

리모델링 공사사례 - 마포용강 시범아파트 리모델링 공사



이도범 부장
대림산업 기술연구소



방중석 과장
대림산업 기술연구소

1. 머리말

최근 우리 사회는 노후건축물의 증가, 기존 건물에 대한 공간활용 욕구의 변화 및 에너지 고효율화 요구, 리모델링 활동을 촉진하는 정부정책의 변화 등 건축물 자원 및 에너지 절약을 유도할 수 있는 리모델링 사업에 대한 사회적 요구가 증대되고 있다. 따라서, 건설 및 관련업체들이 이 분야 시장에 적극적인 관심을 표명하고, 진출을 서두르고 있는 실정이다.

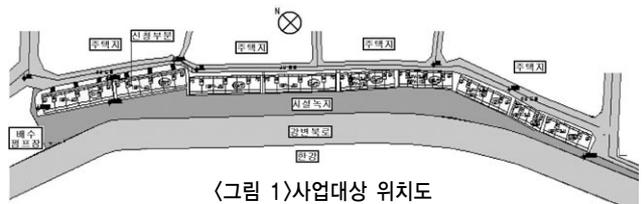
리모델링은 건물의 라이프 사이클 관점에서 건물의 관리 및 개선을 위한 건설활동으로서 사회적으로나 개인적으로 반드시 필요한 활동이다. 구체적으로 리모델링은 간단한 건물의 진단이나 개보수 공사 뿐만 아니라 사업타당성을 분석하여 사업구도를 구축하고 새로운 사업방향을 제안하는 컨설팅과 시공 후의 사후관리를 포함하고 있는 포괄적인 일이다. 이러한 리모델링은 사업목적, 공사범위, 건축물의 구조체 공사, 이주문제, 작업환경에 따라 매우 다양하게 분류될 수 있으며, 그 여건과 특성에 따라 적합한 방향감을 갖고 문제를 해결해 나가는 것이 중요하다.

현재 국내 리모델링 시장은 초기성장단계로서 리모델링 사업 관련 인프라 및 환경조성이 계속 이루어져야 하는 시점이다. 이번에 소개하는 자료는 마포용강 공동주택 리모델링 사례로 안전진단 및 보수·보강 자료를 토대로, 건물의 구조적 안전성 및 내구성과 관련된 시공사례, 리모델링 사업 수행시 특징 및 주의사항 등을 중심으로 하여 정리한 것이다.

2. 리모델링 공사사례

2.1 사업개요

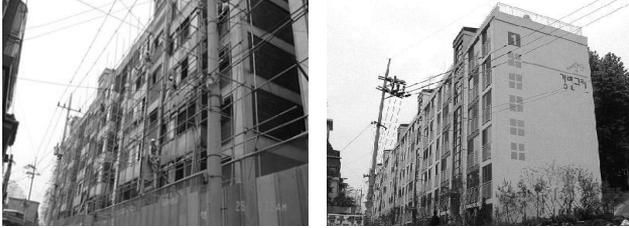
준공 후 약 31년이 경과한 노후된 공동주택(5층, 30세대/동) 총 9개동 중 2개 동을 주요 구조부(보, 기둥 및 슬래브)를 보수·보강하여 재사용하고 기타 마감은 철거 후 신규로 마감하여 리모델링하는 건설교통부 공동주택 시범사업의 일환으로 국내 최초의 민간형 공동주택 리모델링 공사이다.



〈그림 1〉사업대상 위치도

- 1) 건물명칭 : 마포용강 시범아파트 리모델링
- 2) 소재지 : 서울특별시 마포구 용강동 495-1 외 10필지
- 3) 건물구조 : 철근콘크리트 라멘구조 (신설되는 전면 발코니는 철골조)
- 4) 건물용도 : 공동주택 (아파트)
- 5) 건물규모 : 지하 Pit층, 지상 5층
- 6) 건축면적 : 771.04m² (233.24 PY)
- 7) 연면적 : 3,570.20m² (1,079.99PY)
- 8) 공사기간 : 2002년 6월~2003년 7월 (14개월)
- 9) 건물이력 : 최초신축공사 - 시공사 내외건설(주)(1971.6.18)

정밀안전진단 - 시설안전관리공단(2000.12)
 리모델링공사 - 시공사 대림산업(주),
 시행사 대한주택공사(2003.06)



구조감리 동양구조 엔지니어링(2003.06)
 (a) 리모델링 전 (b) 리모델링 후
<그림 2> 리모델링 전·후의 전경

2.2 리모델링 전 현황

1) 사업의 배경

건물에 대한 시설안전관리공단의 정밀안전진단결과 “D”등급(2000.12.26)으로 판정이 난 상태로 구조물의 노후화 및 내하력, 내구성 등을 고려할 때 현 구조물에 대한 보수·보강 또는 신축이 필요하였다. 그러나 신축을 위해서는 건물의 주변현황 등 여러 조건이 현행기준을 만족하지 못하였고, 또한 대지가 사유지인 관계로 건물을 신축하는 대신 리모델링으로 사업이 추진되었다.

2) 골조 현황

기둥은 현재 단면으로 변경되는 하중에 대해 내력상 문제가 없는 것으로 판단되었다. 상태조사 결과 외부 기둥들이 심하게 열화되어 콘크리트 탈락 및 철근이 노출된 상태로 노출된 철근은 심하게 부식된 상태이고, 내부 기둥들은 상대적으로 양호한 상태로 조사되어 내구



성 확보를 위해 부분적인 보수가 필요한 것으로 나타났다.
 (a) 후면부 기둥 (b) 외부부 철근노출
<그림 3> 골조 현황

보는 기존의 단면으로 변경되는 하중 조건에 대해 부분적으로 내력이 부족한 것으로 판단되었다. 상태조사 결과 외부 보들이 피복두께의 부족으로 부분적으로 철근이 노출되어 있고, 보 측면에서 피복두

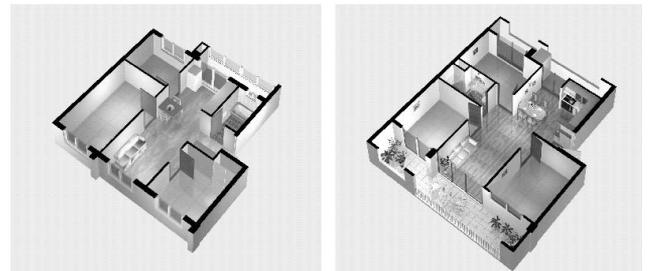
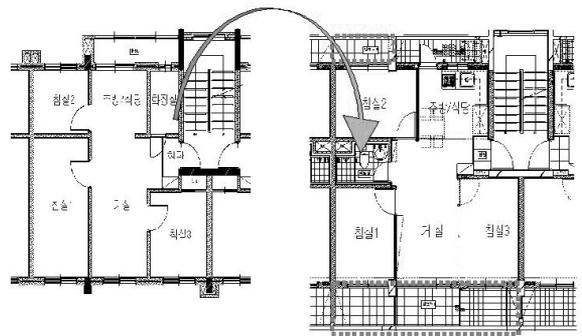
께 부족으로 철근노출과 균열이 다수 조사되었으나, 내부의 보들은 상대적으로 양호한 상태로 조사되어 부분적인 보강 및 보수가 필요한 것으로 나타났다.

기초부분은 기초하부를 부분적으로 절취하여 시공되어 있는 Pile의 현황을 조사한 결과 변경되는 하중을 현재의 Pile이 지지할 수 있는 것으로 판단되어 신설 발코니 부분을 제외한 부분은 별도의 보강을 하지 않는 것으로 결정되었다.

2.3 리모델링 계획

1) 건축계획

- 세대 수 : 전체 세대수는 변경 없음 (30세대 2개동)
- 발코니 : 전면발코니 신설 및 후면 발코니 증축 (세대당 4.53평 증가)
- 세대내부 : 거실 및 화장실 재배치



(a) 리모델링 전 (b) 리모델링 후
<그림 4> 리모델링 전·후 평면 비교

2) 구조계획

기본적으로 기존 구조체는 비구조체를 제외하고 재사용하고, 비구조체는 해체후 재시공하는 것으로 계획하였다. 비구조체는 하중경감을 위해 경량재로 시공하기로 결정하였다.

신설되는 전면 발코니는 기존 구조물의 품질이 불량하여 철골 구조물을 신설하여 철골 위에 Deck Plate 슬래브를 시공하는 것으로 계획되었다. 신설되는 철골 기둥의 기초는 현장 시공여건을 고려하여

마이크로 파일(Micro Pile)로 결정하였다.

2.4 안전진단

1) 1차 정밀안전진단

시설안전관리공단의 진단결과는 재난시설위험물 지정에 따른 구조 안전도 평가, 필요시 구조안전도 확보를 위한 보수·보강대책 제시를 목적으로 한 것으로, 건물의 상태 및 안전성 평가 등급은 “D”등급이나, 당장의 붕괴 등 구조적인 문제가 있어 사용을 중지하거나 철거하여야 할 상황은 아니며, 적절한 보수·보강이 시행되면 “C”등급 이상으로 향상될 수 있는 것으로 진단하였다.

2) 2차 정밀안전진단

리모델링 공사를 위해 동양구조엔지니어링(주)에서 수행한 정밀안전진단 결과 및 보수·보강 계획을 요약하면 다음과 같다. 슬래브는 검토결과 설계하중에 대하여 단면내력이 충분한 것으로 판단되었고, 마감을 해체한 이후 슬래브의 균열 현황을 조사한 결과 균열의 발생정도(균열 폭 및 개소)가 경미하고, 현 건물이 30년 정도 안전하게 사용된 점 등을 고려하여 당초 설계에서의 탄소섬유 보강은 하지 않는 것으로 결정되었다.

기둥은 후면에 위치한 기둥의 상당수에서 콘크리트열화, 수직균열, 탈락우려, 단면결손이 발견되었다. 이들은 1~3층의 기둥에서 발견되었고, 4~5층에서도 저층부에서 만큼은 아니지만 일부 기둥에서 단면결손이 발견되었으나 그 외의 기둥은 비교적 건전한 상태를 유지하고 있었다.

지반조사, 기초조사가 기존기초의 지내력 추정과 신설기초의 설계를 위하여 수행되었다. 일반적으로 기초 파일은 기둥을 중심으로 대칭으로 배치, 시공되므로 기둥 중심을 기준으로 건물 외부 한쪽 편에 파일 수량 및 배치간격이 조사되었다.

보와 기둥의 콘크리트 중성화 및 피복두께를 조사한 결과 피복두께가 기준값에 부족한 부분이 상당수 있었고, 대체로 준공후 32년이 경과됨에 따라 콘크리트 중성화가 철근깊이 근처 또는 그 이상으로 진행된 부분이 많을 것으로 추정되어 해당 부재의 표면을 폴리머 시멘트로 피복하여 보수하기로 결정되었다.

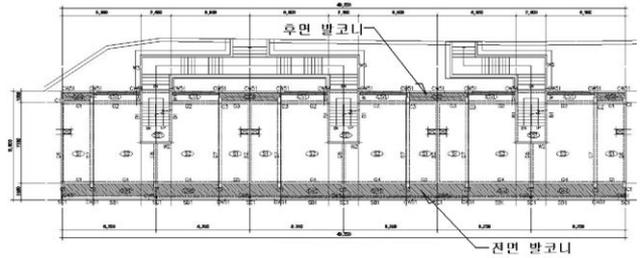
2.5 발코니 신설 및 증설

발코니 신설 및 증설에 대한 계획 및 시공현황을 요약하면 다음과 같다.

1) 전면 발코니 신설

발코니 끝선에 철골 골조를 설치하고 Deck Plate 사용하여 콘크리

트 슬래브를 타설한다. Deck Plate의 설치시 기존 건물의 외벽선의 철근콘크리트 보에 앵글을 Set Anchor로 고정시킨 후 이 위에 설치



하여 Deck Plate가 앵글과 H형강 보에 양단지지 되도록 하였다.

〈그림 5〉 기준층 평면도



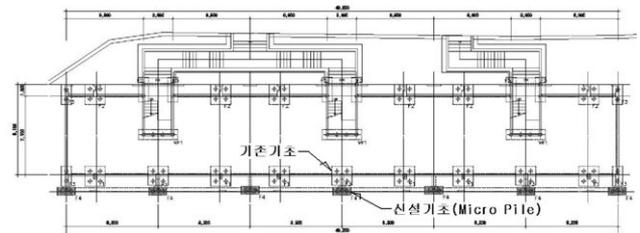
(a) Deck Plate 설치

(b) 철골 골조 설치

〈그림 6〉 전면 발코니 신설 현황

전면 발코니의 H형강 기둥은 마이크로파일 지점의 독립기초로 마이크로파일, 기초 콘크리트, Pedestal을 시공한 후 베이스플레이트, H형강 기둥을 설치하였다.

〈그림 7〉 기초 평면도



(a) 마이크로파일 시공 현황

(b) 기초, 기초보 시공 현황

〈그림 8〉 신설기초 시공 현황

신설발코니 슬래브와 기존 구조체(외곽보) 사이에 균열발생이 우려되어 조인트철근(HD13@300)을 기존 건물의 외곽보에 케미컬앵커

로 시공하였다. 이 철근 배근에도 불구하고 조인트에서의 균열이 우려되어 기존 구조체와 신규 발코니 슬래브 사이에 Saw Cutting후에 폭시퍼티로 마감시공 하였다.

2) 후면 발코니 증축

기존의 후면 발코니 슬래브의 시공현황은 슬래브 상부면 주근의 피복두께가 약 70mm, 슬래브 두께가 120mm로 상부근이 슬래브 단면의 중앙에 배근된 것으로 조사되었다. 조사결과에 따른 슬래브의 단면내력을 검토한 결과 설계하중에 대해 내력이 부족한 것으로 판단되어 후면 발코니 끝단에 벽체를 신설하여 발코니 슬래브가 3면 지지 슬래브가 되도록 시공하였다.

2.6 보수·보강

골조의 내구성과 내하력 확보를 위한 보수·보강 계획안과 현장의 시공현황을 요약하면 다음과 같다.

1) 보수·보강 개요

구조물의 보수·보강은 부위, 부재별로 크게 4가지 형식으로 구분하여 진행하였으며 그 내용은 다음과 같다.

a) "A" Type 보수공법 : 슬래브

- 모재의 균열부위 보수
- 알카리 부여 : 콘크리트 알카리 회복을 위해 함침공법 적용

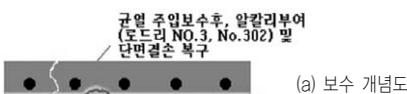


(a) 보수 개념도 (b) 보수 현황

〈그림 9〉 "A" Type 보수 개념 및 현황

b) "B" Type 보수공법 : 슬래브, 보, 기둥

- 모재의 균열부위 보수
- 알카리 부여 : 콘크리트 알카리 회복을 위해 함침공법 적용
- 단면복구 : 폴리머시멘트



(a) 보수 개념도



(b) 균열주입 보수 현황 (c) 단면 복구 및 부착력 시험

〈그림 10〉 "B" Type 보수 개념 및 현황

c) "C" Type 보수공법 : 슬래브, 보, 기둥

- 모재의 균열부위 보수
- 알카리 부여 : 콘크리트 알카리 회복을 위해 함침공법 적용
- 단면복구 : 폴리머시멘트
- 단면보강 : 탄소섬유시트



(a) 보수 개념도



(b) 단면 복구 현황 (c) 탄소섬유 시트 부착 현황

〈그림 11〉 "C" Type 보수 개념 및 현황

d) "D" Type 보수공법 : 기둥

- 콘크리트 열화부위 파취
- 알카리 부여 : 콘크리트 알카리 회복을 위해 함침공법 적용
- 철근 방청 환원
- 단면복구 또는 증타



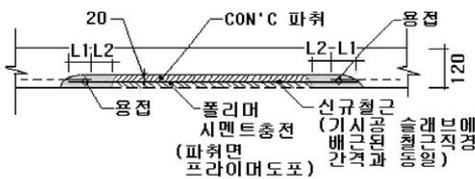
(a) 보수 개념도



(b) 기둥 현황 (c) 철근 방청 환원
 <그림 12> “D” Type 보수 개념 및 현황

2) 철근노출 부위의 구조체 보수

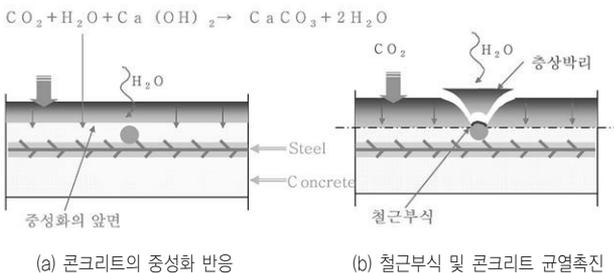
철근노출의 경우 노출부분 이외에 콘크리트를 추가로 파취하여 철근의 부식이 발견된 경우와 발견되지 않은 경우로 구분하여 보수대책이 작성되었다. 철근의 노출로 인해 부식이 발생한 경우에 한하여 이 보수대책을 적용하는 것으로 하였다. 철근콘크리트 보, 기둥, 벽체 등 기타 구조부재의 경우에도 동일한 상세를 적용하였다.



<그림 13> 슬래브 철근노출 보수 단면도

3) 콘크리트 중성화

콘크리트 중성화와 철근부식의 관계는 대기중의 탄산가스가 콘크리트에 침투하여 간극수 안의 수산화칼슘(Ca(OH)₂)과 반응하여 콘크리트의 중성화가 발생하여 콘크리트 알칼리성을 pH10 정도까지 저하시킨다. 콘크리트의 중성화가 콘크리트 자체의 강도를 저하시키는 역할을 하지는 않으나 중성화가 철근의 위치까지 도달하면 철근을 감싸고 있는 콘크리트의 철근 녹방지 효과가 상실되어 철근의 부식을 초래할 수 있다. 또한, 철근이 부식되면 부피가 팽창하여 콘크리트의 균열을 유발하고 이는 다시 콘크리트는 중성화를 초래하는 과정을 반복하여 결국 철근콘크리트 부재의 내력 저하를 초래한다.

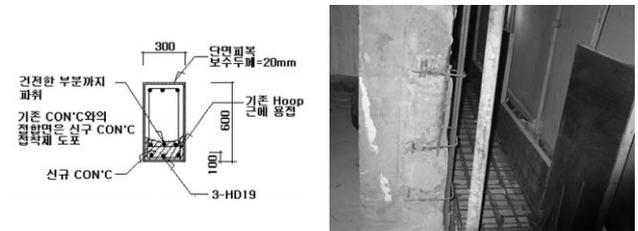


<그림 14> 콘크리트 중성화 개념도

피복두께의 부족, 콘크리트중성화에 대한 보수·보강 방안은 보수재료를 폴리머시멘트를 사용하여 시공성 및 보수 부위의 품질확보를 위해 단면피복을 일정두께로 고정시킨 후 이 두께로 시공토록 하였다. 단면피복의 두께는 상당수의 구조부재(보, 기둥)에 대한 피복두께를 실측하여 기존건물의 대략적인 피복두께의 범위를 결정하였고 이를 근거로 하여 추가로 필요한 피복두께 즉, 단면복구의 두께가 결정되었다.

o) 기둥단면 복구

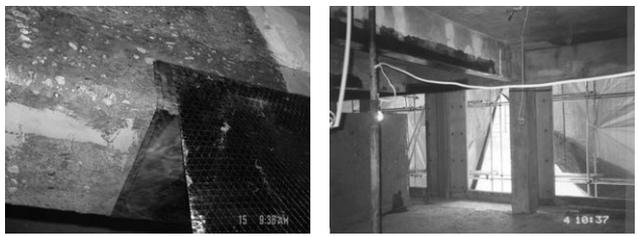
시공과정에서 후면 기둥은 콘크리트열화 및 탈락 우려 부분이 상당수 발견되어 이 부분에 대하여 기존 기둥단면을 파취한 후 시공성 등을 고려하여 100mm만큼 단면을 증가시켜 시공하였다



(a) 단면복구 단면도 (b) 철근배근 현황
 <그림 15> 후면기둥 단면 복구

4) 탄소섬유 보강

보강방법으로는 구조체 표면의 마감 및 미관을 고려하여 탄소섬유로 보강을 하였다. 시공과정에서 추가의 안전진단이 수행되어 보의 단면치수, 슬래브의 두께, 철근의 직경 및 배근량, 간격 등이 조사되었다. 이 조사결과에 따라 구조부재의 단면내력을 재검토하여 보부재의 보강부위를 최소화하였고, 슬래브에서는 단면내력이 설계하중을 충족시키는 것으로 검토되어 슬래브의 탄소섬유보강은 하지 않는 것으로 하였다.



(a) 탄소섬유 부착 (b) 탄소섬유 보강현황

<그림 16> 보 부재 탄소섬유 보강

3. 리모델링 공사의 특성

마포용강 리모델링 공사 및 유사 리모델링 사례를 등을 종합하여 볼 때, 일반적으로 리모델링 공사는 신축 공사와 달리 다음과 같은 특성

이 존재함을 알 수 있다. 따라서 사업계획 및 시공, 보수·보강 계획 단계에서 이에 대한 충분한 검토 및 계획이 사전에 이루어지는 것이 중요하다.

1) 다양한 공사계획

정형화된 공사계획 모델이 없으므로 리모델링의 유형 등에 따라 복잡하고 다양한 형태의 공사계획 수립이 필요하다.

2) 공기와 공사비 초과 대비

공기와 공사비에 있어서 설계단계 또는 입찰단계에서 견적된 것보다 초과되는 것이 일반적이다. 공정과 비용초과의 가장 큰 원인은 예상치 못한 현장조건과 작업범위의 변경 등이며 이것은 리모델링 공사의 독특한 문제로서 운영시설에 대한 정보부족, 공간적인 제약, 입주자의 안전과 보건유지 및 사용자 등 이해 당사자가 많기 때문이다. 따라서 공사 진행중 이해 당사자들의 의견을 조율할 수 있는 기구를 사전에 마련하는 것이 바람직하다.

3) 예상할 수 없는 일시적인 공사 발생

근무환경을 유지하며 공사를 수행하는 경우와 인근건물의 사용에 지장을 주지 않기 위해 본 공사 외의 일시적인 공사가 많이 발생한다.

4) 조사진단 및 계획

모든 공사계획이 기존건물에 기초하므로 조사진단이 매우 중요한 단계가 된다. 조사진단의 결과는 설계에 많은 영향을 미치게 되고 공사 수행 계획 및 과정에 결정적인 영향을 미치게 된다. 따라서 사업초기부터 공사진행 과정중에 관련전문가들의 지속적인 참여가 필요하다.

5) 복잡한 작업체계

하나의 부위를 완성하기 위한 작업체계가 신축공사보다 훨씬 복잡하다. 즉, 리모델링 공사의 경우 건축물의 특정부위를 완성하는 데 있어서 물리적인 작업이 증가할 뿐 아니라 관련된 외부적 조건에 대해서도 충분한 배려가 필요하다.

6) 난해한 철거공사

신축건물과 달리 철거공사가 반드시 수반되어 이로 인한 진동 및 소음, 분진 등이 발생하여 이에 대한 대책이 필요하고, 철거범위의 결정과 작업의 안전을 위해 구조 전문가의 적극적인 참여가 필요하다.

7) 불확실한 설계

기존 설계의 정보가 불확실할 뿐만 아니라 기존시설이 당초도면과 다르게 사용자들에 의해서 변경된 부분이 많고 건물이력카드 등 기존시설물의 정확한 정보를 다루지 못하는 경우가 많아 이에 대한 사전조사가 중요하다.

8) 공정관리의 어려움

기존시설의 운영일정이 공사일정과 충돌할 경우와 인접건물의 사용

상 피해를 방지하기 위해 갑작스런 작업대기시간이 발생하는 등 효율적인 공정관리가 곤란하다.

9) 많은 제약사항

작업의 복잡성, 접근성의 곤란, 설치공간 및 자재적치공간의 부족, 안전 및 보건 등에 기인한 물리적 제약, 입주자(사용자)의 시설운영 일정 및 시설의 특성과 관련된 조정상의 제약, 전기 및 설비 시설의 사용과 관련된 유틸리티 제약, 예기치 못한 현장조건과 철거작업 완료전의 불확실한 설계정보에 따른 불확실성의 제약이 있다.

4. 결론

마포용강 리모델링 아파트는 건설교통부 공동주택 리모델링 시범사업으로 최초의 민간형 공동주택을 리모델링한 프로젝트이다. 따라서 조합원들의 리모델링 성과에 대한 높은 기대와 설계, 구조물의 안전진단 및 보수·보강 등의 부분에서 많은 전문가들이 높은 관심을 가지고 참여한 사업이다.

따라서, 주거환경의 개선 및 구조물의 안전성 확보와 더불어 민간형 공동주택의 리모델링 공사 시스템 구축과 구조물의 안전진단 및 보수·보강 등 공사중 발생하는 문제점 등에 대한 관련기술을 축적하여 효율적인 리모델링의 수행을 위한 기술적인 기초자료를 마련하는 것을 또다른 목표로 하였다.

현재 건물의 안전진단 및 보수·보강 방법에 대해 많은 공법 및 재료들이 국내에 소개되어 있으나, 사용실적의 부족과 이에 대한 신뢰성 및 시공성 등에 대한 기술적인 평가가 부족한 것이 현실이고, 그러한 자료를 한 개의 리모델링 현장에 적용하여 평가하는 것이 현실적으로 어려운 일이다. 다만, 향후 사회적인 요구의 증가로 점차 확대될 것으로 예상되는 리모델링 공사의 효율적인 수행을 위해 리모델링 프로젝트의 공사 시스템 및 기술적인 자료 구축의 노력이 지속적으로 이루어져야 할 것으로 생각된다.

참고문헌

1. 동양구조엔지니어링, "마포용강 시범아파트 리모델링 보수공사 구조감리 보고서", 2003. 3.
2. 임호진, 이도범, 이병찬, "국내 리모델링 현황", 콘크리트학회지 제 15권 4호, 2003.
3. 이병찬, "리모델링의 설계 및 시공상 유의사항", 건축리모델링, (사)한국물가협회 편, 2003. 7.
4. 강신은, "주택법시행령 및 기타 리모델링 활성화 관련 법제의 개선 방안", 공동주택 리모델링 활성화를 위한 정책방안 세미나집, 한국리모델링협회, 2003. 5.