조경시설공사의 시공품질 분석을 통한 품질관리항목의 중요도 연구

이상석* · 최기수**

*순천대학교 조경학과
**서울시립대학교 조경학과

A Study on the Relative Importance of Quality Management Items through the Defect Analysis in the Landscape Construction Process

Lee, Sang-Seok* · Choi, Key-Soo**

*Dept. of Landscape Architecture, Sunchon National University
**Dept. of Landscape Architecture, Seoul City University

ABSTRACT

This study aims to estimate the relative importance of quality management items(RIQMI) through the defect analysis in the landscape construction process. The RIQMI are decided by the defect coefficient and it's cause weight. The defect items in the landscape construction process were classified by 56 items based on the classification form of '96 landscape architectural construction standard and the cause patterns were categorized 4 types as design, material, construction, and environment factors. To analyze the defect coefficient and the cause weight by defect, the researcher surveyed the questionnaires on the 103 engineers and the 31 experts on the landscape architectural construction.

The result of this study are as follows. the relative importance by facilities pattern turn out to be much higher construction, material factor than design, environment factor in wood facilities, paving facilities, and steel facilities, the RIQMI is very high in timber crack, timber vending, faulty of timber against decay, welding faulty of steel facilities in material factor, and timber crack, faulty of timber against decay, finish faulty of steel facilities, welding faulty of steel facilities in construction factor.

Ⅰ. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

조경시설공사는 소규모 다공종 특성으로 인하여 건축이나 토목 등의 타분야의 품질관리체계를 도입하고 있지만 시행과정상 비효율성이 내재되어 있다. 품질관리를 합리적으로 시행하기 위해서는 조경시설공사에 적합한 품질관리체계가 설정되어야 하고 품질관리 기준, 항목, 절차, 방법이 구체화되어야 한다. 이러한 품질관리체계를 구성하기 위해서는 우선적으로 현장에서 발생하는 품질의 문제점과 원인, 품질관리항목의 중요도에 대한 정보가 필요하지만 이러한 정보는 단지 현장내에서만 통용되는 패쇄적인 정보전달체계를 형성하고 있거나 과정중에 발생하기 때문에 자료습득이 어려운 상황이다. 따라서 현장기술자는 이러한 지식을 습득하기 위해 시행착오를 겪게 되는 악순환이 계속되고 있다.

본 연구의 목적은 조경시설공사 현장에서 발생하고 있는 시공품질의 문제점과 원인에 대한 분석을 통하여 품질관리과정에 있어서 시공품질의 문제점을 밝히고 궁극적으로는 품질관리항목의 상대적인 중요도를 도출하는 것이다. 이와같은 시공품질의 문제점과 원인, 품질관리항목의 중요도에 대한 연구는 조경시설공사의 효율적인 품질관리를 시행하거나 품질관리과정상의 시행착오를 줄일 수 있는 수단으로 활용될 수 있다.

1.2 연구방법

본 연구에서는 시공중 품질 문제점을 조사하기 위하여 관련기술자에 대한 설문조사와 문제점의 원인을 분석하기 위한 전문가 조사를 시행하였다. 설문조사는 1995년 7월 24일부터 8월 12일까지 조경시설공사 감독, 감리, 시공경험이 있는 기술자를 대상으로 시공과정상의 품질의 문제점과 원인에 대한 개방식 질문을 하였으며, 응답자는 5개까지 응답할 수 있도록 하였으며, 조사표본규모는 103명이었으며 응답회수는 498회로 응답자 1인당 4.83회의 응답을 하여 응답항목을 기준으로 할 경우, 96.7%의 응답율을 나타냈다. 이렇게 조사된 시공품질 문제점은 조경공사 표준시방서의 분류를 기준으로 하여 시설분류와 공종분류방식을 혼용하여 분류하였다.

전문가조사는 문제점의 원인을 분석하기 위해 1997년 5월 13일부터 5월 31일까지 조경시설공사 현장근무경력이 5년이상인 기술능력이 뛰어난 전문가 31명을 대상으로 시행하였다. 전문가조사의 내용은 설문조사분석결과 밝혀진 56개의 문제점별로 설계요인, 재료요인, 시공기술요인, 작업환경요인의 4가지 원인별 가중치의 합을 10점으로하여 응답하도록 하였으며, 응답의 효율성을 높히기 위해 설문조사 및 조경공사 표준시방서, 관련자료에 근거하여 발췌한 원인사례를 제시하였다.

자료분석은 시공품질 문제점은 빈도분석을 한후 문제점 항목별로 상대적 비중값인 백분율 계수로 변환하였고, 문제점의 원인분석은 문제점의 원인별 가중치 평균값을 가지고 분석을 하였다. 또한 시공품질 문제점의 상대적 비중과 문제점의 원인별 가중치를 관련시켜 품질관리항목 중요도 계수값으로 산출하였다.

Ⅱ. 시공품질의 문제점과 원인

2.1 시공품질

품질은 공사에 관련된 참여자의 관리영역 또는 책임범위에 따라 요구품질, 설계품질, 시공품질[1)]

1) Boyd C. Paulson · Donald S. Barrie(1992), *Professional Construction Management*, NewYork:McGraw-Hill, Inc.:373.
요구품질은 발주자나 이용자의 요구와 기호, 법규상의 요구, 프로젝트의 성격과 범위에 따른 제한 등을 총괄적으로 검토하여 적정시설물에 대한 요구를 전달하기 위한 것이며, 설계품질은 발주자의 요구와 더불어 후속단계인 시공단계에서의 施工性과 費用에 대한 적정성을 고려하여 설계도면과 시방서로 구현되는 것이고, 시공품질은 설계과정을 통하여 만들어진 설계도면과 시방서를 토대로 만들어진 시설물의 품질을 말한다.

로 구분이 가능하다. 이밖에도 발전된 개념으로서 목적물이 발휘하는 기능성, 내구성, 안전성을 평가척도로 하는 성능품질의 개념을 적용할 수 있으나 이러한 품질의 개념은 조경시설공사에서는 아직까지 적용되지 않고 있다. 시공단계에서 품질관리를 할 때 주로 관심을 기울이게 되는 것은 시공품질이며, 시공품질이 설계품질과 어느정도 일치되는가 하는 비율을 적합품질(quality of conformance)로서 나타낼 수 있다.[2] 현장에서 기술자들은 적합품질을 높히기 위해서 재료 및 시공기술에 대한 품질시험 및 검사 등의 품질관리 활동을 시행하게 되지만 건설공사의 불안정한 환경특성으로 인하여 설계품질보다 낮은 시설물이 만들어 질 수 있다.

품질관리 측면에서 품질을 시간적으로 구분할 경우 시공이전단계의 설계품질과 현장에서 시공단계의 시공품질, 그리고 시공된 결과로서의 시공후 품질로서 구분된다. 사전품질로서의 설계품질은 시설의 품질을 결정짓는 중요한 단계이지만 시공과정의 앞단계이므로 현장에서의 품질관리대상이 아닌 영향요인으로 작용하며 현장시공단계에서의 품질관리대상은 시공품질과 시공후품질이 해당된다. 시공품질은 현장기술자들의 직접적인 관심요소로서 품질관리의 주요 내용에 해당되는 것으로 과정상의 품질이고 시공후 품질은 흔히 하자조사나 성능분석 등의 방법에 의해 평가되는 사후품질이다. 시공후 품질을 개선하기 위해서는 하자의 주요원인을 분석하고 원인을 개선하여 품질을 높힐 수 있지만, 시공후 품질은 시공중에 발생되는 품질의 문제점중 품질관리가 되지않고 나타나는 최종적인 것이므로 현장에서 발생하는 문제점의 일부분에 불과하다. 따라서 현장에서 발생하는 품질의 문제점을 분석하기 위해서는 시공후 품질에 대한 분석보다는 품질관리과정에서 나타나는 시공품질의 문제점을 분석하고 그 원인을 분석하는 것이 시공품질의 향상과 품질관리에 직접적인 활용이 가능하다.

그러나 시공중 품질의 문제점은 품질관리에 의해 줄어들거나 개선되기 때문에 많은 현장에서 오랜시간동안 관찰조사를 해야만 객관적인 자료를 확보할 수 있다. 이러한 조사의 한계를 극복하기 위해 간접조사방법으로 현장기술자들의 경험에 기초하여 시공과정상의 품질의 문제점에 대한 자료를 얻을 수 있으며, 본 연구에서는 설문조사를 통하여 자료를 수집하고 다항목 응답을 하도록 하여 다양한 문제점이 도출되도록 하였다.

2.2 시공품질 문제점 항목

조경시설공사의 품질관리활동에 관련되는 자료는 시방서, 설계도면, 공사계약서를 고려할 수 있으며, 이중에서도 시공품질의 문제점을 도출하고 원인을 분석하기 위해서는 시공과정의 품질관리를 포괄적으로 규정하고 있는 시방서를 활용하는 것이 바람직하다. 본 연구에서는 조경시설공사의 품질관리 기준, 항목, 절차, 방법을 포괄적으로 규정하고 있는 조경공사 표준시방서(1996년 제정)의 구분방식[3]을 적용하여 시설유형은 목재시설, 철재시설, 수경시설, 포장시설, 기반구조시설, 기타시설의 6개의 유형[4]으로 구분하고 시설유형에 따른 문제점은 24개의 문제점 유형을 설정하였으며, 이것을 작업이 서로 중복되지 않는 단위작

2) Ibid.

3) 연구과정상의 시간적인 경과에 따라 설문조사에 사용된 시설분류항목은 1988년 제정된 조경공사 표준시방서를 사용하고 문제점 분석 및 원인해석을 위해서는 1996년 개정된 조경공사 표준시방서를 사용하였다. 1996판 개정된 조경공사 표준시방서는 개정전과 비교해 볼때, 기본포맷의 변화, 용어정비, 신공법 도입 등 많은 개선이 이루어졌으나 조경시설공사의 공종은 그대로 유지되고 있어 설문조사당시의 시설목록과 다르지 않기 때문에 본 연구에는 영향을 주지 않으며, 또한 그동안 시행된 조경시설공사의 내용에 있어서도 큰 변화가 없는 상태이다.

4) 조경공사 표준시방서에서는 조경시설공사의 유형을 관수 및 배수, 조경구조물, 조경포장, 유희시설, 수경시설, 옥외장치물, 운동 및 체력단련시설로 구분하고 있으나 연구를 위해 연구자는 목재시설, 철재시설, 수경시설, 포장시설, 기반구조시설, 기타시설의 6가지로 구분하였다. 목재와 철재시설의 구분은 재료의 차이에 따라 시공품질의 문제점이 달리 나타나기 때문이다.

업을 기준으로 56개의 문제점 항목으로 세분하였다.(표 1 참조)

2.3 시공품질 문제점의 원인

조경시설공사 품질은 설계, 시공, 관리, 이용자요인 등 다양한 원인에 의해 결정[5]되지만 시공품질로 범위를 제한할 경우 문제점의 원인은 크게 시공이전단계와 시공단계로 나누어서 도출할 수 있다. 시공이전단계는 시공방법이나 사용재료를 규정짓는 설계도면이나 시방서로서 대표되는 설계요인을 고려할 수 있으며, 시공단계는 재료와 시공기술, 그리고 작업환경요인이 문제점의 원인이 된다. 따라서 본 연구에서는 시공품질 문제점의 원인으로 설계요인, 재료요인, 시공기술요인, 작업환경요인을 선정하였으며, 각 요인의 정의는 다음과 같다.

■설계요인 - 시공품질의 문제점이 실시설계를 통하여 만들어진 설계도면이나 시방서로 부터 기인된 경우 이러한 설계된 결과를 의미한다.

■재료요인 - 시공품질에 영향을 주는 목적물의 실체를 형성하는 재료로서 현장반입시점을 기준으로 하여 원재료나 가공된 재료, 또는 제품을 포함한다. 문제점의 원인이 현장에서 추가가공에 의한 경우에는 시공기술요인에 포함시킨다.

■시공기술요인 - 현장에서의 재료의 가공이나 설치를 위해 사용되는 인력, 장비, 설비 등의 목적물의 실체를 형성하지 않는 시공기술요인을 포함한다.

■작업환경요인 - 현장에서 재료 및 기술요인을 제외한 작업공간, 타공종과의 관계 등의 작업환경과 강수, 기온, 습도 등 기상환경, 그리고 시공을 위한 품질기준, 작업기준 등의 비물리적인 환경요인을 포함한다.

〈표 1〉 시공품질의 문제점 및 원인

구 분	문제점 유형	문 제 점	원 인
목재시설	목 재 품 질	균 열	· 목재건조불량, 노목 사용, 제작설치과정 부실, 현장보관 불량, 검사기준 미비, 기상요인
		뒤틀림	· 건조불량, 제재 불량, 현장보관 불량, 마감불량, 기상요인
		파 손	· 불량목재 사용, 시공중 부주의, 현장여건 불량
		옹 이	· 불량목재 사용, 검사기준 미비
		목재질의 불균일	· 불량목재 사용, 검사기준 미비
	연결 · 부속재	긴결재 녹발생	· 재료성분 불량, 부적절한 소재선택, 도금불량
		스텐레스 녹발생	· 성분불량, 설계부실, 시공과정중 변형, 검사기준 미비
	목 재 방 부	목재 방부불량	· 방부법 부적합, 건조불량, 방부불량, 시공기준 미준수, 검사기준 미비
	목 재 도 장	목재 도장불량	· 불량도료 사용, 바탕면 불량, 도장기술 불량, 보양불량, 기상부적합(강수, 습도, 바람)
	목 부 마 감	목재 마감불량	· 마무리 기술 부족, 마감처리기준 미비, 불량목재 사용
	조립 및 설치	수직 · 수평 불균형	· 가설치, 기초콘크리트, 지반다짐 불량, 시공후 목재변형, 측량 부정확
		구조재(보 · 기둥)휨	· 구조체 건조불량, 목재결의 부적합, 현장가공 부적합
		기초침하 및 노출	· 수준측량 불량, 불충분한 지반다짐, 협소한 작업공간, 연약지반
		목재 조립불량	· 부적절한 연결재 선택, 조립기술 부족, 연결방법 부적합
		미끄럼판 연결 불량	· 연결방법 부적합, 스테인리스 판재의 부적합
철재시설	재 료 품 질	K S 규격 미달	· 불량철재 사용, 검사기준 미비
	철 부 도 장	녹막이 도장불량	· 불량도장재 사용, 바탕면 불량, 도장기술불량, 재도장 불량, 기상부적합
		철부 도장불량	· 불량도장재 사용, 바탕면 불량, 도장기술불량, 보양불량, 기상부적합
	철 부 마 감	마감불량	· 마무리 기술 부족, 마감처리기준 미비, 선행작업 불량
	용 접	용접불량	· 용접봉 불량, 용접모재 불량, 용접기술 불량, 용접 방법 부적합, 기상부적합
	용접 · 조립 및 설치	작동불량	· 베어링 등 연결재 불량, 설계 부실, 시공기준 미비, 구조계산 부실
		수직 · 수평 불균형	· 가설치 불량, 기초콘크리트 타설 불량, 지반침하, 불량재료 사용, 측량 부정확, 검사기준 미비
		구조재(보 · 기둥)휨	· 구조재 부적합, 현장가공 부정확
		기초침하 및 노출	· 수준측량 불량, 불충분한 지반다짐, 작업공간 협소, 연약지반, 거푸집 불량

5) 품질은 단계별로 다양한 원인이 작용하게 된다. 시공후 품질을 분석하기 위해서는 시공후의 이용자 요인과 관리요인을 고려해야 하지만 본 연구에서의 시공품질은 그 이전단계이므로 이러한 요인은 배제된다.

포장시설	포장재료 (공통)	콘크리트 포장면 균열	· 강도부족, 함수비, 시공법 미준수, 보양불량, 원지반 다짐 불량, 줄눈 부실, 기상부적합
		포장재료 강도부족	· 강도부족, 보양불량, 작업환경 불량
		투수콘 표층 파손	· 가열온도 부적정, 입자크기 부적합, 다짐불량, 보양불량, 기상조건 불량
		투수성 낮음	· 부적절한 공법선택, 입도부적합, 다짐 및 포설불량, 불투수층 지반
		색체 다름	· 포장재 불량, 보양불량, 시공방법 차이
	기초및다짐	기초 불량	· 강도부족, 입경 부적합, 시공법 미준수, 보양불량, 기상조건 불량
		다짐 불량	· 지반다짐불량, 연약지반, 작업공간 부족, 기층재료(재료입도) 부적합
		포장재 들뜸	· 접속재료 불량, 줄눈 불량, 기상조건 부적합
	연결및결속	연결부위 불량	· 부적절한 공법선택, 연결재 불량, 연결방법 불량
		줄눈 불량	· 줄눈재 불량, 설계도면 부실
		포장재료 이탈	· 부적절한 공법선택, 포장재료 불량, 기능공 숙련도 부족
	표면배수	표면배수 불량	· 부적절한 표면배수설계, 표면구배 불량, 지반다짐 불량, 작업공간 부족
	마감	마감불량	· 부적절한 공법, 소규모 공간 작업, 검사기준 미비, 보양불량
기반구조시설	맹암거 배수	배수불량	· 맹암거 설계부실, 유공관 · 부직포 · 골재 불량, 시공불량, 토양부적합
		시설기초의 교차	· 설계 부실, 설계변경 및 현장조치 부실, 협소한 작업공간
	배수관 배수	집수시설 연결불량	· 설계 부실, 연결재 없음, 협소한 작업공간
		배수관 연결불량	· 설계 부실, 연결재 없음, 협소한 작업공간
	석축 및 옹벽	전도 및 침하	· 설계 부실, 콘크리트 및 마감재 부적합, 지반다짐 불량, 조적 · 축석 불량, 연약지반
		균열	· 설계 부실, 몰탈 및 콘크리트 불량, 줄눈재 불량, 시공법 미준수, 보양불량, 기상환경
		표면마감불량	· 부적절한 공법, 소규모 공간 작업, 검사기준 미비, 보양불량, 거푸집 불량
	모래막이	균열	· 설계 부실, 콘크리트 강도부족, 시공법 미준수, 원지반 다짐 불량, 보양불량, 작업공간 협소
		침하	· 설계 부실, 다짐불량, 연약지반, 작업공간 협소
		표면마감불량	· 부적절한 공법, 소규모 공간 작업, 검사기준 미비, 재료강도 부족, 거푸집 조기해체, 보양불량
	경계석	기초불량	· 콘크리트 강도부족, 시공법 미준수, 보양불량, 작업공간 협소
		강도낮음	· 강도부족, 표면파손
		선형불량	· 지나친 곡선사용, 곡선반경이 부정확, 숙련도 낮음, 설계기준 부적절
수경시설	분수 및 연못	방수부실	· 방수법 부적합, 방수재료 · 방수기술 · 보양 불량, 관련공종과의 마찰, 기상조건 불량
		기계설비접속	· 기계 · 전기설비재료 불량, 숙련도 낮음, 작업의 비효율성
		구조체 부실	· 설계부실, 콘크리트 강도부족, 숙련도 낮음, 작업의 비효율성
기타시설	화장실	전반적 품질저하	· 설계부실, 재료 불량, 숙련도 낮음, 작업의 비효율성, 공종의 복잡
	음수대	내구성 낮음	· 설계부실, 재료 불량, 숙련도 낮음, 작업의 비효율성
		동파방지시설불량	· 설계부실, 재료불량, 시공불량

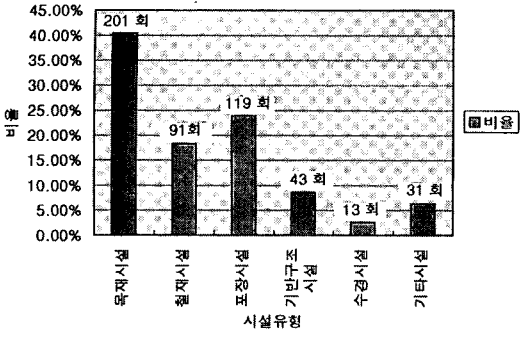
Ⅲ. 시공품질 문제점 분석

3.1 문제점 분석[6)]

시설유형별로는 목재시설 201회(40.36%), 포장시설 119회(23.90%), 철재시설 91회(18.27%), 기반구조시설 43회(8.63%), 기타시설 31회(6.22%)로서 주로 목재 및 철재를 주요재료로 하는 유희 · 휴게시설과 포장시설의 시공품질 문제점을 지적하였다. 시공품질 문제점 유형별로는 목재품질 90회(18.07%), 철재용접 52회(10.44%), 포장시설 배수 48회(9.24%), 목재방부 44회(8.83%), 목재시설 조립 및 설치 33회(6.63%), 포장재료 28회(5.62%), 포장 기초 및 다짐 23회(4.62%), 화장실 20회(4.02%), 포장시설 연결 및 접속 16회(3.21%)의 순으로 분석되었으며, 문제점 항목별로는 목재균열 55회(11.05%), 철재용접불량 52회(10.44%), 포장배수불량 46회(9.24%), 목재방부불량 44회(8.84%), 화장실 품질불량 20회(4.02%), 목재뒤틀림 15회(3.01%), 철재마감불량 13

6) 시공품질 문제점은 시공품질의 문제점에 대한 설문조사자료분석을 기초로 하며, 전체빈도에 대한 문제점별 빈도비율을 백분율계수로 환산하여 품질관리항목의 중요도를 산출하기 위한 변수값으로 취하였다.

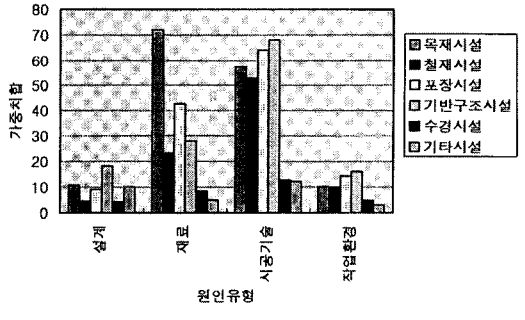
회(2.61%), 목재옹이, 목재도장불량, 목재마감불량, 포장기초불량, 맹암거 배수불량은 각각 11회(2.21%)로 분석되어 목재의 현장외부가공과 철재 및 목재의 현장조립 및 설치, 포장시설의 배수 및 지반안정과 관련된 시공에 많은 문제가 있는 것으로 나타났다.(표 2 참조)



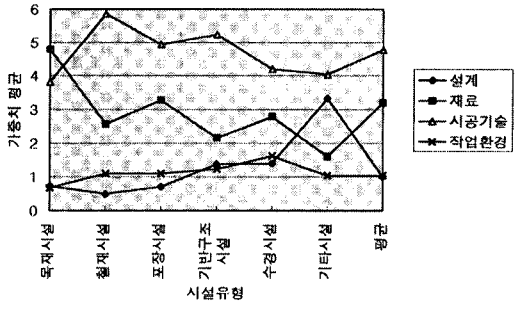
〈그림 1〉 시설유형별 문제점

3.2 문제점의 원인분석

조경시설 시공품질 문제점의 원인별 가중치[7]는 설계 56.32(M:1.01), 재료 178.68(M:3.19), 시공기술 266.74(M:4.76), 작업환경 58.26(M:1.04)로 시공품질 문제점의 원인으로 시공기술과 재료요인이 품질문제의 주요원인으로 분석된 반면 작업환경과 설계요인은 상대적 비중이 낮은 것으로 나타났다. 문제점 항목수와 가중치 평균값에 의해 결정되는 시설유형별 가중치 합은 목재시설의 재료(71.87), 기반구조시설의 시공기술(68.03), 포장시설의 시공기술(64.11), 목재시설의 시공기술(57.27), 철재시설의 시공기술(52.64), 포장시설의 재료(42.56) 등의 시공기술 및 재료요인에서 높게 나타났다. 그러나 시설유형별 가중치 평균에서는 목재시설은 설계(M:0.71), 재료(M:4.79), 시공기술(M:3.82), 작업환경(M:0.68)으로 재료요인의 가중치가 높은 반면, 철재시설은 설계(M:0.49), 재료(M:2.56), 시공기술(M:5.85), 작업환경(M:1.10)으로 시공기술요인의 가중치가 높게 나타났다. 포장시설은 설계(M:0.70), 재료(M:3.27), 시공기술(M:4.93), 작업환경(M:1.10)으로 전체평균과 유사하게 분석되었으며, 기반구조시설은 설계(M:1.38), 재료(M:2.15), 시공기술(M:5.23), 작업환경(M:1.24)로 재료요인의 가중치가 낮은 반면 설계, 시공, 작업환경요인의 비중이 높았다. 수경시설은 설계(M:1.40), 재료(M:2.79), 시공기술(M:4.19), 작업환경(M:1.62)으로 재료 및 시공요인의 가중치가 낮은 반면 설계 및 작업환경요인의 비중이 높았으며, 기타시설에서는 설계(M:3.34), 재료(M:1.60), 시공기술(M:4.03), 작업환경(M:1.03)으로 재료요인이 낮은 반면 설계요인의 가중치가 높게 나타났다.



〈그림 2〉 시설유형 · 원인별 가중치 합



〈그림 3〉 시설유형 · 원인별 가중치 평균

7) 문제점의 원인별 가중치는 설계, 재료, 시공기술, 작업환경요인으로 구분하여 원인별 문제점별 가중치의 합을 10으로하여 시설유형별 · 원인별 가중치의 평균과 합을 구했으며, 전체 문제점의 가중치의 합은 560(56개 문제점항목×문제점별 가중치 10)이다.

문제점별 가중치는 전체적으로 재료요인에서는 목재질의 불균일, K S 규격미달, 포장재료 색체다름, 경계석 강도 낮음, 시공기술요인에서는 목재마감불량, 목재시설 수직·수평 불균형, 철부마감불량, 철재시설 수직·수평불균형, 포장마감불량, 석축·옹벽의 표면마감불량, 모래막이 표면마감불량(M:9.0이상)이 높게 나타나 이러한 문제점에서는 재료나 시공기술요인이 시공품질의 주요원인으로 작용하고 있다.

원인별로는 설계요인의 가중치에서는 목재시설의 긴결재 녹발생, 목재 방부불량, 미끄럼판 연결불량, 철재시설의 구조재 휨, 포장시설의 연결부위불량, 포장재료 이탈, 표면배수불량, 기반구조시설의 맹암거 시설기초와 교차, 집수시설 연결불량, 석축 및 옹벽의 전도 및 침하, 경계석 선형불량, 수경시설의 방수부실, 구조체 부실, 기타시설의 화장실 품질저하, 음수대 내구성 낮음, 동파방지시설불량(M:2.0이상)이 상대적으로 높게 나타났으며, 특히 목재시설의 긴결재 녹발생, 철재시설의 구조재 휨, 맹암거 시설기초의 교차, 음수대 동파방지시설불량(M:3.0이상)이 매우 높게 분석되었다.

재료요인에서는 목재시설의 균열, 뒤틀림, 파손, 옹이, 목재질의 불균일, 긴결재 녹발생, 스테인리스 부재불량, 목재방부불량, 구조재 휨, 철재시설의 K S 규격미달, 작동불량, 포장시설의 재료강도 부족, 색체 다름, 기반구조시설의 경계석 강도낮음(M:4.0이상)에서 가중치가 높게 분석되었고, 이중에서도 목재질의 불균일, K S 규격미달, 포장재료 색체다름, 경계석 강도 낮음(M:9.0이상)은 매우 높게 분석되어 재료요인이 시공품질의 문제점의 결정적인 원인으로 분석되었다.

시공기술요인은 목재시설의 목재파손, 목재도장불량, 목재마감불량, 수직·수평 불균형, 기초침하 및 노출, 목재조립불량, 미끄럼판 연결불량, 철재시설의 녹막이 도장불량, 철부도장불량, 마감불량, 용접불량, 작동불량, 수직·수평 불균형, 구조재 휨, 기초침하 및 노출, 포장시설의 콘크리트 포장면 균열, 투수콘 표층파손, 기초불량, 다짐불량, 포장재 들뜸, 연결부위 불량, 줄눈 불량, 포장재료 이탈, 표면배수 불량, 마감불량, 기반구조시설 문제점, 수경시설의 방수부실, 기계설비 접속, 기타시설의 동파방지시설불량(M:4.0이상)에서 가중치가 높게 나타났으며, 이중에서 목재마감불량, 목재시설 수직·수평 불균형, 철부마감불량, 철재시설 수직·수평불균형, 포장마감불량, 석축·옹벽의 표면마감불량, 모래막이 표면마감불량(M:9.0이상)은 시공기술요인이 문제점의 주요 원인으로 나타났다.

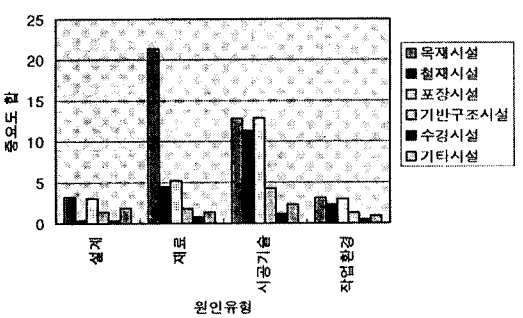
작업환경요인은 목재시설의 옹이, 목재 도장불량, 기초침하 및 노출, 철재시설의 녹막이 도장불량, 철부 도장불량, 기초침하 및 노출, 포장시설의 투수콘 표층파손, 기초다짐불량, 포장재 들뜸, 기반구조시설의 배수불량, 모래막이 침하, 수경시설의 기계설비접속(M:2.0이상)에서 가중치가 높게 분석되었다.

이러한 문제점의 분석결과를 종합하면, 목재시설의 경우 목재의 소재특성, 제재, 건조, 방부, 가공과정상의 목재의 품질에 대한 기준과 가공과정의 표준화의 미비로 인하여 목재품질이 불안정한 상태이며, 이로 인하여 현장에서 품질관리에 많은 어려움을 가져다 주는 요인이 되고 있으며, 철재시설은 사용되는 재료인 강관, 철판, 용접 및 긴결재 등이 대부분 표준화되어 있어 재료요인은 상대적으로 낮은 원인이 되는 반면, 철재접합을 위한 용접기술 및 시공과정의 복잡과 철재의 녹슬음 현상에 대한 부식방지기술 등의 시공기술요인이 문제점의 주요 원인으로 부각되었다. 포장시설은 비표준화된 공장생산과정과 적절한 품질기준이 미비한 것에 기인된 문제가 발생되며, 시공기술요인의 경우 조경시설공사 현장이 대부분 소규모이거나 현장이 분산되어 있어 기계화시공이 어려우며, 적절한 품질관리기준이 미비된 것이 문제의 원인으로 나타났다. 기반구조시설도 공종특성상 재료의 완성도가 낮으며, 주로 현장에서 작업이 이루어지기 때문에 시공기술요인이 시공품질의 주요원인으로 나타나고 있으며, 기타시설인 화장실과 음수대는 시공이전단계의 설

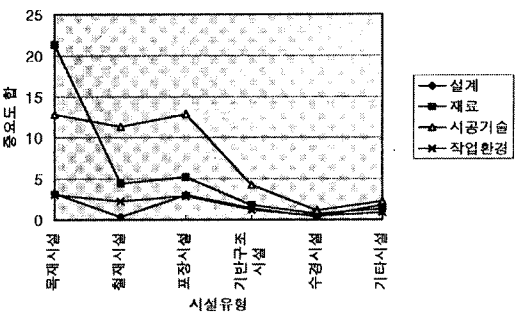
계요인에 의해 시공품질의 문제가 상대적으로 높게 나타나는데 이것은 소규모 다공종의 시설 특성이 크게 작용한 것이다. 이러한 시공품질의 문제점과 원인을 사전에 예방하기 위해서는 목재시설의 재료품질의 안정화, 철재시설의 현장시공기술의 보완, 소규모 다공종의 특성에 적합한 시공기술의 개발, 공장생산방식의 도입이 요구된다.

3.3 품질관리항목의 중요도[8] 분석

조경시설의 원인별 중요도는 설계(10.07), 재료(34.74), 시공기술(44.43), 작업환경(10.76)으로 시공기술 및 재료요인의 중요도가 높게 분석되었다. 시설유형별 중요도는 목재시설은 설계(3.19), 재료(21.34), 시공(12.78), 작업환경(3.05)으로 재료 및 시공요인의 중요도가 높게 나타났고, 철재시설은 설계(0.36), 재료(4.41), 시공기술(11.28), 작업환경(2.22)로 시공기술요인의 중요도가 높게 분석되었으며, 포장시설은 설계(3.00), 재료(5.17), 시공기술(12.83), 작업환경(2.90)으로 시공기술요인의 중요도가 높게 나타났다. 그러나 기반구조시설은 설계(1.40), 재료(1.78), 시공기술(4.20), 작업환경(1.25), 수경시설은 설계(0.33), 재료(0.72), 시공기술(1.11), 작업환경(0.45), 기타시설은 설계(1.79), 재료(1.33), 시공기술(2.23), 작업환경(0.88)으로 중요도가 높지 않게 분석되었다.



〈그림 4〉 시설유형 · 원인별 중요도 합

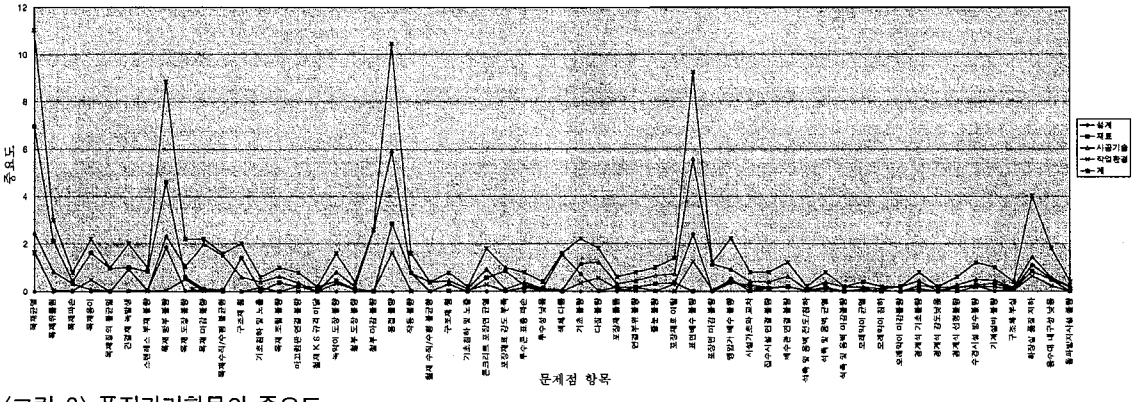


〈그림 5〉 시설유형 · 원인별 중요도 평균

요인별로 상대적인 분석을 한 결과, 설계요인의 중요도는 목재시설의 긴결재 녹발생(0.94), 목재 방부불량(1.85), 포장시설 표면배수불량(2.41), 화장실 전반적 품질저하(1.10), 재료요인의 중요도는 목재시설의 균열(6.95), 뒤틀림(2.12), 옹이(1.63), 목재질의 불균일(0.96), 긴결재 녹발생(1.01), 스텐레스 부재불량(0.85), 방부불량(4.59), 구조재 휨(1.41), 철재시설의 용접불량(2.86), 작동불량(0.78), 포장시설의 재료강도 부족(0.86), 색체 다름(1.55), 기초불량(0.71), 화장실의 전반적 품질저하(0.84)에서 높게 분석되었다. 또한 시공기술요인의 중요도는 목재시설의 균열(2.46), 뒤틀림(0.84), 방부불량(2.34), 도장불량(1.06), 마감불량(2.00), 수직 · 수평 불균형(1.52), 철재시설의 녹막이 도장불량(0.82), 마감불량(2.58), 용접불량(5.93), 작동불량(0.78), 포장시설의 콘크리트 포장면 균열(0.93), 기초불량(1.15), 다짐불량(1.23), 포장재료 이탈(0.73), 표면배수불량(5.57), 마감불량(1.14), 기반구조시설은 배수불량(0.92), 화장실의 전반적 품질저하(1.45)에서 중요도가 높게 나타났으며, 작업

8) 품질관리항목의 중요도는 〔문제점별 백분율 계수×원인별 가중치 / 10〕으로 산출하여 전체 합은 100이며, 따라서 문제점별 백분율 계수와 원인별 가중치가 클수록 중요도는 높아지게 되며, 중요도가 높아질수록 시공품질의 문제점을 개선하기 위한 품질관리항목으로서의 중요성이 커진다.

환경요인에서는 목재시설의 균열(1.64), 철재시설 용접불량(1.65), 표면배수 불량(1.25)이 높게 분석되었다. 이중에서도 재료원인중 목재균열, 목재뒤틀림, 목재방부불량, 철재 용접불량, 시공기술요인의 목재균열, 목재방부 불량, 철재 마감불량, 철재 용접불량의 중요도(중요도 2.0 이상)가 높게 분석되어 시공중 품질관리의 주요항목으로 분석되었다.



〈그림 6〉 품질관리항목의 중요도

〈표 2〉 시공품질 문제점 및 원인

구분	문제점				원인											
	유형	항목	빈도	백분율	설계(D)			재료(M)			시공기술(C)			작업환경(E)		
					가중치		중요도	가중치		중요도	가중치		중요도	가중치		중요도
				계수	Mean	STD		Mean	STD		Mean	STD		Mean	STD	
목재시설	목재품질	· 균열	55	11.05	0.000	0.000	0.0000	6.290	1.101	6.9505	2.226	0.717	2.4597	1.484	0.769	1.6398
		· 뒤틀림	15	3.01	0.000	0.000	0.0000	7.032	1.140	2.1166	2.774	0.956	0.8350	0.194	0.542	0.0584
		· 파손	4	0.80	0.000	0.000	0.0000	5.387	1.945	0.4310	4.194	1.869	0.3355	0.419	0.807	0.0335
		· 옹이	11	2.21	0.000	0.000	0.0000	7.387	1.116	1.6325	0.387	1.229	0.0856	2.226	1.230	0.4919
		· 목재질의불균일	5	1.00	0.000	0.000	0.0000	9.612	0.803	0.9612	0.323	0.748	0.0323	0.065	0.359	0.0065
	연결 · 부속재	· 긴결재녹발생	10	2.01	4.677	2.151	0.9401	5.032	2.073	1.0114	0.194	0.601	0.0390	0.097	0.539	0.0195
		· 스텐레스부재불량	5	1.00	0.581	2.248	0.0581	8.484	2.644	0.8484	0.774	1.586	0.0774	0.161	0.898	0.0161
	목재방부	· 목재방부불량	44	8.84	2.097	1.513	1.8537	5.193	1.905	4.5906	2.645	1.872	2.3382	0.065	0.359	0.0575
	목재도장	· 목재도장불량	11	2.21	0.129	0.718	0.0285	2.710	1.442	0.5989	4.806	1.740	1.0621	2.355	1.142	0.5205
	목부마감	· 목재마감불량	11	2.21	0.355	1.081	0.0785	0.484	1.180	0.1070	9.032	1.581	1.9960	0.129	0.718	0.0285
	조립및설치	· 수직/수평불균형	8	1.61	0.000	0.000	0.0000	0.484	1.525	0.0779	9.451	1.546	1.5216	0.065	0.359	0.0105
		· 구조재(보 · 기둥)휨	10	2.01	0.000	0.000	0.0000	7.000	1.342	1.4070	3.000	1.342	0.6030	0.000	0.000	0.0000
		· 기초침하및노출	3	0.60	0.000	0.000	0.0000	0.516	2.014	0.0310	6.645	1.799	0.3987	2.839	1.485	0.1703
		· 목재조립불량	5	1.00	0.000	0.000	0.0000	3.677	1.400	0.3677	6.323	1.400	0.6323	0.000	0.000	0.0000
		· 미끄럼판연결불량	4	0.80	2.871	1.310	0.2297	2.581	1.285	0.2065	4.516	1.525	0.3612	0.032	0.180	0.0026
	소 계		201	40.36	10.710	(0.714)	3.1886	71.869	(4.791)	21.3382	57.290	(3.819)	12.7776	10.131	(0.676)	3.0556
철재시설	재료품질	· KS규격미달	1	0.20	0.000	0.000	0.0000	9.387	1.606	0.1877	0.129	0.718	0.0026	0.484	1.480	0.0097
	철부도장	· 녹막이도장불량	8	1.61	0.000	0.000	0.0000	2.742	1.570	0.4415	5.064	1.413	0.8153	2.194	1.327	0.3532
		· 철부도장불량	2	0.40	0.065	0.359	0.0027	2.581	1.455	0.1032	5.096	1.795	0.2038	2.258	1.460	0.0903
	철부마감	· 마감불량	13	2.61	0.000	0.000	0.0000	0.000	0.000	0.0000	9.871	0.499	2.5763	0.129	0.499	0.0337
	용접	· 용접불량	52	10.44	0.000	0.000	0.0000	2.742	1.437	2.8626	5.677	1.600	5.9268	1.581	0.888	1.6506
	용접 · 조립및설치	· 작동불량	8	1.61	0.226	0.717	0.0364	4.839	2.131	0.7790	4.870	1.945	0.7841	0.065	0.359	0.0105
		· 수직 · 수평불균형	2	0.40	0.000	0.000	0.0000	0.065	0.359	0.0026	9.677	1.077	0.3871	0.258	1.032	0.0103
		· 구조재(보 · 기둥)휨	4	0.80	3.935	2.502	0.3148	0.324	1.194	0.0259	5.645	2.470	0.4516	0.096	0.396	0.0077
		· 기초침하및노출	1	0.20	0.161	0.638	0.0032	0.419	1.669	0.0084	6.614	1.430	0.1323	2.806	1.327	0.0561
	소 계		91	18.27	4.387	(0.487)	0.3571	23.099	(2.567)	4.4109	52.643	(5.849)	11.2799	9.871	(1.097)	2.2221

포장시설	포장재료(공통)	· 콘크리트포장면균열	9	1.81	0.000	0.000	0.0000	3.194	1.447	0.5781	5.161	1.772	0.9342	1.645	0.984	0.2977
		· 포장재료강도부족	5	1.00	0.097	0.539	0.0097	8.645	2.273	0.8645	1.032	1.816	0.1032	0.226	0.956	0.0226
		· 투수콘표층파손	4	0.80	0.000	0.000	0.0000	3.129	1.586	0.2503	4.806	1.352	0.3845	2.065	1.315	0.1652
		· 투수성낮음	2	0.40	1.790	1.124	0.0716	3.661	1.434	0.1464	2.823	1.005	0.1129	1.726	0.874	0.0691
		· 색체다름	8	1.61	0.000	0.000	0.0000	9.613	1.174	1.5477	0.387	1.174	0.0623	0.000	0.000	0.0000
	기초및다짐	· 기초불량	11	2.21	0.000	0.000	0.0000	3.226	1.407	0.7129	5.193	1.682	1.1477	1.581	0.886	0.3494
		· 다짐불량	9	1.81	0.000	0.000	0.0000	0.161	0.638	0.0291	6.774	1.454	1.2261	3.065	1.413	0.5548
		· 포장재들뜸	3	0.60	0.000	0.000	0.0000	2.870	1.088	0.1722	5.195	1.424	0.3117	1.935	0.998	0.1161
	연결및결속	· 연결부위불량	4	0.80	2.129	1.231	0.1703	2.258	0.855	0.1806	5.548	1.710	0.4438	0.065	0.359	0.0053
		· 줄눈불량	5	1.00	0.161	0.637	0.0161	3.161	1.828	0.3161	6.581	1.945	0.6581	0.097	0.539	0.0097
		· 포장재료이탈	7	1.41	2.258	1.125	0.3184	2.548	1.121	0.3593	5.194	1.759	0.7323	0.000	0.000	0.0000
	표면배수	· 표면배수불량	46	9.24	2.613	1.308	2.4144	0.000	0.000	0.0000	6.032	1.560	5.5736	1.355	0.985	1.2520
	마감	· 마감불량	6	1.21	0.000	0.000	0.0000	0.097	0.539	0.0118	9.387	1.283	1.1358	0.516	1.208	0.0624
	소 계		119	23.90	9.048(0.696)		3.0005	42.563(3.274)		5.1690	64.113(4.932)		12.8262	14.276(1.098)		2.9043
기반구조시설	맹암거배수	· 배수불량	11	2.22	1.629	0.894	0.3616	2.242	1.147	0.4977	4.145	1.409	0.9203	1.984	1.519	0.4404
		· 시설기초의교차	4	0.80	3.226	1.606	0.2581	0.000	0.000	0.0000	5.064	1.590	0.4051	1.710	1.270	0.1368
	배수관배수	· 집수시설연결불량	4	0.80	1.952	0.934	0.1562	1.661	1.091	0.1329	4.919	1.592	0.3935	1.468	0.865	0.1174
		· 배수관연결불량	6	1.21	1.661	0.961	0.2010	1.694	1.116	0.2050	5.145	1.444	0.6225	1.500	0.827	0.1815
	석축및옹벽	· 전도및침하	1	0.20	2.081	1.415	0.0416	1.532	0.865	0.0306	4.403	1.474	0.0881	1.984	1.307	0.0397
		· 균열	4	0.80	1.661	1.387	0.1329	2.242	1.175	0.1794	4.726	1.316	0.3780	1.371	0.816	0.1097
		· 표면마감불량	1	0.20	0.129	0.499	0.0026	0.129	0.718	0.0026	9.516	0.996	0.1903	0.226	0.617	0.0045
	모래막이	· 균열	2	0.40	1.306	0.989	0.0522	2.855	1.479	0.1142	4.629	1.402	0.1852	1.210	0.929	0.0484
		· 침하	1	0.20	1.710	1.311	0.0342	0.000	0.000	0.0000	5.420	1.803	0.1084	2.871	1.432	0.0574
		· 표면마감불량	1	0.20	0.000	0.000	0.0000	0.129	0.718	0.0026	9.677	0.909	0.1935	0.194	0.601	0.0039
	경계석	· 기초불량	4	0.80	0.000	0.000	0.0000	3.065	1.548	0.2452	5.580	1.478	0.4464	1.355	1.018	0.1084
		· 강도낮음	1	0.20	0.000	0.000	0.0000	9.484	1.842	0.1897	0.355	1.644	0.0071	0.161	0.898	0.0032
		· 선형불량	3	0.60	2.613	1.334	0.1568	2.935	1.436	0.1761	4.452	1.410	0.2671	0.000	0.000	0.0000
	소 계		43	8.63	17.968(1.382)		1.3972	27.968(2.151)		1.7760	68.030(5.233)		4.2055	16.034(1.234)		1.2513
수경시설	분수및연못	· 방수부실	6	1.21	1.984	0.917	0.2401	2.242	0.717	0.2713	4.177	1.242	0.5054	1.597	1.241	0.1932
		· 기계설비접속	5	1.00	0.081	0.449	0.0081	3.371	1.612	0.3371	4.532	1.408	0.4532	2.016	1.345	0.2016
		· 구조체부실	2	0.40	2.145	1.311	0.0858	2.758	1.147	0.1103	3.855	1.421	0.1542	1.242	0.903	0.0497
	소 계		13	2.61	4.210(1.403)		0.3340	8.371(2.790)		0.7187	12.564(4.188)		1.1128	4.855(1.619)		0.4445
기타시설	화장실	· 전반적품질저하	20	4.02	2.726	1.094	1.0958	2.081	0.967	0.8366	3.596	1.344	1.4456	1.597	1.294	0.6420
	음수대	· 내구성낮음	9	1.81	2.855	1.149	0.5168	2.726	1.264	0.4934	3.145	1.273	0.5692	1.274	1.109	0.2306
		· 동파방지시설불량	2	0.40	4.419	1.232	0.1768	0.000	0.000	0.0000	5.355	1.404	0.2142	0.226	1.257	0.0090
	소 계		31	6.23	10.000(3.333)		1.7894	4.807(1.602)		1.3300	12.096(4.032)		2.2290	3.097(1.033)		0.8816
계			498	100.00	56.323(1.006)		10.0668	178.677(3.191)		34.7428	266.736(4.763)		44.4310	58.264(1.040)		10.7594

Ⅳ. 결 론

조경시설공사의 품질관리를 효율적으로 하기 위해서는 조경시설공사의 세부공종에 대한 품질관리항목의 중요성에 입각한 품질관리를 하여 사전에 이러한 문제를 방지하려는 노력이 필요하다. 본 연구에서는 시공품질의 문제점과 원인을 규명하였고, 이를 기초로하여 품질관리 항목의 중요성에 대한 분석을 하였으며, 연구의 주요결과는 다음과 같다.

(1) 시공품질은 목재시설, 포장시설, 철재시설, 기반구조시설, 기타시설, 수경시설의 순으로 문제점의 빈도가 높게 분석되었고, 이중에서 목재시설, 포장시설, 철재시설의 문제점 빈도의 합은 전체의 82.53%를 차지하였으며, 문제점 항목별로는 목재균열(11.05%), 철재용접불량(10.44%), 포장배수불량(9.24%), 목재방부불량(8.84%)의 4개 항목이 전체의 39.57%를 차지하여 조경시설공사 품질관리의 주요 문제점으로 분석되었다.

(2) 문제점의 원인은 전체적으로는 시공기술요인(4.76), 재료요인(3.19)이 높은 가중치

를 가지는 반면, 작업환경요인(1.04)과 설계요인(1.01)은 가중치가 낮게 분석되어, 현장에서 발생하는 시공품질 문제점의 원인으로 시공기술요인과 재료요인의 비중이 높게 나타났다. 시설별로 전체평균과의 비교분석결과 목재시설은 재료의 특성, 가공기술의 비표준화, 품질관리기준의 불명확성에 기인된 재료요인, 철재시설은 현장에서의 복잡한 시공과정에 의해 기인된 시공기술요인, 포장시설과 기반구조시설은 현장위주의 시공으로 인한 시공기술요인, 수경시설과 기타시설은 설계요인의 비중이 상대적으로 높게 분석되었다.

(3) 조경시설공사 시공품질의 원인별 중요도는 설계(10.07), 재료(34.74), 시공기술(44.43), 작업환경(10.76)으로 시공기술 및 재료요인의 중요도가 높게 분석되었다. 이중에서도 재료원인중 목재균열(6.95), 목재뒤틀림(2.12), 목재방부불량(4.59), 철재 용접불량(2.86), 시공기술요인의 목재균열(2.46), 목재방부 불량(2.34), 철재 마감불량(2.58), 철재 용접불량(5.93) 등의 품질관리항목의 중요도(중요도 2.0 이상)가 높게 분석되어 시공중 품질관리의 주요항목으로 분석되었다.

본 연구결과는 그동안 현장경험에 의해 시행되던 조경시설공사의 품질관리의 새로운 정보를 제공한다는 의미가 있다. 구체적으로는 조경시설공사의 시공품질의 문제와 원인을 규명하였기 때문에 이러한 문제점을 사전에 관리할 수 있는 자료로 활용가능하며, 제시된 품질관리항목의 중요도는 효율적인 품질관리를 위해 중요도가 높은 품질관리항목을 중점적으로 관리하기 위한 지표로 이용할 수 있다. 그러나 본 연구를 진행함에 있어 시공품질의 문제점을 설문조사를 통한 간접자료에 근거하여 진행되었기 때문에 시공경험이 적은 시설은 상대적으로 낮은 것으로 분석되거나 특정시설에 중복적으로 응답되는 결과가 발생할 수 있는 개연성이 있다.

본 연구는 시공중에 발생되는 품질의 문제점에 대하여 연구를 진행하였으므로 하자 등의 시공후 품질에 대한 연구가 필요하며, 또한 설계, 재료, 시공기술, 작업환경요인 이외의 관리요인, 이용자요인 등의 추가적인 원인의 작용에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 건설부(1988), 『조경공사표준시방서』.
2. 건설교통부(1996), 『조경공사표준시방서』.
3. 김문한(1992.3), "건설업에서의 공사관리의 중요성", 『월간건설』, 17(3):27-33.
4. 대한주택공사(1993), 『공사감독실무요령(기술)』, 798-815.
5. 대한주택공사(1994), 『조경공사 CHECKLIST』, 24-45.
6. 이배호(1985.5), "건설공사관리의 제문제", 『월간건설』, 10(5), 36-37.
7. 이상석(1995), 『조경시설공사의 품질관리요인 분석연구』, 서울시립대학교 대학원 조경학과 박사학위논문, 95-99.
8. 이상헌, 이현수, 김문한(1996. 4), "건설공사 하자분석을 통한 품질관리 중점항목 선정방법", 『대한건축학회 논문집』, 12(4):301-309.
9. 이현수 외 4인(1996. 4), "건설공사 품질관리 시스템 개발에 관한 연구", 『대한건축학회 논문집』, 12(4):291-300.
10. 한국건설기술연구원(1987), 건설공사 품질관리에 관한 연구, 84-142.
11. Drewin F. J. · 이배호 역(1986), 『건설공사 생산성론』, 구미회관, 4.
12. Barrie, Donald S. and Paulson, Boyd C.(1992), Professional Construction *Management*, NewYork:McGraw-Hill:180-201.
13. Bernold, Leonhard E.(June 1989), "Simulation of Nonsteady Construction Processes", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.115 No.2, NewYork:ASCE:166.
14. Burati Jr., Farrington J. J., and Ledbetter, W. B.(March 1992), "Causes of Quality Deviations in Design & Construction", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.118 No.1, NewYork:ASCE:34-49.
15. Gilly, Bruno A., Touran, Ali, and Asai, Toshiyuki(September 1987), "Quality Control Circles in Construction", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.113 No.3, NewYork:ASCE:427-439.
16. Levy, Sidney M.(1994), *Project Management in Construction*, NewYork:McGraw-Hill, Inc.:78-81.
17. Maloney, William F. et. al.(December 1990), "Modeling Construction Labor Productivity", *Journal of Construction Engineering and Management*, Vol.116 No.4, NewYork:ASCE:705-726.