철근콘크리트 구조물의 보수 보강 신기술 개발

Development of the Repair and Rehabilitation Methods for R/C Structures

심 종 성[1] 홍 영 균[2] 최 롱[3] 임 창 덕[3]
Sim, Jongsung Hong, Youngkyun Choi, Long Im, Changduck

ABSTRACT

As the construction industry has been developed since 1970, there is a great needs to develop the methodology for repair and rehabilitation of the damaged reinforced concrete structures. Numerous materials which are currently used in construction field without any regulations are examined in terms of their serviceabilities and effectiveness. Structural behavior of repaired beams are investigated both statically and dynamically. This paper summarize the overall research plan, which is sponsored by KICT, in 1994.

1.연구배경

1.1 사회적 배경

급속한 경제발전을 이룩한 1970년 이후 우리 사회는 대량 건설 사업을 위주로 새로운 구조물의 건설에 급급하여 왔다. 국토 개발계획에 따른 신 고속도로 및 고속철도의 건설, 신 공항건설, 댐 및 발전소 건설 등과 수도권 주택문제 해결을 위한 분당, 평촌, 일산, 산본, 중동 등의 100만 호 아파트 건설사업과 수도권 일원의 재개발 사업에 따른 고층건물 건설이 진행 되었다.

그러나 이미 1990년 초를 기점으로 기존 구조물의 유지 관리및 보수 보강에 관한 여러 문제점들이 밝혀지기 시작하였으며 1994년 10월 성수 대교 붕괴 사고가 발생하였다. 물론 이러한 대형사고를 미연에 방지못한 건설분야 전문가들이 책임을 통감하고 있으나 이는 성수대교의 유지관리를 맡은 공무원, 과적차량을 운행한 트럭 운전수, 또는 성수대교를 시공한 건설회사등 어느 한 측면의 잘못을 논하기에 앞서 우리사회 전반에 걸쳐 기본적인 기술을 경시하는 풍조가 근원적인 원인이라 생각된다.

성수대교 붕괴사고와 그 후 계속되는 불량구조물에 대한 언론보도를 접하면서 이제 이러한 사회적 불안을 해소하기 위한 기술적 방법을 정립할 필요가 있다.

1.2 기술적 배경

모든 구조물은 시공단계에서 부터 시간이 경과함에 따라 설계에서 예측하지 못했던 여러 가지 변화를 받게된다. 시공중의 설계변경 및 시공불량, 구조물의 완공 후의 용도변경에 따른 하중증가, 구조물 지역의 환경변화, 시간 경과에 따른 재료특성의 변화 등이 있다. 특히 콘크리트 구조물의 경우 균열 발생 및 시간경과에 따른 콘크리트의 노후화는 피할 수 없다.

1)정회원, 한양대 토목환경공학과 부교수
2)정회원, 홍익대 건축학과 조교수
3)정회원, 쌍용양회 보수사업팀

구조물에 발생하는 이러한 변화가 반드시 불리한 것만은 아니지만 구조물에서 허용할 수 있는 한도를 파악하기 위해서는 구조물의 유지관리 시스템이 확보되어야 한다. 정기적인 점검을 통해 구조물의 변화 상태를 파악하여 그 후 필요한 보수 대책, 보강공법 또는 극단적인 경우 해체하여 재건설하는 방안을 수립해야 한다. 물론 불량구조물에 대해서는 즉각적인 안전진단을 수행함으로써 기존구조물에 대한 보수,보강 기술을 활용할 수 있지만 교량, 도로, 터널 등과 같은 공공구조물의 경우에는 유지관리 시스템의 일부로써 이를 활용해야 한다.

이 논문에서 보수와 보강은 다음과 같이 구분한다. 보수는 구조물의 잔여 사용수명 기간 중에 구조물 내력이 저하 되는 것을 방지하기 위한 작업 또는 사용자의 불안감 혹은 불쾌감을 해소하기 위한 작업으로 정의 한다. 즉, 구조물의 내력 성능에는 직접적인 영향을 발휘하지 않는다. 이에 비해 보강은 구조물의 내력성능을 회복하거나 또는 내력을 증가시키기 위한 작업으로 정의한다. 일반적으로 보강작업에 앞서 기존의 손상을 받은 콘크리트 부위에 대한 보수작업이 필요하다.

1.3 경제적 배경

대부분의 콘크리트 구조물에서 균열발생과 노후화는 필연적으로 발생하고 있다. 비록 균열과 콘크리트의 중성화가 구조물의 내력 자체에는 영향이 없지만 대부분의 경우 시간이 경과함에 따라 철근 부식의 문제가 발생하게 된다. 그러므로 구조물의 잔여 사용수명을 고려하여 콘크리트 구조물의 보수 방안을 수립해야 한다.

이러한 목적에 따라 보수를 수행하는 경우 적절한 재료를 선택해야 한다. 현재 사용가능한 보수재료는 수백종에 가까우나 이들 재료에 대한 표준규격은 전무한 형편이며 또한 이들 재료는 생산업체에 따라 또는 재료 특성에 따라 그 가격의 변동 폭이 크기 때문에 해당 보수 작업에 필요한 적정 재료를 선택할 기준이 필요하다.

교통량의 증가, 화물 트럭의 길이 및 상재하중의 증가 등을 고려할 때 적절한 시기에 교량을 보강할 필요가 있다. 특히 설계하중의 변경으로 인해 지방 국도에서 실시하는 차량 중량 제한을 해결하기 위해서 보강공법의 개발이 절실히 요구되고 있다.

또한 교통 통제의 관점에서 생각할 경우신중하게 보강공법을 선택할 필요가 있다. 보강공사비용에 대한 일차적 비교가 아닌 사회 전반의 간접비용을 고려할 때 교통통제를 극소화 할 수 있는 공법을 선택해야 한다.

2.연구 계획

2.1 연구 목표

본 연구의 최종 목표는 다음과 같다.

(1) 보수보강 재료로 사용하는 폴리머 모르터, 팻칭재, 에폭시 레진 (epoxy resin)계 재료의 기본 성능을 제시하고 재료적 문제에 의한 보수보강법의 오류를 최소화하고 구조체의 사용연한을 최대화하여 국가적으로 자원의 효율적 사용을 도모한다.

(2) 폴리머 모르터, 팻칭재, 에폭시 레진계 재료를 사용한 보수보강의 최적 방법을 선택하고 설계식을 제안하여 설계방법으로 인한 오류를 최소화한다.

(3) 재료에 표준 기준을 제시함으로서 보수보강에 사용되는 폴리머 모르터, 팻칭재, 에폭시 레진계 재료의 국내 생산을 유도하여 이 분야의 국제 경쟁력 향상 및 공사비 절감효과를 얻을 수 있으며, 도입된 외국산 재료의 성능을 평가할 수 있는

근거를 제시한다.
(4) 합리적인 시공방법을 제시함으로서 감리의 효율화와 시공의 오류로 인한 보수, 보강 성능의 변화폭을 최소화한다.
(5) 보수보강 분야의 신재료 개발을 통한 신공법을 개발하여 보수보강 공사의 국제 경쟁력을 향상시킬 수 있는 계기를 마련한다.

2.2 연구 내용

본 연구에서 수행할 연구내용을 연도별, 연구 목표별로 구분하면 표 1과 같다.

표1 연도별 연구 내용

구 분	목 표	내용 및 범위
1차년도	보수보강 기법의 기초연구	1.재료의 기초적 성능평가 2.보수보강 구조물의 정적 구조 성능 평가 3.보수 보강 구조물의 동적 구조 성능 평가
2차 년도	보수보강 기법의 응용연구	1.재료의 제조,시공, 양생 방법 2.보수보강이 필요한 건축 구조물에 적용 3.보수 보강이 필요한 토목 구조물에 적용

표 1의 연구 내용을 수행하기 위해 3개 세부과제로 분류하였으며 각각의 연도별 연구내용을 요약하면 다음과 같다.

2.2.1 제 1 세부과제

1차연도

- 폴리머 시멘트계 보수재 성능 평가
- 폴리머계 보수 보강재 성능 평가
- 경화전의 보수보강 성능 시험 : 실험변수는 워커빌리티, 경화시간, 공기량, 건조 및 경화 수축등이다.
- 경화후의 보수보강 성능 시험 : 실험변수는 강도 특성, 응력-변형 특성, 온도에 의한 수축, 팽창성, 접착성, 방수성 및 동결 융해성, 내약품성 등을 선정한다.

2차 연도

- 보수 및 보강 재료 제조 방법
- 보수 및 보강 공법의 시공방법
- 보수 및 보강 공법의 마무리 방법

2.2.2 제 2 세부과제

1차 연도

- 폴리머모르터 보수시의 보 거동 및 성능 시험 : 실험 변수는 보수깊이, 보수위치 및 보수 재료등을 선정한다.
- 팻칭 보수 보강시의 보 거동 및 성능 시험 : 실험 변수는 보수깊이 및 보수재료로 한다.
- 보수 후에 강판 및 탄소 섬유 sheet로 보강된 보의 성능 시험

2차 연도

- 슬래브 구조물의 보수 보강시 구조 거동 및 성능 시험 : 실험 변수는 보수깊이, 보수길이, 보수 재료에서 선정한다.
- 곡면 구조물(굴뚝형) 보수 보강시의 구조 거동 실험
- 시공법, 마무리 방법에 따른 구조 성능 평가
- 보수보강 구조 설계안 제안

2.2.3 제 3 세부과제

1차 연도

- 폴리머계 재료로 보수한 R/C보의 동적

시험 :실험 변수로는 보수 깊이, 보수 재료 및 응력 수준을 선정한다.
- 팻칭재로 보수한 콘크리트보의 동적 시험 : 실험 변수로는 보수 두께, 보수 재료 및 응력 수준을 선정한다.
- 탄소 섬유 sheet로 보강된 콘크리트보의 동적 시험 : 실험 변수는 보강 길이 및 응력 수준으로 선정한다.

2차 연도
- 교량 바닥판 보수 보강시의 동적 구조거동 시험 : 실험 변수는 보수재료와 보수 방법에서 선정한다.
- 토목구조물에의 보수보강시공지침 제안
- 토목 구조물 보수보강 설계이론의 제안

3. 연구진행 현황

3.1 보수재료 선정 및 기초 물성 실험

국내외에서 일반적으로 사용되는 보수재료에 대한 기초조사를 통해 폴리머계, 폴리머-시멘트계 및 시멘트계로 구분하여 각각 2개씩 6개의 보수재료를 선정하였다. 이들 보수재료에 대한 기초적인 물성 실험이 진행중에 있으며 이에 대한 연구 결과는 철근콘크리트 구조물의 보수공법연구(Ⅰ)-보수재료 및 공법-에서 발표한다.

3.2 보 시험체 제작

앞에서 선정된 6개 재료를 사용하여 총 42개의 철근콘크리트 보를 제작하였다. 보의 단면은 15cm×25cm이며 보의 길이는 2.4m이다. 압축철근은 2-D10, 인장철근은 2-D13으로써 평형철근비의 33%이다. 시험체의 전단파괴를 방지하지 위해 D10스터럽을 10cm간격으로 배근하였다.

3.3 정적 거동 실험

정적거동 실험은 표준시험체 1개, 인장주입 8개, 압축주입 3개, 팻칭 4개, 강판 및 탄소섬유 sheet 보강 8개 등 총 24개의 시험체를 대상으로 한다. 강판 및 탄소섬유 sheet 보강 8개 보시험체를 제외한 나머지 실험결과는 철근콘크리트 구조물의 보수 공법 연구(Ⅱ)-휨거동 비교-에서 발표한다.

3.4 동적 거동 실험

동적 거동 실험은 표준시험체, 4개 재료를 이용한 인장주입 실험체 및 패칭 시험체로 구분하여 각각 3종류의 응력 수준으로 총 18개 시험체에 대한 피로 시험을 수행중에 있다. 피로시험 결과의 일부와 정적 거동 실험을 비교분석하여 철근 콘크리트 구조물의 보수공법 연구(Ⅲ)-정.동적 휨 특성 연구-에서 발표한다.

4. 추가 시험 계획

국내에서 널리 사용되는 보수재료의 재료특성 실험을 추가로 실험하여 기 선정된 보수재료와 비교분석한다. 또한 재료의 사용성 측면을 고려하기 위해 현장에서의 시공성여부를 조사한다.

단면이 결손된 철근콘크리트 보의 구조 거동을 파악하기 위해 인장측 및 압축측 단면 결손 상태의 시험체에 대한 정적 및 동적 피로 시험을 수행한다. 또한 단면 증설에 의한 보강효과를 파악하기 위해 3개 정도의 재료를 선정하여 계면처리 상태 및 추가 철근량을 시험 변수로 하여 총 12개 정도의 보시험체를 제작하여 휨 특성을 실험한다.

감사의 글

본연구는 건설교통부의 94년 건설기술 연구개발사업과제로서 수행된 연구임을 밝히며, 이에 감사의 뜻을 표합니다.

참고문헌

1. 숭실대학교, "에폭시 접착 강판 보강 철근콘크리트 보의 역학적 거동에 관한 연구" 1994. 10
2. ACI, "Concrete Repair and Restoration" ACI Compilation No.5
3. T.S본드 건설 공업, "탄소섬유 sheet 보강공법" 기술자료집, 1995. 1
4. Andrzej S. Nowak, "Bridge Rehabilitation", Ernst & Sohn, 1992