

노출콘크리트 품질확보를 위한 체크리스트 개발

The Development of Check-list for the Quality Assurance of Exposed Concrete

임 남 기*
Lim, Nam-Gi

Abstract

Fundamentally, it is difficult to pick out a exposed concrete due to the economical limitation such as increase of a construction expense for a requirement of accurate mold construction. Also, in the construction technology aspect, exposed concrete is different from architectural concrete. Exposed concrete is a method of construction which is needed a considerable accumulation of technology. Therefore, the lack of awareness about this is causing many problems because of a material shortage, a proportion source imperfection and an inferiority of work.

Consequently, studying the problems of exposed concrete and its induced reason based on the construction material and the maintenance control, we have come to conclusion as follow.

1. Exposed concrete has many problems such as a strength lowering, a crack, the rust stain, a leaking from the crack and a color stain would occur frequently. Moreover, it is analyzed that a very complex factor causes these kinds of problems.
2. The main factor, which bring about the construction problem were the badness of mold assembly, placing of concrete plan, the excessive hardening the ground and high W/C of concrete. The maintenance control and the imperfect construction plan however, did not give so much effect of that problem.
3. We have looked into the problem and the induced reason collectively. Then, we got to know that we better go over these problems like a mold construction, a concrete construction, and a steel reinforcing assembly by and large. Moreover, a consideration of the maintenance control and an assurance of an appropriate quality should be considered. So, we developed the procedure, classified into 3 steps for a quality assurance. Then, based on these steps, each process check-list was made.

키워드 : 노출콘크리트, 노출콘크리트의 문제점, 복합요인, 품질확보, 체크리스트

Keywords : exposed concrete, problems of exposed concrete, complex factor, quality assurance, check-list

1. 서 론

노출 콘크리트란 철근 콘크리트 구조물을 시공한 후 콘크리트 표면에 마감 재료를 따로 시공하지 않고 콘크리트 자체의 색상 및 질감으로 콘크리트 표면을 마감하는 기법으로서 골조공사와 마감공사를 병행하는 공법이다. 그러나 노출 콘크리트는 근본적으로 정밀한 거푸집 설치공사가 필요함으로 공사비 상승 등의 경제적 제약이 있어 그 선정에 많은 어려움이 있다. 또한 노출 콘크리트는 보통 콘크리트와 달리 철근콘크리트공사 기술에 있어서도 상당한 기술축적을 요구하는 공법으로서, 이에 대한 의식 부족은 노출콘크리트를 시공함에 있어 재료의 결함, 배합요인의 미비 및 작업성의 불량 등 다양한 문제점을 유발하고 있는 실정이다. 노출 콘크리트의 품질확보 방안은 시공계획 및 설계, 재료 및 유지관리의 각각의 측면에서 다양한 검토가 이루어지고 있으나, 노출 콘크리트에서 발생하는 문제점은 복합적인 요인에 의해 유발되므로 적

정 품질 확보를 위해서는 보다 종합적인 접근이 이루어져야 할 것으로 판단된다.

이에 본 연구에서는 부산지역 내에서 기 시공되었거나 현재 시공 중인 노출콘크리트 적용 공사 10개 현장을 대상으로 노출 콘크리트 시공 시 발생하는 문제점을 도출하여 그에 대한 원인을 시공적 측면과 재료 및 유지관리의 측면에서 검토하고, 또한 문제점과 유발원인에 대한 종합적인 분석을 실시하여 노출 콘크리트의 품질저하를 유발하는 주요인을 도출하였다.

이를 바탕으로 노출 콘크리트의 각 부분공사별 체크리스트를 작성하여, 노출콘크리트의 적정 품질확보를 위한 시공 및 시공관리 지침 제정에 관한 기초 자료를 제시하고자 한다.

2. 노출콘크리트의 문제점

기 시공된 노출콘크리트 구조물과 현재 시공 중인 10개의 건설공사에서 발생한 문제점을 시공적 측면과 재료 및 유지관리 측면으로 분류하여 항목별로 정리한 결과는 그림 1과 같다.

* 동명정보대학교 건축공학과 조교수, 공학박사

노출콘크리트에서 발생하는 문제점			
시공적 측면		재료 및 유지관리 측면	
유 형	발생현장 (수)	유 형	발생현장 (수)
▪ 균열	10	▪ 콘크리트 색채얼룩	6
▪ 재료분리	8	▪ 균열부위 누수	7
▪ 콘 주변 색상차이	7	▪ 백화	4
▪ 곰보	8	▪ 철근부식	3
▪ 표면 기포	8	▪ 녹물	3
▪ 피복두께 확보불량	4	▪ 콘크리트강도 부족	3
▪ 평활도 불량	3	▪ 기타	2 이하
▪ 수직도 불량	3		
▪ 개구부 치수 불일치	4		
▪ 표면 이물질	3		
▪ 모래무늬	3		
▪ 표면박리	3		
▪ 기타	2 이하		

그림 1. 노출콘크리트에서 발생하는 문제점

시공 및 재료, 유지관리의 측면에서 노출콘크리트의 문제점을 분류한 결과, 노출콘크리트 적용 구조물에서 발생하는 문제점은 재료 및 유지관리의 측면에서 발생하는 문제점에 비하여 시공 시 발생하는 문제점이 빈도와 항목수 모두에서 더욱 많은 것으로 나타났다. 따라서 노출콘크리트의 적정 품질 확보를 위해서는 시공 전부터 철저한 사전계획이 수반되어야 할 것으로 사료된다.

표 1. 노출콘크리트의 시공상 문제점과 품질저하 유발요인

요인	문제점	균열	재료 분리	콘주변 색상차이	곰보	표면 기포	피복두께 확보불량	평활도 불량	수직도 불량	개구부 치수불량	표면 이물질	모래무늬	표면박리 현상	항목수
시공요인	거푸집조립 상태불량	■	-	-	■	-	■	■	■	■	-	■	-	7
	거푸집 해제부주의	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-	■	2
	거푸집 청소, 습윤상태불량	-	-	-	-	■	-	-	-	-	■	-	■	3
	불균일한 박리제도포	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■	1
	con'c타설 높이·속도	■	■	-	■	■	-	-	-	-	■	-	-	5
	과도한 진동다짐	-	■	-	■	-	■	■	■	■	■	-	-	7
	철근배근불량	-	■	-	■	-	■	-	-	-	■	-	-	4
	스페이서 간격상태불량	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■	-	-	1
	양생불량	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	집중하중	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
재료 및 유지관리요인	검측부주의	-	-	-	-	-	-	■	■	-	-	-	-	2
	높은 W/C	-	■	■	■	-	-	-	-	-	-	■	-	4
	슬럼프 과다	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	■	-	2
	콘크리트 배합미흡	-	-	-	-	■	-	-	-	-	-	-	-	1
	골재입도·입형부적절	-	■	-	■	-	-	-	-	-	-	-	-	2
	과도한 철근직경	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	미규격 거푸집사용	-	-	-	-	-	-	■	■	-	-	-	-	2
	중성화	■	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
	부적절한 단면설계	-	-	-	-	-	■	-	-	■	-	-	-	2
	콘크리트타설 계획미흡	-	-	-	-	-	-	-	-	■	-	-	-	1
	거푸집분할 계획미흡	-	-	-	-	-	-	-	-	■	-	-	-	1
항목수		6	5	3	6	3	4	4	4	5	5	3	3	-

3. 노출콘크리트의 품질저하 요인분석 및 개선방안

전술한 바와 같이 노출콘크리트는 적용 시 표면곰보, 균열 등의 다양한 문제점이 발생하고 있다. 본 절에서는 앞서 도출한 노출콘크리트의 문제점을 시공적 측면과 재료 및 유지관리의 측면에서 품질저하 요인을 고찰하였으며, 그 결과 및 개선방안은 다음과 같다.

3.1 시공적 측면

노출 콘크리트 시공상 발생하는 문제점과 그 요인간의 관계를 정리하면 표 1과 같다. 시공상 발생하는 문제점은 균열, 재료분리, 콘 주변 색상차이, 곰보, 평활도 불량, 모래무늬 등이 있으며, 이는 품질저하 요인간의 매우 복잡한 요인이 결합되어 발생하는 것으로 사료된다. 이러한 문제점을 노출 콘크리트의 시공적 측면에서 검토하여 볼 때, 그 품질저하 요인은 거푸집 조립상태 불량, 거푸집청소 및 습윤상태 불량, 콘크리트의 타설높이 및 속도, 과도한 진동다짐, 철근배근 불량 등에 의해 발생하는 것으로 볼 수 있다. 시공적 측면의 품질저하 주요인은 거푸집 조립상태 불량과 과도한 진동다짐이 가장 많은 문제점을 유발하고 있으며, 또한 시공상 발생하는 문제점은 거푸집 청소상태 불량, 콘크리트 타설높이 및 속도, 철근배근 불량 또한 노출콘크리트의 품질에 상당한 영향을 미치고 있었다.

또한 노출 콘크리트 시공상 발생하는 문제점을 재료 및 유지관리, 시공계획의 측면에서 고려하여 볼 때, 재료적 측면에서는 “콘크리트의 높은 물시멘트비”가 노출콘크리트의 품질저하와 가장 밀접한 관계가 있으며, 유지관리와 시공계획의 미비에 의해 유발되는 문제점은 비교적 적은 것으로 판단된다.

따라서, 노출 콘크리트의 시공성에 기인한 문제점을 개선하기 위해서는 재료 및 유지관리 측면 보다 시공적 측면에서의 검토가 철저히 이루어져야 하며, 특히 거푸집 조립과 준비, 철근조립, 콘크리트의 타설에 관한 보다 면밀한 검토와 관리가 필요할 것으로 보인다.

시공적 측면에서 발생하는 노출 콘크리트의 품질저하 요인에 대한 개선방안은 다음과 같다.

(1) 균열

건조 수축으로 인한 균열의 대책으로는 양질의 골재를 사용하거나 슬럼프를 작게 하는 데에 따라 단위수량이 작은 콘크리트를 사용하는 것이 효과적이다. 무엇보다도 노출 콘크리트에서의 건조수축은 신축줄눈의 적절한 배치계획을 수립하고, 설계단계부터 가는 철근을 많이 사용하여 구조균열을 사전에 방지하는 것이 가장 중요하다.

(2) 재료분리

배합강도와 콘크리트의 소요성능(내구성, 수밀성, 시공성 등)을 만족하는 물시멘트비(55%이하)를 적용하는 것이 중요하다. 또한 골재는 양질의 것을 사용하고, 콘크리트 타설시 진동다짐을 지양하고, 타설높이 및 타설속도는 재료분리가 발생되지 않는 범위를 준수하는 것이 중요하다.

(3) 콘 주변 색차

시멘트의 수화 및 콘크리트 경화가 충분히 진행될 때까지 적정이상의 고온 또는 저온의 영향, 급격한 온도변화, 진동 및 외력 등의 나쁜 영향을 받지 않도록 철저한 양생이 요구된다.

(4) 곰보

콘크리트를 거푸집 속에서 횡류시키는 경우에 철근배근이나 매설물(창호주위 등)이 장애가 되어 재료분리가 발생하기 쉬우므로 타설하는 위치에 가급적 가까이 근접시켜 콘크리트를 부어넣거나, 콘크리트의 자유낙하 높이를 줄여 재료분리가 발생되지 않도록 호스나 슈트를 이용하여 작업하는 것이 중요하다. 특히, 진동기와 다짐봉을 이용하여 다져지지 않은 곳이 없게 순서에 맞추어 타설하는 것이 무엇보다도 중요하다.

또한 콘크리트 부어넣기 방향에 따라서는 거푸집의 배부름 현상이 나타나기 쉬우므로 주의하고, 거푸집조립에서 시멘트 페이스트나 모르타가 누출되지 않도록 각재나 긴결철물을 이용하여 빈틈없이 조립하는 것이 중요하다.

(5) 표면 기포

일반 콘크리트와는 달리 노출콘크리트는 진동기 등을 이용하여 충분히 다짐하는 동시에 거푸집 표면에 진동을

가하여 기포현상의 제어가 수반되어야 한다. 그러나 이때 기포만을 제거할 목적으로 거푸집에 심한 진동을 가하면 거푸집의 변형이 초래될 수 있고, 또한 일부 박리제는 진동 시 기포를 발생할 수 있으므로 주의하여야 한다.

(6) 피복두께 확보불량

철근배근 전에 세퍼레이터와 콘, 전기·통신·소방공사의 매입물이 철근과 겹침이 발생하지 않도록 사전 조정작업이 요구된다. 특히 노출콘크리트의 경우, 타설시 시공이 용이하도록 1cm 정도 추가 피복확보가 필요하다.

(7) 팽창도 불량

타설시 콘크리트의 측압을 고려한 거푸집 선택과 그 조립방식이 검토되어야 하며, 또한 거푸집과 콘을 설치한 후 콘크리트 타설까지 변형이 없도록 관리하는 것이 중요하다. 특히 관리자의 사전 검측을 통하여 시공오차를 최소화하여야 한다.

(8) 수직도 불량

수직도는 팽창도와 같이 관리자의 사전 검측을 통하여 시공오차를 줄이는 것이 무엇보다도 중요하다. 면은 팽창도로서 점검이 가능하나 수직도는 확인이 될 수 없는 바, 각 모서리마다 수직도에 대한 별도의 검측이 요구된다. 또한 거푸집 모서리는 설치방법 및 조립상태, 보강철물 결속상태 등에 대한 사전 계획이 필요하다.

(9) 개구부 치수확보 불량

거푸집 재료의 특성에 따라 개구부 크기를 결정하고 사전 분할계획이 요구된다. 이는 부적절한 단면설계(철근, 각종 매입물)로 개구부 하부까지 콘크리트가 충전되지 못하는 것을 사전에 예방할 수 있다. 또한 시공적 측면에서의 거푸집 조립과 과도한 진동다짐에 의한 처짐 현상 등에 대해서도 철저한 공사관리가 요구된다.

(10) 표면 이물질

콘크리트 타설전 거푸집 면에 살수를 하여 톱밥, 유해한 이물질 등을 제거하여야 한다. 또한 스페이서는 적정 간격으로 작업되어 콘크리트 타설시 변형이나 탈락이 발생되지 않도록 조치되어야 한다.

(11) 모래무늬

블리딩이 적은 콘크리트(물시멘트비나 슬럼프가 작은 콘크리트)를 사용하여야 하나, 이는 시공상 어려움이 있는바 적절한 콘크리트 사용이 중요하고, 구획별 콘크리트 타설량을 가능한 한 적게 하고, 수평적으로 타설하여 차례로 다지는 것이 필요하다.

(12) 표면박리

거푸집 해체 시 면목 및 줄눈봉을 충분한 표면양생이 이루어지지 않은 상태에서 무리하게 해체할 경우 박리현상이 발생한다. 이는 존치기간 준수, 거푸집 해체 작업자의 교육과 철저한 관리로 예방할 수 있다.

3.2 재료 및 유지관리 측면

재료 및 유지관리상 발생하는 문제점 중 크랙부위 누수와 콘크리트 강도저하가 가장 많은 요인과 관련이 있는 것으로 나타났으며, 문제점과 그 유발요인과의 관계를 분석한 결과는 표 2와 같다.

노출콘크리트의 재료 및 유지관리상 발생하는 문제점과 그 요인은 매우 복합적인 관계가 있는 것으로 나타났으며, 또한 재료 및 유지관리상 문제점은 시공, 재료, 유지관리 및 시공계획 전반의 유발요인에 의하여 발생하는 것을 파악할 수 있었다.

재료 및 유지관리상 발생하는 문제점을 시공적 측면에서 검토하여 볼 때, 그 유발요인은 거푸집 조립상태 불량, 불균일한 거푸집 박리제 도포, 레미콘 수급 부적절, 양생 불량, 집중하중 등이며, 이 중 거푸집 조립상태 불량, 레미콘 수급부적절, 철근배근 불량, 집중하중이 노출콘크리트의 품질을 저하하는 주요인인 것으로 나타났다. 특히, 노출콘크리트의 시공에 있어 철근배근 불량은 그 품질저하에 가장 높은 영향을 미치고 있었다.

재료적 측면에서 고려할 때, 콘크리트의 높은 W/C 및

슬럼프, 과도한 철근직경, 콘크리트 배합 미흡이 노출콘크리트의 품질저하를 유발하는 주요인이며, 이 중 작업성 확보를 위한 콘크리트의 단위수량 증가에 의한 콘크리트의 높은 W/C 및 슬럼프가 가장 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

유지관리의 측면에서는 콘크리트의 중성화가 노출콘크리트 품질저하의 주원인이며, 시공계획의 측면에서는 콘크리트 타설계획이 부적절하여 유발되는 문제점이 가장 많은 것으로 나타났다.

따라서, 재료 및 유지관리의 측면에서 발생하는 문제점을 개선하기 위해서는 시공, 재료, 유지관리 및 시공계획의 전반에 걸쳐 철저한 품질관리가 이루어져야 할 것으로 판단되며, 이를 위해서는 거푸집 조립, 철근조립, 콘크리트 타설에 관한 철저한 검토와 관리가 요구된다.

또한, 콘크리트의 제조에 있어 단위수량의 제한 등의 재료적 적정 방안이 수립된다면 노출콘크리트의 품질확보에 보다 유효할 것으로 사료된다.

재료 및 유지관리 측면에서 발생하는 노출콘크리트의 품질저하 요인에 대한 개선방안은 다음과 같다.

표 2. 노출콘크리트의 재료 및 유지관리상 문제점과 품질저하 유발요인

요인	문제점	콘크리트색채일록	크랙부위누수	백화현상	철근부식	콘주위 누수	녹물또는녹변집	강도저하	항목수
시공요인	거푸집 조립상태불량	—	■	—	■	—	—	■	3
	거푸집청소·수용상태불량	■	—	—	—	—	—	—	1
	불균일한 박리제도포	■	—	—	—	—	—	—	1
	con'c타설 높이및속도	—	■	—	—	—	—	■	2
	과도한 진동다짐	■	—	—	—	—	—	■	2
	레미콘 수급부적절	—	■	—	■	—	—	■	3
	철근배근불량	■	■	—	■	—	—	■	4
	con'c 양생불량	■	—	—	—	—	—	■	2
	집중하중	—	■	—	■	—	—	■	3
	표면발수제 미도포	—	■	■	—	—	—	—	2
	백업제미충전	—	—	—	—	■	—	—	1
	스페이서 결속선표면노출	—	—	—	■	—	—	—	1
재료 및 유지관리요인	높은 W/C	—	■	■	—	—	■	■	4
	슬럼프과다	—	■	—	—	—	■	■	3
	시멘트 및 골재 색채	■	—	—	—	—	—	—	1
	과다한시멘트 및 골재량	—	—	■	—	—	—	—	1
	과도한 철근직경	—	■	—	—	—	■	■	3
	해사사용	—	—	—	■	—	—	—	1
	콘크리트 배합미흡	—	■	—	—	—	■	■	3
	중성화	—	■	—	■	—	■	■	4
	염해	—	—	—	■	—	—	—	1
	크랙 미보수	—	■	■	—	—	—	—	2
	con'c마감 시공계획미흡	—	—	—	—	■	—	—	1
	con'c타설 계획 부적절	—	■	—	—	—	■	■	3
항목수		6	13	4	8	2	6	13	—

(1) 콘크리트 색채얼룩

타설시 지나친 진동을 주지 않고, 다짐봉의 선단을 철근이나 거푸집에 가급적 접촉시키지 않으며, 철근피복두께에 대한 충분한 고려가 사전에 이루어져야 한다. 또한 단위수량이 적은 콘크리트를 사용하는 것도 효과적이다. 콘크리트 표면에 잉여수가 편재되지 않도록 투수성이나 흡수성이 높은 거푸집을 사용하는 것도 한 수단이나, 노출콘크리트 표면 마무리의 평활성에 주의해야 한다.

(2) 균열부위 누수

시공상의 문제점인 균열을 사전에 예방하고, 보강과 보수를 철저히 하는 것만이 누수를 방지할 수 있을 것이다. 또한 유지관리 측면에서는 주기적으로 표면 청소 및 발수제 도포 등이 본 문제점을 해결하는데 유효하며, 지속적인 유지관리가 필요한 항목이다.

(3) 백화

백화는 근본적으로 발생하기 쉬운 상황을 억제하는 것이 무엇보다 중요하다. 즉 외부로부터의 물의 침입을 방지하여야 하는데, 이는 균열을 사전에 보수하고 표면에 주기적으로 발수제를 도포함으로써 예방할 수 있다.

(4) 철근부식

노출콘크리트는 철근의 부식을 방지하기 위하여 피복두께를 1cm 정도 추가 확보하는 동시에 물시멘트비를 작게 하여 밀실한 콘크리트가 되게 하는 것이 특히 중요하다.

(5) 녹물

콘크리트 타설 후 연결철근이 우수에 부식하여 마무리되지 못한 벽면을 타고 그 자국이 발생할 수 있다. 또한 스페이서 자재는 표면에 노출됨이 없는 제품을 선정하고, 철근 배근시 결속방법을 철저히 하는 것이 필요하다.

(6) 강도저하

강도저하는 시공성에서부터 재료, 유지관리 측면까지 복합적인 것으로 어느 하나의 개선대책이 필요한 것이 아니므로 첨부된 체크리스트를 통하여 철저히 관리하는 것이 필요하다.

3.3 종합분석

노출콘크리트 적용 시 발생하는 시공 및 유지관리상 문제점을 시공, 재료 및 유지관리의 측면을 종합하여 분석한 결과는 그림 2와 같다.

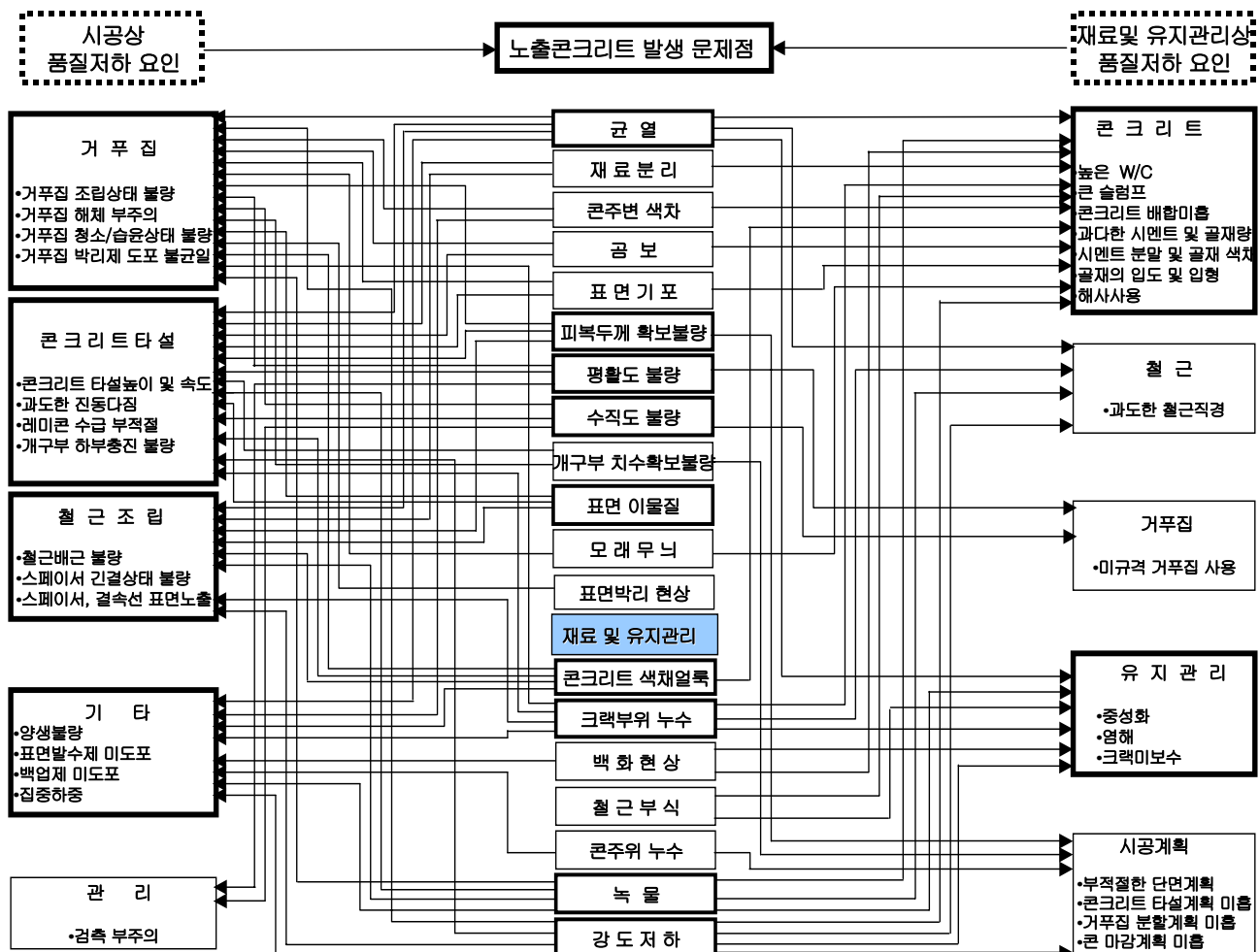


그림 2. 노출콘크리트 시공시 발생하는 문제점 및 품질저하요인 종합 분석

그림 2에 나타난 바와 같이, 노출콘크리트의 적용 시 균열, 피복두께 확보 불량, 평활도 불량, 수직도 불량, 표면이 물질, 콘크리트 색채일록, 크랙부위 누수, 녹물, 강도저하 등의 문제가 노출콘크리트의 품질저하에 큰 영향을 미칠 것으로 판단되며, 이들은 대부분이 복합적인 원인에 의해 발생하는 것으로 나타났다. 이러한 문제점의 유발요인으로서는 시공적 측면에서는 거푸집 조립 불량, 콘크리트 타설 부적절, 철근 조립 불량이 있으며, 그 외 콘크리트 양생불량, 표면발수제 미도포 등의 기타 공종의 부적절에 따른 문제점도 상당수 발생될 것으로 예상된다.

또한, 재료 및 유지관리의 측면에서는 콘크리트의 적정 품질확보 미흡이 노출콘크리트의 품질확보에 기본적인 요소가 될 것으로 보이며, 중성화, 염해, 크랙 미보수 등의 유지관리가 결여됨에 따라 노출콘크리트의 품질이 상당히 저하된다고 할 수 있다.

따라서, 노출 콘크리트의 적정 품질 확보를 위해서는 시공, 재료 및 유지관리 측면에서의 보다 종합적이고 철저한 검토 및 관리가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 특히 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 거푸집 공사, 콘크리트 공사, 철근공사에 있어 보다 세심한 시공과 철저한 관리가 행해져야 하며, 이와 동시에 콘크리트 자체의 적정 품질확보가 이루어져야 할 것으로 사료된다.

3.4 노출콘크리트 공사 공정별 체크리스트 제안

이상의 노출 콘크리트 시공 시 발생하는 문제점에 따른 품질저하요인을 시공요인과 재료 및 유지관리의 측면에서 고찰하고 이를 바탕으로 작성한 노출 콘크리트 공사 공종별 Check List는 표 3~표 9와 같다

표 3. 노출콘크리트 시공계획 체크리스트

관리번호	공사명	검사번호	검사일자	비고
공 종	노출콘크리트공사	개정일자	2002. 12. .	
세부공종	계획 및 설계	개정번호		
검사위치	페이지			
검 사 항 목		검사 일자	검사결과 시공 감독	비 고
1. 거푸집 분할은 타설여간타설량 타설높이, 타설방법, 건축물의 구조 등을 감안하여 계획 하였는가?				
2. 거푸집 재료는 표면 평활도, 손상, 비틀림이 없는 것으로 계획하였는가?				
3. 계획된 거푸집 재료의 특성에 따라 조립방법, 개구부 크기 등 계획하였는가?				
4. 거푸집 재료의 구조와 콘크리트 측압 등을 고려한 콘 간격 및 규격은 계획하였는가?				
5. 매입 콘 선정 시 매입재료에 대한 방수처리 방법은 계획하였는가?				
6. 작업여건을 고려한 콘크리트의 슬럼프 계획은 하였는가?				
7. 복잡한 구조 및 경사면 단 차이가 있는 경우 타설장비 및 작업방법, 타설방법, 타설량 등을 고려하여 타설계획을 수립하였는가?				
시공자 검사	(인)	감독자 검사	(인)	
시공자 재검사	(인)	감독자 재검사	(인)	

표 4. 노출콘크리트 재료 체크리스트

관리번호	공사명	검사번호	검사일자	비고
공 종	노출콘크리트공사	개정일자	2002. 12. .	
세부공종	재료	개정번호		
검사위치	페이지			
검 사 항 목		검사 일자	검사결과 시공 감독	비 고
1. 용도, 환경조건에 맞는 시멘트를 선정하고 동일 회사 제품을 사용하였는가?				
2. 배합강도와 콘크리트의 소요성능을 만족할 수 있는 물시멘트비(일반적으로 55%이하)이며, 단위수량이 적은 밀실한 콘크리트를 선정하였는가?				
3. 슬럼프는 소요성능(내구성, 수밀성, 시공성 등)을 고려한 적절(일반적으로 15 - 18cm 적정)한 콘크리트를 사용하였는가?				
4. 골재는 양질의 것을 사용하고, 알칼리골재 반응의 우려가 있는 것을 사용하지 않았는가?				
5. 해사를 사용할 경우 철근부식을 방지하기 위하여 콘크리트 속의 염소이온량(일반적으로 0.30kg/m ³ 이하)은 적정한가?				
6. 잔골재율은 적정한 범위(보통 35 - 50%정도)로 선정되었는가? (콘크리트의 소요성능이 얻어지는 범위 내에서 가능한 적게 하도록 규정)				
7. 사용 철근의 직경은 구조설계에 준하여 가능한 가는 철근을 사용하도록 조치하였는가?				
8. 거푸집 재료는 표면 평활도, 손상, 적층부의 틈, 비틀림이 없는 규격된 재료를 사용하였는가?				
시공자 검사	(인)	감독자 검사	(인)	
시공자 재검사	(인)	감독자 재검사	(인)	

표 5. 노출콘크리트 철근공사 체크리스트

관리번호	공사명	검사번호	검사일자	비고
공 종	노출콘크리트공사	개정일자	2002. 12. .	
세부공종	철근공사	개정번호		
검사위치	페이지			
검 사 항 목		검사 일자	검사결과 시공 감독	비 고
1. 철근가공은 철근피복을 고려하여 가공하였는가?				
2. 조립 시 철근위치 및 간격은 정확한가?				
3. 세퍼레이터와 콘 간격이 철근과 겹침이 없도록 검토하였는가?				
4. 전기, 통신, 소방 매입물은 철근과 겹침이 없도록 검토하였는가?				
5. 철근 조립전이나 조립 시 뜯늬, 유류, 먼지, 흙 등 콘크리트와의 부착 등을 저해시킬 우려가 있는 것은 제거되었는가?				
6. 콘크리트 타설시 시공이 가능하도록 피복확보(일반적인 피복에 1cm 추가)는 적정한가?				
7. 스페이서는 적정 간격으로 설치되어 콘크리트 부어넣기 시 변형이나 탈락이 없도록 조치되었는가?				
8. 철근 결속선은 결속방법이 적정하며, 콘크리트 타설 후 돌출이 없도록 조치하였는가?				
9. 스페이서는 고정부가 표면에 노출됨이 없는 재료로 사용하였는가?				
10. 전기, 통신, 소방 등 부속작업으로 인한 철근 변형은 없는지 확인하였는가?				
시공자 검사	(인)	감독자 검사	(인)	
시공자 재검사	(인)	감독자 재검사	(인)	

표 6. 노출콘크리트 거푸집공사 체크리스트

관리번호		검사번호	
공 종	노출콘크리트공사	개정일자	2002. 12. .
세부공종	거푸집공사	개정번호	
검사위치		페 이 지	

검 사 항 목	검사 일자	검사결과 시공	비 고
1. 타설여건(타설량, 타설높이, 타설방법, 건축물의 구조 등)을 감안하여 적절한 거푸집 구획을 계획하였는가?			
2. 표면 평활도, 손상, 적층부의 틈, 비틀림이 없는 거푸집 재료를 선정하였는가?			
3. 선정된 거푸집 재료의 특성에 따라 조립방법(수직/수평방향), 거푸집 여분(분할이후 잔여치수), 개구부 크기 등을 고려한 줄눈나누기(Base Joint Plan)는 실시하였는가?			
4. 거푸집 재료의 구조와 콘크리트 측압 등을 고려한 콘 간격 및 규격은 적정한가?			
5. 매입 콘 선정 시 매입재료에 대한 방수처리 방법은 결정하였는가?			
6. 거푸집 설치 시 거푸집 연결줄눈의 어긋남과 틈새가 없이 일치되게 조립하였는가?			
7. 거푸집 노출면 부위가 표면손상, 얼룩, 휨이 없는 규격 제품인가를 조립 전에 확인하였는가?			
8. 거푸집 전용회수(합판거푸집-일반적으로 2회 사용)에 문제점은 없는지 검토하였는가?			
9. 수직, 수평 보강각재는 휨, 웅이가 없는 적정 규격 제품을 사용하였는가?			
10. 모서리 면의 설치방법 및 조립상태, 보강 철선 결속상태는 양호한가?			
11. 거푸집 조립 수직도는 검측 하였는가?			
12. 거푸집 전용회수를 고려하여 재사용할 경우 표면 이물질 청소 및 박리제 도포는 고려하였는가?			
13. 박리제는 콘크리트의 변색, 경화지연, 경화불량, 표면기포 발생이 없는 재료를 선정하였는가?			
14. 거푸집 박리제(일반적으로 수성 사용)를 누락됨이 없이 균일하게 도포 하였는가?			
15. 거푸집 청소 시 청소도구로 인한 거푸집면 손상은 확인하였는가?			
16. 콘크리트 타설 전 거푸집에 충분한 살수를 실시하였는가?(이때 톱밥, 유해한 이물질 등 제거가 될 수 있도록 하여야 한다.)			
17. 거푸집 습윤상태로 조치 시 유해한 누수가 발견될 경우 거푸집조립을 수정하였는가?			
18. 거푸집 해체도구(쇠치랫대 등)를 노출면에 무리하게 접촉하지는 않았는가?			
19. 거푸집 해체 시 면목 및 줄눈봉을 무리한 힘으로 해체하지는 않았는가? (가급적 콘크리트가 충분히 양생된 후 해체가 요구된다.)			
20. 거푸집 존치기간과 표면건조를 고려하여 해체를 실시하였는가?			

시공자 검사	(인)	감독자 검사	(인)
시공자 재검사	(인)	감독자 재검사	(인)

표 7. 노출콘크리트 콘크리트공사 체크리스트

관리번호		검사번호	
공 종	노출콘크리트공사	개정일자	2002. 12. .
세부공종	콘크리트공사	개정번호	
검사위치		페 이 지	

검 사 항 목	검사 일자	검사결과 시공	비 고
1. 콘크리트는 운반거리, 도로상황, 교통량(체중), 배차대수, 수급량 확보 등을 고려한 공장을 선정하였는가?			
2. 슬럼프는 적절(일반적으로 15~18cm 적정)한 콘크리트를 사용하였는가?			
3. 복잡한 구조 및 경사면, 단 차이를 고려하여 타설 구획을 결정하였는가?			
4. 타설장비 및 작업반경, 시공성을 고려하여 타설순서 및 방법, 수송배관, 배관고정, 받침대 등은 계획하였는가?			
5. 작업인원 배치, 임무부여는 실시하였는가? (타설 전 품질/안전에 대한 작업자의 교육이 필요함)			
6. 콘크리트의 반죽에서 부어넣기 완료까지의 시간계획은 수립하였는가?			
7. 타설 이어붓기 부분(면목처리)은 적절하며 타설높이는 확인하였는가?			
8. 이어붓기 부분은 레이턴스 및 취약한 콘크리트를 제거하였는가?			
9. 콘크리트 자유낙하 높이는 재료분리가 생기지 않는 범위(높이)로 계획하였는가?			
10. 부어넣기 속도는 콘크리트의 가동성 및 시공 조건에 따라 양호한 다지기가 될 수 있는 범위로 하였는가?			
11. 한층의 부어넣기 두께는 적정(일반적으로 60cm내외)하게 하고 밀실하게 다지는 범위의 속도로 타설 하였는가?			
12. 진동기 삽입간격(50cm 정도)과 다짐시간(5 - 15초 정도)은 적정하였는가?			
13. 다짐봉은 (목제 다짐봉 사용 시)적정 간격(30cm 정도)으로 콘크리트의 공극이 없도록 다지기를 실시하였는가?			
14. 진동기나 다짐봉 다짐에 의한 거푸집변형(개구부 부위 처짐, 배틀림 등) 및 철근 스페이서, 긴결철물 등은 손상이 없는지 확인하였는가?			
15. 타설 중 개구부 하부의 충전여부는 확인하였는가?			
16. 배전반이나 공조용 덕트류의 위치 및 크기와 그 주위 철근 보강방법은 콘크리트 충전이 양호하도록 조치하였는가?			
17. 타설중 동바리 고정상태 및 치켜올림 상태는 처짐이나 변형이 없는지 확인하였는가?			
18. 콘크리트의 침하에 의한 균열 및 굽은 골재의 분리나 블리이딩 등에 의한 결함은 콘크리트 응결전에 조치되었는가?			
19. 슬래브 이어치기 부분은 연결철근의 녹물이 빗물과 함께 흐르지 않도록 콘크리트 응결전에 내측 슬래브로 물길을 만들었는가?			
20. 기 타설된 하부콘크리트 노출면에 흘러내린 시멘트페이스트가 마르기 전에 물청소를 실시하였는가?			

시공자 검사	(인)	감독자 검사	(인)
시공자 재검사	(인)	감독자 재검사	(인)

표 8. 노출콘크리트 기타공사 체크리스트

관리번호		검사빈도	
공 중	노출콘크리트공사	개정일자	2002. 12. .
세부공종	기타공사	개정번호	
검사위치		페이지	

검 사 항 목	검사 일자	검사결과 시공 감독	비 고
1. 시멘트의 수화 및 콘크리트 경화가 충분히 진행될 때까지 과도의 고온 또는 저온의 영향, 급격한 온도변화, 진동 및 외력의 나쁜 영향을 받지 않도록 양생하였는가?			
2. 철근 녹이 묻어 있지 않은 비닐시트 등의 재질로 양생하였는가?			
3. 작업 시 작업자의 편중 및 자재적재 등으로 집중하중이 발생하여 철근 및 거푸집변형이 없도록 조치하였는가?			
4. 양생된 콘크리트 모서리에 차광, 장비 및 인원(자체 운반자)유동으로 파손되지 않도록 적절한 방법으로 보양하였는가?			
5. 가설공사에 필요한 철선(일반적으로 아연도철선사용)이나 지지목에 의한 표면 파손은 없는가?			
6. 매입 콘은 누락됨이 없이 백업제 및 방수제로 보강하였는가?			
7. 타공정 마감재의 이음부는 노출면의 특성과 부합되게 시공을 실시하였는가?			
8. 빗물이나 환경오염 등으로부터 보호 가능한 발수제(일반적으로 아크릴계 침투성 도료)를 선정하였는가?			
9. 콘크리트 양생이후 표면 손상이 발생되지 않도록 청소하고 균등하게 도포(2회 이상) 하였는가?			
10. 주기(일반적으로 3 - 5년 기간이 적정)적으로 표면 청소 및 발수제 도포는 실시하였는가?			

시공자 검사	(인)	감독자 검사	(인)
시공자 재검사	(인)	감독자 재검사	(인)

표 9. 노출콘크리트 유지관리공사 체크리스트

관리번호		검사빈도	
공 중	노출콘크리트공사	개정일자	2002. 12. .
세부공종	유지관리공사	개정번호	
검사위치		페이지	

검 사 항 목	검사 일자	검사결과 시공 감독	비 고
1. 콘크리트 노출면이 대기 중의 탄산가스 영향을 받아 탄산석회로 변화하여 알칼리성을 소실하지 않도록 주기적인 표면청소 및 발수제 도포는 실시하였는가?			
2. 대기 중의 염화물 이온(CI-)의 침입에 의해 철근부식이 발생되지 않도록 주기적으로 노출면(균열부위)은 보수하였는가?			
3. 노출면에 균열 발생시 보수전 위치와 범위, 균열의 원인, 보수의 필요성 등에 대한 평가는 실시하였는가?			
4. 균열이 구조물의 강도, 강성 및 내구성을 허용기준 이하로 감소시킬 것이 예상되는 경우 노출면의 손상부분 성격에 따라 적절한 보수방법을 실시하였는가?			

시공자 검사	(인)	감독자 검사	(인)
시공자 재검사	(인)	감독자 재검사	(인)

- 검사결과 - 상단 : 1차 검사자용, 하단 : 2차 검사자용
- 검사결과와 합격은 "Y", 불합격은 "N"으로 기입

4. 결 론

노출 콘크리트의 적정 품질 확보를 위한 시공 및 시공 관리 지침의 기초 자료로서 체크리스트를 개발하기 위하여, 노출콘크리트의 문제점과 그 유발요인을 시공, 재료 및 유지관리의 측면에서 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 노출 콘크리트에서 발생하는 문제점에 대하여 항목별로 발생현장수를 조사한 결과 균열, 재료분리,곰보, 표면기포, 콘주변 색상차이, 균열부위 누수, 콘크리트 색채얼룩의 빈도가 가장 높았으며, 이러한 문제점은 매우 복합적인 원인에 의해 발생하는 것으로 분석되었다.

(2) 시공상 문제점을 유발하는 품질저하 요인을 검토한 결과, 거푸집 조립상태 불량, 과도한 진동다짐, 콘크리트 타설계획 불량, 철근배근 불량과 콘크리트의 높은 W/C가 주요인으로 작용하는 것으로 나타났으나, 유지관리 및 시공계획의 미비에 따른 영향은 적은 것으로 나타났다.

(3) 노출 콘크리트 적용시 발생하는 문제점과 그 유발원인을 종합적으로 검토한 결과, 노출콘크리트의 적정 품질 확보를 위해서는 거푸집, 콘크리트, 철근조립 등 시공 전반에 걸친 검토와 콘크리트 자체의 적정품질확보 및 유지관리에 관한 종합적 고려가 필요한 것으로 판단되어, 이러한 요인들을 고려한 공종별 체크리스트를 개발하고 시범적으로 운영하여 보완하였다.

본 연구에서 제시한 체크리스트는 제한된 자료에서 도출한 문제점과 분석 결과에 의한 것이므로 노출콘크리트의 시공지침이 되기 위해서는 향후 보다 많은 시공현장을 조사·분석함으로써 발생하는 문제점과 발생빈도, 유발요인 등이 보완되어야 할 것이며, 체크리스트의 현장적용을 통한 지속적 보완도 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 두산건설㈜기술연구소, 고품질/광택 노출콘크리트의 설계 및 시공, pp.35, 1999.06
2. 신성우, 국내 콘크리트의 품질관리 현황과 개선방안, 콘크리트학회지, pp.35, 1991.12
3. 이장화 외, 레미콘의 문제점과 개선방향, 콘크리트학회지, pp.55, 1993.09
4. 장태영 외, 노출콘크리트 표면마감 및 유지관리, 콘크리트학회지, pp.57, 2001.07
5. 정태웅 외, 광택 노출콘크리트의 현장적용, 콘크리트학회지, 1999년 봄학술발표회 논문집, pp.836
6. 報告書,建築知識, 特輯 RC打放し〔現場監理〕重點チェック, 1996.09
7. 日本建築學會, 建築工事 標準仕様書・同解説 JASS 5 鐵筋コンクリート工事, 日本建築學會, 1997.01
8. Portland Cement Association, Color & Texture in Architectural Concrete, PCA, pp.33, 1980

(接受: 2004. 8. 23)