림 3-8에 따른다.

3.3.5 보수공법의 선정

극심한 열화환경하에 놓인 콘크리트구조물의 보수를 효율적으로 실시하기 위해서는 얻어지는 효과를 경제적으로 발현할 수 있는 공법을 선택할 수 있는 시스템의 확립이 중요하다. 이를 위해서는 구조물의 열화상황과 그에 따른 성능저하의 현황 및 보수공법의 특징을 고려하는 시스템이 필요하다. 여기서는 이같은 보수공법선택에 관한 기본적인 고려방법과 주된 작업의 흐름을 간략히 설명한다.

1) 공법선택의 기본

열화된 구조물에 보수공법을 적용하는 경우에는 구조물이 열화속도를 억제 혹은 정지시키는 것과 함께 그 열화에 의해서 발생한 모든 요구성능의 저하를 회복시키는 것을 원칙으로 한다. 원칙적으로는 우수한 성능을 갖는 공법이더라도 적용구조물의 형식과 환경조건에 따라서 그 성능이 충분히 발휘되지 않는 경우가 있다. 따라서 보수공법의 선택시에는 구조물의 중요도, 형식, 환경조건 혹은 보수 후의 내용년수 등을 고려하고 공법이 그 성능을 충분하게 발휘할 수 있나를 확인하지 않으면 안된다.

보수공법의 선정시에는 앞에서 기술한 균열의 형태 등을 신중하게 평가하여 다음과 같은 항목을 달성하기 위해 보수공법을 선정한다.

- ① 강도의 회복
- ② 강성의 회복
- ③ 기능의 개선
- ④ 수밀성의 확보
- ⑤ 콘크리트 표면의 외관개선
- ⑥ 내구성의 개선
- ⑦ 철근으로의 부식성 물질의 접촉방지

또, 공법선정시 고려해야 하는 것은 구조물에 발생한 손상의 특징이다. 예를 들면 인장강도는 균열에 에폭시를 주입하면 회복할 수 있으며 보강철근을 사용하던가 포스트텐션을 이용하여 부가강도를 제공할 수 있다. 그러나 더욱 균열폭이 증가되지 않는 경우에는 휨 강성의 회복에 에폭시 주입만으로 충분하다.

균열이 미관을 손상시키는 경우에도 보수할 필요가 있다. 그러나 균열 위치가 아주 쉽게 보이

는 경우는 표면전체를 도포하는 것이 좋다.

철근의 부식에 의한 열화를 최소한으로 하기 위해서는 습윤환경에 있는 균열은 보수하는 것이 좋다.

다음 표 3-7에서 균열에 따른 보수공법선정에 대해서 정리하였다.

표 3-7 균열에 따른 보수공법의 분류

보수목적	균열현상·원인		균열폭* (mm)	보수공법**				
				표면처리 공법	주입 공법	충진 공법	그밖의 공법	
							침투성방수제 도포방법	기타
방수성	철근부식이 되지 않은 경우	균열폭의 변동이 작은 경우	0.2이하	○	△		○	
			0.2~1	△	○	○		
		균열폭의 변동이 큰 경우	0.2이하	△	△		○	
			0.2~1	△	○	○		
내구성	철근부식이 되지 않은 경우	균열폭의 변동이 작은 경우	0.2이하	○	△	△		
			0.2~1	△	○	○		
			1이상		△	○		
		균열폭의 변동이 작은 경우	0.2이하	△	△	△		
			0.2~1	△	○	○		
		1이상		△	○			
	철근부식		-			○		
	염해		-					●
	반응성골재		-					●

* 균열폭 3.0mm 이상의 균열은 구조적인 결함을 수반하는 일이 많으므로 여기에 표시하는 보수 공법 뿐만 아니라 구조내하력의 보강을 포함하여 실시하는 일이 보통이다.

** ○표는 적당하다고 생각되는 공법

△표는 조건에 따라서는 적당하다고 생각되는 공법

●표는 연구 단계에 있는 공법

2) 각종 공법의 성능평가

보수를 목적으로 하는 공법은 여러 종류가 있고, 각각의 공법마다 특징이 있다. 그 중에서 적용공법을 선택하기 위한 판단기준으로서는 어느 공법의 성능이 구조물의 상황과 그 환경조건에 가장 유효하게 발휘될 수 있는가 하는 것이다. 또, 상황에 따라서는 하나의 공법으로는 대응할 수 없는 경우도 있고, 그때에는 다른 공법과의 조합을 고려할 필요가 있다. 따라서, 보수 공법의 선택에 걸쳐서 미리 대상이 되는 구조물의 열화와 성능저하상황에 대해서는 이용 가능성이 있는 공법을 모두 고려해서 각각의 공법의 특징을 정리하는 것이 중요하다.

공법의 특징정리에서는 그 장점뿐만 아니고 단점에 대해서도 명확하게 하고, 보수효과가 얻어지지 않는 조건, 경제적인 보수를 하기 위한 조건 및 보수후의 내용년수를 지배하는 요인 등의 관점에서 정리하는 것이 좋다. 또, 구조물의 형식, 열화상황과 성능저하정도 및 환경조건 등을 고려해서 각각의 공법의 성능을 서로 비교해서 평가할 수 있는 표 등을 작성함으로써 “실패없는 공법”의 선정이 용이하게 된다. 또, 이들 표는 최종적으로 선택된 보수공법이 그 요구 성능을 만족시키고 있는가를 확인하는 경우에도 사용할 수 있다.

3) 구조물에 요구되는 성능수준에 따른 보수공법의 선정

① 수밀성에 대한 보수 공법

수밀성은 콘크리트의 투수와 투습에 대한 저항성의 지표이고 주로 콘크리트조직의 치밀성에 의해 결정되는 성능이다. 건전한 콘크리트에서는 모세관공극과 블리딩에 의한 공극, 골재와 철근의 표면에 생기는 공극 등이 수밀성(특수성)에 영향을 미친다. 콘크리트(부재)에 균열과 박리가 생기기도 하고, 곰보와 콜드조인트 등의 시공불량 개소가 있는 경우, 그 개소의 수밀성은 현저히 저하하고, 국부적으로는 누수가 발생할 가능성이 있다. <표 6.2>는 수밀성 회복을 위한 보수공법의 선정에 대해 정리하였다.

표 3-8 수밀성 회복을 위한 보수공법

콘크리트의 열화정도	철근의 손상정도	균열 보수	표면 처리	단면 복원	강판 접착	보강섬유접착	프리스 트레싱	단면 증설	교체
균열		◎	○						
			◎						
균열 들뜸, 박락	경미한 부식	○	◎						
			◎	○					
			◎						
들뜸, 박락	단면손상	○		◎					
			○	◎					
				◎					
			○	◎					

주) 1) 기호의 설명

- ◎ : 이 성능저하의 회복을 목적으로 하는 주공법
- : 주공법의 성능을 유지하기 위한 보조공법
- △ : 강재를 보호하는 성능의 회복도 고려하는 경우에 조합가능한 공법

2) 철근부식의 진행을 억제하는 공법, 초기결함 및 예방보전을 위한 공법을 포함

② 대인안전성에 대한 보수공법

대인안전성은 인체에 위험이 발생하지 않는 정도이다. 콘크리트구조물의 붕괴에 따르는

것과 같은 위험정도의 평가는 구조물의 내력에 관한 사항이고, 여기서 대상으로 하는 “대인안전성”은 철근부식에 따라 발생하는 피복콘크리트의 박락과 마감재의 박락에 따른 인체로의 위험이다. 즉, “대인안전성에 대한 보수공법”으로는 이들 위험이 일상시에 발생하지 않도록 조치하기 위해서 하는 보수공법이다. 또, 보수후의 성능회복의 목적으로는 초기의 성능정도 혹은 열화가 발생하지 않은 개소와 동등한 안전성이 있도록 하는 것이다. 표 3-9는 대인안전성에 대한 보수공법의 선정에 대해 정리하였다.

표 3-9 대인안전성 회복을 위한 보수공법

콘크리트의 열화정도	철근의 손상정도	균열 보수	표면 처리	단면 복원	강판 접착	보강섬유 접착	프리스 트레싱	단면 증설	교체
균열		◎	○						
		○	◎						
균열 들뜸, 박락	경미한 부식		◎	○					
			◎	○					
			○	◎					
들뜸, 박락	단면손상		○	◎					
				◎					
				◎			○		

주) 1) 기호의 설명

◎ : 이 성능저하의 회복을 목적으로 하는 주공법

○ : 주공법의 성능을 유지하기 위한 보조공법

△ : 강재를 보호하는 성능의 회복도 고려하는 경우에 조합가능한 공법

2) 철근부식의 진행을 억제하는 공법, 초기결함 및 예방보전을 위한 공법을 포함

③ 강성에 대한 보수공법

강성에 영향을 미치는 것으로 생각되는 열화현상은 주철근 단면적의 감소, 주철근과 콘크리트와의 부착강도의 감소, 덮개콘크리트의 균열 및 들뜸, 박리에 의한 단면감소 등이 있으며, 이러한 열화현상을 극복함으로써 강성을 회복시키는 것이 가능하다. 표 3-10은 강성에 대한 보수공법의 선정에 대해 정리하였다.

표 3-10 강성 회복을 위한 보수공법

콘크리트의 열화정도	철근의 손상정도	균열 보수	표면 처리	단면 복원	강관 접착	보강섬유접착	프리스 트레싱	단면 증설	교체
균열		○	○		◎				
		○			◎				
		○	△				◎		
균열 들뜸, 박락	경미한 부식			○		◎			
				○			◎		
				○			◎		
들뜸, 박락	단면손상			○			◎		
				○			◎		
				○				◎	
									◎

주) 1) 기호의 설명

◎ : 이 성능저하의 회복을 목적으로 하는 주공법

○ : 주공법의 성능을 유지하기 위한 보조공법

△ : 강재를 보호하는 성능의 회복도 고려하는 경우에 조합가능한 공법

2) 철근부식의 진행을 억제하는 공법, 초기결함 및 예방보전을 위한 공법을 포함

④ 내하성(내하력)에 대한 보수공법

부식환경에서 철근이 부식해서 단면손상이 현저하게 된 경우에는 부재의 내하력이 저하할 가능성이 있다. 특히, 철근부식에 의해 단면손상이 발생하고, 그에 따라 항복점이 저하한 것으로 가정해서 최대내력을 산정하면 내력은 저하하는 결과가 된다. 저하한 정도는 부재와 최대내력의 산정식에 따라 다르지만 예를 들어 기둥의 경우 부식에 의한 중량감소율이 20%정도일 때 내력잔존율은 80% 전후이다. 한편, 철근이 부식한 교량부재의 하중시험결과에서는 부식균열의 폭이 크게되면 최대내력이 저하하는 것으로 되어있다. 또, 부식균열이 발생한 보의 하중시험결과에서는 철근의 정착방법에 따라 파괴모드가 달라지는 것이 확인되고 있다. 또, 전식과 해안에서의 비바람에 의해 철근을 부식시킨 기둥의 반복하중시험결과에서는 부식균열이 발생해도 최대내력의 저하는 확인되지 않고, 오히려 철근이 부식하고 있는 경우에 최대내력이 증가한 예도 볼 수 있다. 이처럼 철근을 부식시킨 부재의 하중시험결과는 일부에서 그 경향이 다르지만, 부식균열이 발생하면 최대내력이 저하하는 결과가 많은 것, 부식균열이 주철근의 부착력을 저하시킬 가능성이 있는 것, 또 부식에 의해 철근 단면이 손상되고, 동시에 항복점이 저하하기 때문에 부식균열을 보수하고, 단면이 손상된 철근을 초기상태까지 복원하는 것이 내하성(내하력)의 회복에 효과적인 것으로 생각된다.

제 3 장 외부출입구 개착구조물

표 3-11~3-12는 내하성(내하력)에 대한 보수공법의 선정에 대해 정리하였다.

표 3-11 내하성(내하력) 회복을 위한 보수공법(RC 구조)

콘크리트의 열화정도	철근의 손상정도	균열 보수	표면 처리	단면 복원	강판 접착	보강섬유접착	프리스 트레싱	단면 증설	교체
균열	점형태의 녹	◎	○						
	경미한 녹		○	◎					
균열 들뜸, 박락	전면에 걸친 녹(부분적인 단면손상이 있는 경우)		○	◎					
				○	◎(1)				
				○		◎			
균열 들뜸, 박락	확실한 단면손상(공식 상태)가 몇 개소에 있는 상태		○	◎					
				○	◎(1)				
				○		◎			
				○				◎	
								◎	

표 3-12 내하성(내하력) 회복을 위한 보수공법(PSC 구조)

콘크리트의 열화정도	철근의 손상정도	균열 보수	표면 처리	단면 복원	강판 접착	보강섬유접착	프리스 트레싱	단면 증설	교체
균열	점형태의 녹 경미한 녹		○	◎					
				○	◎(1)				
				○		◎			
				○			◎		
				○					◎(4)

- 주) 1) 중량이 증가되기 때문에 구조적인 검토가 필요하고 강판 자체의 방식대책을 강구할 필요가 있다.
 2) PSC 구조이고, PS 강선·PS 강봉에 손상이 없는 경우에는 RC구조와 동일한 방법을 사용한다.
 3) 기호의 설명
 ◎ : 이 성능저하의 회복을 목적으로 하는 주공법
 ○ : 주공법의 성능을 유지하기 위한 보조공법
 △ : 강재를 보호하는 성능의 회복도 고려하는 경우에 조합가능한 공법
 4) PSC 부재의 열화상황 및 구조조건 등에 따라서는 「교체」도 고려한다.
 5) 철근부식의 진행을 억제하는 공법, 초기결함 및 예방보전을 위한 공법을 포함한다.

⑤ 내피로성에 대한 보수공법

표 3-13은 내피로성에 대한 보수공법의 선정에 대해 정리하였다.

표 3-13 내피로성을 회복시키는 보수공법의 선택 예

콘크리트의 열화정도	철근의 손상정도	균열 보수	표면 처리	단면 복원	보수보강접착	강판접착	프리스트레싱	단면 증설	교체	앵커
균열	-	◎	○							
		◎								
		◎				○	○			
		○				◎	◎			
균열 들뜸	경미한 부식		○	◎						
				◎						
				◎	○	○				
			△	◎						
들뜸, 박락	단면손상		△	○	◎	◎				
			△	○			◎			
			△					◎		
			△						◎	

주) 1) 기호의 설명

◎ : 이 성능저하의 회복을 목적으로 하는 주공법

○ : 주공법의 성능을 유지하기 위한 보조공법

△ : 강재를 보호하는 성능의 회복도 고려하는 경우에 조합가능한 공법

2) 철근부식의 진행을 억제하는 공법, 초기결함 및 예방보전을 위한 공법을 포함

4) 각종공법의 성능평가

보수를 목적으로 하는 공법은 여러 종류가 있고, 각각의 공법마다 특징이 있다. 그 중에서 적용공법을 선택하기 위한 판단기준으로는 어느 공법의 성능이 구조물의 상황과 그 환경조건에 가장 유효하게 발휘될 수 있는가 하는 것이다. 또, 상황에 따라서는 하나의 공법으로는 대응할 수 없는 경우도 있고, 그때에는 다른 공법과의 조합을 고려할 필요가 있다. 따라서, 보수공법의 선택에 걸쳐서 미리 대상이 되는 구조물의 열화와 성능저하상황에 대해서 이용 가능성이 있는 공법을 모두 고려해서 각각의 공법의 특징을 정리하는 것이 중요하다. 공법의 특징정리에서는 그 장점뿐만 아니라 단점에 대해서도 명확하게 하고, 보수효과가 얻어지지 않는 조건, 경제적인 보수를 하기 위한 조건 및 보수호의 내용년수를 지배하는 요인 등의 관점에서 정리하는 것이 좋다. 또, 구조물의 형식, 열화상황과 성능저하정도 및 환경조건 등을 고려해서 각각의 공법의 성능을 서로 비교해서 평가할 수 있는 표 등을 작성함으로써

제 3 장 외부출입구 개착구조물

“실패 없는 공법”의 선정이 용이하게 된다. 또, 이들 표는 최종적으로 선택된 보수공법이 그 요구 성능을 만족시키고 있는가를 확인하는 경우에도 사용할 수 있다.

표 3-14는 균열별 보수공법을 내구성 등급으로 나누어 평가한 것이다.

표 3-14 균열보수공법의 내구성 등급

		내구성 등급 (1~5*)	내 용
고정 미세균열	관찰 관리	4	미세균열에만 해당
	자기 회복	3	새로 친 콘크리트에만 해당
	실링재 침투	2	H2O, Cl 저항성 실링재 사용
	코팅	3	부식 및 부착 균열에 대한 코팅 사용
	에폭시 주입	2	국부적 적용, 부착 균열
	덧씌우기	2	심각한 균열 부위에 적용
	고정 대균열	에폭시 주입	1
라우팅과 실링		3	유지관리 필요
탄성 실링		4	유지관리 필요
드릴구멍 설치 및 충전		3	
그라우팅 또는 드라이패킹		4	
접합용 철근 삽입		5	
추가 단면보강 보강		4 3	
진행성 균열	실링재 침투	3	0.5mm 이하의 균열
	탄성 실링	3	유지관리 필요
	라우팅과 실링	3	대균열에 적용
	신축이음 설치	2	비용이 많이 듦
	드릴구멍 설치 및 충전	4	새로운 균열의 발생시
	접합용 철근 삽입	4	새로운 균열의 발생시
	추가 단면보강	3	새로운 균열의 발생시
누수	누수원 제거	1	수월치 않음
	화학적 그라우팅	2	다양한 적용조건에 알맞게
	코팅	4	계속적인 누수시
	드라이 피킹	4	계속적인 누수시

주) * 1부터 5까지의 숫자 중 1이 가장 내구성에 좋음

3.3.6 보수재료의 선정

3.2 구조물의 점검의 보수재료의 요구조건과 평가에 합격한 보수재료를 대상으로 선정된 보수 공법을 선정한다. 다음 그림 3-9에 보수재료 선정의 흐름도를 제시하였다.

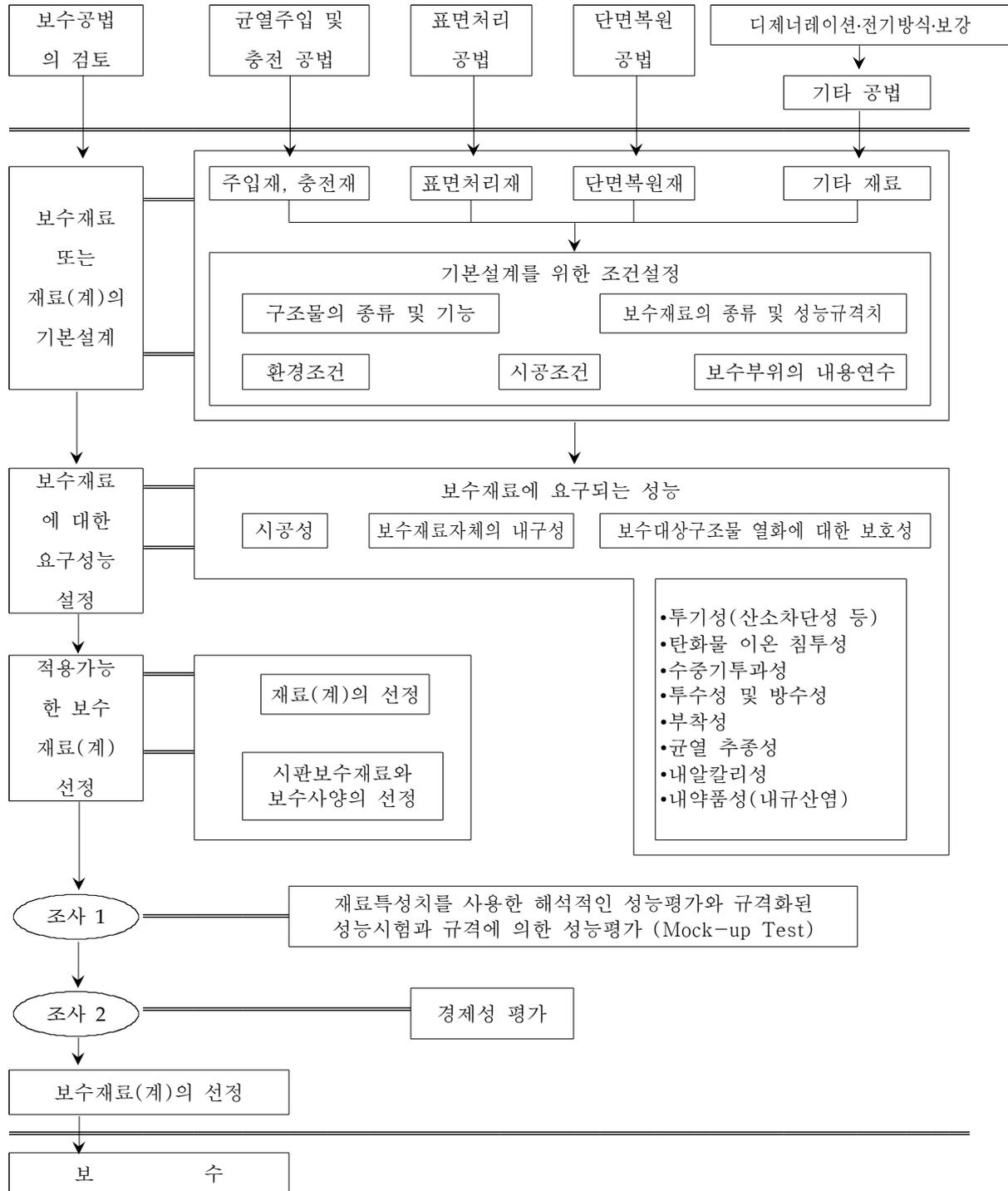


그림 3-9 보수재료의 선정 흐름도

보수공법을 사용재료까지 포함하는 시스템으로 고려하는 경우에, 이 시스템 전체의 성능이 보수에서 요구되는 성능을 만족시키면 사용재료의 성능평가를 얹더라도 그 재료는 적용가능한 것으로 보아도 상관없다. 또, 보수재료의 성능은 재료 자체가 가지고 있는 특성뿐만 아니라 시공상태에 따라서도 크게 영향을 받기 때문에 공법을 포함한 전체적인 보수시스템이 바뀔지 않다. 그러나 시공의 영향도 포함한 보수시스템의 성능평가에 관한 연구는 아직 충분하지 않고 또, 보수에서는 몇 종류의 재료를 조합해서 사용하는 경우도 많으므로 재료성능만을 생각하더라도 매우 복잡하기 때문에 현 상황에서의 재료성능평가는 공법의 평가와 나누어 고려하는 것이 합리적이다.

1) 보수재료의 요구성능의 분류

보수재료의 요구성능은 보호성능, 내구성능, 시공성능 및 기본적인 성능을 포함하는 성능 항목마다, 잔존공용기간을 고려해서 규정된다.

일반적으로 보수재료에 요구되는 성능으로는 시공성과 내구성능이다. 보수재료는 재료자체의 특성을 충분히 발휘할 수 있도록 시공되어야 한다. 즉, 시공환경에서 간단하면서도 균일하게 시공이 되는 것이 중요하다. 내구성능은 보수재료의 원래의 목적이 되는 성능이지만 보수 후의 공용기간중 소정의 수준을 만족시키는 것을 나타내는 성능이다. 재료 자체의 열화에 대한 저항성과 밀접한 관계가 있다.

그 외에, 부착성과 수축성 등은 보수재료가 구조물과 일체화해서 거동하는데에 기본이 되는 성능이고, 이것이 불충분한 경우에 이들 재료는 그 본래의 목적을 달성할 수 없다.

보수재료는 열화를 정지 혹은 억제하는 것이 목적이고, 그 성능은 보호성능이라는 표현으로 종합할 수 있다. 예를 들면, 내염화물침투성, 내투수성 등과 같은 콘크리트속으로의 물질이동에 대한 저항성능, 내약품성과 내마모성과 같이 콘크리트 자체의 손상에 대한 저항성 등이 이것에 해당된다.

2) 요구성능 및 요구수준의 설정

보수재료에 구체적으로 설정되는 요구성능과 그 요구수준은 공법의 종류, 사용환경조건, 시공조건 및 잔존공용기간 및 보수후의 내용년수 등의 조건 여하에 상관없이 반드시 조사되어야 한다. 단, 이들 성능의 요구수준에 관해서는 사용환경조건과 내용년수 등을 고려해서 설정하는 것으로 한다.

3) 보수재료의 기본설계

구체적인 요구성능 및 그 요구수준이 결정되면 그것을 만족시키는 재료의 후보가 되는 설계를 한다. 단, 재료를 새로 설계하는 것이 곤란한 경우에는 시판 재료중에서 요구성능을 만족

시키는 것으로 생각되는 것을 선택하던지, 혹은 요구성능을 만족하도록 복수의 시판재료를 조합한 재료시스템을 구축해도 좋다. 재료를 조합해서 사용하는 경우에는 고려방법과 조합의 가능성, 문제점 등에 관해서 명확히 해둘 필요가 있다.

4) 보수재료의 성능조사

기본설계가 되어진 재료 혹은 그 조합을 보수공법에 사용하기 위해서는 보수재료가 요구성능을 만족하고 있나를 적당한 방법을 통해서 조사해야 한다. 이 조사는 설계된 재료의 성능평가값이 요구성능의 수준 이상인 것을 확인하는 것으로 실시한다.

성능조사의 구체적인 방법으로는 다음의 두 가지를 생각할 수 있다.

① 재료의 다양한 특성값을 사용해서 요구성능을 직접평가하고 그 결과를 요구수준과 비교하는 것이다. 예를 들면 보수재료의 염화물이온확산계수 등의 특성치를 기초로 해서 이동해석으로부터 염화물이온의 콘크리트 속으로의 축적상황을 계산하고, 이 결과를 허용염화물이온량과 비교하는 방법이 이에 해당한다.

② 공공기관이 정한 규격시험을 사용해서 얻어진 재료시험결과를 공공기관이 설정한 규격값과 비교한다.

복수의 재료후보가 요구성능을 만족시킨 경우에는 재료의 비용을 고려하여 재료의 최종선정을 해도 좋다.

3.3.7 보수공법의 종류

1) 표면처리공법

표면처리공법은 미세한 균열(폭 0.2mm이하)위에 도막을 형성하여, 방수성, 내구성을 향상시킬 목적으로 사용하며, 균열부분만을 피복하는 방법과 전면을 피복하는 방법이 있다.

균열의 성장이 정지된 상태에서는 그림 3-10(a)와 같이 균열선을 따라 폭 50~100mm를 와이어 브러쉬로 닦아낸 후 폴리머시멘트페이스트나 모르터로 균일하게 도포한다. 콘크리트 표면에 0.3mm이하의 미세한 균열이 많이 분포해 있는 경우도 같은 방법으로 도포할 수 있으며, 재료를 기계로 분무하여 도포할 수 있다.

진행성 균열인 경우 경화후의 재질이 단단한 폴리머시멘트페이스트나 모르터로 보수할 경우 보수부위에 다시 균열이 발생하므로 그림 3-10(a)와 같이 균열면을 와이어브러쉬로 완전히 청소한 후 균열선을 중심으로 폭 10~15mm 테이프를 부착하고, 테이프를 중심으로 폭 30~50mm, 두께 2~4mm의 변형성 및 신장성이 큰 실링재를 도포하여 바닥의 변형율이 테이프 사이에서 흡수할 수 있도록 한다.

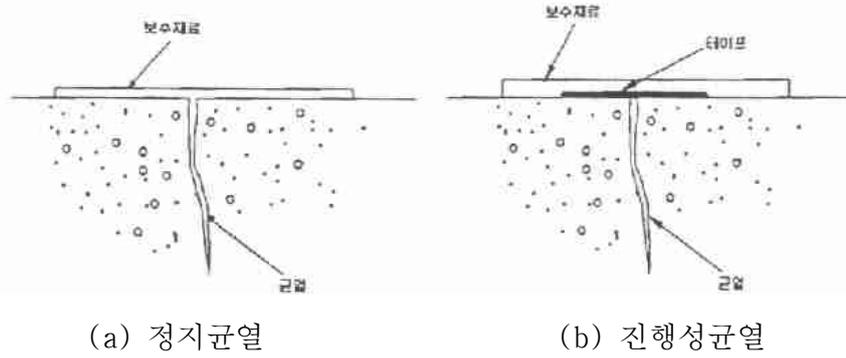


그림 3-10 표면처리공법

일반적으로 시공은 표면의 부착물을 와이어브러쉬나 물 등을 사용하여 완전히 제거하고 충분히 건조시킨후 표면의 기공을 퍼티상 프라이머로 메운 후 보수재료로 피복한 후 양생하는 순서로 이루어지며, 피복재의 두께가 얇으므로 사용연수의 경과에 따른 성능저하를 관찰하여야 한다. 그리고 에폭시수지모르터 도포공법과 에폭시수지 실링공법에 대한 시공순서를 살펴보면 다음과 같다.

① 에폭시수지모르터 도포공법

이 공법은 마감모르터명에서의 균열 및 결함부의 보수에 적용되며, 철근이 노출된 결함부 위에도 적용된다. 한 번에 두껍게 바를 수 있다. 시공순서는 그림 3-11과 같다.

② 에폭시수지 실링공법

모르터표면의 균열폭이 0.2mm정도 미만의 균열부위의 표면을 실링하는 경우에 적용한다. 비진행성 균열인이 0.2mm 정도 미만의 균열부위의 표면을 실링하는 경우에 적용한다. 비진행성 균열인 경우에는 퍼티상의 에폭시 수지를 진행성 균열에는 유연성 에폭시수지를 사용한다. 시공순서는 그림 3-12와 같다.

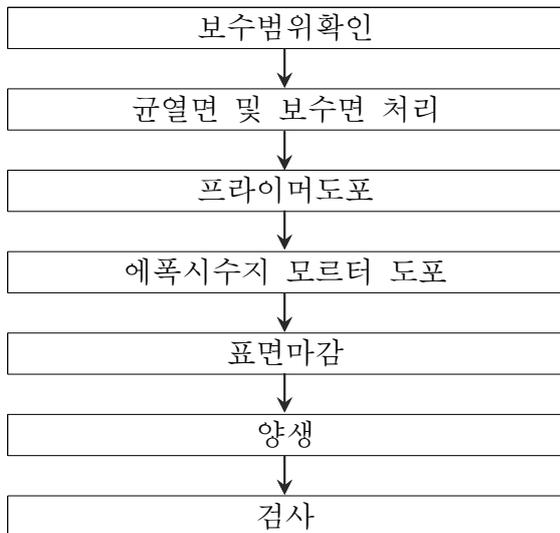


그림 3-11 에폭시모르터 도포공법

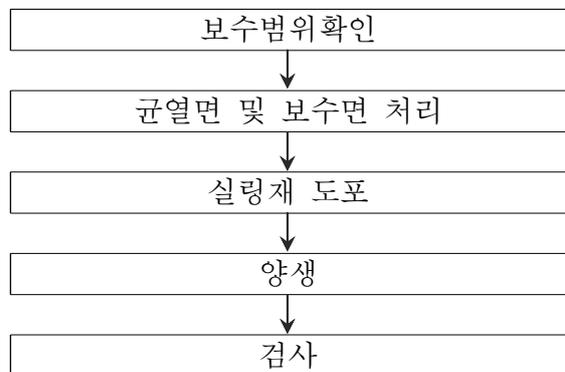


그림 3-12 에폭시수지 실링공법

2) 주입공법

주입공법은 균열에 수지계 또는 시멘트계의 재료를 주입하여 방수성, 내구성을 향상시키는 공법으로, 마감재가 콘크리트 모체로부터 들떠 있는 경우에도 적용할 수 있다. 이 공법을 적용함에 있어서는 시공위치, 시공시기에 맞는 작업시간 및 균열폭에 대응한 점도의 재료를 선정하는 것이 중요하다. 시공위치 및 균열폭에 따라 표 3-15에 분류하였으며, 균열폭에 알맞은 수지의 점성도는 표 3-16과 같다.

표 3-15 균열에 따른 주입공법의 분류

조 건		공 법	기계주입공법	수동주입공법	유입공법	저압수지 주입공법
시공위치	수평면(상)		●	●	●	●
	수평면(하)		●	●		●
	수직면		●	●		●
균열폭 (mm)	0.25이하		●			●
	0.25~2.0			●	●	●
	2.0~5.0			●	●	
	5.0이상				●	

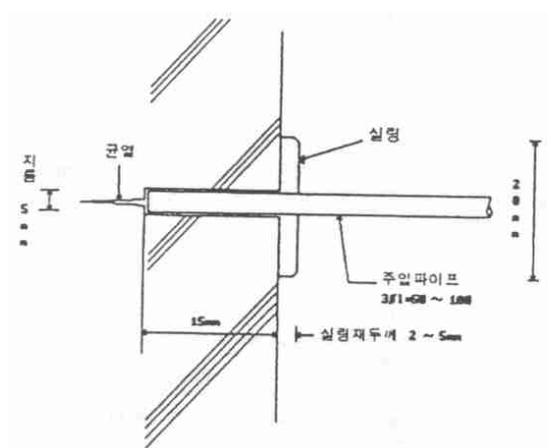
표 3-16 균열폭에 알맞은 수지의 점성도

형 상		점성도(20℃, cp)	주입 가능한 균열폭
액 상	저점성도	500±200	0.1mm 전후
	고점성도	1,500±500	0.2mm 전후
겔 상 태		6,000±1,000	0.5~5mm 전후

에폭시수지를 진행성 균열의 보수에 사용하는 경우, 에폭시 수지의 변형에 대한 적용성이 문제 된다. 일반적으로 사용되고 있는 에폭시수지의 변형량은 2% 정도로, 이와 같은 재료로 부수의 균열의 주변에 새로운 균열이 발생하는 경우가 많다. 따라서 이러한 균열에 대해서는 유연성의 것을 사용하거나 충전공법을 고려할 필요가 있다. 그리고, 에폭시수지 주입공법과 스테인레스 핀과의 병용으로 균열부의 일체화를 증대시켜 온도변화 등에 의한 움직임을 적게 하는 방법도 고려할 필요가 있다. 현재 이 공법에서 사용되는 재료로는 에폭시수지가 가장 일반적이며 특징은 표 3-17과 같다. 그림 3-18은 주입공법의 예를 나타낸 것이다.

표 3-17 주입공법의 특징

- ① 내하력복원의 안전성을 기대할 수 있다.
 - 에폭시수지의 접착강도가 크며, 경화시 수축이 거의 없다.
 - 휨시험에서는 대부분 모재에서 파단이 일어난다.
- ② 내구성저하 방지 및 누수방지를 기대할 수 있다.
 - 미세한 균열에도 주입이 가능하다.
 - 균열이 발생한 콘크리트를 일체화시킬 수 있다.
 - 산소 및 수분을 차단할 수 있어 콘크리트의 중성화를 억제할 수 있다.
- ③ 경화후의 에폭시수지는 화학적 성질이 안정하여 내후성이 좋다.
- ④ 미관의 유지가 용이하다.
- ⑤ 경제적이다.
 - 구조물의 차중 증가가 거의 없다.
 - 접착강도가 단기간에 발현된다.
 - 작업성이 좋다.



(단위 : mm)

균열폭	주입파이프간격
0.3이하	50~100
0.3~0.5	100~200
0.5~1.0	150~250
1.0 이상	200~300

그림 3-18 일반적인 주입공법

주입공법에는 압입식과 흡입식이 있다. 압입식 주입공법에는 수동식, 기계식 및 저압·저속식 주입방법이 있다. 다음 표 3-18에 주입공법의 종류를 나타낸다.

표 3-18 주입공법의 종류

압 입 식
<ul style="list-style-type: none"> ■수동식 주입 : 인력 ■기계식 주입 : 공기압식, 유압식, 기어식 ■저압·저속식 주입 : 고무, 용수철, 공기 등의 압력
흡 입 식
<ul style="list-style-type: none"> ■균열의 양단에 흡기구와 충전재 주입구를 설치하여, 흡입펌프로 충전재를 흡입 주입

종래에는 수동식 기계주입방법이 많이 이용되고 있으나 이 방법은 주입량을 정확하게 파악할 수 없으며 관통하지 않은 균열은 구석까지 보수재료를 주입하기가 곤란하다. 또한 주입압력이 너무 높으면 균열을 넓혀 주는 등의 문제점이 있으므로 저압·저속의 주입공법이 중요하다. 저압·저속 주입공법은 주입량 파악이 쉬우며 균열 구석까지 주입할 수 있는 특징이 있으나, 주입기에 주입재료가 남아서 재료손실이 많아지는 단점이 있다. 주입공법의 일반적인 시공순서는 그림 3-19와 같다.

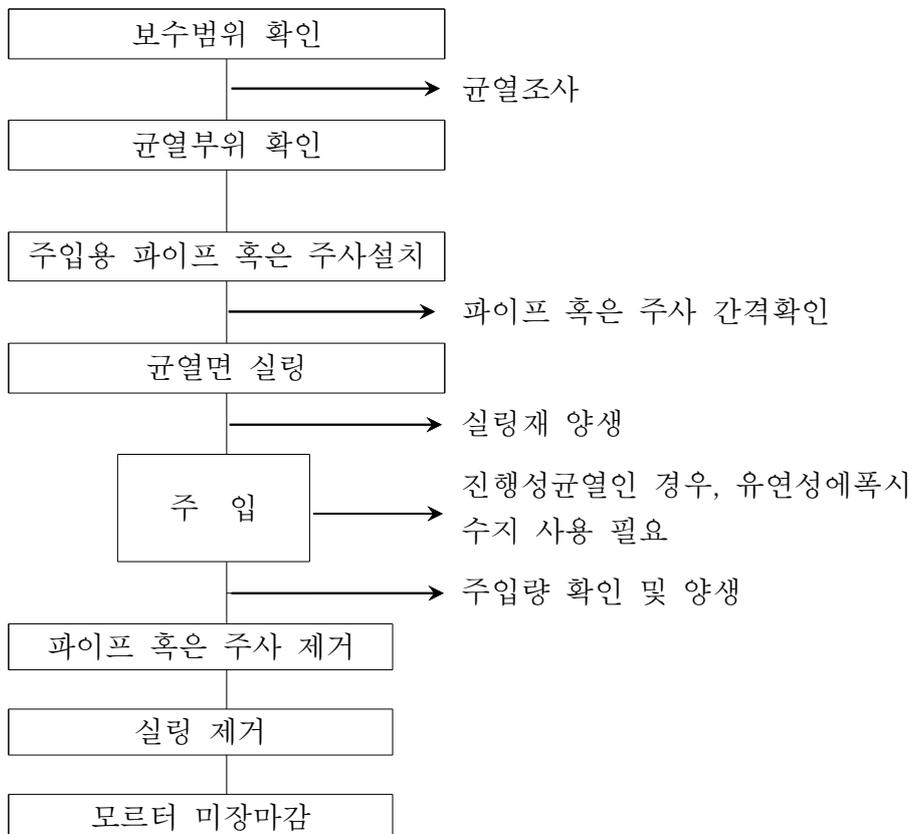


그림 3-19 주입공법의 시공순서

① 수동식 주입공법

수동식 주입공법은 주입건, 소형펌프를 사용하여 주입재를 비교적 다량으로 주입하는 방식으로 장점 및 단점은 다음 표 3-19와 같다.

콘크리트표면의 균열폭이 0.2mm 정도 이상의 균열부위에 그리스펌프를 사용하여 에폭시 수지를 주입하는 경우에 적용한다.

표 3-19 수동식 주입공법의 장·단점

장 점	<ul style="list-style-type: none"> • 다량의 수지를 단 시간에 주입할 수 있다. • 주입용 수지의 점도에 제약을 받지 않는다. • 벽, 바닥, 천장 등의 부위에 따른 제약이 없다. • 주입구 1부위에서 넓은 면적을 주입할 수 있다. • 들뜸이 매우 적은 부위, 모재와 접촉되어 있지 않은 부위, 박리 직전의 부위에도 주입이 가능하다. • 주입량을 정확하게 알 수 있다. • 주입압이나 속도를 조절할 수 있다.
단 점	<ul style="list-style-type: none"> • 균열 폭 0.5mm 이하의 경우에는 주입이 매우 곤란하다. • 공극부에 압력이 가해진다. • 주입시 압력펌프를 필요로 한다. • 경우에 따라 압착양생을 필요로 한다. • 주입조작, 기기취급 조작시 숙련도가 요구되어 관리상의 문제점이 있다.

② 저압·저속식 주입공법

이 공법은 균열위에 주입수지가 들어 있는 용기를 설치하여 고무, 용수철, 공기압 등으로 서서히 수지를 주입하는 방식으로 압입방식은 표 3-20과 같다.

표 3-20 저압·저속식 주입공법

압 입 방 식	용기의 형태
압축용기에서의 압축공기로 주입	플라스틱제의 실린더
압력탱크내의 압축된 압력으로 주입	플라스틱제의 압력탱크
고무쉬트의 복원력으로 주입	플라스틱제 틀에 고무쉬트를 고정
고무풍선압으로 주입	고무풍선
고무밴드이 복원력으로 주입	플라스틱제 실린더와 피스톤
캡슐내의 용수철로 주입	플라스틱제 캡슐 탱크

이 공법은 다음과 같은 특징이 있다. 수지가 들어있는 용기를 균열위에 설치하므로 사람의 손을 필요로 하지 않고, 용기높이의 저압력에 의해 자동으로 주입되므로 압력에 의한 실링부의 파손도 적어 시공관리가 용이하다. 그리고 주입되는 수지의 거동은 동심원상으로 확대되므로 주입압력에 의한 균열이나 들뜸이 발생되지 않는다. 주입압력은 4kgf/cm^2 이하로 규정되어 있으나 실제로는 1kgf/cm^2 전후가 사용된다. 최근에는 확실한 주입을 위하여 압력 (21kgf/cm^2 의 압력까지) 주입을 하는 경우가 많다. 주입재는 에폭시수지이외에도 무기질계의 슬러리도 사용할 수 있어, 습윤환경하에서도 사용 가능하다. 반면, 주입기에 여분의 주입재료가 남아 재료의 손실이 큰 단점이 있다.

3) 충전공법

충전공법은 균열의 폭이 0.5mm 이상으로 비교적 큰 경우의 보수에 적합한 공법으로, 균열을 따라 모르터 마감 또는 콘크리트를 절단하여, 그 부분에 보수재를 충전하는 방법이다. 이 공법은 철근이 부식되어 있는 경우와 부식되지 않은 경우에 따라 보수방법이 다르다. 충전공법에는 철근이 부식되지 않은 경우, 철근이 부식되어 있는 경우, U커트 실링재 충전공법, 결합부위 에폭시수지모르터 충전공법 그리고 결합부위 폴리머시멘트모르터 충전공법 등이 있다.

① 철근이 부식되지 않은 경우

철근이 부식되지 않은 경우는 균열을 따라 약 10mm 폭으로 콘크리트를 U형 또는 V형으로 절개한 후, 이 부위에 실링재·유연성 에폭시수지 또는 폴리머시멘트 모르터 등을 충전하여 보수한다. V형으로 절개하는 방법은 간편하지만 폴리머시멘트모르터를 충전하는 경우 충전한 모르터의 박리가 발생하기 쉽기 때문에 U형으로 절개하는 방법이 보다 효과적이다.

② 철근이 부식된 경우

철근이 부식된 경우의 충전공법은 부식된 철근부위까지 콘크리트를 깨내고 철근의 녹을 완전히 제거한다. 철근에 대한 방청처리와 콘크리트면에 대한 프라이머도포후 폴리머시멘트모르터나 에폭시수지 모르터 등의 재료로 충전하는 순서로 시공한다. 보수 순서는 그림 3-20과 같다.

이 방법은 철근이 부식된 경우의 철근콘크리트 구조물의 내구성 회복을 목표로 한 균열보수의 주된 방법으로 환경조건에 따라 여러 가지의 재료 및 공법이 사용될 수 있다. 철근이 부식된 경우의 충전공법은 크게 보수재료에 의해 물리적으로 부식을 방지하는 방법, 콘크리트에 알칼리성을 부가하여 화학적으로 부식을 방지하는 방법 그리고 이 두가지의 혼용 방법 등 3가지로 분류될 수 있다.

철근이 부식된 경우의 보수에는 다음 사항을 고려해야 한다. 첫째, 부식된 철근의 녹을 완

전히 제거하는 것을 원칙으로 한다. 둘째, 균열이 발생되지 않은 부분의 철근도 부식하는 경우가 많기 때문에 그 부분을 포함하여 보수한다. 셋째, 균열이 진행성이면 균열폭이 증가되는 경우가 많이 있기 때문에 변형에 대한 유연성이 큰 보수재료를 사용한다. 이상에서 언급한 공법에 사용하는 재료로서는 일반적으로 콘크리트는 타설 후 수년이 지나도 수분을 함유하는 재료이므로 균열면은 항상 습윤 상태로 있는 것이 많다. 이같은 경우는 습윤 균열 전용으로 개발된 에폭시 수지계 보수재료를 이용하는 것이 바람직하다. 시멘트계 보수재료는 현재 주입성능이 합성수지계에 비해 떨어지나 수경성이므로 습윤면의 시공에 적합하고 내구성, 내화성이 우수하여 화재 발생시 등에 우수하기 때문에 무기계 보수재료의 개발이 필요하다.

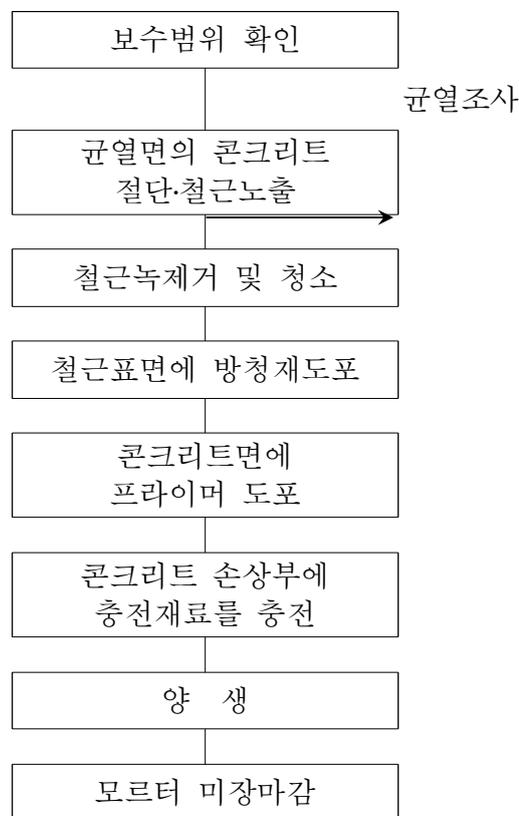


그림 3-20 철근이 부식된 경우의 충전공법의 흐름도

③ 드릴구멍 설치 및 충전공법

균열부에의 드릴구멍 설치 및 충전작업은 우선 균열의 깊이만큼 드릴로 구멍을 뚫고 그 내부에 그라우트를 주입하는 것이다.

이 방법은 균열이 똑바르고 한쪽 끝이 노출되어 있는 경우에만 적용할 수 있다. 이 방법은 벽을 유지·보전할 때에 수직인 균열을 보수하는 경우에 보다 잘 이용되는 방법이다.

우선 구멍(통상, 직경 2~3in(50~75mm))을 드릴로 벽의 중심에 균열을 따라 뚫는다. 구멍은 균열의 전체길이에 걸쳐서 균열을 가로지를 수 있는 충분한 길이를 가져야 한다. 또한 폼키(form key)에 작용하는 힘을 구조적으로 충분히 전달시킬 수 있는 보수재료를 준비하지 않으면 안된다. 또한 드릴로 뚫을 구멍을 청소한 후 밀실하게 그라우트를 충전한다. 그라우트에 의해 형성된 폼키(form key)는 균열 주변 콘크리트 단면의 횡방향 변위를 억제하는 역할을 한다.

수밀성은 중요하지만 구조적인 하중전달은 중요하지 않은 경우에는 드릴로 뚫은 구멍은 그라우트 대신에 탄성계수가 작은 재료를 채울 필요가 있다. 폼키(form key)의 효과가 중요한 경우는 구멍을 더욱 뚫고 최초의 구멍에는 그라우트를 채운 후 다음 구멍에 탄성재를 채우는 방법을 이용할 수 있다.

④ 폴리머 충전공법

단량체(monomer system)는 효과적인 균열 보수방법으로서 사용된다. 단량체는 결합하면 고체의 플라스틱을 형성하는 작은 유기분자로 구성된 액체이다. 단량체는 휘발성, 유독성, 가연성을 저감시킨다. 또한 물에 녹지는 않는다. 단량체는 대단히 유동성이 있으며 건조한 콘크리트의 균열속으로 물과 거의 비슷하게 침투한다.

단량체는 촉매 또는 반응개시제와 기본적인 단량체 (또는 단량체의 혼합물)와 더불어 주입공법으로 사용된다. 또한 이 시스템은 가교제도 포함되어 있다. 가열되면 단량체는 합체, 즉 중합하거나 하여 점착성이 있고 강하며 내구성이 있는 것이 된다. 이것은 콘크리트의 성질을 크게 높이는 것이다.

균열이 발생한 콘크리트의 표면이 건조해 있는 경우에는 단량체를 주입해서 그 장소에서 중합시켜 균열이 채워지도록 구조적으로 보수한다. 그러나 균열이 습기를 포함하고 있으면 단량체는 각각의 균열면으로부터 콘크리트 속으로 침투해가지 않고 그 결과 보수는 불충분해진다. 또한 휘발성이 있는 단량체가 중합이전에 증발해 버리는 경우에도 보수는 전혀 효과가 없어지게 된다. 폴리머 충전은 미세한 균열의 보수에는 별로 사용되지 않는다. 대단히 많은 균열이 발생해 있는 보에 대해서는 폴리머 주입방법을 사용해서 보수를 한다. 그 순서는 다음과 같다. 우선 균열을 건조시킨다. 다음에 금속쉬트에 대한 방수대(모노머를 사용하지 않는다)로 감싼다. 균열부에 단량체를 채운다. 그리고 단량체를 중합시킨다. 압축응력이 작용하는 임의의 커다란 공극이나 파괴된 위치에 대해 폴리머 콘크리트로 보수하는 경우에는 단량체를 주입하기 전에 잔골재나 굵은골재를 충전시킨다. 폴리머에 대한 보다 자세한 기술은 ACI 548R에 기재되어 있다.

4) 기타 공법

콘크리트에 발생된 균열에 대한 기타 보수공법으로는 핀그라우트공법, 침투성 방수제 도포공법, 콘크리트 안의 염화물이나 반응성 골재에 의한 균열의 보수, 드라이패킹 등이 있다.

① 핀그라우트 공법

핀그라우트 공법은 최근 일본에서 개발된 콘크리트의 방수공법으로 누수되고 있는 균열의 보수에 적합하다.

친수성 일액형 폴리우레탄 수지가 물과 반응하여 체적팽창을 일으켜 균열부를 충전하는 것으로, 기존의 방법으로는 충전이 불가능한 미세한 균열에 적용되며, 지속적인 방수성의 확보가 가능하고 습윤상태 콘크리트와의 접착성이 양호하며, 적용이 간편한 것이 특징이다. 이 공법은 선형으로 확대되는 균열, 폭 0.5mm 이상의 균열, 벽/기둥/슬래브 등의 모서리부의 균열에 의한 누수, 콘크리트의 곰보/배관 관통부 등의 균열에 의한 누수, 지붕/천장/지붕 슬래브의 균열에 의한 누수 등에 적용된다.

② 침투성 방수제 도포공법

침투성 방수제 도포공법은 콘크리트표면부가 전반적으로 노후되어 있거나 0.2mm 정도이하의 미세한 균열을 갖는 경우에 적용되며, 균열폭이 큰 경우는 부적당하다. 침투성 도포 방수제에 의한 0.2mm 정도의 균열폭의 경우, 누수방지에 관한 일본내 실내실험결과, 누수가 발생되지 않는 것으로 나타났지만 이 공법은 아직 시공실적이 적어서 내구성에 대한 신뢰성이 불명확한 점이 남아있으나, 최근 국내에서 널리 이용되고 있는 보수공법중의 하나이다.

③ 염화물에 의한 철근부식에 따라 발생한 균열의 보수

콘크리트중의 염화물에 의해 철근이 부식하고 이것에 따라 균열이 발생한 경우의 보수는 충전공법의 “철근이 부식하고 있는 경우의 균열보수”와 같은 방법을 쓰는 것이 기본이다. 즉 균열부분의 콘크리트를 떼어내어 철근녹 발생부분의 제거를 충분히 행하여 녹방지도료나 녹방지제 혼입 시멘트 페이스트를 철근에 도포하고 나서 폴리머 시멘트 모르터, 에폭시 수지 모르터 등을 충전하는 방법이다.

콘크리트중의 염화물이 해사에서 도입된 농도의 경우에서는 균열부분을 앞서 언급한 방법에 따라 보수한 후 콘크리트 표면에 수지 라이닝 등을 행하여 철근 부식이 진행되는 조건인 물과 산소의 공급을 적게할 필요가 있다. 그러나 염화물이 대량으로 콘크리트 중에 도입되고 있는 경우에는 철근의 뒷면까지 콘크리트를 깨어낸 후 충전공법을 실시함과 함께 염분, 물, 산소의 공급을 차단하기 위해 수지 라이닝 등을 할 필요가 있다.

④ 중성화에 의해 발생한 균열의 보수

기본적으로 cl^- 의 존재의 유무를 빼면, 염화물에 의한 균열의 보수와 동등하다. 철근에 산소와 물의 접촉을 차단하는 것이 기본이며 열화부분의 콘크리트를 깨어낸 후 철근의 녹을 제거하고 방청처리하여 단면을 충전한다. 중성화 특유의 보수방법으로서는 콘크리트에 알칼리성을 재부여하는 방법이 있는데, 이것은 콘크리트 표면에서 내부로 확산속도가 큰 리튬염 등을 도포함에 의한 것이다.

⑤ 알칼리 골재 반응에 의해 발생한 균열의 보수

알칼리 골재 반응에 의한 균열은 일반적으로 진행성으로, 특히 보강 철근량이 적거나 팽창에 대한 구속이 작은 경우에는 균열폭이 현저하게 커지는 것이 특징이다. 이 균열의 보수 공법으로는 가소성 에폭시 수지의 주입 및 방수효과가 있는 보수재료의 도포로 외부에서의 수분침입을 방지하는 방법이 시도되고 있다.

알칼리 골재 반응은 외부에서 물 침입을 방지함으로써 반응이 억제된다는 것이 일반적이나, 내부에 함유되는 수분만으로도 반응이 진행하는 수도 있다. 따라서 표면처리를 행함으로써 반응이 촉진되는 경우가 된다. 반응성 골재에 기인하는 균열 보수의 기본은 외부로부터의 물의 침입을 차단하는 일과 콘크리트 내부의 수분을 증발시키는 일의 두가지 대책을 병행하는 것이다. 가령, 금속판 등을 콘크리트 표면에 덮어 외부로부터의 물의 침입을 차단하는 방법은 유효할 것이다.

⑥ 접합용 철근삽입공법

이 방법은 균열의 양측에 드릴로 구멍을 뚫고 균열을 가로지르도록 설치한 접합용 철근(U자형 금속 유니트)의 주위에 그라우트를 주입하는 것이다.

이 방법은 커다란 균열을 가로질러 인장력을 회복시켜야 되는 때에 사용한다. 균열을 접합용 철근으로 고정시키게 되면 구조물을 강화시켜 주기는 하지만 구조물 전체의 구속을 강하게 해주는 점도 있어 다른 장소에서 콘크리트의 균열을 일으키는 원인이 된다. 따라서 외부에서 철근 등으로 보강하고 그것을 적절한 보호층으로 덮어 버려 주위단면을 증강시키는 것이 필요하다.

접합용 철근을 설치하는 작업은 균열의 양측에 드릴로 구멍을 뚫고 구멍을 청소한 후 접합용 철근의 양끝을 무수축 그라우트 또는 에폭시 수지를 기본으로 한 접착 시스템으로 구멍속에 고정시키는 순서로 실시한다. 구조물에 작용하는 인장력을 한 단면에서만 부담하지 않고 전체적으로 넓게 작용시킬 수 있는 위치에 접합용 철근을 배치하는 것이 바람직하다.

균열 단부에서는 접합용 철근의 간격을 좁게 하는 것이 좋다. 또한 균열의 양단부에서는

접합용 철근 1개의 효과를 약화시켜 응력의 집중을 줄일 수 있는 위치에 드릴로 구멍을 뚫도록 하는 것이 필요하다.

접합용 철근을 콘크리트 단면의 양측에 설치할 수가 있다면 이것을 실시함에 따라 보다 커다란 구조의 변형에 대해서는 접합용 철근이 움직이거나 휘지 않는다. 휨 부재의 겨우는 한 쪽만 접합용 철근을 설치할 수도 있다. 이 경우 인장력에 의해 변형이 생기는 면에 설치해야 한다. 만일 부재에 축력이 작용하는 상태라면 이 방법을 이용하기 위해 반대측의 단면을 도려내야 할 필요가 있기는 하지만 접합용 철근은 좌우대칭으로 설치해야 한다. 접합용 철근에 의한 보수는 균열을 메우자는 것이 아니라 균열이 보다 넓어지는 것을 방지하는 것이다. 방수성에 문제가 있는 장소에서도 접합용 철근이 녹이 슬지 않도록 보수해야 되는 것은 물론이고 더욱 균열에 수밀성을 갖도록 하는 것이 요구된다. 이 수밀성에 관한 보수는 접합용 철근에 의한 보수를 시작하기 이전에 종료해 놓는 것이 필요하다. 예외로서 진행성인 균열의 경우는 수밀성에 관한 보수 전에 구조물을 고정시켜 놓아야 한다. 왜냐하면 균열의 변동에 의해 균열의 수밀 보수재료가 판단해 버릴 염려가 있기 때문이다. 접합용 철근은 비교적 가늘고 길며 과대한 압축력에 대해서는 저항력이 없다. 따라서 만일 균열이 열리는 것뿐만 아니라 닫히는 경향이 있는 경우에는 덧씌우기로 덮는 방법을 이용하여 접합용 철근을 강화, 보강시키는 것이 좋다.

⑦ 드라이팩킹

드라이팩킹(drypacking)은 수분이 적은 모르터를 보수하려는 위치에 손으로 채워 넣는 것으로 이것에 의해 모르터와 콘크리트 구조물 사이를 밀실하게 한다. 재료의 물·시멘트비가 작기 때문에 보수하려는 부분의 건조수축은 거의 없고, 밀실상태를 유지하고 내구성, 강도 난 방수성의 관점에서 보아 양호한 성능을 발휘한다.

드라이팩은 정지상태에 있는 균열을 보수하기 위한 줄눈부의 충전에도 사용할 수 있다. 드라이팩의 사용은 진행성 균열의 보수 또는 충전에는 적합하지 않다.

균열은 드라이팩으로 보수하기 전에 표면의 한 부분을 폭 1in(25mm), 깊이 1in(25mm)의 줄눈 형태로 파지 않으면 안된다. 동력있는 톱날식 기계를 이용하는 것이 보다 효율적이다. 줄눈부는 저부의 폭을 표면의 폭보다 조금 크게 하기 때문에 도려낼 필요가 있다.

줄눈부를 깨끗하게 청소하여 건조시킨 후, 시멘트 슬러리 또는 동일한 양의 시멘트와 모래에 물을 섞어 유체 페이스트로서의 반죽질기가 얻어질 수 있는 접착 코우트를 충전한다. 드라이팩 모르터의 시공은 혼합 후 곧바로 실시한다. 모르터는 시멘트 1 : 모래 (No. 16 체가름 눈금 1.18mm 통과한 것) 3의 비율에 적당한 양의 물을 섞은 것이다. 물의 양은 모르터를 손으로 공모양을 만들었을 때 뭉개지지 않을 정도로 한다.

만일 보수부분의 색을 주위의 콘크리트의 색에 맞추지 않으면 안되는 경우에는 포틀랜드 시멘트와 백색 시멘트를 섞어서 사용한다. 통상 1/3의 백색시멘트가 적당하지만, 정확한 비율은 시험 배합을 통해 결정한다.

건조수축을 적절한 방법으로 최소화하기 위해서는 모르터를 혼합 후 30분동안 방치해 놓은 후 사용 전에 재혼합할 필요가 있다. 모르터는 약 3/8in(10mm)의 두께를 이중으로 바르지 않으면 안된다. 각각의 바르는 두께에 대하여 얇이 평평한 봉 또는 해머를 이용하여 표면전체에 걸쳐 확실하게 압착시켜야 한다. 또한 한번 바른 위에 다음번 바르는 것이 용이하게 밀착할 수 있도록 표면을 거칠게 할 필요가 있다. 그리고 다음번 바를 때는 양생 시간은 필요 없다.

모르터는 단단한 목재의 평평한 면을 끼워 넣어 그 위에서 해머로 수회 두들겨 마감한다. 표면의 외관은 2~3회 형겔이나 스폰지로 가볍게 두드려 마감한다. 보수재는 물 또는 보수용 재료를 이용하여 양생할 필요가 있다. 보다 단순한 습윤양생은 균열의 길이를 따라 적신 황마포를 걸쳐 놓으면 된다.

⑧ 덧씌우기와 표면처리

바닥판이나 도로포장 모두에 발생하는 균열은 만일 슬래브가 구조물 전체 거동의 영향을 받지 않는 경우에는 덧씌우기(overlay)를 접착시켜 보수를 한다. 그러나 슬래브에 발생하는 대부분의 균열은 하중, 온도, 습도의 변동에 의해 발생하는 구조물 전체 거동의 영향을 받는다. 이와 같은 균열은 일정한 방법으로 접착시킨 덧씌우기를 이용하여도 그것을 관통하여 나타나기 때문에 균열 보수에 관한 한 덧씌우기는 효과가 없어지게 된다(ACI 224 R). 그러나 건조수축 또는 그 외의 원인에 의한 많은 미세한 균열이 발생해 있는 슬래브는 덧씌우기의 사용에 의해 효과적인 보수를 실시할 수 있다. 동결하는 기상조건하에 있는 포장 슬래브에서는 덧씌우기 및 증기를 차단하는 표면처리를 해서는 안된다. 불투습층은 노반에서 생기는 습기가 그 층의 아래이며 결로하는 원인이 된다. 그 결과 콘크리트는 습윤상태가 되고 동결융해의 반복에 의해 급속히 붕괴해 버린다.

경도가 낮은 에폭시 수지를 주재료로 한 보수방법이 콘크리트 표면을 실링하는데에 이용된다(대단히 미세한 균열도 포함). 이 방법은 마멸작용을 받지 않는 표면에 사용하는데에 보다 적절한 방법이다. 통상은 ASTM C 881 점도 grade I, Type I, II 또는 III에 다른 에폭시 수지의 17~25%의 용액이 사용된다. 이러한 재료의 효과에 대해서는 아직 완전하게는 정립되어 있지 않다.

교량이나 주차장의 슬래브나 옥내 슬래브를 에폭시 수지를 두껍게 코팅하게 되면 보수효과를 얻을 수 있다. 이 방법은 미경화의 수지 위에 골재를 산포하는 것도 포함된다. 이 방

법은 ACI 503.3에 상세하게 설명되어 있다. ASTM C 881 Type III, 점도 grade I 또는 II에 의해 적절한 에폭시 수지에 대하여 상세하게 설명되어 있다. 예를 들어 미끄럼 방지를 위한 골재가 표면부에서 마모가 일어나도 균열에 침투해 있는 수지는 사람이나 차의 운행에 의해 마모되지는 않기 때문에 이 방법에 의해 정지 균열을 막게 된다.

미세한 정지 균열이 발생한 슬래브나 상판부는 폴리머를 혼입시킨 포트랜드 시멘트 콘크리트 또는 모르타르로 되어 있는 덧씌우기를 이용하면 보수할 수가 있다. 고속도로에서 최소 두께 1½in(38mm)의 덧씌우기를 교량에 적용시킨 사용실적이 있다. 이와 같이 여러 가지 사용에 적당한 폴리머는 스틸렌브타셀이나 아크릴, 재유화하지 않는 폴리초산 비닐, 친수성이 있는 에폭시 수지의 라텍스가 있다. 최소 수지 고형분량은 중량비로 포트랜드 시멘트의 15%이며 통상 시멘트 중량의 20%가 최적이다.

이 작업을 실시하는데 있어서 다음사항에 유의할 필요가 있다. 덧씌우기를 실시하기 전에 표면의 레이틴스, 카본이나 그리스, 오일 등의 더러움을 청소해 낸다. 덧씌우기를 하기 전에 표면을 빗자루로 마감한 라텍스 모르타르 또는 에폭시 접착제로 구성된 접착 코우트를 빨리 시공한다. 라텍스는 통상, 급속히 경화하기 때문에 쉬지 않고 계량·혼합할 수 있는 설비를 준비한다. 폴리머를 혼입시킨 덧씌우기는 빨리 혼합하여 타설하고 마감한다. (온화시에는 15분 이내) 라텍스가 경화를 개시한 후에 덧씌우기 부분을 손을 대면 덧씌우기에 균열이 발생한다. 이와 같은 덧씌우기는 24시간 양생을 실시하는 것이 좋다.

⑨ 균열 진전 억제

매시브한 콘크리트 구조물에 있어서는 표면의 온도저하나 기타의 원인에 의한 균열이 발생하고 공사의 진행에 따라 새로 타설한 콘크리트로 전파되어 간다. 이와 같은 균열은 균열을 억제시켜 인장력이 작용하는 범위를 넓혀 균열 진전을 봉쇄할 수 있다.

본드 브레이커(bond-breaker)로 된 막의 한 쪽 또는 용접 철망의 매트를 콘크리트 공사에 따라 균열을 덮도록 설치한다. 균열부에 걸쳐지도록 놓여지는 반원형의 파이프도 사용된다.

매시브한 콘크리트 구조물에 사용되는 반원형의 파이프의 설치순서는 다음과 같다. ① 반원형의 파이프는 8in(200mm), 16 gauge의 파이프를 반으로 쪼개어 만든다. 다음에 양측에 약 3in(75mm)의 플랜지를 가지는 반원형 단면이 되도록 성형한다. ② 균열의 주변부분을 청소한다. ③ 파이프의 단면 중심에 균열이 놓여지도록 설치한다. ④ 그 후, 파이프의 단면 콘크리트에 밀착시킨다. ⑤ 파이프의 윗부분에 구멍을 뚫고 그라우트 주입용 파이프를 설치한다. ⑥ 그라우트 주입용 파이프를 설치한 후 설치한 파이프의 주위에 파이프를 중심으로 콘크리트를 손으로 쌓아올려 덮는다. 설치한 그라우트 주입용 파이프는 나중에 균열에 그라우트를 주입하는데에 사용한다. 이것에 의해 구조물의 연속성이 모두 또한 일부 회복된다.

⑩ 균열을 따라 실시하는 실링

균열을 따라 실시하는 실링은 정지 상태에 있고 구조적으로 문제가 없는 균열에 대해서 이용된다. 이 방법은 균열은 표면부에 따라 크게 하고 거기에 적절한 줄눈 실런트를 채워 실링을 하는 것이다.

균열을 따라 홈을 만드는 작업을 생략할 수 있지만 보수후의 내구성으로 보아 다소의 희생은 하여야 한다. 이 방법은 균열 보수방법중에서 가장 간단하여 가장 일반적으로 사용하는 방법이다. 이 방법은 상대적으로 보아 에폭시 주입공법과 비교하여 숙련공이 아니어도 시공이 가능하며 또한 미세한 균열이나 커다란 독립된 결함의 장소라도 모두 작용할 수 있다. 이 방법은 진행성 균열에는 효과가 없으며 균열을 따라 실시하는 실링에는 적용할 수 없다. 그러나 다소의 유량의 감소를 얻으려고 하는 경우에는 그 압력이 작용하고 있는 표면을 실링할 때에는 예외이다.

균열 표면의 홈 설치 작업은 콘크리트용 돔이나 손공구, 공기력에 의한 공구를 사용하여 실런트를 충전하기에 충분한 폭을 가진 홈을 만들기 위해 실시한다. 표면의 홈 설치 폭은 최소 1/4in(6mm)가 좋다. 이 이상 좁은 홈은 보수하는 것은 곤란하다. 홈이 설치된 표면은 공기분사기로 청소하고 실런트 충전 전에 건조시키는 것이 바람직하다.

실런트의 목적은 물을 철근에 도달시키지 않는 것과 수압이 줄눈내에 발생하지 않도록 또한 콘크리트 표면을 더럽히지 않도록 또는 부재의 반대측에서 누수 문제의 원인이 되지 않도록 하는 것이다.

실런트는 어느 정도의 방수성과 내구성이 요구되는가에 따라 여러 재료로부터 선택한다. 에폭시 화합물이 때때로 사용된다. 따뜻하게 하여 흘러 넣는 줄눈 실런트는 줄눈의 완전한 방수가 요구되지 않고 또한 외관도 중요하지 않을 때에는 대단히 효과가 있다. 커다란 온도 변화에도 유연성을 잃지 않는 우레탄은 폭 3/4in(19mm), 깊이가 상당히 깊은 균열에 대하여 사용된 실적이 있다. 많은 상품이 시판되고 있으므로 여러 용도와 외기 조건에 보다 적합한 종류와 등급을 선택하는데 있어서는 제조업자의 의견을 듣는 것이 바람직하다. 실런트의 시공방법은 사용하는 재료에 따라 다르며 ACI 504 R에서 추천되는 공법에 따르는 것이 바람직하다.

⑪ 탄성 실링

진행성 균열은 샌드 브래스트(sand blast) 또는 고수압 분사기 등으로 균열부를 청소하고 적당한 현장정형에 의한 유연성이 있는 실런트에 의해 실링을 하는 것이 좋다. 실제상의 문제로서는 위치를 지정시킨 실런트의 삽입장소는 동등한 변위를 가진 줄눈의 넓이 형태에 따라 결정할 필요가 있다.

적당한 실린트의 선택과 그 설치방법은 ACI 504 R에 표시되어 있는 동등한 줄눈에 따라 결정할 필요가 있다.

본드 브레커는 줄눈 밑에 설치해야 한다. 이것은 줄눈 밑에 응력이 집중되지 않고 실린트가 변형할 수 있도록 하는 것이다. 미관상 중요하지 않고 콘크리트의 미소 변동에 의해 움직이는 작은 균열의 경우는 탄성표면 실링에 의해 보수한다.

본드 브레커로 균열을 덮고, 그 위에서 양측으로 충분히 접촉면적을 가지도록 흙손으로 탄성 줄눈 실린트를 바른다. 이 방법은 대단히 경제적이며 탱크의 내장이나 지붕과 같이 위를 사람이 걸어다니지 않으며 물리적으로 가혹하지 않은 장소에서 사용된다.

한편, 습기가 있고 인장응력이 작용하지 않는 콘크리트에 있어서는 균열 자체에 의한 자기회복으로서 알려져 있는 자연적인 과정에 의한 균열 복원이 일어난다. 이것은 매스콘크리트 구조물 등에서 나타나는 습윤환경하의 정지 균열을 닫히는 데에 실제로 적용된다. 자기회복은 시멘트 페이스트 속에 포함되는 수산화 칼슘의 이산화탄소에 의한 탄산염화물에 의해 일어난다. 이산화탄소는 주변의 공기 및 수중에 존재한다. 탄산화칼슘과 수산화칼슘의 결정은 균열에서 응결·축적하여 성장하여 간다. 결정은 조합되고 서로 엉켜서 기계적인 결합력 효과를 가진다. 이것에 의해 인접한 결정 사이나 페이스트나 골재의 표면과의 사이의 화학적 결합력이 증강된다. 이 결과, 콘크리트에 균열이 닫히게 된다. 인장력이 균열 단면을 통과하여 회복되어 균열이 닫히게 된다.

진행성 균열의 경우 또는 자기회복 기간중에 균열이 부재의 변위에 따라 움직일 때는 이 자기회복은 일어나지 않는다. 또한 확인한 물의 흐름이 균열을 통과하고 있는 경우에도 일어나지 않는다. 물의 흐름은 석회나 침전물을 녹여 씻어 흘러내기 때문이다. 그러나 물의 흐름이 대단히 늦은 경우에는 외기에 노출되어 있는 표면에서는 완전히 증발해 버리고 용출된 염류가 다시 축적된다.

자기회복 과정에서 균열 및 주변의 콘크리트에 대한 물의 침윤은 실질적인 강도를 얻는데에 없어서는 안되는 것이다. 균열 단면은 물로 채워져 있는 것이 좋다.

물로 채워져 있지 않는 경우는 균열부분을 습윤시키기 위해 콘크리트 표면에 물을 채우는 것이 필요하다. 습윤상태는 자기회복 기간중 유지되어야 한다. 자기회복은 균열 발생후, 가능한 한 빨리 개시해야 한다. 자기회복이 늦어지면 곧바로 자기회복을 개시할 경우에 비해 강도의 회복이 작게 된다.

3.3.8 누수보수 공법

콘크리트의 누수는 구조물의 기능장애와 열화의 원인이 되므로, 누수방지 및 방수대책을 수립할 경우에는 가능한 모든 인자들을 고려하여 공법을 선정하는 것이 중요하다. 기존 구조물의

누수방지공법에는 주입공법(injection 및 grouting), 줄눈실링 공법(joint sealing), 표면도막공법(loating), 배수공법(re-route flow), 쉬트방수공법(elastomeric membranes)등의 일반적인 공법이 있다.

1) 주입공법

효과적인 누수공법은 누수원과 누수부위사이에 어떤 재료를 압력 주입하는 공법이지만, 성공적인 결과를 얻으려면 많은 조건변수와 기술변수들을 고려하여야 한다. 이외에도 장치의 설치와 작업조건에 영향을 주는 인자들과 기술자의 경험과 숙련도도 매우 중요하다. 최근에는 확실한 주입을 위하여 압력(21kg/cm²의 압력까지) 주입을 하는 경우가 많다.

① 조건변수

유체의 종류, 흐름의 형태, 압력수두, 온도, 부재종류, 누수경로의 형태와 크기, 유량, 누출경로의 형태와 크기, 유량, 누출표면조건, 손상상태, 기능장애상태 등

② 기술변수

주입재료, 재료 응결시간, 연결방법과 간격, 주입압, 주입시간과 주입량, 주입순서 등

③ 사용재료

친수성·소수성의 우레탄 겔(urethane gel) 및 기포(urethane foam), 친수성 아크릴레이트(acrylate), 에폭시, 친수성 초미세시멘트(microfine cement) 등

④ 장기간 방수성능에 영향을 주는 장애요소

건습반복회수, 수압의 증가, 주입재의 초기 건조수축, 주입재의 건조침출, 주입재의 동결융해, 주입불량, 누수불량, 누수경로내의 물의 이동등은 방수효과를 저해시킴.

⑤ 효과적인 누수공법

2단계 주입공법(two stage grouting)을 도입하는 공법이다. 1단계에서 구조물 배면(positive side)에 주입하여 물의 흐름을 막은 후, 2단계에서 균열에 주입재를 주입하는 공법이다. 다만 이 경우에 구조물 배면의 지반조건의 영향을 받는다.

2) 줄눈실링공법

줄눈에는 지수판을 가진 신축줄눈, 수축줄눈, 시공줄눈, 콜드조인트, 하중전달기능을 가진 줄눈 등이 있고, 이들의 누수방지공법도 목적에 따라 상이하다.

지수판을 가진 줄눈에서는 조사나 보수를 위한 접근이 어려워 누수원을 찾기 힘든 경우가 많다. 적용공법에는 압력주입, 고무계 방수쉬트 공법이 있다. 대책을 수립할 때에는 압력수두, 압력방향, 줄눈에서의 이동, 줄눈의 연속성, 기존 지수판의 종류, 줄눈의 결합형태, 줄눈 폭, 보수 후 수면, 전면과 배면의 접근성 등을 고려해야 한다. 이 공법에는 압력실링공법과

신축 이음장치의 방수에 사용하는 줄눈실링공법이 있다.

3) 표면도막공법

균열면에 각종화합도료로도막을 형성하는 공법이다. 이를 위해서는 공법의 목적, 사용 및 노출조건, 적합한 재료의 선정, 콘크리트의 바탕처리, 도막회수와 양, 표면전처리, 균열처리, 품질절차등의 순서에 따라 공법과 재료를 선정해야 한다.

4) 쉬트방수공법

균열을 가진 콘크리트면 위해 탄성고무쉬트(elastomeric memvrane)를 부착시키는 공법으로서 제품쉬트와 액체재료모두가 사용된다. 이 공법은 이동 균열과 줄눈을 연결시키는 역할을 하는 것이므로 재료의 선택시 신장능력, 두께, 균열위의 비부착길이 등을 검토해야 한다.

5) 지상구조물

보수 대상의 부위에 따라 콘크리트 보수보강공법, 방수층 재보수 공법, 누름층 상부 신규방수층 형성공법으로 나뉘며, 누름 및 방수층을 제거한후 다시 방수층을 형성하는 공법등으로 나뉜다.

① 콘크리트 구체 보수보강공법

균열, 공극, 조인트, 부위의 재료주입방법, V 또는 U컷팅한 후 보수재를 충전 마감하는 공법이다. 주입재료는 에폭시, 팽창성 폴리우레탄 등이 주로 사용된다.

② 방수층 전후 공간 재료충전공법

누름층을 천공하여 보수재를 방수층 전후공간을 충전하는 공법으로 부분 또는 전면시공이 가능하다. 기계적 압력을 발생시켜 방수층 전후공간은 물론 누름층 및 슬래브의 손상부위(누수경로)를 역추적하여 충전되므로 입체적 방수층을 얻을수 있다. 비교적 작업이 간단해 개보수 비용보다도 경제성이 높다.

③ 누름층 상부 신규도막형성공법

누름층을 바탕면으로 하여 새로운 도막 방수층(우레탄, 폴리우레아, 시멘트 혼입 폴리머계 도막방수재)을 형성하는 공법이다. 작업의 전과정을 일일이 확인할수 있으므로 안정된 방수층을 얻을수 있다. 반면 거동이 가장 심한 부위에 방수층이 형성되고 방수재가 외부환경에 직접 노출되므로 재료의 손상과 들뜸이 쉽게 발생될 가능성이 있다.

④ 개보수

방수층 및 누름층 제거후 신규 방수층을 형성하는 방법이다. 작업과정을 일일이 확인할수 있어 공정관리를 잘할 경우 안정된 방수막을 얻을수 있다.

누름층 및 방수층 제거시에 발생하는 충격으로 인해 건물의 안전성을 해할 우려가 있고

폐기물 방출, 높은 비용부담으로 인해 극히 제한된 경우에만 선정되는 공법이다.

6) 지하구조물

① 에폭시수지, 우레탄수지 주입공법

균열, 공극, 이음부 주위에 주로 시공된다.

② 배면 주입공법

콘크리트 구조물의 단면을 관통시켜 배면부위 (모호벽돌과 구조물 공간, 토사와 구조물의 경계면부위)에 유기, 무기·유기 혼합등의 방수재를 기계적 압력을 이용하여 주입, 충전시키는 공법이다.

③ 표면 도막 형성공법

표면에 면처리후 도막을 형성하는 공법으로 보수부의 면처리가 중요하다.

④ 표면 절개후 방수재 충전공법

표면에 발생된 균열을 중심으로 V 또는 U컷팅한뒤 무기질 혹은 유기질 방수재료로 실하여 누수를 차단하는 공법이다.

7) 기타

① 점착·팽창성 유연형 도막방수 공법

콘크리트 구조물 외벽 표면에 불투수성의 "점착·팽창성 유연형 도막 방수재"를 도포한후 합성섬유 부직포 또는 HDPE 필름 쉬트 및 경질 플라스틱 보호 패널(쉬트)를 댄 후 흡 되메우기 다짐등에 의한 방수층 손상을 막기 위해 보호판을 부착시킨다.

② 뿔칠형 속경화 폴리우레아수지계 도막방수

폴리우레아 수지계 도막방수재는 기존의 방수재와 비교할 때 인장성능과 탄성력이 가장 우수한 재료로서 스프레이로 콘크리트 표면에 분사 도포하여 방수층을 형성한다.

3.3.8 보수공사의 품질관리 절차

1) 주입공법

① 품질보증

보수공사에 앞서 공사관리 자격이 있는 공사관리자와 보수재료의 품질을 확인한다.

(a) 자격요건관리

- 에폭시 주입 작업기간 동안 시방에 적격인 공사관리자나 작업반장을 상시 배치한다.
- 시방에 적합한 에폭시 제조사 대표인을 배치하여 에폭시를 주입하는 기술을 보수작업반에게 교육한다.

(b) 재료 품질관리

- 주입용 에폭시 수지는 보수시방서가 요구하는 일반요건을 만족시키는 것을 사용한다.
- 제조사로부터 받은 각각의 에폭시 제품에 대한 제품자료를 상시 비치한다.
- 제품은 제조사의 취급설명서에 따라 취급, 운반한다.
- 용기가 손상, 개방된 재료는 사용이 않는다.
- 용기에 하기사항이 명확히 표식이 되어 있는가를 확인한 후 시공시 취급상 주의사항을 준수한다.

- ① 제조사명
- ② 제조사의 제품명 또는 제품번호
- ③ 제조사의 lot NO.
- ④ 배합비
- ⑤ 주입, 접착에 대한 시방서와의 일치
- ⑥ 재료의 위험정도와 취급상 주의사항

② 제출물

다음 자료들을 제출하여 품질보증을 받는다.

(a) 자격요건에 관한 증빙서류(시험시 공착수전 제출한다.)

시공자의 공사관리자, 에폭시 재료 제조자, 에폭시 재료 제조자의 대리인

(b) 에폭시의 기술자료

또한, 재료의 검정을 위해 재료의 견본과 기술자료 및 사용법을 발주자 대리인에게 제출한다.

③ 사용재료 선택

에폭시는 콘크리트에 매우 잘 부착되고 습하고 누수가 되고 있는 표면에도 부착될 수 있는 제품을 선택한다.

④ 장비 선택

에폭시 주입에 사용할 장비는 주입기이다. 장비 또한 상세한 기술자료를 제출하여 품질 보증을 받아야 한다.

⑤ 시공

에폭시 주입방법은 주입용 에폭시를 주입하여 에폭시와 구조물의 완전한 일체화를 도모하고 충전된 내부의 콘크리트를 방호하고 철근의 부식을 막는 목적으로 사용하는 보수공법으로 품질이 보증된 재료와 장비를 사용하여 그림 3-21에 따라 아래와 같이 시공한다.

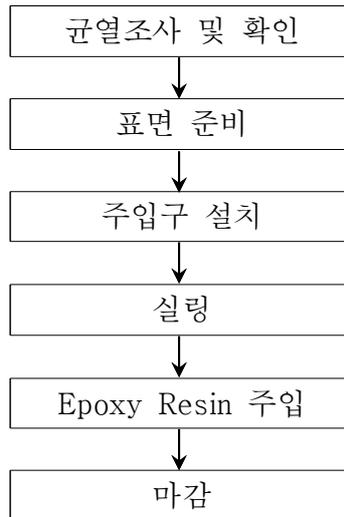


그림 3-21 에폭시 주입 시공 절차

(a) 준비

- 균열 게이지로 균열을 조사하여 표시하고 일련번호를 부여한다.
- 발주자 대리인에게 통보하고 발주자 대리인의 판단에 따라 보수여부와 방법을 정한다.
- 균열에 의해 열화된 콘크리트를 제거한다. 새로운 재료가 부착될 모든 콘크리트 표면은 항상 깨끗하게 한다. 열화된 콘크리트 부위의 표면은 균열의 좌우를 각 50mm 폭으로 블러싱한다.
- 보수할 부위를 무로 청소한 경우 최소 7일간 건조시킨다

(b) 주입구 설치

- 진공 청소기가 부착된 회전 고리드릴 척을 가진 12.5mm 직경의 중공코어비트를 사용하여 균열의 길이를 따라 200mm 간격으로 균열에 직접 천공한다.
- 구멍의 깊이는 20mm를 최대로 하고 균열보다 깊으면 안된다.
- 마개를 가진 플라스틱 포트를 설치한다. 포트는 구멍에 12.5mm의 깊이로 설치하여 구멍의 바닥에 조금만 저장소를 남긴다.
- 에폭시 레진을 사용하여 포트를 제위치에 부착한다. 부착시 주입구가 막히지 않도록 주의한다.
- 제조자의 지시 재료에 따라 최소한 1시간~6시간 양생한다.

(c) 실링

- 균열의 외측표면을 완전히 막기 위해 표면도포용 젤을 균열깊이에 따라 적용한다. 외관이 중요한 경우에는 포트의 충전이나 부착을 위해 레진을 과도하게 사용하지 않는다.
- 표면도포용 젤은 주입압에 견딜수 있게 하기 위해 제조자의 지시에 따라 최소한 1시

간~6시간이상 양생한다.

(d) 프리팩킹(packaging)

폭 3mm 이상 크기의 균열은 필요시 시방서 규정에 의거하여 작업절차서를 작성하여 승인을 받은 후 보수한다.

(e) 주입전 봉합검사

- 주입을 하기 전에 봉합의 일체성 시험(integrity test)을 실시한다.
- 일체성 시험은 다음의 절차에 준하여 실시한다.
 - ㉠ 약간의 비눗물을 균열의 전체 길이에 뿌린다.
 - ㉡ 하나의 포트만 남기고 모든 포트를 막는다.
 - ㉢ 압력계가 부착된 작은 공기 압축기를 사용하여 개방된 포트에 2.8~4.1kgf/cm²의 압력으로 공기를 주입한다.
 - ㉣ 균열의 공기 누출을 조사하여 불충분한 봉합을 확인한다.
 - ㉤ 공기가 누출되면 에폭시 레진을 추가하고 최소 1시간~6시간 후에 다시 시험한다.

(f) 주입

(가) 장비

- ㉠ 장비는 포트에 도달하기 전에 레진 반응제를 고정된 비율로 혼합하고 21kgf/cm²까지의 압력을 발생시키는 능력이 있는 양변위 펌프(positive displacement pump)로 구성된다.
- ㉡ 펌프는 압력계를 읽을수 있고 반응제의 정확한 양을 계량할 수 있는 시스템이다.
- ㉢ 바람직하지 않은 펌핑이 되면 순간적으로 스위치가 작동하여 기계가 정지하는 시스템이다.
- ㉣ 추운 기후의 작업 및 미세한 균열까지의 주입을 위해 레진을 덩게하는 장치(38℃)가 있는 시스템이다.

(나) 재료

- ㉠ 주입용 재료는 승인된 재료를 사용한다.

(다) 비율검증

- ㉠ 작업을 시작하는 오전과 오후에 혼합율을 검증한다.
- ㉡ 정확도 확인용 밸브로부터 에폭시를 용기에 받아서 검증한다.

(라) 주입

- ㉠ 에폭시 주입을 주입기르 사용하여 주입한다.

- ② 압력은 주입되는 공극의 형태에 따라 조정하여야 한다.
- ③ 연직 균열은 아래의 포트에서 시작하여 위쪽으로 주입한다. 수평 균열은 한쪽 끝에서 시작하여 다른 쪽 끝으로 순차적으로 진행한다.
- ④ 균열에 에폭시를 주입할 때 공기가 배출되도록 초기에 모든 포트는 개방한다.
- ⑤ 다음 포트에서 에폭시가 흘러나올 때까지 첫째 포트에서 주입을 계속한다. 에폭시가 흘러나오면 첫째 포트를 잠그고 다음 포트에서 주입한다.
- ⑥ 이러한 과정을 계속하여 모든 주입구에 주입하고 주입구 사이에 충전을 완료한다.
- ⑦ 모든 포트에 주입하고 잠근후 포트와 봉합재를 제거하기 전에 4~6시간 동안 양생한다.

(g) 마감

- 포트와 에폭시 봉합재는 모 그라인더나 그라인더로 갈아서 제거한다.
- 표면을 그라인더로 마무리한다.

⑥ 현장품질시험

- (a) 주입한 에폭시 샘플을 압축강도 시험용으로 시험실에 제출한다.
- (b) 각각의 배합별로 또는 사용별로 최소 일일 3개의 샘플을 만든다.
- (c) 샘플은 내경이 9.5mm인 시험관에 에폭시를 타설하여 제작한다. 샘플의 높이는 약25mm정도 되도록 하여 면정리후 규격이 내경 9.5mm 높이가 19mm인 공시체를 얻을수 있도록 한다.
- (d) 에폭시 균열 봉합 작업에 의해 봉합된 균열에서 매 45m 마다 코어를 채취하여 대리인에게 제출한다. 코어의 지름은 50mm 길이는 115mm이다. 시험대행기관에서는 에폭시 침투 및 접착력을 위해 코어를 조사하고 시험결과는 다음과 같아야 한다.
 - 균열 내부로의 최소 에폭시 침투 깊이는 100mm 또는 균열 깊이가 100mm이하일 경우는 균열 전체의 깊이 이어야 한다.
 - 균열의 85%는 에폭시로 채워져야 한다.
 - 하중 재하시험시 코어의 파괴는 에폭시 접착면을 따라서 일어나지 않아야 한다.
- (e) 다음과 같은 기준에 따라 포스트 텐션 덕트, 철근과 같은 모든 매설물을 피해 코어를 채취한다.
 - 코어는 기존 도판과 포스트 텐션 텐던에서 최소 100mm의 거리를 두고 채취한다.
 - 코어는 철근으로부터 최소 25mm의 거리를 두고 채취한다.

2) 충전공법

① 품질보증

- 제조사의 이름, 상표(label), 제조증명 및 배치(batch) 번호가 부착된, 개봉되지 않은 원상태 그대로의 용기에 지정된 제품을 운반, 보관한다.
- 보관시 제조사의 지시방법을 준수한다.
- 시공시 제조사의 시공지침을 준수한다.
- 유효기간이 경과하지 않은 재료만을 사용한다.

② 제출물

다음 자료들을 제출하여 품질보증을 받는다.

- 사용목적 및 사용법
- Pot Life(순 가용시간)
- 초기 양생시간
- 다양한 사용온도 하에서의 점성이 없어지는 시간
- 인장강도 및 연신율
- 압축강도
- 접착력
- Deflection, Temperature

③ 사용재료 선택

사용재료는 품질이 보증된 재료에 한해서 사용한다.

④ 장비 선택

충전재 제조사가 추천하 장비 또는 기구를 사용한다.

⑤ 시공

(a) 표면 준비

- 균열 및 그 주변은 깨끗하고 튼튼해야 하며 건조하여 표면에 자유수나 서리가 없도록 한다. 균열부의 모든 느슨한 물질은 기름기 없는 압축공기로 불어낸다.
- 균열 하부면은 제조사 추천에 따라 에폭시 접착제나 실리콘 코킹으로 실링을 만든다.
- 수개의 균열이 집중된 지역은 균열 상부 양쪽표면에 코킹으로 띠상을 만들어 균열길이에 따라 6mm폭의 도랑(reservoir)을 만든다.
- 균열부가 적셔진 경우에는 최소 3일 경과후에 시공한다.

(b) 혼합 및 시공

- 레진 성분들의 1회 혼합량은 5분동안 사용할 수 있는 양으로 한다. 제조사의 권장에 따라 성분들을 혼합한다.

- 처리할 균열 표면의 온도는 10~38℃분 동안 이재료들이 균열부로 침투하도록 하고, 이 시간동안, 균열이 채워질 때까지 코킹 띠 사이를 계속 반복하여 채운다. 필요시에는 페인트 솔로 솔질하여 이 재료가 균열 속으로 들어가도록 한다.
- 혼합 완료후 수분 이내에 준비된 균열부에 부어 먼저 만든 코킹 띠 사이에 채운다. 눈에 떨 정도로 진해지거나 점성이 증가한 레진 재료는 사용하지 않는다. 10~20분 동안 이 재료들이 균열부로 침투하도록 하고, 이 시간동안, 균열이 채워질 때까지 코킹 띠 사이를 계속 반복하여 채운다. 필요시에는 페인트 솔로 솔질하여 이 재료가 균열 속으로 들어가도록 한다.
- 제조자가 권고한 모든 제한 요건과 안전 조치를 준수한다.
- 레진을 시공한 지역은 필요시, 양생기간 동안 통행을 금지한다.
- 재료가 어느 정도 굳어진 상태가 되면 사람들에게 통행을 개방할 수 있다.

(c) 청소

- 레진 적용한 외측부에 레진으로 더럽혀진 부위는 청소한다. 굳은 레진은 기계적인 방법으로 제거한다. 굳지 않은 레진 청소시에는 시공부위가 오염되지 않도록 한다.
- 레진이 충분히 굳어지면, 균열 하부바닥의 실링을 제거한다. 이 작업은 그라인딩이나 마모 블래스팅으로 한쪽씩 또는 양쪽을 각각 시행한다.
- 작업이 끝난 면과 그 부근은 흘린 흔적 없는 깨끗한 면으로 만든다.

⑥ 현장품질시험

보수효과를 확인할 수 있는 적절한 품질시험을 수행한다.

3) 표면처리공법

① 품질보증

모든 시멘트슬러리 피복 제거 작업 전 시공자는 슬러리 제거 구역을 지정, 시공도면에 표시하고 발주자 대리인과 함께 확인한후 일련번호를 부여한다.

② 제출물

품질보증을 받을 수 있는 자료를 제출하여야 한다.

③ 사용재료 선택

사용재료는 품질이 보증된 재료에 한해서 사용한다.

④ 장비 선택

기계적 칩핑 해머(mechanical chipping hammer), 공기압축기(air compressor), 샌드 블래스트(sand blast)또는 물 분사기(water blast)등 보수공사 일반시방서 및 관련 규정에 적합한 장비를 사용한다.

⑤ 시공

- (a) 결함부를 찾아내고 시멘트 슬러리의 제거부위를 표시한다.
- (b) 발주자 대리인에 의해 확인된 시멘트슬러리를 제거한다.
- (c) 철근과 콘크리트표면에 경화된 시멘트슬러리를 치핑햄머 또는 sandblast, waterblast를 제거한다.
- (d) 선택된 재료와 장비로 공사를 수행한다.
- (e) 보수공사 현장과 그 주변 지역은 매일 작업 후 비로 청소하여 깨끗이 유지한다.

⑥ 현장품질시험

보수효과를 확인할 수 있는 적절한 품질시험을 수행한다.

3.3.10 보강공법

균열의 발생으로 내력이 저하된 콘크리트 구조물의 보강은 균열조사, 원인 추정 및 보강 필요 여부 판정에 기인하여, 보강목적에 가장 적합한 공법을 채용한다. 즉 균열이 발생한 콘크리트 구조물을 보강하는 목적은 균열로 인해 손상된 콘크리트 구조물의 내력 저하를 회복시키는 일이다. 가장 적절한 보강방법은 이 목적을 충족시키는 범위내에서 경제적이지 않으면 안된다. 그러나 경제성만을 부각시키면 필요한 보강효과를 확보하지 못하는 경우도 생길 우려가 있다. 또 보강을 실시하여도 안전성의 확보가 곤란하다고 판단될 경우에는 대상 구조물의 철거도 고려해야 한다.

주된 보강공법에는 강관접착공법, 보강섬유 접착공법, 프리스트레싱 공법, 단면 증설공법, 교체공법, 앵커공법 등이 있다.

1) 보강설계

보강시에는 균열의 원인, 하중조건, 필요한 내력, 보강의 범위와 규모, 환경조건, 안전, 공사기간, 경제성, 관리의 용이성 등을 고려하여 계획한 보강목적이 달성되도록 보강방법, 보강시기 및 보강재료를 선정하고, 단면 및 부재의 설계를 수행한다. 또한 보강된 부재내력의 산정은 구조의 형식, 부재 단면의 재원 및 재료의 역학적 특성에 기인하여 적절한 방법으로 수행하며, 보강된 부재의 안전성은 내력 및 작용하중을 적절히 결정하여 확인한다. 보강설계의 일반적인 순서는 다음과 같다.

- ① 각종 조사결과, 원인추정 결과 및 손상 정도에 기인하여, 보강의 시기 및 범위와 규모를 설정한다.

- ② 보강의 목적을 명확히 함과 동시에 구조물에 작용하는 하중, 구조물이 처해 있는 환경, 손상된 부위에 따른 보강공사의 용이성, 보강공사의 기간 제약등 손상된 구조물의 보강에 있어서의 각종 제약조건을 파악하며, 균열에 따른 손상의 계절적, 시간적 변화에 유의한다.
- ③ 손상 정도와 더불어 (b)의 조건을 고려하여 가장 적절하다고 판단되는 보강공법, 보강재료를 선정하고, 단면 및 부재의 설계를 수행한다.
- ④ 보강작업에 필요한 기계 혹은 기구를 결정한다.
- ⑤ 보강작업을 위한 기반을 설계한다.
- ⑥ 작업의 안전 그에 따른 설비를 검토한다.
- ⑦ 작업시기 및 공사기간 등을 고려하여 필요한 작업원 수를 결정한다.
- ⑧ 보강후의 미관에 대해 계획한다.
- ⑨ 보강공법으로 2가지 안 이상을 고려할 경우에는 위의 (a)~(h)를 비교검토하고 해당 보강공사에 가장 적합한 공법을 선정한다.
- ⑩ 보강효과의 확인 방법을 결정한다.

2) 강관접착공법

본 공법은 콘크리트 구조물의 콘크리트표면, 특히 인장측 표면에 강관을 접착하여 기설 구조물과 일체화 시킴으로써 내력 향상을 도모하는 공법이다.

강관접착공법의 원리는 철근콘크리트 구조의 철근과 콘크리트와의 관계와 같은 것으로, 철근 콘크리트 부재의 인장측 표면에 강관을 접착하고 그 접착력에 의해 전단력의 전달을 확보하여 기설 철근콘크리트 부재와 강재를 일체화 시켜서 강관을 인장철근의 일부로서 가능케 하려는 것이다. 따라서 강관과 콘크리트와의 부착 또는 정착성능이 충분히 이루어질 수 있도록 배려해야 한다.

또 이 공법은 강관이 콘크리트 표면에 접착되므로 해양 환경에 위치하는 구조물에 대해서는 강관의 부식이나 접착제의 내구성에 문제가 있다.

강관접착공법에는 주입공법과 압착공법의 2종류가 있으며 선정시에는 콘크리트 표면의 상태, 시공조건 등에 따라 종합적으로 판단해야 하겠으나, 강관접착에 의한 보강효과는 시공여부에 좌우되므로, 적절한 접착제의 선정과 충분한 시공관리가 필요하다.

표 3-21 강판접착공법의 개요

항 목	주 입 공 법	압 착 공 법
적 용 조 건	콘크리트면이 편편하지 않고 일부 또는 전체적으로 곡면이 포함된 부위	콘크리트면이 편편하여 요철(凹凸)이 없고 콘크리트면에 압착용의 앵커로 고정할 수 있는 부위
에폭시 수지의 도포 및 주입	콘크리트면과 강판면 사이에 간격재등에 의해 3~5mm 정도의 간격을 유지해 주변을 실링하여 주입한다.	콘크리트면 및 강판접착면에 1~2mm 정도씩 균일하게 도포한다.
공 기 제 거	한쪽에서 주입하면서 공기를 빼낸다.	강판은 콘크리트면에 고정된 앵커류를 이용해 압착하고 에폭시 수지를 밀어냄과 동시에 접착면에 함유된 공기를 내보낸다.
이 점	시공면에 제약이 없다.	공기가 남는 일은 거의 없어 접착 효과가 좋다.
문 제 점	약간의 기포가 남을 우려가 있어 주입에 상당한 시간을 필요로 한다.	시공면에 제약을 받는다.

또한 강판접착공법의 시공순서는 그림 3-22와 같다.

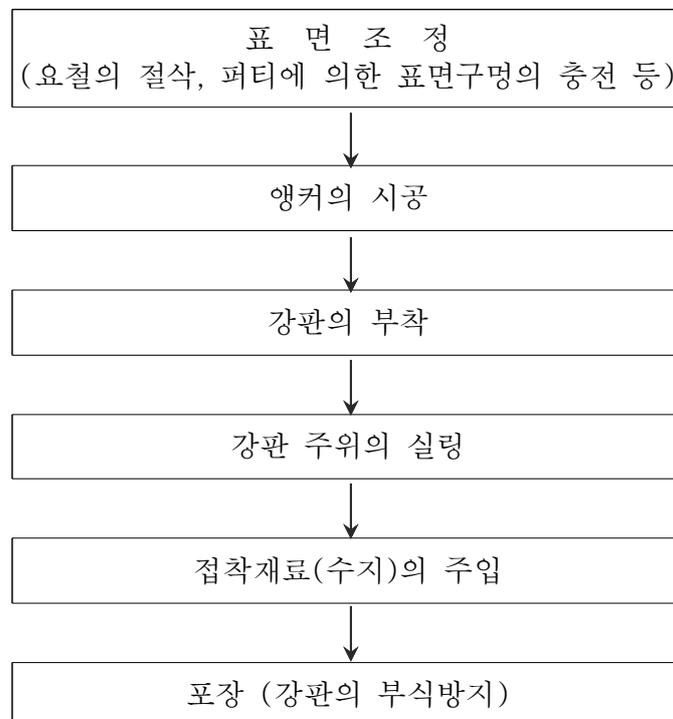


그림 3-22 강판접착공법의 시공순서

강관접착공법의 경우, 강관은 SS400이 일반적으로 사용된다. 강재의 UDRGKR적 특성은 인장시험, 휨시험, 충격시험 등의 재료시험을 통하여 결정된다. 강재의 시험은 한국공업규격(KS)에 서는 인장시험을 KS B 0801, KS B 0802에, 휨시험을 KS B 0803, KS B 0804에 충격시험을 KS B 0809, KS B 0810에 규정하고 있다.

이 중에서 강재의 특성을 잘 나타내주는 대표적인 시험방법이 인장시험이다. 중요한 역학적 성질에는 응력-변형률관계, 비례한도, 항복강도, 인장강도, 탄성계수, 포아송비, 피로강도 등이 있다. 강재의 응력-변형률 곡선은 강재 재질에 따라 연강과 고장력강으로 구별된다. 항복강도가 2.4 tonf/cm²인 철근 또는 강관의 경우에는 탄성구간에서 비례한도가 분명하며 소성면형구간이 방복변형의 10배 이상으로 충분한 연성을 확보할 수 있다. 반면에 항복강도 5.0 tonf/cm² 이상의 고장력강재는 탄성구간의 비례한도가 불분명하며 연강에 비해 소성변형 구간이 짧은 편이다. 그러나 어떠한 경우에도 강재의 변형률은 5% 이상으로써 항복강도에 상응하는 변형률 이상에서는 항복강도의 값을 사용할 수 있다. 대한건축학회에서는 강재의 탄성계수를 2100 tonf/cm²으로 설정하였으며 국내 생산되는 강재의 최소 항복강도는 2.2~4.3tonf/cm², 또한 인장강도는 4.1~5.8 tonf/cm²로 제한하고 있다. 항복강도는 강재의 재질에 따라 여러종류가 있으므로 적절한 것을 선택하여 사용하면 된다. 또한 사용성에 관해서는 부식성이 있으면 내화성이 비교적 좋지 않다. 예로서 600℃ 온도에 노출되는 경우 항복강도가 1/2로 줄어드는 경향이 있다. 따라서 강재를 보강재료로서 사용할 경우 방청과 내화처리를 특별히 고려해야 한다. 또, 사용되는 에폭시수지에 대한 품질기준은 아직 KS기준에서 규정되어 있지 않고, 일부는 ACI 매뉴얼에서 언급되고 있으면, 또한 일본 수도고속도로공단에서 제시한 것을 참고로 하면 비중, 점도, 사용가능시간, 인장강도, 휨강도, 압축강도, 인장전단강도, 충격강도, 인장탄성계수, 휨탄성계수, 압축탄성계수, 경화수축률, 열팽창계수, 혼합량과 사용가능시간, 혼합후의 시간과 점도, 기온과 사용가능시간과의 관계, 온도와 탄성계수의 관계, 혼합과 강도의 오차관계, 재질과 강도의 관계, 기존 경화수지에 대한 신수지의 접착, 골재침강도, 접착강도, 내열성, 내약품성, 흡수율, 인장접착강도, 휨접착강도 등에 대한 시험방법과 그 기준을 규정하고 있다. 표 3-22는 강관접착공법에 사용되는 접착재료의 규격 값의 예를 나타낸 것이다.

표 3-22 강판접착공법에 사용되는 접착재료의 규격 값의 예

(표준시험온도 20℃)

시험항목	시험방법	양생조건	단위	퍼티·실리용	RC상판, 교각보강 그라우트용
점 도 (혼 합 물)	KS M 3705 JIS K 6833	20℃	Pa·S	-	2.0±1.0
슬 럽 프	KS F 4910 JIS A 5758	20℃, 7일간양생	-	인정하지않음	-
비 중 (경 화 물)	KS M 3016 JIS K 7112	20℃, 7일간양생	-	1.5~1.9	1.0~1.3
사 용 가 능 시 간	온도상승법	20℃	분	60 이상	60 이상
휨 강 도	KS M 3015 JIS K 7203	20℃, 7일간양생	N/mm ²	35 이상	50 이상
휨 탄 성 율	KS M 3015 JIS K 7203	20℃, 7일간양생	N/mm ²	2.0×10 ³ 이상	1.5±10 ³ 이상
압 축 항 복 강 도	KS M 3816 JIS K 7208	20℃, 7일간양생	N/mm ²	60 이상	60 이상
압 축 탄 성 율	KS M 3816 JIS K 7208	20℃, 7일간양생	N/mm ²	2.0×10 ³ 이상	1.5×10 ³ 이상
인 장 강 도	KS M 3006 JIS K 7113	20℃, 7일간양생	N/mm ²	20 이상	30 이상
인 장 탄 성 율	KS M 3006 JIS K 7113	20℃, 7일간양생	N/mm ²	2.0×10 ³ 이상	1.5×10 ³ 이상
인장전단접착강도	KS M 3718 JIS K 6850	20℃, 7일간양생	N/mm ²	10 이상	10 이상
충 격 강 도	KS M 3055 3056, 3074 JIS K 7111	20℃, 7일간양생	kJ/m ²	1.5 이상	1.5 이상
굳 기	KS M 3043 JIS K 7215	20℃, 7일간양생	HDD	80 이상	80 이상

3) 보강섬유 접착공법

강판이 시공성능이 자체의 무게 등으로 큰 부위에 적용될 경우 용접 개소의 증가 등의 문제가 있으므로 최근에 개발된 재료가 보강섬유(FRP : Fiber Reinforced Plastics)이다. 보강섬유는 시공이 단순하며 재료의 무게가 경량이고 가공성이 우수하여, 부식되지 않기 때문에 심한 부식환경에서도 적용할 수 있는 보강에 적절한 좋은 재료이다. 그러나 재료의 특성상 파괴 후 거동이 취성적인 경우가 있으므로 유의해야 하며 보강섬유는 에폭시 접착제에 의해 전적으로 구조거동이 좌우되므로 보강섬유에는 유리섬유, 탄소섬유, 아라미트섬유 등이 있으며, 이들 섬유는 방향성이 있으므로 보강하고자 하는 방향으로 보강섬유가 배치되도록 접착해야

한다.

여러 종류의 제품이 개발되어 시판되고 있으므로 보강섬유 자체의 구조적 성능에 대해서도 검토하여 구조 보강용으로 개발된 제품과 보강후 구조 거동에 대한 실험적 검증이 있는 제품을 사용하는 것이 바람직하다. 보강섬유 접착공법의 시공순서는 그림 3-23과 같다.

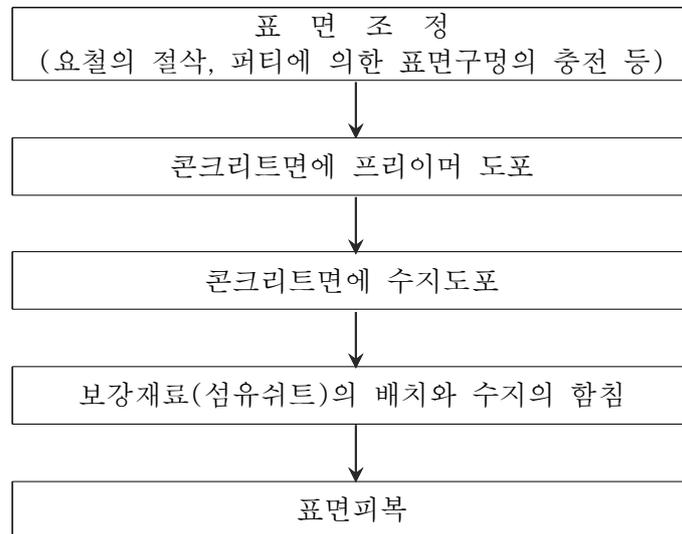


그림 3-23 보강섬유 접착공법의 시공순서

보강섬유 접착공법의 경우, 섬유의 물성, 함침하는 접착제의 물성, 보강섬유로서의 물성등이 기준값으로 사용된다. 특히 탄소섬유는 인장강도특성이 매우 좋으므로 철근콘크리트구조물의 보수보강용으로 많이 사용되고 있다. 탄소섬유쉬트는 강재보다 비중이 1/5정도로 작으므로 매우 가벼우며, 탄성계수도 강재와 동등하나 소재에 따라 강재보다 3~4배 높은 성질을 보유하고 있다. 탄소섬유의 인장강도는 강재의 10배로 고강도이며 부식성환경에 대한 내구성도 우수하며 시공이 매우 간편하다. 이 탄소섬유쉬트를 사용함으로써 얻어지는 효과는 부재의 휨강성이 향상되고 철근의 변형이나 부재의 휨을 감소시키며, 균열을 억제시킨다. 또, 탄소섬유쉬트에 공법에서 사용되는 재료는 탄소섬유쉬트 자체와 이를 기존 콘크리트면에 접착시키는 에폭시수지가 있다. 이러한 재료들은 탄소섬유쉬트를 개발한 회사에서 전용의 탄소섬유쉬트에 적합한 프라이머 및 접착제를 동시에 공급하고 있다. 그러므로 탄소섬유 쉬트공법을 사용할 경우 탄소섬유쉬트 제작회사의 특성에 맞는 그 회사의 제품을 사용하는 것을 원칙으로 한다. 종류는 섬유의 방향에 따라 1방향 탄소섬유쉬트, 2방향 탄소섬유쉬트로 구분된다.

탄소섬유(C보강섬유)의 경우, 고강도 탄소섬유와 고탄성탄소섬유가 개발되어 교각의 보강, RC상판의 보강, 터널복공콘크리트의 보강등에 이용이 확대되고 있다. 또, 탄소섬유제품은 탄소섬유 자체의 역학 특성상 고강도 탄성재료의 특성을 나타내게 된다. 즉, 강재와는 달리 소성변형구간이 전혀 없이 Hooks의 법칙에 따른 직성 응력-변형률 곡선을 나타내게 된다.

탄소섬유의 경우에는 구조물의 보강용 탄소섬유의 품질기준은 별도로 마련되어 있지 않고 일반적인 섬유계통의 재료에 관한 규정에서 참고하여 품질을 평가하고 있으므로 구조보강

제 3 장 외부출입구 개착구조물

재료로서의 사용은 반드시 구조성능 확인시험을 통하여 평가되어야 한다.

각종 섬유 자체특성은 다음 표 3-23과 같으며, 탄소섬유쉬트와 함침 및 접착수지의 품질 규격은 표 3-23~3-25와 같다.

표 3.23 각종 섬유의 특징

구 분	탄소섬유				아라미드 섬유		유리섬유	
	PAN 제품		Pitch 제품					
	High Strength	High Modulus	GP	HP				
인장강도 (tonf/cm ²)	25~45	20~28	7.8~10	3~3.5	28	31	35~36	18~35
탄성계수 (tonf/cm ²)	2000~2400	3500~4500	380~400	400~800	1300	770	740~750	700~760
신장율 (%)	1.3~1.8	0.4~0.8	2.1~2.5	0.4~1.5	2.3	4.4	4.8	2~3
밀도 (g/cm ³)	1.7~1.9	1.8~1.9	1.6~1.7	1.9~2.1	1.45	1.39	2.6	2.27
지름 (μm)	5~8		9~28		12	12	8~12	8~12

표 3-24 C보강섬유 접착공법에 사용되는 탄소섬유쉬트의 품질규격 (예)

항 목	규 격 값	시 험 법
탄성계수	1.9×10 ⁵ N/mm ² 이상 (2.0×10 ⁵ kgf/cm ² 이상)	KS M 3006 JIS K 7073
인장강도	1900 N/mm ² 이상 (20,000 kgf/cm ² 이상)	KS M 3006 JIS K 7073
섬유중량	150 g/m ² 이상	KS M 3707 JIS K 7071

표 3-25 C보강섬유 접착공법에 사용되는 함침·접착수지의 규격값 (예)

항 목	규 격 값	시 험 법
탄성계수	29 N/mm ² 이상 (300 kgf/cm ² 이상)	KS M 3006 JIS K 7113
인장강도	39 N/mm ² 이상 (400 kgf/cm ² 이상)	KS M 3015 JIS K 7203
인장전단강도	9.8 N/mm ² 이상 (100 kgf/cm ² 이상)	KS M 3718 JIS K 6850

4) 프리스트레싱 공법

프리스트레싱 도입에 따른 보강은 프리스트레싱력을 부여함으로써 부재에 발생하고 있는 인장응력을 감소시켜 균열을 복귀시킬뿐 아니라, 압축응력을 부여하는 것을 목적으로 하는 공법으로 구조물의 내력 및 강성의 증가, 균열폭의 감소 등이 가능하게 된다.

이 공법은 구조물의 국부적인 보강보다는 오히려 부재 전체 또는 구조물 전체에 걸쳐 휨모멘트, 전단력, 축력의 작용상태를 변화시키고, 때로는 면형 상태를 개선시키는 것을 목적으로 이용하는 수가 많고 또 설계, 시공도 다른 공법보다 복잡하다.

프리스트레싱 공법의 시공방법은 구조물의 종류나 본 공법 적용의 목적에 따라서 여러방법이 취해지고 있어, 공사의 긴급도, 공사기간, 안전성 및 경제성 등을 종합적으로 판단하여 결정할 필요가 있다.

표 3-26 프리스트레싱 공법의 특징

장 점	<ul style="list-style-type: none"> •다른 보수, 보강공법에 비해서 적극적인 방법이다. •보수, 보강효과가 확실하다.
단 점	<ul style="list-style-type: none"> •소규모시공의 경우에는 비용이 비싸다. •설계법이 복잡하다. •시공법이 복잡하다.

보수, 보강을 위해서 프리스트레싱을 구조물 혹은 부재에 도입하는데에 필요한 기재, 재료는 다음에 나타난 것처럼 통상의 프리스트레스트 구조물에 사용하는 것과 기본적으로는 동일하다.

① PS 케이블

PS 케이블은 일반적으로 PS 강선이 사용되는 경우가 많다. PS 강봉을 사용하는 것도 가능하지만 일반적인 경우 케이블을 곡선으로 배치하는 경우가 많기 때문에 PS 강선을 사용하는 경우가 많다. 최근에는 내부식성에 우수한 보강섬유를 적용하는 사례도 증가하고 있다.

② 정착장치

PS 케이블을 정착하는 방법에는 췌기식, 보턴식, 나삭식등 여러 가지가 있고, 시공조건에 따라 선정된다.

③ 긴장용기구

긴장용 기구는 보통의 신규구조물의 시공에 사용되는 것과 기본적으로는 동일하지만 보수·보강공사에서는 작업공간과 작업시간등에 제한을 받는 경우가 많기 때문에 일반적인 공사에 사용되는 기구보다 소형이고 경량인 것이 사용된다.

5) 앵커공법

앵커공법은 균열이 구조내력에 지장을 주는 경우 균열부분을 강봉 등으로 봉합시켜서 내하력을 회복시키려고 하는 것이다. 이 공법은 보강해야할 부위가 넓지 않은 경우에 적용할 수 있는 방법으로 배근량이 부족하여 철근을 배근할 필요가 있을 때 사용한다. 슬래브의 상부면을 철근이나 강판이 매입될 정도로 U형을 제거하여 철근이나 강판을 매입한 후 제거된 부위의 흠에 에폭시 수지 접착제를 사용, 철근을 고정시키는 공법이다. 이 경우 보강부위 주변의 균열은 에폭시 수지로 보강해야 한다.

앵커공법의 순서는 다음과 같다.

- i) 보강부위 주변을 깨끗이 청소한 후 에폭시 주입공법으로 균열을 보수한다.
- ii) 보강부위와 철근 매입 부위를 표시한후 폭 25mm, 깊이 25mm U형태로 콘크리트 모재를 제거하고 양단부를 철근의 정착을 위해 천공한다. 보강되는 부위에 미장이 있을 경우 미장 부분은 완전히 제거해야 한다.
- iii) 제거된 흠 내부면 및 철근 표면에 프라이머를 도포한다.
- iv) 철근의 녹을 완전히 제거한 후 접착제로 철근을 정착, 고정시킨후 수지를 양생시킨다. 양생시간은 20℃이상에서 24시간 이상으로 하며 72시간동안은 중량물의 통행을 금한다.
- v) 수지가 양생된 후 필요에 따라 작업부위를 에폭시 수지 라이닝을 한다.
- vi) 주변과 동일하게 마감한다.

여기서 사용하는 에폭시 수지의 물성은 표 3-29와 같다.

표 3-29 앵커공법시 사용 에폭시 물성

항 목	프라이머, 마감접착용	철근접착제
경화물 비중	1.18±0.05	1.5±0.05
혼합물점도(CPS)	6500±1500이하	1800±600이하
사용가능시간(분)	60 이상	60 이상
도막경화시간(시간)	24이상	15이상
압축강도(kgf/cm ²)	650이상	600이상
인장강도(kgf/cm ²)	250이상	150이상
휨강도(kgf/cm ²)	450이상	270이상
인장전단강도(kgf/cm ²)	40이상	80이상

앵커공법의 특징은 표 3.30과 같다.

표 3-30 앵커공법의 특징

장 점	<ul style="list-style-type: none"> •구조물의 부분적인 구조균열의 보강에 적용한다. •시공법이 비교적 간단하다.
단 점	<ul style="list-style-type: none"> •앵커에 의한 균열의 봉합효과가 다소 불명확하다. •대규모의 보강에는 적용하기 힘들다. •얇은 부재에는 적용이 곤란하다.

3.4 보수·보강후 평가

보수공사를 완료하고 난 후 보수가 소정의 목적을 달성하였는가의 확인 및 평가는 균열에 의한 장애가 누수와 같은 경우에는 비교적 용이하다. 그러나, 내구성 등을 목적으로 한 균열 보수의 경우에는 보수효과의 확인을 위한 평가가 쉬운 것은 아니므로 작업도중에서의 검사 기록을 재확인하고 전체적인 보수의 마무리 상태를 확인하며 보수후의 검사를 통하여 평가하면 된다. 또한, 보수를 부분적으로 빠트린 부분이 없도록 각별히 주의를 요한다.

또한 보수공사 완료되었을 시에는 균열조사에 의해 얻은 기록, 원인추정과 보수 필요여부 판정의 경위, 보수설계서, 보수공사기록 등의 각종 자료를 정리하여 이의 보존을 꾀한다.

3.4.1 평가기준

1) 강도와 강성에 관한 기준

균열로 인한 콘크리트 구조물의 열화로 인해 강도와 강성의 저하가 발생시 강제부착 및 프리스트레싱에 의한 보강을 수행함으로써 강도, 강성의 증진을 꾀할 수 있으나, 본장에 서는 에폭시 주입에 의한 보수에 관한 사항만 기술한다.

외국의 연구 결과에 의하면 균열부에 서로 다른 깊이로 에폭시 주입을 하여 보수한 단면의 코어를 채취하여 할렬인장강도 시험을 수행한 결과, 균열깊이의 80% 주입만으로도 거의 완전한 주입효과를 나타낼 수 있다고 보고되었다. 즉, 최소한 균열깊이의 80%이상 주입이 권장된다.

2) 투수성에 관한 기준

보수된 균열은 사용하중상태에서 물이나 기타 액체에 의한 투수성 평가를 해야 한다. 완전한 방수를 확보하기 위해서는 균열이 100% 채워져야 한다. 한편 물과 기타 액체의 삼투압이 적은 경우에는 95%이상의 충진이 적당하다. ACI 228.2R에 물의 삼투압 시험에 의한 보수효과의 확인을 제시하고 있다.

또한, 보수의 효과를 확인하기 위해 다음 사항들이 평가되어야 한다.

① 보수재료가 균열을 잘 채웠는가?

보수재료의 침투깊이를 조사하여야 한다.

② 표면균열의 보수를 위한 덧씌우기의 부착강도는?

콘크리트와 덧씌우기 사이에 충분한 부착강도가 확보되어야 한다.

3) 미관에 관한 기준

보수는 기존 콘크리트와 어울리게 해야 한다. 특히 균열과 철근 노출 및 녹물 오염 등의 미관을 손상시키는 증상을 회복하고, 구조물의 기능성(미관)을 회복하여야 한다.

건물주의 대표자는 미적인 면의 합격기준을 만족하도록 보수업자에게 보수의 형태를 제시하도록 한다.

3.4.2 평가방법

보수공사에 대한 평가는 시공중 및 시공후에도 수행하여야 한다.

시공중에는 각 단계에서 적절한 방법에 따라 시공관리를 하고, 소정의 품질이 얻어지고 있는 것을 확인해야 한다. 예를 들면, 표면피복재의 시공등에서는 얼룩, 흘림, 칠하다 남은 곳 등이 없는지 확인하고, 이 같은 불량인 경우는 바로 재피복을 실시하지 않으면 안된다. 또, 시공계획과 현장작업의 사이에서 서로 어긋나는 일이 발생하는 경우에는 필요에 따라 시공계획을 다시 검토하는 것으로 한다.

시공종료 후에는 확실한 보수보강이 실시되고 있는 것을 적절한 방법에 의해 검사하지 않으면 안된다. 시공종료 후에 행해지는 조사의 결과는 시공불량의 판정뿐만 아니고, 그 후의 구조물의 유지관리에서의 초기값으로서도 이용할 수 있기 때문에, 이후의 유지관리에 유효한 것으로 생각되는 정보는 검사시에 가능한 한 취득해 두는 것이 좋다. 검사에서 불량이 확인된 경우에는 그 원인을 명확하게 하고, 그에 따르는 처치를 하지 않으면 안된다.

보수공사후 평가는 대규모의 보수공사 혹은 특별히 중요한 보수공사의 경우에는 구조상 문제가 되지 않는 부분에서 작은 지름의 코어를 채취하여 보수효과의 확인을 행하는 것이 좋다. 또한, 구조물에 대한 보수에 의한 방수효과를 비파괴적으로 확인하는 방법으로서 가스압입 누수지단기나 가반식의 우루측정기에 의한 방법, 방식효과에 대해서는 전기 화학적인 방법인 분극저항 측정법이 제안되고 있다.

1) 코어 채취

주입 및 부착재료의 침투깊이 및 주입효과 등은 균열의 보수부를 포함하는 코어 시료의 채취에 의해 평가할 수 있다. 시료는 다이아몬드 끝날을 사용하는 건식 또는 습식 드릴에 의해 채취될 수 있다.

실내 시험을 위해 필요한 최소 지름은 시험 방법 ASTM C 42에 의해 규정되어 있다. 드릴

된 코어와 튼질된 콘크리트 보시편의 획득과 시험을 위해서는 콘크리트의 최대 골재치수의 2배이상의 최소 지름을 가져야 하지만, 압축이나 할렬 인장에서 모두 3배이상을 권장한다. 25~50mm 지름의 코어는 주입 깊이의 육안 검사를 위해 적당하다. 압축이나 할렬인장 강도 측정을 위해서는 코어는 전길이에 이르는 균열을 가질 만큼 충분히 큰 지름을 가져야 한다. 코어 시편을 얻을 때, 철근을 통과해서 자르는 일은 주의해서 피해야 한다. 덮개 측정기나 다른 비파괴검사 기구들은 가능한 철근의 위치를 파악하기 위해 사용되어야 한다. 사후 보수 평가의 책임 기술자는 코어 채취 위치나 시편의 수를 결정해야 한다. 고려해야 할 사항으로는 구조물 유형(보, 슬래브, 벽체등), 구조부재의 크기, 보수의 성격(구조적, 비구조적), 그리고 품질의 보증 정도 등이 있다.

① 육안에 의한 주입효과 평가

채취한 코어로부터 육안관찰에 의해 주입효과를 평가할수 있다.

② 실내시험에 의한 평가

보수재료와 기존의 구조물 사이의 부착을 평가하는 것은 보수효과 및 보수재료의 품질평가에 있어서 중요하다.

균열이 보수된 코어 공시체는 부착가도를 얻기에 유용할수 있다. 몇몇 시험 방법은 직접인장시험, 할렬인장시험, 휨 시험, 휨전단시험 등이 있다. 이러한 각각의 시험 방법은 다음과 같이 ACI와 ASTM에 잘 정리되어 있다.

- 직접인장시험 : ACI 503R
- 할렬인장시험 : ASTM C0496
- 휨 시험 : ASTM C-78
- 휨전단 시험 : ASTM C-882 and C-1042

시험방법은 코어 건본의 균열이 발생하게 한 응력상태에 기초하여 선택된다. 그리고 균열을 야기한 상황의 응력을 재현하려고 시도해야 한다. 예를 들면 할렬인장시험은 균열이 코어의 지름면에 일치할 때 가장 적합하다. 코어는 균열이 수직이 되도록 시험기계에 위치시켜야 한다.

(a) 경사 전단시험

경사 전단시험으로 얻는 다음의 식으로 얻어지는 부착강도는 재료성능을 평가하기 위해서 일반적으로 이용되고 있다.

$$\text{부착강도} = \frac{\text{파괴하중}}{\text{부착면적}}$$

그러나 그 값은 압축강도나 샌드 블래스트(sand blast)의 정도에 따라 대폭적으로 바뀐다. 따라서 경사 전단의 부착강도 값을 현장 성능에 관련짓는 것은 어렵다.

경사전단시험 또는 직접전단시험에 의해서 평가되는 부착 강도값은 직접인장시험과 비교하여 일반적으로 높은 값이 된다.

(b) 직접전단시험

직접점단시험은 보수재료와 기존구조물 사이의 부착강도를 측정한다. 현장과 실험실의 코어 공시체는 특별한 직접전단장치를 이용한다. 전단부착 강도는 파괴하중을 부착면적으로 나눠서 구한다. 실험실과 현장의 시험결과의 상관관계를 구할 수 있다.

(c) 일축 인장시험

일축 인장시험은 인장부착강도 즉, 표면 보수재료와 덧씌우기의 인장강도를 측정하는 시험방법이다. 일축인장시험은 현장에서나 실험실에서도 구할 수 있다. 현장시험은 보수재료와 바탕을 일체의 코어로서 채취하여 행한다. 코어가 바탕에 이어져 있는 사이에 인장 시험장치를 코어에 접속하여 파괴가 생길 때까지 코어에 재하한다.

인장강도는 파괴하중을 토어의 단면적으로 나눠 구한다. 현장시험의 이점은 실제의 보수를 평가하여 피드백(feedback)하고 보수순서의 작성, 혹은 필요한 수정을 할 수 있다.

2) 비파괴 기법

비파괴기법은 균열에 주입재료의 침투깊이 및 주입효과를 평가하기 위해 사용될 수 있다. 비파괴 검사법은 평가되는 구조물의 크기가 크거나, 다른 기법을 실행할 수 없는 경우의 구조적 부재를 평가하기 위해 사용된다. 비파괴기법의 이점은 구조물에 추가적인 해가 없고 자료점의 가까운 격자들이 시험될 수 있다는 점이다. 비파괴 검사법은 구조부재의 내부에 대한 일반화된 평가를 나타낸다.

① 초음파신호 속도(UPV) 시험

초음파신호 속도시험은 콘크리트를 통하여 송신기로부터 수신기까지 전파에너지 신호를 보내는 것을 포함한다. 신호는 전기충격에 의해 생성되며 기계는 또한 신호가 진원부터 수신기까지 도달하는데 걸리는 시간을 기록한다. 초음파신호 속도시험은 두 개의 표면으로부터 수행되거나(직접테스트), 두 개의 비 대칭면에서 수행되거나(semi-직접-테스트), 콘크리트의 표면에서 수행된다. (간접테스트)

단지 직접 테스트와 준 직접 테스트만이 보수의 평가를 위해 사용된다.

초음파신호 속도시험을 사용하여 개별 균열에서 접촉 재료의 침투깊이를 측정하는 것은 매우 어렵다. 이 방법은 균열이 전부 채워졌는지 부분적으로 채워졌는지, 상당히 채워졌는지 간에 보수의 전체적인 품질을 평가하는데 유용하다. 효과적인 시험을 위해서는 테스트가 보수 직전과 직후에 수행되어야 한다. 몇몇 제한된 코어링은 특별한 위치에서 NDT 시험 결과를 비교하기 위해서 행해져야 한다.

그 시험과정은 다음과 같다.

- 처음에 전파속도계는 균열이 없는 콘크리트 단면에 캐리브레이션(calibration)을 행한다.
- 송신 수신장치는 일정 간격 고정한다.
- 초음파 전파속도는 주입된 균열 콘크리트와 균열이 없는 콘크리트와는 마찬가지로의 전파속도가 된다.
- 에폭시 수지가 주입되어 있지 않은 균열 부위는 작은 초음파 전파속도를 보인다.

② 충격음(impact echo)법

충격음벽에서 콘크리트 표면은 응력을 만들기 위해 작은 충격기로 기계적인 방법으로 충격을 준다. 응력파동이 불연속적으로 마주칠 때 파동의 일부가 시험표면에 되돌아 반사한다. 채워지지 않았거나 부분적으로 채워진 균열은 불연속적으로 구성될 것이다. 콘크리트 표면에 위치한 수신기는 반사파나 에코를 감지한다. 충격원이나 수신기가 둘다 콘크리트 표면에 위치하기 때문에 시험을 위해서는 단지 한 개의 콘크리트면이 필요하다. 충격음법은 균열이 분리되어 있을 때 접촉재료의 침투정도를 결정하기 위해서 사용된다. 만약 균열이 많거나 균열을 관통하여 철근이 보강되어 있다면 충격음법을 사용하여 스며든 정도를 평가하는 것은 어렵거나 거의 불가능하다. 최근의 연구는 이러한 어려움을 극복하기 위한 진보가 있음을 보여준다.

충격음법은 단위길이에 대하여 깊이의 보수효과를 질적으로 얻기 위해 사용될 수 있다. 보수 효과는 슬래브에 있어서 균열의 그라우팅 전과 후의 변동된 값으로 확인할 수 있다.

3) 현장 부착강도 시험

덧씌우기(overlay)나 표면접착제의 부착강도는 인발시험(pull-off test)과 같은 현장 시험으로 판정할 수 있다.

유효한 현장 시험중의 하나는 두 층 사이의 부착력을 측정하는 박리시험이다. 이 시험은 두 층을 커팅한 다음 시험기에 의해 인장파괴가 생길 때까지 인장하중을 건다. 이 인장파괴에는 다음 3종류가 있다.

- ① 기반층의 파괴
- ② 기반층과 표면층의 경계면 분리(부착불량)
- ③ 표면층의 파괴

측정값은 골재치수, 코어 치수, 시험기와 공시체와의 접합상황, 시험방법 등에 크게 의존한다. 이러한 결과는 재료들의 부착력을 조사할 때 대단히 유효하다.

4) 하중 시험

보수된 단면으로부터의 코어 공시체를 채취하기에 적당하지 않을 때에 하중 시험을 통하여 보수의 품질을 얻기 위해 수행될 수 있다. 예를 들어 매우 강화된 단면의 콘크리트 부재로부터 코어 채취는 매우 어렵다. 이런 경우 하중 시험을 통하여 보수 효과를 확인할 수 있다. 또한 보수한 보수재료의 강성도를 얻기 위해서 수행되기도 한다. 기술자는 보수전의 하중값과 보수 후의 하중값을 기록하여 보수효과를 확인, 증명하여야 한다.

5) 각국 규준에서의 조사 및 평가방법

우리나라의 경우와 마찬가지로 외국의 규준들에서도 보수후의 콘크리트 구조물의 조사 및 평가방법에 관한 사항이 자세히 언급되어 있지는 않다. 표 3-31은 각국 규준에서의 조사 및 평가방법을 비교한 것이다.

표 3-31 각국 기준에서의 조사 및 평가방법

규 준	점검·조사항목	방 법	빈 도
“항만콘크리트구조물의 열화방지·보수매뉴얼(안)” 운송성(일본)	<ul style="list-style-type: none"> •도장의 열화상태 •철근부식 •단면수복재의 열화 	<ul style="list-style-type: none"> •균열, 팽창, 벗겨짐의 목시관측 •녹물의 목시관측 •단면보수재의 균열 	정기적인 점검
“콘크리트구조물의 보수지침(안)” 건설성(일본)	<ul style="list-style-type: none"> •도장의 열화상태 •도장과 콘크리트의 부착 •기록 •보수년월, 재료보수회사, 재료회사 	<ul style="list-style-type: none"> •균열, 팽창 •벗겨짐의 목시관측 •나무해머 •부착시험 	보수후 1년부터 그후 3년마다
“도로교의 염해대책지침(안)” (콘크리트도장의 설계·시공품질기준(안)) 일본도로협회	<ul style="list-style-type: none"> •도장후의 검사 •기록 		도장 공사 후
“구조물보수관리의 표준(안)·동해설” (재)철도총연 (일본)	<ul style="list-style-type: none"> •외부상태 •부착 •품질 •효과확인의 추정조사 	•통상의 검사에 준함	보수중, 직후 보수의 정도 및 구조물의 중 요도에 따라 선정
“Guide for Repair of Concrete Bridge Superstructure” ACI(미국)	•어떠한 언급도 없음		
"Inspection and Maintenance of Reinforced and Prestressed Concrete Structure FIP(유럽)	<ul style="list-style-type: none"> •뽑어붙이기 콘크리트로 보수시의 품질 •뽑어붙이기 콘크리트로 보수시의 부착 •보수의 기록 	<ul style="list-style-type: none"> •시공 4주후의 코어강도 •해머에 의한 타격방법 	숏크리트 시공후 4주
“Repair of Concrete Damaged by Reinforcement Corrosion” The Concrete Society	•구체적인 언급이 없음		도장 공사 후
"Guide to Durable Concrete" ACI(미국)	•구체적인 언급이 없음	•통상의 검사에 준함	보수중, 직후 보수의 정도 및 구조물의 중 요도에 따라 선정
“Corrosion of Metals in Concrete” ACI(미국)	•어떠한 언급도 없음		

3.4.3 보수·보강후의 유지관리

보수보강후의 콘크리트 구조물에 대해서는 시공된 보수공법의 성능을 고려해서 유지관리계획을 설정하고 이에 기초해서 적절한 유지관리를 실시하지 않으면 안된다. 보수보강전의 콘크리트 구조물에 대해서 이미 유지관리계획이 설정되어 있는 경우에는 이 계획과 보수보강후의 콘크리트 구조물의 상황을 비교검토하고, 계획에 필요상의 지장이 있는 것으로 판단된 경우에는 점검강화, 유지관리구분의 재검토를 포함하고, 새로운 유지관리계획을 책정할 필요가 있다.

3.5 보수·보강합격기준

3.5.1 균열보수공법에 대한 합격기준

균열보수의 목적은 일체성이라고 하는 의미에서 손상이 존재하지 않은 콘크리트부위, 혹은 콘크리트부위에 균열이 발생함으로써 초래되는 피해를 최소한으로 억제하고, 동시에 보수효과를 지속시키는 것으로, 균열이 존재하지 않은 콘크리트 구조물의 내구성(성능기능)에 최대한 가깝게 하는 것을 의미한다.

따라서, 보수부위에서 보수재료와 콘크리트와의 부착, 주입깊이 정도, 보수한 콘크리트 부재의 강도 및 강성, 보수한 균열의 변동 유무 등이 합격 기준이 된다.

균열의 원인·형태·운동성 및 진행성·환경조건 등이 고려되고, 보수공법·사용보수재료·보수시기 등이 적절하면 경제적이며 효과적인 보수로 평가될수 있다. 다시 말하면 보수를 하고 수년 후에 같은 원인에 의해 균열이 재발하는 것과, 외관이 회복되는 것만으로 열화진행이 억제되지 않은 것 등의 경우는 단기간에 재보수가 필요하게 되기도 하고, 보수 범위와 수량에 대해 첫 보수때보다 더 대규모의 보수가 필요하기도 해서 비경제적인 결과가 된다. 아래와 같은 사항이 일반적인 주의점이다.

- ① 균열의 운동성·진해성이 큰 경우는 균열보수만으로 대처하는 것이 어렵기 때문에 표면피복 공법 등과의 병용에 의해 방수성과 누수방지 및 철근부식억제를 확보하는 것이 바람직하다.
- ② 염해등의 철근부식이 원인이 되는 균열에 관해서는 간단한 균열보수만으로는 부식 진행을 억제하는 것이 어렵고, 신뢰할수 있는 방식공법을 주공법으로 해야한다.

또한, 표면처리공법은 시공흔적이 남는 문제, 주입공법은 충전된 표면으로부터의 주입재의 누출 및 기계식·수동식 주입시의 균열 심부에 미주입, 그리고 충전공법은 마감도재와의 부착성, 마감도재의 변색등의 문제를 해결하여야만 보수공사에 대한 합격 판정을 내릴 수 있다.

3.5.2 표면처리공법에 대한 합격기준

표면처리공법에서 경제적이면 효과적인 보수를 하기 위해서는 보수에 의해 표면으로부터의 염화물이온의 침입을 차단되고 철근 부식을 야기하는 염화물이온량이 부식발생한계값을 넘지 않는 것을 확인하는 것이 중요하다. 결국 보수공사에 대한 합격판정의 기준은 염화물 이온량의 부식발생 한계값이다.

하지만 현실적으로는 철근부위의 염화물이온량이 많은 경우 표면처리만을 하면, 수년후에 열화가 다시 발생하는 예는 매우 많다. 표면처리공법에서는 특히 이점에 주의해서 적용성을 평가하지 않으며 안된다.

그 외에 경제성에 관여하는 요인으로서 시공면적과 작업환경(건습)등을 들수있다. 작업환경에 따라서는 재료의 선정이 보수후의 내구성을 지배하는 요인이 된다.

표면처리공법의 보수후의 내용년수는 이제까지 명확하지 않다. 또, 도막에 의해 표면처리를 한 경우, 염화물이온량이 부식발생 한계값 이하인 경우에 표면처리공법의 수명은 도막과 콘크리트의 부착에 의해 결정되는 것으로 보인다. 이제까지의 실적과 추적조사의 결과에 따르면, 도막을 사용한 표면처리공법의 내용년수는 10~15년 정도를 목표로 하고 있다. 표 3-32는 경제적이며 효과적인 보수공사를 위한 관리항목의 예이다.

표 3-32 표면처리공법에 있어서의 관리항목의 예

공 정		관 리 항 목	관 리 방 법
일 반		작업환경, 작업시간 온도, 습도 재료의 종류, 배합	기록 기록 기록
표 면 피 복	프라이머처리	재료사용량 청소정도	기록 목시, 기록
	소 지 조 정	표면수분 재료사용량 완성형(평탄도)	기록 공극수량검사, 기록 목시, 기록
	표 면 피 복	재료사용량 부착염분량 피복방법 피복간 폭 외관(완성형)	공극수량검사, 기록 기록 기록 기록 목시, 기록

3.5.3 단면복원공법에 대한 합격기준

단면복원공법에 의해 충분한 보수효과를 얻기 위해서는 염화물이온을 함유하는 콘크리트를 가능한 한 제거하고, 강재의 매크로셀 부식을 막는 것이 중요하다.

그러나, 경제성의 관점에서는 다양한 조건(작업가능시간, 기상, 내하성 등)에 의해 그 시공이 제약되어, 콘크리트가 제거되는 경우가 있다. 그 때문에, 염화물이온량, 강재의 부식상황, 단면복원공법의 위치, 범위, 깊이, 사용재료등 상세한 기록을 남기는 것이 중요하다.

한편, 단면복원의 합격기준은 염화물 이온량의 부식한계 및 신규 콘크리트 접촉면의 균열 발생 유무, 표면색 차이 등이다. 단면복원공법에 의한 보수효과를 기대할 수 있는 년수에 관해서는 명확하게 되어 있지는 않다. 그 원인으로서 아래의 항목이 고려되기 때문에 적용시에는 충분한 주의가 필요하다.

- 강재의 방청처리가 불확실한 경우
 - 열화된 콘크리트의 제거가 불충분한 경우
 - 단면복원재료와 콘크리트와의 부착이 불확실한 경우(부착면의 티끌과 다량의 수분)
 - 강재부식의 정도
 - 콘크리트 열화의 정도
 - 현장의 시공환경(강우에 의한 우수의 침입)
 - 그 외(역타시공의 경우에는 콘크리트의 제거가 국소적으로 깊게 되지 않도록 주의한다. 깊은 부위에서는 기포가 잔존할 가능성이 높고, 충분한 보수효과가 얻어지지 않는다.)
- 단면복원공법에서의 관리사항으로서는 표 3-33을 들 수 있다.

표 3-33 단면복원공법에서의 표준적인 관리항목

공 정		관 리 항 목	관 리 방 법
일 반		작업환경, 작업시간 온도, 습도 재료의 종류, 배합	기록 기록 기록
단 면 피 복	깎 아 내 기	함유염분량 깎아내기의 용적 깎아내기의 정도	기록 목시, 기록
	프라이머처리	강재의 녹제거정도	기록
	방 수 처 리	재료사용량	공극수량검사, 기록
	단 면 피 복	재료사용량 형태치수(완성형) 품질규격	공극수량검사, 기록 목시, 기록 재료시험, 기록

3.5.4 균열방수 합격기준

수밀성은 콘크리트의 투수와 투습에 대한 저항성의 지표이고, 주로 콘크리트조직의 치밀성에 의해서 결정되는 성능이다. 건전한 콘크리트에서는 모세관 공극과 불리딩에 의한 물길, 골재와 철근의 표면에 발생하는 공극등이 수밀성(투수성)에 영향을 미친다. 그러나 콘크리트 부재에 균열과 박리가 생기거나, 곰보와 콜드조인트 등의 시공불량 부위가 있는 경우, 그 부위의 수밀성은 현저하게 저하하고, 국부적으로는 누수가 발생할 가능성이 있다. 따라서 균열방수에 대한 합격기준은 수밀성의 확보에 있다.

열화와 손상을 받은 콘크리트구조물에서는 부재의 방수성이 손상되고, 일반적으로는 누수를 방지하기 위한 보수가 필요하게 된다. 특히 균열에 관해서는 미세한 것이라도 부재를 관통하는 경우(콜드조인트도 포함), 압력과 부재두께등의 조건에 의해서는 누수가 발생하고, 균열폭과 누수량의 관계를 나타낸 기존의 연구에서는 균열로부터의 누수량(침투수량)은 균열폭의 3승에 비례해서 증가하고 있는 것을 나타내고 있다.

보수공법으로는 균열보수에 의해 수밀성을 회복하는 방법 이외에 콘크리트 표면에 침투성 흡수방지재와 방수성도재를 도포하고, 부재로서의 방수성능을 향상시키는 방법이 있다.

1) 침투성 흡수방지재

실리콘계·실린화합물계·실리콘계·아크릴수지계·우레탄화합물계등을 주원료로 하는 도재를 콘크리트에 도포·침투시키고 표면층에 방수층을 형성하는 것이다.

2) 방수성도재

방수형 복층도재(내투수성·차염성·균열추종성·내후성·내가스투과성에 우수하다.)

일반적으로 이미 누수가 발생하고 있는 구조물의 방수보수는 용이하지 않다. 완전하게 누수를 방지할수 있는 확률도 낮다. 이런 경우 균열보수와 표면피복공법을 병용하는 것이 바람직하고, 누수의 정도·구조물의 열화도와 환경조건(부위·위치)을 고려해서 그 조합을 선택할 필요가 있다.

기본적으로는 균열보수재와 침투성 흡수방지재 및 복층도재등의 사용재료의 내구성이 공법으로서의 내용년수(9~13년)가 된다. 그러나 한 부위에서라도 누수가 발생하게 되면, 수밀성은 손상된 것이 되기 때문에, 시공불량~가혹환경 등의 요인으로 내용년수를 정량화하는 것은 어렵다. 가능한 범위에서 정기점검등의 유지보전에 의해 보수후의 경과~열화진행을 파악하는 것이 바람직하다.

3.5.5 보강공법에 대한 합격기준

보강공법에 대한 합격기준은 보강공사 완료 후에 균열에 의해 손상된 콘크리트 구조물의 내하력이 복원되었는가이다.

내하력이 복원되었는가의 확인 방법으로는 다음의 것이 있다.

1) 균열의 추적조사

균열이 진행되지 않고 안정되었는가를 확인한다. 단, 프리스트레싱 공법으로 보강한 경우에는 균열의 단허짐을 확인한다.

2) 케이지에 의한 철근 혹은 콘크리트의 변형률 측정

3) 동적 재하시험에 의한 진동특성의 측정

4) 정적 재하시험에 의한 휨강도의 측정

보강공사 후 보강효과는 직접적으로는 측정할수 없으므로, 휨, 변형, 균열 등의 실측결과가 양호하다면 그것으로 필요로 하는 보강이 이루어진 것으로 판단해도 좋다.

3.5.6 기타 공법에 대한 합격기준

1) 전기방식공법에 대한 합격기준

전기방식을 효율적으로 하기 위해서는 전류의 공급설비와 모니터링 등을 효율적으로 하도록, 어느정도 이상의 규모가 필요하게 된다. 전기방식의 경우, 1회로 500m² 이상이 목적이 되기 때문에 합친 면적이 500m²이상이면 비교적 경제적인 공법이 된다. 반대로, 방식면적이 작은 경우와, 전기방식을 하는 부분이 분산되어 있는 경우에는 불리하다.

시공순서 중에서 실수가 생기는 경우에는 보수효과가 얻어지지 않을 가능성이 있다. 예를 들면 단락에 의한 전류의 집중, 양극과 콘크리트의 전기적인 불연속 등이다. 강재 전체에 충분한 방식전류가 공급될 필요가 있다. 전기방식이 효과적으로 행해지는가 판정하기 위한 기준으로, 일본공학협회에서 0.1V의 전위쉬프트량이 제안되고 있다.

보수효과를 기대할수 있는 년수는 시스템이 안정적으로 방식전류를 공급할 수 있는 년수가 된다. 따라서 외부전원방식에서는 시스템을 구성하고 있는 재료의 열화와 방식전류의 관리를 멈출때까지는 보수효과가 유지되는 것으로 고려해도 좋다. 소모양극을 사용하는 경우에는 양극이 소모해서 적정한 방식전류를 공급할수 없게 되는 년수가 된다. 그러나 전기 방식의 내용년수에 관해서는 이것을 평가할수 있는 데이터가 충분하지 않은 것이 현 상황이다.

전기방식공법에 관한 규준류로서는 표 3-34를 들 수 있다.

표 3-34 전기방식에 관계된 규준들

판 정 기 관	규준의 명칭	제정년 도	적 용 범 위	방식기중의 내용
(재)연안개발 기술연구센터	항만콘크리트구조물의 열화방지·보수에 관한 기술조사보고서 -열화방지·보수센터	1987년 9월	항시 대기중에 폭로 되는 항만 콘크리트 구조물	<ul style="list-style-type: none"> •방식전류차단후의 전위 변화량이 0.1V이상 •분극전위가 -1.0V(포화 황산동조합전극기준)보다 초과하지 않을 것
건설성토목연구소 (재)토목연구센터	콘크리트구조물중의 강재의 전기방식 요령(안)	1988년 8월	항시 대기중에 폭로 되는 교각, 교량상판 등의 콘크리트중의 강재	<ul style="list-style-type: none"> •방식전류차단후의 전위 변화량이 0.1V 이상 •분극전위가 - 1.10V(포화 카로메 조합전극기준)이상 초과하지 않을 것
(사)일본콘크리트 공학협회	JCI-RI 해안콘크리트구조물의 방식지침(안)	1990년 3월	항시 해안중에 침해 되는 해안 콘크리트 구조물 항시 대기중에 폭로 되는 해안 콘크리트 구조물	-0.85V(포화 황산동조합 전극기준)이상 프리캐스트 콘크리트 구조 물은 -1.0V(포화 황산동 조합 전극기준)를 초과하지 않을 것 방식전류 차단의 전위 변화량이 0.1V이상
NACE(미국) [National Association of Corrosion Engineers]	RP0290-90 대기환경하의 콘크리트구조물중의 철근전기방식공법	1990년 4월	신설 또는 개설되어 있는 대기폭로환경 콘크리트구조물 (프리캐스트콘크 리트는 제외한다.)	0.1V 이상의 분극(복극)량 통전전의 자동전위의 최대초 과치를 초화하는 전위 E-log I시험때 전류판정
BS(영국) [British Standard]	BS 7361 전기방식 제5장 콘크리트중의 철근	1991년	염해환경에 있는 대기중의 철근 콘크 리트 구조물 전반	<ul style="list-style-type: none"> •0.1V 이상의 분극(복극)량 •고장력강재과 높은 변형을 받 은 강재는 -1.10V(포화황산동 조합전극기준)보다 높다.

2) 전기화학적 보수에 대한 합격기준

탈염공법은 콘크리트중에 침투한 염화물을 전기화학적으로 제거하는 공법이고, 염화물에 의해 일어나는 변화(단, 내하력 저하는 제외)에 대응하는 공법이라고 할 수 있다. 따라서 아직 외관상의 변화가 없는 구조물에서도 염해환경에 있는 것은 대상이 될 것이다. 한편, 재알카리화공법은 중성화에 따른 것으로 생각되는 모든 변화에 대응하는 공법이다.

탈염공법의 경우, 콘크리트 중의 염부량감소 및 콘크리트중 강재의 부동태화를 주된 목적으로 하고 있고, 재알카리화공법은 중성화한 콘크리트의 알카리성 회복을 목적으로 하고 있다. 이 공법에서는 전기방식공법과 똑같이 단락에 의한 전류의 집중, 양극과 콘크리트의 전기적

분연속등이 없도록 주의해야한다. 공법의 규격값으로서는 탈염공법, 내알칼리화공법 모두 공식적으로 제안된 것은 없다. 단 통전처리의 표준적인 수준으로서, 콘크리트 표면적 또는 철근표면적에 대해서 $1.0A/m^2$ 정도의 전류밀도가 적용되고 있다. 처리기간으로서는 탈염공법으로 1~2개월 정도, 내알칼리화로 1주 정도가 일반적이다. 부착강도의 저하와 cl^- 의 유희이 저하현상도 감안해서 이후에는 적산전류밀도와 적용구조물의 함유염분량에 관해서도 규격값을 고려할 필요가 있다.

통전시의 관리항목으로서는 ①전류치, ②전압치, ③전해질용액의 pH를 들 수 있다. 일반적으로 탈염·재알칼리화공법에서는 정전류통전이 채용된다. 전해질용액 pH가 11이상 정도에서 관리될 수 있으면 염소가스의 발생은 방지할 수 있는 것으로 생각된다.

용수철방식의 경우, 관리항목으로서는 위에 기술한 것 외에 순환펌프의 작동과 회수탱크의 용액량의 확인을 들 수 있다. 또, 전해질용액의 염분농도를 측정하는 것으로, 탈염량의 추정이 가능하다. 효과적인 탈염을 하는데에는 철근주위의 염화물이온량을 예전부터 녹발생 한계값으로 불리우고 있는 $1.2kg/m^3$ 혹은 $0.8kg/m^3$ 이하로 하는 등, 목표값을 사전에 설정해서 행하는 것이 중요하다. 장시간 통전해도 cl^- 의 유희이 점차 낮아지기 때문에 탈염효과에 대한 비용기능은 저하된다. 또, 시공조건에 맞추어 뿔어 붙이는 방식과 패널방식으로 주로 나누어지고, 패널을 재이용하면 경제성도 향상된다.