

리모델링을 위한 기존 저층형 콘크리트 구조물의 상태평가시스템 개발

김진수[†] · 김창은*

(주)하나ENL건설 · 명지대학교 산업공학과
(2003. 10. 9. 접수 / 2003. 12. 10. 채택)

Development of State Assessment System of Low-Rise Reinforced Concrete Buildings to Remodeling

Jin-Soo Kim[†] · Chang-Eun Kim*

HanaENL Co.

*Department of Industrial Engineering, Myeongji University
(Received October 9, 2003 / Accepted December 10, 2003)

Abstract : Remodeling is not subject to strict laws or regulations for permission procedure and structure safety inspection compared with new construction. Most of building owners do not recognize the importance of structural safety enough and place an order to small unlicensed construction company. As a result, important structural materials are damaged without enough investigation into permitted durability and fixed weight and load weight increase. This study suggests a system that can evaluate the state of the building and enables fast judgment on needs of repairing or strengthening as well as needs of structural examination.

Key Words : remodeling, reinforced concrete, building, state assessment, system

1. 서 론

건물은 시간이 경과함에 따라 건설당시와 비교하여 노후화 되고 성능이 저하된다. 그러나, 사회·경제적인 환경변화로 인해 건물에 요구되는 성능 및 기능은 건설당시와 비교하여 증가되고 있다. 따라서 구조적·기능적·미관적·환경적 성능이나 에너지 성능을 높여 건물의 성능 및 기능을 향상시킴으로써 자산 가치를 상승시키려는 시도로 리모델링을 고려하게 된다. 리모델링을 고려하는 대상건물은 대부분 노후화로 인하여 개·보수가 필연적이며 사회·경제적 환경변화에 따라 건축물 전체 또는 일부 공간의 용도변경 및 건축규제의 완화로 인한 증축을 고려하는 경우가 발생된다. 리모델링은 신축에 비해 인·허가 절차나 규정상 구조안전 확인 등이 미비하여 건축주가 무허가 영세업자를 고용하여 시

행하는 경우가 많고, 대부분 건축주나 시공업자는 건축물 전체의 구조적 안전에 대한 인식이 미흡하여 필요시는 주요 구조부재를 훼손하거나 허용내력에 대한 검토가 없는 상태에서 설비나 마감 등의 신설로 고정하중 및 적재하중을 증가시키게 된다. 따라서, 본 연구에서는 리모델링 대상 구조물에 대해 안전진단을 통한 보수·보강 유무, 구조적 검토 유무, 리모델링 수행 여부를 판정할 수 있는 구조물 상태 평가시스템을 개발하고자 한다.

2. 리모델링의 개념

리모델링은 시간이 경과함에 따라 건설당시와 비교하여 노후화 된 기존건물의 성능을 향상시키는 것을 포함하여, 사회·경제적인 환경변화로 인해 증가된 요구성능 및 기능을 구조적, 기능적, 미관적, 환경적 성능이나 에너지 성능을 향상시킴으로서 궁극적으로 건물의 가치를 상승시켜 자산상승을 유발시키는 행위를 말한다.

[†]To whom correspondence should be addressed.
ceo@hanans.co.kr

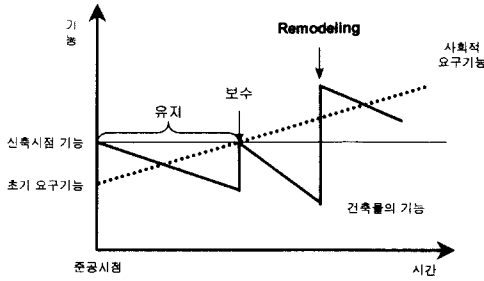


Fig. 1. Concept of remodeling

Fig. 1과 같이 모든 건축물은 준공시점과 비교하여 시간이 경과할수록 기능이 저하 된다. 따라서 건축주들은 준공시점의 건축물의 기능을 그 시점에서 요구되는 초기의 기능보다는 높게 설정하려 한다. 즉, 초기에 요구되는 기능보다 높은 기준을 적용하여 다소 많은 시공비용을 지불하는 것이 건축물의 전체 라이프사이클 측면에서는 보다 효율적일 것이다. 그러나, 건축물의 기능은 유지활동을 통해서만 사회·경제적인 환경변화에 지속되기 어려우며, 필요한 시점에서 수리·수선과 같은 보수 활동을 요구한다. 건물의 수명, 즉 사용 기간은 장기간인데 사회적으로 요구되는 기능은 끊임없이 높은 수준으로 변화된다는데 있다.

신축 초기에 건물의 기능을 어느 정도 미래 시점에 맞추어 놓았다 하더라도, 급속도로 변화되는 사회적 환경 속에서 기존 건물에 요구되는 사회적 기능은 계속적으로 높아지게 마련이다. 따라서, 이러한 환경과 사회적 변화 속에서 건축주는 새롭게 요구되는 사회적 기능에 부응하여 리모델링을 통해 기존 건축물의 기능을 상향 조정함으로써 사용가치를 높이려 하고 있다.

3. 리모델링 공사의 제도적 문제점

사회적·환경적 변화에 따른 리모델링의 활성화로 인하여 노후화된 건축물의 개·보수, 대수선, 증축 및 용도변경이 앞으로 빈번할 전망이다. 이 경우 대부분은 주요구조부재의 변경이나 설비 및 마감하중 등의 증가로 고정하중 및 적재하중이 증가될 가능성이 높다. 현행 법규상 용도변경 및 개·보수의 경우 신축에 비해서 상대적으로 구조기술자가 개입할 여지가 적어, 구조적인 검토가 부족한 상태에서 허용내력을 초과할 우려가

높으며, 건축주 등 사업주와 시공업체의 안전인식 부족으로 고정하중 및 적재하중 증가의 위험에 대한 인식 및 대응력이 부족하며, 관련 시공업체가 영세하여 충분한 기술적 검토를 하기 어려운 실정이다.

현재 건축법 제38조 2항에서는 “제8조1항의 규정에 의한 건축물을 건축하거나 대수선하는 경우에는 대통령령이 정하는 바에 의하여 그 구조의 안전을 확인하여야 한다.”로 규정하고 있다. 그러나 리모델링의 경우 발생할 수 있는 용도변경(건축법 제14조), 개·보수 등은 건축물의 건축과 유지관리 사이의 사각지대로서, 구조안전 확인에 대한 관련 법안이 미비한 상태이며, 마찬가지로 건축법 제70조(기존 건축물에 대한 안전점검 및 시정명령)의 경우도 사후적 조치로서 용도변경 및 대수선에 대한 구조안전 확인할 수 없다.

4. 리모델링 대상 구조물 상태평가시스템 개발

본 논문에서는 기존 구조물의 리모델링시 구조물을 보다 간편하고 신속하게 상태 평가할 수 있는 리모델링 구조물 상태평가 시스템에 대하여 설명하고자 한다. 리모델링 구조물 상태평가시스템을 이용하는 시기는 기존 구조물의 리모델링시에 구조해석 및 보수·보강 여부를 판정할 때 이용하게 된다. 본 논문에서 개발한 리모델링 구조물 상태평가 시스템은 윈도우 98/2000/XP의 모든 윈도우 환경에서 작동할 수 있는 응용 프로그램을 비주얼 베이직 6.0을 이용하여 개발하였다. 사용하는 데이터베이스는 액세스(Access)이고, 이 데이터베이스는 비주얼 베이직에 DAO(Data Access Object)를 통해 처리한다. 또한, 리모델링 구조물 상태평가 시스템의 DB 구성은 Fig. 2와 같다.

리모델링 구조물 상태평가시스템의 메뉴 구성체계는 Fig. 3과 같이 파일메뉴(리모델링건물선정·종료)·시설물관리메뉴(기본현황·상세제원·안전점검 및 정밀안전진단이력·보수/보강이력)·정밀안전진단메뉴(변경의 기술기 평가·철근부식도평가·콘크리트 중성화 평가·콘크리트 강도 평가·균열 사례별 원인 및 대책)·관련법규메뉴(건축법)·진단결과메뉴의 5가지 메뉴로 구성되어있다.

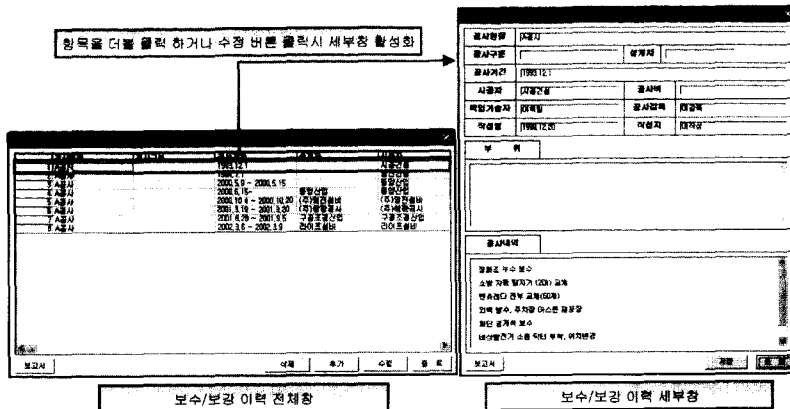


Fig. 7. History of repairing and strengthening

따라서, 본 논문에서 구축한 리모델링의 구조물 상태평가시스템의 정밀안전진단 메뉴를 이용하여 리모델링 대상 구조물의 정밀안전진단 결과, 보수·보강 또는 전문 구조기술자에 의한 구조 안전성 검토를 필요로 하는 구조물의 경우에는 콘크리트 및 철근의 강도 보강 및 구조 안전성 검토를 수행하여야 할 것이다.

4.2.1. 변형의 기울기 평가

리모델링 구조물 상태평가시스템의 “변형의 기울기 평가”는 리모델링 대상 구조물의 변형 및 변위를 평가할 수 있는 메뉴이다. 변형의 기울기 평가에 있어서 구조물의 상태는 아래와 같이 “구조물의 기울기에 따른 평가등급”에 준하여 분류 할 수 있으며, 일반적인 구조물에 허용되는 기울기는 구조물 높이에 대하여 1/600로 정하고 있다. 1/500이상으로 기울어질 경우에는 건축물의 균열이 발생하고, 1/250이상 기울어진 경우에는 구조 안전상 심각한 피해가 발생한 것으로 간주하고 있다.

조사 대상구조물의 변위 측정결과를 “구조물의 수평·수직 변형 기술기에 따른 평가등급 및 안전조치”에 준하여 정밀하게 평가하고 이에 따른 구조물의 안전성 여부를 파악하여야 하며, Fig. 8과 같이 대상구조물에 대한 수평변위를 측정하였다.

본 논문에서 개발한 리모델링 구조물 상태평가시스템에 적용하면 Fig. 9와 같다. Fig. 9에서 좌측 “구조물 상태 평가”메뉴에서 “변형의 기울기 평가”메뉴를 클릭하면, 구조물의 기울기 평가 전체창이 활성화된다. 이 창에서는 앞에서 설명한 리모델링 구조물의 변형 및 변위 평가 결과가 나타나있다. 각 항목을 더블클릭하면 “구조물 기울기 평가 세부창”이 활성화 된다. 리모델링 대상 구조물의 기울기 평가는, 리모델링 대상구조물의 측정 높이와 기울기 데이터를 입력하면 “변위량”, “평가등급”, “평가내용”, “안전조치” 결과가 자동적으로 나타난다.

본 논문에서 개발한 시스템의 “구조물의 기울기 평가”를 수행한 결과 “등급 및 안전조치”에 준하여 “C”~“D”등급으로 평가되어 허용기울기를 초과한

Table 1. Evaluation grade and safety measures for vertical and horizontal transformation and slant

등급부호	기울기	내용	안전조치
A	1/750이내	에민한 기계기초의 침하 위험한계	정상적인 유지관리
B	1/600이내	대각선구조를 갖는 라멘구조의 위험한계	주의관찰, 원인제거
C	1/500이내	구조물의 균열발생 한계	정기적 계측관리 필요, 원인제거
D	1/250이내	구조물의 경사도 감지	보수·보강필요, 사용제한필요
E	1/150이내	구조물이 위험할 정도	긴급보강 및 사용금지 혹은 철거 필요

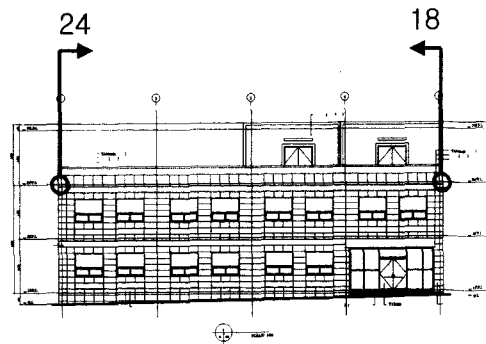


Fig. 8. Horizontal transformation of building

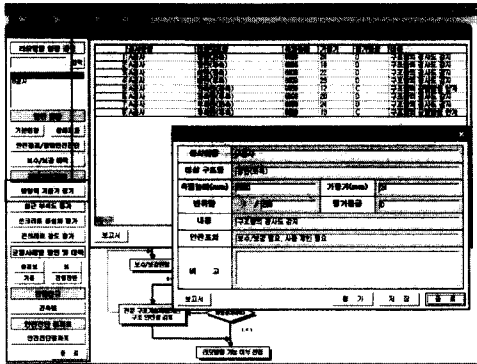


Fig. 9. Evaluation for slant by transformation

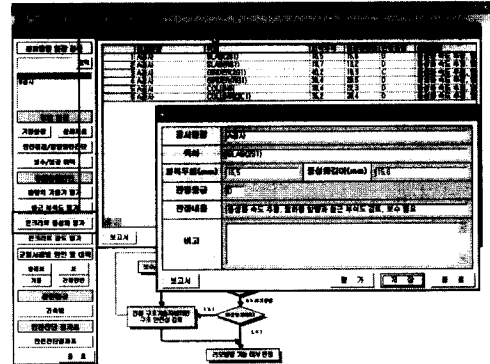


Fig. 11. Evaluation for neutralization of concrete

상태로서 허용기울기를 초과한 부위의 육안조사 결과 외벽체 균열, 누수 등의 결합이 나타나 기울기 영향으로 인한 구조체 손상이 발생한 것으로 판단된다. 따라서 리모델링 대상구조물은 시공 후 장기적인 지반 침하 작용으로 인해 허용기울기를 초과한 상태로 기울기에 따른 구조물의 안전성 저하가 우려되므로 “보수·보강의 안전조치”를 취한 후 리모델링을 하여야 한다.

4.2.2. 철근 부식도 평가

리모델링 구조물 상태평가시스템의 “철근 부식도 평가”는 Fig. 10과 같이 리모델링 대상 구조물의 건전성 확인이나 부식상황을 평가할 수 있는 메뉴이다. 콘크리트 강재에 대하여 우수한 방식성을 가지고 있으나, 콘크리트의 중성화, 염화물의 침입 등에 의하여 콘크리트 속의 강재는 부식하게 되고, 부식된 강재는 체적이 팽창하게 되므로 구조물에 피해를 발생시킨다. 따라서, 구조물의 건전성의 확인이나 부식상황을 비파괴검사로 판정하는 방법으로 육안검사 및 자연전위법을 이용하여 시스템을 구축하였다.

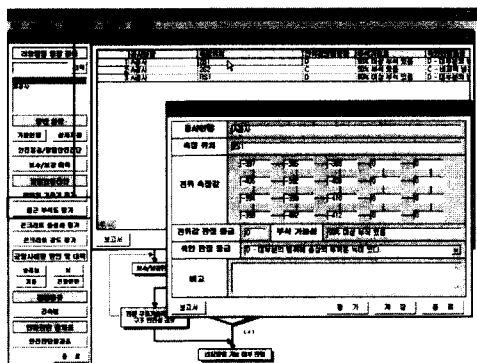


Fig. 10. Evaluation for corrosion of an iron reinforcing rod

리모델링 대상구조물의 슬래브를 대상으로 자연전위법에 의한 철근 부식도 측정결과 전위 측정값은 “자연전위를 이용한 강재부식의 규정(ASTM기준)”에 준하여 “C” 및 “D”등급으로 판정되어 90%의 부식 가능성이 있는 것으로 평가되었다. 또한, 측정 부위의 육안판정 결과 D등급으로 판정되어 넓은 면적에 두꺼운 층상의 녹이 발생된 것으로 나타나 전위측정에 의한 결과와 육안판정과의 적합성이 인정된다. 따라서 리모델링 대상구조물의 전위측정 및 육안판정 결과 콘크리트 구조체내에 배근되어진 철근은 대부분 부식 진행이 활성화되어 있으며, 일부 부위는 단면결손으로 진행되고 있는 것으로 나타나 있기 때문에, 보수·보강을 실시한 후에 리모델링을 하여야 할 것이다.

4.2.3. 콘크리트 중성화 평가

리모델링 구조물 상태평가 시스템의 “콘크리트 중성화 평가”는 Fig 11.과 같이 리모델링 대상 구조물의 중성화에 따른 성능 저하 정도를 파악할 수 있는 메뉴이다. 콘크리트 내에 있는 철근을 콘크리트의 중성화가 어느 정도 수준에 도달하면 수분과 탄산가스의 작용으로 녹이 발생하게 된다. 더욱이 철근이 부식하게 되면 철근의 체적이 증가하게 되어 콘크리트에 균열이 발생되고 균열이 증가하게 되면 물이나 공기가 철근에 면하게 되어 부식이 증대되기 때문에 결국 콘크리트 구조물은 붕괴에 이르게 된다. 그러므로 철근콘크리트 구조물은 철근의 위치까지 중성화가 진행되었다면 이미 내구연한이 다한 것으로 판단하는 것이 일반적인 견해이다.

따라서, 리모델링 대상구조물의 중성화에 따른 성능저하 정도를 파악하기 위해 중성화시험 결과를 본 시스템에 적용한 결과 “중성화에 의한 콘크리트

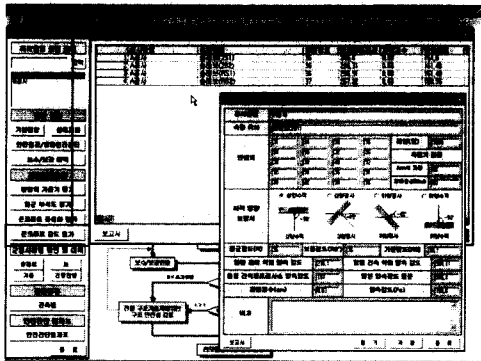


Fig. 12. Evaluation for compression strength of concrete

성능저하 등급”에 준하여 각각 “C” 및 “D” 등급으로 판정되어 중성화 진행이 활성화된 상태로서 이는 중성화속도 추정, 염화물 함량과 철근부식도 검토 및 보수·보강을 실시 한 후에 리모델링을 하여야 할 것이다. 또한 중성화 측정부위의 철근 표면상태를 육안조사한 결과 철근 부식이 진행중이 것으로 나타나 대상구조물은 중성화에 의한 콘크리트 구조체의 성능저하가 예상되므로 보수·보강이 요구된다.

4.2.4. 콘크리트 압축강도 평가

리모델링 구조물 상태평가 시스템의 “콘크리트 강도 평가”는 Fig. 12와 같이 슈미트 햄머에 의한 반발 정도법을 이용하여 리모델링 대상 구조물의 콘크리트 압축강도를 평가할 수 있는 메뉴이다. 본 시스템의 압축강도의 추정은 반발경도(R)를 타격 방향에 따라 보정을 한 반발경도(ΔR)와 다음의 압축강도(Fc) 상관관계식을 이용하여 압축강도를 추정하였고, 여기서 나온 값을 콘크리트 재령에 따른 보정계수를 곱하여 추정 압축강도를 산출하였다.

일본 재료학회식 : $F_c = 13R_0 - 184$ 식 (1)

일본 건축학회식 : $F_c = 7.3R_0 + 100$ 식 (2)

동경 건축재료 검사소의 식 : $F_c = 10R_0 - 110$ 식 (3)

Fc : 콘크리트 압축강도 (kg/cm²)
R0 : 평균반발치(타격 방향에 따른 보정값)

4.2.5. 균열 평가

리모델링 구조물 상태평가 시스템의 “균열 평가”는 “슬래브”, “보”, “기둥”, “건물전반”의 4가지 메뉴

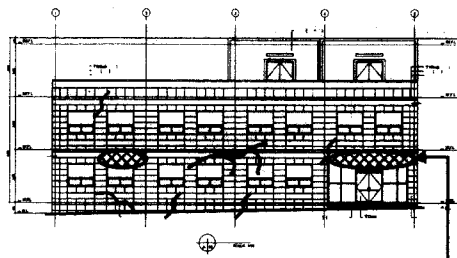


Fig. 13. Status of crack of wall

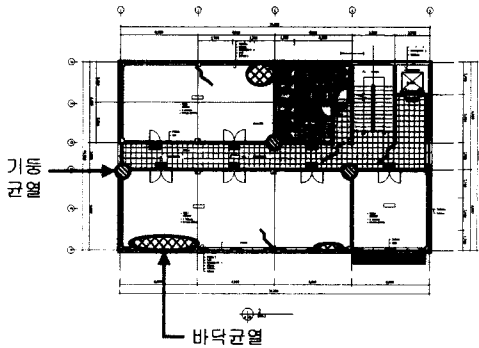


Fig. 14. Status of floor crack in the 2nd floor

로 구성되어있고, 리모델링 대상 구조물의 “균열 유무”, “손상도 등급”, “균열 원인”, “보수/보강 대책” 등을 평가할 수 있는 메뉴이다. Fig. 13과 Fig. 14는 리모델링 대상 구조물의 균열 현황을 나타내고 있다. 또한, 본 시스템을 이용하여 균열 평가를 수행한 결과는 Fig. 15~Fig. 19와 같다.

리모델링 대상구조물의 균열 평가를 수행한 결과 보수/보강시 고려하여야 할 사항으로 다음과 같은 결론이 도출되었다.

- 리모델링 대상구조물의 철근콘크리트 슬래브에 발생된 균열은 최대 균열폭 W=0.4mm의 중간균열로서 철근 피복두께 부족에 의한 시공불량 및 시공 후 콘크리트의 건조수축 영향으로 인한 재료적 특성으로 인해 발생된 것으로 판단되며, 균열부를 통한 누수현상이 발생되고 있는바, 리모델링 대상구조물의 내구성을 고려하여 보수가 요구된다.
- 리모델링 대상 구조물의 철근콘크리트 보에 발생된 균열은 최대 균열폭 W=0.6mm의 대형균열이 나타나 구조물의 내구성, 안전성 저하가 우려되므로 조속한 보수가 요구된다.

- 리모델링 대상 구조물의 철근콘크리트 기둥에 발생한 균열은 최대 균열폭 $W = 0.4\text{mm}$ 의 중간균열로서 철근 피복두께 부족에 의한 시공불량 및 시공 후 콘크리트의 건조수축 영향으로 인한 재료적 특성으로 인해 발생한 것으로 판단되며, 내구성을 고려하여 보수가 요구된다.

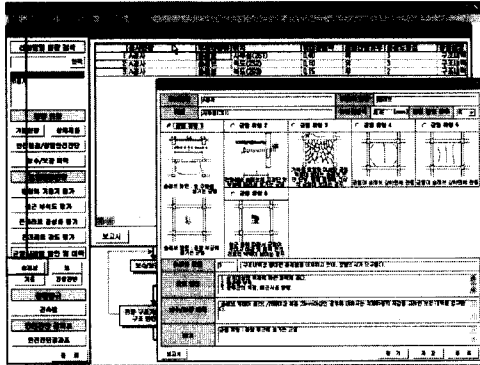


Fig. 15. Evaluation for crack at slab

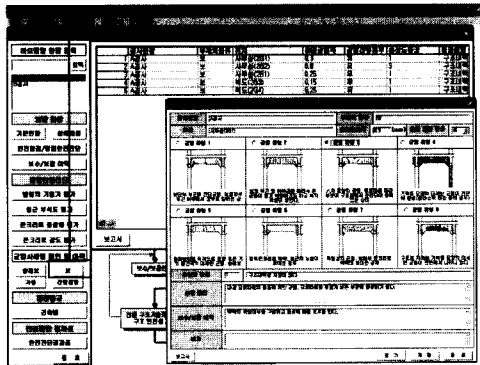


Fig. 16. Evaluation for crack of post

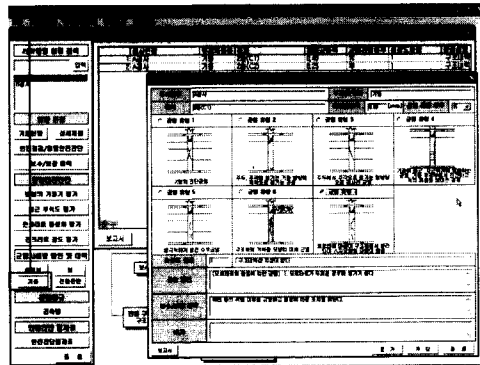


Fig. 17. Evaluation for crack of pillar

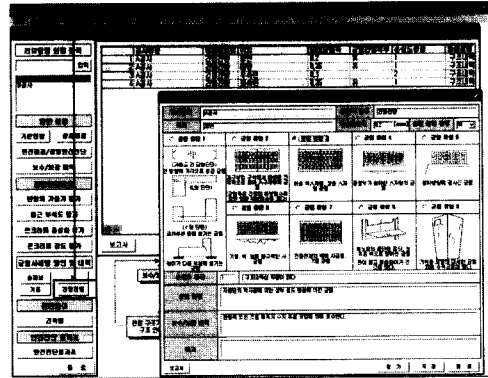


Fig. 18. Overall evaluation for crack of building

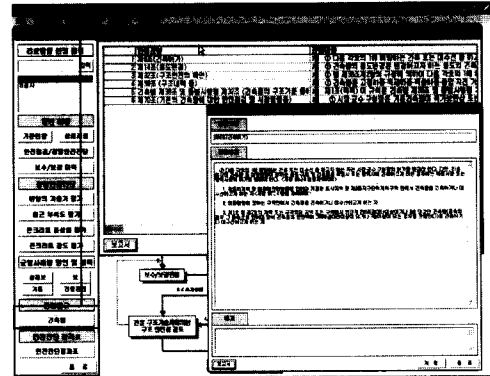


Fig. 19. Related laws and regulations

4.3. 관련 법규

리모델링 구조물 상태평가시스템의 “관련법규” 메뉴는 리모델링 대상 구조물의 제도적 고려사항이 리모델링 관련 법규를 검토·저장·수정할 수 있는 메뉴이다. 본 논문의 리모델링 구조물 상태평가시스템에 구축되어있는 관련 법규는 건축법을 중심으로 구축하였으며, “건축법 법률(건축물을 건축하거나 대수선하는 경우에는 대통령령이 정하는 바에 의하여 그 구조의 안전을 확인)”, 건축법 제38조(구조안전의 확인)”, “건축법 제8조(건축허가)”, “건축법 제14조(용도변경)”, “건축법 제70조(기존의 건축물에 대한 안전점검 및 시정명령 등)” 등이 데이터베이스화 되어있다. Fig 19.에서 좌측 “구조물상태평가” 메뉴에서 “건축법규” 메뉴를 클릭하면, “건축법규” 전체창이 활성화 된다. 이 창에서는 앞에서 설명한 관련법규 제목이 나타나 있다. 각 항목을 더블클릭하면 “건축법규” 세부창이 활성화 된다.

Fig. 20. Safety examination result table

4.4. 안전진단결과표

리모델링 구조물 상태평가시스템의 “안전진단결과표” 메뉴는 리모델링 대상 구조물의 안전진단 결과를 검토할 수 있는 메뉴이다.

Fig. 20의 안전진단 결과표는 앞에서 설명한 “변형의 기울기 평가”, “철근부식도평가”, “콘크리트 중성화 평가”, “콘크리트 강도평가”, “균열평가”의 평가 결과가 조합되어, Fig. 20의 “종합평가등급”으로 평가된다. 여기서 주의하여야 할 점은 본 시스템을 이용한 종합평가 등급은 “변형의 기울기 평가”, “철근부식도평가”, “콘크리트 중성화 평가”의 3가지 평가 등급 중에서 가장 낮은 등급이 종합평가등급으로 평가되기 때문에, 사용자는 “콘크리트강도평가”와 “균열평가”의 결과 값을 고려하여 경험치에 의하여 종합평가등급을 기입하여야 한다. 종합 평가 등급은 대상 건물의 리모델링 유무를 판정하기 위해서 “A~B등급(하중증가 요인이 발생하지 않는다 면, 리모델링 공사 수행 가능)”·“C등급(하중 증가 요인이 발생하지 않고 기존 건물에 보수·보강을 실시한다면 리모델링 공사 수행 가능)”·“D~E등급(하중 증가요인과 상관없이, 반드시 구조적 검토 및 보수~보강 조치를 통하여 리모델링 공사 여부 판정)의 세 가지로 정의하였다. 따라서, 본 논문에서 개발한 리모델링 구조물 상태평가시스템을 적용하여 안전진단 결과가 C~E 등급으로 평가된다면, 반드시 보수·보강 및 구조 검토를 거쳐 안전성을 확보한 후 리모델링을 수행하여야 할 것이다.

5. 리모델링 대상 구조물

본 연구는 리모델링 대상 구조물의 상태평가 시스템 개발을 주목적으로 하였으며, “구조물 변형의

기울기 평가”·“철근 부식도 평가”·“콘크리트 중성화 평가”·“콘크리트 강도 평가”·“균열 평가” 등을 통하여 리모델링 대상 구조물의 보수·보강 유무 판정, 구조적 검토 유무를 판정하여 최종적으로 리모델링 유무를 적은 인력으로 신속하게 판정할 수 있는 도구로서 리모델링 구조물 상태 평가시스템을 제안하였다. 본 연구에서 개발한 시스템은 구조적 검토를 수행할 수 없어 리모델링 수행시 하중 증가요인에 대한 검토를 수행할수 없다는 단점을 가지고 있다. 따라서, 앞으로 더 연구하여야 할 사항으로는 하중 증가요인에 따른 구조적 검토를 수행할 수 있도록 추가적인 시스템 개발이 필요하다고 할 수 있다.

참고문헌

- 1) “리모델링 실무메뉴얼”, 한국건설기술정보원, 3, 2002.
- 2) “시설물안전관리업무편람”, 건설교통부, 시설물 안전진단협회, 10, 1995.
- 3) 이리형, “비파괴검사의 종류와 적용방법”, “콘크리트 구조물의 비파괴검사 및 안전진단”, 한국콘크리트학회, 3, pp. 15~61, 1995.
- 4) 이종득, “콘크리트 구조물의 내구성 시리즈 ③ 철근부식진단”, 도서출판 일광, 5, 1996.
- 5) 임창덕, “전자파, 방사선, 적외선 등을 이용한 비파괴검사”, “콘크리트 구조물의 비파괴검사 및 안전진단”, 한국콘크리트학회, 3, pp. 117~180, 1995.
- 6) 정재동, “콘크리트의 내구성 향상방법 및 관련 시험방법”, “콘크리트 구조물의 비파괴검사 및 안전진단”, 한국콘크리트학회, 3, pp. 377~404, 1995.

- 7) 추영수, “콘크리트의 균열조사, 보수·보강지침”, 도서출판 건설도서, 4, 1994.
- 8) 최계식, “반발경도, 초음파, 탄성파에 의한 비파괴검사방법”, “콘크리트 구조물의 비파괴검사 및 안전진단”, 한국콘크리트학회, 3, pp. 63~115, 1995.
- 9) 최계식, 이도범, “건축물의 구조진단방법”, 형설출판사
- 10) 김진수 외, “리모델링을 위한 기존RC조의 안전성 평가 시스템”, 안전경영과학회, 제5권, 제3호, 2003. 9.
- 11) 박종근 외, “지하공간의 위험관리정보시스템 개발에 관한 연구”, 대한건축학회, 제19권, 제9호, 2003. 9.
- 12) 박종근 외, “지하공간의 위험관리시스템에 관한 연구”, 한국화재·소방학회, 제16권, 제4호, 2002. 12.