

콘크리트 구조물의 유지관리 합리화와 건전도 진단 기술

Maintenance Rationalization and Soundness Inspection Technology for Reinforced Concrete Structures



임 남 기*



정 상 진**

1. 서 론

콘크리트 구조물의 유지관리 합리화의 필요성이 높아지고 있는 가운데 건전도 진단기술의 조속한 확립이 요구되고 있다. 본고는 콘크리트 구조물의 보수사례 조사에서부터 비파괴검사의 기본적인 건전도진단에 의한 보수시기의 적절한 선정이 유지관리 합리화에 대해서도 중요한 의미를 가짐을 시사한다. 또한, 철근의 부식과 균열길이의 추정을 위한 비파괴 검사를 실시하는 경우에 고려해야 하는 오차나 측정 등 문제점에 대해서도 해설한다.

콘크리트 구조물은 일반적으로 반영구적으로 사용할 수 있다고 생각하여 왔으며 실제로 적절한 설계, 시공, 재료선정이 된 경우는 50년 정도의 내구년한이 가능하고 유지관리를 위해 특별한 수단을 강구하지 않아도 이 정도는 충분히 고려될 수 있다. 해안 근처에 건설된 구조물과 같이 가혹한 환경에 노출되거나 재료, 배합조건, 시공방법상

문제가 있는 구조물은 성능저하가 생기거나 그 구조물이 필요로 하는 특수기능을 만족시키기 위해 특별한 대책이 필요한 경우도 생긴다.

이같은 목적의 콘크리트 구조물에서는 유지관리의 합리화를 도모할 필요가 있다.

콘크리트 구조물의 유지관리 합리화는 그 내용이 다양하지만 기본적으로는 더 작은 노력과 경비로 해당 콘크리트 구조물에 예상되는 사용 기간동안 소정의 기능을 충분히 만족할 수 있게 관리하는 것이다.

종래에는 이런 방침에 따라 콘크리트 구조물의 관리 주체에게 유지·수선요강, 점검, 보수요령 같은 형태로 유지관리 시스템이 정해져 있었고 이것을 기초로 실무를 행하면 되었다. 이런 지침요령에서 콘크리트 구조물의 성능저하 상황은 주로 균열폭 및 균열발생 상황, 피복콘크리트 박락, 분리유무 등을 육안관찰하는 외관조사로 판정되었다. 그러나 이런 지침류도 개정되어 비파괴 검사에 기본적인 구조물의 상세조사가 포함되게 되었다.

근년에는 학회등으로 부터 비파괴 검사를 이용

* 정회원, 단국대학교 대학원 박사과정
** 정회원, 단국대학교 건축공학과 부교수, 공박

하여 콘크리트 구조물의 건전도 진단기술을 시스템에 포함시킨 예방보전식 유지관리 시스템이 제안되고 있다. 이것에 따르면 비파괴 검사에 의한 콘크리트 구조물의 진단이 유지관리 시스템에 잘 조화되려면 미래에는 비파괴 검사기기의 개발, 개량과 같은 하드웨어가 개발되어야 함은 물론이고 이 기계를 사용한 적절한 계측수법의 진전이 요구된다.

더우기 1975년대 후반에 큰 파분을 던진 콘크리트 구조물의 조기 성능저하 문제를 계기로 하여 구조물의 내구성에 관한 연구가 정력적으로 행해져 성능저하 메커니즘이 상당한 수준까지 규명되었고 구조물의 건전도를 적절히 평가하려면 균열이나 외관관찰만으로는 불충분하며 피복 두께, 철근 부식 정도, 콘크리트의 염화물 이온량의 중요성 등에까지 확대되어야 한다. 어쨌든 이같은 유지관리 시스템이 기능을 발휘하려면 구조물에 발생하고 있는 변화상태를 조기에 조사·발견하여 소규모로 보수하고 유지관리 합리화에 결부시켜 고려하면 된다.

본고에서는 비파괴 검사를 이용한 건전도 진단이 합리적인 유지관리에 어떻게 결부되고 어떤 역할을 하는가를 명확히 하기 위해 콘크리트 구조물의 보수실태 조사에 근거하여 검토결과를 기술한다. 또한 몇개의 대표적인 비파괴 검사에 대한 시험계측을 실시하고 비파괴 검사 실시에 따른 문제점에 대해 검토하고자 한다.

2. 건전도 진단 기술과 유지관리 합리화

2.1 비파괴 검사의 실시 상황과 문제점

비파괴 검사에 의한 건전도 진단은 어느정도 일반화되어진 경향이다. 그림 1은 건전도 진단에서 채용한 시험방법 조사를 위해 콘크리트 구조물의 관리자에 대해 행한 앙케이트 조사결과이다. 이 조사결과 소위 비파괴 검사가 실시된 빈도는 상당히 낮았음을 알 수 있다.

육안검사는 소위 통상점검시 실시되어지고, 비파괴 검사는 상세조사에서만 실시되므로 비파괴 검사를 행했다는 응답이 적은 것은 당연하다. 보

다 중요한 것은 비파괴 검사의 실시빈도가 콘크리트 코어의 압축시험보다도 더욱 적었다는 것이다. 콘크리트 코어채취는 구조물에 상당한 손상을 입히고 경우에 따라서는 철근등 보강재를 절단하는 경우도 있고, 코어채취 후 구조물의 보수를 필요로 한다. 비파괴 검사는 코어를 사용하는 시험과는 달리 구조물의 손상이 없음에도 불구하고 실제 사용빈도는 낮았다. 이 앙케이트 조사후 수년이 경과되었으므로 현재상황이 약간 바뀌었을 것으로 생각되는데 비파괴 검사 실시빈도가 비약적으로 증가되었다고 생각하기는 어렵다.

그러면 비파괴 검사의 실시빈도가 상당히 낮은 이유는 어디에 있는 것일까? 비파괴 검사는 슈미트 햄머에 의한 반발경도시험과 철근의 부식 정도를 추정하기 위해 실시되는 자연전위법 같이 상당히 오래전부터 사용되어 온 것도 있는데 일반적으로 그 역사가 짧은 이유는 시험수법이 표준화되지 못하였고 측정오차에 대해서도 명확하지 못한 것에 있다.

또한 많은 비파괴 시험중에서의 콘크리트 구조물의 건전도 진단에 필요함과 동시에 적용가능한 검사항목의 판단이 현장 기술자에 위임되고 있다는 것이다. 또한 비파괴 검사가 초음파와 전기 화학같은 콘크리트 기술자에게 친숙하지 못한 학문

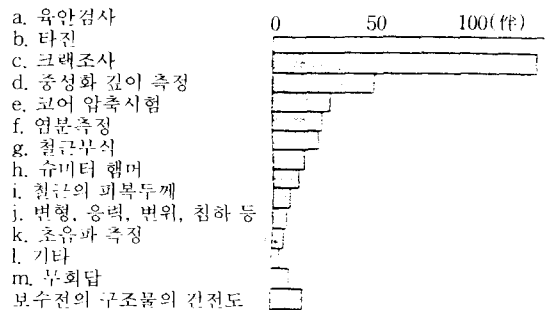


그림 1 부식에 의해 열화한 구조물의 진단방법에 관한 앙케이트 결과

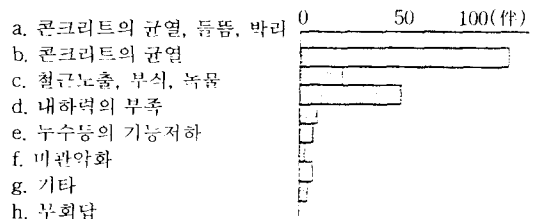


그림 2 보수가 필요하다고 판단될 때의 피해정도

분야의 지식을 요구하는 것도 비파괴검사의 적용을 어렵게 하는 요인이다. 그러나, 더욱 본질적인 요인은 비파괴 검사를 실시하는 이유가 명확하지 않다는 것이다. 그림 2는 보수가 필요하다고 판단될때의 콘크리트의 성능저하상태를 나타낸 것이다. 콘크리트에 발생한 균열, 박리 혹은 철근노출, 부식, 녹물의 발생 등이 콘크리트 표면에서 나타나면 보수 실시에 박차를 가하게 됨을 보여준다.

만약 이와같은 성능저하상황이 발생하는 단계에서도 구조물에서 요구하는 기능에 특별한 지장이 없다면 이같은 판단 기준에 기초하여 보수하여도 문제는 없고 비파괴 검사를 실시할 필요성도 낮다. 이 경우 비파괴 검사의 실시 이유는 성능저하원인 추정을 위해 행해지는 정도이다.

본고에서는 비파괴 검사에 의한 구조물의 진단이 유지관리에 어떠한 장점을 지니는지 콘크리트 구조물의 보수 사례로부터 비파괴 검사의 필요성에 대해 고찰키로 한다.

2.2 콘크리트 구조물의 보수실태 조사

일본 건설성 관내에서 실시된 앙케이트에 의한 콘크리트 구조물의 보수실태 조사를 근거로 콘크리트 구조물의 보수직전 성능저하상황, 채용된 보수공법, 보수면적, 보수후의 구조물 상황에 대해 검토한다. 그림 3에 성능저하 원인을 나타냈다.

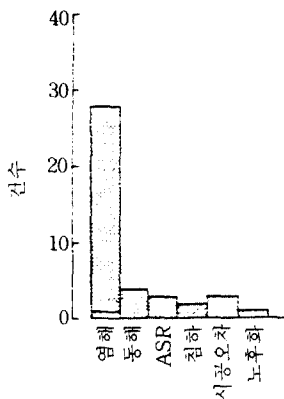


그림 3 콘크리트 구조물의 열화원인

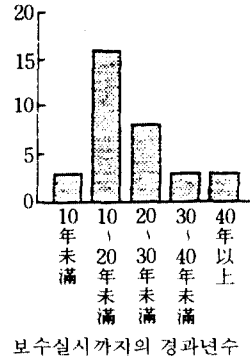


그림 4 구조물 준공후, 보수까지의 경과 도수

성능저하원인에 대해서는 요인이 복합적인 경우가 있는 것을 고려하여 복수의 응답도 유효하게 처리하였다. 콘크리트 구조물의 성능저하원인은 염해에 의한 것이 가장 많았고 동해나 알칼리 골재 반응의 순서였으며, 시공오차(피복두께 부족 등)도 다소 나타났다. 그림 4는 콘크리트 구조물의 준공에서 보수까지의 경과도수를 나타낸다. 보수실시까지의 경과년수는 10년이상 20년미만의 구조물이 가장 많고, 10년미만에 보수한 것이나 40년경과후 보수한 것도 나타나는 등 상당히 넓은 분포를 보여준다. 그림 5는 조사대상이 된 구조물의 보수직전에 판정된 건전도 분포상황을 나타낸다. 건전도의 판정은 문헌6에 제안된 「염해를 받는 토목구조물의 보수지침안」을 참고하여 표 1과 같이 5단계로 구분하여 정했다. 건전도 5는 육안 점검시 손상이 없는 상황이며 건전도의 수치가 낮을수록 구조물의 외관상 손상이 현저하게 된다.

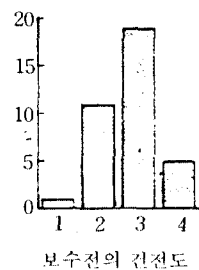


그림 5 조사대상 콘크리트 구조물의 보수실시 직전의 건전도

그림 6은 구조물 준공후 보수실시까지의 경과년 수와 보수실시 시점에서 건전도와와의 관계를 나타 낸 것이다. 양자 사이에서는 명확한 상관관계가 나타나지 않았다. 그림 7은 조사대상 구조물에 적용된 보수공법 건수를 나타낸 것인데 일반적인 보수방법으로는 프리팩트 콘크리트나 패칭에 의해 단면복구를 시킨후 차염 및 방수도장을 행한 예가 많이 조사되었다. 그림 8은 구조물의 보수실시 면적을 나타낸 것으로 그 평균을 표 2에 나타낸다.

보수규모는 보수직전 구조물의 건전도가 낮을 수록 크게 되는 결과를 나타낸다.

표 1 조사대상 콘크리트구조물의 건전도 측정기준

건전도	건전도의 상황
1	강재의 부식시 진행에 의한 부분적 혹은 연속적인 강재의 노후 또는 파손이 인정되기도 하고 콘크리트의 단면손상이 현저하게 인정되는 경우
2	강재부식의 진행에 의한 연속적인 콘크리트의 균열, 녹, 박리, 떨어짐이 인정될 때
3	균열, 녹으로 인해 콘크리트의 박리가 확인되나 그 범위나 정도가 적은 경우
4	극히 경미한 균열, 녹이 인정될 경우
5	손상이 없는 경우

표 2 보수전의 건전도별 보수실시 면적

보수전의 구조물의 건전도	평균보수면적(m ²)
2 이하	1699
3	1399
4	290

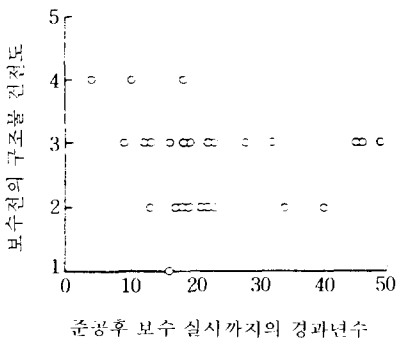


그림 6 준공후 보수실시 까지의 경과년수와 보수 실시 직전의 건전도의 관계

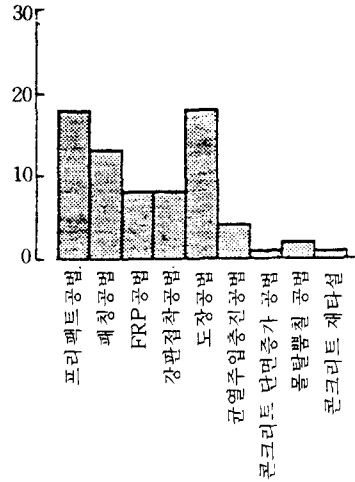


그림 7 적용가능한 보수공법의 건수

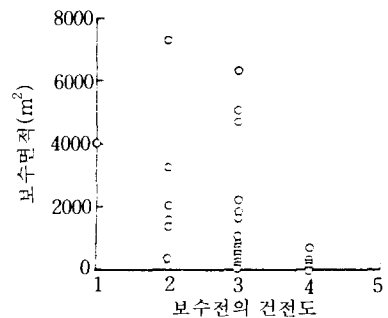


그림 8 구조물의 보수면적

2.3 콘크리트구조물의 보수시기와 보수 후의 상황

콘크리트 구조물의 보수시점에서의 성능저하상 황과 보수후의 구조물의 건전도 관련에 대해 검토 한다. 조사대상 구조물중 염해에 의한 성능저하가 압도적으로 많은데 이는 구조물의 성능저하상 황이 공기중의 염분량에 크게 의존하기 때문일 것으로 생각된다. 그런데 구조물의 어떤 지역마다의 공기중 염분량의 측정결과가 부족하므로 편의상 콘크리트 구조물의 건설 위치가 해안선에서 100m 이내인 상당히 가까운 경우와 100m이상의 경우를 나누어 검토하기로 한다.

그림 9는 콘크리트 구조물의 보수실시후 다시

녹물의 발생이나 균열발생 등의 성능저하를 보이는 구조물의 비율을 해안선에서 100m미만과 이상의 경우를 구분하여 나타낸 것이다. 보수를 실시한 구조물의 보수실시까지 보수후의 성능저하상황의 관측을 행한 시점까지의 경과년수는 구조물에 따라 다르며, 짧은 것은 2년정도 긴 것도 10년 이상은 없었다. 이런 결과는 보수를 실시한 구조물에서 재성능저하가 인정될 것인지 안될 것인지는 단순히 보수실시후 구조물의 성능저하상황을 관측할 때까지의 경과년수의 장단에만 의존하여 결정될 우려가 있다. 이점을 명확히 하기위하여 보수실시후 구조물의 성능저하상황을 관측할 때까지의 경과년수 내역에 의해 재성능저하를 인정하는 것과 인정않는 것의 각각에 대하여 조사하여 그 결과를 그림 10에 나타냈다. 이 결과에서는 재성능저하가 인정된 경우와 인정되지 않는 경우에 대하여 관측실시 때까지의 경과년수의 분포는 차이가 거의 없었다. 부가하여 보수후 구조물의 관

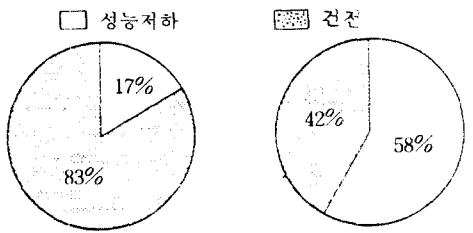


그림 9 보수후의 콘크리트 구조물의 상황

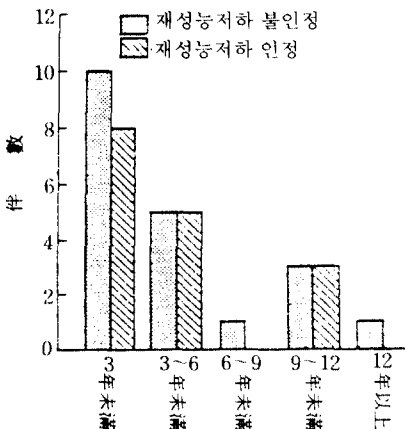


그림 10 관측실시까지의 경과년수

측실시까지의 경과년수의 평균치는 재성능저하를 인정하는 경우는 4.5년, 재성능저하를 인정않는 경우는 4.9년이였다. 이상의 결과로 부터 관측실시까지의 경과년수는 재성능저하 인정여부와는 무관함을 알 수 있다.

그림 11은 보수후 재성능저하 발생구조물과 발생하지 않는 구조물에 대하여 채용된 보수공법의 명세를 나타낸다. 예를 들면 채용된 보수공법이 같아도 시공방법이나 사용재료가 다르면 보수효과도 달라지는 것이라고는 엄밀히 말할 수 없다. 그러나 양자의 시공방법의 명세에서 큰 차이가 없다면 보수공법의 선정에 의한 보수후의 구조물의 성능저하상황에 변화가 나타날 것이라고도 생각하기 어렵다.

다음에는 보수직전의 구조물의 건전도와 보수후의 성능저하발생의 연관성에 대해 검토한다.

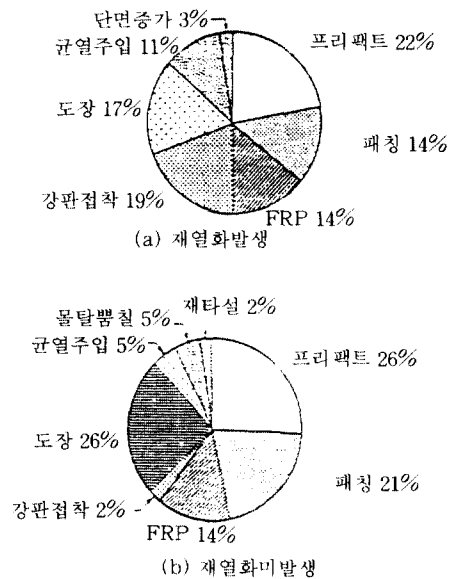


그림 11 보수공법의 내역

그림 12는 보수전의 콘크리트 구조물의 건전도와 보수후 재차 성능저하가 발생하는 구조물의 비율관계를 해안선으로부터 구조물까지의 거리별로 나타낸 것이다. 해안선으로부터 거리가 100m 미만의 구조물에는 보수전의 건전도가 2이하로 상당히 노화가 진행한 후 보수를 실시한 건물은 그 중 2/3의 구조물에서 재성능저하가 발생했다. 건전도 3에서 보수를 실시한 경우도 반수이상인

57%의 구조물에서 보수후 성능저하가 발생했다. 건전도 4와 비교적 경미한 정도로 보수를 실시한 구조물에서는 그 대부분의 성능저하가 보여지지 않고 충분한 보수효과가 얻어진 것으로 나타났다.

해안선에서 거리가 100m이상 떨어져 위치한 구조물에 대해서도 보수전의 건전도가 2처럼 상당히 성능저하가 진행된 상태에서 보수를 실시한 경우는 2/3이상의 구조물에서 재성능저하가 발생하고 있었다. 그러나, 건전도 3 및 4의 상태에서 보수를 실시한 건물은 보수후 성능저하가 나타나지 않았다.

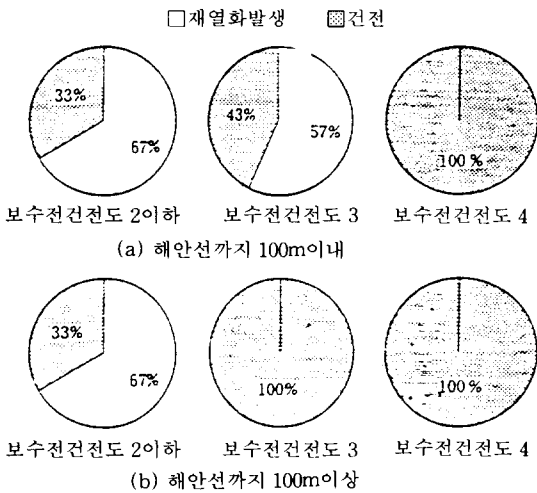


그림 12 보수전의 구조물의 건전도와 보수후의 구조물의 성능저하의 유무

이상의 결과로 부터 보수효과가 충분한 건물로 만들기 위해서는 콘크리트 구조물의 성능저하가 상당히 진행된 후부터는 손쓰기 어려우므로 재차의 보수를 어쩔수 없이 하는 경우가 많게 되고, 특히 구조물의 주어진 환경이 가혹할 수록 초기에 보수를 실시하는 것이 중요하다고 할 수 있다.

2.4 비파괴 검사에 의한 건전도 진단의 중요성

보수결과를 확실한 건물로 하고 1회의 보수로 구조물의 수명연장을 꾀하는 자세로 구조물의 유지관리를 진행하기 위해서는 콘크리트 구조물에 발생하고 있는 성능저하를 주의깊게 파악하지 않으면 안된다. 이것을 확실하게 행하기 위해서는

육안점검만으로는 충분하지 못한 경우가 많으므로 무엇인가 비파괴 검사에 근거한 조사를 행할 필요가 있다는 것이 이해된다.

비파괴 검사를 실시하게 되면 가장 관심이 있는 것은 역시 측정정밀도가 어느 정도인가 하는 것이다. 다음 장에서는 콘크리트 구조물에 실시될 대표적인 비파괴 시험인 철근 부식과 균열깊이의 추정 방법에 대하여 시험오차, 적용상의 문제점 등에 대하여 기술하기로 한다.

3. 비파괴 검사 적용상의 유의점

3.1 철근부식의 비파괴 검사

철근부식에 관한 비파괴 검사에는 일반적으로 전기화학적인 수법이 사용된다. 주요 방법을 표 3에 제시한다. 그 중에서 가장 널리 일반적으로 사용되는 것이 자연전위법이다. 이것은 1977년에 ASTM 규격 C 876-77로 제정되었고 그후 몇번의 개정을 거쳐 현재에 이르고 있다. 또 1991년에는 BS7361도 제정되었다. 일본에서는 1983년 문헌7중에 콘크리트중 강재의 전위 측정방법의 시안이 제시되고 있는 외에도 부식진단방법까지 포함한 제안이 되어져서 측정방법은 어느정도로 확립되었다고 생각된다. 단지 자연전위 측정에서 측정결과와 재현성이 있는가 없는가의 문제와 또 사용하는 기기와 다른 측정자로 부터 측정결과와 차이가 나타날 가능성이 있다. 이런 점들에 대해서는 그다지 검토되지 않았다고 사료되어 그 실험결과를 소개한다.

시험에 채용된 공시체는 재하시험을 실시한 후 옥외에 10년 정도 폭로시킨 철근 콘크리트 기둥부재이다. 폭로지점이 내륙부에 있으므로 염해의 가능성이 없고 균열을 통해 침입하는 CO₂ 등의 영향에 의해 철근의 부식이 발생할 것이라고 고려했다. 자연전위 측정을 행한 면적은 1.8×0.8m이고 사용한 조합전극은 유산동 전극이다.

그림 13은 측정된 자연전위의 분포상황과 피복 콘크리트를 떼내어 철근부식 상황을 확인한 결과를 합쳐서 나타낸 것이다. 그림중 곡선은 등전위선을 나타낸다. 공시체는 염화물이온의 영향으로

철근의 부식을 발생시키는 것이 아니므로 부식개소의 자연전위는 ASTM규준으로 예상된 치수보다 낮았다. 부식이 확장되고 있는 개소는 등전위선이 오목하게 나타나므로 부식개소의 검출이 가능할 것으로 생각된다. 그림 14는 동일 측정점에서 다른 측정자가 동일기기를 사용하여 측정된 자연전위를 각각 가로 세로 축에 나타낸 것이다. 측정자가 달라짐에 의해 얻어진 자연전위 측정치는 약간의 차이는 나타나지만 대개 일치하고 있고 표준 편차는 35mV였다.

그림 15는 동일 측정점에서 다른 측정자가 다른 기기를 사용하여 측정된 자연전위를 각각 가로 세로 축에 나타낸 것으로 동일기기를 사용한 경우에

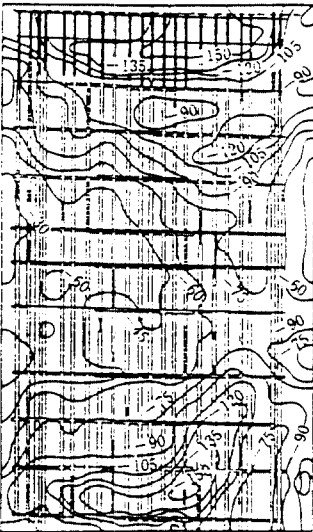


그림 13 자연전위 분포와 철근 부식 상황 (그림의 곡선은 등전위선 표시임)

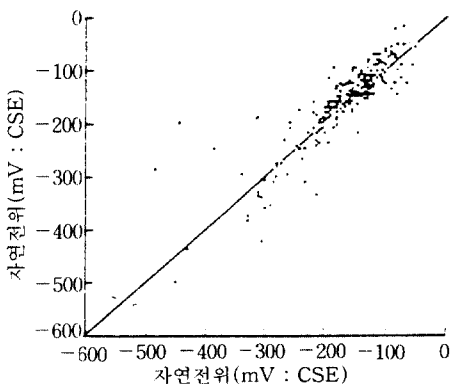


그림 14 자연전위 측정치 대비 (다른 측정자가 동일 기기 사용할 경우)

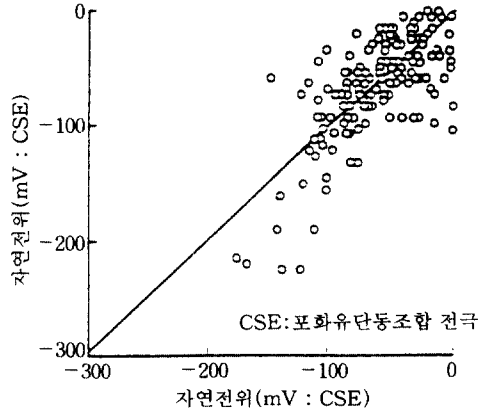


그림 15 자연전위 측정치 대비 (다른 측정자가 동일 기기 사용할 경우)

비해 자연전위 측정치 상호의 차가 크다. 표준편차는 47mV였다. 이상 결과로 부터 자연 전위의 측정치에는 대개 30~50 mV 정도의 오차가 포함될 가능성이 있다고 할 수 있다.

3.2 균열 깊이의 비파괴 검사

균열깊이의 비파괴 검사 방법으로는 일반적으로 초음파나 충격탄성파를 사용하는 측정 수법이 채용된다. 여기서는 이제까지 비교적 적용빈도가 높은 초음파 전파시간을 이용하는 방법에 대해서술한다.

초음파의 전파시간으로 부터 콘크리트에 발생한 균열깊이의 추정을 행할 경우의 오차요인을 생각하여 수정 BS법을 적용하여 균열 깊이를 추정키로 한다. 그림 16에 나타낸 바와 같이 탐촉자로부터 균열까지 거리를 a_1 및 a_2 로 하면 각각의 균열 깊이의 추정치 y 는 다음 식으로 나타난다.

$$y = \sqrt{\frac{t_1^2 a_2^2 - t_2^2 a_1^2}{t_2^2 - t_1^2}} \quad (1)$$

(1) 여기서 균열깊이를 50, 90, 120 mm의 인공 균열을 만든 무근 콘크리트 공시체를 사용하고 균열깊이의 추정을 하였다. 측정에 앞서 초음파 전파시간 t_1 , t_2 및 탐촉자의 설치 위치 a_1 , a_2 에 오차가 없도록 배려했는데 약간의 오차는 어쩔수

오차가 없도록 배려했는데 약간의 오차는 어쩔수 없었다. 여기서 t_1 , t_2 및 a_1 , a_2 에 오차가 있을 때의 균열깊이 추정치 y 의 오차이론치를 식 (1)을 사용하여 오차전파 법칙을 따라서 계산하고 측정결과와 비교하였다. 계산에서는 초음파 전파시간의 측정오차의 표준편차를 $1.5\mu\text{sec}$, 탐촉자로부터 균열까지의 거리오차의 표준편차를 2mm 로 가정하여 양자간에는 상관없는 것으로 하였다. 그림 17은 측정되어진 균열 깊이의 측정오차와 계산결과를 비교하여 보여준다. 균열로부터 탐촉자까지의 거리 a_1 을 100mm 로 고정하고 a_2 를 150mm 에서 300mm 까지 변화시켜 측정한 결과와 계산결과는 잘 대응하고 있었다.

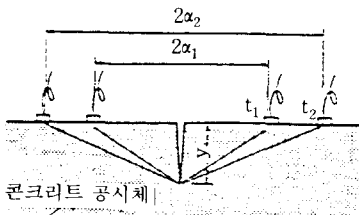


그림 16 보수 BS법에 의한 균열깊이 측정

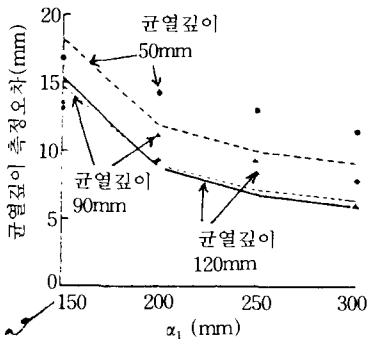


그림 17 균열깊이 추정오차의 측정결과와 시산결과와의 비교 (수정BS법)

다음에 $T_c - T_0$ 법을 사용한 경우에 대해 기술한다. 탐촉자 간의 간격을 L 로 하고, 균열이 있는 경우에 측정된 초음파 전파시간을 T_c , 균열이 없을 시간을 T_0 라고 할 때 균열깊이의 추정치 y 는 다음 식으로 나타난다.

$$y = \frac{L}{2} \sqrt{\left(\frac{T_c}{T_0}\right)^2 - 1} \quad (2)$$

(2) 그림 18은 측정되어진 균열 깊이의 추정오차와 계산결과와의 비교를 보여준다. 수정 BS의 경우와는 다르게 계산치 및 측정치와 함께 균열에서 탐촉자까지의 거리가 클수록 오차가 크다.

이상의 검토결과로부터 초음파전파 시간을 이용하여 균열깊이를 추정하는 경우 약간의 전파시간 측정오차, 탐촉자로부터 균열위치 까지의 거리 오차가 균열깊이 추정오차중 큰 비중을 가짐을 알았다. 단, 균열깊이의 추정시 적용하는 방법에 따라 균열깊이의 추정오차 경향도 다름을 알았다.

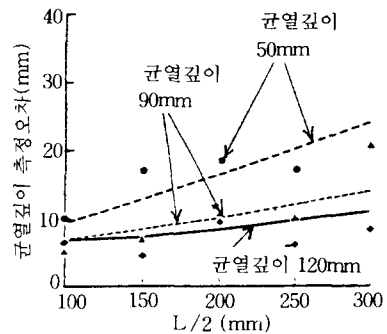


그림 18 균열깊이 추정오차의 측정결과와 시산결과와의 비교 ($T_c - T_0$ 법)

전파시간법을 사용한 경우 균열깊이와 탐촉자간 거리의 관계에 의하여 초음파 수신파형의 모양이 불선명해지고 초음파 전파시간의 측정오차가 크게 되는 것도 지적되고 있다.⁸⁾ 이와 같이 초음파 전파시간으로부터 균열깊이를 측정할 경우 탐촉자의 배치위치가 균열깊이의 오차를 적게 한다는 것은 중요하다.

다음으로 균열을 매개로 하여 철근이 존재하는 경우의 균열깊이의 추정에 대해 생각해 보고자 한다. 이 경우 균열선단을 회절하여 도달하는 초음파 오차도 철근을 사이에 두고 전파하는 수신 탐촉자에 도달하는 초음파가 먼저 수신되기 때문에 정확한 균열깊이의 추정이 곤란한 것이 지적되고 있다.⁹⁾ 그림 19는 초음파 탐촉자에서 균열까지의 거리를 변화시켜 초음파의 전파시간을 포화증폭 방식의 초음파 전파시간 측정장치를 사용하여 측정한 결과이다. 그림에는 초음파 전파경로로서 그림 20에 나타난 4가지의 경로를 가정하여 구해진

전파시간의 산정결과를 곡선으로 나타내고 있다.

이 결과로부터 철근위치 가까이에서는 본래의 전파경로 Γ_1 을 전파하는 초음파의 전파시간을 정확히 측정할 필요가 없음을 알았다. 또 철근이 굵은 공시체에서는 철근내부를 전파하는 경로 Γ_2 를 근거로 초음파를 조사하는 경우도 생긴다.

이와 같은 문제를 제거하기 위해서 수신파형을 관찰한 철근을 사이에 두고 전파를 보내어 철근을 판별하고, 제2파로써 낮아진 초음파 전파시간에 의해서 균열깊이를 추정하는 방법도 검토되고 있다. 여기서 그림과 같은 작은 직경의 철근을 사용한 공시체에 대해 철근 직상 50mm 간격에 250mm까지 탐촉자를 수평으로 이동시킨 경우의 수신 파형의 관측결과를 그림 21에 나타낸다. 균

열로부터 탐촉자까지의 거리는 100mm로 고정하고 있다. 균열 선단을 회절하여 전파된 초음파의 도달시간은 이론적으로는 거의 8.2 sec이다. 철근 직상에서는 철근에서의 반사파라고 생각되어지는 초음파가 관측된다. 철근의 영향이 인지되지 않게 하려면 철근으로부터 수평거리가 100mm 이상이 되어야 한다. 철근직상 및 철근에서 50mm 떨어진 곳에서의 파형을 보면 제1파로 부터 낮아진 파의 모양이 상향이 되면 판별이 곤란하고 파형관측으로 부터 철근의 영향을 배제하는 것도 한계가 있다고 생각된다. 최근에는 초음파 시간검사법이 가지는 이와같은 결점을 극복하기 위해 직각회절파법이나 초음파 Spectroscopy¹¹⁾라고 하는 새로운 측정수법이 개발되었다. 직각회절파법에서는 제1

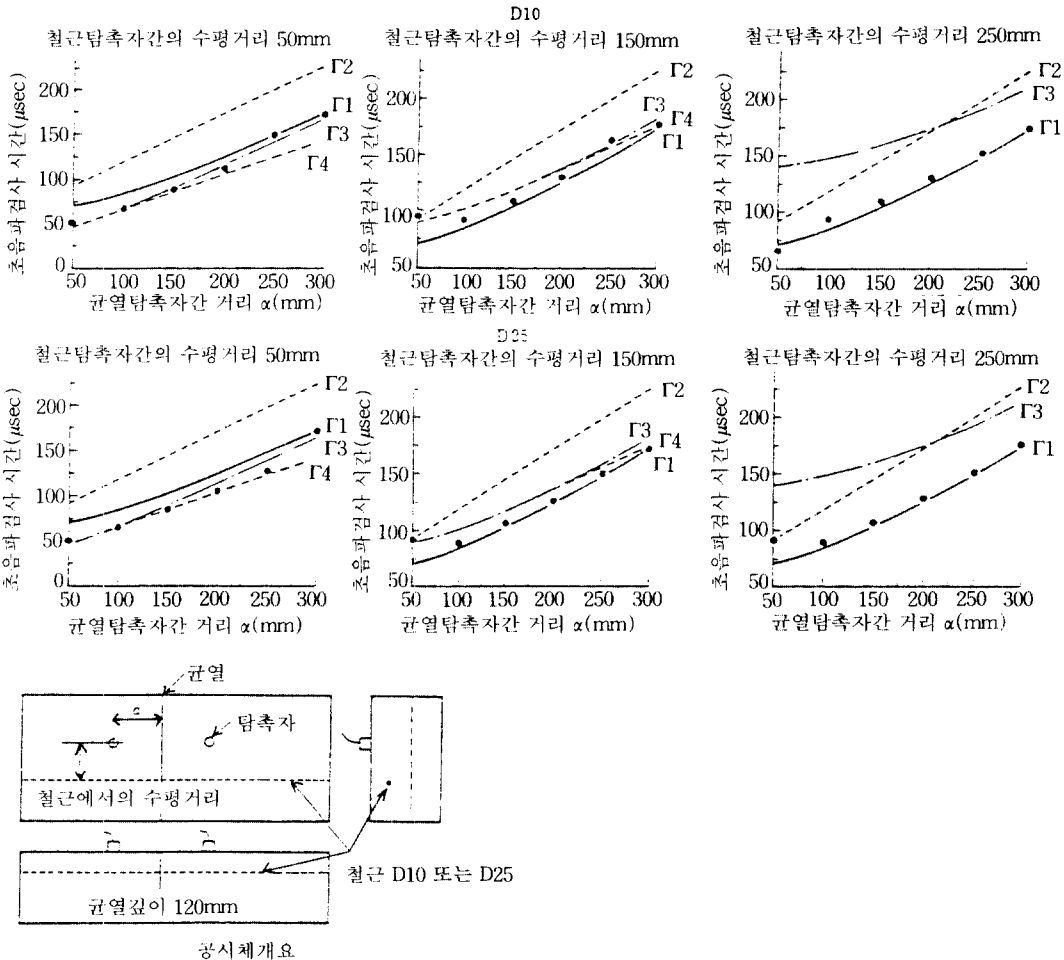


그림 19 초음파 전파시간의 측정결과

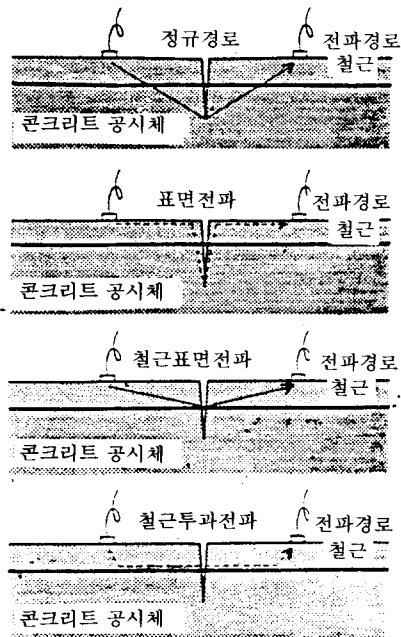


그림 20 초음파 전파경로의 가정

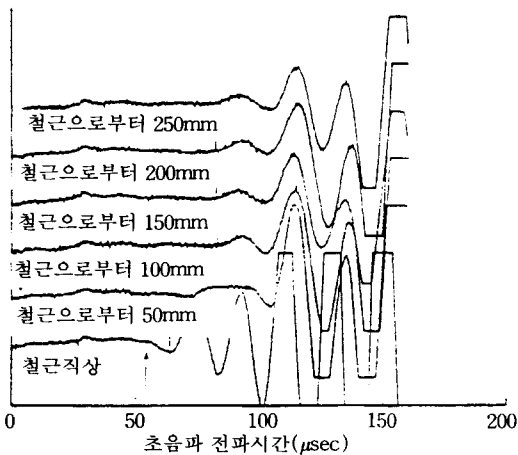


그림 21 수신파형의 관찰 결과

파의 모양이 상향의 위상으로 변화하는 위치를 찾아 위상변화점으로부터 균열까지의 거리가 균열 깊이와 동일하다고 본다. 보통 초음파 Spectroscopy법은 균열 깊이와 내부결함 등의 정보가 주파수 영역으로 응답 특성에 반영되어지는 것을 이용하는 것이고, 수신파형을 푸리에 변환하여 얻어지는 응답 스펙트로 함수가 사용된다. 이러한

수법은 어느쪽에도 초음파 전파시간을 측정할 필요가 없는 특성을 가지고 있으므로 실용화가 기대된다.

4. 결 론

여기서는 구조물의 보수실태조사를 근거로 하여 보수시기의 적절한 결정이 구조물의 유지관리, 특히 보수공사에 대한 부담경감에 필수불가결함을 나타내며 이 때문에 비파괴 검사를 이용한 건전도 진단이 필요함을 기술하였다.

또 건전도 진단을 행할때 필요로 하는 비파괴검사의 범위에 철근부식과 균열깊이의 추정방법에 대해 취급하고, 실무에서도 일반적으로 채용되는 수법 기기를 적용한 경우의 측정오차와 문제점을 실측 데이터를 보여주며 해설했다.

콘크리트 구조물의 건전도진단 기술은 구조물의 유지관리 합리화를 지향하여 조속히 확립시켜야 할 것임은 논할 필요가 없다. 앞으로 건전도진단 프로그램의 확립이나 비파괴 검사수법의 개량 등의 soft·hard 양면에서의 연구진전이 바람직하다. 즉, 본 연구에서 소개한 시험결과는 바람성 토목연구소와 일본 구조물 진단기술협회 기술위원 등의 공동연구에 의해 실시한 것이다. 시험방법의 상세한 것에 대해서는 공동연구 보고서¹²⁾에 나타나 있다.

참 고 문 헌

1. 日本道路協會：道路橋補修便覽, 昭和 54년 2월.
2. 建設省土木研究所橋梁研究室：橋梁点檢要領(案), 土木研究所資料 第2651號, 昭和63년 7월.
3. 土木學會：コンクリート標準示方書(平成3年度版) 改訂資料およびコンクリート技術の今後の動向, 콘크리트라이ブラリー, 70號, 平成3年, 7월, pp.277-302.
4. 鐵筋腐食による損傷を受けたコンクリート構造物の補修技術-技術の現状-, 日本コンクリート工學協會, 1989年.
5. 建設省土木研究所：コンクリート構造物の補修事例集, 土木研究所彙報 第49號, 昭和63년 11월. □