

Ⅷ-1. 터널의 유지관리

1. 서언

시설물의 유지관리란 건설된 시설물이 제 기능을 유지하기 위하여 정기점검, 정밀점검 및 긴급점검을 통하여 사전에 유해요인을 제거하고, 변상된 부분을 원상 복구하여 당초 건설된 상태를 유지함과 동시에 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량과 추가시설을 통해서 이용자의 편의와 안전을 도모하기 위한 목적으로 시행하는 것이다.

일반적으로 토목구조물은 건설위치의 지형, 지반 환경 조건이 다르고 각각의 사용목적에 따라 독립적으로 건설되는 것이기 때문에 개별성이 강하므로 구조물에 이상이 발생하여도 원인, 형태, 진행상황이 각 구조물마다 다르게 된다. 특히, 터널 시설물의 경우는 지형학적, 지반공학적인 영향을 받는 구조물로서 불명확한 요소를 많이 내재하고 있어 발생한 변상에 대한 원인을 규명한다는 것이 매우 어려운 실정이다. 따라서 유지관리를 실시함에 있어서도 구조물의 특성을 고려하여 발생한 결함을 파악한 후에 구조물 자체 혹은 주변환경의 변화 등을 점검하여 적절한 시기에 효과적인 조치를 취하는 것이 바람직하다.

*1 정회원, 시설안전기술공단 부장

*2 정회원, 시설안전기술공단 차장

*3 시설안전기술공단 차장

2. 유지관리 요령

2.1 유지관리의 정의

국제 시설물관리 협회(IFMA : International Facility Management Association)는 시설물관리의 정의를 “사람과 조직상의 업무를 단일한 물리적 작업공간에서 동일화시키는 작업”으로 규정하고 있다. 더욱 구체적인 정의로서 Engineering News Record에 따르면 “사무범위에서 공정시설 등에 이르는 총괄적인 기반시설에 대한 계획과 설계, 구성과 영역관리의 분야”로 정의하고 있으며, 조직적인 시설물 정책의 개발, 장기적 관점의 예측, 부동산 및 재고의 관리, 설계와 건설 및 보수를 총괄하는 기획, 건축물의 운영과 계획의 유지보수, 시설 및 재고비품 조사 등을 수반하는 것을 전제로 하고 있다(Jeffery, 1988).

한편 시설물관리와 구분하여 시설물의 유지관리는 ‘시설물의 안전 관리에 관한 특별법’ 제2조에서 ‘완공된 시설물의 기능을 보전하고 시설물 이용자의 편의와 안전을 높이기 위하여 시설물을 일상적으로 점검, 정비하고 변상된 부분을 원상복구하며 경과시간에 따라 요구되는 시설물의 개량, 개수, 보강에 필요한 활동을 하는 것’으로 규정하고 있으며 시설물의 분류를 ‘1종’ 및 ‘2종’ 시설물로 해당 시설물의 중요도 및 유지관리 기술의 난이도에 따라 구분하고 있다. 특히 지하시설물에 대한 유지관리는 ‘시설물의

안전 및 유지관리 업무지침(1998, 서울특별시)에서 '구조물이 지하를 관통하게 되므로 인한 토압, 수압에 견딜 수 있는 내하력과 침수 등의 피해를 예방하기 위해 배수처리시설, 시설물 내 조명 등의 이상유무 등 구조물의 안전상태를 점검하고 예방보수 등 적기 보수공사가 필요하다. 예측되는 파손부위의 등급 규정, 원인규명, 안전성 판단, 보수방법 및 시급성 판단 등을 위하여 체계적인 점검계획 수립과 점검목록 등을 정하고 정기 또는 수시점검을 실시하여 보수 우선순위 및 보수공법 등을 결정하고 보수공사를 시행한다.'고 설명하고 있어 일반적인 관리의 개념과 유지관리의 개념을 분명히 구분할 수 있다. 특히, 유지관리 측면에서 국가적으로 시설물관리의 중요성을 감안하여 법적으로 주요 관리대상의 범위를 정하여 각종 시설물의 관리책임 및 유지관리 수행업무의 체계화를 강조하고 있다.

유지관리의 방법을 유지관리 수행방식에 따라 접근해 보면 사후유지관리(Breakdown Maintenance)와 예방유지관리(Preventive Maintenance)방식의 두 가지 개념(龜田弘行 외, 1990)으로 구분할 수 있으며, 이는 그림1과 같이 구조물이 신설되어 공용기능을 잃을 때까지의 시간경과에 따라 안전성의 변화모형으로 설명하고 있다. 표 1과 같이 구조물은 일반적으로 시간의 경과와 함께 구조변상이 누적되어 노후화가 진행되지만 그 외에도 설계, 시공시의 불량에 의한 결함이라든지 외력,

환경의 변화 등에 의한 문제점이 발생하여 건전성의 저하가 가속될 수 있으며, 이에 대한 대응방법에 따라 구조물의 안전성 저감속도는 크게 달라질 수 있다.

이와 같이 구조물의 유지관리를 논하는데 있어서는 구조물이 공용개시부터 공용정지에 이르기까지의 내용연수를 정의할 필요가 있는데, 내용연수는 광범위한 의미를 포함하기 때문에 이에 대한 정의도 여러 가지로 표현되고 있다. 내용연수를 결정하는 요인별로는 다음과 같은 정의가 사용되고 있다(村上溫, 1993).

- 1) 물리적 수명 : 자연의 법칙에 따라 사용하중에 의하여 점차적으로 기능이 감소하여 통상의 유지관리를 실시하여도 머지않아 곧 사용할 수 없게 되는 한계로서의 수명
- 2) 경제적 수명 : 유지관리의 과정에 있어서 계속 사용하기 위하여 보수, 보강하는 것이 경제적으로 이득이 되는 한계로서의 수명
- 3) 기능적 수명 : 건설당시의 구조물 기능이 정세의 변화(예, 차량통행량, 열차의 크기 등 이용량의 증가)에 대응하지 못하여 폐기되는 경우의 수명
- 4) 사회적 수명 : 다른 프로젝트에 의한 환경의 변화로 해당 구조물을 계속 사용할 수 없게 되는 경우의 수명

그러나 토목구조물의 건전성을 평가하는 데 있어서 내용연수란 구조물의 물리적 강도와 기능의 변상상태가 경제적 측면에서 불리하게 되는 상태까지의 기간이라고 정의하는 것이 보편적이라고 볼 수 있다(小堀爲雄, 1983). 이때 주의해야 할 것은 터널의 일반적인 변상은 적절하게 조치된다고 하는 전체가 있게 된다. 즉, 내용연수란 구조물을 건설한 이후 그대로 방치하여 수명이 다할 때까지의 기간이 아니라 통상적인 유지관리 체제하에서 수명에 이를 때까지의 기간을 말하는 것으로 이해하여야 할 것이다.

그림 1은 시설물 유지관리에 있어 예방관리체제의 중요성을 설명한 것으로서 변상 발생 후 사후관리체제로의 접근이 해당구조물의 기능성 및 사용성의 저

표 1. 유지관리 방식에 따른 터널 기능

분류	내용
방치	구조변상을 방치하면 기능저하에 의해 구조변상이 진행되고 또는 별도의 구조변상을 유발하는 등 기능저하가 가속되고 축차적으로 공용기능의 상실에 이른다.
사후관리	구조변상이 진행한 시점에서 보수 또는 복구함으로써 내용연수를 신장시킬 수 있지만 구조변상의 진행이 현저하면 기능의 복원이 곤란해지거나 막대한 비용을 필요로 하게 되는 경우가 많다.
예방관리	구조변상의 초기단계에서 조치하면 비교적 적은 비용으로 간단히 기능의 복원이 가능하며 구조물을 항상 건전한 상태로 유지함으로써 내용연수를 신장시킬 수 있다.

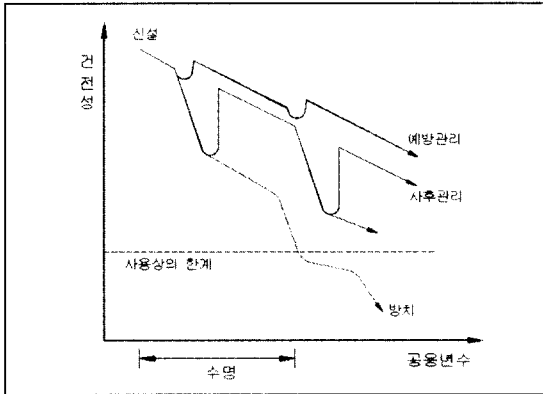


그림 1. 유지관리 수행방식에 따른 터널의 건전성

하를 초래한다는 것을 보여주고 있다. 따라서 예방관리 차원의 유지관리 방식으로의 접근을 모색함으로써 미연에 구조물의 성능을 확보해야 할 필요가 있다.

2.2 유지관리 요령

2.2.1 개요

시설물의 결함은 계획, 설계, 제작, 시공 및 감리, 시설물의 이용, 청소 및 점검장비와 시설 등의 유지관리 단계를 거치면서 자연적 요인과 인위적 요인에 의하여 발생하는 것이므로 유지관리 단계에서는 물론 계획, 설계, 시공단계에서도 유지관리를 염두에 두고 시행하여야 한다.

시설물의 유지관리 체제는 다음과 같은 제반사항이 필요하므로 순차적으로 구축한다.

- 1) 유지관리 담당자에 대한 시설물 보전의 정확한

주) '시설물의안전관리에관한특별법' 시행규칙 제4조
 ②항 : 공공관리주체는 법 제4조제2항의 규정에 의하여 안전 및 유지관리계획을 매년 3월15일까지 주무부처의 장에게 보고하여야 한다.
 ③항 : 법 제4조제3항의 규정에 의하여 민간관리주체는 안전 및 유지관리계획을 매년 3월15일까지 시장 군수 또는 구청장(자치구의 구청장을 말한다. 이하 같다.)에게 제출하여야 하며, 시장 군수 또는 구청장은 안전 및 유지관리계획의 제출현황을 매년 3월31일까지 특별시장 광역시장 또는 도지사에게 보고하여야 한다.
 ④항 : 제2항 및 제3항의 규정에 의한 보고를 받은 주무부처의 장 및 특별시장 광역시장 또는 도지사는 법 제4조제4항의 규정에 의하여 매년 4월15일까지 그 현황을 건설교통부장관에게 제출하여야 한다

정보제공

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

2.2.2 유지관리의 자세

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

- 1) 시설물의 결함이나 파손을 초래하는 요인을 사전조사를 통해 미연에 방지토록 한다.
- 2) 시설물의 결함이나 파손 등은 조기발견 후 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 의한 최대의 작업효과를 거두기 위하여 예산낭비의 요인이 없도록 한다.

2.2.3 유지관리의 계획수립 및 시행

시설물의 유지관리 업무를 효과적이고 적정한 방법을 통하여 경제적으로 수행하기 위해서는 '시설물의 안전관리에 관한 특별법' 제4조제1항의 규정에 의하여 해당시설물에 대해 5년마다 안전 및 유지관리계획을 수립하여야 하며, 이에 따라 매년 시행계획을 수립 시행하여야 한다. 이를 위해서 먼저 다음과 같은 내용의 운영방침을 수립한다.

- 1) 시설물에 대한 지속적인 점검과 사전정비를 효과적이며 체계적인 방법으로 실시하여 시설물의 기능을 보존하고 이용자의 안전과 편의를 도모하도록 한다.
- 2) 주 시설의 관리를 최우선으로 하고, 부속 시설

물도 예방정비를 철저히 시행하여 시설물의 피해가 확대되는 것을 방지한다.

- 3) 시설물 정비를 효과적으로 수행하기 위해서 보수 보강공법의 타당성을 사전에 충분히 판단한 후 적절한 규모와 경제적인 방법으로 적기에 시행한다.
- 4) 예산 집행상 차질이 없도록 명확한 년, 월, 주간 작업계획 하에 일일 인력동원 자재투입, 작업운영 등 철저한 작업계획을 수립하여 예산낭비 요인이 발생하지 않도록 한다.
- 5) 작업원의 이직현상과 동원의 어려움을 해소하고 능력 있고 성실한 필수 작업요원들을 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, 관리책임 부서 및 관련기관과 협의 후 조치한다.

이 밖에도 건설교통부령이 정하는 사항을 포함하여 운영방침을 수립한다.

2.3 유지관리 절차

시설물의 유지관리는 정확한 현재의 상태를 조사, 급격한 기능저하를 가져올 우려가 있는 결함을 조기에 파악하여 적절한 대책을 수립하는 것이 매우 중요하다. 시설물의 유지관리는 정량적으로 기준화된 것이 아니므로 경험적 판단을 요하는 경우가 많으나 적절하고 객관적인 평가가 이루어지기 위해서는 점검 기준 및 평가 판정기준에 의해 유지관리를 시행하는 것이 바람직하다.

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

유지관리를 적절히 수행하기 위해서는 다음과 같은 절차에 따르는 것이 바람직하다.

- 1) 시설물별 적절한 유지관리 계획을 작성한다.

- 2) 유지관리자는 유지관리 계획에 따라 시설물의 점검을 실시하며, 점검은 점검표에 의해 실시한다.

- 3) 점검결과에 따라 발견된 결함의 진행성 여부, 발생시기, 결함의 형태나 발생위치와 그 원인과 장해추이를 정확히 평가 판정한다.

- 4) 점검결과에 의한 평가 판정 후 적절한 대책을 수립하여 시행한다.

2.4 유지관리체계 및 운용

2.4.1 개요

구조물 유지관리에 적용하는 일반적인 관리원칙은 가장 적절한 경비로 최선의 방법을 통하여 작업을 수행하는 것이다. 유지관리라 함은 설계, 시공된 형태에 대하여 구조물 각 기능별로 구분한 체계와 그 요소들을 보호, 보수, 복구하는 사항으로서 그 외에 추가되는 부대시설의 관리 및 교통서비스, 빙설대책, 용지관리, 청소 등의 예방적인 관리 및 방재대책, 기타 서비스 등도 포함된다.

계통요소(system element)는 각 구조물의 기능적인 면에 따라 여러 가지 많은 요소로 분류되며 일례로 터널 구조물에서도 일반적으로 갱구부, 라이닝부, 바닥부 등으로 크게 나눌 수 있으며, 도로터널의 경우는 이밖에도 신호, 조명, 소화전 등으로, 철도터널의 경우는 궤도, 레일, 브라킷 등으로 세분화 할 수 있다. 구조물의 유지관리 계획은 기후의 영향, 유기물의 성장, 품질저하, 마모, 충격 및 파괴 등의 변상을 보완하기 위하여 수립된다. 부대시설의 유지와 보수, 상기업무를 수행하는데 필수 불가결한 장비, 물자의 저장 또한 구조물의 유지관리 업무의 한 부분이다.

유지관리 업무는 관련지식, 경험 및 노력을 필요로 하며, 유지관리 업무에 특별히 문제가 되는 영역은 예산의 증가, 기획, 일정계획, 재정과 작업 관리체계, 범위와 기준, 사용재료와 공법 그리고 담당 부서간의 협조 등이 포함된다.

일반적으로 유지관리 업무에 종사하는 인력의 수준은 비전문 기능 인력으로 운영되지만 앞으로 수많은 유지관리 기능들을 수행하기 위해서는 유지관리 조의 질적 향상과 전문가에 대한 신뢰가 수반되어야 함으로 유지관리 전문가와 기술자의 역할이 매우 중요하다.

적절한 유지관리 업무를 위해 첫 번째로 중요한 요소는 터널이 신설 당시 갖는 고유기능을 보전하는 것이다. 이를 위해서는 정보전달계통을 연결할 수 있는 조직과 관리를 위한 양적 및 질적 정비가 필요하다. 먼저, 양적인 것은 수요예측, 예산편성, 보고, 기록, 공용성 측정, 기획 및 일정계획을 위한 기준을 설정하기 위해 필요하며 양적 유지관리를 위한 일반적인 항목은 구조물 형상의 치수 및 구조물 기능상의 제원을 측정하는 것이다.

다음으로 질적인 것은 구조물을 효율적으로 유지, 보수하기 위한 기준을 설정하기 위하여 필요하며 질적 유지관리를 위한 일반적인 항목은 사용재료와 공법의 선정, 점검주기 및 방법의 제시 및 기타 필요한 조치를 강구하는 것이다.

특히, 시설물의 관리대상에는 유지관리와 관계되는 항목을 모두 수록하여야 하며 각각의 중요한 항목에 대해서는 질적 평가까지도 이루어 질 수 있도록 작성되어야 하고 추가, 삭제, 조건의 변경을 위해 주기적으로 갱신되어야 한다.

일찍부터 유지관리를 실시하고 있는 일본과 유럽에서는 유지관리 항목에 대해 객관적이고 신뢰성 있는 질적 평가를 위해 스캐닝 장비 등을 개발하여 유지관리에 활용하고 있다. 이는 객관적이고 신뢰성 있는 질적 평가뿐만 아니라 시설물에 대한 지속적인 관리를 위해 측정자료의 D/B화를 통해 유지관리의 체계화를 이룰 수 있기에 해외에서는 스캐닝장비를 활용한 조사를 통해 업무의 효율을 높이고 있다.

2.4.2 조직 및 역할

가. 유지관리 조직

유지관리 조직과 기계시설 등의 배치는 합리적인 운영이 될 수 있도록 계획하여야 한다.

각 구조물 유지관리 조직에서 유지관리자의 책임과 권한은 상급부서와의 상호유대관계와 동등한 수준의 유지관리 업무를 운용하는 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 면보다는 행정, 산업, 교통 등의 지리적, 사회적인 면에 관련시켜 몇 개의 시, 읍, 면을 포함한 지역적인 면을 고려하는 것이 좋다. 이 경우 다른 행정기관의 담당업무도 고려하여 유지관리 기관의 설치위치는 가능한 한 지역의 행정중심이 되는 도시에 두는 것이 편리하며 이것은 물론 현장과의 거리와 점검을 하기 위해 필요로 하는 시간과의 관계에서 결정된다.

기능의 다양성은 유지관리조가 보유한 능력과 장비에 의해 좌우된다고 볼 수 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.

나. 유지관리 조직의 역할

유지관리 조직의 외형적인 역할은 유지관리 작업의 진행에 따른 절차를 결정하고 관련정보의 전달체계를 확립하는 것으로서, 하급조직으로부터 입수된 정보는 관리업무를 효율적으로 수행하는데 필요한 판단기준이 되고 또한 불필요하거나 불확실한 정보를 제거하기 위한 여과장치와 완벽성 및 정확성을 향상시키기 위한 검토기능을 한다. 또한 정보를 상급 유지관리 수준으로부터 하부조직 수준으로 전달하게 하는 것도 하부의 정보가 상부로 전달되는 것과 마찬가지로 중요하다. 최종결정은 정보전달이 관리업무의 명확성을 보장해 줄 수 있어야 하며 가급적 최하급 실무수준에서 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 부여받을 때 최선의 결과를 얻을 수 있기 때문이다. 즉 이해는 동기부여에 대해 필수적이며 이해를 돕기 위한 열쇠는 상호간의 정보교환에 있다. 이런 것들에 대한 많은 연구를 실시한 결과, 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.

2.4.3 유지관리자의 임무

유지관리를 효과적으로 수행하기 위한 유지관리 종사자의 임무는 다음과 같다

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

2.4.4 기획과 예산편성

유지관리 책임자는 유지관리에 필요한 자금일체를 확보하여야 하며 그 자금의 흐름을 적절히 관리할 수 있도록 계획하여야 한다.

기획과 예산편성 체계의 선정은 어떤 작업이 최우

선이고 조직 내에서 무엇이 최선의 정보전달을 고무시킬 수 있는가에 기초를 두고 행하여져야 한다. 예산의 수립은 과거의 기록 및 수행 성과를 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 요구 사이의 조정
- 3) 차후 재시공될 구조물의 유지관리 요구사항을 조정하기 위한 향후 일정계획 시 신설시공 계획의 결정

예산편성시에는 목적한 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.

2.4.5 유지관리 계획

- 1) 시설물의 유지관리자는 시설물의 특성, 규모 등을 고려한 장기 유지관리기준을 마련하고 그 기준에 따라 매년 유지관리계획을 수립하여 계획에 따라 적절한 유지관리를 행하여야 한다. 유지관리계획 수립시 포함되어야 할 사항은 아래와 같다.

(가) 터널시설물별 안전 및 유지관리 체계

- 터널 시설물의 유지관리 목표
- 일상점검·정비 및 청소 등 유지관리 세부 활동 계획
- 터널시설물 개수 및 보수 실시계획
- 긴급사항 발생시 조치체계
- 계획의 실시에 대한 확인체계

(나) 터널시설물 유지관리를 위한 조직

- 안전 및 유지관리를 위한 조직구성 및 인원

계획

- 점검에 필요한 장비계획
- (다) 안전점검 및 정밀안전진단의 실시계획
 - 정기점검, 정밀점검 및 정밀안전진단 실시 시기
 - 터널시설물 관리에 필요한 설계도서 등 터널시설물 자료 활용계획
- (라) 안전 및 유지관리에 필요한 비용 및 예산확보
 - 일상관리비용, 안전점검 및 정밀안전진단 비용과 보수 및 보강비용은 관리주체의 예산편성기준 및 시설물의 안전관리에 관한 법규에 따라 확보

- 2) 유지관리는 초기점검에 의한 시설물의 현상 평가로부터 시작된다고 할 수 있다. 이 점검을 행할 때에는 당해 시설물의 계획, 설계 및 시공의 기록을 적절히 이용하는 것이 점검내용을 결정하는데 매우 유용하며, 특히 기록의 신뢰성이 높은 경우에는 점검내용을 상당히 줄일 수 있다. 기록은 유지관리 단계별로 매우 유용하게 이용되므로 기록을 적절히 정리하여 보관하여야 한다.
- 3) 신설되는 시설물의 경우 유지관리를 고려하여 계획, 설계, 시공을 행하면 유지관리가 매우 용이하게 된다. 특히, 유지관리를 위한 점검설비 등을 건설당시 적절히 설치하거나 기존시설물에도 점검설비 등을 미리 설치하면 유지관리 업무에 매우 유용하게 활용할 수 있다.

가. 점검계획

시설물의 준공 후 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

나. 점검 및 진단

점검 및 진단은 터널시설물의 유지관리를 효과적으로 시행하기 위하여 '시설물안전관리에관한특별법'에 의거 시행하여야 한다.

- 1) 수시점검 : 유지관리자 또는 관리주체의 일상적인 유지관리업무로 육안을 이용하여 일일점검 또는 필요하다고 판단되는 때에 수시로 실시하는 부정기적인 점검이다.
- 2) 정기점검 : 변상을 조기에 발견하기 위해 육안을 이용하여 정기적으로 실시하는 점검으로서 가능한 시설물에 근접하여 점검하고 변상 판정 기준에 따른 상태등급을 기록한다.
- 3) 정밀점검(초기점검 포함) : 시설물의 안전성을 확보하기 위하여 정기적으로 실시하는 정밀육안점검 및 장비를 이용한 점검을 말하며, 변상 부위 및 변상종류, 변상의 정도 등 변상 상세사항을 그림 또는 도면에 기록한다. 초기점검은 시설물 관리대장에 기록되는 첫 번째 시설물의 정기점검으로 신설구조물의 경우 준공 후 6월 이내에 시행토록 한다. 초기점검의 내용은 구조물 상태의 판단 및 구조물의 문제점 또는 문제 가능성이 있는 구조부위를 확인하고 기록하여 추후 특별한 주의를 필요로 하는 사항에 대하여 점검 중에 평가하여야 한다.
- 4) 긴급점검 : 태풍, 집중호우, 폭설 등의 재해가 발생한 경우, 긴급한 변상이 발견된 때 또는 관리주체가 필요하다고 판단하는 경우에 실시하는 모든 점검을 말하며, 필요한 경우에는 장비나 기계기구를 사용하여 실시한다.
- 5) 정밀안전진단 : 특별히 선정된 시설물의 외관 상태, 내구성, 내화성 및 안전도의 파악을 위해 실시되며, 정밀 육안조사와 장비조사 및 현장 시험을 통해 조사 측정 평가하여 보수 보강 등

의 방법을 제시한다.

다. 점검 시설물

점검종류별 대상 시설물은 다음과 같다.

- 1) 수시점검 : 유지관리가 필요한 모든 시설물을 대상으로 한다.
- 2) 정기점검 : 유지관리가 필요한 모든 시설물을 대상으로 한다.
- 3) 정밀점검 : 시설물의 안전관리에 관한 특별법 시행령에서 정한 1, 2종 시설물과 관리주체가 필요하다고 판단하는 시설물을 대상으로 한다.
- 4) 긴급점검 : 태풍, 집중호우, 폭설 등의 재해가 발생한 경우, 긴급한 변상이 발견된 때 또는 관

리주체가 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.

라. 점검시기

점검종류별 점검시기는 다음과 같다.

- 1) 수시점검 : 1일 점검 또는 관리주체가 필요하다고 판단한 때
- 2) 정기점검 : 반기별 1회 이상 실시한다.

표 2. 안전점검 및 정밀안전진단을 실시할 수 있는 자의 자격

구분	기술 자격자	학력·경력자	비고
수시점검 및 정기점검	· 토목 건축 건설안전분야의 기사 1급 이상의 자격을 가진 자 · 토목 건축 건설안전분야의 기사 2급의 자격을 가진 자로서 당해분야에서 3년이상 근무한 자	· 토목 건축분야의 석사이상의 학위를 가진 자 · 토목 건축분야의 학사학위를 가진자로서 당해분야에서 1년 이상 근무한 자 · 토목 건축분야의 전문대학을 졸업한 자로서 당해분야에서 3년 이상 근무한 자 · 토목 건축분야의 고등학교를 졸업한자로서 당해분야에서 6년 이상 근무한 자 · 토목 건축분야의 학위를 가졌거나 토목 건축분야의 전문대학 또는 고등학교를 졸업한 자로서 공공 관리주체에 소속되어 유지관리 업무에 종사하는 자	* 수시점검은 “시설물의 안전 관리에 관한 특별법”에 명시된 점검은 아님
정밀점검 (초기점검) 및 긴급점검	· 토목 건축 건설안전분야 기술사 · 토목 건축 건설안전분야의 기사 1급의 자격을 가진 자로서 당해분야에서 7년 이상 근무한 자 · 토목 건축 건설안전분야의 기사 2급의 자격을 가진 자로서 당해분야에서 10년 이상 근무한 자 · 건축사 면허를 가진 자로서 연면적 5천m ² 이상의 건축물에 대한 설계 또는 감리 실적이 있는 자	· 토목 건축분야의 박사학위를 가진자 · 토목 건축분야의 석사학위를 가진자로서 당해분야에서 6년이상 근무한자 · 토목 건축분야의 학사학위를 가진 자로서 당해분야에서 9년 이상 근무한자 · 토목 건축분야의 전문대학을 졸업한 자로서 당해분야에서 12년 이상 근무한자 · 토목 건축분야의 고등학교를 졸업한자로서 당해분야에서 9년 이상 근무한자	
정밀 안전진단	· 토목 건축 건설안전분야 기술사 · 토목 건축 건설안전분야의 기사 1급을 가진 자로서 당해분야에서 10년 이상 근무한 자 · 토목 건축분야의 기사 2급의 자격을 가진 자로서 당해분야에서 13년 이상 근무한 자	· 토목 건축분야의 박사학위를 가진자로서 당해분야에서 3년 이상 근무한 자 · 토목 건축분야의 석사학위를 가진자로서 당해분야에서 9년 이상 근무한 자 · 토목 건축분야의 학사학위를 가진자로서 당해분야에서 12년 이상 근무한자 · 토목 건축분야의 전문대학을 졸업한 자로서 당해분야에서 15년 이상 근무한자	

- 3) 정밀점검 : 2년에 1회 이상 실시한다. 단, 건축물은 3년에 1회 이상, 수중항만시설은 4년에 1회 이상으로 한다.
- 4) 긴급점검 : 관리주체가 필요하다고 판단한 때 또는 관계행정기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에서 긴급점검을 요청할 때
- 5) 정밀안전진단 : 점검결과 이상 발견 시 또는 준공 10년경과 매 5년마다 실시(1종 시설물)하며, 상태등급이 양호(A, B등급)한 경우는 다음 1회에 한하여 실시를 면제한다.

마. 점검원의 자격

시설물의 안전점검을 실시할 수 있는 점검원의 자격은 “시설물의 안전관리에 관한 특별법”이 정한 자격자 이상으로 하며, 표 2에 나타난 바와 같다.

바. 일정계획

유지관리 일정계획은 대부분의 토목구조물이 자연 환경에 노출되어 있는 상태로 계절적인 요인이나 연중 일상적인 행사에 의해 결정되며, 일례로서 보수, 청소 또는 예방적 유지관리 등에 대한 요구는 기후조건에 따른 계절적 변화에 심각한 영향을 받는다.

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

효과적이며 적절한 경비로 광범위한 계획을 운용하기 위해서는 최선의 관리방법을 조합하여 적정계획을 수립하여야 하는데 이러한 요소들은 많은 변수를 내포하고 있으며 그 요소에는 다음과 같은 내용을 포함한다.

- 1) 작업현장까지의 거리와 인원, 재료, 장비를 현장까지 이동하는데 드는 시간과 비용
- 2) 보수작업 실시여부, 재료의 성질, 필요장비 등에 영향을 줄 수 있는 기후 조건
- 3) 인력, 기술, 장비 및 적절한 재료의 가용성
- 4) 각 단위 작업의 크기와 분류, 작업단위가 가용

자원으로 실시 가능한가의 여부, 운송거리로 인해 고가의 경비가 초래할 것인지 여부

- 5) 작업계획, 예기치 못한 사건의 영향, 요구사항의 준비 등과 관련하여 자원의 부족으로 발생하는 문제점
- 6) 우선순위에 따른 예산의 영향과 예산회기 내에 수행될 수 있는 작업의 총량

사. 점검기구 및 장비

점검원은 점검종류 및 작업내용에 따라서 필요한 점검기구를 준비, 휴대하여야 하며, 점검장비로는 일상적 휴대장비, 접근장비, 비파괴시험 장비 등을 포함하여야 한다

2.4.6 기준

가. 품질기준

품질기준은 유지보수 활동에 필요한 외적인 조건으로 정의되며 기술의 특성과 성과품의 특성으로 규정한다.

나. 작업기준

작업기준은 구조물의 예방적 유지보수를 위해 시방서, 장비, 작업절차 등을 포함하며 명시된 작업단위를 완료하는데 필요한 기간과 수량을 지칭한다.

2.4.7 기록 및 보고

가. 일반

작업의 통제나 조직의 운영을 위한 각종 기록은 보고를 하여야 하며 대장이나 각종 도표 등은 조사를 하거나 변경되었을 경우 반드시 기록하여야 한다.

나. 기록의 보존기간

유지관리기록은 시설물을 사용하는 기간동안 보존하는 것을 원칙으로 하며, 시설물의 사용기간이 지난 후에도 다른 시설물의 유지관리 자료로 활용할 수 있

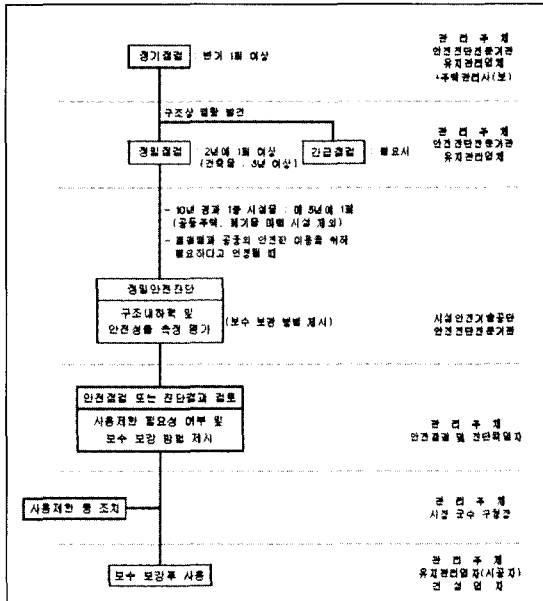


그림 2. 시설물 유지관리 업무체계도

도록 하기 위해 보존하는 것이 바람직하다.

다. 기록의 항목

기록해야 할 항목으로는 주요 제원, 일반도, 주변 환경, 점검계획과 결과, 평가 판정의 결과, 대책계획과 결과 및 사진기록 등을 들 수 있다.

2.4.8 자료관리

자료관리는 유지관리 업무중에 결정을 내려야 할 때 그 판단근거가 되는 기초자료를 용이하게 제공받을 수 있는 체계를 합리적으로 구축하여야 한다.

따라서 관리주체는 터널시설물의 준공도면, 설계 보고서, 체계산서, 공사시방서, 시공상 특이한 사항에 대한 자료 등을 보관하여야 한다.

자료관리의 방법에는 관리하는 자료의 항목이나 종류에 따라 차이가 있지만 관리하는 대상 구조물의 수량, 지역의 범위에 따라서도 또한 차이가 있다.

일반적으로 시공시 설계도서류의 보존관리는 물론 일상업무에 사용빈도가 높은 평면도 등은 설계 원도

보다 복사된 현황 원도를 따로 작성하여 사용하는 것이 좋다.

대량의 구조물을 유지관리 하려면 기존 구조물에 관한 자료도 필연적으로 요구되므로 이용빈도가 높은 자료를 D/B화하여 정보검색을 합리화하는 것이 좋다.

관리하는 구조물에 관한 각종자료 및 유지관리 실시자료는 향후의 유지관리를 진행하는데 필요하며 과거의 경과로부터 현재를 분석하거나 장래의 투자계획을 책정하는 경우 등에도 필수 불가결한 정보원이 된다. 자료관리는 우선 관리할 자료의 항목을 정한 다음 그것을 관리하는 방법을 규정하여야 한다.

효과적인 유지관리를 위해 필요한 자료에는 다음의 것이 있다.

- 1) 주변지역의 현황도 및 관계서류
- 2) 지반조사 보고서 및 실험 보고서
- 3) 지반상태의 변화에 대한 기록 자료
- 4) 신설시점에서의 설계도, 구조계산서, 설계도면, 표준시방서, 특별시방서, 견적서
- 5) 보수, 개수시의 상기 설계도서류 및 작업 이력에 대한 기록 자료
- 6) 공사계약서, 시공도, 사용재료의 업체명 및 품명
- 7) 공정사진, 준공사진
- 8) 관련된 인허가 서류 등

3. 터널의 점검 및 진단

3.1 점검계획

일반적으로 터널에 대한 전체적인 점검계획을 수립할 때는 다음과 같은 항목들에 대한 구체적인 계획이 선행되어야 한다.

가. 자료조사

자료조사는 기존의 문헌과 기록에 의한 터널의 이력 및 구조, 제원, 과거 점검자료, 이미 발생했던 결

표 3. 자료조사시 기존자료의 활용법

구분	활용내용	활용방법	
설계도서	준공도면	설계도면	시설물 제원 및 설계상태 파악, 취약부 파악
	보수도면	보수내용	보수내용 평가 및 손상, 변형, 열화정도 파악
	구조계산서	시설물 설계에 적용된 설계기준 및 계산 내용	구조계산의 적정 여부 분석
	시공상세도	주요부위 시공 상세도	주요부 시공상태 파악
	지질조사보고서	시설물 주변 지질상태	구조물 주변지질의 취약지점
	토질보고서	시설물 주변 토질 및 기초 상태	구조물 주변지질 기초지반 안정성 파악
시방서	특별시방서	시설물에 적용한 특별시방 내용	설계지침, 구조계산서, 지질보고서와 연계분석
사진	주요 시공사진	시공 당시 주요공정의 작업내용	주요부 시공상태 파악
	주요 결함부위	유지관리시 파악된 주요 결함부위 상태	손상, 변형, 열화정도 파악
	보수작업 사진	보수작업 방법과 상태	보수 작업 상태 파악
재료시험	재료시험성적서	시공당시 재료의 품질상태	시공시 사용된 자재의 적정 사용여부
	관리 및 선정시험 기록	시공당시 재료의 품질 및 관리상태	시공시 사용된 자재의 품질 및 관리실태 파악
유지관리자료	보수이력서	보수경위 및 방법	손상, 변형, 열화정도 파악 및 보수작업의 적정여부
	사고이력서	부재의 손상현황 및 보수현황	부재의 손상 및 보수현황, 보수내용 평가 및 열화정도 파악
	점검이력서	점검 및 진단현황	안전점검 및 정밀진단 자료분석, 시설물 현황파악
	터널관리대장	연도별 시설물 관리 현황	시설물 관리실태 파악
관련계산서	수리계산서, 공법검토서, 기타	구조물 안전성 현황	구조물 안전상태 파악

함에 관한 보수이력 및 기존의 계측자료 등을 조사하고 이러한 조사된 다량의 정보들은 체계적으로 D/B 화하여 추후의 유지관리에 유용한 자료로 활용해야 한다. 점검계획 중 기존의 자료조사에 관한 항목 및 그 활용 방법은 표 3과 같다.

나. 환경조사

환경조사는 터널이 위치하고 있는 지역의 지형조건 및 지질조건, 지하수 조건, 기상조건, 식생조건, 토지이용 조건과 이들의 변동상황을 조사함으로써 터널의 안전성에 미치는 영향에 관하여 분석하기 위한 것이며, 터널의 환경조사시 항목과 방법, 유의사항에 대해서는 표 4에 나타낸 바와 같다.

다. 현장조사

현장조사는 주로 터널본체를 중심으로 인접한 시설물에 대하여 실시하는 조사로서, 조사의 궁극적인

목적은 터널에 발생한 결함과 변형징후, 규모 및 진행성 등을 조기에 발견하여 터널의 안정성과 기능성을 확보하여 시설물의 수명을 연장시키는데 있다. 따라서 현장조사를 위해서는 우선 앞에서 설명한 자료 조사와 환경조사를 실시한 후 그 내용을 분석하고, 터널여건이 그 목적 및 기능에 따른 적합성, 안정성, 구조물 설치에 따른 적용성 등을 만족하는지 우선 검토하여야 한다. 더욱이 현장조사시에는 터널의 목적 및 규모 등을 충분히 고려하여 다음과 같은 조사계획을 수립하여야 한다.

- ① 현장조사를 수행하는데 필요한 인력 및 항목, 조사의 범위, 방법, 형식, 장비의 결정
- ② 조사기간과 관련된 작업시간의 예측 및 일정
- ③ 현장조사 결과의 기록양식 및 정리형식 결정
- ④ 해당 구조물과 관련된 타 기관 및 인근 주민과의 협조체제 구축
- ⑤ 각각의 조사항목에 대한 구체적인 적용기술 및

표 4. 터널의 환경조사 항목과 방법

조사항목	조사방법	비고
지형조건	· 공사지, 공사기록 · 지형도 · 측량 · 항공사진, 경사사진 · 현지답사	· 근접공사나 재해에 의한 지형의 변화에 유의
지질조건	· 공사지, 공사기록 · 지형도 · 지질도 · 항공사진 · 지질조사 · 토질조사 · 현지답사 · 시추조사(샘플링)	· 필요에 따라 시료시험을 추가적으로 실시
지하수조건	· 공사지, 공사기록 · 지형도 · 수문지질도 · 현지답사 · 수온측정 · 수질검사	· 유해수의 영향이 우려될 경우에는 반드시 수질검사 실시
기상조건	· 강우(설) 양 측정 · 기온측정	· 한랭지 터널에서 특히 중요하게 고려 · 폭우 등으로 인한 급격한 지하수위의 변동, 지진의 피해에도 주의
식생조건	· 항공사진, 입체사진 · 현지답사	· 식생이상에 의한 사면활동, 붕괴지 판단 · 벌채 등 식생환경 급변에 유의
토지이용조건	· 토지이용도 · 현지답사	· 인접 토지의 개발 또는 공사계획은 사전에 자료를 입수하여 사전협의, 근접시공에 따른 발생 가능한 문제점에 대한 신속한 조치 강구

방법 결정

- ⑥ 현장조사시 사용되는 장비에 관한 사용방법 및 해석방법의 숙지
 - ⑦ 문서화된 자료이외에 시설물의 실제 유지관리자 및 관계자들에 대한 청문조사
- 단, 현장에서의 안전관리에 대한 사항은 자체 안전관리 규정에 따라 시설물별로 안전관리 계획서를 별도로 작성하여 시행해야 한다.

3.2 점검의 종류

점검의 종류는 앞 절의 점검계획에서 언급한 바와 같이 자료조사와 환경조사를 기본적으로 시행하되, 정기점검과 정밀점검, 긴급점검, 정밀안전진단으로 나뉘는 현장조사시에는 다음과 같은 항목들을 중심으로 조사를 실시한다.

표 5. 터널의 현장조사 항목과 방법

상 태	조사항목	조사방법	비 고
균 열	위치(범위), 패턴	◎육안관찰 ◎사진촬영	· 균열 종류, 위치, 패턴 등으로 작용응력의 상태, 변상원인 추정
	길이, 폭	◎육안관찰 ◎사진촬영	
	깊이	○라이닝 코어링 △초음파 △검사창	
	진행성	◎균열계 ◎Scale Calipers ○Mortar pat	
	라이닝의 재질	◎육안관찰	
시공이음부 절단	위치(범위)	◎육안관찰 ◎사진촬영	· 벽돌, 콘크리트 블록, 석조터널에서는 특히 중요 · 콘크리트인 경우엔 측벽부의 시공 이음에 주의
	크기(길이, 폭)	◎Scale Calipers ◎사진촬영 ○Mortar pat	
	진행성	◎균열계 ◎Scale Calipers ◎사진촬영 ○Mortar pat	
	seal재 열화	◎육안관찰	
	seal재의 용탈 상황	◎육안관찰	
박리 · 박락	위치(범위)	◎육안관찰 ◎타음검사 ◎사진촬영	· 위험한 것은 조사시 두들겨 떨어뜨림 · 노반상의 낙하물 주의
	크기, 깊이, 빈도	◎Scale Calipers ◎타음검사 ◎사진촬영	
	진행성	◎육안관찰 ◎Scale Calipers ○Mortar pat	
	라이닝 재질	◎육안관찰	
변 형 부풀림	단면형상(건축한계여유)	◎단면측량	· 단면형상 계측을 통해 변상의 원인 추정이 가능한 경우가 있음
	내공변위량	◎내공변위 측정	
	지중변위량	◎지중변위 측정	
	지반응기, 침하량	◎수준측량	
	라이닝두께, 배면공동	◎코어링 ○전자파법 ○타음검사 △검사창	
	배면지질	◎모링 ○검사창	
	라이닝 재질	◎육안관찰	
누 수 유해수	위치(범위)	◎육안관찰 ◎사진촬영	
	탐함	◎육안관찰	
	누수량	○유량관찰	
	수온	○수온측정	
	수질	○수질검사	
재료열화	위치(범위)	◎육안관찰 ◎사진촬영	
	강도	◎타음검사 ○비파괴검사 ○강도시험	
	중성화 깊이	◎pH시험 ○중성화시험	
	재질	◎육안관찰 ○화학분석	
케도틀림	위치(범위)	◎육안관찰 ◎사진촬영 ○케도검사 ○측정표	· 편입작용시에는 케간틀림, 지반의 침하 · 용기시에는 고저(면)틀림 발생
	케간틀림	◎케도검사 ◎측정표	
	고저(면)틀림	◎케도검사 ◎측정표	
	방향(줄)틀림	◎케도검사 ◎측정표	
	수평틀림	◎케도검사 ◎측정표	
	평면성(비틀림)틀림	◎케도검사 ◎측정표	
손 상 오 염	위치(범위)	◎육안관찰 ◎사진촬영	· 박테리아 번식에 따른 박테리아 slime · 에 의한 배수구 막힘에 주의
	종류(박테리아, 매연, 녹 등)	△화학분석 △미생물조사	
	색상	◎육안관찰	
토사유입	위치(범위)	◎육안관찰 ◎사진촬영 ◎토사유입조사	· 유입된 토사종류 파악
	유입량	◎육안관찰 ◎토사유입조사	
	유입물의 종류	◎육안관찰 ◎토사유입조사	
고드름 축 빙	위치(범위)	◎육안관찰 ◎사진촬영	· 누수, 고드름, 축빙의 발달에 따른 바닥 · 부의 얼음 주의
	크기, 길이, 지름	◎육안관찰 ◎사진촬영	
	기온, 동결지수	◎갱내기온측정	
	진행성	◎육안관찰 ◎Scale Calipers	

◎ 특별히 중요시되는 조사방법, ○ 일반적으로 이루어지는 조사방법, △ 필요에 따라 이루어지는 조사방법

가. 정기점검

정기점검은 경험과 기술을 갖춘 자에 의한 세심한 육안검사 수준의 점검으로서 간단한 점검기구(손전등, 망치 등)에 의하여 터널에 발생한 결함과 기능적 상태를 판단하고 시설물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위하여 실시하는 관찰로 이루어지는 순찰과 유사한 성격의 점검을 가리킨다.

정기점검시 점검자는 시설물의 전반적인 외관형태를 관찰하여 심각한 손상 결함의 가능성을 발견할 수 있도록 세심한 주의를 기울여야 하며, 이상이 발견되는 경우 즉시 보고하여야 한다.

육안조사시에는 시설물의 상태를 주로 육안에 의해 판단하고 터널의 안정상태를 평가하는 것으로서 육안검사시의 유의점은 다음과 같다.

- ① 라이닝의 각 부위에 박락의 흔적이 보이지는 않는지? 혹은 바닥면에 라이닝 콘크리트의 조각이 떨어져 있지는 않은가?
- ② 이제까지 보이지 않았던 균열이나 다량의 누수가 생기지는 않았는가?
- ③ 라이닝의 열화정도는 어떠한가? (가는 균열이 망상으로 펼쳐져 있다. 혹은 다른 부분과 비교하여 변색하고 있다. 또는 다공질 형태로 표면이 부슬부슬 하게 보인다. 백색의 생성물이 표면에 나타나 있다 등의 경우는 라이닝이 상당히 열화하고 있다고 판단해도 좋다.)
- ④ 아치부에 균열 혹은 줄눈을 따라 큰 어긋남이 생기고 있지는 않은가? (단차가 생기고 있는 경우는 지압대책도 겸해 검토할 필요가 있다.)
- ⑤ 아치부에 들뜸현상이 보이지는 않는가? (일반적으로 압착, 전단균열이 있으면 균열에 걸쳐 들뜸현상이 발생하고, 박락되기 쉽다.)
- ⑥ 보수 보강된 부위의 재료는 안정한가? (누수대책용으로 시공된 모르타의 정착, 보강판 Net의 Anchor, 보강 Saddle의 빼기 등)

간단한 기구를 이용한 정기점검은 일반적으로 점

검기구로 시설물에 타격을 가했을 때의 반발 정도나 소리, 반응형태 등으로 시설물의 안전상태를 평가하는 것으로서 그 유의점은 다음과 같다.

- ① 점검망치에 의한 타격시 청음을 내면 라이닝 재료는 건전하다고 판단할 수 있고, 둔탁한 음이나 공명이 나타나는 경우는 라이닝이 열화하고 있거나 배면에 공극이 있을 가능성이 높다.
- ② 점검망치타격에 의한 반발이 좋을 경우 라이닝 재료는 건전하다 판단할 수 있다.
- ③ 점검망치 타격시 망치가 라이닝 표면에 박히거나 표면에 균열이 발생하거나 벽돌이 흔들거리는 경우는 라이닝이나 줄눈재가 열화되었다고 판단할 수 있다.
- ④ 라이닝 재료의 박락 등 낙하 가능성이 있는 곳은 두드려 떨어뜨릴 것(사고예방).

정기점검을 실시하는 경우의 구체적인 점검항목과 활용장비는 표 6과 같은데 특히, 육안조사시에 점검자는 시설물의 양호 및 불량한 상태를 쉽게 판정할 수 있는 기준을 숙지하고 있어야 하고 이러한 판정기준을 기호나 적절한 용어를 사용한 문장으로 표기, 서술할 수 있어야 한다.

정기점검은 다시 계측조사와 육안조사 및 기술적 유추에 의한 조사 등으로 세분할 수 있으며 그 내용은 다음 표 7에 나타낸 바와 같다.

일반적으로 토목구조물은 계측조사의 결과에 대해 양호, 불량을 단독으로 판정하는 값은 정해져 있어도 전체적인 판정을 위한 절대적 기준치는 없지만 반면, 결과에 대한 어떠한 경향이나 원인을 추정하는 대표적인 사례는 있다. 이는 터널이란 구조물의 기능을 양호, 불량한 상태라 함은 한가지 요소로 판정되는 것이 아니라 재질, 구조, 환경이란 측면에서의 종합적인 판단과 분석이 필요하고, 각기 개별성이 강하여 일률적인 기준치를 적용하기 어렵기 때문이다. 따라서 계측조사는 육안으로 하되 기존의 계측장치가 설치되어 있을 때는 그 계측장치를 활용하며, 계측된 측정치가 표준치를 상회함에도 불구하고 결함이 있다고 인정되는 경우가 있으므로 잠재적 결함을 파악

표 6. 정기점검시의 점검항목 및 장비

점검부위	점검항목	점검장비
입·출구부	· 균열 · 누수 · 백태 · 박리· 박락, 함몰 · 철근 부식 여부(표면노출) · 부등침하, 이동	· 망원경 · 카메라 · 필기도구 · 줄자 · 망치 · 손전등
측벽부(좌우)	· 균열 · 누수 · 백태 · 박리· 박락, 함몰 · 철근 부식 여부(표면노출)	· 망원경 · 카메라 · 필기도구 · 줄자 · 망치 · 손전등
천정부	· 균열 · 누수 · 백태 · 박리· 박락, 함몰 · 철근 부식 여부(표면노출) · 조명상태	· 망원경 · 카메라 · 필기도구 · 줄자 · 망치 · 손전등
바닥부	· 배수시설, 배수상태 · 궤도이상 · 노면상태(침하, 용기등)	· 카메라 · 손전등 · 필기도구
옹벽	· 균열 · 누수 · 백태 · 박리, 박락, 함몰 · 부등침하	· 카메라 · 필기도구 · 줄자 · 망치 · 손전등
사면	· 사면의 구분(질토, 성토) · 사면의 변형유무 · 사면 보호공의 종류, 적정성	· 카메라 · 필기도구

표 7. 정기점검의 구분

종류	방법	비고
계측조사	기존 계측기가 설치된 지점에 대한 계측치를 가지고 양호, 불량상태를 파악한다.	
육안조사	육안관찰에 의해서 양호, 불량을 판정한다.	
기술적유추에 의한 조사	육안판단이 어려운 부분에 대해 기존의 경험 등을 바탕으로 양호, 불량 등을 판정한다.	

할 수 있도록 지속적인 관찰을 필요로 한다.

육안조사는 실제로 경험이 풍부한 기술자의 지식과 경험을 토대로 시각, 청각을 사용하여 시설물의 양호, 불량상태를 판정하는 것이다. 그러나, 이러한 판정은 점검자의 주관적인 견해로 인한 개인차가 커서 조사할 때마다 점검자의 심리적 상태의 영향을 받기 쉽다.

기술적 유추에 의한 조사 또한 점검자의 경험적인

표 8. 조사항목별 조사방법

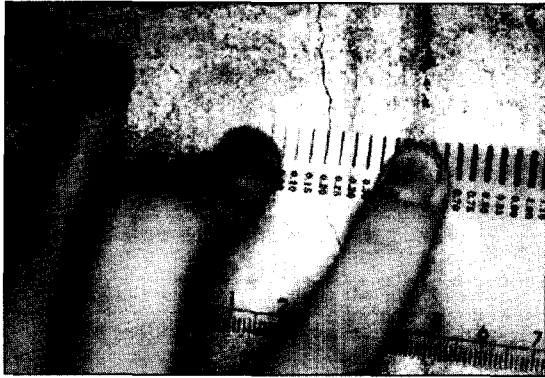
조사항목	조사 방법
균열	육안으로 균열의 방향, 균열의 패턴을 관찰하고 늘어난 균열의 길이를 파악한다. 또한 내부 철근의 녹슬음에 의한 오염의 유무도 관찰한다.
들뜸	육안으로 콘크리트의 들뜸 유무를 관찰한다. 또한 들뜸 부분의 철근부식 유무를 관찰한다(망치사용).
박락	육안으로 콘크리트가 박락되어 있는 부분의 유무를 관찰한다.
누수	육안이나 문진 등으로 누수의 범위나 누수량을 확인한다.
백태	콘크리트 면을 손으로 세게 눌러서 분상물의 부착으로 판단한다.
터널 사면	사면의 변형유무

측면의 요소가 판정에 중요하게 작용하므로 개인의 능력 차에 의한 오차를 줄이기 위해서는 직접적인 검사를 통한 조사양식을 만들고, 이 양식에는 다른 유사한 사례를 참고로 하여 그 상태를 유추할 수 있도록 내용이 수록되어야 한다. 특히, 조사대상 시설물의 내하성, 내구력에 영향을 미칠 우려가 있는 결함 상태를 중심으로 먼저 조사가 시행되어야 한다.

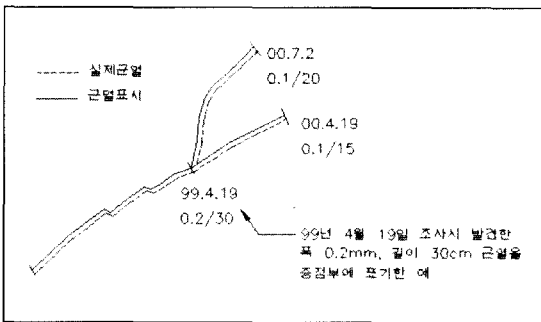
이들 각각에 대한 조사방법을 간략하게 나타내면 표 8과 같다.

일반적으로 정기점검의 육안조사는 가장 손쉽게 수행할 수 있는 조사방법으로서, 시설물의 결함을 찾아낼 수 있는 일차적인 조사에 해당한다. 그러나 다른 조사방법에 비해 정밀도가 낮으므로 정밀진단 단계에서의 육안조사시에 실시되는 측정장비에 의한 정밀한 측정과는 달리 균열, 백태, 변형 등을 포함한 단순항목에 대한 조사 위주로 진행된다. 즉, 터널의 입·출구부에서는 누수량, 수질, 수온 등을 조사하게 되고, 터널 본체에서는 바닥면 상태 및 주행성, 조명·환기 등의 부속시설의 상태 및 안전성을 조사하게 된다. 이 밖에도 사용성에 간접적인 영향을 미치는 청결상태, 퇴적물 적재상태 등의 조사와 터널 내 환기 및 조명상태 및 부속시설의 안전상태와 기존 보수부위에 대해 세밀한 조사를 실시하여야 한다.

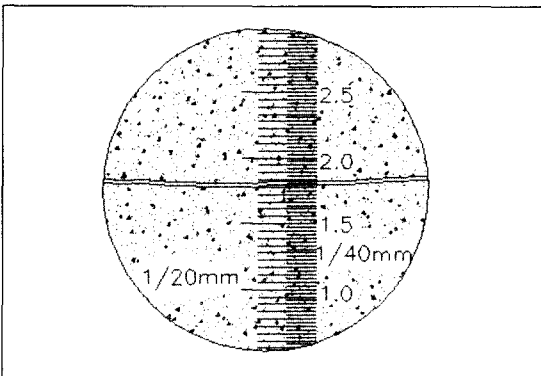
육안조사는 정도가 떨어지고 주관적인 경향이 강한 조사이므로 반드시 반복조사를 원칙으로 하되 의심나는 곳은 표기해 두었다가 추후 세밀하게 다시 조



(a) 균열자에 의한 균열조사



(b) 균열표시 예



(c) 균열경 조사 예

그림 3. 균열조사 사례

사하도록 하는 것이 좋다. 특히 육안조사시에는 앞에서 열거한 바와 같이 사전에 지반조사, 설계 및 시공 관련 자료들과 전술한 주된 조사항목들을 숙지하고 이들 항목을 중심으로 한 조사가 이루어지도록 해야

한다. 또 측벽부는 보행으로, 천정부는 작업시간을 별도로 확보하여 작업대를 설치하고 그 위에서 시행한다. 조사방법은 손전등을 이용하여 육안 및 해머 등을 사용한 타격검사로 수행한다. 조사과정은 라이닝부와 바닥부, 부속시설, 터널 주변환경 등으로 나누어 시행하고, 조사항목은 라이닝에 대해서는 단면 변형, 압출, 균열, 바락, 줄눈부 단차 누수, 열화 등을, 바닥부에 대해서는 궤도이상(침목파손, 레일틀림, 체결구파손 등), 측구변형, 노반팽창, 침하 등을, 부속시설에서 대해서는 작동상태, 오염 등을, 환경조건에 대해서는 터널주변의 지형조건, 지표수 분포 및 흐름패턴, 토지이용 상황 등에 대해 조사한다.

나. 초기점검

초기점검은 시설물 관리대장에 기록되는 최초로 실시되는 정밀점검을 말한다. 일반적으로 신설시설물의 경우는 준공 후 6월 이내에 시행토록 하는데 구조형태가 변화된 경우에도 초기점검이 필요하다.

초기점검은 특별법 시행령 제7조 별표 2의 정밀점검의 책임기술자로서의 자격을 갖춘 자에 의하여 수행되어야 하며 필요한 경우에 한해서 내하력에 대한 해석적 계산을 실시한다.

초기점검의 목표는 첫째로 특별법에서 요구하는 시설물관리대장 및 평가자료 그리고 관리주체가 수집하는 관련자료를 얻기 위함이며, 둘째로 구조물 상태의 판단 및 구조물의 문제점 또는 문제 가능성이 있는 구조부위를 확인하고 기록하는 것이다.

도면의 사전 상세검토를 통하여 붕괴의 위험성을 내포한 부위에 대하여 주의를 기울여야 하며 추후 특별한 주의를 필요로 하는 사항에 대하여 점검기간 중에 평가하여야 한다. 또한 초기점검시에는 추후에 실시되는 점검 및 진단시 평가에 필요한 초기치와 기초 자료를 제시할 수 있도록 하여야 하며, 육안조사시 결함이 있는 경우에는 도면으로 기록하여야 한다.

다. 정밀점검

정밀점검은 일정한 주기로 계획된 정기적 점검으

표 9. 정밀점검시의 점검항목 및 장비

점검부위	점검항목	점검장비
입출구부	· 균열 - 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진전여부 · 누수, 백화 · 박리, 박락, 함몰 · 철근 부식 여부 · 부등침하 · 배수처리 · 콘크리트 강도- 표면타격법(슈미트해머)	· 슈미트해머 · 균열경 및 균열 측정기 · 망치, 엔빌, 카메라, 손전등, 필기도구, 줄자, 교통규제기구
천정부 어깨부	· 균열 - 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진전여부 · 누수, 백화 · 박리, 박락, 함몰 · 철근 부식 여부 · 조명상태 · 농도 · 콘크리트강도 - 표면타격법(슈미트해머)	· 슈미트해머 · 균열경 및 균열 측정기 · 망치, 엔빌, 카메라, 손전등, 필기도구, 줄자, 교통규제기구
측벽부 (좌우)	· 균열 - 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진전여부 · 누수, 백화 · 박리, 박락, 함몰 · 철근 부식 여부 · 콘크리트 강도- 표면타격법(슈미트해머)	· 슈미트해머 · 균열경 및 균열 측정기 · 망치, 엔빌, 카메라, 손전등, 필기도구, 줄자, 교통규제기구
바닥부	· 케도이상 · 배수시설 · 노면상태(침하, 균열등) · 교통소통상태 및 안전사항 · 용수	· 육안조사
비탈면	· 사면의 안정상태, 변형유무, 보호공	
기타	· 매연상태, 유지관리용 사다리, 부속 시설물의 상태	

로서 시설물의 현 상태를 정확히 판단하고 최초 또는 이전에 기록된 상태로부터의 변화를 확인하며 구조물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위해 필요한 면밀한 육안검사와 간단한 측정기구에 의한 측정으로 이루어진다.

터널의 경우 편도압이나 침하, 지질상태에 의한 터널 시설물의 결함 상태를 고려하여야 하며 콘크리트의 풍화나 철근부식 등 시간경과와 함께 발생할 수 있는 재료의 열화에 기인한 변상 여부를 관찰, 분석

해야 한다. 면밀하고 지속적 감시가 필요한 시설물 부위는 사전현장조사, 구조해석 및 구조계산을 통하여 시설물의 안전성을 결정하는데 정밀점검시의 구체적인 점검항목과 장비는 표 9와 같다.

라. 긴급점검

1) 손상점검

손상점검은 비계획적인 점검으로서 재해나 사고에 의해 비롯된 구조적 손상을 평가하는 것이다. 점검자는 점검대상 범위의 긴급한 사용제한이나 사용금지의 필요성이 있는지의 판단과 보수를 수행하는데 있어 필요한 작업량의 정도를 신속하게 결정할 수 있어야 하며 하중제한, 통행제한 등 사용제한 여부를 결정할 수 있도록 현장에서의 판단 능력이 요구된다.

손상점검은 정밀점검의 보완수단으로서 손상의 정도와 보수의 긴급성 그리고 보수작업의 규모를 파악할 수 있어야 하므로 시험장비에 의한 현장측정 및 사용제한 기간에 대한 해석이 필요하다.

2) 특별점검

특별점검은 관리주체가 판단하여 행하는 정밀점검 수준의 점검이다. 이 점검은 기초침하 또는 세굴과 같은 결함이 의심되는 경우나 하중제한, 통행제한 중인 시설물의 지속적인 사용여부를 판단하기 위한 점검으로서 점검시기는 결함의 심각성을 고려하여 결정한다.

일반적으로 시설물이 신설되면 초기에 결함이 발생하기 쉬운데, 이러한 문제가 발생한 시설물은 문제 해결 후 안전한 상태를 유지하다가 시간의 경과와 함께 서서히 노후화가 진행된다. 이때 복합적인 원인으로 인해 판단하기 어려운 변상형태가 많이 발생할 수 있는데, 이러한 변상상태를 그대로 방치하게 되면 그 상태를 촉진하는 결과를 초래하게 되어 시설물의 변상이 급속하게 진행되고 궁극적으로는 시설물의 내구성에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 이 때 실시하는 긴급점검의 점검항목과 장비는 점검을 실시할 당시의 변상종류가 점검항목이 되는 것으로서 점검장비 등은 정기점검과 정밀점검에서 언급한 변상종류

에 해당하는 장비를 동일하게 사용한다.

3.3 정밀안전진단

정밀안전진단을 위한 점검은 정밀점검과정을 통해서 쉽게 발견하지 못하는 결함부위를 발견하기 위하여 행해지는 정밀한 육안조사 및 측정장비에 의한 조사를 포함하는 근접 점검이다. 필요한 경우 차량 통제나 단수 등을 실시하여야 하며 점검용 접근장비, 비계, 작업선과 같은 특수장비 및 특수기술자가 필요하다.

먼저, 육안조사의 결과는 전체 구조물의 표면에 대하여 도면에 기록하여야 하며, 구조물 전체에 대한 조사결과 분석 및 상태평가가 포함되어야 한다. 결함의 유무 및 범위에 대한 확인이 필요한 때에는 부분적인 파괴시험과 비파괴 현장시험 및 기타 필요한 재료시험 등의 실내시험을 병행해야 하며, 콘크리트 재료의 열화정도, 배면지반의 상태 등 정량적인 판단을 주로 한다. 또한 정밀안전진단에서는 노후화 또는 손상정도에 따라 구조물의 성능이나 잔존수명을 평가하기 위한 안전성 평가가 포함되어야 한다. 안전성 평가를 위하여 시설물의 안정과 내하력, 내진성 등을 결정하는데 필요한 조사나 시험을 실시할 수 있다.

표 10. 사전조사

점검사항	점검항목
기초 자료조사 및 검토	· 과업지시서 검토 · 지반조사 현황 및 결과분석검토 · 지반분류 현황 및 평가 검토 · 지반 및 재료 특성치 조사와 적정성 평가 · 기타 폐광 등 터널과 관련된 모든 자료 조사 및 분석
해석 방법 및 결과 분석	· 사용 프로그램 확인 · 해석용 입력 자료 분석평가 · 표준 지보 패턴 검토 · 콘크리트 라이닝 해석방법 검토 · 보조 공법의 유무 및 적정성 검토 · 터널의 단면계획 검토 · 방수 및 배수 시스템 · 콘크리트 라이닝 철근보강 유무 및 적정성
설계도면 검토	· 설계 타입(Type)별 적용구간 및 적정성 검토 · 발파패턴검토 · 시공순서도 검토 · 해석결과와 설계도면 일치성 비교 검토

정밀안전진단을 실시한 결과, 시설물의 재해예방 및 안전성의 확보가 필요한 경우에는 적절한 보수 보강공법을 제시하여야 한다.

정밀안전진단시의 사전조사는 표 10과 같은 내용에 대해 실시하고, 구체적인 정밀안전진단의 조사항목이나 방법은 표 11에 나타난 바와 같다.

표 11. 정밀안전진단시의 점검항목 및 방법

점검부위	점검항목	점검방법
입 출구부	· 균열조사 - 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진전여부	균열측정기, 초음파시험
	· 누수부위 탐사 - 누수량, 수질, 누수온도	적외선탐사, 육안조사, 수질시험
	· 백태 - 열화증상 및 현장조사, 염화물 함유량 시험	육안조사, 중성화시험, 염해조사
	· 콘크리트 강도 - 표면타격법, 일축압축강도	Schmidt Hammer 코어채취시험
	· 터널주변 및 지반조사 - 사면 안정성 조사	지표조사, 사면안정검토, 보링
본터널	· 균열조사 - 균열폭, 길이, 깊이, 균열의 진행성여부	균열측정기, 초음파시험, 충격 탄성파 시험
	· 누수부위 탐사 - 누수량, 수질, 수온	적외선 탐사법, 육안조사, 수질시험
	· 2차 라이닝 - 콘크리트 두께조사, Rock Bolt, Shotcrete, 열화조사, 염화물 함유량 시험 - 라이닝 응력 측정(필요시)	중성화시험, 레이더탐사법, 충격탄성파 시험, 초음파시험, 염해조사, 응력측정기

표 11. 정밀안전진단시의 점검항목 및 방법

구분	점검항목	점검방법
본터널	· 내부결함 탐사 - 공동, 박락, 박리 등 내부결함	레이다 탐사법
	· 콘크리트 강도 - 철근배근 위치 탐사 및 철근 부식도 측정	표면타격법, 코아채취 시험, 초음파 속도, 전위차 측정기
	· 강지보공 규격 및 설치간격, 부식도 측정	표면타격법, 레이다 탐사, 전위차 측정기
	· 터널 단면 측정 - 건축한계, 내공변위 등	광파측량기, 내공변위계
	· 열화증상 - 백태, 중성화 시험	육안조사, 중성화 시험
	· 지반상태 - 풍화정도, 일축압축 강도, R.Q.D	지표지질조사, 보링(Boring), 전기비저항탐사
	· 궤도이상, 노면상태 및 주행성, 세굴 등	육안조사
피난연결통로	· 부속시설의 상태 및 안전성 - 조명, 환기, 오염	육안조사, 유해가스농도측정
	· 시공이음부, 신축이음재, 누수, 균열, 백태 등	육안조사
기 타	· 표지판 여부 · 퇴적물 상태 · 안전 및 유지관리 계획 여부, 청소상태 · 시설물 이력카드 작성여부 및 보수이력 확인 · 진동 및 소음 상태	육안조사 및 진동소음측정