

건축물의 품질관리를 위한 현장감리가 필요한가?

孫 基 詳
공학박사
한국산업안전공단
산업안전교육원 교수

본 논문보고서는 필자가 방문연구(91. 10. 1~91. 11. 25)를 수행한 독일 베를린 공대 토목공학과 철골연구소의 Prof. J. Lindner가 베를린 지역내 건축물설계검증사무소를 운영하면서 검증과 감리했던 구조물에 대해 10년간 통계를 “stahlbau” 연구지에 기고한 부분을 발췌·요약한 것이다. -필자 註-

1. 서 언

모든 건축주는 건축물완공시 원하는 특성에 따라 요구조건이 충족되도록 요구하고 있다. 이는 건축물의 기능뿐만 아니라 품질에도 관련이 있다. 여기에서 건설회사, 공공사회, 건설감독자가 이해하고 있는 품질에 관한 주관적 정의를 건축주가 어떻게 이해하고 있는지 살펴볼 필요가 있다.

원하는 품질은 오류로 인하여 손상을 입을 수 있거나 전혀 도달하지 못하기도 한다. 본고에서 조사한 바에 따르면 약 75%~90%가 인간에 의한 오류로 영향을 끼칠 수 있음이 나타났다. [1] [2] [3]

이러한 근거를 바탕으로 품질안정을 위한 출발점을 살펴보는 것이 유익하고 필요하다. [4] [5]. 품질안정은 여러가지관점을 포괄하고 있다. 즉 품질계획, 품질관리 및 품질검사 등이 포함된다. 품질안정은 건설에 참여한 모든업체 특히 건설시공회사의 임무이다. [6] [7]

품질검사는 여러관점에 따라 품질안정의 부분관점으로써의 의미이다. 독일에서 품질안정은 변경의 여지가 없는 것으로 보여지므로 공공적, 법적으로 수행된다. 주정부의 모든 건설규정에는 건설설비를 공공안전 및 질서를 위협하지 않도록 설치하고 유지보수도록 해야하는 일반적 요구조건을 규정하고 있다.

일반적으로 인정된 규정 : 수행되어온 기술적 건설규정을 준수함으로써도 이르게 된다. 대형건설프로젝트는 승인을 받아야 할 의무가

있다. 승인절차 과정은 계산상의 평가를 제출하여 검사받아야 한다. 이는 건설감독관청에서 수행하는데 대부분 구조이론검사 전문가가 수행토록 하고 있다.

건축물의 시공시 손상 및 위험 또한 예방할 수 있다. 주정부 규정에는 다음과 같이 규정되어 있다.((8) (9)) :

“승인을 받을 의무가 있는 건축계획의 시행은 필요한 범위에서 검사를 받아야 한다. 검사는 임의추출시험에 한할 수 있다.”

베를린에서는 대부분의 경우 구조이론 검사전문가가 정하중 검사를 하는데 이러한 검사(근본적인 현장감리)를 또한 검사전문가에게 위임한다. 이것은 모든 주정부지역에 적용하는 것은 아니다.

베를린에서는 위험방호의 의미에서 출현하였음이 분명하다. 정적계산, 설계도 검사에 따라 아주 중요한 부분에 대한 임의 추출검사에 의한 건설현장감독으로 발견하고 조정하고 있다.

이러한 조치를 하기 위해서는 특별한 경험이 있어야 하는데 전체조건의 변경, 계산결과, 시공상의 공정등을 판단할 수 있어야 한다.

2. 건설현장감독에 관한 제 입장

근본적인 현장감독이 필요한지 또는 유용한지에 대한 건설참여업체-건축주, 시공회사, 감독기관-의 평가는 아주 서로 다를 수 있다. 다음과 같은 극단적인 입장이 생긴다.

건축주의 입장

(a) 건축주는 건축물의 안정성 및 내구성을 고려한 품질특성을 이루기 위한 보조수단으로 보고서 보고 있다.

(b) 건축주는 품질요구를 긍정적으로 뒷받침 하지 않고 비용문제가 따르는 건설현장감독수행은 문제가 발생하면 시간지연문제가

발생한다는 아주 사실적 사항만을 본다. 이러한 입장에서 오류에 대한 책임성이 빈번하게 옹호되고 있다. “오류가 발생한다면” 그리고 “그 오류는 지금까지 건설현장에서 우리가 범한 경우는 없었다”고 하는 것이 지금까지 통상적인 논쟁거리이다.

시공회사의 입장

(a) 건축물의 특성을 확보하기 위하여 건축주가 시행하는데 있어서 추가적인 보조수단으로서 인정되며 생각할 수 있는 발생오류를 제거하기 위하여 이용하여야 한다. 감독업무는 자료 및 정보를 같이 준비하여 건설현장에 참여한 모든 건설업체의 관심사항에 관한 속성을 충족키 위하여 노력하여야 한다.

(b) 건설현장감독은 시간지연 및 일정기한 초과 등 작업과정의 장애로 인식하고 있다. 그러므로 감독자가 가능하면 적은 정보를 얻도록 하여 결국 동의하도록 하고 있다.

건설현장 감독자(감리자)의 입장

(a) 많은 경우 파악하는 사람의 지식에 따라 (물론 아주 드문 경우지만) 공정히 수행하는 감독으로 여겨서 자세히 시행하여 추후 반론이 없도록 해야한다.

3. 결함판정기준

3.1 일 반

69개의 건설프로젝트의 감독보고서를 평가하였는데 1981~1990년까지 전담 건설현장감독을 위임받은 검사전문가가 수행하였다. 대개의 건축물은 1986년 이후의 기간중에 건설되었다. 이들 건축물에 관한 사항을 표 1에 정리하였다. 여기에 보면 발전소 건축, 폐기물 연소설비 같은 산업건축이 건축물의 절반을 차지한다.

3.2 건축물 분류

조사한 사례중 많은 경우 건축물 규모 분류에 건축물과 관련하여 어려움이 있다. 그래서 건설용적에 관하여 단순화 한 것과 연관하여 건축물규모를 분류하였다. 여기에는 4가지 분류로 나누어 그림 1에 표시하였다.

“의미없는 V”란 이완된 마스트, 받침판(Bottom Plate), 고철야적장, 전면개축 등이다. 분류기준사이의 한계는 점검한 건축물의 한계에 관한 의탁에 있어 효과적으로 보증한다.

건축물규모로써 중요한 것은 조사한 건축물을 건축물분류(BK)상에 분배하는 것이다. 이 건축물분류는 HOAI(1985)에 있어서 건축물분류에 관한 의뢰에 의한 것이다.

HOAI에 따른 난이도를 명명한 5가지 건축물분류에 대한 %배열을 그림 2에 나타내었다. 등급이 낮은 건축물분류등급 즉 BK 1은 낮은 난이도를 나타내며, 높은 정도의 난이도는 BK 5로 나타내었다. 건축물분류는 제4장에서 평

가척도로써 이용된다.

69개의 건축물은 서로 다른 건축양식으로 건설되었다. 건축양식과 5가지 건축물분류에 따른 모든 건축물분포를 표 2에 나타내었다. 3가지 중요한 건축유형(철골구조, 철근콘크리트구조, 철골/철근콘크리트합성구조)은 동일한 방식으로 확정된 것이다. 여기에서 철골구조가 약 41%를 점하고 있다. 표 2에서 8번째 난에는 일정한 건축유형으로 건설된 건축물의 평균건축물분류를 나타내었다.

$$\text{이 는 } BKm = \frac{\sum_{i=1}^5 (n_i)}{\sum_{i=1}^5 n_i} \text{ 로 계산한다.}$$

이 값 BKm은 콘크리트구조물 BKm=2.6, 철골구조 BKm=3.3

3.3 발견된 결함의 분류

추후의 평가를 하기위해서 발견된 결함을

[표 1] 감리구조물 유형

건축물유형	범례	수량	%
산업건축	증기관실, 기계공장, 시멘트창고, 굴뚝가스정류소	36	52.2
특수건축	굴뚝, 숙박소, 안테나탑, 숙박소, 안전망	9	13.1
주거건축/사무소건축	단독주택, 사회시설건축, 사무실건물, 전면개축	8	11.6
교통구조물	철교 교량, 통교량, 터널	6	8.7
홀		5	7.2
학교		3	4.3
간이구조체	동바리좌석(운동장), 울타리시설	2	2.9
계		69	100.0

[표 2] 건축물 등급 BK에 관한 재료별 구조물의 수 ni 분배

	BK 1	BK 2	BK 3	BK 4	BK 5	합계	BKm
철골구조	0	9	6	9	4	28	3.3
철근콘크리트구조	3	5	9	3	0	20	2.6
철골철근합성구조	1	1	2	9	3	16	3.8
기타	1	2	2	0	0	5	2.2
계	5	17	19	21	7	69	3.2

분류하는 것이 중요하다. 이는 5가지 결합그룹(MG)에서 예상되는 영향에 따라 나타내었다.

MG 1: 형식적인 결합-최대내력 또는 허용내력에 직접적인 영향이 없다.

MG 2: 가벼운 결합-아주 미약한 영향이 있다.

MG 3: 중정도의 결합-미약한 영향이 있다.

MG 4: 중대한 결합-최대내력에 영향을 미치지만 전체적인 안전평가치 테두리 내에 있다.

MG 5: 심각한 결합-최대내력을 위협하여 전체적인 안전평가치를 넘어서게 된다.

이 분포는 주관적이라 또 다른 분포를 생각할 수도 있다. 발견된 결함을 이들 결합그룹에 배열하는 것은 어려운 일이다.

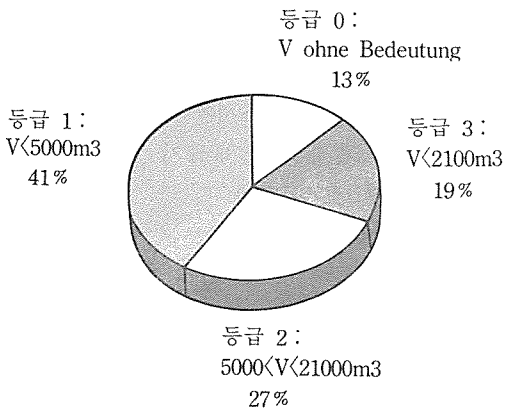


그림 1. 구조물의 용적

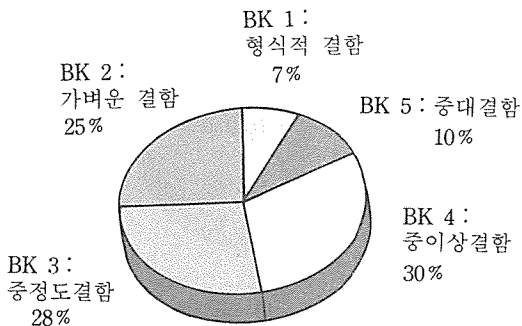


그림 2. 난이도에 따른 건축물 분류(BK)

4. 평가

4.1 결합범위, 건축물 분류에의 배열

모두 89개소의 건축물 대상으로 890건의 감독보고서, 1,510건의 개별건이 평가되었다. 여기서 475건의 감독(약 32%)은 결함이 없었으며, 1,035건은 결함이(약 68%) 발견되었다. 이 많은 숫자는 상대적이다. 결정된 결함이 단일건수로 결정된 반면 결함이 없는 것은 많은 경우 일괄 결정되었다.

다른 파악방법시에는 비율이 달라질 수도 있으며, 또한 감독오류로 더 큰 숫자가 결정되어 처리됨 역시 명백하다. 결론에는 의심스러운 방법으로 등급이 매겨진 추가적인 형식적인 컨트롤의 유효성에 대한 편차를 언급하고 있다. 참여한자의 개인적인 임무로서의 자기 컨트롤에 의한 오류발견이 원하는 방향이지만 유감스럽게도 충분치 못하다.

단일 건축물 분류 내에서 결함이 없거나 결함이 있는 감독이 동일하게 분포되지는 않았다(표 3 참조).

표 3으로부터 여러사실을 추측할 수 있는데 난이도가 낮은 건축물일 때 나타난 결함의 수가 결코 낮은 수치가 아니며 난이도가 높은 건축물인 경우 이전보다 결함이 높게 나타났다. 이는 난이도가 높은 건축물인 경우에 설계사 기사 및 시공회사가 미약한 권한을 갖고 있는데 이유가 있다. 또한 전술한 결함의 경우 대부분 그 영향을 잘못 평가했기 때문이다.

표 3의 결과를 증명하면 건축물분류 1에 있어서 평가된 건축물의 수가 적게 포함되었음을 생각할 때 알 수 있다.

감독에 관한 주관적인 인상에도 불구하고 결과의 경향은 옳다. 난이도가 낮은 건축물(BK 1)에 있어서도 아주 많은 결함이 나타났다는 결과를 신중히 생각해야 한다.

많은 주정부규정에는 난이도가 낮은 건축

물에 대하여 감독이 더이상 필요치 않도록 하여 안전측면을 더이상 보장하지는 않고 있다.

4.2 결함의 원인

발견된 결함을 원인별로 배열하면 세가지 유형으로 나타난다. 결함의 분포비율은 다음과 같다.

- 현장 79% (87%)
- 제작 14% (6%)
- 계획 7% (7%)

정의에서 제작이란 철골구조공장 내지는 콘크리트조립공장에서의 제작으로 이해할 수 있겠다. 주요한 원인은 건설현장자체임을 생각할 수 있겠다. 건설현장범위 이외에 원인이 있는 약 20%라는 수치는 상당히 높은 것이다. 설계단계에서 고려해야 하는 정하중계산의 검사를 무엇보다도 먼저 준비하여 검사결과 결함이 더이상 발생되지 않도록 고려해야 한다.

발견된 제작결함조사 이외에 해석이 있다. 단지 3개소의 건축물에 대하여 150건의 결함중 거의 절반을 차지하는 74건의 결함이 나타났다. 독일에서 고정적이지는 않지만 한 회사에 대하여 2번 행하였다. 3번째 경우는 프로젝트를 수행한(난이도 5에 배열된 프로젝트) 회사에 대한 것이다. 건축주는 최저의 가격을 지향하였다. 시간, 비용 및 정신과 관련하여 모든 참여자에 대한 중대한 난이성이 뒤따랐

(표 3) 건축등급의 무결점과 결점 감리분배

건축등급	무결점 수%	결 점 %
BK 1	4 17.6	19 82.6
BK 2	33 27.7	86 72.3
BK 3	90 37.3	151 62.7
BK 4	300 33.1	607 66.9
BK 5	48 21.9	172 78.1
계	475 31.5	1035 68.5

다.

언급한 3개의 건축물의 제작결함을 고려하지 않는다면 괄호안의 수치로 표시된다. 이는 독일의 일반 공장제작상 높은 수준임을 보여 준다.

4.3 결함그룹 및 건축물분류의 분포

그림 3에서 결함그룹의 비율이 어떤지 제시하였다. 제일 커다란 부분을 차지하는 것은 가벼운 결함인 그룹 2로 약 32%를 차지하고, 중정도의 결함인 그룹 3은 30%이다. 중대한 결함인 그룹 4는 20%로 많은 비율을 차지하며 심각한 결함인 그룹 5는 항상 6%를 차지하고 있음을 알 수 있다.

주로 조사된 건축양식인 콘크리트구조(B)와 철골구조(St)를 분리하여 생각한다면 그림 3의 괄호의 비율로 나타난다. 철골구조시 불합당한 결함그룹 4와 더 강한 그룹 5로 분류한다고 해도 상대적으로 유사한다.

그럼에도 불구하고 조사한 콘크리트구조물 부분이 거의 제작상 존재하지 않아 MG5로 등급이 매겨지게 되었다.

다음으로 불합리한 결함분포가 전술한 건축유형과 무관함을 알 수 있다. 또한 여러가지 서로 다른 건축물분류에 있어서 결함그룹이 어떻게 분포되었는가 하는 점이다. 표 4에서 적합한 평가를 하였다. 마지막 난에는 평균

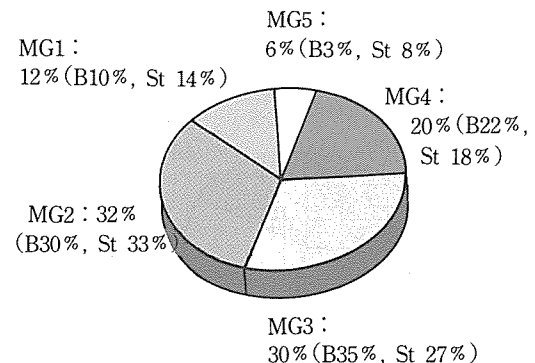


그림 3. 결점그룹의 분배

결함그룹(MGm)을 나타내었다.

$$MGm = \frac{\sum_{i=2}^5 (n_i)}{\sum_{i=2}^5 n_i} \text{ 으로 계산한다.}$$

여기에서 형식적인 결함그룹 1은 고려하지 않았다.

표 4를 보면 중간정도의 결함그룹은 실제로 건축물 분류와 건축물의 난이도와는 독립적임을 알 수 있다. 건축물분류 1에 있어서 감독확인 건수가 낮기 때문에 이에 관련한 결과 불확실성이 크게 되었다. 그러나 경향은 일정하다.

표 4의 결과는 다음을 말한다. 낮은 등급의 건축물분류(BK)1과 2에서의 결함정도가 심할 뿐 아니라 높은 등급의 건축물분류(BK)4와 5에 있어서의 결함정도를 1, 2등급에 있어서의 결함정도와 구분하기가 거의 불가능하다. 이는

[표 4] 상이한 건물등급에 관한 결점그룹 (MGi)별 결점수 ni

건축물등급	BK 1	BK 2	BK 3	BK 4	BK 5	MGm
BK 1	2	8	6	3	0	2.7
BK 2	7	32	23	17	7	3.0
BK 3	15	58	42	25	11	2.9
BK 4	74	167	189	143	34	3.0
BK 5	23	63	57	19	10	2.5
계	121	328	317	207	62	3.0

낮은 등급의 건축물분류 범위는 검사를 면하도록 해야한다는 사실과 일치하지 않는다.

4.4 어떠한 결함이 얼마나 자주 발생하는가?

서로다른 결함그룹이 종종 다르게 나타난다. 상세내용을 표 5에 철근콘크리트구조물, 표 6에 철골구조물에 대하여 나타내었다. 결함수 옆에 빈도율을 표시하였다. 철골구조물에 있어서는(표 5참조) 배근설치 및 배근단면상의 결함이 절반을 차지한다.

시공상의 잘못이외에 공사압박 또한 중요한 역할을 한다. 배근을 이론정력학에 따라 하지 않고 척도상의 상세도, 예를들어 횡적철근재 배열 또는 엇갈려 배열하는 것은 거의 하지 않는다. 이러한 결함은 건설현장이 아니라 4.2장에서 살펴본 숫자대로 계획상의 잘못 때문이다. 또한 콘크리트두께가 충분치 않다. 배근 및 콘크리트두께 문제는 정력학 및 배근특성을 이용하여 DIN 1045의 가능성으로 콘크리트구조에서 제작상의 부정확을 충분히 고려토록 한다.

상부콘크리트의 제작 판넬 작업시에는 건설현장에서의 이론적인 방법도 존재한다는 생각에서 비롯된다. 모든 결함중 18%를 차지하는 재료와 시공에 있어서 결함과 부조화같은

[표 5] 콘크리트 구조물 건물등급의 세분결점 빈도수

결 점 그 룰	결점 %	BK 1	BK 2	BK 3	BK 4	BK 5
철 근 위 치	137 30	3	6	15	100	13
철 근 횡 단 면	119 26	2	4	16	83	14
콘 크 리 트 피 복	67 14	4	6	15	32	10
일 치	42 9	2	6	10	17	7
불 일 치	41 9	3	2	8	22	6
완 성 부 분 기 초	21 5	—	1	4	15	1
기 초	36 7	1	5	3	21	6
계	463	15	30	71	290	57

결함을 피하기 위한 통제가 있어야 한다.

철골구조에서는(표 6) 연결부적합에 따른 결함이 빈번히 발견되었다. 그러한 일을 위임 받은 자가 기술숙련공의 수를 충분히 보유하고 있지 못하다.

기술숙련공교육에 참석하면 그 수준향상은 조속히 이루어질 수 있다. 보다 공공연하게 강력히 이용되어야 한다. 용접이음에 있어서 결함이 놀랍게도 모든 결함중 20%를 항상 차지한다. 모든 요소를 전부 고려하지는 않았지만 보다 자세히 관찰한 바에 따르면 근거는 충분하다.

제도와 시공사이에 조화되지 않은 문제등도 종종 나타났다.

재료상의 문제도 4% 정도 나타났다는 것은 반갑지 못하다. 무엇보다도 총 발견 결함은 철골구조에서 558개로 철골콘크리트구조에서 보다 20% 정도 높다. 이것은 표 2에 따른 여러 건축유형의 건축물분포와 일치하는 철골구조의 숫자에도 있다. 그러나 중요한 것은 철골구조에 있어도 장시간에 걸쳐 결함이 있었고 철근콘크리트구조에서 짧은 시간의 콘크리트 양생을 포함하여 결함 발견이 있었다는 사실이다.

5. 결 론

제시되고 서술한 데이터는 Frau G.Muller가 석사논문을 공동수행한 범위에서 중요한 내용이다.

품질보증의 부분적인 관점을 고려하기 위하여 데이터베이스가 더 확대될 수 있으면 하는 바램이다. 경향으로써 지금까지 살펴본 결론은 다음과 같다.

a) 모든 감독건중 절반이상에서 결함이 발견되었다.

b) 간단한 소규모 건설계획과 어려운 대규모건설계획에서 동일하게 많은 결함이 발견되었으며 건축구조물분류와 결함에 있어서의 연관관계는 알 수 없었다. 근본적인 건축(건설) 감독(감리)이 건축구조물안전에 중요한 역할을 하여 품질안전을 이룩할 수 있다.

c) 일정한 건축방법에 있어서 특별한 결함 빈도를 발견할 수 없다.

d) 가장 빈번한 결함도는 철근콘크리트구조에 있어서 배근, 횡배근 및 콘크리트피복이다.

e) 가장 빈번한 결함도는 철골구조에 있어서 볼트체결된 연결, 용접이음, 검사된 재료와 시공사이에 부조화 문제이다.

[표 6] 철골 구조물 건물등급의 세분결점 빈도수

결 점 그 룼		결점 %	BK 1	BK 2	BK 3	BK 4	BK 5
나	사	144 26	-	12	17	81	34
일	치	120 22	2	17	19	64	18
단	속 이 음	109 20	-	4	13	84	8
나	사 구 명	24 4	-	3	2	12	7
조	립 오 류	24 4	-	-	3	14	7
종	단 면 도	23 4	1	5	7	5	5
재	료 품 질	22 4	1	1	1	15	4
평	머 리	20 4	-	-	4	9	7
기	타	72	-	11	5	32	24
계		558	4	53	71	316	114

참고 문헌

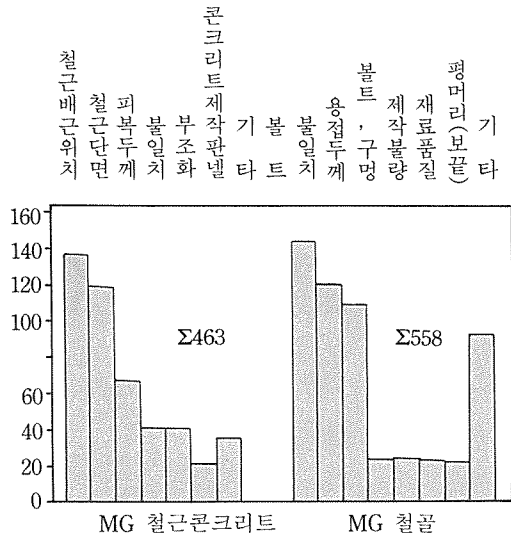


그림 4. 결점그룹의 빈도수

결함그룹의 빈도를 그림 4에 제시하였다. 여기서 행한 평가로 포함되지 않은 특별한 관점이 있다. 건설참여업체가 종속되지 않은 검사를 고수해야 한다는 의식에서 활동을 하고 있다는 사실이다. 살펴본 건축구조물 안전을 결국 그것으로 돌릴 수는 없다. 살펴본 결과를 확대하려면 다음과 같은 관점에서 특히 이루어져야 하겠다.

- 다른 검사 전문가 또는 검사기관의 data 확장
 - 더 많은 건축구조물의 포함(산업구조물 범위에 포함되지 않은)
 - 목재 및 벽돌구조물에 있어서 건축구조물의 파악
 - 낮은 건축구조물 BK 1, BK 2에 포함된 건축구조물의 더 많은 포함.
- 지금까지 제시한 결과 근본적인 검사(감독, 감리)로 결함 및 오류를 발견하고 또 제거할 수 있음을 알 수 있다.

1. Matousek, M., und Schneider, J. : Untersuchungen zur Struktur des Sicherheitsproblems bei Bauwerken. Forschungsbericht ETH Zürich, 1976.
2. Eschenfelder, D. : Gütesicherung und Bauüberwachung im Rahmen der Bauordnung. Berichte der Bundesvereinigung der Prüfengeure für Baustatik, Arbeitstagung Nr. 7, Freudenstadt 1981, S. 7-31.
3. Oehme, P. : Statistische Schadensanalyse an Stahltragwerken. Bauplanung-Bautechnik 43(1989), S. 184-187
4. Maidl, B., und von Gersum, F. : Qualitätssicherung im Bauwesen, ein Thema, dem wir uns stellen müssen. Bauingenieur 64(1989), S. 571-577.
5. Schneider, J. : Sicherheit durch Maßnahmen gegen Fehler. Symposium "Sicherheit von Bauwerken", Institut für Bautechnik, Berl 1989, S. 37-47.
6. ASCE : Quality in the Constructed Project. Volume 1, American society of Civil Engineers, New York, 1988.
7. Brugger, M. : Konzept für die Qualitätssicherung von Bauwerken. Schweizer Ingenieur und Architekt, 1989, S. 911-913.
8. Landesbauordnung Nordrhein-Westfalen. Fassung 27.3.1979.
9. Bauordnung von Berlin. Fassung 28.2.1985.
10. Scheer, J., und Pasternak, H. : Grundsätzliche Anmerkungen zur Dauerhaftigkeit von Stahlhallen. IABSE Symposium Lissabon 1989 : Dauerhaftigkeit von Bauwerken, IVBH Reports 57/1, S. 75-80.
11. Müller, G. : Qualitätssicherung von Bauwerken. Diplomarbeit bei prof. Dr.-Ing. J. Lindner am Fachgebiet Stahlbau der Technischen Universität Berlin, Berlin, 1990. (⊗)