



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학박사 학위논문

아시아 3국의 건설공사 설계오류
원인과 영향분석

Analysis of Cause and Effect of Design Errors of
Construction Projects in three Asian Countries



2015년 2월

부경대학교 대학원

건설관리공학협동과정

권준안

공학박사 학위논문

아시아 3국의 건설공사 설계오류
원인과 영향분석

Analysis of Cause and Effect of Design Errors of
Construction Projects in three Asian Countries



지도교수 김 수 용

이 논문을 공학박사 학위논문으로 제출함.

2015년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

건설관리공학협동과정

권 준 안

권준안의 공학박사 학위논문을 인준함.

2015년 2월



주 심 농학박사 이 영 대 (인)

위 원 공학박사 이 수 용 (인)

위 원 공학박사 이 종 출 (인)

위 원 공학박사 문 성 우 (인)

위 원 공학박사 김 수 용 (인)

목 차

표 목 차	vii
그림목차	xi
국문요약	xiii
제 1 장 서론	
1.1 연구 배경	1
1.2 연구 목적	3
1.3 연구 내용	4
1.4 연구 한계	4
제 2 장 문헌연구	
2.1 연구의 이론적 근거	6
2.2 설계오류의 정의	7
2.3 설계 오류의 개념적 구분	8
2.4 설계오류의 원인	13
2.5 설계 오류의 영향	17
2.5.1 설계오류 영향 선행연구	17
2.5.2 설계에서 컨설턴트 역할	19
2.5.3 설계에서 발주자 역할	21
2.6 설계오류 저감 전략	23

제 3 장 자료수집 및 분석방법

3.1 자료수집	26
3.1.1 자료수집방법	26
3.1.2 설문조사	27
3.2 자료분석 방법	31
3.2.1 자료분석 절차	31
3.2.2 기술 통계량	33
3.2.3 요인분석	40

제 4 장 결과 및 고찰

4.1 자료분석	44
4.1.1 응답자 정보	44
4.2 나라별 설계오류원인	52
4.2.1 신뢰도 검정	52
4.2.2 설계오류원인 평균값	52
4.2.3 설계오류원인 나라간 동의수준 분석	61
4.2.4 설계오류원인 도출(Acceptance)	68
4.2.5 요인분석	70
4.2.6 요인설명	74
4.3 설계오류 영향	79
4.3.1 신뢰도 검정	79
4.3.2 평균값	79
4.3.3 설계오류영향 나라간 동의수준 분석	86
4.3.4 설계오류영향 도출	91

4.3.5 요인분석(Factor Analysis)	92
4.3.6 요인설명	96

제 5장 설계오류원인 저감대책

5.1 계약조항 삽입	99
5.2 추가비용 부담조항	104
5.3 오류 및 누락에 대한 보험정책	106
5.4 Scrum 모형적용	107
5.4.1 설계절차에서 Scrum model적용	108
5.4.2 Scrum model적용 단계	109
5.5 참여자간 의견교환	111
5.6 설계검토방법 개선	113
5.6.1 현재 설계검토방법	113
5.6.2 개선된 설계검토방법	114
5.7 기술교육 및 훈련	115
5.7.1 현재우리의 기술수준	115
5.7.2 기술향상을 위한 교육 및 훈련	117
5.8 소결	119
5.8.1 설계오류원인 및 영향 분석	119
5.8.2 설계오류 영향 저감대책	121

제 6 장 결론

6.1 설계오류 원인	125
6.2 설계오류 영향	127

6.3 설계오류 저감대책	128
참 고 문 헌	130
ABSTRACT	139
연 구 설 문	142



표 목차

<Table. 2.1> Definition of design error	8
<Table. 2.2> Conceptual taxonomy of design error	9
<Table. 2.3> Propensity for error reduction through people, organization and project	12
<Table. 2.4> Causes of design error	15
<Table. 2.5> Effect of design error	18
<Table. 3.1> Pattern of five point Likert scale questionnaire	27
<Table. 3.2> Description of Likert scale	28
<Table. 3.3> Category of acceptance of variables	34
<Table. 3.4> Practical significance formula for mean comparison	39
<Table. 3.5> Effect size for mean comparison	39
<Table. 3.6> Effect size for correlation	40
<Table. 3.7> Factor analysis process	42
<Table. 4.1> Responses by country	44
<Table. 4.2> Type of affiliated organization	45
<Table. 4.3> Type of affiliated organization in Korea	45
<Table. 4.4> Type of affiliated organization in Vietnam	46
<Table. 4.5> Type of affiliated organization in Nepal	46
<Table. 4.6> Paired samples test	46
<Table. 4.7> Type of owner group	47
<Table. 4.8> Range of industry experience	48
<Table. 4.9> Experienced project parts of respondents	48
<Table. 4.10> Position rank of respondents in organization	49
<Table. 4.11> Position of respondents in organization	49

<Table. 4.12> Particular job nature of respondents	50
<Table. 4.13> Involvement in design error triggered projects	50
<Table. 4.14> Construction project having design error case	51
<Table. 4.15> Case processing summary	52
<Table. 4.16> Reliability statistics	52
<Table. 4.17> Mean value of design error causes with respect to country	53
<Table. 4.18> ANOVA result for cause of design error with respect to country	62
<Table. 4.19> Test of homogeneity of variances	64
<Table. 4.20> Multiple comparisons with Tukey test with respect to countries	65
<Table. 4.21> Multiple comparisons by Dunnett's C tests with respect to countries	67
<Table. 4.22> Accepted causes of design error	69
<Table. 4.23> KMO and Bartlett's test	70
<Table. 4.24> Communalities	71
<Table. 4.25> Total variance explained	72
<Table. 4.26> Results of factor analysis	73
<Table. 4.27> Case processing summary	79
<Table. 4.28> Reliability statistics	79
<Table. 4.29> Mean of effect of design error with respect to countries	80
<Table. 4.30> ANOVA result for effect of design error with respect to countries	86
<Table. 4.31> Test of homogeneity of variances	87
<Table. 4.32> Multiple comparison of means by Tukey test	89
<Table. 4.33> Multiple comparisons with Dunnett's C test	90
<Table. 4.34> Perceived effect of design error	91
<Table. 4.35> KMO and Bartlett's test	92
<Table. 4.36> Extracted communalities value	93

<Table. 4.37> Total variance explained	94
<Table. 4.38> Rotated component matrix	95
<Table. 4.39> Magnitude of economic capacity in construction part	98
<Table. 5.1> Respondents with respect to country	99
<Table. 5.2> Type of organization and country crosstabulation	99
<Table. 5.3> Response on contractual disclaimers	100
<Table. 5.4> Disclaimer provision with respect to country	101
<Table. 5.5> Response for risk bearing party	101
<Table. 5.6> Role of contractor with respect to country	102
<Table. 5.7> Response on contractor's obligation to check documents	103
<Table. 5.8> Response on provision of claim pass to designer	103
<Table. 5.9> Contractor verify details with respect to country crosstabulation	104
<Table. 5.10> Response on extra cost	105
<Table. 5.11> Extra cost bearing parties with respect to countries	106
<Table. 5.12> Response for errors and omission policy of insurance	107
<Table. 5.13> Responses for errors and omissions policy of insurance	107
<Table. 5.14> Level of construction technology with respect to countries	116
<Table. 5.15> Matrix of causes of design error and its effect on project	119

그림 목차

<Fig. 1.1> Structure of the thesis	5
<Fig. 2.1> A general structure of the mechanism of defective design causation (Source: Andi and Minato, 2003) ...	10
<Fig. 2.2> Active and latent failure paths (Source: Andi and Minato, 2003)	10
<Fig. 2.3> Propensity for error reduction through people, organization and Project (Lopez et al, 2010)	12
<Fig. 2.4> Flow chart of design	13
<Fig. 2.5> Effect of design error in design-build project in Korea (cited from Kim,2004)	18
<Fig. 2.6> Relation between project cost over level (cited Faisal H. Al-Muhammadi) ...	19
<Fig. 2.7> Schematic diagram of cost of quality	21
<Fig. 3.1> The research process	26
<Fig. 3.2> Flowchart of analysis process	32
<Fig. 3.3> ANOVA test process	36
<Fig. 3.4> Homogeneity of variance and post hoc test process	37
<Fig. 3.5> Practical significant test process for mean difference	38
<Fig. 4.1> Mean value of design error causes with respect to country	56
<Fig. 4.2> Top 5 causes of design error with respect country	58
<Fig. 4.3> Comparison to degree of agreement with respect to cause of design error	59
<Fig. 4.4> Top 5 causes of design error	68
<Fig. 4.5> Illustrates the diagram of design error cause factors	78
<Fig. 4.6> Mean of effect of design error with respect to countries	82
<Fig. 4.7> Top 5 of Effects of design error with respect to countries	83
<Fig. 4.8> Scateer diagram of effect of design error with respect to countries	84
<Fig. 4.9> Diagram of design error effect factor	97
<Fig. 5.1> Scrum model in design process(cited from Assaf ad AL-Muhammadi, 2007) ...	111

<Fig. 5.2> Reducing the cost of quality(cited from John Bank)	114
<Fig. 5.3> Annual trend of technology level with respect to facilities	115
<Fig. 5.4> Annual trend of technology level in construction sector	116
<Fig. 5.5> Percentage of technological level of Korea to developed countries	117
<Fig. 5.6> Interest education program according to company size	118
<Fig. 5.7> Program of relative interest according to main products	118
<Fig. 5.8> Cause and effect of design error	120
<Fig. 5.9> Strategy to reduce design error and its possible effect	122
<Fig. 5.10> Design error reduction process	124



국 문 요 약

아시아 3국의 건설공사 설계오류 원인과 영향분석

건설관리협동과정 권준안

지도교수 김수용

설계오류는 재시공, 건설분쟁과 같은 문제뿐 만 아니라 여러 가지 실패를 포함하여 건설프로젝트 체계에 심각한 결과를 가져온다. 따라서 프로젝트의 전반적인 결과를 판단하기 위해서는 설계오류의 심각성을 반드시 고려해야만 한다.

따라서 이 번 연구는 건설공사에서의 설계오류원인 및 영향과 건설프로젝트에서 설계오류 저감 대책에 중점을 두었다.

건설프로젝트에서 설계오류의 원인과 영향에다 초점을 맞추어 문헌연구를 수행하였으며, 문헌연구 완료 후 응답자의 인적사항과 프로젝트와 관련된 상세사항, 설계오류의 원인 및 영향과 건설프로젝트에서 설계오류원인 저감대책에 대한 정보수집을 위한 설문지를 만들었다.

이 연구는 아시아의 세 나라 즉, 한국, 베트남 및 네팔에다 기초하였다. 이 세나라는 경제적으로 선진국, 개발도상국 및 저개발국을 나타내고 있다.

문헌으로부터 45개 변수의 설계오류원인 및 22개 변수의 설계오류영향을 탐색하여 연구설문에 포함시켰다. SPSS통계프로그램을 이용하여 자료를 분석하였고, 건설프로젝트에서 설계오류원인 및 영향요소를 분석하고자 평균, ANOVA, 표준편차 및 요인분석 등을 사용하였다.

요인분석을 한 결과 “1)불명확한 요구조건, 2)설계프로세스 미비, 3)설계기본 및 시공성 이해부족, 4)설계자의 기능 및 경험부족, 5) 설계자의 교육 및 지식 부족, 6)설계팀의 소통 및 정보 부족, 7)준공시점 설계변경, 8)발주자 경험 및 소통부족, 9) 계획 및 자료미비, 10) 부적정한 설계기간, 11)설계팀원간 조정 부족, 12)설계팀의 효율성부족, 13)낮은 설계비 문제, 14) 자금부족, 15)절차결함, 16)시방서 불명확” 이 설계오류원인으로 나타났다.

나라별로 고찰해 보면 경제가 발전한 한국, 발전하고 있는 베트남 및 발전이 느린 네팔에서 국가의 발전수준에 관계없이 공통된 설계오류원인은 주어진 과업에 대한 설계자의 경험부족과 컨설턴트사의 숙련된 직원 부족으로 나타났다. 한국은

발주자의 요구조건과 경직된 태도 등 발주자에 대한 문제를 상대적으로 더 심각하게 생각하는데 반하여 베트남과 네팔은 컨설턴트와 관련된 문제를 더 중요하게 생각하는 것으로 나타났다. 비슷하게 베트남은 네팔보다 상대적으로 발주자 문제를 컨설턴트보다 더 심각하게 받아들이는 것으로 나타났다.

동일한 방법으로 설계오류영향에 대한 요인분석결과 “1) 컨설턴트명성저하, 2) 프로젝트참여자간의 관계악화, 3) 발주자의 정신적 물질적 손실, 4) 프로젝트 원가 및 공기 영향, 5) 발주자 및 시공사 명성저하, 6) 발주자와 시공사의 좌절, 7) 시공사의 재산 인명손실”로 나타났다.

나라별로 고찰해 보면 한국, 베트남 및 네팔 모두에서 프로젝트원가 상승, 공기 지연, 분쟁의 증가가 상위 영향으로 나타났고 다음으로 한국에서는 시공사의 재정적 경제적 손실 및 공정 불일치가 뒤를 이었고, 베트남과 네팔은 발주자의 재정적 경제적 손실 등으로 나타났다.

또한 설계오류원인을 저감시키기 위해서는 다음과 같은 14개, “1)설계준비 과정에서 Scum모형절차 적용, 2) 설계절차 계획단계에서 상세요구목록작성, 3) 프로젝트 정의자료준비, 4) 발주자와 컨설턴트사이대응계약서류준비, 5) 계약서류에 설계오류 및 누락에 대한 보험조항 포함, 6)경험이 많은 설계기술자 고용, 7)경험이 많은 발주자 대리인 고용, 8) 주기적인 전문가 교육, 9) 프로젝트 정의서류에 의한 설계기본 이해 증진, 10) 설계기본 및 시공성 이해, 11) 참여자간 소통 및 정보교환, 12) 설계변경 감소, 13) 적정한 설계기간 확보, 14) 적정수준준의 설계비” 항목을 제안하였다.

핵심용어 ; 건설프로젝트, 설계오류, 재시공, 시공사 좌절, 건설분쟁

제 1 장 서론

1.1 연구배경

건설산업에서 생산성과 성과향상 필요성은 계속 요구되고 있으나 건설업계의 전반적인 성과 개선의 여지는 점점 줄어들고 있다(Love et.al, 2011). 프로젝트의 설계 및 시공에서 오류란 흔히 발생하기도 하고, 경우에 따라 프로젝트의 특성상 불가피한 점도 있어, 설계 전문가가 설계를 할 때 마다 설계오류의 가능성을 어느 정도 감내해야 하고 이러한 특성을 고려하여 계약문서에 설계오류저감을 위한 조항을 삽입하는 등 준비를 해야한다(Love et.al, 2011). 이상적으로는, 건설 프로젝트를 위해 제공되는 설계도, 설계설명서 및 시방서 등 모든 서류는 완전하고, 정확하고 명확해야한다. 불행하게도, 시공사는 종종 불완전하고 오류가 있는 정보 때문에 프로젝트에 관한 설계기준 이하의 불완전한 것으로 여겨질 수 있는 서류 및 자료를 제공받는 경우가 있다(Tilley, No data).

설계는 인간의 노력이며 노력여하에 따라 설계성과물이 프로젝트에 미치는 영향은 다를 수 있다. 이 때문에 노력투입이 부실한 일부 설계는 실패할 운명에 처할 수도 있다(Hossain, 2009). 또한 최선의 노력으로 설계를 한다하더라도 경우에 따라서 설계오류 또는 누락 사항이 포함 될 가능성이 있다(TxDOT, 2008) 따라서, 설계오류 및 누락에 따른 문제점은 설계오류가 실패비용으로 변화하기 전인 건설프로젝트의 라이프 사이클에서 가능한 조기에 규명되어야 할 문제이다(Oceusa 2013).

오류에 따른 리스크는 어찌되었던, 발주자(client)와 시공사(contractor)에게 영향을 주고, 또한 설계자도 고통과 좌절을 경험한다. 이 고통과 좌절은 그들의 잘못된 작업이나 행동을 언어로서 바로잡을 수 없다는 사실에 의해서 더욱 복잡해진다

(Love et al.2011 cited from Lopez et al.2010). Seattle times(2013)는 워싱턴 주에 있는 교량 건설에 소요되는 운영비용의 많은 부분이 설계오류에 기인한 재시공에 소모된다는 보고를 하였다. Love (2013)등에 따르면, 호주에서 시공사들은 평균적으로 프로젝트 계약금액의 14.2 %가 설계오류에 의한 비용으로 지출되고 있다고 하였다. 이런 뉴스는 전 세계적으로 건설사업에서 설계오류영향에 의한 피해가 어떠한지를 보여주고 있다.

오류는 인간의 생리적, 심리적 한계에 기인하여 발생한다. 오류를 범하는 것은 인간의 본성이 가지는 한계로 오류를 범하였다고 하여 정당하게 비난할 수 있는지는 논쟁의 여지가 있는 문제이다(Reason 1990, Love 등 인용 2011). 인간의 오류는 여러 가지 이유로 발생하기 때문에 설계와 시공에서 발생할 수 있는 오류를 예방하거나 회피하기 위해서는 서로 다른 대책이 필요하다.(Love 등. 2011). 방심, 순간의 부주의, 사소한 잘못, 편견, 그리고 사고의 고착(fixation)등은 매일 설계자들이 직면 할 수 있는 것들이다.

설계자에 의해 발생한 살아 있는 활성실패(Active failures)는 상세설계에서는 예측할 수 없기 때문에 관리하기 어렵다. 설계오류는 설계참여조직이 인정하기 꺼려하는 주제 중 하나이다(Love, Moorthy 2012인용).

전통적인 건설 프로젝트에서, 발주자는 프로젝트설계를 위해 설계전문가를 채용하거나 설계전문회사와 계약을 한다. 설계전문가는 건축가, 엔지니어 및 설계 컨설턴트(design consultants) 등이다. 설계전문가의 책임은 구조물 설계코드 및 건물설계코드 등 설계 시 지켜야하는 규정에 따라 프로젝트를 설계해야하는 책임이 있다. 설계전문가는 프로젝트설계 뿐만 아니라, 프로젝트의 범위, 예산, 공정을 수립하고, 또 시공 시에 시공사가 지켜야하는 시방서 등 서류를 준비하는데 있어 발주자에게 설명을 하고 지원해야한다(Gould 2002). 이러한 설계전문가의 설계(작업) 품질은 설계자가 선천적으로 상속받든지 또는 노력에 의해 달성한 전문적인 기술에 따라 달라진다고 하였다(Odusami 2002)

이와 같은 설계오류는 설계단계에서 보다는 대부분 시공단계에서 발견되기

(Dosumu 및 Iyagba, 2013; TxDoT, 2008) 때문에 이러한 설계오류는 때때로 갈등 (Acharya et al,2006, Construction claim,2012)뿐만 아니라, 여러 가지 실패 (Palaneeswaran et al,2007)를 포함하여 건설 프로젝트 시스템에 심각한 결과를 유발한다. 이러한에도 시공 및 유지 보수 단계에서 발생하는 결함에 대한 연구는 많으나 설계 단계에서 발생하는 오류에 대한 연구는 상대적으로 제한된 수에 불과하다.

이와 같이 설계 오류는 프로젝트의 전체 결과에 심각한 영향을 미치기 때문에 설계오류의 원인과 이에 기인한 영향과 설계오류저감대책에 대한 연구는 건설프로젝트 성공을 위해 대단히 중요하다. 특히 아시아의 여러 나라에서의 설계오류 및 그 영향에 대한 비교연구는 국내건설업계의 해외프로젝트 진출을 위해서도 대단히 중요하므로 이에 대한 연구의 필요성이 절실한 실정이다.

1.2 연구 목적

이 번 연구는 아시아 3국(한국,베트남, 네팔)의 건설전문가로부터 설계오류원인 및 영향과 저감대책에 관한 설문자료를 수집 및 분석하여 건설공사(프로젝트)의 설계오류문제를 연구하는데 그 목적이 있다. 이번 연구는 건설프로젝트에서 중요한 설계오류의 원인과 설계오류의 영향 그리고 설계오류를 감소시키기 위한 대책에다 초점을 맞추고자 한다. 특히 3개국 건설전문가(발주자, 컨설턴트, 시공사, 기타)들이 서로 달리 생각하는 설계오류원인 및 영향과 상호간에 공통으로 생각하는 설계오류 및 영향에다 중점을 두고 저감대책을 연구하는데 목적을 두었다. 생산된 설계 및 문서의 품질은 전체 건설프로젝트의 성능 및 효율성에 큰 영향을 줄 수 있으므로, 설계 및 문서 품질의 개선은 건설 과정의 효율성 개선과 같다고 할 수 있다(Tilley, no date).

1.3 연구 내용

이 논문의 구성은 연구목적에 맞추어 작성하되 6장으로 구성하였다.

제1장은 연구배경, 연구목적, 연구내용 및 연구한계에 관해 기술하였다.

제2장은 연구분야에 관련된 문헌연구로서 건설산업에서 설계오류원인 및 영향에 관한 선행연구자들의 자료를 찾아 정리하였다.

제3장에서는 이 번 연구를 위한 자료수집과 연구방법에 대해 기술하였다. 각 연구방법에 관해 간단하게 적용 절차를 기술하고 사용하는 통계 도구에 대해서도 간단히 설명하였다.

제4장은 자료분석결과 및 고찰에 대해 기술하였다.

제5장은 설계오류저감대책에 대하여 기술하였다.

제6장은 이 번 연구에 대한 결론을 요약하고 이 번연구의 제안사항을 기술하였다.

이 번 연구의 구조를 간단히 표시하면 Fig. 1.1과 같다.

1.4 연구 한계

이 연구는 국내외에서 수행되는 건설프로젝트에 한정하였다. 설계 오류의 성격은 계약방법에 따라 차이가 있을 수 있다. 턴키(Design Build)체계에서 설계자와 시공자는 동일한 당사자이므로 설계 오류의 위험이 다른 참여자들에게 영향을 주지 않는다. 그러나 전통적인 계약방법에서는 프로젝트의 참여자 [발주자, 컨설턴트(설계자포함) 및 시공사]가 별도로 작동 하므로 설계오류가 참여자에 따라 다른 영향을 미친다. 따라서 본 연구에서는 전통적인 기타공사방식(design-bid - build)계약에 한정하여 연구하고자 한다. 또한 해외에서의 설문자료수집에는 설문대상 전문가의 확보의 어려움 등 여러 가지 환경으로 인하여 충분한 숫자를 수집하는데 제한이 있었다.

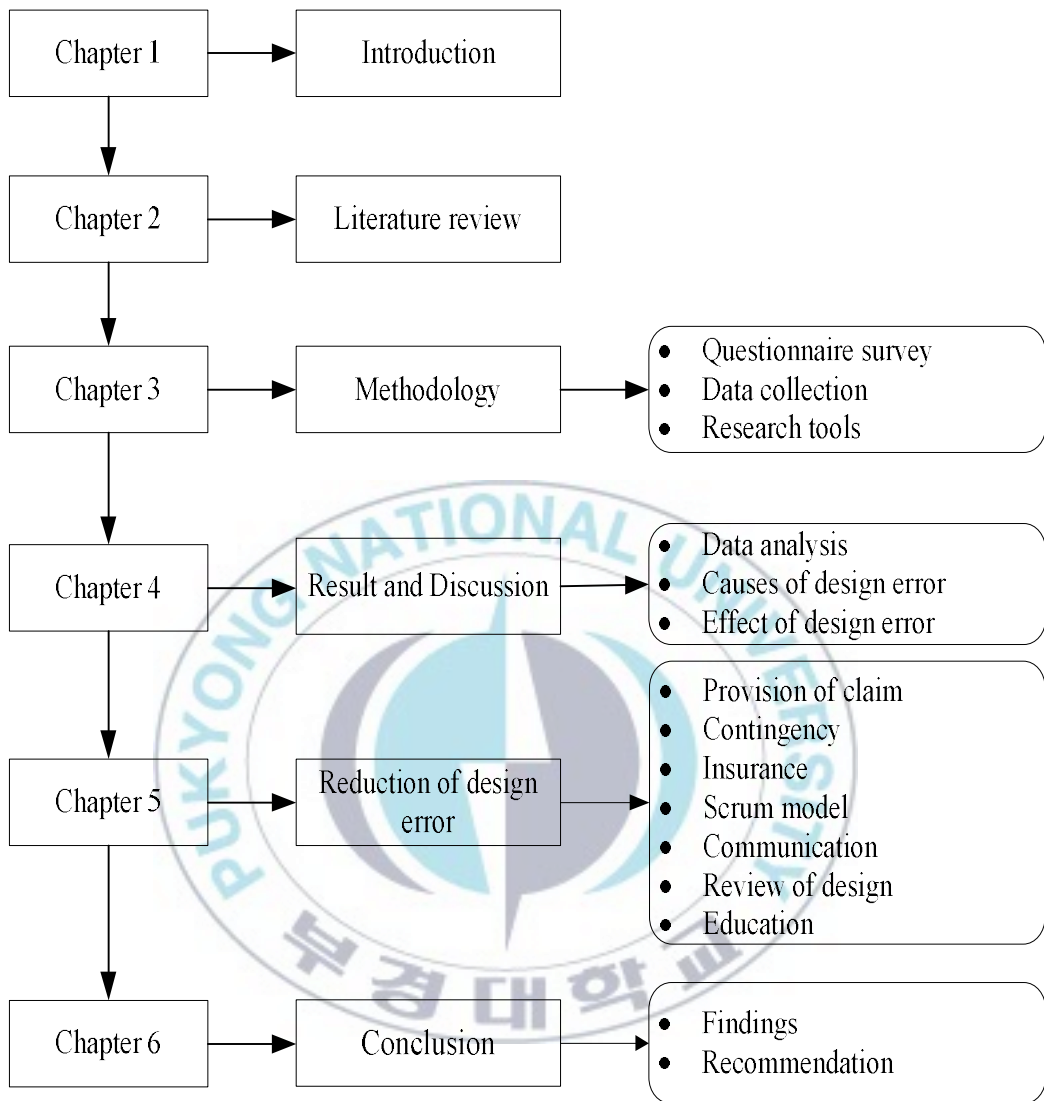


Fig. 1.1 Structure of the thesis

제 2장 문헌 연구

2.1 연구의 이론적 근거

설계오류는 많은 프로젝트에서 경험한 바 있으며(Love, Manda과 Li 1999), 단지가 차이는 발생의 정도에 있다. 설계오류에 기인한 시공결함은 구조물의 기능을 위협하는 복잡한 기초 및 구조적 문제로부터 건물의 도장면과 창문과 문 주위의 심미적인 문제에 이르기까지 다양하다(Grenier 2003).

설계결함은 건설비용이나 재난의 원인을 유발할 수 있기 때문에, 이에 대처하기 위하여 종종 소송 등 법적인 문제가 발생하기도 한다. Sweeney(1998)는 "누가 설계결함에 대한 비용 지불 책임이 있는가?"란 문제를 제기한 바 있다. 피해복구비용은 심각한 문제이다. 이 질문에 대한 해답은 때때로 당사자들을 교착상태에 봉착하게 만들 수 있다. 프로젝트가 새로운 아이디어를 포함하고, 새로운 기술의 적용 등 행동의 변화를 요구했을 때, 설계결함이 발생하기 쉽다. Kraft(1997)는 몇 가지 일반적인 설계오류를 발생시킬 수 있는 문제점을 나열한 바 있다. 이러한 문제점은 아이디어를 충분히 숙고하여 도출하지 않았거나, 구조물에 대해 합의 형성과정에 대한 절차가 잘 수립되지 않았거나, 설계자가 프로젝트참여 전문가와 협의부족 등으로, 아이디어가 제대로 전달되지 않으면 계획이나 설계자는 잘못된 메시지를 전달받아 설계오류가 발생하게 된다.

설계오류는 일반적으로 대형 프로젝트에서 상대적으로 많이 경험하게 된다. 설계결함은 빌딩 등 건물이나, 교량, 하수처리장, 고속도로 등 모든 형식의 프로젝트에서 기술뿐만 아니라 사람의 실수로 인해서도 발생 될 수 있다. Love 등(2000)에 따르면, 설계오류를 감소시키면 회사가 더 나은 전문적인 이미지를 보여줄 수 있고, 효과적인 설계관리를 할 수 있을 뿐만 아니라, 근본적으로 설계회사의 수익성과 경쟁력을 향상시킬 수 있다고 하였다.

설계오류의 다양한 영향에 대한 인식은 모든 프로젝트 이해관계자들에게 중요하다. 프로젝트 관리자는 설계오류의 근원을 해결하기 위한 프로세스를 개발하는 등 설계오류의 최소화에 초점을 맞추어야한다(Hwang 등 2009). 건설 프로젝트에서 발생한 설계오류의 특성에 대한 지식은 대단히 중요하다. 이러한 지식을 바탕으로, 설계프로세스를 향상시키기 위해 효과적인 대책을 수행할 수 있다 (Josephson 및 Hammarlund, 1999).

2.2 설계 오류의 정의

설계오류의 특성과 심각성은 다양한 특징을 가지고 있다. 설계 및 시공 절차는 전통적 계약의 핵심 특징이다 설계오류는 설계단계에서 발생하는 오류로 정의하지만, 주로 시공단계에서 관찰이 되고, 인명과 재산의 손실 등과 같은 중요하고도 치명적인 영향을 미칠 수 있다. 오류 그 자체는 사람의 인지 능력의 산물이다. 오류에 대한 정의를 Table 2.1 정리하였다(Lopez et al. 2010).

Table 2.1 Definition of design error

Researcher	Definition
Busby (2001)	“ . . . occurrences which were unexpected and which could not be attributed entirely to chance or circumstances.. .”
Bea (cited in Atkinson 1998)	“...a departure from acceptable or desired practice on part of an individual that can result in unacceptable or undesired results..”
Hagan and Mays (1981)	“...a failure of the human to do a designed task within specified limits of exactness, sequence or time.. .”
Kaminetzky (1991)	“ . . . deviation from the true value, lack of precision, variation in measurement because of a lack of human and mechanical perfection.. .”
Knocke (1992)	“ . . . any departure from correct construction (including checking and supervision) technical inspection; and absence of adequate instructions for maintenance and operation of the building.. .”
Reason and Hobbs (2003)	“ . . . the failure of planned actions to achieve their desired goal, where this occurs without some unforeseeable or chance intervention.. .”

(Source: Lopez et al. 2010)

2.3 설계 오류의 개념적 구분

설계 오류는 다음과 같은 여러 가지 이유로 발생할 수 있다.

- 1) 기술/성능 기반의 오류 ; 예를 들어, 기술낙후, 관심부족
- 2) 규칙/지식 기반 오류 ; 예를 들어, 실수 및 과실 등
- 3) 위반 ; 예컨대 누락, 규정 비 준수 등

Lopez 등(2010)은 설계자들이 작업을 착수하면서 빠지기 쉬운 오류의 개념적 근원(source)에 대한 일반적인 분류를 Table 2.2와 같이 나타내었다.

Table 2.2 Conceptual taxonomy of design error

		Conceptual taxonomy		
Skill/Performance based error	Lapse	Input (or Encoding) failure		
		Storage failure		
		Output (or Retrieval) failure		
	Slip	Execution Slip	Slip in any goal	
			Slip in intent	
		Evaluation Slip	Slip in action specifying	
Slip in action execution				
Rule/knowledge based error	Mistake	Execution Mistake	Slip in perception	
			Slip in interpretation	
		Evaluation Mistake	Slip in action evaluation	
	Mistake in any goal			
	Violation	Non-compliance	Execution Mistake	Mistake in intent
			Mistake in action specifying	
Mistake in action executing				
		Evaluation Mistake	Mistake in perception	
			Mistake in interpretation	
			Mistake in action evaluation	

잠재오류는 발생할 경우에 나쁜 영향을 미칠 수 있는 가능성을 가진 실패문제에 내장되어 있다. 작업효율은 직원의 기능, 생산성과 가용성에 의해 결정되고, 프로젝트 시간이 경과함에 따라 잔류작업은 줄어든다. 생산된 산출물의 품질이 요구되는 기준을 만족시켜주지 못하는 경우 오류가 발생할 수 있지만, 이러한 오류는 종종 즉시 규명될 수 없는 잠재오류로서 시스템 내에서 잠복 기간이 지난 후에야 표면화된다. 오류로 인하여 재작업을 해야 하면 직원들이 수행해야하는 작업의 양은 증가한다(Love et al., 2011). 요구되는 재작업의 정도는 잠재적인 오류가 발견되지 않은 채 남아있는 잠복기간에 따라 달라진다.

Dosumu 및 Iyagba(2013)는 나이지리아 건설산업에서 오류의 주된 책임은 컨설턴트(설계자포함)와 발주자 둘 다에 있다고 하였다.

Andi 와 Minato(2003)는 인간의 실수에 기인한 설계오류에 대해 검토한 바 있

고 설계오류에 대한 다양한 시나리오를 Fig. 2.1과 같이 나타내었다.

Fig. 2.1에서 영향요인을 조직요인과 작업현장요인으로 나타내고, 직접실패는 설계자의 능동실패와 검토자의 수동실패로 나타내었다. 능동실패(개인 또는 설계팀에 의한 오류와 위반)와 수동 또는 방어실패(설계검토)는 ‘어떻게’ 설계결함이 발생하는지 설명해야하고, 반면에 작업현장요인과 조직요인은 ‘왜’라는 질문에 답해야한다. Fig. 2.2에서 두 가지 주요 실패경로의 구조를 강조해서 표시했다.

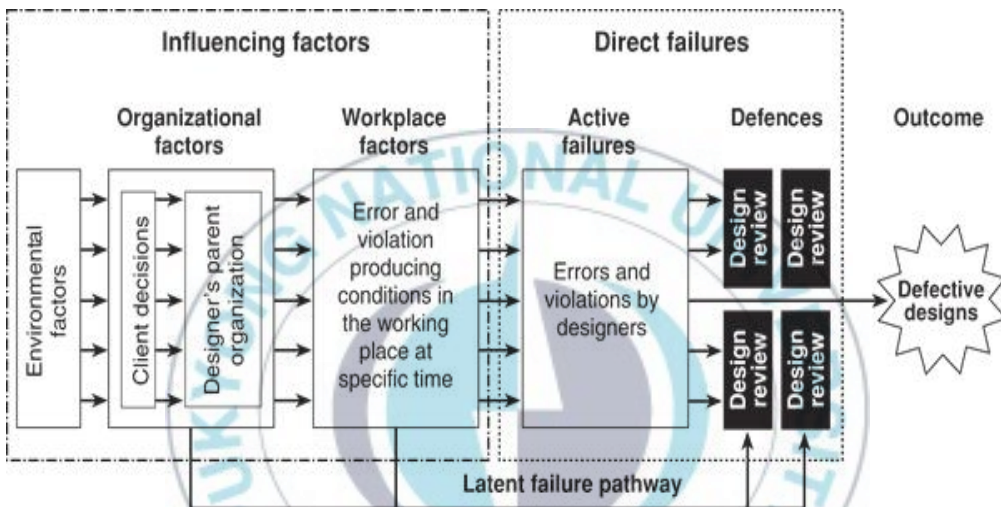


Fig. 2.1 A general structure of the mechanism of defective design causation (Source: Andi and Minato, 2003)

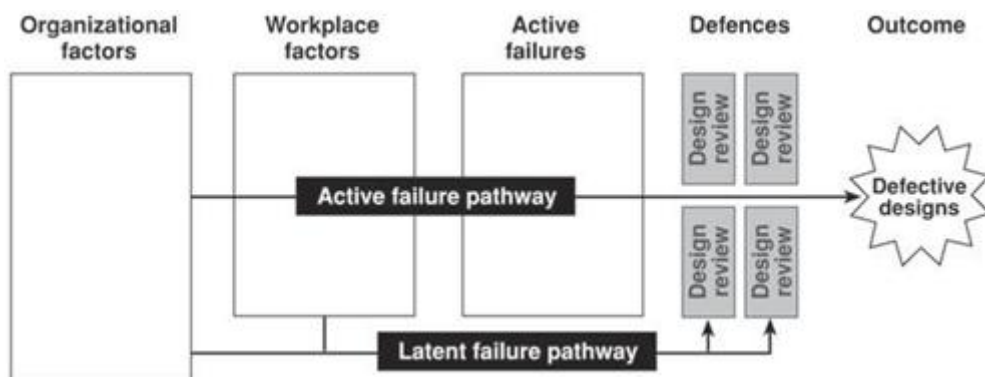


Fig. 2.2 Active and latent failure paths (source: Andi and Minato, 2003)

결함이 있는 설계(defective design)는 다음과 같은 원인을 발생시키는 조직요인에 기원한다고 주장한다.

(1) 능동실패경로; 작업장소요인(과도한 작업부하, 작업도구부족, 과도한 스트레스 등)이 이입함으로 간접적(indirectly)으로, 즉 설계자로 하여금 능동실패(오류와 기준위반)를 유발케 하는 경로로 설계결함원인으로 작용한다.

(2) 잠재적 실패 경로; 방어대책(예 : 설계 검토 및 설계 검사 등)에 직접적으로 영향을 미쳐 수동실패(방어실패)유발을 방어실패를 유발하는 경로로서 설계결함원인으로 작용한다.

Burati 등(1992)은 산업 프로젝트에서 발생하는 재시공(rework)비용의 79 %가 오류 및 누락에 의한 설계변경 결과인 것으로 나타났다고 하였다. 이와 유사하게, Love(2002)는 재시공의 결과로 설계변경 요청에 따른 프로젝트 추가비용이 전체 초과비용의 최대 50%를 설명 할 수 있다고 하였다.

Fig. 2.3 및 Table 2.3에서 사람과 조직 및 프로젝트 관련 전략으로 시공과 설계에서 오류를 감소시킬 수 있는 경향(propensity)을 나타내었다.

예를 들어, 사람들은 조직 및 프로젝트 관리 전략 보다 상황에 맞는 학습과 지식을 이용하여 오류를 줄일 수 있는 가장 큰 경향을 가지고 있음을 보여주고 있다. 이는 시공과 설계를 수행하기 위하여 사용하는 조직과 프로세스에 의해 지원되는 작업환경이 과업을 수행하는 사람들의 성품과 능력에 영향을 미치기 때문이다. 결과적으로, 프로젝트의 안전성과 성능이 향상되도록 설계오류를 감소시키기 위해서는 단일 대책보다는 복합적인 전략이 수립되어야함을 알 수 있다.

Love(2002)는 설계오류의 원인과 비용이 계약방법 사이에는 유의한 차이가 없는 것을 발견하였다. 전통적 계약방법과 비전통적 계약방법 아래에서 설계기관을 조정 및 통합하여도 여전히 설계오류는 발생하는 것으로 나타났다. 비전통적인 형식은 이론적으로 조정과 통합문제에 노력을 집중함에도 설계사의 관리관행과 절차는 변하지 않고 있다. 이와 더불어, 비 전통적인 방법을 이용하는 경우도, 설계 및 문서준비 시간은 독촉을 받게 되고, 활동(activities)간에 중첩의 정도를 증가(동시작

업)시키고, 이는 차례로 프로젝트를 복잡하게 만들어, 활동을 하부 협력사(trade package)로 세분화하게 한다.

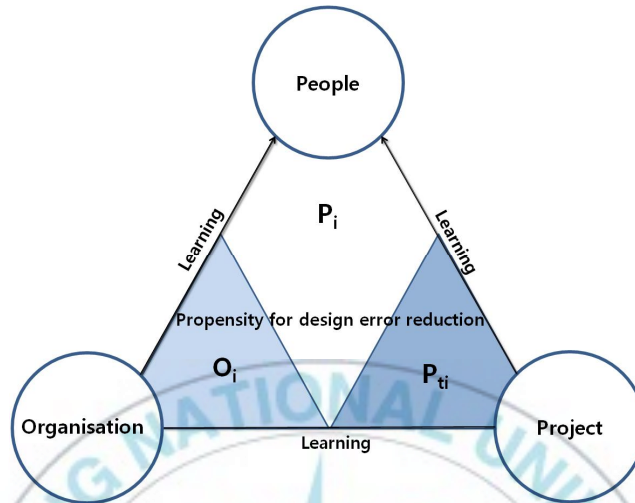


Fig. 23 Propensity for error reduction through people, organization and Project (Lopez et al, 2010)

Table 23 Propensity for error reduction through people, organization and project (Lopez et al 2010)

Level	Design Error	Taxonomy
Personal	loss of biorhythm	skill / performance based
	adverse behavior	violation / non-compliance
Organizational	inadequate training / inexperience	skill performance based
	ineffective utilization of computer	skill/ performance based
	inadequate quality assurance	rule / knowledge based
	competitive professional fee	skill / performance based
Project	unreasonable client and end user expectation	violation / non-compliance
	time constraints	skill / performance based
	ineffective coordination and intergration of the design time	rule / knowledge based
	inadequate consideration toward construct ability	rule / knowledge based

2.4 설계오류의 원인

일반적인 설계절차를 간단히 표시하면 Fig. 2.4와 같다.

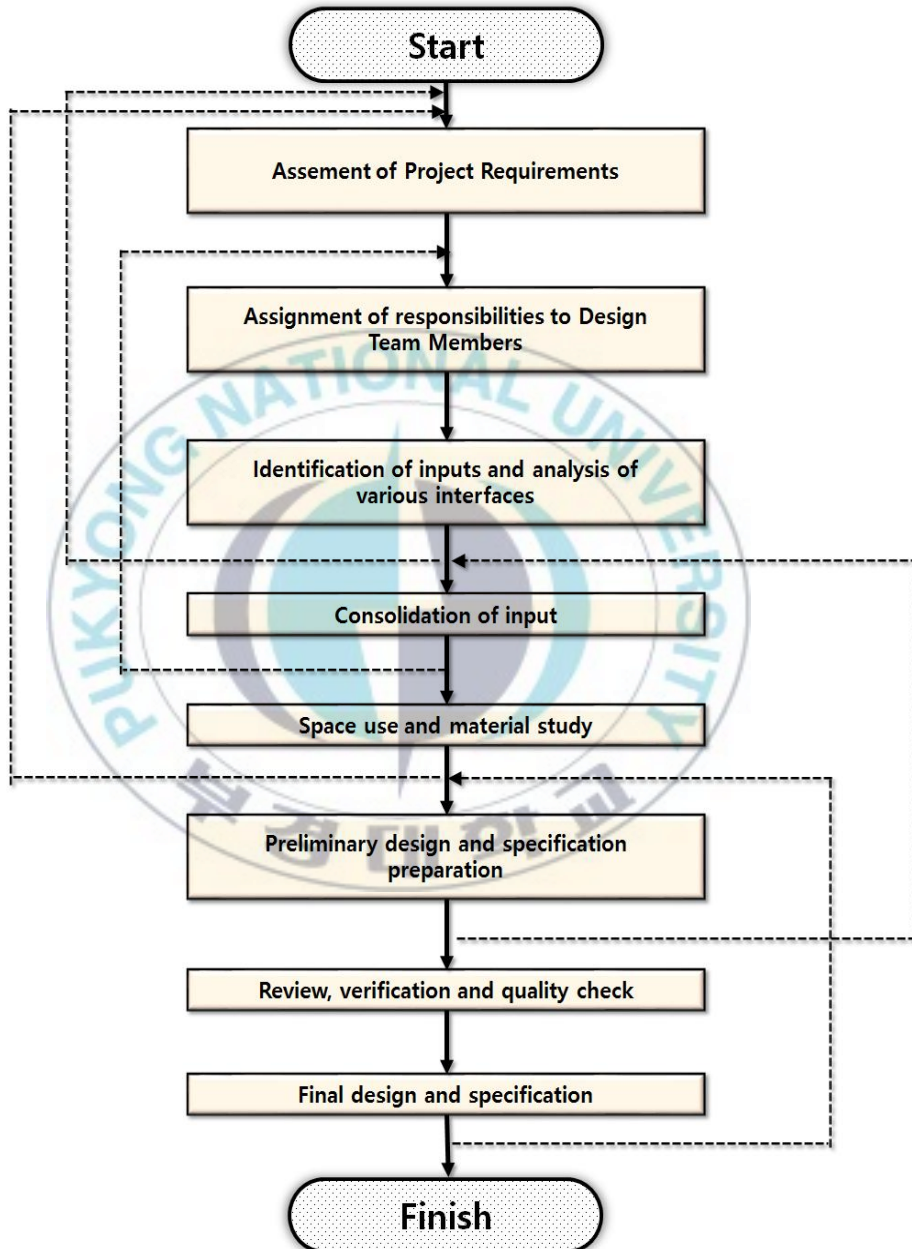


Fig.24 Flow chart of design

Josephson과 Hammarlund(1999)는 시공 및 유지 관리단계에서 발생하는 결함의 근원은 주로 프로젝트의 설계로부터 기인하였다고 하였다. Josephson과 Hammarlund에 따르면, 건설결함은 (1) 발주자, (2) 설계, (3)현장관리, (4)기술, (5) 협력사(하청 업체), (6) 재료불량, (7) 장비 및 (8) 기타 등에 유래한다고 하였다. 이러한 불량 및 결함은 설계오류에 가장 크게 기인하고 그 다음, 협력업체, 사용재료, 현장관리 등에 기인하는 비율이 높게 차지하는 것으로 나타났다. Lopez 등(2010)은 설계 오류의 다양한 원인에 대해 비판적으로 분석 하였다. 설계오류원인을 광범위하게 (1) 바이오 리듬의 손실, (2) 개인의 부정적 행동, (3) 설계자에 대한 부적절한 교육, (4) 낮은 설계비(competitive fee), (5) 컴퓨터를 이용한 자동화 설계 잘 못 사용, (6) 부적절한 품질 보증, (7) 발주자와 최종 사용자의 불합리한 기대, 그리고 (8) 설계팀간의 비효과적인 조정 및 통합 등으로 분류하였다.

Ransom(1987)과 Burati 등(1992)은 건설프로젝트 편차의 약 60% 이상이 설계편차에 기인한다는 것을 보여 주었다. Josephson과 Hammarlund (1999)에 따르면, 프로젝트 조직에서 가장 중요한 역할은 발주자(client), 컨설턴트(설계자포함), 시공자, 협력업체, 재료 공급 업체, 장비 공급 업체, 그리고 사용자 등 프로젝트 참여자들이 한다고 하였다. 이는 프로젝트가 실제로 실행되는 동안 각 참여자들의 협조와 행동의 조정에 의해 달성될 수 있는 결과로 여기진다. 문헌 검토결과 여러 나라에서 설계오류의 원인에 대한 다양한 연구가 있었고 이를 Table2.4에 정리하였다. 이러한 오류의 원인을 Lopez 등(2010)은, 1) 사람 관련, 2)조직 관련, 및 3)프로젝트 관련 등 세 가지로 분류할 수 있다고 하였고, 상호간에 상당히 관련성이 높다고 하였다.Sunyoto와 Minato(2003)는 설계 오류의 원인을 연구하고자 설계자의 인간 본성과 조직 문화에 대해 검토한 바 있다.

이들 연구원에 따르면 행동 특성, 예를 들면, 개발설계자들의 태도, 인식, 믿음, 지루함, 동기 부여, 자기 존중감 및 신뢰는 그들이 일하는 조직의 문화에 의해 영향을 받는다고 하였다. Josephson과 Hammarlund (1999)는 평균 오류의 32 %가 초기 단계에 기인하는 것으로 보고 있다.

Table 24 Causes of design error

Cause of Design Error	Group	Place of Research	Authors
1. Loss of biorhythm	Personal	Australia Sweden	Lopez et al. (2010) Josephson and Hammarlund (1999)
2. Inadequate experience of designers	Personal	Korea	Acharya, Lee et.al. (2006a) Park, Harrison Kwangho(2011)
3. Wrong assumptions	Personal	Korea US	Acharya et.al. (2006a) Haydle and Nikiel (2000)
4. Incompetent designers Gross Human error	Personal	Korea	Acharya et.al. (2006a) Andy and Minato (2003)
5. Inadequate Designers' Professional Education	Personal		Sunyoto and Minato (2003) Josephson and Hammarlund (1999)
6. Inadequate understanding of Client's requirement	Organizational		Her,Borami et.al(2012) Busby (2001) Tilley (No date)
7. Inadequate analysis of local condition	Organizational	Korea	Acharya ,Lee et.al.(2006a) Park, Harrison Kwangho(2011)
8. Basic data wrongly taken	Organizational	Korea	Acharya et.al. (2006a) Her,Borami et.al(2012)
9.Low design fee	Organizational	Korea Australia Australia UK Australia	Acharya et.al. (2006a) Tilley & McFallan (2000) January (2003) Salter and Torbett (2003) Lopez et al. (2010)
10. Inadequate understanding of design concept	Organizational	US	Haydle and Nikiel (2000)
11. Inadequate quality assurance from Consultant	Organizational	Australia	Love et al. (2010) Lopez et al. (2010)

2.5 설계 오류의 영향

2.5.1 설계오류 영향 선행연구

Love 등 (2011)은 설계오류를 줄이기 위한 도구로 빌딩정보모형(BIM)을 제안했다. Idoro 및 Aluko (2012)는 설계 오류가 표면화되면 설계변경, 재작업 등 오류수정작업으로 인하여 공기지연과 비용초과 의 원인이 되는 작업이 지연 또는 정지하는 경향이 있음을 발견했다. 설계오류의 근원 및 그 효과가 프로젝트 성과에 미치는 영향에 대한 연구가 많은 연구자들에 의해 수행되었는데, Suther (1998)는 미국에서 설계오류의 구성요소에 대해 연구한 바 있다.

다양한 연구에서 부적절하고 불충분한 설계 및 문서는 프로젝트 지연, 재시공 및 설계변경을 유발함으로써 설계 및 시공과정의 효율성에 직접적으로 영향을 미치고, 이는 차례로 프로젝트의 공기와 공사비 증가에 영향을 미칠 수 있음을 지적하였다. Table 2.5는 설계오류에 기인한 여러 가지 영향을 나타내고 있다. 설계과정 중에 경험한 품질과 효율성에 관한 많은 문제에 대한 연구 자료가 발표된 바 있는데, 이는 최종 설계 성과물에 대한 부적절한 설계관리 및 품질관리에 기인한 것으로 보고 있다. 현대의 프로젝트는 복잡 정도가 다양하여, 함께 작업을 수행하기 위한 기술이 요구되며 고객(발주자)의 목적 실현을 보장하기 위해, 개인의 다양한 능력과 함께, 팀으로서 조정하고 효과적으로 관리할 필요가 있다(Tilley, No date).

한 등(2013)에 따르면, 설계오류는 재시공(rework)을 하게하고, 추가로 시간과 자원을 소비하게 함으로써 프로젝트 성과를 상당히 저감시킬 수 있다고 하였다. 더욱이 시공 중에 발견하면 잘못 시공된 요소들을 철거하기 위한 추가시간과 자원이 필요하다. 추가적인 시간과 비용 때문에, 건설 관리자는 설계와 시방을 수정하여 문제가 된 작업에 대한 재시공을 회피하는 경향이 있다. 특히 매우 불확실한 환경 속에서, 건설(시공), 설치 및 시운전을 하는 동안 발생할 수 있는 문제를 해결하기

위해 과업범위를 변경하거나 종종 프로젝트 실행순서, 또는 자원 정보를 심각하게 변경함으로써 추가적인 문제점을 유발한다.

Fig.2.5는 김병수 등(2004)이 턴키공사 설계오류 저감 방안에 관한 연구에서 도출한 설계오류 영향을 도시한 그림으로 원가상승, 공기지연 및 품질저하가 설계오류의 중요한 영향임을 보여주고 있다. 황성도 등(2004), 손기상(1999), 김재철(2013) 및 이화석(2014)등도 설계오류에 대해 연구한 바 있다.

Table 25 Effect of design error

Effect of Design Error	Place of Research	Reference/Authors
1. Additional cost/resource	Hong Kong Nepal Korea	Tilley et al. (1997) Paleeswaran et al. (2007) Acharya et.al. (2007) Han et al. (2013) Kim et al(2004)
2. Time delay	Hong Kong Korea	Tilley et al. (1997) Kim et al(2004) Paleeswaran et al. (2007) Han et.al. (2013)
3. Loss of prestige of professionals	Nepal	Acharya et.al. (2007)
4. Lower Project performance	Korea	Han et.al. (2013)
5. Loss of Life	Australia	Lopez et. al. (2010)
6. Many design changes in construction process		Tilley et al. (1997)
7. Reworks		Tilley et al. (1997) Hwang et al. (2009) Love et al. (1997)
8. Coordination Problems		Tilley et al. (1997)

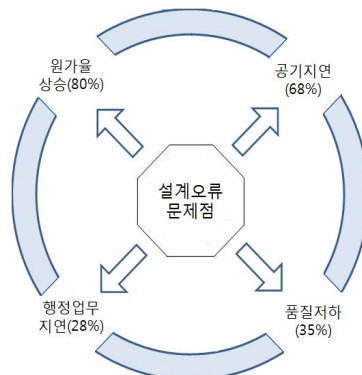


Fig. 25 Effect of design error in design-build project in Korea (cited from Kim,2004)

2.5.2 설계에서 컨설턴트의 역할

엔지니어링 컨설턴트(Engineering Consultant, or Consultant)는 프로젝트 전체 사이클에 걸쳐 자신들의 고객 (발주자) 이익을 유지하게 함으로서 건설프로젝트에서 핵심역할을 하는 참여자 중의 한 당사자로서 이 연구에서는 설계자를 포함한다. 경쟁력이 있고 신뢰성이 있는 컨설턴트(EC)는 건설프로젝트 성공을 위해 매우 중요하고, 혁신, 기능, 안전, 환경 친화적 설계, 예산 및 프로그램 통제뿐만 아니라 시설물유지관리를 쉽게 하게 함으로서 고객에게 지속적인 가치를 가져다준다.

컨설팅 서비스는 프로젝트 생애주기 내에서 일련의 전 단계를 커버 할 수 있기 때문에, 컨설턴트(EC)를 최대한 투입해야 할 단계를 규명할 필요가 있다. Pilcher (1994)가 지적한 바에 의하면, 개략설계가 완료되면 Fig. 2.6에 나타난 바와 같이 건설비용의 80 %가 결정되므로 이 단계에서 발견하거나 해결하지 못한 설계오류와 누락은 건설공사가 시작된 이후에는 심각한 분쟁이나 재시공을 피할 수 없게 만든다. Burati 등(1992)은 설계 오류에 의한 초과비용은 전체 프로젝트 비용의 2.5 %~9.5%에 달하는 것으로 주장한 바 있다. 이는 설계 단계의 컨설턴트(EC)의 중요성을 강조하는 것이며 설계단계에서의 컨설턴트(EC)의 수행상태를 자세히 관리해야함을 의미한다(Chow 와 Ng, 2007)

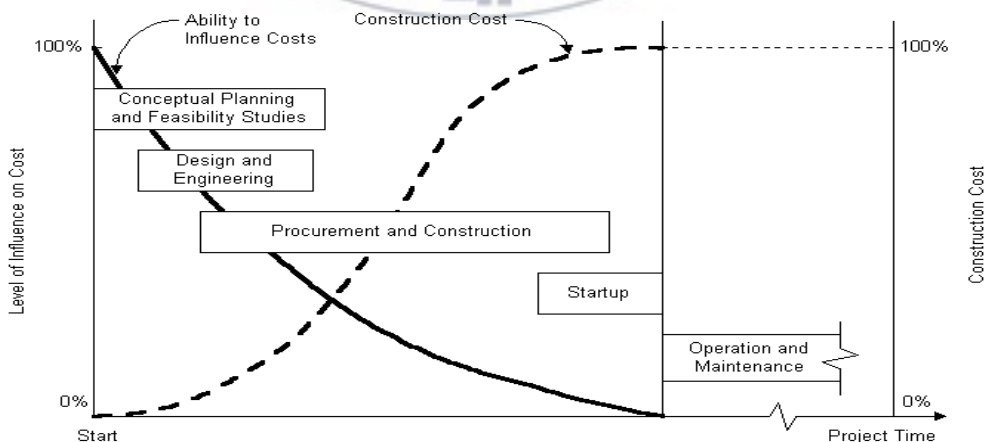


Fig. 2.6 Relation between project cost over level (cited from Faisal H. Al-Muhammadi)

컨설턴트는 책임감을 가지고 합리적인 기준에 따라 설계해야 할 의무가 있다. 컨설턴트는 시공 후, 심지어 설계계약이 끝난 후에도 설계에 대한 책임이 유지된다(TxDoT, 2008). 설계오류가 발생되면 설계를 한 컨설턴트는 설계오류를 해결해야 하는 임무가 발생하고, 이러한 과외의 작업은 또 다시 오류를 발생시킬 가능성이 있다.

주어진 설계과업에 포함된 직원이 이직을 하거나, 또는 직원이 교대하여 근무할 수 없으면, 과업을 완료하기 위하여 대체(교체) 직원이 필요하다.

설계와 시공등 건설업계에서 기술부족이 존재하는 경우 이 문제는 더 복잡해 질 수 있고, 실제 많은 컨설턴트사(설계회사)와 건설회사는 회사에 의해 발생할 수 있는 오류에 제한적인 관심만을 투입할 수 있다(Love 등,2011). 오류에 대하여 체계적으로 대응하기 위해서는 개별적으로 분야뿐만 아니라, 프로젝트 조직 내에서 여러 관련 조직이 연계하여 검토해야한다.(Goh 등, 2011).

TxDoT(2008)은 컨설턴트가 시공사 클레임 청구 비용의 일부 또는 전부에 대한 책임을 져야할 가능성이 있음을 문서에서 암시하고 있다.

설계사가 설계기간을 단축하기 위하여 설계사의 일상적인 검사를 수행하지 않을 경우 시공현장에서 종종 설계오류가 발생하게 된다. 설계사들은 경쟁이 매우 치열하여 매우 낮은 수수료를 받고 있기 때문에 설계 감사, 검토 및 검정을 하지 않는 경우가 많다(Moorthi가 Love 인용,2012). Acharya 등(2006)과 Paleeswaran 등(2007)은 설계컨설턴트가 네팔과 홍콩에서 재 작업 비용이 청구되었을 경우 각각 처리 기준을 제시한 바 있다.

재시공은 비용이 매우 높고 전체 프로젝트 완료 시간에 악영향을 줄 수 있다. 재시공은 전체 건설비용의 약5%를 초과하고, 설계오류가 재시공비용을 결정짓는 가장 큰 부분을 차지하게 하는 요인이다(Hossain 및 Chua 2013). 한 등 (2013)도 역시 설계 오류가 재 작업 비용의 79%까지 일으킬 수 있다는 유사한 연구 결과를 발표한 바 있다. 김연성 등(2009)은 품질비용은 예방비용, 평가비용 및 실패비용으로 이루어지고 Fig. 2.7에 나타난 바와 같이 예방에 1을 투입하면 평가비용에 10

을 줄일 수 있고 실패비용 100을 절감할 수 있음을 보여주고 있다.

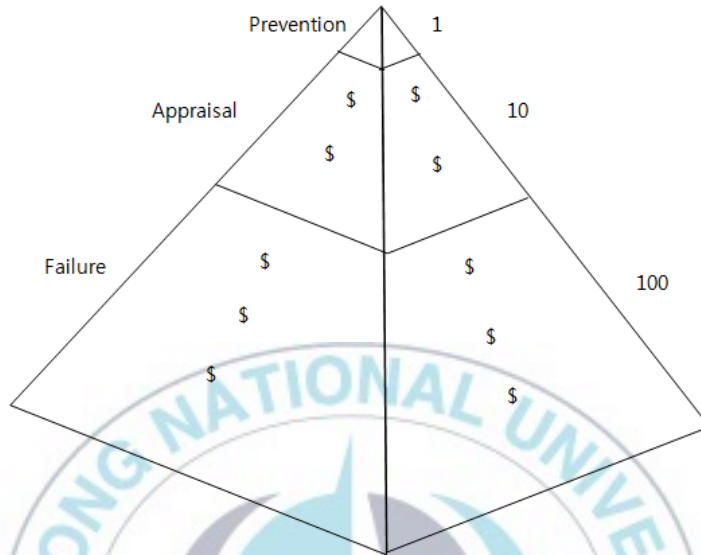


Fig 27 Schematic diagram of cost of quality(cited from Kim et al 2009)

2.5.3 설계에서 발주자 역할

도로, 상수도, 관개 등과 같은 정부의 개발 부서를 제외하고 대부분의 발주자(client)들은 1회성의 인프라 개발자 들이다. 이들은 건설과 관련된 본질적인 측면을 잘 알지 못하므로 건설관련 절차를 알고 있는 전문가(consultant)를 고용할 필요가 있고, 또한 고용된 컨설턴트들이 제안한 자료에 의존하게 된다.

설계과업규정(brief)에는 엔지니어링 컨설턴트(EC)가 설계단계에서 수행해야 할 모든 의무를 규정해야한다. 기술적인 측면, 금융제약조건 및 필요한 프로젝트 기간과 관련된 고객의 요구 사항과 프로젝트의 목표를 충족시켜주는 것이 컨설턴트(EC)의 기본 의무이다. 인터뷰에 따르면, 발주자는 프로젝트 비용에서는 약간의 편차를 수용하더라도, 프로젝트를 계획공정에 따라 완료할 수 있기를 선호한다. 건설

결과가 당초 발주자의 본래 기대에 따라 적절하게 수행될 수 있도록 하기 위해서 기술적으로 건전한 설계방법을 선택하는 것은 매우 중요하다. 또한 설계방법 (solution)은 장래 컨설팅 및 건설비용이 발주자가 생각한 예상비용이내를 만족시켜주도록 해야 한다. 또한, 설계방법은, 유해 물질의 사용을 피하고, 환경적으로 민감한 지역에서 토지의 편입을 최소화하고, 절성도가 균형을 이루게 하고, 에너지 절약시스템을 구축하는 등 환경 친화적이고 안전에 대한 위험을 최소화해야 한다.

혁신적 대안은 시간과 비용절감으로 이어질 수 있는 해법으로 고객에 의해 높이 평가된다. 혁신을 하기 위해서, 컨설턴트(EC)들은 설계 단계에서 철저하게 모든 가능한 해법을 검토해야한다. 고객은 항상 실제 가능성이 있는 대안을 환영하면서도, 혁신적인 아이디어에 의해 주어진 시간 또는 비용절감에 높은 기대를 가지고 있으며, 비용절감은 고객에게는 보너스 처럼 간주된다(Chow 와 Ng,2007).

Hossain 과 Chua(2013)는 시공단계에서 시공지식이 부족한 설계자가 작성한 도면과 시방서 사이의 불일치로 인하여 많은 어려움이 발생한다고 하였다.

Lopez 등(2010)은 1977년에 뉴욕에서 Citicorp 건물의 설계 변경 실패의 경우를 설명한 바 있다. 소개된 설계변경에서 건물의 설계자와 시공자는 풍하중 영향을 간과하여 대각선 풍화중 영향을 받기 쉬운 설계변경결과를 가져왔다. 엔지니어는 공사완료 후 1년도 안되어 이러한 문제점을 알게 되었다. 볼트와 조인트가 풍하중을 지지하도록 설계되지 않아 건물이 안전하지 않았다. 이러한 문제를 인식한 즉시 8백만달러의 보수비가 투입되었다. 이러한 비용은 엔지니어링 실패에 의한 손실로선 상당히 높은 편이며 건물의 수명 또한 감소시켰다. 예를 들어, 건설분야의 오류는 새로운 건축물과 구조물에서 총 투자비의 5-10 %를 차지한다고 하였다 (Burati 등, 1992). 이러한 오류들은 중요한 공사원가 뿐만 아니라 건설오류에 기인한 건설재시공과 관련된 환경부담도 고려해야한다. Burati(1992)등은 설계 및 엔지니어링에서 품질불량에 기인한 비용이 프로젝트 총비용의 약 9.5 %로 추정하였고, Trainor(1983)는 8%가 되는 것으로 추정하였다. 이러한 높은 공사원가 편차는 발주자로 하여금 프로젝트 완료를 위한 예산관리에 대단히 어려운 문제에 직면하게 한

다. Acharya 등 (2006)은 설계자들의 오류로 인하여 고객이 얼마나 당황할 수 있는지를 설명한 바 있다.

2.6 설계오류 저감 전략

설계사가 손쉬운 방법(shotcuts)을 택하고 일반적이고도 기본적인 검사를 수행하지 않음에 따라 설계오류가 발생한다고 하였다(Love cited in Moorthi, 2012). 설계오류와 누락에 따른 법적다툼은 건설산업에서는 흔한 일이므로 엔지니어 및 시공사 등 대부분의 전문가는 책임보험으로 알려진 오류 및 누락에 따른 리스크 대응 보험의 필요성을 느낀다. 시공사에 대한 전문가의 책임에 전형적인 주장에는 건설프로젝트에서 계획, 도면 설계 및 시방서를 준비함에 있어 태만을 포함한다(Oceusa 2013)

인적 오류를 제거하기 위한 기술시스템을 설계하는 것은 불가능하나 오류를 범할 수 있는 기회를 감소시키기 위하여 프로젝트의 전생애주기 동안 작업시의 행동과 작업방법에 초점을 맞추어서 설계해야한다(Love 등,2011).

오류의 원인 및 결과는 한 방향이거나 선형은 아니지만, 상호관계 속에서 상호작용(reciprocal)을 하거나 환상(loop)을 이룬다(Tsang 및 Zahra , 2008). 상호간에 이러한 관계가 어떻게 나타나서 서로 작용하는지를 이해하는 것은 설계오류예방을 위해 필요하다(Lopez 등, 2010).

이상적인 설계오류 방지방법은 오류가 정보의 근원이 될 수 있도록 중요한 문제점의 증상으로서 오류를 보는 것이다. 건설프로젝트에서 효과적인 오류관리의 핵심은 가장 다루기 쉬운 문제에 제한된 자원을 투입하는 것이다 (Love 등, 2011).

학습을 통하여 과거설계오류의 재발을 방지하고, 설계오류를 감소시키도록 효과적으로 회상[reminder]하는데 도움을 주기 위해서는 포스트 잇 노트, 다이어리, 작업목록작성, 목표수립(object positioning), 주위환기, 그리고 정신상태 점검 등을 이용할 필요가 있다.

리스크관리, 수행도측정과 내외 조직적 학습을 끊임없이 수행하여 오류가 발생할 수 있는 원인을 최소화하는 것은 대단히 중요하고, 또한 조직이 오류와 재시공 빈도를 줄일 수 있도록 동기 유발을 할 필요가 있다.

설계자의 계약조항에 포함되어 있는 분쟁해결조항과 시공계약조항이 일치하는지 그리고 설계자와 시공자가 필요시 동일한 절차에 합의할 수 있는지를 세심하게 확인할 필요가 있다. (Rephan 2013)

차후 설계변경이 필요 없도록 초기에 오류 및 누락 감소를 위한 방법을 발견하고 개발한 컨설팅회사는 엄격한 예산 및 일정에 대한 이점을 누릴 수 있다(Oceusa 2013).

기준에 따라, 시공도면은 일반적으로 다양한 설명 및 일반 상세도면을 포함하고 있다. 이러한 설명과 상세도면은 많은 유사한 프로젝트에 대해서 일반적으로 전형적(typical)일 수 있어 몇 가지 주의할 사항 및 세부 사항을 약간 수정후 종종 유사한 프로젝트에 재사용된다. 이러한 현상이 건설 프로젝트에서 일반적인 관행이지만, 이러한 표준 참고사항을 다른 프로젝트에 적용할 경우에는 세심한 주의를 필요가 있다 (Palaneeswaran 등. 2007)

Curtin University 연구원들이 실시한 연구 결과, 호주는 시공자와 설계자 사이의 소통부족이 설계오류에 영향을 미치는 요인의 하나로 나타났다고 하였다 (Moorthi, 2012).

Brumback(2010)는 시공사는 설계오류에 대해 책임을 지지 않지만, 시공사가 계획을 검토중에 발견한 설계오류나 누락을 보고할 의무를 가지고 있기 때문에 설계오류를 발견하면, 발주자 또는 설계자에게 보고해야한다고 하였다.

Bumback(2010)은 컨설턴트(EC)만이 단지 설계오류에 대한 책임이 있다는 말에 동의할 수 없다고 하였고 모든 참여자(당사자)들이 신속한 알림(notification)을 통해 이러한 오류의 영향을 최소화하는 역할을 해야 한다고 주장하였다.

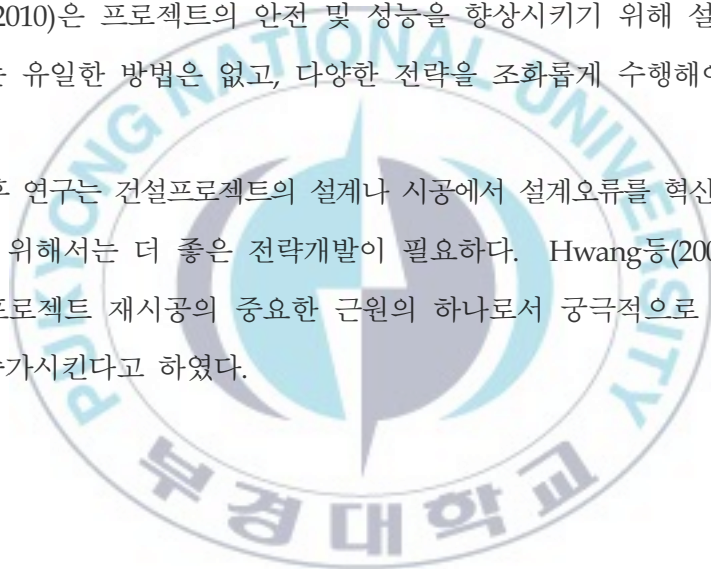
Idoro 와 Aluko(2012)는 발주자는 프로젝트 성과를 낮출 수 있는 부정확한 입찰, 설계변경, 재시공 및 공기지연 등을 충분히 저감할 수 있도록 설계오류를 찾아

서 수정할 수 있도록 설계 및 입찰단계에서 시공성(constructability, buildability) 분석을 수행할 수 있는 능력을 갖춘 컨설턴트를 참여시켜야 한다고 하였다.

좋은 운영계획과 심도 있는 검토는 프로젝트의 실패를 줄일 수 있다(Hossain, 2009). 제2 및 제3자에 의한 설계검토, 감독과 시공자, 그리고 공정사이의 팀워크는 대단히 중요하다. Chow와 Ng(2007)은 컨설턴트는 항상 시공성에 대한 고도의 지식을 가지고, 잇따른 시공단계에서 공기지연이나 클레임의 근원이 될 수 있는 설계성과의 중요성을 인식하고 감독해야한다고 보고한 바 있다. 따라서 설계는 기본적으로 시공성 측면에 대한 종합적인 검토를 거쳐서 수행되어야한다.

Lopez 등(2010)은 프로젝트의 안전 및 성능을 향상시키기 위해 설계오류를 저감시킬 수 있는 유일한 방법은 없고, 다양한 전략을 조화롭게 수행해야할 필요가 있다고 하였다.

따라서 향후 연구는 건설프로젝트의 설계나 시공에서 설계오류를 혁신적(significantly)으로 줄이기 위해서는 더 좋은 전략개발이 필요하다. Hwang등(2009)은 설계오류 및 누락은 프로젝트 재시공의 중요한 근원의 하나로서 궁극적으로 프로젝트 비용과 공기를 증가시킨다고 하였다.



제 3장 자료수집 및 분석방법

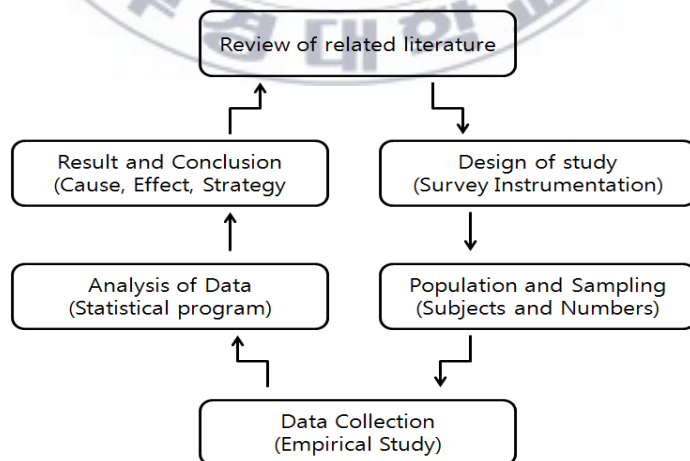
3.1 자료수집

3.1.1 자료수집방법

이 장에서는 통계적 방법에 따른 연구뿐만 아니라 경험적 방법에 의한 연구를 수행하는 데 사용되는 도구를 다루었다. 설명하고자하는 주제는 설계, 레이아웃 및 설문관리, 데이터 수집 및 모집단과, 샘플링 방법, 통계적 방법, 기술(descriptive)통계, 비교통계, 통계적 유의성 및 실무적 유의성검정을 포함한다.

이번 연구는 건설공사에서 설계오류의 원인과 영향에 대한 건설프로젝트 전문가의 인식 및 경험과 태도등과 관련되어 있어 연구자료 수집을 위하여 인터뷰 및 설문조사방법을 채택하였다 (Coetzee 2005).

연구방법은 관련문헌연구, 현장조사(설문조사), 자료수집, 자료분석, 자료해석, 결과물의 정리가 주가 되며 연구절차를 요약하면 Fig. 3.1과 같다.



<Fig. 3.1> The research process

3.1.2 설문조사

1) 조사 설문의 설계

이 연구를 위한 설문조사는 여러 저널(Dosumu와 Iyagba ,2013; Love et.al.2013), 웹검색(TxDOT,2008;Alarcon과 Mardones, 1998) 및 저자의 경험 뿐만 아니라 교과서 등 다양한 설계오류관련 문헌을 참조하여 설계하였다. 설문지는 연구의 목적을 반영하기 위해서 3 부분으로 설계하였다. 첫 번째 부분은 응답자의 개인 정보에 관한 것으로 개인응답자의 정보뿐만 아니라, 건설산업참여 경험정도를 추출 할 수 있는 방식으로 설계하였다. 두 번째 부분은 설계오류 원인 및 설계오류가 건설 산업에 미치는 영향에 관한 설문이고, 세 번째 부분은 설계 오류를 저감대책을 찾는 것에 관한 설문으로 구성하였다. 현장설문조사를 위하여 사용된 도구는 <Table 3.1>에 나타난 Likert의 5점 척도법이고 <Table 3.2>에 자세히 설명하였다. Likert 기법은 사람의 인식상태를 나타내는 일련의 집합이다. 1 ~ 5의 Likert 척도가 발주자, 컨설턴트 및 시공사 조직에서 일하는 전문가의 인식을 추출하기 위해 적용하였다. 응답자의 인식은 연구자가 사전에 정의된 문장의 주요성에 대한 동의의 정도에 따라 측정하였다. '1'은 설계오류의 원인 및 영향이 아주 중요(동의)하지 않은 경우에서부터 '5'는 대단히 중요(동의)한 경우로 하였다.

<Table 3.1> Pattern of five point Likert scale questionnaire

Statements	Strongly disagree	Disagree	Moderate	Agree	Strongly agree
1.	1	2	3	4	5
2.					

<Table 3.2> Description of Likert scale

Scale Code	Definition	Explanation
1	Not Significant	Respondents have strong disagreement about the given statements in questionnaire
2	Slightly Significant	Respondents commonly (somewhat) not agree with the given statements in questionnaire
3	No idea or Indifferent	Respondents want to be in neutral state (neither agree not disagree).
4	Significant	Respondents commonly (somewhat) agree with the given statements in questionnaire.
5	Very Significant	Respondents strongly agree with the given statements in questionnaire.

2) 사용 설문 형식

이번 연구를 위해 체계적인 설문지를 사용하였다. 체계적인 설문지는 각 설문에 대하여 대안을 제공해주고 응답자들은 단순히 적절한 답을 선택하여 표시하면 된다. 상세한 설문을 부록에 수록하였다. 설문은 건설공사의 설계오류와 영향에 관한 광범한 문헌연구를 기초로 하여 만들었으며 선행연구에서 인용된 핵심적인 설계오류와 그 영향을 사용함으로써 설문을 위한 기초자료를 잘 전개할 수 있었다.

3) 모집단과 표본

(1) 연구 목표

이 연구에서 목표가 되는 모집단은 발주자, 컨설턴트(설계자) 및 시공자로서 역할을 하는 전문가들이다. 지역적으로 광범위하게 하여 본 연구에서 얻은 결론을 비교적 일반화가 되도록 노력하였다. 설문조사를 위한 모집단그룹은 건설프로젝트 관리에 직접 참여하고 있는 발주자, 컨설턴트 및 시공사에 근무하는 전문가들로 이루어져 있다.

(2) 표본 수

표본은 건설당사자로서 중요한 세 분야의 참여자인 발주자, 컨설턴트 및 시공사에서 근무하는 기술전문가들로 이루어졌다. 건설관리현장은 동종의 집단이기 때문에 계층화 무작위 표본방법을 적용하였다. 이 연구에서 하위그룹은 소속조직, 경력기간, 프로젝트타입 및 관리직급 등의 범주에 따라 결정하였다.

표본숫자결정에 대하여서는 어떠한 논리적 및 수학적 절차를 적용하지 않았다.

표본크기는 표본으로부터 모집단의 특성을 추론하여 목표를 달성하기 위한 경험적 연구에서 중요한 특성(feature)이다. 실제로, 연구에 사용된 표본의 크기는 자료 수집비용 및 통계적인 필요에 따라 결정된다. 복잡한 연구에서 연구에 관련된 여러 가지표본 크기가 있을 수 있다: 예를 들어,층화표본 추출을 포함하는 설문조사의 표본추출의 각 집단에 대해 서로 다른 표본 크기 있을 수 있다. 인구 조사에서 데이터는 따라서 표본의 크기는 모집단의 크기와 동일하고, 실험설계(experimental design)에서, 연구에 따라 여러 가지 처리그룹(treatment group)에 따라 다양한 표본크기가 있을 수 있다(Wikipedia, 2014).

표본크기는 주로 모집단의 크기, 허용오차 및 신뢰 수준에 따라 달라진다. 모집단의 크기는 정보를 취득하고자 하는 숫자이다. 그러나, 모집단의 크기가 20,000 이상이면 모집단의 크기의 변화는 설문조사 결과에 큰 영향을 주지 않는다. 신뢰수준은 연구자가 오류의 한계를 백분율로 표시하고 선택한 응답백분율이 오차의 한계 내에 있을 빈도를 나타낸다. 오차 범위는 연구자가 표본에 대한 조사결과가 허용하는 \pm 편차이다.

이번 연구의 모집단은 20,000명 이상으로, 95% 신뢰수준과 오차 범위5 %를 고려하면, 약 377명의 설문응답자가 필요(Market,2014b)하여 754매 이상의 설문지를 배포하였다.

(4) 파일럿 테스트

먼저, 설문은 설계 및 시공단계에 직접 참여한 경험이 있는 전문가와 단어 및 상황의 명확성을 위해 파일럿테스트를 하였다. 전문가는 발주자, 컨설턴트 및 시공 업체에서 선정하였다. 전문가의 의견을 반영하여 설문을 수정하였다. 수정 후, 설문지를 발주자, 컨설턴트 및 시공사에 근무하는 전문가들에게 배포했다.

(5) 설문지 배포 및 수집

응답자들은 사회기반시설의 설계 및 시공에 직접적으로 참여한 전문가에서 선정하였다. 주로, 발주자, 컨설턴트 및 시공사에 근무하는 전문가를 선정하였다. 설문지는 이메일의 첨부파일이나, 페이스북 메시지의 첨부 및 직접 방문하여 배포했다. 요즘은 이메일은 설문지의 배부 및 회신 등에 대단히 편리하게 사용되고 있다. 응답중 일부는 즉시 받았다. 연구설문지는 관심을 가지고 있을 것으로 판단되는 응답자에게는 페이스북과 링크시켰다. 응답이 늦은 전문가에겐 전화와 이메일을 전송하여 회수율을 높였다.

응답자수를 최대화 시키기 위해 노력하였으며 여러 곳에서 응답지를 수집하도록 노력하였다. 주로 한국에서 수집하였으며, 베트남과 네팔에서도 지인들의 도움으로 수집하였다.

3.2 자료분석 방법

3.2.1 자료분석 절차

1) 분석절차

수집된 자료는 Fig. 3.2와 같이 Acharya(2006) 등이 사용한 방법과 절차를 이용하였다.

2) 자료의 코드화

응답자로부터 회수한 설문지는 설문지 응답작성시의 애매함 및 오류 등을 찾아내기 위하여 검토를 하고 컴퓨터에 자료로 입력하기 위하여 코드화하였다.

응답자의 개인적 정보를 분석하기 위하여 숫자코드로 표시하였는데 예를 들어 응답자의 조직에 대해서 발주자그룹은 '1', 컨설턴트그룹(설계사 포함)은 '2', 시공사그룹은 '3' 및 기타는 '4'를 부여하였다. 설문지 응답자료는 통계프로그램(SPSS)을 이용 응답 값을 통계처리 하여 자료가 가지고 있는 정보를 분석하였다.

설계오류의 원인과 설계오류의 영향을 분석하기 위해 기술통계, 분산분석(ANOVA), 사후검정 및 요인분석 등을 사용하였다.

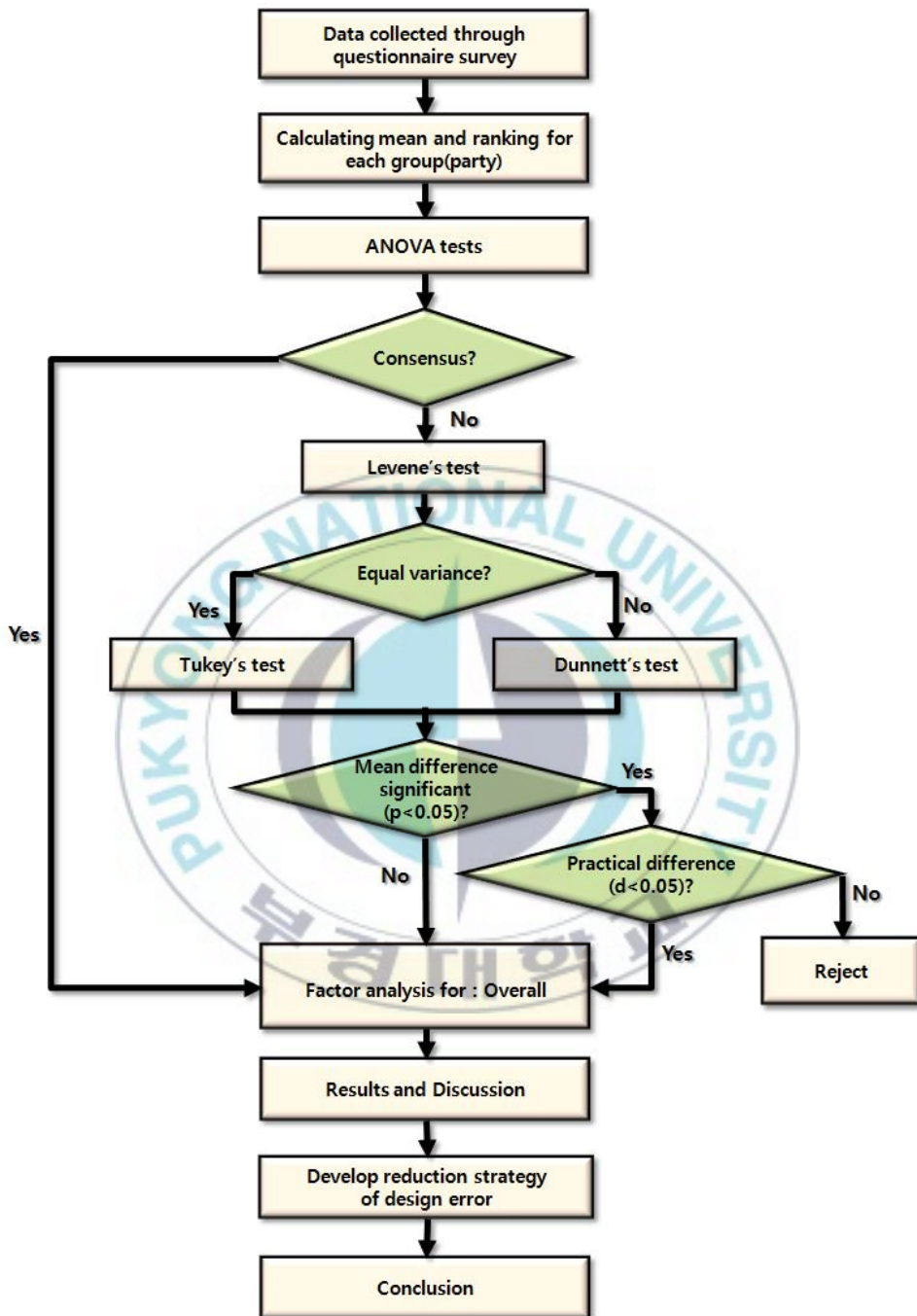


Fig. 3.2 Flowchart of analysis process

3.2.2 기술 통계량

1) 신뢰도 검정

신뢰도(**Reliability**)란 자료의 일치성을 의미한다. 내적신뢰도는 변수집합들 간의 자료의 일치성 여부로 오류를 포함하고 있는 정도를 나타내는 것으로 Cronbach의 α (α) 값으로서 측정할 수 있다. Cronbach의 α 값이 0.6 이상이면 그 항목은 1 차원을 간주되고 지수나 점수로서 관련지을 수 있다. Keytone (2001)에 의하면 완전한 내적신뢰를 가진 변수집합은 거의 없고 일반적으로 내적신뢰도가 0.7 또는 그 이상이면 적당하고 받아들일 수 있는 신뢰도를 가진 자료로 간주한다. Cronbach의 α 값은 검정변수 수와 변수들 간의 평균내부상관 함수로 나타낼 수 있으며 표준화된 Cronbach의 α 식은 다음 식 3.1과 같다.

$$\alpha = \frac{n \cdot \bar{r}}{1 + (n-1) \cdot \bar{r}} \dots\dots\dots <식 3.1>$$

여기서 n 은 변수의 숫자이며 \bar{r} 는 변수들 간의 평균 상관계수이다.

2) 평균값

주어진 설문항목에 대하여 설문응답자들 간의 인식에 대한 동의수준 평균값은 Likert척도의 수준에 따라 작은 값으로부터 큰 값으로 오름차순으로 정리하였다. 본 연구에서는 '1-받아들일 수 없는 수준 5-아주 받아들일 수 있는 수준'으로 하였으며 이 척도에 따르면 높은 평균값은 인식한 요인에 동의를 한다는 표시로 이번 연구에서는 3이상이면 동의하는 것으로 판단하였다. Mogey(1999)등과 같은 몇 연구자들은 Likert척도의 평균값을 사용하는 것에 대해 주저하였는데, 이는 응답자 태도에 대한 산술평균값이 응답자의 실질적인 뜻을 나타내지를 못한다고 믿었기 때문이다. 그러나 Acharya[2006,2006a, 2006b cited from Chan 등(2001)], Awakul

등(2002)과 Phua(2004)등은 결과정리의 편리성으로 인하여, 다른 연구자들과 같이 건설분야 연구에도 평균값이 널리 사용되고 있다고 하였다. 따라서 이 번 연구에서도 변수평가를 위한 구분은 Table 3.3에 표시한 것처럼 Likert 척도값의 평균이 3점 이상이면 주요한 변수(variable)로 간주하였다. 연구설문지에 기술되어 있는 모든 변수는 전체 평균값, 발주자, 컨설턴트 및 시공자 그룹 순으로 정리하였다.

Table 3.3 Category of acceptance of variables

S.N.	Category	Significance level
1	1~ 3.0	Not accepted
2	3.0~4.0	Accepted
3	4.0~5.0	Strongly accepted

※ Source: Adapted from Awakul et al(2002)

3) 통계량

기술 통계량(평균, 백분율, 표준편차, 왜곡도 및 첨도계수 등)은 변수들의 분포를 분석할 때 사용되어진다. 설계오류의 원인 및 설계오류에 따른 영향을 규명하기 위해서 Likert 척도법에 의한 설문조사값의 평균값을 사용하였다.

평균은 척도값 내에서의 변수의 위치를 측정하는 것이다. 평균값은 조사결과를 나타내는데 편리하기 때문에 다른 연구자들(예를 들면 사회과학 및 의학 (Chan et.al 2001, Awakul et al 2002)과 마찬가지로 건설과 관련된 분야에서도 널리 사용되는 방법이다. 평균값(\bar{x})은 아래의 식 3.2로 계산한다.

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n} \quad \text{where } n = \text{total number of variables} \dots\dots\dots\langle\text{식 3.2}\rangle$$

분산의 제곱근인 표준편차는 개개의 요소들이 평균값으로 부터 벗어난 정도를

측정하는 것이다. 표준편차(σ 또는 s)는 다음 식 3.3을 이용하여 구한다.

$$\sigma \text{ or } s = \sqrt{\frac{\sum(x - \bar{x})^2}{n}} \dots\dots\dots \text{<식 3.3>}$$

4) t 검정

Student의 t 검정은 2개의 범주를 가진 독립변수와 연속적인 종속변수를 가진 자료에 적절하고 독립변수들의 여러 범주 사이의 평균값의 차이를 검정하고자 할 때 사용할 수 있다.

5) ANOVA 검정

세 그룹 이상의 응답자그룹간의 주어진 변수에 대해 가지는 동의의 정도(견해의 일치성 정도)는 ANOVA(일원배치 분산분석)을 이용하여 검정하였다. ANOVA는 관측한 자료값들을 체계적으로 설명하려는 통계기법으로 모집단간의 ANOVA의 핵심 통계량은 그룹평균 간의 차이를 나타내는 F 검정이며 독립변수 값들로 이루어진 그룹의 평균이 우연히 발생할 수 있을 정도의 차이인지 여부를 검정하는 것이다.

F 검정은 일반적으로 분산을 나타내는 두 수치의 비로서 표시되며 비교되는 모집단이 동일한지 여부를 검정하는데 사용된다.

ANOVA 검정에서 통계치(유의확률 p)는 통상 평균오차제곱합에 대한 평균처리제곱의 비율로 표시되며 통계치 F는 평균처리제곱이 오차처리제곱에 비하여 훨씬 클 때 큰 값을 나타내고 이 경우 그룹간의 평균치가 동일하다는 귀무가설(null hypothesis)은 기각된다. p값은 통계치 F의 통계적 유의수준을 결정하는데 도움이 되며(Minitab Help, 2000), 귀무가설을 수락 또는 기각하느냐의 가설검정에 사용되

어진다. p값은 Type 1 오류를 일으킬 수 있는 확률을 나타내며 그 것이 사실일 때 귀무가설을 기각한다. p값이 작을수록 귀무가설을 기각하는 오류를 발생시킬 확률은 작아진다. 보통 유의수준으로 0.05(5%)가 사용되어지는데 이는 p값이 0.05보다 작으면 귀무가설을 기각한다는 의미이다. Fig.3.3은 ANOVA 검정절차를 나타내고 있다.

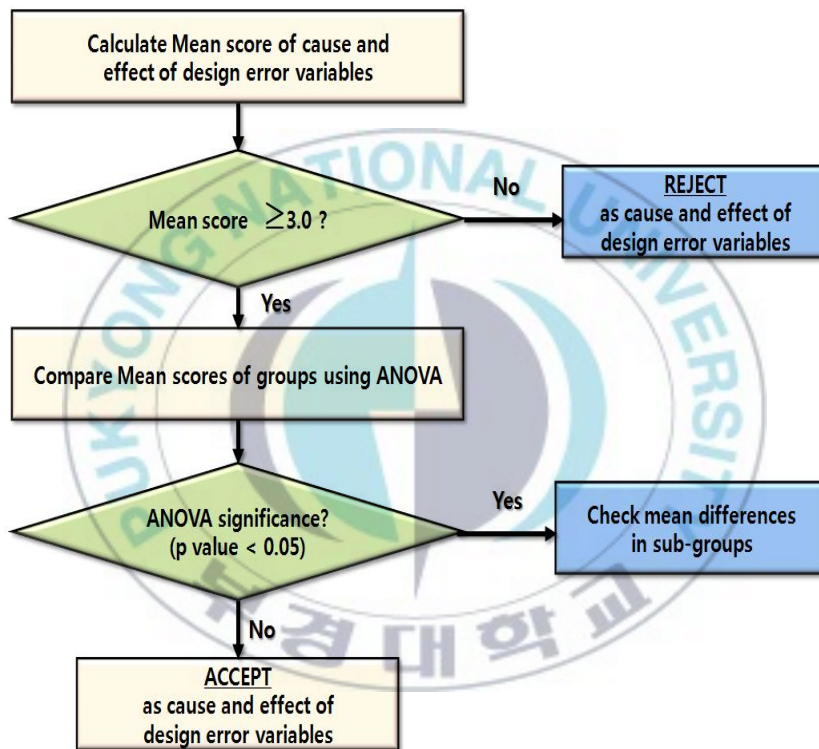


Fig. 3.3 ANOVA test process

6) 등분산성

Levene의 등분산성검정은 그룹의 분산이 동일하다는 가정을 증명하기 위해 사용된다. ANOVA검정결과 그룹간의 평균이 같다는 귀무가설이 기각되면 사후검정을 위하여 Levene의 등분산성검정을 수행할 필요가 있고 그룹간에 등분산

성을 찾기 위해 통계량 Fmax를 사용하고 다음 식 3.4와 같이 표현할 수 있다 (Heiman, 2001).

$$F_{\max} = \frac{\text{Largest } S_x^2}{\text{Smallest } S_x^2} \dots\dots\dots \text{<식 3.4>}$$

여기서, S_x^2 은 추정된 모분산이고 전 F값 (over all F-value)이 유의하면($p < 0.05$) 등분산성은 기각된다(Coetzee, 2005). F값이 $p > 0.05$ 로 등분산성이란 가설을 만족시켜주면 Tukey 사후검정이 그룹간 평균값의 통계적 차이를 결정하는데 이용된다. 또한 등분산성을 만족시켜주지 못하는 경우($p < 0.05$)에는 Dunnett의 C검정이 그룹간 평균값의 통계적 차이를 결정하는데 이용된다. 이 절차는 Fig. 3.4에 나타낸 바와 같다.

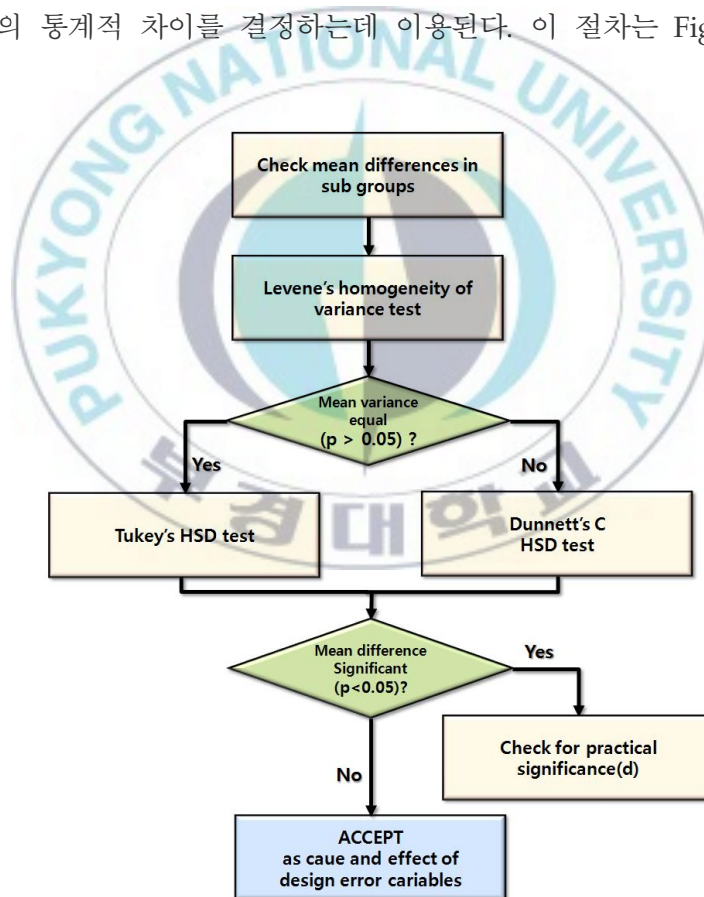


Fig. 3.4 Homogeneity of variance and post hoc test process

7) 실무적 유의

통계적 유의성은 자료집합의 수가 증가함에 따라 유의확률 p 값을 작게 산출하려는 경향을 가지고 있기 때문에 그룹평균값 사이에 통계적 유의성이 있다고 해서 실무적으로도 항상 유의함을 의미하는 것은 아니다. 이 경우 기술적 통계 대신에 Effect size를 이용하여 그룹간의 평균값 사이의 차이를 결정할 수 있다. 실무적 유의성은 실무적으로 영향을 가지는 충분한 크기의 차이로 이해되어야한다. Fig.3.5는 실무적 유의(practical significance) 검정 절차에 대해 설명하고 있다.

(1) Effect size

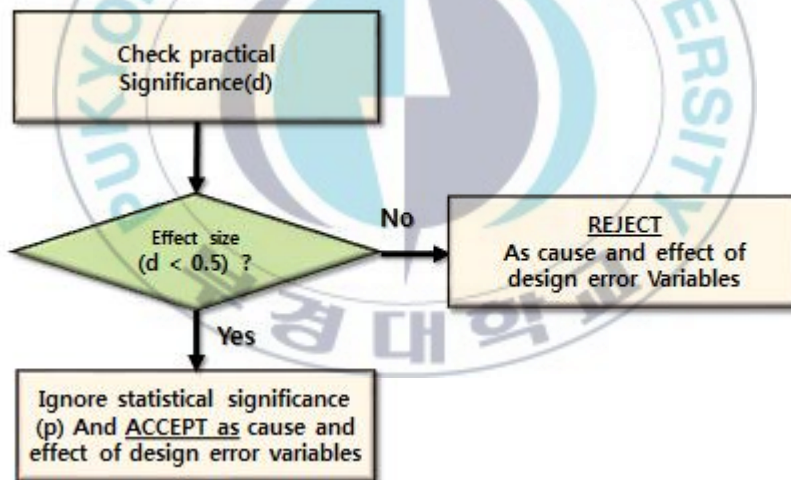


Fig. 3.5 Practical significant test process for mean difference

ES(effect size)는 그룹간의 평균값의 크기를 결정하기 위해 사용되는 통계량으로 평균값의 크기 평가시에 두 그룹의 평균치의 차이의 크기를 검정하는데 사용된다.

(2) 평균간 차이의 실무적 유의성

다음 Table 3.4의 식 3.5 및 식 3.6은 t검정 사용시 평균차이(d)에 대한 실무적 유의성을 결정하는데 사용하고 식 3.6은 ANOVA검정을 위해 사용한다(Coetzee 2005).

Table 3.4 Practical significance formula for mean comparison

$d = \text{Mean}_A - \text{Mean}_B \div \text{SD}_{\text{max}}$ for t test.....<식 3.5>
$d = \text{Mean}_A - \text{Mean}_B \div \text{Root MSE (pooled SD)}$ for ANOVA test....<식 3.6>

※ Source: Coetzee(2005)

- Mean A = 첫 번째 그룹의 평균,
- Mean B = 두 번째 그룹의 평균,
- SDmax = 두 그룹의 표준편차 중 큰 값,
- Root MSE = root mean square error

Cohen (Coetzee,2005)은 평균간의 차이에 대한 유의성 검정을 위해 다음 Table 3.5와 같이 한계값을 제안하였다. d = 0.5를 평균간 차이에 대한 실무적 유의성의 한계값으로 설정하였다.

Table 3.5 Effect size for mean comparison

<i>d</i>	Explanation
0.20	small effect
0.50	medium effect
0.80	large effect

※ Source: Coetzee(2005)

(3) 변수간 상관관계의 실무적 유의성

두 변수가 실무적으로 유의한 상관관계가 있는지는 상관계수(r)로서 결정할 수 있다. 이 경우 ES는 r 의 절대값을 사용하여 결정하고 실무적 유의성의 한계 값을 Cohen(cited from Coetzee, 2005)이 제안하였다. 변수들 간의 상관관계의 실무적 유의성 한계값은 Table 3.6와 같이 $r=0.3$ 이 사용되었다.

Table 3.6 Effect size for correlation

r	Explanation
0.10	small effect
0.30	medium effect
0.50	large effect

※ Source: Coetzee(2005)

3.2.3 요인분석

1) 요인분석 목적

요인분석은 여러 변수들 간의 상관관계를 이용하여 서로 유사한 변수들끼리 묶어주는 다변량 통계기법이다. 요인분석은 상관관계가 높은 변수들 끼리 동질적인 몇 개의 범주로 나누는데 유용하므로 변수들 간에 상관성을 설명할 수 있는 기본 구조나 요인을 규명하는데 그 목적이 있다.

요인분석은 많은 숫자의 변수들을 작은 수의 처리하기 쉬운 요인(자료그룹)으로 축소시키는데 사용된다.

연구를 위한 설문지에는 많은 수의 설문이 포함되어 있기 때문에 요인분석을 통하여 설문지에 포함되어 있는 변수들인 설계오류원인 및 영향을 상관계수를 이용하여 차후 평가를 위하여 적은 수의 그룹으로 나눈다.

2) 요인분석의 가정

요인분석은 몇 가지 가정을 만족시킬 수 있는지 점검하여야 하며 가정은 다음과 같다.

첫째, 변수의 분산은 요인공통분산(common variance), 변수고유분산(unique variance) 및 잔차분산(error variance)로 나눌 수 있다.

둘째, 변수들을 종속변수와 독립변수로 구분하지 않고 변수들 간의 상호관계를 규명하는 분석 기법이므로 변수는 등간척도 이상의 정량적 자료이어야 한다.

셋째, 변수들은 정규분포를 이루며, 변수 관찰치는 상호 독립적이며 각 변수는 등분산성을 만족시켜 주어야 한다.

3) 요인분석의 가능성

응답자로부터 수집된 자료가 요인분석에 적절해야 요인분석이 가능하며 자료의 적정성검정에는 ① Bartlett의 단위행렬검정, ② 상관계수행렬검정, ③ 고유값(eigen value)검정, Scree plot, ④ 공통인자분산의 점검, ⑤ 잔영상관행렬의 점검 및 Kaiser-Meyer-Olkin 의 점검법이 있다.

여기서는 Kaiser기준이 요인의 수를 추출하는데 사용하였고, varimax 회전법을 요인부하행렬을 위해 사용하였다. 요인분석 절차를 나타내면 Table 3.7과 같다.

Table 3.7 Factor analysis process

S.N.	Item	Description
1	Correlations	High correlation > 0.90 is not desirable to avoid multicollenerity and singularity (Field, 2005)
2	Validity/ Adequacy test	1. Kaiser-Meyer-Olkin (KMO) test: High value greater than 0.7 indicates that factor analysis will yield distinct and reliable factors 2. Bartlett's test(Reliability test): Tests the null hypothesis that the correlation matrix is an identity matrix. (Desirable p value <0.001)
3	Number of factors	1. Kaiser criterion (greater than 1 eigen value, sometimes greater than 0.8) 2. Scree plot 3. Arbitrarily (As required)
4	Rotating the factors	Common method varimax rotation
5	Retaining variables	1. Communilities test >0.50 2. Factor loading > 0.40 3. Cross loading difference > 0.10
6	Interpretation	Interpretation of each factors

4) 상관분석

식 3.7에 표시된 상관계수(r)는 두 개의 연속적인 변수 사이의 관계를 묘사하는 통계량(Keytone, 2001)이다.

상관계수의 수치값은 -1에서부터 +1사이 값을 가지며, 보통 상관계수 0.4~0.9값은 상당한 상관관계(Keytone, 2001)를 가지고 있는 것으로 고려된다. 유의수준은 사실인 귀무가설을 기꺼이 기각할 수 최대 위험치를 나타내며 보통 5%를 유의수준으로 사용한다.

두 변수 x, y 에 대하여,

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{(n-1)S_x S_y} \dots\dots\dots <식 3.7>$$

여기서 \bar{x} 는 첫째 표본평균, S_x 는 첫째 표본에 대한 표준편차, \bar{y} 는 둘째 표본의 평균 그리고 S_y 는 두 번째 표본에 대한 표준편차이다.

5) 표본의 적합도

KMO(The Kaiser-Meyer-Olkin)검정은 잔영상관행렬을 이용하여 계산된 통계량으로 연구자의 자료가 요인분석에 적합한지를 검토하는 통계기법이다. KMO 통계치는 부분 상관과 잔영상관에 기초를 두고 있으므로 잔영상관행렬과 연계함으로써 표본적합도(Measure of Sampling Adequacy, MSA)를 구할 수 있다. MSA점수는 0에서부터 1까지의 범위를 취할 수 있으나 합계점수는 자료가 요인으로서 적합하려면 0.7이상이 되어야한다(Morgan과 Griego, 1998, cited in Coetzee, 2005).

6) 단위행렬검정

Bartlett의 단위행렬검정(sphericity)은 요인분석에 이용될 변수들의 상관행렬이 단위행렬인지 아닌지, 즉 변수들이 서로 독립적인지를 검정하는 통계기법이다. 모집단내에서 모든 변수들의 관계가 독립적이라면 모집단내에서 추출된 표본사이에는 상관관계가 존재하지 않으므로 요인분석을 적용할 필요성이 없다. 변수들 사이에 통계적으로 유의한 관계가 존재하면 모상관관계는 단위행렬이다라는 귀무가설은 기각되므로 변수들 사이에는 상관관계가 존재할 것이고 요인분석을 적용할 수 있다.

유의확률 p 값이 작고($p < 0.001$), χ^2 값이 크면 변수들 사이에 유의성이 있다는 것을 나타내며 이는 변수들이 요인분석에 적합하다는 것을 의미한다(Morgan 및 Griego 1998, Coetzee 2005).

제4장 결과 및 고찰

4.1 자료분석

4.1.1 응답자 정보

1) 응답자 수

응답비율 약 50%로 생각하여 최소 377매의 응답지를 얻기 위하여 800매 이상의 설문지를 한국과 베트남 및 네팔에 배부하였다. 한국과 베트남 및 네팔에서의 연구결과를 실제 작업조건에 일반화 시킬 수 있도록 지리적 조건을 고려하여 배부하였다. 총 601매의 응답지를 수집하였으며 이는 응답비율이 50 % 이상임을 보여준다.

2) 국가별 응답자 수

국가별 응답자 세부사항은 Table 4.1과 같다. Table 4.1에 의하면 한국은66.6%, 다음으로 베트남(25.5%), 네팔(8 %)로 나타났다.

Table 4.1 Responses with respect to country

Country		Frequency	Percent	Remarks
1	Korea	400	66.6	
2	Vietnam	153	25.5	
3	Nepal	48	8.0	
	Total	601	100.0	

3) 응답자 소속 조직

응답자들의 소속조직은 다음 Table 4.2와 같으며 컨설턴트그룹(설계자)이 35.9%로 가장 많으며 다음 시공사그룹이 33.1%이고 발주자가 그룹이 28.3%를 나타내었다. 따라서 3그룹의 응답자비율이 비슷하다. 또한 Table 4.3~6에 나타난 바와 같이 국가별로 3그룹에 대하여 나타내었고 3그룹이 1/3(33.3%)씩 분포한다고 보아도 좋은지 paired t 검정을 한 결과 유의확률(p)가 0.690으로 그룹간에 분포비율에 차이가 있다는 대립가설이 기각되므로 각 나라에 있어서도 응답자비율이 비슷하여 어느 한 그룹에 의해 분석결과가 지배되지는 않을 것으로 보인다

Table 4.2 Type of affiliated organization

Organization		Frequency	Percent	Remarks
Valid	Owner Group	170	28.3	
	Consultant Group	216	35.9	
	Contractor Group	199	33.1	
	Others	13	2.2	
	Total	598	99.5	
Missing	System	3	0.5	
Total		601	100.0	

Table 4.3 Type of affiliated organization in Korea

Organization		Frequency	Percent	Remarks
Valid	Owner Group	117	29.2	
	Consultant Group	140	35.0	
	Contractor Group	128	32.0	
	Others	12	3.0	
	Total	397	99.2	
Missing	System	3	.8	
Total		400	100.0	

Table 4.4 Type of affiliated organization in Vietnam

Organization		Frequency	Percent	Remarks
Valid	Owner Group	38	24.8	
	Consultant Group	54	35.3	
	Contractor Group	61	39.9	
	Total	153	100.0	

Table 4.5 Type of affiliated organization in Nepal

Organization		Frequency	Percent	Remarks
Valid	Owner Group	15	31.2	
	Consultant Group	22	45.8	
	Contractor Group	10	20.8	
	Others	1	2.1	
	Total	48	100.0	

Table 4.6 Paired sample test

		Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower	Upper			
Parr 1	Observed - Theoretical	.95000	6.46861	2.28700	-4.45789	6.35789	.415	7	.690

4) 발주자 구성

발주자그룹을 공공기관 소속여부에 따라 Table 4.7과 같이 구분하였으며, 이는 연구자가 공공 및 비공공 부문에서 일하는 전문가의 인식을 측정하기 위한 연구에 도움이 될 수 있다.

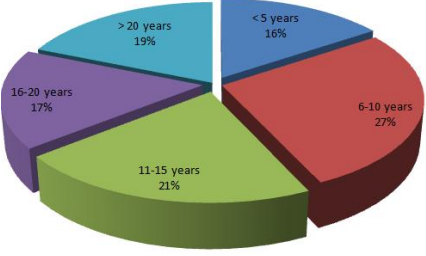
Table 4.7 Type of owner group

Owner Group		Frequency	Percent	Remarks
Valid	Not Applicable	422	70.2	
	Government	89	14.8	
	Semi Government	55	9.2	
	Private Companies	20	3.3	
	Others	5	0.9	
	Total	591	98.3	
Missing	System	10	1.7	
Total		601	100.0	

5) 건설산업 경력

Table 4.8에 따르면, 이 설문조사에서는 6 ~ 10년의 경험을 가진 전문가가 최대 27.3%로 구성되어 있고, 다음 11~15년이 21.1%, 16~20년이 16.8%, 다음 20년 이상이 18.6%로서 6년 이상의 경험자가 전체의 약 85%를 차지하고 있음을 보여주고 있다

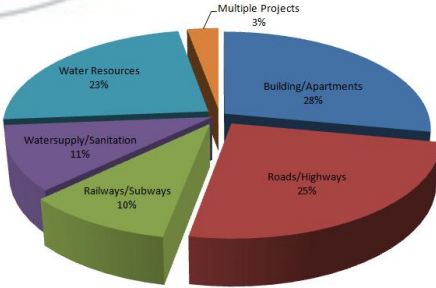
Table 4.8 Range of industry experience

Range of Experience Year		Frequency	Percent	Remarks
Valid	< 5 years	93	15.5	
	6-10 years	164	27.3	
	11-15 years	127	21.1	
	16-20 years	101	16.8	
	> 20 years	112	18.6	
	Total	597	99.3	
Missing	System	4	0.7	
Total		601	100.0	

6) 참여 프로젝트 종류

Table 4.9에 따르면, 설문조사에 참여한 응답자 중 건물/아파트부문에 27.6%, 도로/고속도로분야에 24.6%, 수자원분야에 23.1%, 상하수도분야에 10.6%, 지하철/철도분야에 9.8% 등으로 나타났다.

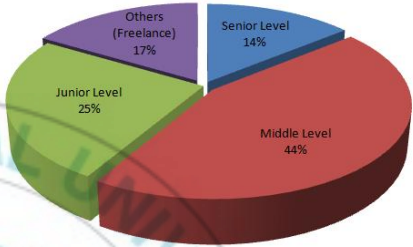
Table 4.9 Experienced project parts of respondents

Projects		Frequency	Percent	Remarks
Valid	Building/Apartments	166	27.6	
	Roads/Highways	148	24.6	
	Railways/Subways	59	9.8	
	Watersupply/Sanitation	64	10.6	
	Water Resources	139	23.1	
	Multiple Projects	17	2.8	
	Total	593	98.7	
Missing	System	8	1.3	
Total		601	100.0	

7) 응답자 직위

응답자들의 조직내 직위(Position Rank of Respondents in Organization)를 조사한 결과 대체로 수석엔지니어에서 중간엔지니어로 이를 정리하면 Table 4.10과 같다.

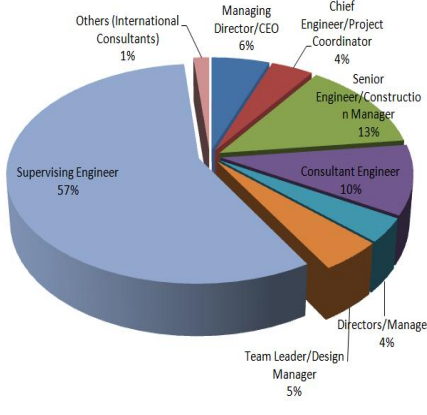
Table 4.10 Position rank of respondents in organization

Position Rank in Organization		Frequency	Percent	Remarks
Valid	Senior Level	84	14.0	
	Middle Level	264	43.9	
	Junior Level	148	24.6	
	Others (Freelance)	98	16.3	
	Total	594	98.8	
Missing	System	7	1.2	
Total		601	100.0	

8) 응답자의 직책

설문응답자의 조직내 직책(Position of Respondents)를 조사한 결과 Table 4.11과 같이 공사감독이 56.92%로 가장 큰 부분을 차지하는 것으로 나타났고 많은 응답자들은 이 문항에 대하여 응답을 하지 않은 것으로 나타났다.

Table 4.11 Position of respondents in organization

Position in Organization		Frequency	Valid Percent	Remarks
Valid	Managing Director/CEO	11	5.64	
	Chief Engineer/Project Coordinator	8	4.10	
	Senior Engineer/Construction Manager	26	13.33	
	Consultant Engineer	20	10.26	
	Directors/Managers	7	3.59	
	Team Leader/Design Manager	9	4.62	
	Supervising Engineer	111	56.92	
	Others (International Consultants)	3	1.54	
	Total	195	100	
Missing	System	406		
Total		601		

9) 응답자의 직무 특성(Particular Job Nature of Respondents)

Table 4.12는 각 응답자들이 조직내에서 수행한 직무특성에 대하여 정리하였으며 Table 4.12에 따르면 설계 엔지니어/건축사 29 %, 감독 감독엔지니어 27.8%로 큰 부분을 나타내었다.

Table 4.12 Particular job nature of respondents

Current Job of Respondent		Frequency	Percent	Valid Percent	Remarks
Valid	Design Engineer/Architect	172	28.6	29.0	
	Supervision Engineer	165	27.5	27.8	
	Planning Engineer	59	9.8	9.9	
	Others	198	32.9	33.3	
	Total	594	98.8	100.0	
Missing	System	7	1.2		
Total		601	100.0		

10) 설계오류 경험

응답자들이 설계오류로 인하여 참여한 프로젝트가 얼마나 많은 영향을 받았는지 알고자 건설산업에 종사하면서 설계오류의 경험여부를 조사한 결과를 Table 4.13과 같이 요약하였다. Table 4.13에 의하면 응답자의 약75%가 설계오류가 발생된 프로젝트에 참여한 경험이 있음을 보여주고 있으며 이는 건설현장에 대한 경고 상황이다.

Table 4.13 Involvement in design error triggered projects

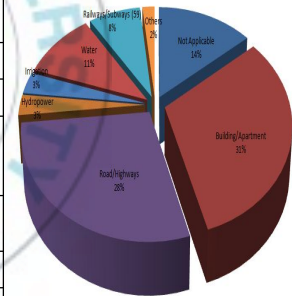
Design Error Experience		Frequency	Percent	Valid Percent	Remarks
Valid	Not Applicable	35	5.9	5.9	
	Yes	451	75.0	75.8	
	No	109	18.1	18.3	
	Total	595	99.0	100.0	
Missing	System	6	1.0		
Total		601	100.0		

11) 설계오류 유발 프로젝트

Table 4.14는 설계오류 유발정도를 나타내는 프로젝트를 정리하였다. 빌딩/ 아파트 프로젝트에서 설계오류가 31.2%로 가장 높게 잘 발생하는 것으로 나타나는데 이는 빌딩/아파트가 이 범주에서 가장 높은 응답자를 차지하는 것에 기인하는 것으로 생각된다. 마지막 열에 나타난 바와 같이 빌딩/아파트 프로젝트 참여자의 92.1%, 도로/ 고속도로 프로젝트참여자의 약 92.6%가 설계오류를 경험한 것으로 나타났다.

Table 4.14 Construction project having design error case

Construction Projects (Numbers in bracket indicates total number of respondents in that category)		Frequency	Percent	Valid Percent	Particular Project Percent	Remarks
Valid	Not Applicable	70	11.7	14.3		
	Building/Apartment (166)	153	25.5	31.2	92.1	
	Road/Highways (148)	137	22.8	28.0	92.6	
	Hydropower	15	2.5	3.1		
	Irrigation	16	2.7	3.3		
	Water Supply/Sanitation (64)	52	8.7	10.6	81.2	
	Railways/Subways (59)	38	6.3	7.8	64.4	
	Others	9	1.5	1.8		
	Total	490	81.5	100.0		
Missing	System	111	18.5			
Total		601	100.0			



4.2 나라별 설계오류원인

4.2.1 신뢰도 검정

자료의 일관성을 확인하기 위하여 신뢰성 검정을 수행한 결과 45개의 변수에 대하여 Cronbach의 Alpha값을 검토한 결과 Table 4.15 및 Table 4.16과 같이 $0.931 > 0.70$ 로 추가분석에 사용할 수 있는 것으로 나타났다.

Table 4.15 Case processing summary

		N	%
Cases	Valid	559	93.0
	Excluded (a)	42	7.0
	Total	601	100.0

Table 4.16 Reliability Statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
0.931	45

4.2.2 설계오류원인 평균값

각 나라에 대한 설계오류원인에 대한 인식에 동의의 정도를 알고자 Likert척도의 평균값을 비교관찰하여 Table 4.17 및 Fig. 4.1에 각 나라에 따른 결과를 정리하였다. 그리고 Table 4.17 및 Fig 4.1을 살펴보면 변수 7.01, 7.03, 7.10, 7.18, 7.24, 7.45 등이 나라 간에 상대적으로 차이가 큰 것으로 나타났다. 그리고 Fig. 4.2는 각 나라에서 상위 5개의 변수를 나타낸 것이다. 3나라 모두에서 7.04(경험 있는 설계자 부족, Lack of Skilled Staffs in Consultant Office) 및 7.06(컨설턴트사무소의 숙련직원 부족, Lack of Experience of Designer in particular job)이 최상위를 나타내고 있음을 알 수 있다. 다음 한국에서는 낮은 설계비, 발주자의 설계변경과 설계시간부족

이 뒤따랐고, 베트남과 네팔에서는 컨설턴트에 의한 설계검토부족이 뒤따랐다. Fig. 4.3은 나라상호간의 동의의 정도를 그림으로 나타내었다.

Table 4.17 Mean value of design error causes with respect to country

Var. No.	Variable (Cause of Design Error)	Korea		Vietnam		Nepal		Overall	
		Mean	N	Mean	N	Mean	N	Mean	N
		7.01	Schedule Pressure of Consultant	3.44	398	3.64	153	3.08	48
7.02	Low Design Fee	3.86	399	3.35	153	3.50	48	3.70	600
7.03	Client's Strict Procurement Strategy	3.50	398	3.05	153	2.81	48	3.33	599
7.04	Lack of Skilled Staffs in Consultant Office	3.89	398	3.92	153	4.27	48	3.92	599
7.05	More Staff Turn Over in Consultant	3.64	396	3.47	153	3.27	48	3.57	597
7.06	Lack of Experience of Designer in particular job	3.88	398	3.98	153	4.27	48	3.94	599
7.07	Lack of Design Review by Consultant	3.69	398	3.88	153	4.23	48	3.78	599
7.08	Lack of Coordination in Design Team	3.44	397	3.76	153	3.69	48	3.54	598
7.09	Unclear/Ambiguous specification of Client	3.46	397	3.54	153	3.31	48	3.47	598
7.10	Complex Requirement Of Client	3.56	394	3.24	153	2.83	48	3.42	595
7.11	Introduction of New Technology by Consultant	3.54	395	3.65	153	3.63	48	3.57	596
7.12	Design Management Team Experience	3.62	400	3.76	153	3.77	48	3.67	601
7.13	Design Professional's Education	3.31	400	3.78	153	3.69	48	3.46	601
7.14	Lack of Communication in Consultant Team	3.54	397	3.20	153	3.31	48	3.43	598
7.15	Availability of Enough Project Information	3.36	399	3.38	153	3.67	48	3.39	600
7.16	Lack of Planning in Consultant Team	3.59	398	3.44	153	3.31	48	3.53	599
7.17	Lack of Design Team Efficiencies	3.27	398	3.63	153	3.65	48	3.39	599
7.18	Inadequate Documentation by Consultant	3.13	398	3.43	153	3.67	48	3.25	599
7.19	Inadequate Documentation by Client	3.19	398	3.26	153	3.08	48	3.20	599
7.20	Lengthy Design Process	2.83	398	3.24	153	2.92	48	2.94	599
7.21	Unreliable Decision Making of Consultant	3.21	397	3.46	153	3.50	48	3.30	598
7.22	Carelessness/Lack of Due Diligence by Consultant	3.36	398	3.75	153	3.83	48	3.50	599
7.23	Rigid Attitude of Consultant	3.11	398	3.46	153	3.25	48	3.21	599
7.24	Over/Under Confident Consultant	3.11	399	3.15	153	3.69	48	3.16	600
7.25	Last Minute Design Change initiated from Client Side	3.85	398	3.74	153	4.13	48	3.84	599

Table 4.17 Mean value of design error causes with respect to country(continue)

Var. No.	Variable (Cause of Design Error)								
		Korea		Vietnam		Nepal		Overall	
		Mean	N	Mean	N	Mean	N	Mean	N
7.26	Last Minute Design Change made by Consultant	3.43	398	3.48	153	3.44	48	3.44	599
7.27	Inadequate Assessment of the Project	3.23	399	3.48	153	3.71	48	3.33	600
7.28	Misunderstanding of Basics of Engineering by Designer	3.23	398	3.54	153	3.56	48	3.33	599
7.29	Lack of Understanding of Design Requirement	3.41	399	3.56	153	3.75	48	3.48	600
7.30	Change of Construction Sequence	3.38	399	3.50	153	3.60	48	3.43	600
7.31	Lack of Awareness of Changes in Scope or Requirement	3.27	398	3.50	153	3.50	48	3.35	599
7.32	Errors In Design Assumptions by Designer	3.44	399	3.65	153	3.83	48	3.53	600
7.33	Client Project Manager's Inexperience	3.50	399	3.54	153	3.56	48	3.52	600
7.34	Lack of Communications between Client and Consultant	3.53	398	3.48	153	3.48	48	3.51	599
7.35	Rigid Attitude of Client	3.48	399	3.63	153	3.40	48	3.51	600
7.36	Incompleteness of Information From Client	3.41	399	3.55	153	3.54	48	3.45	600
7.37	Deficient Procedures	2.99	399	3.24	153	3.31	48	3.08	600
7.38	Inadequate Given Design Time	3.81	397	3.76	153	3.63	48	3.78	598
7.39	Lack of Identification of Project Risks by Consultant	3.65	397	3.50	153	4.13	48	3.65	598
7.40	Unclear/Ambiguous Requirement of client	3.43	396	3.53	153	3.48	48	3.46	597
7.41	Insufficient Fund	3.23	399	3.48	153	3.33	48	3.30	600
7.42	Lack of Planning and Inspection of Consultant	3.41	399	3.51	153	3.94	48	3.48	600
7.43	Lack of Planning and Inspection by Client	3.44	398	3.42	153	3.56	48	3.44	599
7.44	Prepackaged Solutions for Design and Specifications	3.54	399	3.75	153	4.19	48	3.65	600
7.45	Gross Human Error from consultant	3.41	394	3.46	153	3.02	48	3.39	595

경제가 발전한 한국, 발전하고 있는 베트남 및 발전이 느린 네팔에서 국가의 발전수준에 관계없이 공통된 설계오류의 원인은 주어진 과업에 대한 설계자의 경험 부족과 컨설턴트사의 숙련된 직원 부족으로 나타났다. Fig. 4.3에 의하면 한국은 발주자의 요구조건과 경직된 태도 등 발주자에 대한 문제를 상대적으로 더 심각하게 생각하는데 반하여 베트남과 네팔은 컨설턴트와 관련된 문제를 더 중요하게 생각하는 것으로 나타났다. 비슷하게 베트남은 네팔보다 상대적으로 발주자 문제를 컨설턴트보다 더 심각하게 받아들이는 것으로 나타났다.



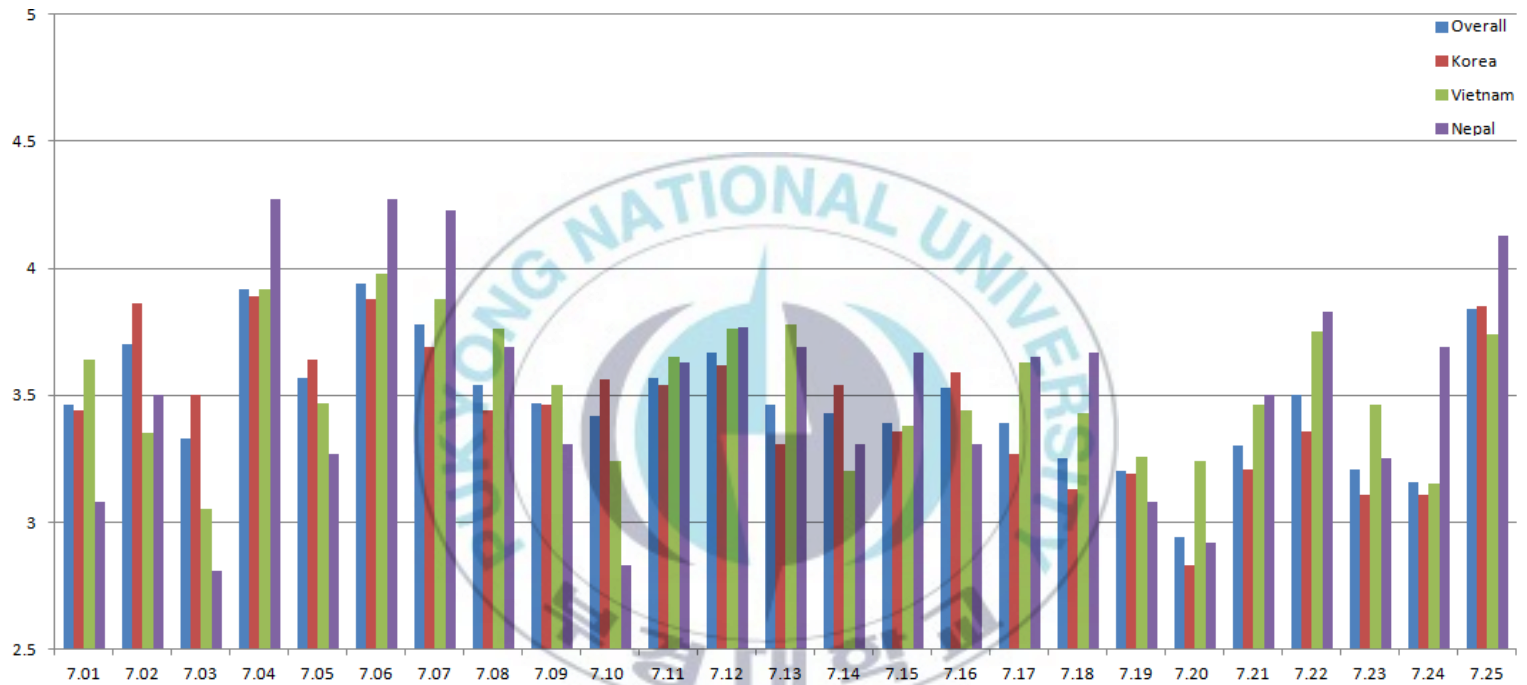


Fig. 4.1 Mean value of design error causes with respect to country

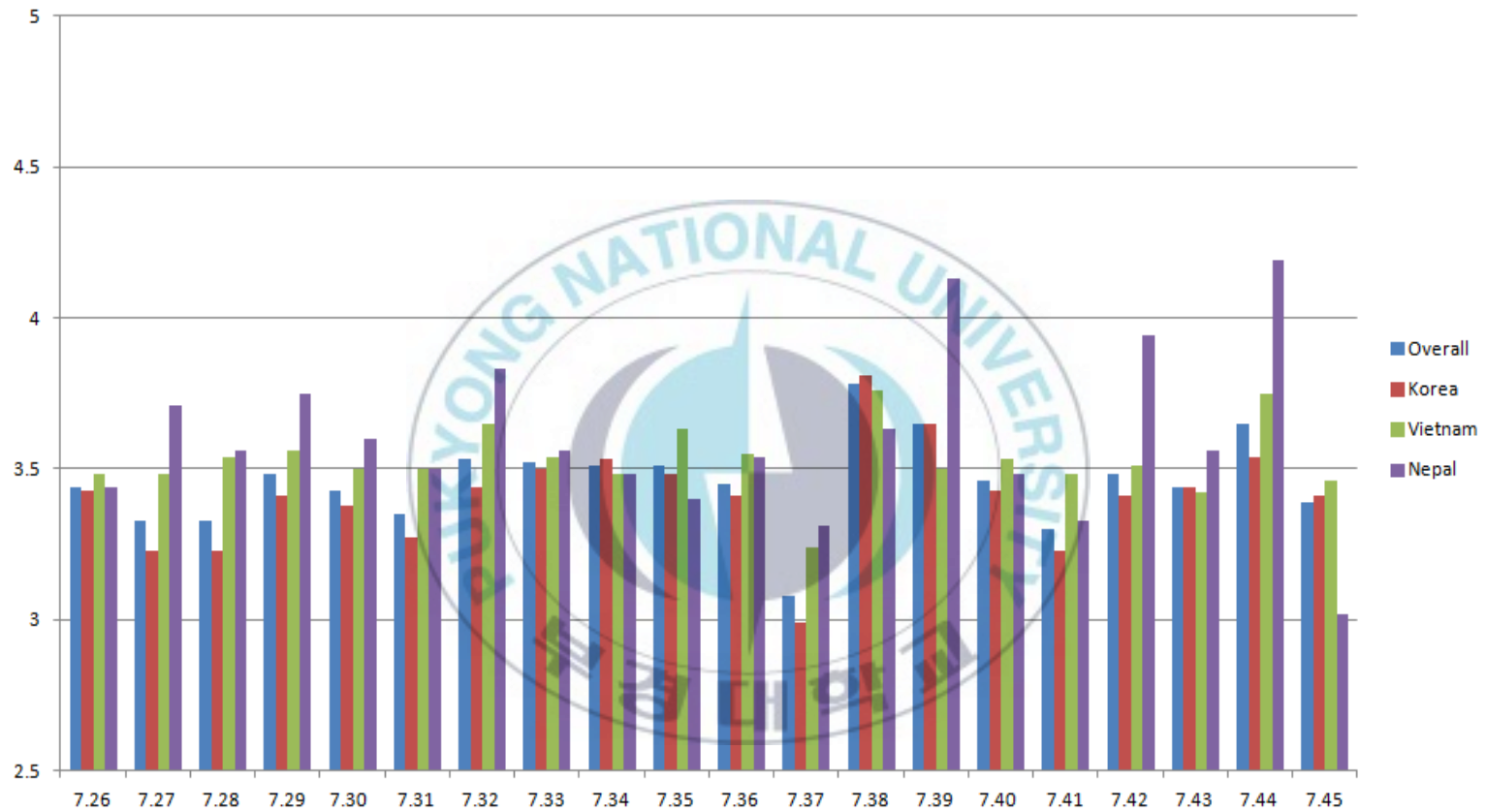


Fig. 4.1 Mean value of design error causes with respect to country(continue)

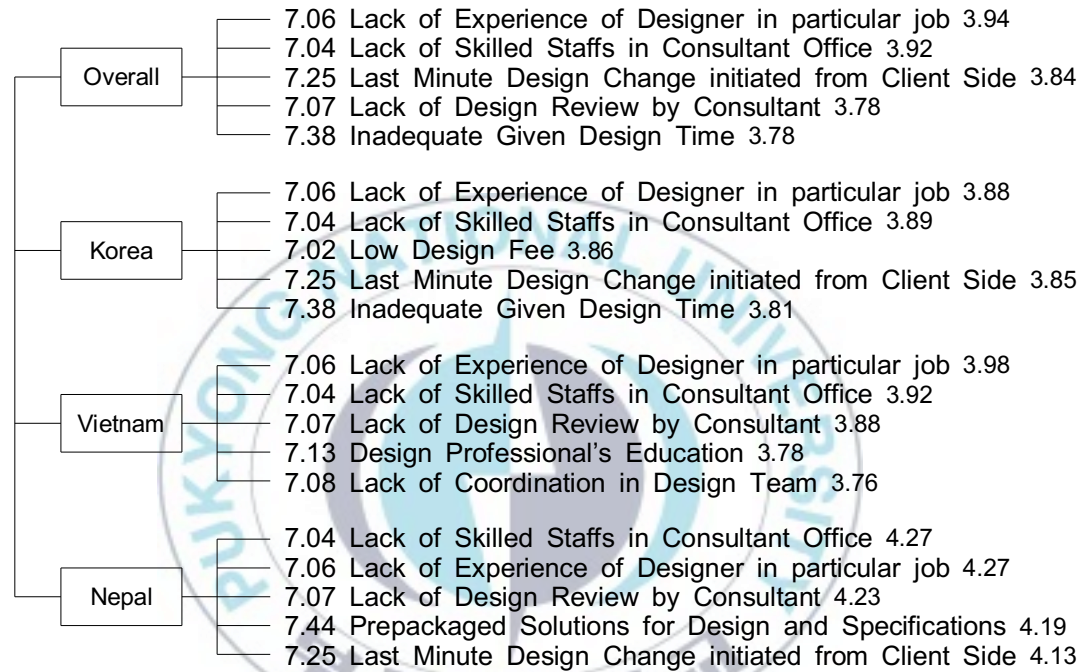
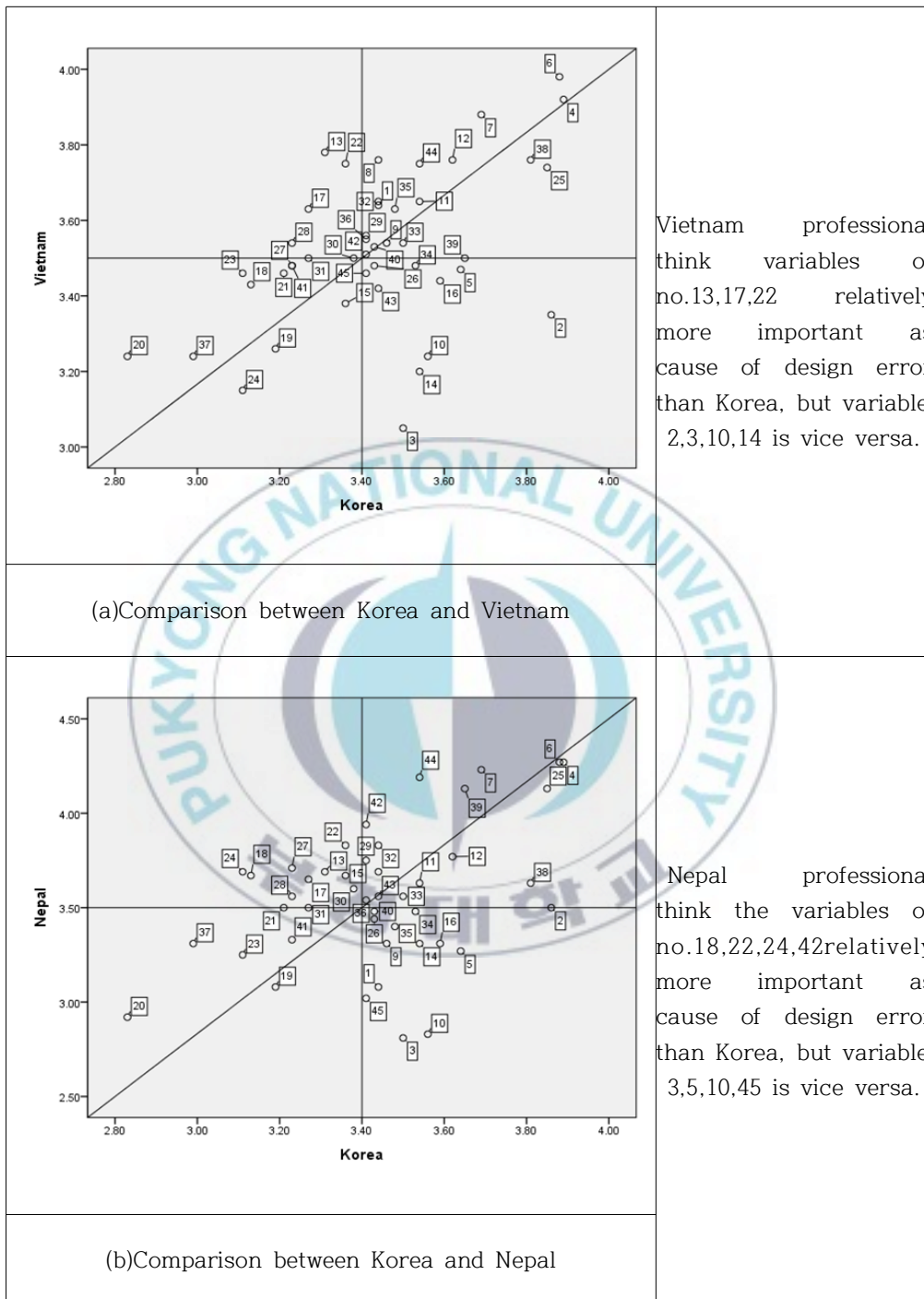


Fig. 4.2 Top 5 Causes of design error with respect country

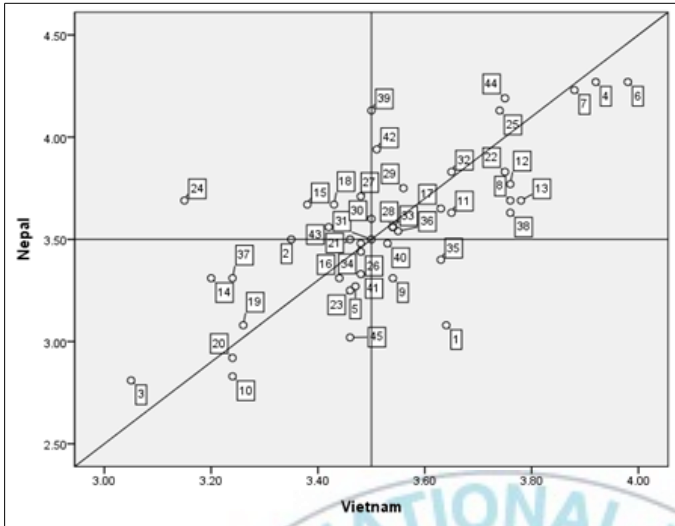
경제가 발전한 한국, 발전하고 있는 베트남 및 발전이 느린 네팔에서 국가의 발전수준에 관계없이 설계오류 공통의 원인은 주어진 과업에 대한 설계자의 경험부족과 컨설턴트사의 숙련된 직원 부족으로 나타났다.



Vietnam professional think variables of no.13,17,22 relatively more important as cause of design error than Korea, but variable 2,3,10,14 is vice versa.

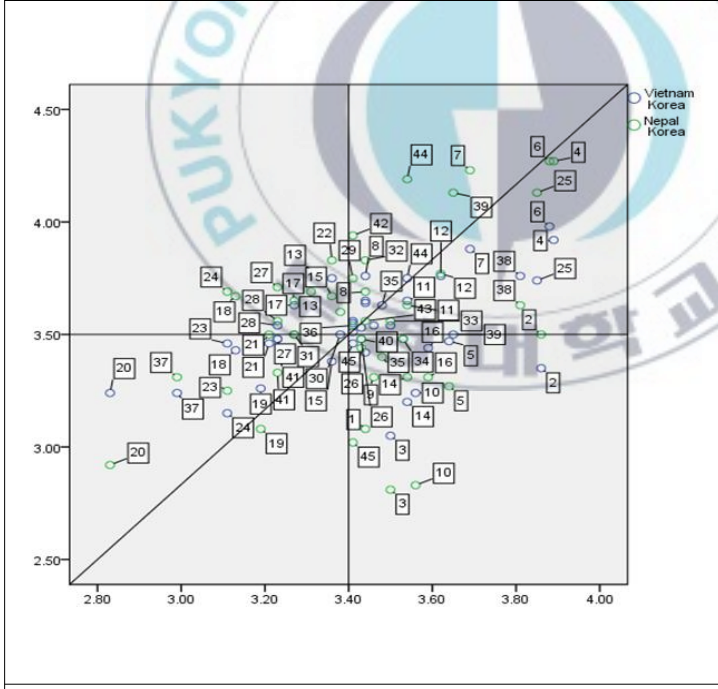
Nepal professional think the variables of no.18,22,24,42 relatively more important as cause of design error than Korea, but variable 3,5,10,45 is vice versa.

Fig. 4.3 Comparison to degree of agreement with respect to cause of design error



Nepal professional think the variables of no.24,39 relatively more important as cause of design error than Vietnam, but variable 1 is vice versa.

(c) Comparison between Vietnam and Nepal



(d) Comparison among 3 countries (Korea, Vietnam, Nepal)

Fig. 4.3 Comparison to degree of agreement with respect to cause of design error (continue)

4.2.3 나라간 설계오류원인 동의수준 분석

1) ANOVA분석

설계오류원인에 대한 나라별 전문가들의 동의의 정도를 알아보고자 ANOVA분석을 수행하였다. Table 4.18에 나라에 따른 ANOVA분석결과를 보여주고 있다. Table 4.17에 나타난 7.20번 항목은 전체평균값이 한계값 3 이하로서 삭제하였다.

Table 4.18에서 44개 항목 중에 17개 항목은 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타나 모든 나라에 설계오류원인으로 수락할 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 3나라의 전문가들은 27개 항목에 대해서는 설계오류원인으로 인식하는 데 상당한 차이를 나타내고 있음을 알 수 있다.

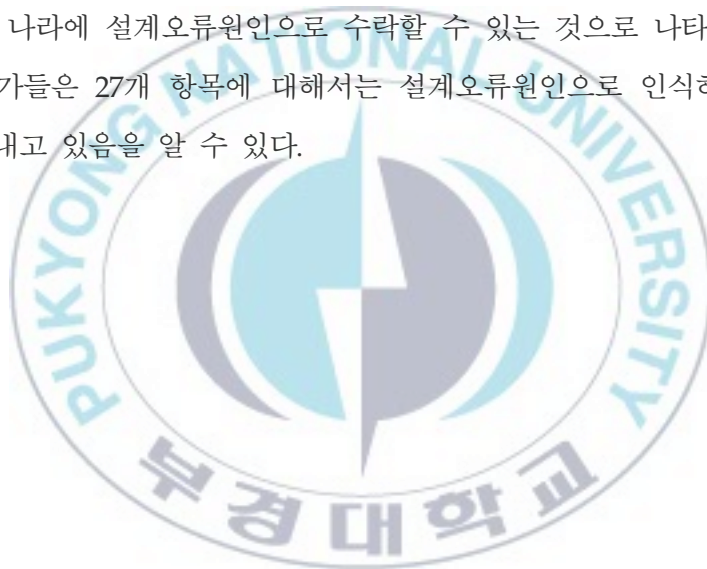


Table 4.18 ANOVA result for cause of design error with respect to country

Var. #	Variable (Cause of Design Error)	F value	Sig. (p value)	Remarks
7.01	Schedule Pressure of Consultant	4.316	.014*	.
7.02	Low Design Fee	13.375	.000*	.
7.03	Client's Strict Procurement Strategy	14.611	.000*	.
7.04	Lack of Skilled Staffs in Consultant Office	3.399	.034*	.
7.05	More Staff Turn Over in Consultant	3.673	.026*	.
7.06	Lack of Experience of Designer in particular job	3.952	.020*	.
7.07	Lack of Design Review by Consultant	8.000	.000*	.
7.08	Lack of Coordination in Design Team	7.936	.000*	.
7.09	Unclear/Ambiguous Specification of Client	.918	.400	No difference
7.10	Complex Requirement Of Client	14.611	.000*	.
7.11	Introduction of New Technology by Consultant	.826	.438	No difference
7.12	Design Management Team Experience	1.743	.176	No difference
7.13	Design Professional's Education	15.635	.000*	.
7.14	Lack of Communication in Consultant Team	6.776	.001*	.
7.15	Availability of Enough Project Information	2.250	.106	No difference
7.16	Lack of Planning in Consultant Team	2.835	.060	No difference
7.17	Lack of Design Team Efficiencies	11.378	.000*	.
7.18	Inadequate Documentation by Consultant	11.612	.000*	.
7.19	Inadequate Documentation by Client	.657	.519	No difference
7.21	Unreliable Decision Making of Consultant	4.586	.011*	.
7.22	Carelessness/Lack of Due Diligence by Consultant	11.694	.000*	.
7.23	Rigid Attitude of Consultant	6.826	.001*	.
7.24	Over/Under Confident Consultant	7.881	.000*	.
7.25	Last Minute Design Change initiated from Client Side	2.448	.087	No difference
7.26	Last Minute Design Change made by Consultant	.110	.896	No difference
7.27	Inadequate Assessment of the Project	9.243	.000*	.
7.28	Misunderstanding of Basics of Engineering by Designer	6.372	.002*	.
7.29	Lack of Understanding of Design Requirement	2.991	.051	No difference
7.30	Change of Construction Sequence	1.852	.158	No difference

* denotes variables with statistically difference at 0.05 significance level

Table 4.18 ANOVA result for cause of design error with respect to country(continue)

Var. #	Variable (Cause of Design Error)	F value	Sig. (p value)	Remarks
7.31	Lack of Awareness of Changes in Scope or Requirement	4.302	.014*	.
7.32	Errors In Design Assumptions by Designer	4.746	.009*	.
7.33	Client Project Manager's Inexperience	.125	.882	No difference
7.34	Lack of Communications between Client and Consultant	.127	.881	No difference
7.35	Rigid Attitude of Client	1.559	.211	No difference
7.36	Incompleteness of Information From Client	1.369	.255	No difference
7.37	Deficient Procedures	5.677	.004*	.
7.38	Inadequate Given Design Time	.668	.513	No difference
7.39	Lack of Identification of Project Risks by Consultant	8.423	.000*	.
7.40	Unclear/Ambiguous Requirement of client	.587	.557	No difference
7.41	Insufficient Fund	3.442	.033*	.
7.42	Lack of Planning and Inspection of Consultant	7.636	.001*	.
7.43	Lack of Planning and Inspection by Client	.430	.651	No difference
7.44	Prepackaged Solutions for Design and Specifications	10.610	.000*	.
7.45	Gross Human Error from Consultant	3.921	.020*	.

* denotes variables with statistically difference at 0.05 significance level

2) 사후검정

나라들 사이의 차이를 알아보기 위하여 추가의 분석이 필요하여 나라간의 분산의 동질성 검정을 위한 Levene검정과 사후검정을 수행하였다. Table 4.19에 의하면 17개 항목은 분산사이에 통계적으로 유의성이 존재하지 않아 Tukey 사후검정을 하고, 나머지는 Dunnett의 C검정을 수행하였다.

Table 4.19 Test of homogeneity of variances (Levene's Test)

SN	Var. No.	Cause of Design Error	Levene Statistic	df1	df2	Sig.	Post hoc test
1	7.01	Schedule Pressure of Consultant	2.326	2	596	.099	Tukey
2	7.02	Low Design Fee	8.325	2	597	.000	Dunnette's C
3	7.03	Client's Strict Procurement Strategy	.393	2	596	.675	Tukey
4	7.04	Lack of Skilled Staffs in Consultant Office	1.959	2	596	.142	Tukey
5	7.05	More Staff Turn Over in Consultant	3.491	2	594	.031	Dunnette's C
6	7.06	Lack of Experience of Designer in particular job	.082	2	596	.922	Tukey
7	7.07	Lack of Design Review by Consultant	5.900	2	596	.003	Dunnette's C
8	7.08	Lack of Coordination in Design Team	1.088	2	595	.337	Tukey
9	7.10	Complex Requirement Of Client	9.849	2	592	.000	Dunnette's C
10	7.13	Design Professional's Education	5.468	2	598	.004	Dunnette's C
11	7.14	Lack of Communication in Consultant Team	2.340	2	595	.097	Tukey
12	7.17	Lack of Design Team Efficiencies	.977	2	596	.377	Tukey
13	7.18	Inadequate Documentation by Consultant	1.855	2	596	.157	Tukey
14	7.21	Unreliable Decision Making of Consultant	7.713	2	595	.000	Dunnette's C
15	7.22	Carelessness/Lack of Due Diligence by Consultant	.102	2	596	.903	Tukey
16	7.23	Rigid Attitude of Consultant	2.964	2	596	.052	Tukey
17	7.24	Over/Under Confident Consultant	2.331	2	597	.098	Tukey
18	7.27	Inadequate Assessment of the Project	1.241	2	597	.290	Tukey
19	7.28	Misunderstanding of Basics of Engineering by Designer	5.424	2	596	.005	Dunnette's C
20	7.31	Lack of Awareness of Changes in Scope or Requirement	2.509	2	596	.082	Tukey
21	7.32	Errors In Design Assumptions by Designer	1.926	2	597	.147	Tukey
22	7.37	Deficient Procedures	3.328	2	597	.037	Dunnette's C
23	7.39	Lack of Identification of Project Risks by Consultant	3.161	2	595	.043	Dunnette's C
24	7.41	Insufficient Fund	3.172	2	597	.043	Dunnette's C
25	7.42	Lack of Planning and Inspection of Consultant	.076	2	597	.927	Tukey
26	7.44	Prepackaged Solutions for Design and Specifications	.924	2	597	.398	Tukey
27	7.45	Gross Human Error from Consultant	.859	2	592	.424	Tukey

Table 4.20은 Tukey의 사후검정에 의한 나라간의 평균값에 대한 다중비교이고, Table 4.21은 Dunnett의 C의 사후검정에 의한 나라간의 평균값에 대한 다중비교결과이다.

Table 4.20 Multiple comparisons with Tukey test with respect to countries

Dependent Variable	(I)Country	(J)Country	Mean Difference(I~J)	Mean Sq Root Error	Sig.	Practical Significance	
						'd' value	No practical significance, if d<0.50
7.1 Schedule Pressure	Nepal	Korea	-.354	1.391	.122		
		Vietnam	-.557(*)		.012	0.40	
	Korea	Vietnam	-.203		.166		
7.3 Client Proc Strategy	Nepal	Korea	-.690(*)	1.249	.000	0.55	Practically sig.
		Vietnam	-.240		.397		
	Korea	Vietnam	.450(*)		.000	0.36	
7.4 Lack Skilled Staffs	Nepal	Korea	.384(*)	.932	.026	0.41	
		Vietnam	.356		.067		
	Korea	Vietnam	-.028		.950		
7.6 Lack of Exp Designer	Nepal	Korea	.391(*)	.880	.018	0.44	
		Vietnam	.290		.148		
	Korea	Vietnam	-.101		.495		
7.8 Lack of Coordination	Nepal	Korea	.249	.783	.157		
		Vietnam	-.071		.880		
	Korea	Vietnam	-.320(*)		.000	0.41	
7.14 Lack of Communication in Consultant Team	Nepal	Korea	-.229	1.030	.303		
		Vietnam	.116		.767		
	Korea	Vietnam	.345(*)		.001	0.33	
7.17 Lack of Design Team Efficiencies	Nepal	Korea	.380(*)	.806	.016	0.47	
		Vietnam	.012		.996		
	Korea	Vietnam	-.368(*)		.000		
7.18 Inadequate Documentation Consultant	Nepal	Korea	.539(*)	.830	.000	0.65	Practically sig.
		Vietnam	.235		.263		
	Korea	Vietnam	-.303(*)		.001	0.36	
7.22 Carelessness/ Lack of Due Diligence	Nepal	Korea	.477(*)	.991	.005	0.48	
		Vietnam	.082		.873		
	Korea	Vietnam	-.395(*)		.000	0.40	
7.23 Rigid Attitude Consultant	Nepal	Korea	.139	1.017	.637		
		Vietnam	-.214		.405		
	Korea	Vietnam	-.353(*)		.001	0.35	

Table 4.20 Multiple comparisons with Tukey test with respect to countries(continue)

Dependent Variable	(I)Country	(J)Country	Mean Difference(I-J)	Mean Sq Root Error	Sig.	Practical Significance	
						'd' value	No practical significance, if d<0.50
7.24 Over/Under Confident Consultant	Nepal	Korea	.582(*)	.924	.000	0.63	Practically sig.
		Vietnam	.537(*)		.002	0.58	
	Korea	Vietnam	-.045		.875		
7.27 Inadequate Assessment	Nepal	Korea	.480(*)	.791	.001	0.61	Practically sig.
		Vietnam	.225		.279		
	Korea	Vietnam	-.256(*)		.007	0.32	
7.31 Lack of Awareness of Changes	Nepal	Korea	.234	.866	.228		
		Vietnam	-.003		1.000		
	Korea	Vietnam	-.237(*)		.021	0.27	
7.32 Errors in Design Assumptions	Nepal	Korea	.395(*)	1.061	.033	0.37	
		Vietnam	.180		.543		
	Korea	Vietnam	-.215		.073		
7.42 Lack of Planning & Inspection Consultant	Nepal	Korea	.529(*)	.800	.000	0.66	Practically sig.
		Vietnam	.428(*)		.011	0.53	
	Korea	Vietnam	-.101		.459		
7.44 Prepackaged Solutions	Nepal	Korea	.644(*)	.930	.000	0.69	Practically sig.
		Vietnam	.442(*)		.016	0.47	
	Korea	Vietnam	-.201		.073		
7.45 Gross Human Error	Nepal	Korea	-.385(*)	.936	.025	0.41	
		Vietnam	-.437(*)		.018	0.46	
	Korea	Vietnam	-.051		.842		

Table 4.21 Multiple comparisons by Dunnett's C tests with respect to countries

Dependent Variable	(I)Country	(J)Country	Mean Difference(I~J)	Root Error Square Error	Practical Significance	
					'd' value	Pract sig. If d>0.5
7.02 Low Design Fee	Nepal	Korea	-.360	1.141		
		Vietnam	.147			
	Korea	Vietnam	.507(*)		0.44	
7.05 More Staff Turn Over	Nepal	Korea	-.371	1.065		
		Vietnam	-.200			
	Korea	Vietnam	.171			
7.07 Lack of Design Review	Nepal	Korea	.536(*)	.891	0.60	Prac. Sig.
		Vietnam	.347			
	Korea	Vietnam	-.189			
7.10 Complex Requirement of Client	Nepal	Korea	-.725(*)	.990	0.73	Prac. Sig.
		Vietnam	-.408			
	Korea	Vietnam	.317(*)			
7.13 Designer Professional Education	Nepal	Korea	.382(*)	.901	0.42	
		Vietnam	-.097			
	Korea	Vietnam	-.479(*)		0.53	Prac. Sig.
7.21 Unreliable Decision Making Consultant	Nepal	Korea	.286	.942		
		Vietnam	.042			
	Korea	Vietnam	-.243(*)		0.25	
7.28 Misunderstanding of Basic Engg	Nepal	Korea	.336	1.050		
		Vietnam	.027			
	Korea	Vietnam	-.310(*)		0.29	
7.37 Deficient Procedures	Nepal	Korea	.318	.835		
		Vietnam	.071			
	Korea	Vietnam	-.247(*)		0.29	
7.39 Lack of Identification of Project Risks	Nepal	Korea	.473(*)	.856	0.55	Prac. Sig.
		Vietnam	.628(*)		0.73	Prac. Sig.
	Korea	Vietnam	.156			
7.41 Insufficient Fund	Nepal	Korea	.108	1.026		
		Vietnam	-.144			
	Korea	Vietnam	-.252(*)		0.24	

4.2.4 설계오류원인 도출(Acceptance)

Table 4.22는 설계오류의 원인으로 인식된 44항목 중에서 10개 항목(7.03, 7.07, 7.10, 7.12, 7.18, 7.24, 7.27, 7.39, 7.42 와 7.44)은 나라간의 동의수준에 유의성이 존재하여 설계오류의 원인에서 제외하였다. 따라서 이 연구는 단지 34개의 항목의 설계오류원인으로 도출하였다. 설계오류원인으로 Table 4.22와 같이 수락된 34개 항목 중 상위 5개 항목을 다음과 같이 요약하였고 Fig. 4.4와 같이 나타내었다.

- 1) 특정 수주과업에 대한 설계자의 경험 부족 (7.06 Lack of experience of designer in particularly assigned job)
- 2) 컨설턴트의 기능직원 부족 (7.04 Lack of skilled staffs in consultant office)
- 3) 발주자의 완공시점 설계변경 (7.25 Last minute design changes initiated by Client)
- 4) 설계 공기 부적정 (7.38 Inadequate design time)
- 5) 낮은 설계비 (7.02 Low design fee)

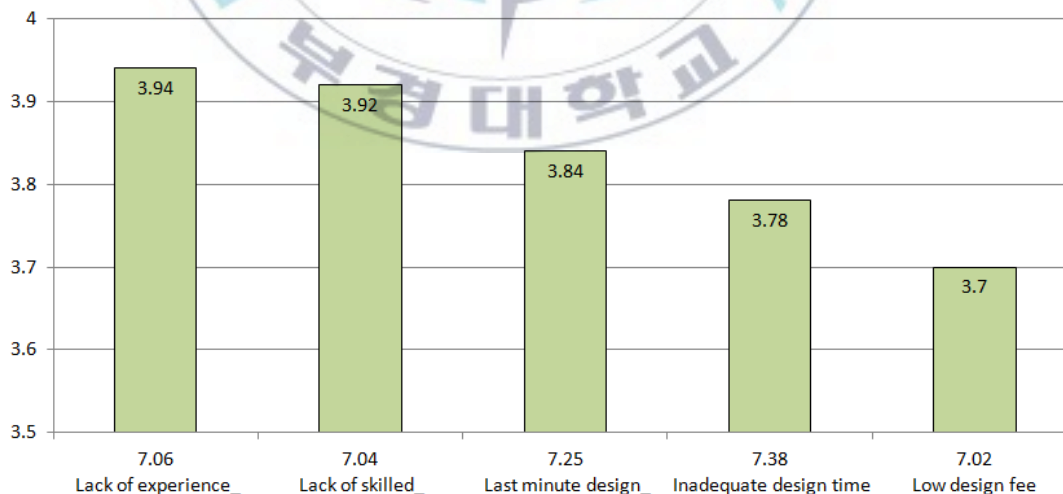


Fig 4.4 Top 5 causes of design error

Table 4.22 Accepted causes of design error

Ranking as per Country	Var.#	Cause of Design Error	Mean Value
1.	7.06	Lack of Experience of Designer in particular job	3.94
2.	7.04	Lack of Skilled Staffs in Consultant Office	3.92
3.	7.25	Last Minute Design Change initiated from Client Side	3.84
4.	7.38	Inadequate Given Design Time	3.78
5.	7.02	Low Design Fee	3.70
6.	7.12	Design Management Team Experience	3.67
7.	7.05	More Staff Turn Over in Consultant	3.57
8.	7.11	Introduction of New Technology by Consultant	3.57
9.	7.08	Lack of Coordination in Design Team	3.54
10.	7.16	Lack of Planning in Consultant Team	3.53
11.	7.32	Errors In Design Assumptions by Designer	3.53
12.	7.33	Client Project Manager's Inexperience	3.52
13.	7.34	Lack of Communications between Client and Consultant	3.51
14.	7.35	Rigid Attitude of Client	3.51
15.	7.22	Carelessness/Lack of Due Diligence by Consultant	3.50
16.	7.29	Lack of Understanding of Design Requirement	3.48
17.	7.09	Unclear/Ambiguous specification of Client	3.47
18.	7.01	Schedule Pressure of Consultant	3.46
19.	7.04	Unclear/Ambiguous Requirement of client	3.46
20.	7.36	Incompleteness of Information From Client	3.45
21.	7.26	Last Minute Design Change made by Consultant	3.44
22.	7.43	Lack of Planning and Inspection by Client	3.44
23.	7.14	Lack of Communication in Consultant Team	3.43
24.	7.30	Change of Construction Sequence	3.43
25.	7.15	Availability of Enough Project Information	3.39
26.	7.17	Lack of Design Team Efficiencies	3.39
27.	7.45	Gross Human Error from Consultant	3.39
28.	7.31	Lack of Awareness of Changes in Scope or Requirement	3.35
29.	7.28	Misunderstanding of Basics of Engineering by Designer	3.33
30.	7.21	Unreliable Decision Making of Consultant	3.30
31.	7.41	Insufficient Fund	3.30
32.	7.23	Rigid Attitude of Consultant	3.21
33.	7.19	Inadequate Documentation by Client	3.20
34.	7.37	Deficient Procedures	3.08

4.2.5 요인분석

1) KMO 및 Bartlett검정

KMO(Kaiser-Meyer-Olkin) 파라미터가 표본의 적절성을 검정하기 위하여 사용되는데 Sharma(1996)은 KMO파라미터가 0.7이상이면 받아들일 수 있다고 제안하였다. 34항목에 대한 KMO와 Bartlett검정을 한 결과 Table 4.23에서 KMO값은 0.7 이상인 0.910나타냄으로써 자료가 요인분석에 적절함을 알 수 있다. 유의확률이 $p < 0.0001$ 이하로서 Bartlett의 단위 행렬 검정(sphericity)은 요인 분석에 이용될 변수들의 상관행렬에 대한 단위행렬검정결과 변수들 사이에 통계적으로 유의한 관계가 존재하여 '모상관 관계는 단위 행렬이다' 라는 귀무가설은 기각되므로 변수들 사이에는 상관관계가 존재하고 요인 분석을 적용할 수 있다. 요인분석을 위하여 수락된 34항목을 사용하였고 Table 4.24는 요인분석에 적용된 최종 요인적재값이다.

Table 4.25는 주대각선분석법에 의해 요인을 추출하였다. 고유값이 1 이상을 가지는 요인을 추출하였으며 배리팩스회전에 의해 6개 요인을 도출하였다. 그러나 이 경우 충분산중 6개요인에 대한 누적분산은 54%을 나타내었다. 포함된 요인의 누적분산이 적어 고유치를 반올림하여 0.8 이상인 15개요인을 추출하여 누적분산을 70% 이상을 유지토록 하였다. Table 4.26은 요인분석결과이다.

Table 4.23 KMO and Bartlett's test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.910
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	6.422E3
	df.	595
	Sig.	.000

Table 4.24 Communalities

Variable Description	Initial	Extraction
SchedulePressure_7.1	1.000	.792
LowDesignFee_7.2	1.000	.789
LackSkilledStaffs_7.4	1.000	.689
MoreStaffTurnOver_7.5	1.000	.702
LackOfExpDesigner_7.6	1.000	.714
LackOfCoordination_7.8	1.000	.756
UnclearAmbiguousRequirement_7.9	1.000	.767
IntroOfNewTech_7.11	1.000	.621
DesignerProfessionalEducation_7.13	1.000	.742
LackOfCommunicationInConsultantTeam_7.14	1.000	.777
AvaibilityOfEnoughProjectInfo_7.15	1.000	.705
LackOfPlanning_7.16	1.000	.725
LackOfDesignTeamEfficiencies_7.17	1.000	.765
InadequateDocumentationClient_7.19	1.000	.574
UnreliableDecisionMakingConsultant_7.21	1.000	.646
CarelessnessLackOfDueDilligence_7.22	1.000	.722
RigidAttitudeConsultant_7.23	1.000	.723
LastMinuteDesignChangeClient_7.25	1.000	.845
LastMinuteDesignChangeConsultant_7.26	1.000	.815
MisunderstandingOfBasicEngg_7.28	1.000	.796
LackOfUnderstandingOfDesign_7.29	1.000	.764
ChangeOfConstructionSequence_7.30	1.000	.677
LackOfAwarenessOfChanges_7.31	1.000	.630
ErrorsInDesignAssumptions_7.32	1.000	.801
ClientProjectManagerInexperience_7.33	1.000	.758
LackOfCommunicationsClientConsultant_7.34	1.000	.711
RigidAttitudeOfClient_7.35	1.000	.705
CompletenessOfInformationFromClient_7.36	1.000	.756
DeficientProcedures_7.37	1.000	.774
InadequateDesignTime_7.38	1.000	.687
UnclearAmbiguousRequirement_7.40	1.000	.679
InsufficientFund_7.41	1.000	.786
LackOfPlanningInspectionClient_7.43	1.000	.700
GrossHumanError_7.45	1.000	.692

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Table 4.25 Total variance explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	9.245	27.191	27.191	9.245	27.191	27.191	2.575	7.573	7.573
2	2.191	6.446	33.637	2.191	6.446	33.637	2.380	7.001	14.574
3	1.557	4.578	38.215	1.557	4.578	38.215	2.184	6.424	20.998
4	1.342	3.948	42.163	1.342	3.948	42.163	2.059	6.055	27.053
5	1.198	3.523	45.686	1.198	3.523	45.686	1.754	5.158	32.211
6	1.106	3.252	48.938	1.106	3.252	48.938	1.629	4.792	37.003
7	1.046	3.077	52.015	1.046	3.077	52.015	1.576	4.635	41.638
8	1.036	3.047	55.062	1.036	3.047	55.062	1.540	4.530	46.168
9	.987	2.904	57.966	.987	2.904	57.966	1.500	4.411	50.580
10	.980	2.883	60.848	.980	2.883	60.848	1.374	4.041	54.621
11	.889	2.616	63.464	.889	2.616	63.464	1.355	3.985	58.606
12	.843	2.480	65.944	.843	2.480	65.944	1.267	3.726	62.332
13	.822	2.416	68.360	.822	2.416	68.360	1.256	3.694	66.026
14	.777	2.285	70.646	.777	2.285	70.646	1.239	3.644	69.670
15	.766	2.254	72.900	.766	2.254	72.900	1.098	3.230	72.900
16	.692	2.035	74.935						
17	.674	1.981	76.916						
18	.637	1.873	78.789						
19	.628	1.848	80.638						
20	.610	1.795	82.433						
21	.575	1.690	84.123						
22	.534	1.571	85.694						
23	.513	1.508	87.202						
24	.491	1.445	88.647						
25	.487	1.431	90.078						
26	.469	1.381	91.459						
27	.448	1.319	92.778						
28	.432	1.271	94.049						
29	.387	1.139	95.188						
30	.383	1.127	96.314						
31	.360	1.059	97.374						
32	.339	.996	98.369						
33	.282	.828	99.198						
34	.273	.802	100.000						
Extraction Method: Principal Component Analysis.									

Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization. a. Rotation converged in 49 iterations.

Table 4.26 Results of factor analysis

Var #	Variable Description	Rotated Component Matrixa														
		Component														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
7.36	Incompletenessof_	.777														
7.35	RigidAttitudeof_	.735														
7.40	Unclear/Ambigu_	.690														
7.21	UnreliableDecisi_		.681													
7.22	Carelessness/La_		.667													
7.23	RigidAttitudeof_		.654													
7.11	Introductionof_		.513													
7.28	Misunderstanding_			.791												
7.29	LackofUnderstan_			.767												
7.30	ChangeofConst_			.523												
7.06	LackofExperien_				.773											
7.04	LackofSkilledSta_				.750											
7.05	MoreStaffTurn_				.605											
7.32	ErrorsInDesign_					.762										
7.31	LackofAwaren_					.568										
7.13	DesignProfess_					.478										
7.14	LackofCommuni_						.760									
7.15	Availabilityof_						.674									
7.25	LackMinute_							.804								
7.26	LactMinute_							.722								
7.33	ClientProject_								.738							
7.34	LackofCommuni_								.635							
7.43	LackofPlanning_									.604						
7.45	GrossHuman_									.549						
7.16	LackofPlanning_									.532						
7.19	InadequateDo_									.410						
7.01	SchedulePre_										.825					
7.38	Inadequate_										.572					
7.09	Unclear/Ambigu_											.732				
7.08	LackofCoordina_											.695				
7.17	LackofDesign_												.785			
7.02	LowDesginFee_													.832		
7.41	Insufficient_														.766	
7.37	DeficientPro_															.720

4.2.6 요인설명

여기서 요인분석에서 얻은 요인 11은 내용상 요인11과 요인16으로 나누어 설명하였다.

Factor 1: 발주자의 불명확한 요구조건에 의한 설계오류

첫 번째 요인의 구성 요소는 3항목의 변수를 포함한다. 즉 “Rigid attitude of client_7.35, Incompleteness of information from client_7.36, 그리고 Unclear/ambiguous requirement of client_7.40”이다. 이러한 모든 변수는 프로젝트설계에 대한 발주자의 불분명한 요구사항에 관련이 있어 “발주자의 불명확한 요구조건에 의한 설계오류(Design Error Caused by Unclear requirement by client)”로 명명하였다. 이 결과는 문헌연구에서 Busby (2001) 및 Tilley (No date) etc 등의 연구결과와 일치하고 있음을 보여준다.

Factor 2 : 설계프로세스 미비에 의한 설계오류

두 번째 요인의 구성요소는 3개의 변수, “Introduction of new technology by consultant_7.11, Unreliable decision making by the consultant_7.21 , Careless lack of due diligence of project_7.22 및 Rigid attitude of consultant_7.23”으로 구성되어 있어 “프로세스 미비에 의한 설계오류(Design Error Caused by Consultant Weak Design Process”라는 이름을 붙였다. Han et.al. (2013), Love et al. (2008) etc등의 연구결과를 뒷받침함을 보여주고 있다.

Factor 3:설계기본 및 시공성 이해부족에 의한 설계오류

세 번째 요인은 “Misunderstanding of basic engineering_7.28, Lack of understanding of design_7.29와 Change of construction sequence_7.30” 포함하고 있어 “설계기본 및 시공성 이해부족에 의한 설계오류(Design Error caused by

Lack of Understanding of Design Basics and constructability)”로 명명하였다.

Factor 4: 설계자의 기능 및 경험부족에 의한 설계오류

네 번째 요인항목은 컨설턴트 조직과 관련된 세 개의 변수로 구성되어있다. 즉 “Lack of skilled staffs_7.4, More staff turn over_7.5 및 Lack of experienced designer in particular job _7.6, ”를 포함하고 있어 “설계자의 기능 및 경험부족에 의한 설계오류(Design error caused by lack of skill and experience of Consultant Staff)”로 명명하였다. Acharya et.al. (2006a), Andy와 Minato (2003) 등의 선행연구결과를 잘 지원해주고 있다.

Factor 5: 설계자의 교육 및 지식부족 및 설계가정 잘 못에 의한 오류

다섯 번째 요인항목은, 3 개의 변수 구성되어있다. 즉 “Design professional’s education_7.13, Lack of Awareness of Changes_7.31, Errors in Design Assumptions by Designer_7.32”을 포함하고 있어 “설계자의 교육 및 지식 부족에 의한 오류(Design error caused by lack of knowledge and education of Consultant Staff)”로 명명하였다.

Factor 6: 설계팀의 소통 및 정보부족에 의한 설계오류

여섯 번째 구성요인은, 두 변수, 즉 “Lack of communication in consultant team_7.13, Availability of enough project information_7.15”로 구성되어있어 “설계팀내에서의 소통 및 정보 부족에 의한 설계오류(Design error caused by lack of communication and information)”로 명명하였다.

Factor 7: 준공시점 설계변경에 의한 설계오류

일곱 번째 구성요인은 두 개의 변수, 즉 “Last minute design change by client_7.25와 Last Minute Design Change made by Consultant _7.26” 구성되어 있

어 “준공시점 설계변경에 의한 설계오류(Design Error caused by last minute Design change)”로 명명하였다. 이는 Haydle 및 Nikiel(2000)의 연구결과와 일관성을 보여주고 있다.

Factor 8: 발주자의 경험 및 소통부족에 의한 설계오류

여덟 번째 구성요인은 두 개의 변수 “ Client project manager’s inexperience_7.33 와 Lack of Communications between Client and Consultant_7.34”를 포함하고 있어 “발주자 경험 및 소통부족 의한 설계오류(Design error caused by Client’s inexperience and communication)”로 명명하였다.

Factor 9 : 계획 및 자료미비에 의한 설계오류

아홉 번째 구성요인은 4 개의 변수, 즉 “Lack of Planning in Consultant Team_7.16, Inadequate Documentation by Client_7.19 ,Lack of Planning and Inspection by Client_7.43, Gross human error from consultant_4.45 ”구성되어 있어 “계획 및 자료미비에 의한 설계오류(Design Error caused by Insufficient planning and documents)”로 명명하였다.

Factor 10: 설계기간 부적정에 의한 설계오류

열 번째 구성요인은 두 변수 “Schedule pressure and inadequate design time_7.01, Inadequate given design time_7.38”를 포함하고 있어 “ 설계기간 부적정에 의한 설계오류(Design Error caused by Time Pressure)”에 의한 설계오류로 명명하였다. Josephson 및 Hammarlund (1999), Atkinson (2002), Lopez et al. (2010), Tilley (No date)등의 선행연구와 잘 일치하고 있음을 보여주고 있다.

Factor 11: 설계팀원간 조정 부족에 의한 설계오류

열한 번째 요인은 한 개의 변수를 포함하고 있다. 포함된 변수는 “Lack of

Coordination in Design Team_7.08”를 포함하고 있어 “설계팀원간 조정 부족에 의한 설계오류(Design Error caused by Lack of Coordination in Design Team) 로 명명하였다.

Factor 12: 설계팀의 효율성부족에 의한 설계오류

열두 번째 요인은 한 개의 변수를 포함하고 있거나 이 요인이 충분산에 미치는 영향은 작다. 한 변수는 “ Lack of Design Team Efficiencies”를 포함하고 있어 “설계팀의 효율성부족에 의한 설계오류 (Design Error caused by Team Deficiency of Planning and Efficiency) ”의한 오류로 명명하였다.

Factor 13: 낮은 설계비용에 의한 설계오류

열 세 번째 요인은, 컨설턴트의 설계비용 문제와 관련된 한 변수 “ Low design fee_7.2”를 포함하고 있어 “낮은 설계비 문제에 의한 설계오류 (Design error caused by low design fee)”로 명명하였다 . 이 결과는 Acharya 및 Lee (2006a), Tilley 및 McFallan(2000), January (2003), Salter 및 Torbett (2003), Lopez et al. (2010)등의 연구결과와 일치함을 보여주고 있다.

Factor 14 : 자금부족에 의한 설계오류

열네 번째 구성요인은 한 개의 변수, 즉 “Insufficient Fund_7.41구성되어 있어 “자금부족에 의한 설계오류(Design Error caused by Insufficient Fund)”로 명명하였다.

Factor 15 절차결함에 의한 설계오류

열다섯 번째 요인은 한 개의 변수를 포함하고 있다. 포함된 변수는 “Deficient Procedures_7.37”를 포함하고 있어 “절차결함에 의한 설계오류(Design Error caused by Deficient Procedures)로 명명하였다.

Factor 16 시방서 불명확에 의한 설계오류

열여섯 번째 요인은 한 개의 변수를 포함하고 있으며 이 요인이 충분산에 미치는 영향은 작다. 변수는 “Unclear /Ambiguous specification of client_7.09 ”를 포함하고 있어 “시방서 불명확에 의한 설계오류(Design Error caused by Unclear/Ambiguous specification of Client)로 명명하였다. 이상을 그림 Fig. 4.5와 같이 나타내었다.

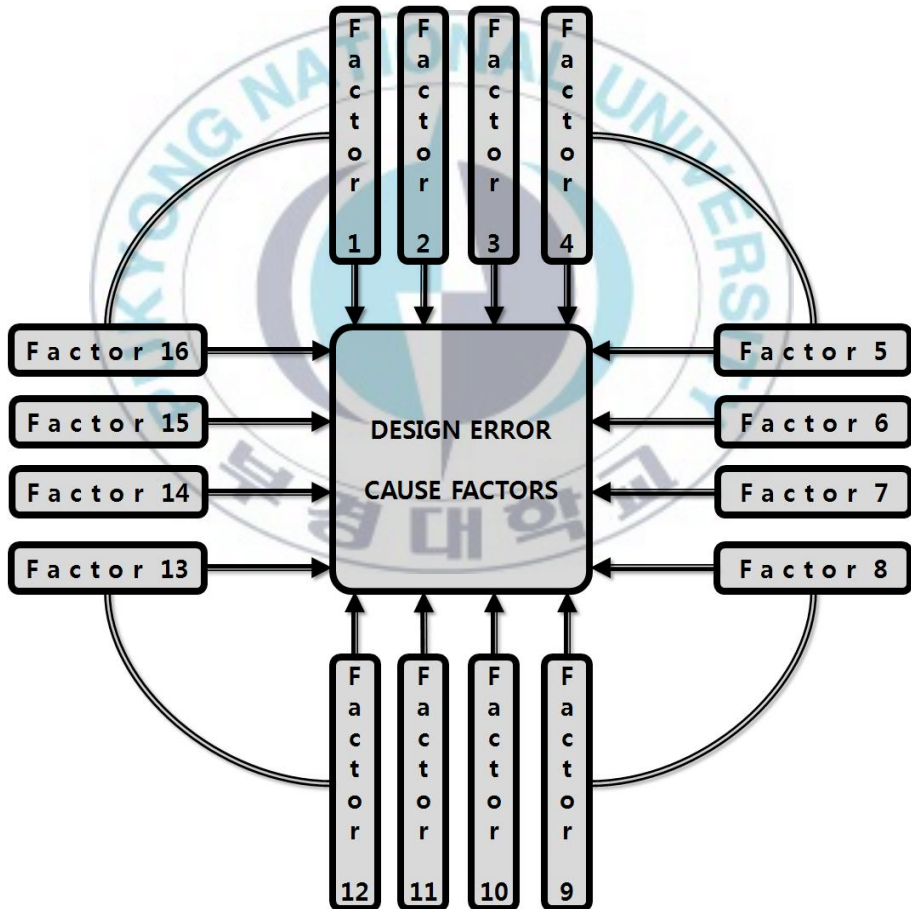


Fig. 4.5 Illustrates the diagram of design error cause factors

4.3 설계오류 영향

4.3.1 신뢰도 검정

설계오류영향 22개항목에 대하여 568명의 응답자로부터 수집한 자료의 신뢰도검정(Reliability Test)을 위해서 유의수준 5%에서 Cronbach's alpha검정을 한 결과 Table 4.27 및 Table 4.28에 나타난 바와 같이 Cronbach의 $\alpha=0.912>0.7$ 이므로 이 자료는 차후 분석을 위해 적절히 사용할 수 있는 자료임을 보여주고 있다.

Table 4.27 Case processing summary

		N	%
Cases	Valid	568	94.5
	Excluded(a)	33	5.5
	Total	601	100.0

a Listwise deletion based on all variables in the procedure.

Table 4.28 Reliability statistics

Cronbach's Alpha	N of Items
.912	22

4.3.2 평균값

Table 4.29 및 Fig. 4.6는 국가에 따른 설계오류영향에 대한 Likert척도의 평균값을 보여주고 있다. 3국가의 전문가들은 설계오류영향으로 인식한 2개 변수(8.03 및 8.04)를 제외하고는 동의하였다

베트남 ($\bar{x}=2.89$)과 네덜($\bar{x}=2.56$)의 전문가들은 8.03변수(Loss of life of

people)를 설계오류영향으로 수락하기를 꺼려하는 것으로 나타났다. 이는 Nepal과 Vietnam이 사회기반시설이 개발되는 시점이라 설계오류에 의한 대규모 인명손실을 경험하지 못한 때문으로 보인다. 반면에 대규모 사회기반시설에 참여한 경험이 많은 한국의 전문가들($\bar{x}=3.19$)은 인명손실(loss of life)을 설계오류의 영향으로 인식하였다. 발주자 재산손실(8.04 loss of client property)에 대해서는 베트남 전문가들($\bar{x}=3.69$)은 한국의 전문가($\bar{x}=3.30$)들보다도 훨씬 크게 인식하는 것으로 나타났다. 이는 재산소유권에 대한 국가체제의 차이 때문으로 판단된다. 사회기반시설개발활동이 저조한 Nepal 전문가들($\bar{x}=2.94$)은 설계오류의 영향으로 인식하지 않았다. Fig. 4.7는 설계오류영향중 3나라에서 상위 5개 변수를 나타낸 그림이다.

Table 4.29 Mean of effect of design error with respect to countries

Var #	Statement of Effect of Design Error	Korea		Vietnam		Nepal		Overall	
		Mean	N	Mean	N	Mean	N	Mean	N
8.01	Delay in Completion of Project	3.71	395	3.82	153	4.23	48	3.78	596
8.02	Project Cost Increased	3.92	398	3.94	153	4.38	48	3.96	599
8.03	Loss of Life of People	3.19	395	2.89	153	2.56	48	3.07	596
8.04	Loss of Client Property	3.30	394	3.69	153	2.94	48	3.37	595
8.05	Inconvenience to End Users	3.36	395	3.38	153	3.67	48	3.39	596
8.06	Other Financial/Economic Loss to Client	3.45	396	3.88	153	3.90	48	3.60	597
8.07	Other Financial/Economic Loss to Contractor	3.59	394	3.63	153	3.69	48	3.61	595
8.08	Mismatch of Schedule	3.53	396	3.69	153	2.50	48	3.49	597
8.09	Excessive Reworks Frustrating Contractors	3.45	396	3.71	153	3.50	48	3.52	597
8.10	Excessive Reworks Frustrating Client	3.16	394	3.74	153	3.58	48	3.35	595
8.11	Various Construction Conflicts	3.60	397	3.79	153	4.21	48	3.70	598
8.12	Sour Relationship between Contractor and Consultant	3.33	396	3.36	153	3.56	48	3.36	597
8.13	Sour Relationship between Consultant and Client	3.36	389	3.33	153	3.71	48	3.38	590
8.14	Sour Relationship between Client and Contractor	3.39	395	3.27	153	3.42	48	3.36	596
8.15	Loss of Reputation of Consultant	3.22	395	3.72	153	4.00	48	3.41	596
8.16	Loss of Reputation of Client Professionals	3.14	393	3.48	153	3.73	48	3.28	594
8.17	Loss of Reputation of Contractors	3.33	397	3.22	153	3.21	48	3.29	598
8.18	Personal Bitterness	3.44	395	3.50	153	3.52	48	3.46	596
8.19	Immature Termination of Contract	3.08	393	3.37	153	3.10	48	3.15	594
8.20	Chance of Losing Job by Consultant	3.12	395	3.47	153	3.69	48	3.26	596
8.21	Loss of Formal Communication between Parties	3.22	392	3.32	153	3.27	48	3.25	593
8.22	Loss of Consultant Trust	3.23	393	3.67	153	3.71	48	3.38	594

Fig. 4.8에 의하면 한국은 네팔보다 공정불일치 등을 상대적으로 더 심각한 영향으로 생각하는데 반하여 베트남과 네팔은 컨설턴트의 신뢰 및 명성과 발주자의 경제적 손실을 상대적으로 더 큰 영향으로 받아들이는 것으로 나타났다. 또한 베트남은 공정지연과 발주자의 재산상손실은 네팔보다 더 큰 영향으로 생각하는데 반하여 네팔은 베트남보다 공사비증가와 분쟁을 더 큰 영향으로 생각하는 것으로 나타났다.



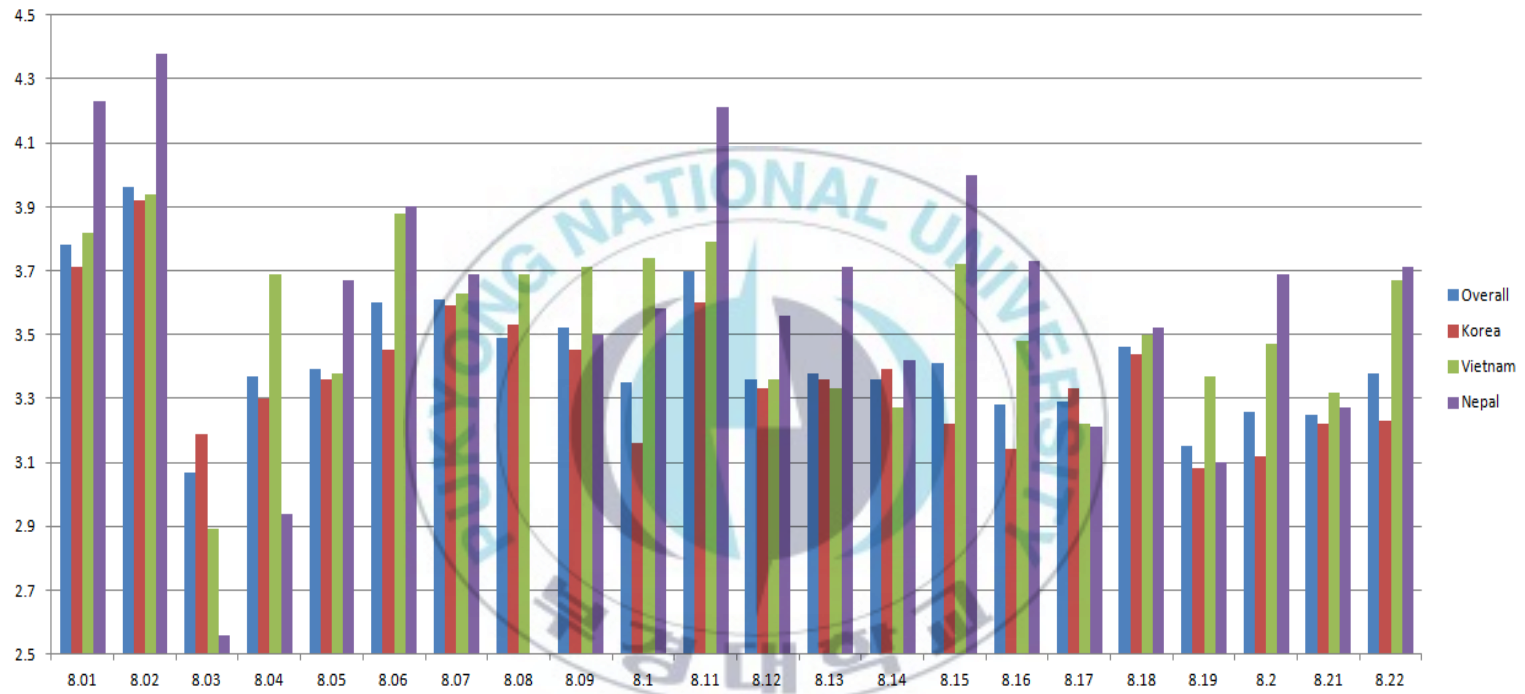


Fig. 4.6 Mean of effect of design error with respect to countries

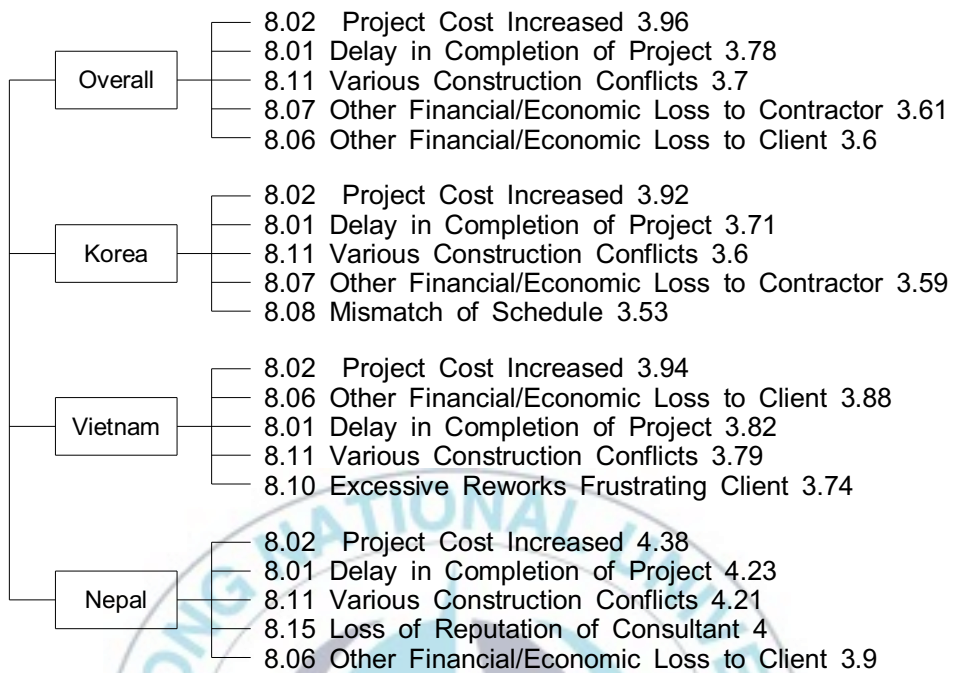
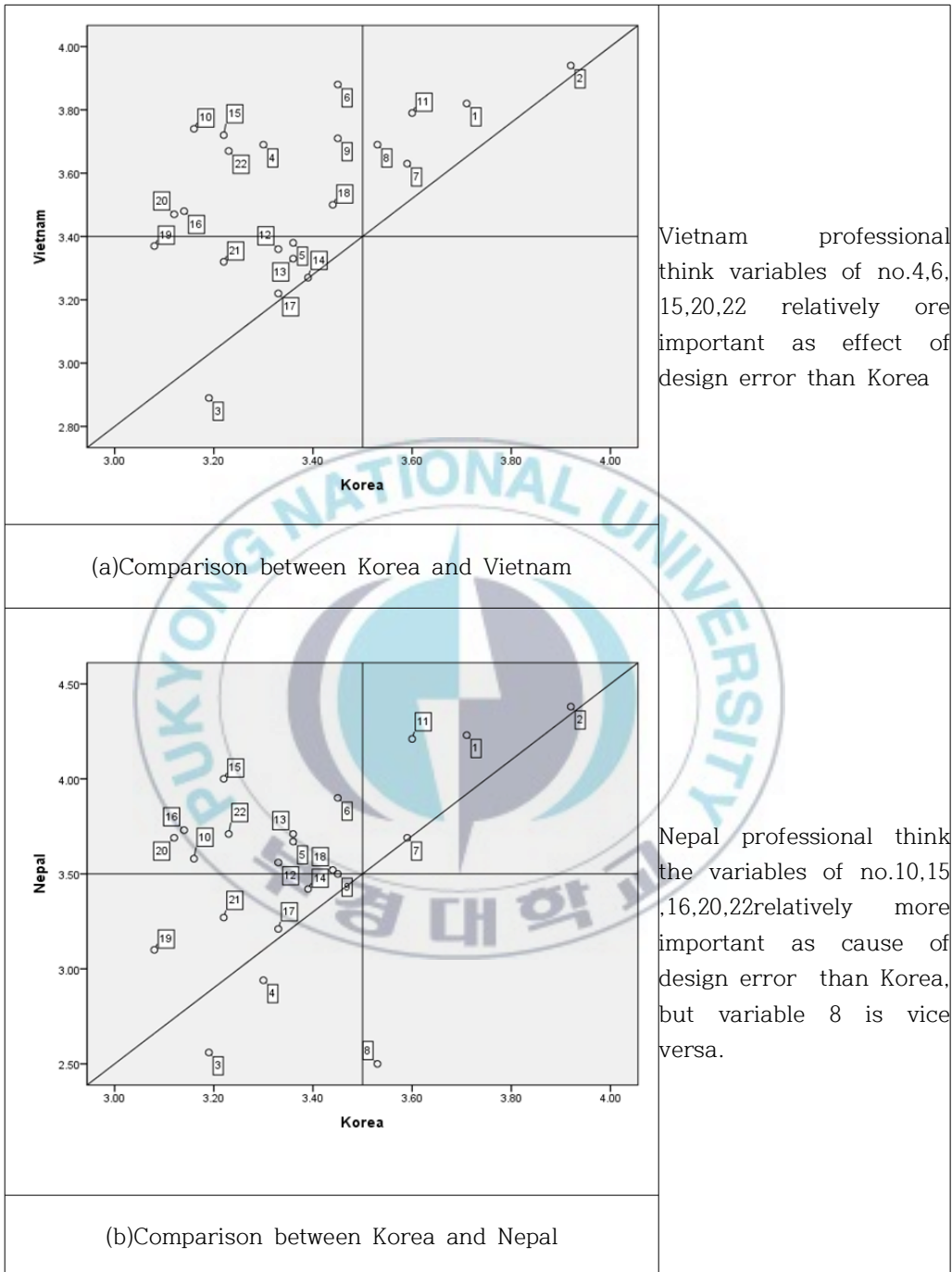


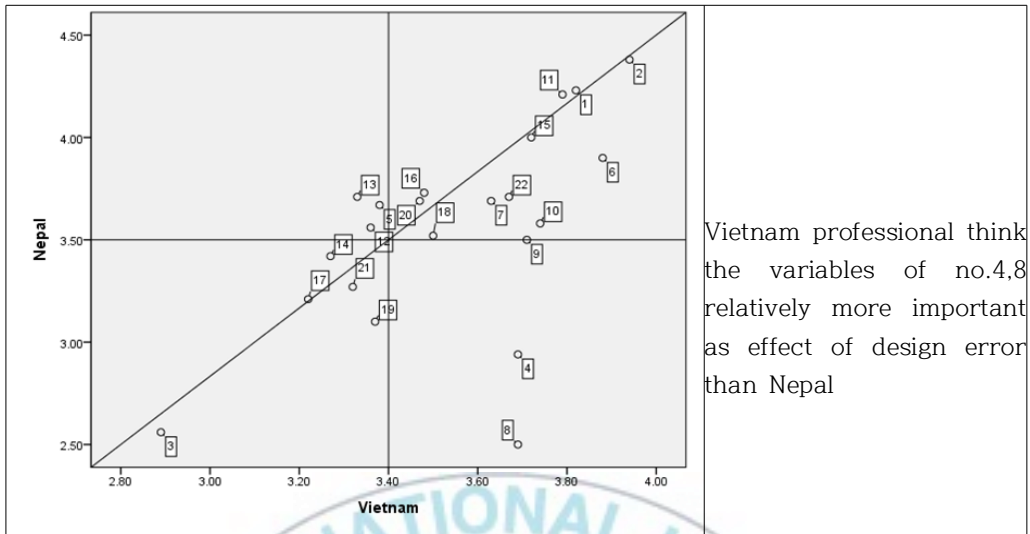
Fig. 4.7 Top 5 effects of design error with respect to countries



Vietnam professional think variables of no.4,6, 15,20,22 relatively ore important as effect of design error than Korea

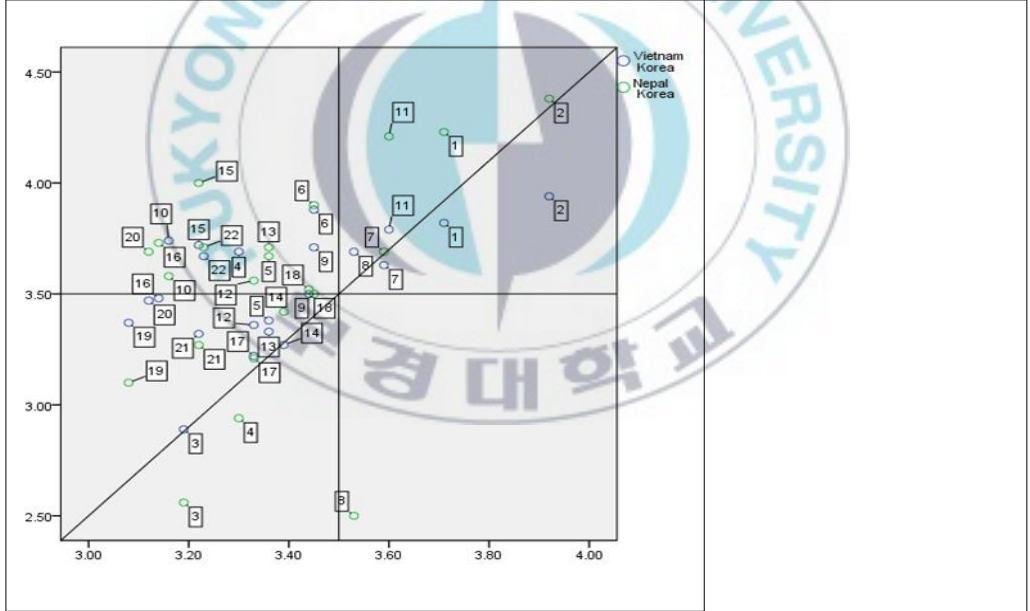
Nepal professional think the variables of no.10,15 ,16,20,22relatively more important as cause of design error than Korea, but variable 8 is vice versa.

Fig. 48 Scatter diagram of effect of design error with respect to countries



Vietnam professional think the variables of no.4,8 relatively more important as effect of design error than Nepal

(c) Comparison between Vietnam and Nepal



(d) Comparison among 3 countries(Korea, Vietnam, Nepal)

Fig. 48 Scatter diagram of effect of design error with respect to countries (continue)

4.3.3 설계오류영향 나라간 동의수준 분석

1) ANOVA 분석

ANOVA 분석결과를 Table 4.30에 정리하였다. 3국가에서 전문가들에게 조사한 결과 유의수준 5%에서 8.01, 8.02, 8.03, 8.04, 8.06, 8.08, 8.09, 8.10, 8.11, 8.15, 8.16, 8.19, 8.20와 8.22의 14개 항목에서 서로 유의하게(다르게) 나타났다. 따라서 이 단계에서 설계오류의 영향으로 수락할 수 없다. 따라서 사후검정을 수행할 필요가 있다.

Table 4.30 ANOVA result for effect of design error with respect to countries

Var#	Statement of Effect of Design Error	F	Sig. (p value)	Inference of Sig.
8.01	Delay in Completion of Project	5.543	.004*	Post hoc test required
8.02	Project Cost Increased	4.960	.007	Post hoc test required
8.03	Loss of Life of People	8.459	.000	Post hoc test required
8.04	Loss of Client Property	10.260	.000	Post hoc test required
8.05	Inconvenience to End Users	1.541	.215	
8.06	Other Financial/Economic Loss to Client	10.379	.000	Post hoc test required
8.07	Other Financial/Economic Loss to Contractor	.244	.784	
8.08	Mismatch of Schedule	26.361	.000	Post hoc test required
8.09	Excessive Reworks Frustrating Contractors	3.175	.043	Post hoc test required
8.10	Excessive Reworks Frustrating Client	15.479	.000	Post hoc test required
8.11	Various Construction Conflicts	9.085	.000	Post hoc test required
8.12	Sour Relationship between Contractor and Consultant	.966	.381	
8.13	Sour Relationship between Consultant and Client	2.242	.107	
8.14	Sour Relationship between Client and Contractor5	.728	.483	
8.15	Loss of Reputation of Consultant	18.294	.000	Post hoc test required
8.16	Loss of Reputation of Client Professionals	9.807	.000	Post hoc test required
8.17	Loss of Reputation of Contractors	.683	.505	
8.18	Personal Bitterness	.240	.786	
8.19	Immature Termination of Contract	3.367	.035	Post hoc test required
8.20	Chance of Losing Job by Consultant	9.718	.000	Post hoc test required
8.21	Loss of Formal Communication between Parties	.421	.657	
8.22	Loss of Consultant Trust	9.942	.000	Post hoc test required

2) 사후검정

(1) 분산의 동질성 검정

Table 4.31은 항목들간의 통계적 차이를 검정하기 위한 사후검정 유형을 보여주고 있다. Table 4.31에 나타난 바와 같이 14개 항목 중 유의수준 5%에서 분산의 동질성이 확보된 8.01, 8.02 및 8.11은 Tukey의 사후검정을, 그리고 분산의 동질성을 만족시켜주지 못하는 나머지 항목들은 Dunnett의 C검정을 수행하였다.

Table 4.31 Test of homogeneity of variances

SN	Var #	Effect of Design Error	Levene Statistic	df1	df2	Sig.	Required Post hoc tests
1	8.01	Delay in Completion of Project	1.628	2	593	.197	Tukey
2	8.02	Project Cost Increased	1.227	2	596	.294	Tukey
3	8.03	Loss of Life of People	12.337	2	593	.000	Dunnett's C
4	8.04	Loss of Client Property	24.125	2	592	.000	Dunnett's C
5	8.06	Other Financial/Economic Loss to Client	7.738	2	594	.000	Dunnett's C
6	8.08	Mismatch of Schedule	55.798	2	594	.000	Dunnett's C
7	8.09	Excessive Reworks Frustrating Contractors	30.489	2	594	.000	Dunnett's C
8	8.10	Excessive Reworks Frustrating Client	17.738	2	592	.000	Dunnett's C
9	8.11	Various Construction Conflicts	2.547	2	595	.079	Tukey
10	8.15	Loss of Reputation of Consultant	4.063	2	593	.018	Dunnett's C
11	8.16	Loss of Reputation of Client Professionals	16.780	2	591	.000	Dunnett's C
12	8.19	Immature Termination of Contract	23.166	2	591	.000	Dunnett's C
13	8.20	Chance of Losing Job by Consultant	10.946	2	593	.000	Dunnett's C
14	8.22	Loss of Consultant Trust	7.578	2	591	.001	Dunnett's C

(2) 사후검정 결과

Table 4.32와 Table 4.33은 Tukey와 Dunnett의 C검정에 의한 그룹평균값에 대한 다중비교 사후검정결과를 보여주고 있다. Table 4.29 및 Table 4.32에 의하면 Nepal 전문가들은 8.01(delay in completion of project)과 8.02(project cost increased)에 대하여 한국과 베트남 전문가들과는 상당히 달랐다. 이 결과는 네팔건설현장은 한국과 베트남건설현장보다 설계오류에 의해 큰 영향을 받는다는 인상을 주고 있다. 하지만 두 경우 실무적인 차이 “d”가 0.5보다 작기 때문에 설계오류의 영향으로 수락하였다.

Table 4.32에서 설계오류영향 8.11(various construction conflicts)은 네팔($\bar{x}=4.21$)은 한국($\bar{x}=3.60$)과 베트남($\bar{x}=3.79$)과는 유의한 차이를 나타내었다. 비록 한국전문가들이 이 항목을 보통의 설계오류영향으로 인식하지만 네팔은 아주 강하게 인식하는 것으로 나타났다. 실무적 유의성 ‘d’도 역시 0.63으로 강하게 나타남으로 항목 8.11은 기각하였다.

Table 4.29과 Table 4.33에 의하면 한국건설분야는 8.03(loss of life), 8.08(mismatch of schedule), 8.15(loss of reputation of consultant), 8.16(loss of reputation of client professionals) 과 8.20(chance of losing job by consultant)에 있어서 네팔 건설분야와 커다란 차이를 나타내었다. 하지만 8.08과 8.15를 제외한 다른 항목들의 평균값사이에는 유의한 차이가 없어 설계오류의 영향으로 수락하였다. Table 4.33에 의하면 한국건설산업분야는 8.03(loss of life), 8.04(loss of client property), 8.06(other financial/economical loss to client), 8.09(excessive reworks frustrating contractors), 8.10(excessive reworks frustrating client), 8.15(loss of reputation of consultant), 8.16(loss of reputation of client professionals), 8.19(immature termination of contract), 8.20(chance of losing job by consultant)와 8.22(loss of consultant trust)에 있어서 베트남과 커다란 차이가 있는 것으로 나타났다. 이 결과는 한국과 베트남의 건설분야의 여러 측면에서 유의한 차이가 있음

을 보여주고 있다. 그러나 실무적 검정에서 'd' < 0.5 이므로 위에서 언급한 한국-베트남 간에 인식의 차이가 있음에도 설계오류의 영향으로 수락하였다.

동일한 방법으로 네팔 건설분야도 8.04(loss of client property)과 8.08(mismatch of schedule)은 베트남 건설분야와 유의한 차이가 있다. Table 4.33에 의하면 이 항목들의 평균값에 대한 실무적 유의성 "d > 0.5" 이므로 두 항목은 설계오류의 영향에서 기각하였다.

Table 4.32 Multiple comparison of means by Tukey test

Dependent Variable	(I) Country	(J) Country	Mean Difference (I-J)	Mean Sq Root Error	Statistical Sig.	Practical significance	
						'd value	Prac sig. if d > 0.5
8.1 Delay in Completion of Project	Nepal	Korea	.515(*)	1.055	.003	0.49	No Sig.
		Vietnam	.406(*)		.045	0.38	
	Korea	Vietnam	-.110		.502		
8.2 Project Cost Increased	Nepal	Korea	.458(*)	0.913	.005	0.50	No sig.
		Vietnam	.434(*)		.017	0.47	
	Korea	Vietnam	-.024		.962		
8.11 Various Construction Conflicts	Nepal	Korea	.606(*)	0.962	.000	0.63	Pract Sig.
		Vietnam	.417(*)		.028	0.43	
	Korea	Vietnam	-.189		.107		

Table 4.33 Multiple comparisons with Dunnett's C test

Dependent Variable	(I) Country	(J) Country	Mean Difference (I-J)	Std. Error	Practical Significance	
					'd value	Pract sig. if d>0.5
8.03 Loss Of Life People	Nepal	Korea	-.632(*)	1.391	0.45	No sig.
		Vietnam	-.326			
	Korea	Vietnam	.306(*)		0.22	
8.04 Loss Of Client Property	Nepal	Korea	-.359	1.317		Pract sig.
		Vietnam	-.755(*)		0.57	
	Korea	Vietnam	-.396(*)		0.30	
8.06 Other Financial/Economic Loss Client	Nepal	Korea	.444	1.180		No Sig.
		Vietnam	.020			
	Korea	Vietnam	-.424(*)		0.36	
8.08 Mismatch Of Schedule	Nepal	Korea	-1.028(*)	1.022	1.00	Pract sig.
		Vietnam	-1.193(*)		1.16	
	Korea	Vietnam	-.165			
8.09 Excessive Reworks Frustrating Contractors	Nepal	Korea	.053	1.168		No sig.
		Vietnam	-.206			
	Korea	Vietnam	-.259(*)		0.22	
8.10 Excessive Reworks Frustrating Client	Nepal	Korea	.418	1.266		No sig.
		Vietnam	-.155			
	Korea	Vietnam	-.574(*)		0.45	
8.15 Loss Of Reputation Of Consultant	Nepal	Korea	.782(*)	1.255	0.62	Pract sig.
		Vietnam	.281			
	Korea	Vietnam	-.501(*)		0.40	
8.16 Loss Of Reputation Of Client Professionals	Nepal	Korea	.589(*)	1.210	0.48	No sig.
		Vietnam	.246			
	Korea	Vietnam	-.344(*)		0.28	
8.19 Immature Termination	Nepal	Korea	.025	1.368		No sig.
		Vietnam	-.262			
	Korea	Vietnam	-.287(*)		0.21	
8.20 Chance Of Losing Job	Nepal	Korea	.569(*)	1.204	0.47	No sig.
		Vietnam	.217			
	Korea	Vietnam	-.352(*)		0.29	
8.22 Loss Of Consultant Trust	Nepal	Korea	.479	1.372		No sig.
		Vietnam	.035			
	Korea	Vietnam	-.444(*)		0.32	

* The mean difference is significant at the .05 level.

4.3.4 설계오류영향 도출

Table 4.30, Table 4.32 및 Table 4.33에 나타난 바와 같이 ANOVA검정과 사후검정에 의한 유의성을 검토결과, 다음의 18개 항목(설계오류영향으로 인식한 항목)이 수락되었고, 8.04, 8.08, 8.11 및 8.15의 4가지 항목은 기각되었다. Table 4.34에 나타난 18 항목의 영향중에서 최상위 5개 항목은 다음과 같다.

- 1) 프로젝트 비용증가(Project cost increased)
- 2) 프로젝트 공기 지연(Delay in completion of project)
- 3) 계약자 재정/경제적손실 (Other financial/economic loss to contractor)
- 4) 발주자 재정/경제적손실(Other financial/economic loss to client)
- 5) 계약자(시공사)의 과도한 재작업(Excessive reworks frustrating contractors)

Table 4.34 Perceived effect of design error

SN	Var#	Effect of Design Error	Average Mean value
1.	8.02	Project Cost Increased	3.96
2.	8.01	Delay in Completion of Project	3.78
3.	8.07	Other Financial/Economic Loss to Contractor	3.61
4.	8.06	Other Financial/Economic Loss to Client	3.60
5.	8.09	Excessive Reworks Frustrating Contractors	3.52
6.	8.18	Personal Bitterness	3.46
7.	8.05	Inconvenience to End Users	3.39
8.	8.13	Sour Relationship between Consultant and Client	3.38
9.	8.22	Loss of Consultant Trust	3.38
10.	8.12	Sour Relationship between Contractor and Consultant	3.36
11.	8.14	Sour Relationship between Client and Contractor	3.36
12.	8.10	Excessive Reworks Frustrating Client	3.35
13.	8.17	Loss of Reputation of Contractors	3.29
14.	8.16	Loss of Reputation of Client Professionals	3.28
15.	8.20	Chance of Losing Job by Consultant	3.26
16.	8.21	Loss of Formal Communication between Parties	3.25
17.	8.19	Immature Termination of Contract	3.15
18.	8.03	Loss of Life of People	3.07

이 연구는 설계오류가 프로젝트의 프로젝트 비용과 공기지연을 증가시킨다는 일반적인 가정을 잘 증명하고 있다. 프로젝트를 완료하기 위한 비용증가 ($\bar{x} = 3.94$)와 공기지연이 높은 평균값($\bar{x} = 3.78$)을 나타내는 것은 일반적으로 건설 분야에서 설계오류에 의해 더 많은 영향을 받는다는 것을 증명하고 있다. 이번 연구에서는 설계오류의 발생은 발주자와 계약자(시공사) 각각에 경제적 및 재정적 손실을 준다는 것도 규명하였다. 또한 설계오류는 시공사(계약자)로 하여금 재작업(재시공)을 하게하고 좌절하게 함을 발견하였다.

4.3.5 요인분석(Factor Analysis)

특성에 따라 설계오류 영향변수들을 그룹화하기 위하여 요인분석을 수행하였다. 4항목 (8.04, 8.08, 8.11 및 8.15)은 요인분석을 위한 항목에서 제외시켰다. 설계오류영향 변수로 수락된 18변수에 대하여 KMO 와 Bartlett검정을 한 결과 Table 4.35와 같이 KMO=0.898>0.7, 유의확률 p값이 작으면($p < 0.001$) 변수들 사이에 유의성이 있다는 것을 나타내며 여기서는 $p = 0.000$ 로 $p < 0.001$ 를 만족시켜 줌으로 변수들이 요인 분석에 적합하다는 것을 의미한다(Morgan 및 Griego 1998, Coetzee 2005).

Table 4.35 KMO and Bartlett's test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.898
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	3937.655
	df	153
	Sig.	.000

요인재하값(Communalities value)을 아래 Table 4.36에 정리하였다.

Table 4.36 Extracted communalities value

SN	Var #		Initial	Extraction
1.	8.01	Delay in Completion of Project	1.000	.734
2.	8.02	Project Cost Increased	1.000	.760
3.	8.03	Loss of Life/People	1.000	.673
4.	8.05	Inconvenience to End Users	1.000	.637
5.	8.06	Other Financial/Economic Loss of Client	1.000	.761
6.	8.07	Other Financial/Economic Loss Contractor	1.000	.663
7.	8.09	Excessive Reworks Frustrating Contractors	1.000	.829
8.	8.10	Excessive Reworks Frustrating Client	1.000	.845
9.	8.12	Sour Relationship between Contractor and Consultant	1.000	.729
10.	8.13	Sour Relationship between Consultant and Client	1.000	.721
11.	8.14	Sour Relationship Client and Contractor	1.000	.727
12.	8.16	Loss of Reputation of Client Professionals	1.000	.813
13.	8.17	Loss of Reputation of Contractors	1.000	.771
14.	8.18	Personal Bitterness	1.000	.613
15.	8.19	Immature Termination	1.000	.666
16.	8.20	Chance of Losing Job	1.000	.683
17.	8.21	Loss of Formal Communication	1.000	.722
18.	8.22	Loss of Consultant Trust	1.000	.666

Extraction Method: Principal Component Analysis.

Table 4.37은 요인분석 결과이다. 첫 번째, 고유값이 1 이상인 조건에서 수행한 결과 단지 4개의 요인이 추출되었고 합계분산이 58%에 불과하였다. 분산의 크기가 작아 고유값의 크기를 약 0.8이상을 기준으로 분석하여 7개의 요인을 추출하였고 이때 분산은 약 72.29%을 나타내었다.

Table 4.37 Total variance explained

Component	Initial Eigenvalues			Rotation Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	6.676	37.087	37.087	2.809	15.606	15.606
2	1.472	8.179	45.266	2.115	11.749	27.354
3	1.229	6.826	52.092	1.934	10.743	38.098
4	1.101	6.117	58.210	1.728	9.598	47.696
5	.897	4.981	63.191	1.547	8.593	56.289
6	.845	4.695	67.886	1.539	8.548	64.837
7	.793	4.407	72.293	1.342	7.456	72.293
8	.727	4.039	76.332			
9	.573	3.183	79.514			
10	.546	3.035	82.549			
11	.483	2.685	85.234			
12	.475	2.637	87.871			
13	.427	2.371	90.242			
14	.406	2.254	92.496			
15	.384	2.132	94.627			
16	.356	1.978	96.605			
17	.318	1.768	98.374			
18	.293	1.626	100.000			

Extraction Method: Principal Component Analysis.

설계오류에 의한 영향항목을 Table 4.38과 같이 그룹화하였다. 요인적재값 0.5이하, 요인적재값차이(cross loading difference) 0.1이하인 8.18변수는 삭제하였다.

Table 4.38 Rotated component matrix(a)

Var #SN	Variables	Component						
		1	2	3	4	5	6	7
8.21	LossOfFormalCommunication	.801						
8.20	ChanceOfLosingJob	.705						
8.22	LossOfConsultantTrust	.681						
8.19	ImmatureTermination	.676						
8.12	SourRelationshipContractorConsultant		.752					
8.14	SourRelationshipClientContractor		.740					
8.13	SourRelationshipConsultantClient		.687					
8.06	OtherFinancialEconomicLossClient			.781				
8.05	InconvenienceToEndUsers			.687				
8.02	ProjectCostIncreased				.835			
8.01	DelayInCompletionOfProject				.822			
8.17	LossOfReputationOfContractors					.770		
8.16	LossOfReputationOfClientProfessionals					.680		
8.09	ExcessiveReworksFrustratingContractor						.784	
8.10	ExcessiveReworksFrustratingClient						.781	
8.03	LossOfLifePeople							.706
8.07	OtherFinancialEconomicLossContractor							.559

Extraction Method: Principal Component Analysis. Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

a. Rotation converged in 10 iterations.

4.3.6 요인설명

요인별 이름은 요인을 구성하는 요소와 관련된 변수에 따라 이름을 부여하였다.

Factor 1: 컨설턴트명성저하

총분산의 약 16%를 차지하고 4개 항목으로 구성되어 있고 “컨설턴트명성저하 (Effect on reputation of consultant)”로 명명하였다.

Factor 2: 프로젝트참여자 관계저하

총분산의 약 12%를 차지하고 3개 항목으로 구성되어 있고, “프로젝트참여자 관계저하(Effect on relationship of project participants)”로 명명하였다.

Factor 3: 발주자의 물질적 정신적 손실

전체 분산의 약 11%를 차지하고 2개 항목으로 이루어져있고 “발주자의 물질적 정신적 손실(Effects on client's comfort)”로 명명하였다.

Factor 4: 프로젝트 원가 및 공기 영향

총분산의 약 9.6%를 차지하고 2개 항목으로 구성되어 있고 “프로젝트 원가 및 공정 영향(Effects on project elements)”로 명명하였다.

Factor 5: 발주자 및 시공사 명성저하

총분산의 약 9%를 차지하고 2개 항목으로 구성되어 있고 “발주자 및 시공사 명성저하(Effect on Reputation of Client and Contractor)”로 명명하였다.

Factor 6: 발주자/시공사의 좌절감

총분산의 약 8.5%를 차지하고 2개 항목으로 구성되어 있고 “발주자/시공사의 좌절감(Client/Contractor Frustration)”로 명명하였다.

Factor 7: 시공사의 재산 및 인명손실

총분산의 약 7%를 차지하고 2개의 변수로 구성되어 있고 “시공사의 재산 및 인명손실(Financial and life loss to contractor)”로 명명하였다.. 이를 그림으로 요약하면 Fig 4.9와 같다.

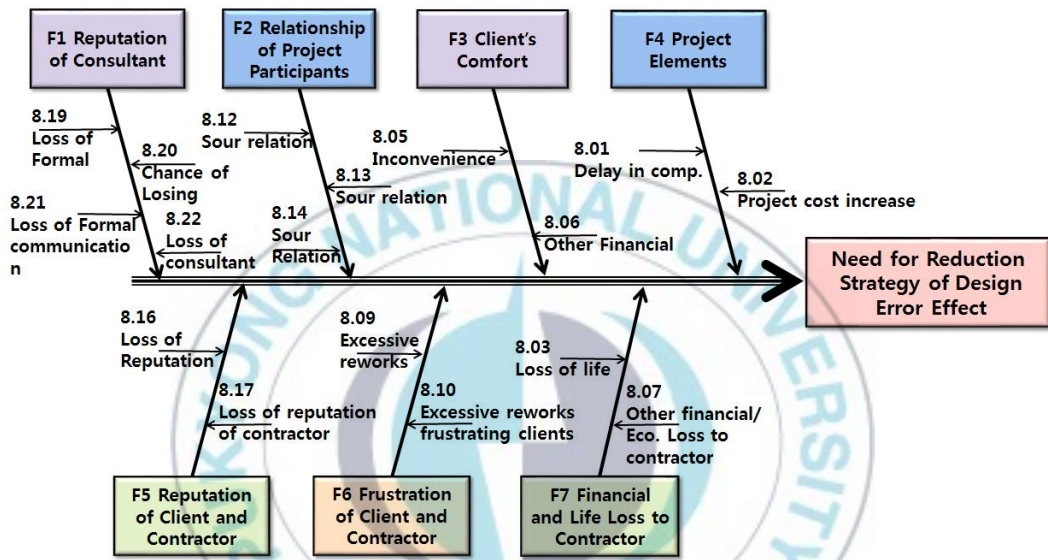


Fig. 4.9 Diagram of design error effect factor (F4 수정요망)

이 번 연구는 아시아의 한국, 베트남 및 네팔 3나라에서 이루어졌다. 이 세나라는 3종류의 독특한 경제개발범주를 나타낸다. 3 나라의 경제적 특성을 간단히 나타내면 Table 4.39와 같이 한국은 국토와 인구규모에 비해 상대적으로 건설분야의 경제분야가 크고, 고도로 발전한 경제사회이고, 베트남은 점진적(moderate)으로 발전하는 사회이며 네팔은 발전 속도가 느린 사회로 생각된다. 따라서 이 세 나라 사이에서 설계오류 및 설계오류영향에 대한 비교연구는 대단히 흥미 있는 과제로 판단된다.

Table 4.39 Magnitude of economic capacity in construction part

	Area (km ²)	Population (people)	GDP (US\$)	GDP per capita (US\$)	Construction market (US\$)	Construction/GDP (%)	Source
Korea	100,188 (2012)	50.21E6 (2013)	13.04 E11 (2013)	26,204 (2013)	8.33 E10 (2013)	6.39	KOSIS
Vietnam	331,114	92.50E6	17.1 E10 (2013)	1,960 (2013)	9.6E9 (2013)	6%	Vietnam Statistics
Nepal	141,181	29.89E6	17.92 E9	624	1.1E9		www.kita.net

1 US\$=1095.03KW(₩) , KOSIS : Korean Statistical Information Service

ECOS : Economic Statistical System



제 5장 설계오류원인 저감대책

5.1 계약조항 삽입

앞에서 건설프로젝트에서 설계오류의 원인과 영향에 대하여 다양한 연구에 대한 자세한 내용을 논의했다. 이번 연구에서 또한 설계오류의 원인과 영향을 발견하였다. 그러나, 설계 오류의 원인을 감소시키는 방법을 찾아내는 것이 더 중요하다. 컨설턴트의 기능직원 부족, 짧은 설계기간, 낮은 설계비용, 컨설턴트의 기능직원 부족, 프로젝트 관리자의 효율성 부족, 설계팀리더의 경험 및 능력부족 등이 설계 오류의 근본적인 원인이다. 사실 이러한 오류는 프로젝트의 특성상 잠재하고 있다가 작업환경에서 자연스럽게 나타날 수도 있다. 모든 프로젝트관리자는 자신의 프로젝트가 설계오류에 의해 영향을 받고 싶은 사람이 없지만, 알지 못하는 사이에 이러한 문제가 발생한다. 따라서 적어도 이러한 오류를 줄이기 위해 도움이 될 수 있는 몇 가지 도구를 고안할 필요가 있다.

한국, 베트남 및 네팔의 전문가들이 이 연구에 참여하였고 Table 5.1 및 Table 5.2는 각 나라의 참여자 숫자 및 근무부서(affiliations)를 나타내었다.

Table 5.1 Respondents with respect to country

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	Korea	400	66.6	66.6	66.6
	Vietnam	153	25.5	25.5	92.0
	Nepal	48	8.0	8.0	100.0
	Total	601	100.0	100.0	

Table 5.2 Type of affiliations and country crosstabulation

Count		County			Total
		Nepal	Korea	Vietnam	
Type of Organization	Owner Group	15	117	38	170
	Consultant Group	22	140	54	216
	Contractor Group	10	128	61	199
	Others	1	12	0	13
Total		48	397	153	598

설문응답자들에게 발주자는 계약서에 계약자(시공사)가 입찰시 계획 및 시방서를 검토해야한다는 계약조건과 요구사항을 포함시킴으로서 설계결함에 대한 법적 책임을 회피하는 것이 옳은지에 대하여 질문을 하였다. 그렇지 않으면 발주자는 설계오류에 대한 클레임을 제기할 권한을 가지지 못한다.

Table5.3에서 약67%의 응답자가 계약에서 면책조항이 설계오류를 줄이기 위해 유용하다는데 동의하지 않는 것을 알 수 있다. 따라서 면책조항은 옳은 선택이 아님을 보여주고 있다.

Table 5.3 Response on contractual disclaimers

	Response	Frequency	Percent	Valid Percent
Valid	Yes	192	31.9	33.2
	No	387	64.4	66.8
	Total	579	96.3	100
	Not Answered	22	3.7	
Total		601	100	

Table 5.4는 계약자(시공사)의 권리포기조항에 대한 전문가의 응답결과이다. 3 나라의 총 응답자수는 579명인데, 이 중 한국의 전문가는 51%를 차지하고 한국의 전문가중 78%가 이 조항에 반대하는 것으로 나타났다. 베트남과 네팔전문가들은 각 나라내에서 찬반의 비율이 대체로 비슷하게 나타났다. 베트남과 네팔전문가들이 가지고 있는 관계(interaction)로 판단할 때, 건설산업은 공사비와 공기 불확실에 많은 지배를 받기 때문에, 발주자와 컨설턴트는 계약서상에 이런 조항을 삽입하여 리스크를 계약자(시공사)에게 전가시키는 것을 선호하는 것으로 보인다.

또한, 응답자들은 설계오류와 누락을 발견할시 즉시 컨설턴트에게 보고하도록 발주자와 컨설턴트가 계약자(시공사)에게 임무를 부과하는 조항을 두는 것에 얼마나 동의하는지를 물었다. 만약 계약자(시공사)가 이점과 관련한 보고임무를 수행하지 않았을 경우, 계약자가 임무를 수행했을 경우 발생하지 않았을 비용과 손실을 계약자가 부담해야한다. 이것을 “리스크 전가(risk transfer)”라고 한다.

Table 5.4 Disclaimer provision with respect to country

Disclaimer provision in Contract	Korea		Vietnam		Nepal		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Yes	83	14.34%	85	14.68%	24	4.15%	192	33.16%
No	296	51.12%	68	11.74%	23	3.97%	387	66.84%
Total	379	65.46%	153	26.42%	47	8.12%	579	100.00%
Not Answered							22	
Total							601	

그러나 Table 5.5에서 계약자(시공사)가 설계오류나 누락을 재빨리 컨설턴트에게 보고하지 않은 경우, 계약자(시공사)에게 리스크 전가를 하는 것에 대하여 응답자의 54%가 호의적이지 않은 것으로 나타났다. 이는 즉, 설계오류 및 누락에 대한 수행임무는 발주자와 컨설턴트가 부담해야함을 암시한다.

Table 5.5 Response for risk bearing party

	Contractor bear the cost or damages	Frequency	Percent	Valid Percent
Valid	Fully Agree	269	44.8	45.9
	Not Agree	317	52.7	54.1
	Total	586	97.5	100
	Not Answered	15	2.5	
Total		601	100	

Table 5.6은 응답자들을 국가에 따라 분류하였다. 3 나라 중 네팔전문가들은 설계오류의 경우 리스크를 계약자(시공사)에게 전가하는 것을 상대적으로 반대하는 비율이 높게 조사되었다. 설계가 컨설턴트에 의해서 이루어지고, 그 다음 발주자가 승인한 다음 시공사에게는 설계도에 따른 시공업무가 부과된다. 이것이 대부분의 전통적인 계약시스템 체계이다. 이 경우, 어떻게 시공사에게 설계오류에 대해 벌칙(panelize)을 가할 수 있을까?

베트남의 전문가들은 어느 정도 계약자(시공사)가 감당해야한다는 주장에 찬성하는 측면이 있는 것으로 조사되었다. 그러나 한국의 건설시공부문에서는 설계오류

를 시공사가 감당해야하는 문제에 반분되는 결과를 보여주고 있다. 한국의 전문가들은 계약자(시공사) 또한 건설의 주요 당사자이므로 미리 발주자와 컨설턴트에게 설계오류에 대한 정보를 주어 설계오류를 감소시키는데 기여해야한다는 의견이 있음을 보여준다. 계약자(발주자)가 설계도서 검토에 좀 더 기여한다면 많은 설계오류를 사전에 발견할 수 있을 것이다.

Table 5.6 Role of contractor with respect to country

	County						Total	
	Korea		Vietnam		Nepal			
	N	%	N	%	N	%	N	%
Fully Agree	189	49%	66	43%	14	29%	569	
Not Agree	196	51%	87	57%	34	71%	317	
Total	385		153		48		586	

그러나 Table 5.7에서 계약자(시공사)는 계약 문서/도면의 상세정보를 확인하고 도면에 표시된 정보오류, 누락, 불일치, 또는 서로 상치되는 사항들을 발주자에게 통보해야 함을 알 수 있다. 응답자의 80%이상이 이 질문에 동의 했다. 이는 계약자(시공사)는 비슷한 특성의 작업을 여러 번 수행하므로 설계와 문서상의 문제점이 어디에 존재하는지 잘 알고 있으며 또한 알아야할 필요가 있음을 의미한다.

Table 5.7에서 계약조항은 발주자와 컨설턴트에게 의무적으로 보고해야할 것이 아니라 계약자(시공사)는 설계오류에 대하여 설계자에게 적시에 정보를 제공하면 되는 것으로 정착되었다. 이러한 방식으로 설계오류로 인한 영향을 저감시킬 수 있다.

Table 5.7 Response on Contractor's obligation to check documents

	Contractor check documents	Frequency	Percent	Valid Percent
Valid	Fully Agree	475	79.0	80.5
	Not Agree	115	19.2	19.5
	Total	590	98.2	100
	Not Answered	11	1.8	
Total		601	100	

설계오류를 최소화하는 조항을 찾는 과정에서, 응답자들에게 설계결함에 의한 계약자(시공사)의 클레임을 설계자에게 전가하는 것을 발주자와 컨설턴트사이에 이루어진 계약에 이 조항을 유지하는 것이 옳은지 질문을 하였다.

Table 5.8에서 약 61%의 응답자들이 이 조항에 동의하였다. 설계자는 설계결함에 가장 큰 책임이 있는 당사자이므로 어떠한 방법으로도 책임을 져야한다. 그러나 제3자가 상호당사자간의 계약에 책임을 담당하게 할 경우에는 분쟁(conflict)이 발생하게 된다. 그러나 컨설턴트도 동등한 책임을 지는 삼자간(tripartite)의 계약이 이루어져야한다.

Table 5.8 Response on provision of claim pass to designer

	Claim Pass to Designer	Frequency	Percent	Valid Percent
Valid	Yes	359	59.7	61.5
	No	225	37.5	38.5
	Total	584	97.2	100
	Not Answered	17	2.8	
Total		601	100	

Table 5.9는 계약자(시공사)가 미리 세부사항을 확인해야하는지에 대한 설문조사 결과를 보여주고 있다. 3 나라의 전문가들- 한국(84 %), 베트남(78 %), 네팔(63 %)-은 계약자(시공사)가 사전에 모든 계약문서를 확인하고 사전에 발주자와 컨설턴트에게 정보를 전달하는 것에 동의함을 보여주고 있다. 이것은 설계오류의 영향을

최소화하도록 하는데 도움을 줄 수 있다. 그러나 이전에 논의된 바와 같이, 계약자는 검증작업을 하고 나중에 손해에 대해 책임을 져야한다는 계약조건에 의해 책임을 지게 할 수는 없다.

Table 5.9 Contractor verify details with respect to country crosstabulation

	Country			Total
	Korea	Vietnam	Nepal	
Fully Agree	325(84%)	120(78%)	30(63%)	475
Not Agree	64(16%)	33(22%)	18(37%)	115
Total	389(100%)	153(100%)	48(100%)	590

5.2 추가비용 부담조항

설계오류는 재작업(rework)을 필요로 하고 궁극적으로 프로젝트를 완료하기 위해 추가비용을 필요로 한다. 따라서 누가 설계오류와 재작업비용을 부담해야 하는지 설문조사를 하였고 이 결과를 정리하면 Table 5.10 과 같다. Table 5.10에서 응답자의 42%는 설계오류에 기인하는 추가비용은 발주자가 부담해야한다는 의견을 제시하였고, 36%는 컨설턴트가 부담해야한다는 의견을 나타내었다. 이 결과는 설계오류에 대하여 컨설턴트가 동일한 책임이 있음을 보여주는 것이다. 따라서 재작업에 따른 비용도 부담해야하는 것으로 나타났다. 재작업비용의 부담조항도 발주자와 컨설턴트사이의 계약에 추가해야하는 것으로 나타났다.

Table 5.11에서 각 나라에 따라 특별히 추가부담을 담당해야할 당사자들을 자세히 나타내었다. 한국의 전문가들은 약 45%(170/375)의 응답자가 설계오류에 대한 추가비용을 발주자가 부담해야 한다고 생각하고 있는 것으로 나타났다.

Table 5.10 Response on extra cost

	Extra Cost Bearing Party	Frequency	Percent	Valid Percent
Valid	Client	242	40.3	42.2
	Consultant	207	34.4	36.1
	Contractor	37	6.2	6.4
	Client/Consultant	57	9.5	9.9
	Client/Contractor	3	0.5	0.5
	Consultant/Contractor	2	0.3	0.4
	All Parties	26	4.3	4.5
	Total	574	95.6	100
	Not Answered	27	4.5	
Total		601	100	

반면에 네팔전문가의 약52%(24/46)응답자는 설계오류에 따른 추가비용을 컨설턴트 자신이 부담해야하는 것으로 나타났다. 한국과 네팔전문가들 사이의 의견의 차이는 컨설턴트에 대한 태도(could be attitude of Consultant.)에 기인하는 것으로 보인다.

이 결과는 대부분의 재작업(재시공)은 발주자의 행위에 기인함을 의미한다. 그러므로 재작업(재시공)에 따른 추가비용은 발주자가 부담해야함을 의미한다. 그러나 응답자의 36%가 추가비용을 컨설턴트가 부담해야한다고 생각하고 있음에 유의해야한다. 이 결과는 컨설턴트 역시 설계오류에 대한 책임이 있음을 의미하고 재시공에 따른 비용을 부담해야함을 의미한다. 따라서 발주자와 컨설턴트 사이에는 재시공 비용 공동부담 조항을 포함한 계약이 이루어져야한다.

Table 5.11 Extra cost bearing parties with respect to countries

Extra cost bearing party	Country						Total	
	Korea		Vietnam		Nepal			
	N	%	N	%	N	%	N	%
Client	170	45.3	62	40.5	10	21.5	242	42
Consultant	141	37.6	42	27.5	24	52.2	207	36
Contractor	28	7.5	8	5.2	1	2.20	37	6
Client/Consultant	36	9.6	14	9.2	7	15.2	57	10
Client/Contractor	0	0	3	2.0	0	0	3	1
Consultant/Contractor	0	0	1	0.7	1	2.2	2	0
All	0	0	23	15.0	3	6.5	26	5
Total	375		153		46		574	100

5.3 오류 및 누락에 대한 보험정책

많은 건설공사가 설계오류와 재작업 및 공기지연에 따른 프로젝트 비용증가로 어려움을 겪지만, 이것이 프로젝트 비용의 주된 구성요소는 아니다. 따라서 이 오류에 기인한 비용은 예비비로 계상이 된다. 이 예비비는 그럼에도 불구하고 발주자가 감당해야하는 비용이다. 만약 발주자가 컨설턴트로부터 이 비용을 회수하고자한다면, 이는 '오류 및 누락'에 따른 컨설턴트에 의한 보험정책을 생각할 수 있다(Wertz, 2004; Hartford, 2010). Table 5.12에서 보험정책에 동의하는 예상외의 75%가 이 정책이 컨설턴트에게 큰 위안이 될 수 있음을 보여주고 있다. 많은 선진국에서는 이 보험정책을 적용하기 시작했다(Wikipedia, 2014; Song et al. 2012; Mead, 2008; Russel, 1991; Home 1990; Kagan and Vander, 1986). 하지만, 베트남이나 네팔 등 개발도상국 및 저개발국가에서 이 정책을 채택하는지는 발견하지 못했다. 그러나 이들 국가의 응답자들은 보험정책이 설계오류의 영향에서 위로를 얻을 수 있는 좋은 수단으로 생각하는 것으로 나타났다.

Table 5.12 Response for errors and omission policy of insurance

	Introduction of Insurance Policy	Frequency	Percent	Valid Percent
Valid	Yes	438	72.9	74.9
	No	147	24.4	25.1
	Total	585	97.3	100
	Not Answered	16	2.7	
Total		601	100	

Table 5.13은 나라에 따라 보험정책에 대한 응답을 분석한 것이다. Table5.13에 나타난 바와 같이 한국 73%, 베트남 84%, 네팔 65%등 대부분의 전문가들은 설계 오류 및 누락에 대한 리스크 경감대책으로 보험정책에 동의함을 보여주고 있다.

Table 5.13 Responses for errors and omissions policy of insurance

	Korea		Vietnam		Nepal		Total	
	N	%	N	%	N	%	N	%
Yes	284	73%	124	84%	30	65%	438	
No	107	27%	24	16%	16	35%	147	
Total	391	100	148	100	46	100	585	

5.4 Scrum 모형적용

Scrum 모형적용절차는 발주자 요구자료 수집, 프로젝트개념 수립 및 Sprint계획으로 이루어진다(Wyss, 2014). Scrum모형은 Sprint에 기반을 두고, Sprint는 시스템상의 작업을 수행하는데 소요되는 2~4주간의 미리 정해진 시간주기이다. 매 과정은 1) 요구조건 정리, 2) 분석 및 설계, 3) 성과품(제품)생산, 4) 검사, 5) 성과품 납품(배포)의 기본적인 설계절차를 적용한다.

5.4.1 설계절차에서 Scrum model 적용

설계수행절차에서 Scrum모형은 발주자와 컨설턴트간의 조정부족과 마찬가지로 컨설턴트팀 내에서의 심각한 조정부족, 발주자의 요구사항 및 과업범위에 대한 이해부족 등에 강조를 하고 있다. 따라서 프로젝트 참여자내부 및 상호간의 철저한 상호관계가 요구된다. 설계오류의 근원은 컨설턴트로부터 출발하므로 먼저 설계과정부터 살펴보아야한다.

대부분의 설계과정은 계단식 단계로 이루어진다. 이는 선행단계가 완료된 후 다음 단계가 시작함을 의미한다. 따라서 이 접근법에 의하면 모든 단계가 완료된 후에야 최종 성과품(product)이 현실화될 수 있다.

이와 같이 요구사항을 완료하지 못하면 재작업의 위험이 있다. 따라서 설계오류 저감을 위해서 IT산업에서 소프트웨어개발에 일반적으로 사용하는 Scrum 모형을 제안하고자한다.

Scrum모형은 상세계획이 없고 개발되어야할 형상에 따라 장래의 과업을 명확하게 해야할 때 적합한 접근법이다. 성과품은 자주 시험을 거쳐야하고, 반복된 시험을 통해 미래의 실패리스크를 최소화할 수 있다. 이는 기능중심의 개발이며 팀은 동적으로 변화하는 성과품의 요구사항에 능동적으로 적응한다(Assaf and AL-Muhammadi, 2007; Wyss, 2014; Jones, 2013).

Scrum은 큰 작업의 일부를 수행하는 짧은 2~4주의 작업시간인 “sprint”에 기반하여 복잡한 시스템의 개발 및 전개를 관리하는 절차이다.

Scrum은 경험적 절차관리로부터 도출하였고 핵심작업을 반복적인 전개에 기반하여, 팀 자체 및 상호간의 기능조정관리를 통하여 점진적으로 해답을 얻는다. 경험적 절차관리는 절차를 자주 점검하고 전반적인 절차를 최적화함으로써 목표를 향하여 움직이는 실험적방법이다.

5.4.2 Scrum model 적용 단계

Fig. 5.1에 보이는 모형은 컨설턴트가 설계작업을 수행하기 위해 제안한 절차로 4단계로 이루어져있다.

(1) Stage 1 : 요구사항 분석 및 팀 구성(Requirement analysis and team formation)

모형에 따라, 프로젝트 초기에, 프로젝트매니저(생산관리자)가 프로젝트 비전을 창안하고, 발주자의 기능적 및 비기능적 요구사항을 분석하고, 사용자의 요구사항에 대한 기준과 설명을 준비하여 “프로젝트 정의 자료(Project Definition Documents, PDD)”를 생산한다.

이 자료는 다른 작업팀이 작업을 하기 위해 사용한다. 이 절차는 모형에서 핑크색으로 표시된 바와 같이 프로젝트에서 생산되어야 할 많은 설계목록을 생산하게 된다(Johansson,2012). 이 다음 단계에서 프로젝트 팀이 구성된다. 해결방안을 얻을 수 있는 과업요구서류(Business Requirement Document, BRD)에 기반하여 프로젝트의 범위와 가치를 검토하기 위한 회의를 개최한다.

(2) Stage 2 : 계획수행(Release planning)

프로젝트팀은 기능분류회의(Feature Breakdown Session, FBS)에서 대표자를 정한다. 현장에서 FBS를 가지고, 프로젝트를 완료하기 위하여 참가하게 될 프로젝트 참여자들을 다시 정하기 위하여 기능을 조사한다. 프로젝트팀은 FBS를 고려하여 프로젝트 참여자에 기반하여 상위 비용모형과 프로젝트공정을 수립한다.

계획수행의 기한(time-boxing nature)은 프로젝트원가 및 완료시간 추정을 단순화하는데 도움을 준다. 프로젝트수행계획은 설계와 설계도면이 언제 발주자가 사용할 수 있는지를 추정하는데 도움을 준다. 활동은 요구기능을 달성하는데 필요한 반복회수로서 노력수준을 포함한다.

(3) Stage 3 : Sprint 미팅(Sprint meeting)

프로젝트팀은 sprint 계획을 수립한다. sprint를 시작하기 위한 일련의 기능(set of features)은 완성해야할 요구사항인 성과물의 우선순위 “잔무목록(backlog)”으로부터 나온다.

Sprint시작을 위한 backlog는 Sprint계획회의를 통해 결정된다. 이 회의에서는 발주자가 완료되기를 원하는 성과품 backlog속의 팀별 작업목록 정보를 제공해야 한다. 팀은 다음 번 sprint동안 완료해야할 작업량을 결정해야하고 이것을 sprint backlog내에 기록해야한다. sprint를 수행하는 동안 아무도 sprint backlog를 변경할 수 없는데 이는 sprint동안 요구조건이 고정됨을 의미한다. 매 sprint내에서, 팀은 잠재적으로 달성가능한 산출물의 증분, 즉 의미 있는 작업과 검증된 소프트웨어를 창조해야한다. 만약 요구사항이 어떠한 이유로 완료하지 못하면, 요구사항은 성과품잔류목록(product backlog)으로 되돌아간다. sprint 회의는 다음 절차로 이루어진다.

- Sprint 계획 - 매 sprint과업을 정의하고 sprint 목표를 위한 추정수행도 수립한다.
- Daily standup- sprint 동안 매일아침 프로젝트기능회의 때, 작업의 특성에 대해 팀원들에게 간단히 브리핑하되, 이 시간은 15분을 초과하지 않도록 한다. 각 팀원들은 지난회의 이후 수행한 작업에 대해 간단히 설명하고 다음 회의까지 무엇을 해야하는지와 예상되는 문제점에 대해서 언급토록 한다.
- Sprint 검토 - 진도검토(완료여부), 완료된 작업은 관계자들과 공유
- Sprint 반영 - 진도를 검토하고 내부 scrum팀에 의해 다음 sprint를 위해 교훈을 정리한다

(4) Stage 4 : 최종성과품 납품(Release of final product)

각 Sprint의 마지막에 결과물의 납품 및 평가가 이루어지고, 다음 번 sprint를 착수한다. 제안된 해결(solution)기능의 한 부분(subset)만이 각 sprint에서 해결한다. 전체기능목록은 성과품 잔류목록에 포함시킨다. 납품계획단계에서, 해결 기능(solution features)은 프로젝트내의 sprint 중 하나에 할당한다.

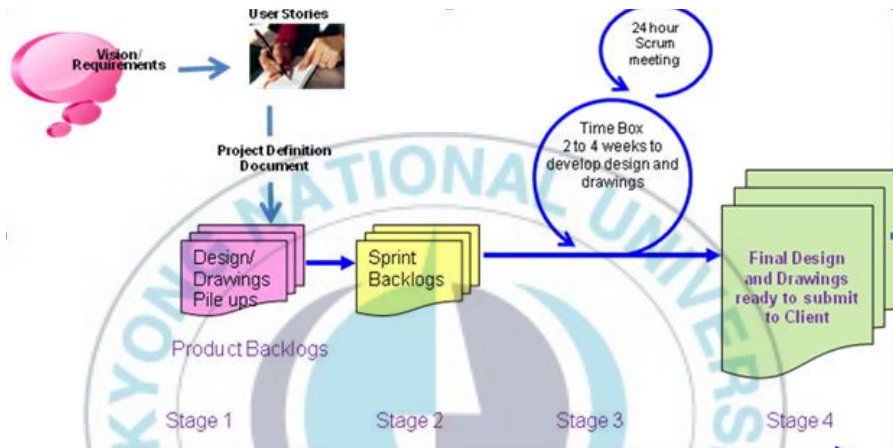


Fig. 5.1 Scrum model in design process (cited from Assaf and AL-Muhammadi, 2007)

5.5 참여자간 의견교환

이 번 연구에서 건설현장에서 설계오류 저감을 위해서 건설프로젝트 참여자간 다음과 같은 6가지 항목에 대하여 의견을 교환하도록 제안하였다.

첫째, 계약자(시공사)가 입찰시 계획과 시방을 검토(examine)하고, 그러하지 않으면 시공사는 설계오류에 대한 클레임을 제기할 권리를 가지지 않는다는 면책 및 요구계약조항을 포함시킴으로서 발주자가 설계결함에 대한 법적책임을 회피하는 게 옳은가?

둘째, 누가 설계오류에 대한 추가비용을 부담해야하는가?

셋째, 컨설턴트가 자신의 비용으로 설계오류 및 누락에 대한 전략을 수행하고 유지하는데 동의하는가?

넷째, 발주자와 컨설턴트가 계약자에게 설계오류나 누락을 발견하였을 경우 컨설턴트에게 보고해야할 임무부과에 얼마나 동의하는가?

그리고 만약 계약자가 이에 따른 자신의 의무수행에 실패한다면 계약자는 자신이 임무를 수행했을 경우 발생하지 않았을 비용과 피해를 부담해야 하는가?

다섯째, 계약자가 계약문서/도면의 세부사항을 확인하고 도면에 표시된 정보의 오류, 누락, 불일치, 또는 상충을 발주자에게 통지하고 설계오류리스크는 계약자(시공사)에게 전가되는 것에 얼마나 동의하는가 ?

여섯째, 발주자와 컨설턴트사이의 계약에 계약자가 설계결함에 의한 클레임을 설계자에게 전가시킬 수 있는 이 조항을 두는데 동의하는가?

5.6 설계검토방법 개선

5.6.1 현재 설계검토방법

건설기술진흥법제5조 및 동법 시행령 제7조에 따라 중앙부처에서는 건설기술심의위원회가 설치되어 있고 각 지방자치단체 및 공공기관들도 규정에 따라 기술심의위원회를 운영하고 있으며, 중앙건설기술심의위원회의 중요심의사항은 다음과 같다.

건설기술진흥 기본계획 및 건설기술정책에 관한 사항, 외국도입건설기술에 관한 사항, 건설공사의 설계 및 시공기준에 관한 사항, 새로운 기술·공법 등의 범위와 한계에 대하여 제기된 이의에 관한 사항, 대형공사 특정공사의 입찰방법 및 그 심의기준에 관한 사항, 실시설계 기술제안 입찰 또는 기본설계 기술제안입찰의 입찰방법 및 그 심의기준에 관한 사항, 다른 법령에 따른 심의사항과 국토교통부장관이 심의에 부치는 사항 및 대안입찰가격의 조정 또는 설계의 수정에 관한 사항이다. 이 중에서 이번 연구와 관련이 많은 '건설공사의 설계 및 시공기준에 관한 사항'에 대하여 검토하면 현재 대부분의 위원회에서는 설계중간 또는 실시설계가 완료된 후에 짧은 기간에 저렴한 비용으로 시행되고 있다. 따라서 실제 검토하는 사람도 시간상으로나 경제적인 측면에서 설계 검토에 전력을 투입할 수 없는 실정이다. 이 결과 설계심의결과가 설계의 품질을 높이는데 기여하는 측면도 많지만 많은 부분에서는 형식 및 절차상의 통과의례에 거치는 부분도 있을 수 다. 따라서 심의위원들이 어느 정도 충분한 시간을 가지고 심도 있는 심의를 하고 책임감도 느낄 수 있는 제도의 개선이 필요하다.

5.6.2 개선된 설계검토방법

설계에서 검사비용에 해당하는 것으로 볼 수 있는 설계검토에 어느 정도의 시간과 비용을 투입하면 전체사업비와 사업기간은 Fig. 5.2 에서와 같이 현저히 저감할 수 있을 것으로 생각된다. 그림에 나타난 바와 같이 예방비용과 검사비용을 투입하면 시간이 지남에 따라 초과비용이 줄어들어 전체품질비용이 저감함을 보여 준다. 이는 예방비용과 검사비용의 적절한 투입이 필요함을 알 수 있다. 따라서 프로젝트에서 비용을 저감시키기 위해서는 설계시에 적절한 비용을 투입해야함을 의미하면 설계에서는 설계초기에 예방비용과 설계중의 검사비용에 적절한 투입을 통해서 전체 설계품질비용을 감소시킬 수 있음을 알 수 있다.

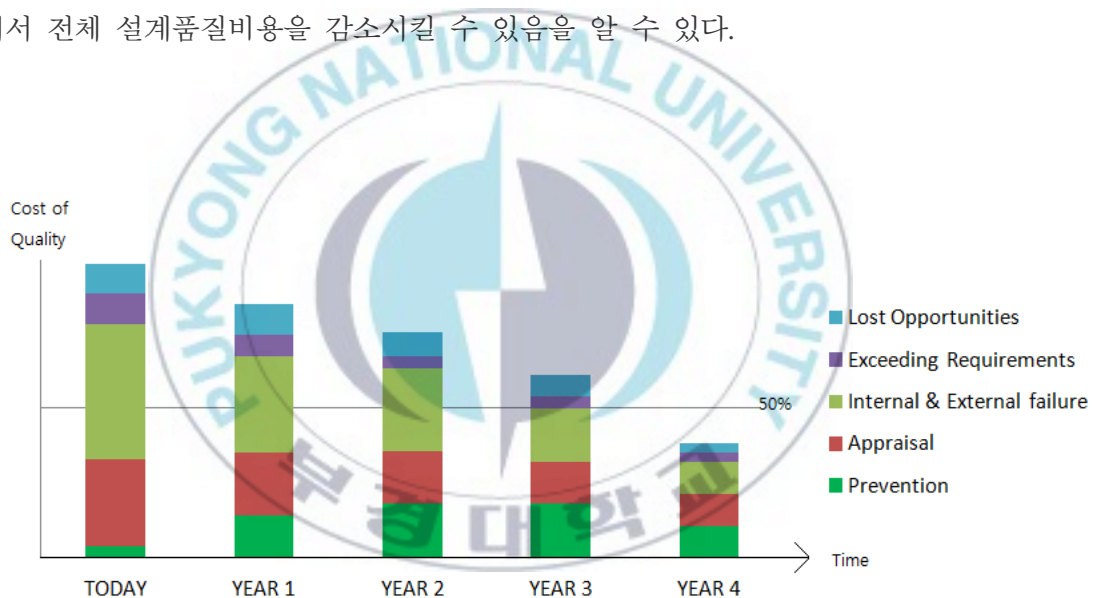


Fig.5.2 Reducing the cost of quality (cited from John Bank)

5.7 기술교육 및 훈련

5.7.1 현재우리의 기술수준

이교선(1999)에 의하면 한국의 분야별 건설기준수준은 Fig. 5.3에서와 같이 1987년도에 63%, 1993년도에 65%, 1998년도에 선진국에 비해 67%를 나타내었다. 또한 오은호(2005)에 의하면 Fig. 5.4에 나타난 바와 같이 기술부문별 건설기술수준의 연도별 추이에 따르면 2004년도엔 71%를 나타내었다. 그리고 Table 5.14에 나타난 바와 같이 미래창조과학부(2013.7)의 2012년도 기술평가수준결과 (안)[120개국 국가 전략기술]에 의하면 한국의 건설기술수준은 선진국(미국)의 79%를 나타내었다. 따라서 현재 우리의 건설기술수준이 선진국(미국)의 약 80%정도로 판단되므로 설계 오류의 중요한 원인중 하나인 경험과 지식부족을 보완하기 위해서는 전문적인 설계기술에 대한 교육이 필요하다. 1993년부터 2012년까지 우리나라의 건설분야의 평균기술수준을 선진국에 대한 비율로 나타내내면 Fig. 5.5와 같다.

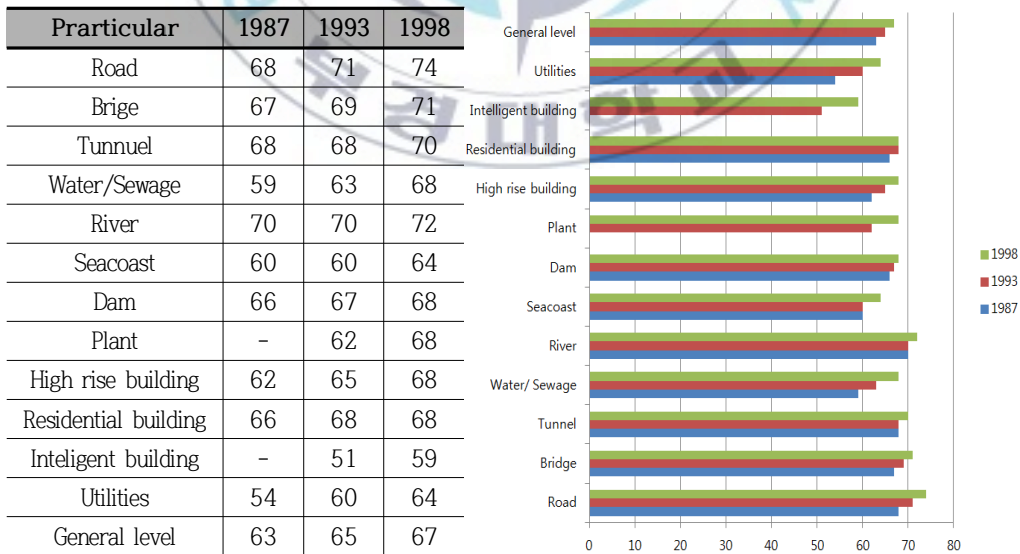


Fig. 5.3 Annual trend of technology level with respect to facilities

Particular	1987	1993	1998	2004
Plan/ feasibility	60	60	63	70
Design	63	63	66	72
Bid	--	65	68	73
Construction	71	71	73	75
Operation/ management	60	63	66	70
Intelligent	--	--	--	69
Install	--	--	--	70
Average	64	65	67	71

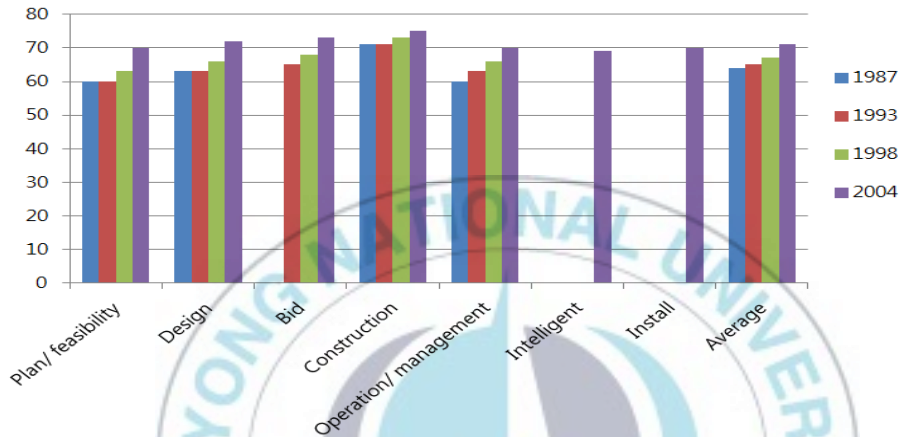


Fig. 5.4 Annual trend of technology level in construction sector

Table 5.14 Level of construction technology with respect to countries

Korea		USA		EU		Japan		China	
Level of Techque	Techque gap(year)	Level of Techque	Techque gap(year)	Level of Techque	Techque gap(year)	Level of Techque	Techque gap(year)	Level of Techque	Techque gap(year)
79.0	4.7	100	0.0	97.5	0.0	97.7	0.7	66.5	7.5
Level of technology of USA : 100									



Fig. 5.5 Percentage of technological level of Korea to developed countries

5.7.2 기술향상을 위한 교육 및 훈련

김우영 등(2010)의 연구에 의하면 Fig. 5.6에 나타난 바와 같이 기업 규모에 따라 관심분야가 사업개발, 사업의 관리와 엔지니어링에 필요한 인력의 수급을 상대적으로 중요하게 보고 있으며, 중소기업은 현장의 기술 업무를 처리하기 위한 인력의 수급을 중요하게 보는 것으로 나타나 있다.

또한 기업의 주력상품에 따라서도 Fig. 5.7에 나타난 것 처럼 “시공 기술” “엔지니어링” “사업 개발” “기업 경영”등 다양한 분야의 인재양성이 필요하다고 응답한 것으로 나타나 이 분야의 교육이 필요함을 알 수 있다.

이는 설계오류가 엔지니어링 부부분에서 오류가 발생하더라도 이것이 문제가 되어 경제적 및 공기면에서 문제가 발생하는 시점은 주로 시공시에 발생하기 때문으로 생각된다. 이는 설계시에 시공전문의가의 참여가 꼭 필요함을 반증하는 것으로도 생각된다.

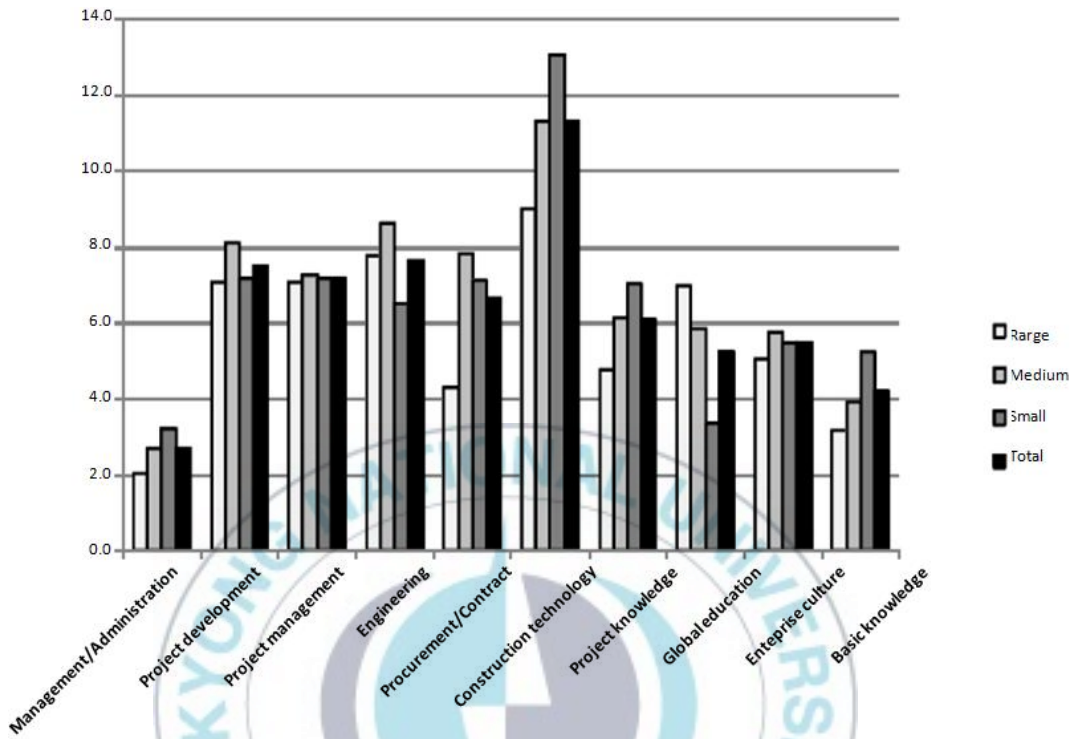


Fig. 5.6 Interest education program according to company size

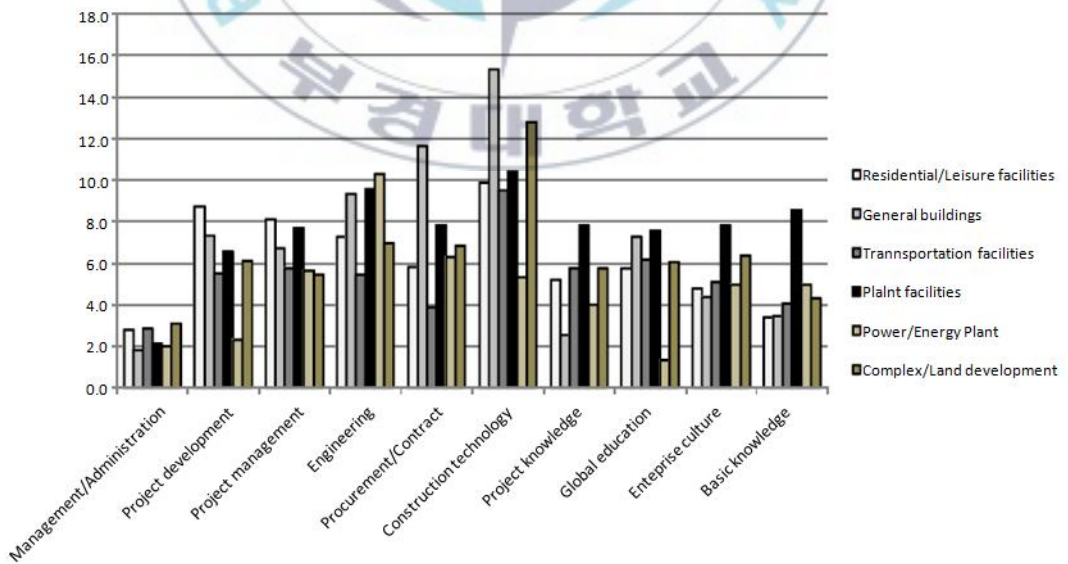


Fig. 5.7 Program of relative interest according to main products

5.8 소결

5.8.1 설계오류원인 및 영향 분석

건설프로젝트에서 설계오류 및 영향에 대하여 분석한 결과 이를 Table 5.15 및 Fig. 5.8에 나타내었다.

Table 5.15 Matrix of causes of design error and its effect on project

N0.	Cause factors of design error	Effect factor on project
F1	Unclear requirement of client	1. Bad reputation of consultant
F2	Weak design process of consultant	
F3	Lack of design basics and constructability	2. Bad relationship of project participants
F4	Lack of skill and experience of consultant	
F5	Lack of knowledge and education of consultant	3. Reduced Client's comfort
F6	Weak communication and information	
F7	Last minute design change	4. Project Elements impact
F8	Client's inexperience and communication	
F9	Insufficient planning and documents	5. Bad reputation of client and contractor
F10	Time pressure to complete design	
F11	Lack of team coordination in consultant	6. Frustration of client and contractor
F12	Team deficiency of planning and efficiency	
F13	Low design fee	7. Financial and life loss of contractor
F14	Insufficient fund	
F15	Deficient procedures	
F16	Ambiguous specification	

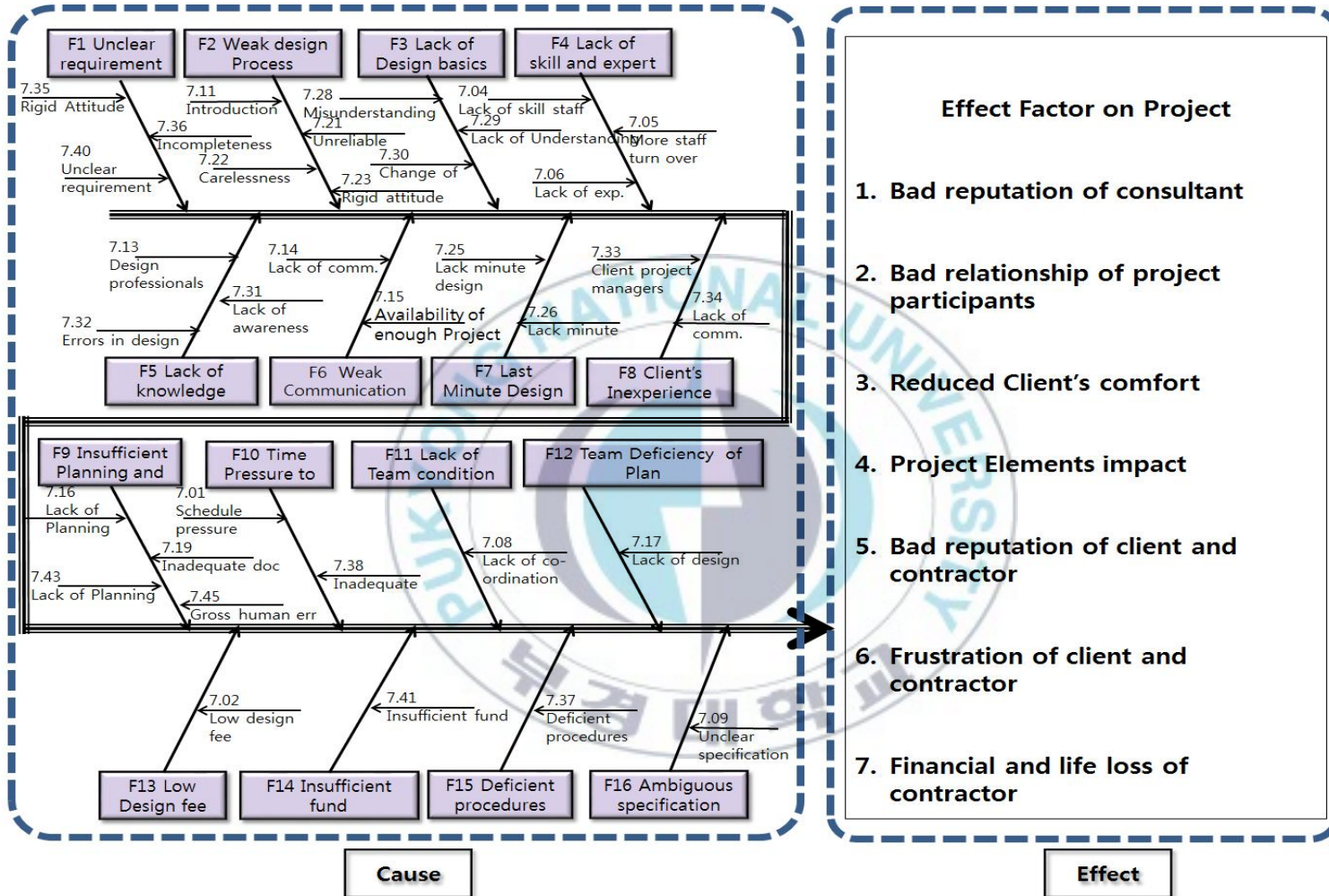


Fig. 5.8 Cause and effect diagram of design error

5.8.2 설계오류 영향 저감대책

설계오류를 저감시키기 위한 가능한 전략은 Table 5.15 및 Fig. 5.8을 이용하여 도출할 수 있다. 설계오류를 감소시키기 위한 중요한 전략요인을 다음과 같이 제안하였고 이를 Fig. 5.9와 같이 나타내었다.

- 1) 설계 및 도면작성에서 Scrum프로세스 적용(Application of Scum Process in preparation design and drawings)-F1
- 2) 설계절차계획단계에서 상세요구자료작성(Detail Requirement Documentation in planning phase of design process)-F2
- 3) 프로젝트정의 자료준비(Prepare Project Definition Document)-F3
- 4) 발주자와 컨설턴트간 세심한 계약자료준비(Prepare responsive contract document between client and consultant)-F4
- 5) 계약서류에 설계오류 및 누락 보험조항 삽입(Must include omission and Error (O&E) insurance clause in the contract document)-F5
- 6) 숙련된 설계기술자 고용(Hire experienced consultant design engineers)-F6
- 7) 경험이 많은 발주자 대리인 고용(Hire experienced Client's Representative)-F7
- 8) 주기적인 기술자 재교육(Implement periodical professional training)-F8
- 9) 프로젝트정의 자료(PDD)에 의한 설계기본 숙지(Increase understanding of design basics by Project Definition Document (PDD))-F9
- 10) 설계기본 및 시공성 이해(Understanding of Design Basics and constructability)-F10
- 11) 참여자간 소통 및 정보교환(Implement of communication and information among participants)-F11
- 12) 설계변경 감소(Reduction of frequent design change)-F12
- 13) 적정한 설계기간 확보(Adequate design duration)-F13
- 14) 적정수준준의 설계비 확보(Adequate design fee)-F14

건설프로젝트에서 설계오류저감대책을 적용함으로써 그 영향은 다음과 같이 감소시킬 수 있다. 새로운 전략과 감소 가능한 영향은 Fig. 5.9에 나타내었다.

- 1) 컨설턴트 명성향상(Reputation of Consultant be better)
- 2) 프로젝트참여자간 관계개선(Relationship between project participants is increased)
- 3) 발주자 안위증가(Client's comfort be better)
- 4) 발주자와 계약자(시공사)관계증진(Frustration of client and contractor is decreased)
- 5) 발주자 및 계약자(시공사)명성 증가(Client and Contractor reputation be better)
- 6) 프로젝트 요소충격 감소(Project elements impact is decreased)
- 7) 계약자의 인명 및 재산손실 감소(Loss of life and money of contractor is decreased)

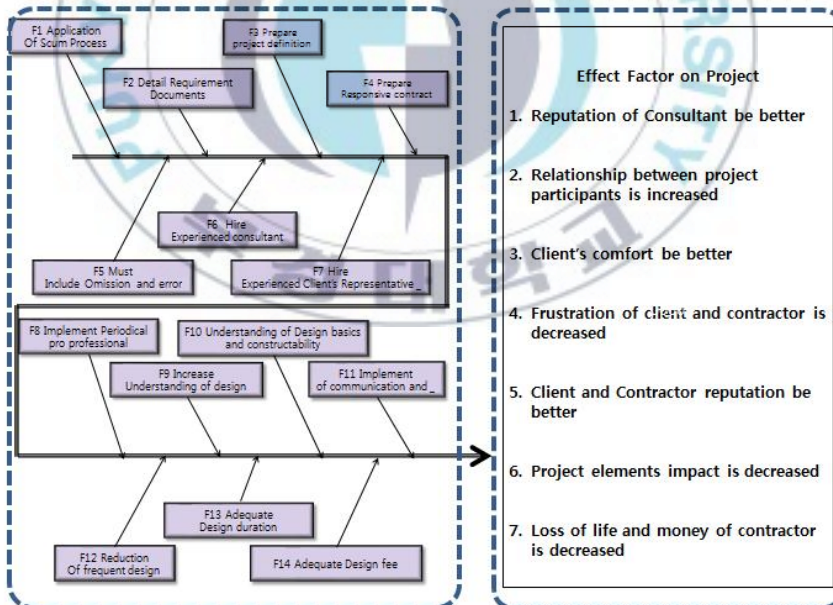


Fig. 5.9 Strategy to reduce design error and its possible effect

위의 연구에 대한 논의와 검토결과를 요약하면 다음과 같다.

1) 설계오류에 의한 리스크는 계약조항과 권리포기(**disclaimer**)에 의해서 계약자(시공사)에게 전가시킬 수 없다. 그러나 계약자(시공사)가 설계도서와 같은 계약서류의 결함이나 누락을 발견할 시 즉시 발주자와 컨설턴트가 능동적으로 결함이나 오류를 처리하도록 하는 조항을 계약서에 넣도록 할 필요가 있다.

2) 한국과 베트남 및 네팔의 모든 전문가들은 계약자(시공사)가 계약문서를 확인하고 오류 또는 누락이 있는 경우 사전에 발주자 또는 컨설턴트에게 알려주어야 한다는데 상대적으로 크게 동의하는 것으로 나타났다.

3) 설계오류의 결과가 컨설턴트에게 전달될 수 있도록 삼자간의계약(**tripartite contract**) 이 이루어지도록 해야한다.

4) 발주자와 컨설턴트는 설계오류에 대한 책임과 추가비용 부담해야하는 책임이 있고 계약자(시공사)는 설계오류에 대한 책임을 질 수 없다.

5) 설계오류는 주로 컨설턴트측에 의한 잠재적인 노력에 따라 달라진다. “오류 및 누락”에 대한 보험정책이 설계오류에 대한 법적책임으로부터 컨설턴트를 보호할 수 있는 것으로 나타났다.

6) 높은 품질의 설계가 되도록 설계검토방법의 개선이 필요하고 과업과 관련된 설계교육을 통하여 설계사의 능력을 함양할 필요가 있다.

이를 요약하여 도시하면 Fig. 5.10과 같이 나타내었다.

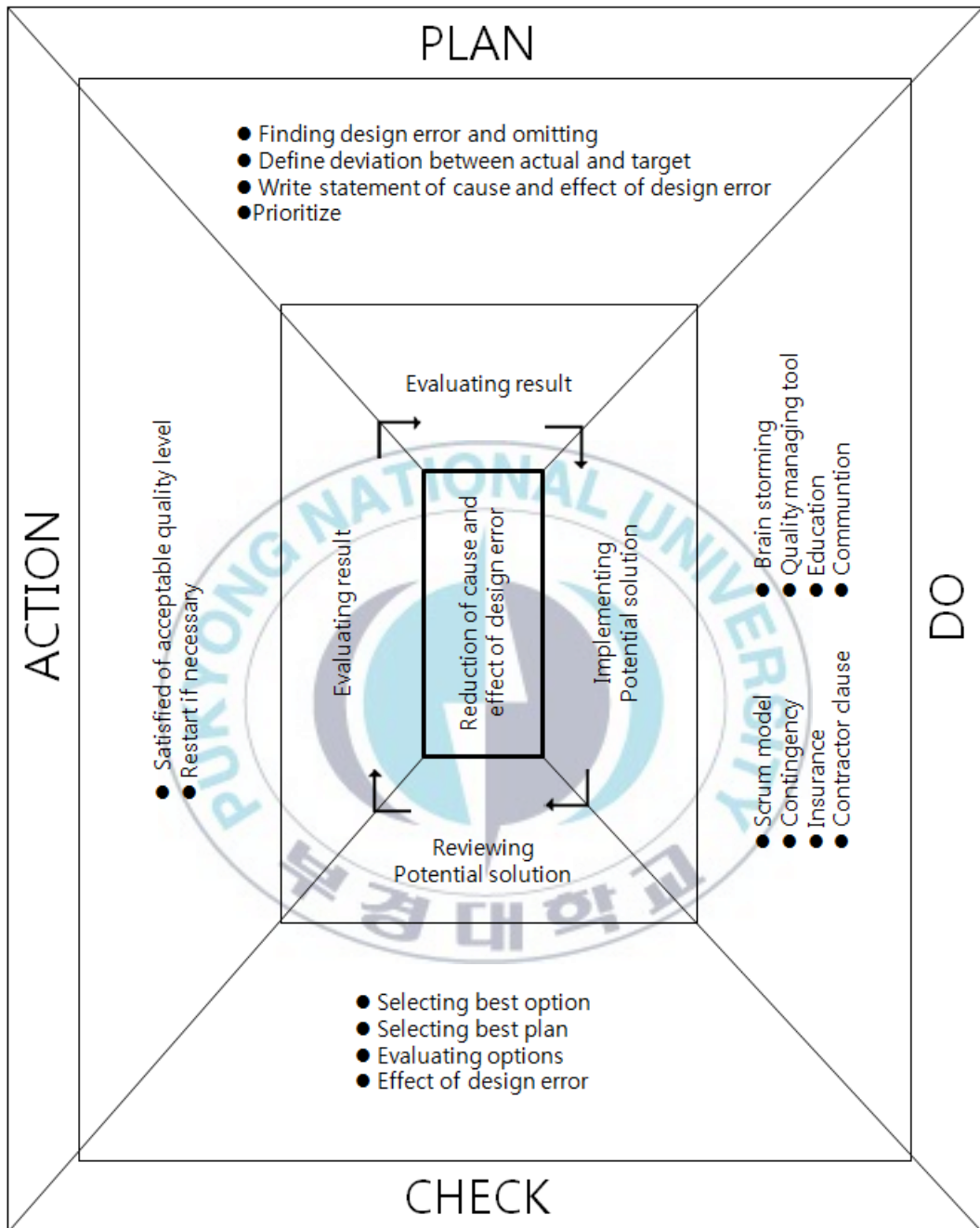


Fig. 5.10 Design error reduction process

제6장 결론

이 연구의 목적은 건설프로젝트에서 설계오류문제를 탐색하는 것이었다. 특히 건설프로젝트에서 설계오류의 중요 원인과 그 영향 및 저감대책에다 초점을 두었다. 이 연구는 아시아의 3나라, 선진국인 한국과 개발도상국인 베트남 그리고 저개발국인 네팔의 건설현장을 포함하였다. 건설문화 및 지리적 위치의 다양성이 연구 결과를 일반화하는데 도움이 되기를 희망했다. 설문지는 문헌연구와 전문가설문 및 연구자의 경험을 통하여 준비하였다. 설문조사자료를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

6.1 설계오류 원인

문헌조사를 통해 설계오류원인 44개 항목을 수집하여 통계분석결과 10개 항목은 설계오류원인에서 기각되었고, 나머지 34항목 중에서

1. 상위 5개 설계오류원인은 1) 주어진 작업에 대한 설계자의 경험부족(Lack of experience of designer in particularly assigned job), 2) 컨설턴트의 숙련 직원부족(Lack of skilled staffs in consultant office), 3) 발주자에 의한 최종시점설계변경(Last minute design changes initiated by Client), 4) 부적절한 설계시간(Inadequate design time), 5) 낮은 설계비(Low design fee)로 나타났다.

2. 한국, 베트남 및 네팔 모두에서 특정 과업에서의 경험부족과 컨설턴트의 숙련 기술자부족이 상위를 차지하고 다음으로 한국에서는 낮은 설계비가, 베트남과 네팔은 컨설턴트의 설계검토부족으로 나타났다.

3. 경제가 발전한 한국, 발전하고 있는 베트남 및 발전이 느린 네팔에서 국가의 발전수준에 관계없이 공통된 설계오류의 원인은 주어진 과업에 대한 설계자의 경험부족과 컨설턴트사의 숙련된 직원 부족으로 나타났다. 한국은 발주자의 요구조건과 경직된 태도 등 발주자에 대한 문제를 상대적으로 더 심각하게 생각하는데 반하여 베트남과 네팔은 컨설턴트와 관련된 문제를 더 중요하게 생각하는 것으로 나타났다. 비슷하게 베트남은 네팔보다 상대적으로 발주자 문제를 컨설턴트보다 더 심각하게 받아들이는 것으로 나타났다.

4. 34개 항목을 이용한 요인분석결과 다음과 같은 16가지의 설계오류요인을 얻었다.

1) 불명확한 요구조건(Unclear requirement), 2) 설계프로세스 미비(Consultant Weak Design Process), 3) 설계기본 및 시공성 이해부족(Lack of Understanding of Design Basics and constructability), 4) 설계자의 기능 및 경험부족(Lack of skill and experience of Consultant Staff), 5) 설계자의 교육 및 지식 부족(Lack of knowledge and education of Consultant Staff, 6) 설계팀의 소통 및 정보 부족(Lack of communication and information), 7) 준공시점 설계변경(Last minute Design change), 8) 발주자 경험 및 소통부족 (Client's inexperience and communication) , 9) 계획 및 자료미비(Insufficient planning and documents), 10) 부적절한 설계기간(Time Pressure), 11) 설계팀원간 조정 부족(Lack of coordination in design team), 12) 설계팀의 효율성부족(Team deficiency of planning and efficiency), 13) 낮은 설계비 문제(Low design fee), 14) 자금부족에 의한 설계오류(Insufficient Fund)", 15) 절차결함(Deficient procedures), 16) 시방서 불명확에 의한 설계오류요인(Unclear/ambiguous specification of client)을 얻었다.

6.2 설계오류 영향

이 연구는 건설현장을 어렵게 하는 18개항목의 설계오류영향을 규명하였으며, 이중

1. 상위5개항목은 1) 공사원가증가(Project Cost Increased), 2)공기지연(Delay in Completion of Project), 3) 계약자(시공사)의 경제적 손실 등(Other Financial/Economic Loss to Contractor), 4) 발주자의 경제적 손실 등(Other Financial/Economic Loss to Client), 5) 시공사의 과도한 재작업(Excessive Reworks Frustrating Contractors)으로 나타났다.

2. 한국, 베트남 및 네팔 모두에서 프로젝트원가 상승, 공기지연, 분쟁의 증가가 상위 영향으로 나타났고 다음으로 한국에서는 시공사의 재정적 경제적 손실 및 공정 불일치가 뒤를 이었고, 베트남과 네팔은 발주자의 재정적 경제적 손실 등으로 나타났다.

3. 한국은 네팔보다 공정불일치 등을 상대적으로 더 심각한 영향으로 생각하는데 반하여 베트남과 네팔은 컨설턴트의 신뢰 및 명성과 발주자의 경제적 손실을 상대적으로 더 큰 영향으로 받아들이는 것으로 나타났다. 또한 베트남은 공정지연과 발주자의 재산상손실은 네팔보다 더 큰 영향으로 생각하는데 반하여 네팔은 베트남보다 공사비증가와 분쟁을 더 큰 영향으로 생각하는 것으로 나타났다.

4. 18개항목의 설계오류영향을 이용하여 요인분석을 한 결과 다음과 같은 7개 요인으로 압축할 수 있었다.

- 1) 컨설턴트명성저하(Effect on reputation of consultant)
- 2) 프로젝트참여자간의 관계악화(Bad relationship of project participants),

- 3) 발주자의 물질적 정신적 손실(Client's comfort),
- 4) 프로젝트 원가 및 공기 영향(Project elements)
- 5) 발주자 및 시공사 명성저하(Reputation of client and contractor)
- 6) 발주자와 시공사의 좌절(Frustration of client and contractor)
- 7) 시공자의 재산 및 인명손실(Financial and life loss to contractor)

6.3 설계오류 저감대책

건설현장에서 설계오류를 저감하기 위한 여러대책으로 발주자 컨설턴트 및 시공사의 전문가로부터의 설문조사와 인터뷰결과에 기초하여 다음과 같은 설계오류저감대책을 얻었다.

- 1)설계준비과정에서 scum절차 적용,2) 설계절차 계획단계에서 상세요구목록작성
- 3) 프로젝트 정의(자료준비,4) 발주자와 컨설턴트사이에 대응계약서류준비,5) 계약서류에 설계오류 및 누락에 대한 보험조항 포함, 6)경험이 많은 설계기술자 고용,7)경험이 많은 발주자 대리인 고용, 8) 주기적인 전문가 교육, 9) 프로젝트 정의 서류에 의한 설계기본 이해 증진, 10) 설계기본 및 시공성 이해, 11) 참여자간 소통 및 정보교환, 12) 설계변경 감소, 13) 적정한 설계기간 확보, 14) 적정수준의 설계비 확보

설계오류 저감을 위한 논의와 검토결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 설계오류에 의한 리스크는 계약조항과 권리포기(disclaimer)에 의해서 계약자(시공사)에게 전가시킬 수 없다. 그러나 계약자(시공사)가 설계도서와 같은 계약서류의 결함이나 누락을 발견할 시 즉시 발주자와 컨설턴트가 능동적으로 결함이나 오류를 처리하도록 하는 조항을 계약서에 넣도록 해야 한다.

- 2)한국과 베트남 및 네팔의 모든 전문가들은 계약자(시공사)가 계약문서를 확인

하고 오류 또는 누락이 있는 경우 사전에 발주자 또는 컨설턴트에게 알려주어야 한다는데 압도적으로 동의하는 것으로 나타났다.

3) 설계오류의 결과가 컨설턴트에게 전달될 수 있도록 삼자간의계약(tripartite contract) 이 이루어지도록 해야한다.

4) 발주자와 컨설턴트는 설계오류에 대한 책임과 추가비용 부담해야하는 책임이 있고 계약자(시공사)는 설계오류에 대한 책임을 질 수 없다.

5)설계오류는 주로 컨설턴트측에 의한 잠재적인 노력에 따라 달라진다. “오류 및 누락”에 대한 보험정책이 설계오류에 대한 법적책임으로부터 컨설턴트를 보호할 수 있을 것으로 나타났다.

6) 높은 품질의 설계가 되도록 설계검토방법의 개선이 필요하고 과업과 관련된 설계교육을 통하여 설계사의 능력을 함양할 필요가 있다.

차후 이 연구에 후속하여 다음에 대한 연구를 계속할 필요가 있다.

1. 설계오류 및 누락 결과에 기인한 컨설턴트의 비용관련 법적책임 연구
2. 설계자와 발주자 전문가에 대한 교육에 관한 연구

참 고 문 헌

1. 국토해양부(2010.11), 건설산업현황 정책자료
2. 김병수, 김경주, 전진구, 강인석. (2004) 턴키공사 설계오류 저감방안에 관한 연구, 대한토목학회논문집 D, Vol.24 No.2
3. 김연성,박상찬,박영택,박희준,서영호,유한주,이동규(2009) 글로벌품질경영(제4판), 박영사, pp59-60.
4. 김우영,이복남,김윤주(2010.4), 국내 건설 기술인력 재교육 동향 및 수요조사 연구, 건설산업연구원.
5. 김재철. (2013) BIM 도입에 따른 설계오류 유형과 대처방안에 관한 연구, 영남대학교 공학대학원
6. 미리창조과학부(2013.7), 2012년도 기술평가수준결과(안)[120개국 국가전략기술]
7. 박광호. (2011) 건축시공 전 단계에서 BIM을 활용한 설계오류 사전감지 효과에 관한 연구, 연세대학교 공학대학원
8. 손기상. (1999) 설계상 오류에 의한 콘크리트 구조물의 붕괴사고와 예방대책, 콘크리트학회지, Vol.11 No.3
9. 오국열(2011), 턴키계약 프로젝트의 리스크 요인분석 및 대응방안,부경대학교대학원 박사학위논문
10. 오은호(2005), 선진국 대비 건설기술수준조사 연구소개, 한국건설관리학회지, 2005-4
11. 이교선(1999), 국내건설기술 수준지표 및 기술수준의 국제비교, 대한토목학회지, Vol.47 No.9,pp12~18
12. 이남진, 손명진, 김지훈, 지성민, 현창택. (2011) 공공공사의 설계오류 방지를 위한 실시설계도서 검토서 개발, 大韓建築學會論文集 : 構造系, Vol.27 No.2
13. 이화석. (2014)건축공사 실시설계단계에서 물량 산출오류 저감을 위한 전적업무프로세스 개선방안, 中央大學校 建設大學院

14. 정충영, 최이규(2009), SPSSWIN을 이용한 통계분석, 무역경영사
15. 허보라미, 심재현, 김한수, 김동현 (2012), BIM 설계오류의 유형 및 원인 분석에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 : 계획계, Vol.28 No.10
16. 홍성훈, 권혁무, 이민구, 김상부(2000), 6시그마를 위한 기초통계 및 MINITAB사용법, 한국표준협회
17. 황성도, 윤안상, 김부일. (2004) 마샬 배합설계 방법의 개선과 기존 방법과의 비교 평가, 한국도로학회논문집, Vol.6 No.4
18. Acharya, N.K. (2006), Unpublished PhD thesis, Dept of Civil Engineering, Pukyong National University, Busan, Korea
19. Acharya, N.K., Lee, Y.D. and Im, H.M. (2006a) "Conflicting factors in construction projects: Korean perspective" Engineering, Construction and Architectural Management Journal, (Emerald publication), Vol. 13 (6), pp. 543-566.
20. Acharya, N.K., Lee, Y.D. and Im, H.M. (2007), "Design errors: Tragic for the clients", Journal of Construction Research (World Scientific publication), Vol. 7, No. 1 & 2.
21. Acharya, N.K., Lee, Y.D., and Kim, J.S. (2006b), Design Errors: Inefficiency or Carelessness of Designers?, J. of Performance of Constructed Facilities, 20 (2), 192-195
22. Alarcon, L.F. and Mardones, D.A. (1998), Improving the Design-construction Interface, Proceedings of IGLC.
23. Andy and Minato, T. (2003), Representing causal mechanism of defective designs a system approach considering human errors, Construction Management and Economics, 21, 297-305
24. Arditi, D., Elhassan, A., and Toklu, Y. C. (2002). "Constructability analysis in the design firm." J. Constr. Eng. Manage., 128(2), 117 - 126.

25. Assaf, S. and Al-Muhammadi, F.H. (2007), Scrum - And its use in construction project management, Dept of Construction Engineering and Management, College of Environmental Design (ABX), Saudi Arabia.
26. Atkinson, A. R. (2002). "The pathology of building defects: A human error approach." *Eng., Constr., Archit. Manage.*, 9(1), 53 - 61.
27. Atkinson, A.R. (1998), 'The role of human error in the management of construction defects'. COBRA 1998 conference.
28. Awakul, P., and Ogunlana, S.O., (2002), "The effect of attitudinal differences on interface conflicts in large scale construction projects: a case study," *Construction Management and Economics*, (T & F Spon), Vol. 20 (4), 365-377.
29. Barrie, D. S. and Paulson, B.C., Jr. (1992), *Professional Construction Management*, third edition, McGraw-Hill, New York.
30. Brumbach, M.D. (2010), *Design Error and the Spearin Doctrine*, Retrieved from <http://constructionlawnc.com/2010/07/01/design-error-spearin/>
31. Bubshait, A.A., Farooq, G., Jannadi, M.O., and Assaf, S.A. (1999), Quality practices in design organizations, *Construction Management and Economics*, 17, 799-809.
32. Burati J, Farrington J, Ledbetter W. (1992), Causes of quality deviation in design and construction. *J. ConstEng Manage.* 118(1), 34 - 49.
33. Busby, J. S. (2001). "Error and distributed cognition in design." *Des. Stud.*, 22(3), 233 - 254.
34. CheckMarket(2014a) <https://www.checkmarket.com/2013/02/how-to-estimate-your-population-and-survey-sample-size/>
35. CheckMarket(2014b) <https://www.checkmarket.com/market-research-resources/sample-size-calculator/>

36. Chow, L. K., and Ng, S.T. (2007), Expectation of performance levels pertinent to consultant Performance evaluation, International Journal of Project Management, 25, 90-103.
37. Coetzee, M. (2005), "The fairness of affirmative action: an organizational justice perspective," PhD. Thesis, University of Pretoria, South Africa, URL Address: <<http://upetd.up.ac.za/thesis/available/etd-04132005-130646/>>
38. Cohen, J (1992). "A power primer". Psychological Bulletin 112(1):155 - 159.
39. ConstructionClaim(2012),CriticalDesignErrorsetContractorUpforFailure,Retrievedfrom <http://www.constructionclaimsmoonthly.org/2559-critical-design-error-set-contractor-up-for-failure.html>
40. ConstructioninVietnam - KeyTrendsandOpportunitiesto2016(2014),SandlerResearch,Retrievedfrom <http://www.sandlerresearch.org/construction-in-vietnam-%E2%80%93-key-trends-and-opportunities-to-2016.html>
41. Dosumu, O.S. and Iyagba, R.A. (2013), An appraisal of Factors Responsible for Errors in Nigerian Construction Documents, Ethiopian J. of Env. Studies and Manag., Vol. 6 (1), 49-57
42. Fox, S., Marsh, L., and Cockerham, G. _2001_.
"Designformanufacture:Astrategyforsuccessfulapplicationtobuildings." Constr.Manage.Econom.,19_5_493 - 502.
43. Friedlander,M.C.(2003),RiskAllocationinDesign-BuildConstructionProjects,Schiff HardinLLP,Chicago,Illinois;www.schiffhardin.com
44. Gould, F.E., (1997). Managingtheconstructionprocess:estimating,scheduling, andprojectcontrol(2ndEd.),PrenticeHall,PearsonEducation,Inc.,USA.
45. Grenier,D.L.(2003),C-RiskConstructionDefectMitigation, <http://www.c-risk.com/Construction_Risk/CR_CDs_01.htm>(Jan.12,2004).

46. Han, S., Love, P., and Mora, F.P. (2013), A System dynamics Model for Assessing the Impacts of Design Errors in Construction Projects, *Mathematical and Computer Modelling*, 57 (9-10), 2044-2053.
47. Haydl, H. M. and Nikiel, A. W. (2000), Design and Construction Errors, *Practical Periodical on Structural Design and Construction(ASCE)*, 5 (3), 126-130.
48. Hecker, P. A. (1997), Successful consulting engineering: A lifetime of learning, *ASCE Journal of Management in Engineering*, 13 (6), 62-65.
49. Hendrickson, C. (1998), *Project Management for Construction (fundamental concepts for owners, engineers, architects and builders)*, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213.
50. Hossain, M.A. (2009), *Building Failure, Construction Management Guide*, Retrieved from: <http://www.cmguide.org>
51. Hossain, M.A., and Chua, D.K.H. (2013) Overlapping design and construction activities and an optimization approach to minimize rework, *Int. J. Proj. Manag.* On Press
52. http://www.jblearning.com/samples/0763755486/55485_ch14_walker.pdf (Factor analysis)
53. http://www.prospects.ac.uk/consulting_civil_engineer_job_description.htm (consultant 의정의)
54. <http://www.statmodel.com/discussion/messages/8/3257.html?1212524465> (Factor analysis)
55. Hwang, B.G., Thomsa, S.R., Haas, C. T., and Caldas, C.H. (2009), Measuring the impact of rework on construction cost performance, *ASCE J ConstEngMana*, 135 (3), 187-198.
56. Idoro, G.I. and Aluko, O. (2012), Influence of Design Errors on construction

- Projects' Performance in Nigeria, RICS COBRA, Las Vegas, USA
57. January, M. (2003), Measuring, the skill of the quantity surveyor, The Australian Institute of Quantity Surveyors, Canberra, Australia.
58. Johansson, M.Y. (2012), Agile project management in the construction industry - An inquiry of the opportunities in construction projects, MS Thesis, KTH (Royal Institute of Technology), Stockholm, Sweden.
59. Josephson, P.E. and Hammarlund, Y. (1999), The causes and cost of defects in construction, A study of seven building projects, Automation in Construction (Elsevier), Vol. 8, 681-687
60. Keytone(2001) "Communcation research ; asking question, finding answer", (2nd Ed.), McGraw-Hill
61. Klein, C (2009), An Agile Construction Project, <http://chrisklein.wordpress.com/2009/11/02/an-agile-construction-project/>
62. Kraft, W. H. (1997), Building a consensus: How Tos and How Not Tos, ASCEJournal of Management in Engineering, 13 (3), 20-22.
63. Lopez, R., Love, P.E.D., Edwards, D.J., and Davis, P.R. (2010) Design Error Classification, Causation and Prevention in Construction Engineering, ASCE J. Perf Cost Faci. 24 (4), 399-408
64. Love, P.E.D. (2002), Influence of project type and procurement method on rework costs in building construction projects, Journal of Construction Engineering, and Management, 128 (1), 18 - 29.
65. Love, P.E.D., Lopez, R., Kim, J. T., and Kim, M. J. (2013), Probabilistic Assessment of Design Error Cost, ASCE J. Perfm Constructed Facilities,
66. Love, P.E.D., Mandal, P., and Li, H. (1999), Determining the causal structure of rework influences in construction, Construction Management and Economics, 17, 505-517.
67. Love, P.E.D., Mandal, P., Smith, J., and Li, H. (2000), Modelling the dynamics

- of design error induced rework in construction, *Construction Management and Economics*, 18, 567-574.
68. Love, P.E.D; Edwards, D.J; Han, S and Goh, Y.M. (2011), Design error reduction: toward the effective utilization of building information modeling, *Res Eng Design*, 22, 173-187.
69. Manavazhi, M. R. (2004). "Assessment of the propensity for revisions in design projects through the dichotomous characterization of designer effort." *Constr. Manage. Econom.*, 22(1), 47 - 54.
70. Moorthi,R.(2012),Designerrorscostingenengineeringandconstructionindustrybillions ,retrievedfromwww.sciencewa.net.au
71. Nickolett,C.(2003),Areyouaconsultantoracontractor?<www.TechRepublic.com>(Jan.12,2004).
72. Oceusa(2013),TheCostofErrorsandOmissionswithinConstructionDocument,Retrievedfromwww.oceusa.com/main/article_details.jsp
73. Odusami, K.T. (2002), Perceptions of construction professionals concerning important skills of effective project leader, *ASCE Journal of Management in Engineering*, 18 (2), 61-67.
74. Palaneeswaran, E., Ramanathan, M., and Tam, C.M. (2007), Rework in Projects: Learning from Errors, *Surveying and Built Environment*, Vol. 18(2), 47-58.
75. Phua, F.T.T.(2004),"Theantecedentsofco-operationbehaviouramongprojectteam members:analternativeperspectiveonanoldissue,"*ConstructionManagementandEconomics*,Vol.22,pp.1033-1045.
76. Pilcher R. Project cost control in construction. Oxford (UK): Blackwell ScientificPublications;1994.
77. Ransom, W.H. (1987) *Building Failures: Diagnosis and Avoidance*, E. & F. N. Spon, London.
78. Rephan,J.(2013),MinimizinganOwner'sExposuretotheConsequencesofDesignError

s,PenderandCowards,USA,Retrievedfrom<http://penderandcoward.com/index.php/resources/opinions-a-observations/208-minimizing-an-owners-exposure-to-the-consequences-of-design-errors>

79. Salter, A., and Torbett, R. (2003), Innovation and performance in engineering design, *Construction Management and Economics*, 21, 573-580.
80. Seattle Times (2013), Design Errors may put 520 bridge \$128M deeper in hole, published on Aug. 23, 2013
81. Sunyoto, A., and Minato, T. (2003). "Representing causal mechanism of defective designs: A system approach considering human errors." *Constr. Manage. Econom.*, 21(3), 297 - 305.
82. Suther, G.N. (1998), Evaluating the perception of design errors in the construction industry, Masters Thesis, Civil Engineering Dept, University of Florida. USA
83. Sweeney, Neal J. (1998), Who pays for defective design? *ASCE Journal of Management in Engineering*, 14 (6), 65-68.
84. Thackston, D. (1995), Discussion on "Claimsmanship": Current Perspective, *ASCE Journal of Construction Engineering and Management*, 121 (1), 155-157.
85. Tilley, P. A. (No date), Design and Documentation Quality Problems-A Learn thinking opportunity, Salford Center for Research and Innovation in the Built and Human Environment, Salford University.
86. Tilley, P. A., and McFallan, S. L. (2000). Design and documentation quality survey, CSIRO – Building, Construction and Engineering, Melbourne, Australia.
87. Tsang, E. W. K., and Zahra, S. A. (2008). "Organizational unlearning." *Hum. Relat.*, 61(10), 1435 - 1462.
88. TxDOT, Texas Department of Transportation (2008), Consultant Errors & Omissions Correction and Collection Procedures

89. VietnamInfrastructureReport(2010),BusinessMonitorInternational,Retrievedfrom <http://www.slideshare.net/ducscyth/vietnam-infrastructurereportq22010-18052010#>
90. Wertz(2004), Hartford(2010), BusinessInsuranceNow(2014) .
91. Wikipedia(2014)http://en.wikipedia.org/wiki/Sample_size_determination
92. Wikipedia, 2014; Song et al. 2012; Mead, 2008; Russel, 1991; Home 1990; Kagan and Vander, 1986
93. Wyss,P.(2014),ApracticalexampleonhowtouseAgileandScrumtechniquesinEPC,W WW.ProjectDirectors.org



Analysis of Causes and Effects of Design Errors of Construction Projects in three Asian Countries

Kwon, Joon An

Interdisciplinary Program of Construction Engineering and Management Graduate School Pukyong National University

Abstract

Design errors are mostly noticed in the many projects at the construction stages rather than the design stages, the difference is only in the extent of occurrence; hence, these errors are sometimes have serious consequences in construction project systems, including various failures as well as construction conflicts. It is the seriousness of this error that must be considered to determine its consequences on the overall outcome of the project. So, main objective of this study is to study the design error problems in construction projects and this study specifically focuses on underlying causes of design errors and their effects and what strategies to be taken to reduce the design errors in construction projects.

A literature study and an empirical study were conducted. The literature study focused on causes and effect of design error in construction projects. On completion of the literature study, a questionnaire was developed to collect information on respondents' demographic and project related details, sources and causes of design errors, and possible measures to reduce design error cause in construction projects. This study is based on three Asian countries viz. Korea, Vietnam and Nepal. These countries represent the construction industry from highly developed country (Korea), developing country (Vietnam) and least developed country (Nepal). From literature review 45 numbers of causes of design errors statements were

devised. Similarly, 22 numbers of effects of design error were identified and included in the research questionnaire.

SPSS, a statistical computer program was employed to analyse the data. Various statistical tools such as Mean, ANOVA, Standard Deviation and Factor Analysis have been employed to explore the underlying facts of design error in construction projects. The mean tool was used to find the overall acceptance of professionals for the perceived statements (variables) regarding causes and effects of design error.

According to factor analysis results, the factors responsible for design errors in construction projects are:

(1)Unclear requirement of client, (2)Weak design process of consultant, (3)Lack of design basics and constructability, (4)Lack of skill and experience of consultant ,(5)Lack of knowledge and education of consultant, (6)Weak communication and information, (7>Last minute design change, (8)Client's inexperience and communication, (9)Insufficient planning and documents, (10)Time pressure to complete design, (11)Lack of team coordination in consultant, (12)Team deficiency of planning and efficiency, (13)Low design fee, (14)Insufficient fund, (15)Deficient procedures and (16)Ambiguous specification

Similarly, Factor analysis carried out for effects of design errors revealed following seven design error cause factors in construction industry:

(1) Bad reputation of consultant (2) Bad relationship of project participants (3) Reduced Client's comfort (4) Project Elements impact (5) Bad reputation of client and contractor (6) Frustration of client and contractor (7) Financial and life loss of contractor

Cause and effect analysis was carried out to devise strategies to reduce the design errors problems in construction projects. To reduce the design errors problems in construction projects, following 14

strategies[(1)Application of Scum Process in preparation design and drawings), (2)Detail requirement documentation in planning phase of design process ,(3)Prepare project definition document), (4) Prepare responsive contract document between client and consultant, (5) Must include omission and error (O&E) insurance clause in the contract document),(6) Hire experienced consultant design engineers), (7) Hire experienced client's representative, (8) Implement periodical professional training, (9) Increase understanding of design basics by project definition document, (10) Understanding of design basics and constructability, (11) Implement of communication and information among participants, (12)Reduction of frequent design change, (13) Adequate design duration, (14) Adequate design fee} have been recommended and it is hoped that by adopting those strategies reduction of design error in civil engineering construction projects can be reduced.

Key words: Construction Projects, Design Error, Construction Rework, Contractor Frustration, Construction Claims



연 구 설 문 지

참가자 분들께

지난 몇 년 동안, 건설업계 전문가는 태만, 결함, 누락 및 설계 오류에 대한 소송에 참여하고 있다. 불행하게도, 이 숫자는 증가하고 있습니다. 건설 전문가들은 설계 오류 등 리스크를 이해하고 식별할 수 있는 적절한 리스크 관리 계획을 가지야 할 필요성이 점점 더 증가하고 있다. 건설 속도(공기)를 지속적으로 가속화(단축)함에 따라, 설계 오류 및 누락에 대한 기회도 증가한다. 그 결과, 이러한 오류의 대부분은 건설이 시작된 이후에도 잘 나타나지 않고, 그 결과는 프로젝트에 참여한 거의 모두에게 영향을 미칠 수 있습니다. 따라서, 건설분야의 설계오류의 원인을 식별할 수 있는 연구를 한국과 네팔 및 베트남에서 근무하는 연구원들로 구성된 팀에 의해 수행하고자합니다. 이 연구의 설문조사 모집단은 계획, 설계, 감독업무에 종사하는 건설전문가(3 'C' 즉, 발주자, 컨설턴트 및 시공업체)입니다.

다음 설문지는 상기 목적을 위해 설계되었습니다. 설문응답 시간이 약 30분 정도 소요될 것으로 생각됩니다. 귀하의 응답은 귀중한 이번 연구를 위한 자산이 되고, 이 연구는 궁극적으로 건설산업 발전에 기여할 것으로 판단됩니다. 설문조사에 참가하여 주심에 크다란 감사의 마음을 전합니다.

각 설문문항에 여러분의 판단에 따라 굵게 또는 밑줄이나 다른 편리한 방법으로 표시해주시기를 원합니다. 다음 주소로 우편, 팩스 또는 이메일을 이용하여 회신해주시기를 원합니다. 감사합니다.

연구자 : 권준안

지도교수 : 김수용

파트 A

다음 설문문항에서 여러분에게 적절한 답에 동그라미로 표기하세요.

<p>Q1. 어느 조직에 근무하고 계십니까?(또는 근무한 적이 있습니까?)</p> <p>I. 발주자 II. 컨설턴트(설계사포함) , III. 시공사 IV.기타 기타 ()</p>
<p>Q2. 여러분이 발주자인 경우, 다음 중 어느 조직에서 근무(근무한 적)하고 계십니까?</p> <p>I. 정부 II. 공기업 III. 개인회사 IV. 기타 ()</p>
<p>Q3 여러분의 경력은 얼마나 되십니까 ?</p> <p>I. 5 년이하 II. 5년이상-10이하 III. 10년이상 ~ 15년이하 IV. 15년이상 ~ 20년이하 V.20년이상</p>
<p>2. 여러분 다음 각 조직에서의 경험은 얼마나 됩니까 (가급적 많이 표시해주십시오)</p> <p>I. 발주자 ()년 II. 컨설턴트 (설계사포함)년 III. 시공사()년, IV . 기타 ()로서 ()년</p>
<p>3. 여러분 주된 경력은 다음 중 어느 분야입니까?</p> <p>I. 건물/아파트 II. 도로/고속도로 III. 철도/지하철 IV. 수자원 및 상수도/위생(수력/관개/댐) VI. 기타 ()</p>
<p>Q4. 여러분이 현 직장에서의 직위는 어느 정도 입니까?</p> <p>I. 임원이상 II. 부장 및 차장 III. 과장 및 대리 IV. 평사원</p>
<p>Q5. 여러분이 참여한 프로젝트에서 주된 경험은 어느 분야입니까?:</p> <p>I. 설계자/건축사 II. 감독(엔지니어) III. 계획 엔지니어 IV.시공 () V.기타()</p>
<p>Q6</p> <p>1. 여러분이 경험한 프로젝트에서 “절계오류가 발생했던 경험” 있습니까 ?</p> <p style="padding-left: 20px;">예 (.....) 아니오 (.....)</p> <p>2. 8번에서 “예”하셨다면 경험한 프로젝트는 다음 어느 분야입니까?</p> <p>1) 건축 / 아파트 () 2).도로 / 고속도로 건설 () 3) 수력발전 () 4) 관개배수 () 5) 상수도 () 6) 철도/ 지하철 () 7) 하천, 댐 및 수자원() 8) 기타 (경험분야를 기술해주시기를 원합니다:)</p>

파트 B

Q.7 다음 설계오류 원인에 대한 설명에 대하여 여러분의 생각(인식정도, 또는 동의를 정도)를 주어진 중요도 척도(동의를하는 정도)에 따라 동그라미나, √ 등 기타 편리한 방법으로 표시해주시기를 바랍니다.

1에서부터 5까지 숫자가 나타내는 척도의 의미는 다음과 같습니다.

숫자(척도)	인식 또는 동의의 정도
1	전혀 중요하지 않다
2	조금 중요하지 않다
3	그저 그렇다
4	조금 중요하다
5	아주(대단히) 중요하다

문항	설계 오류의 원인	1	2	3	4	5
1.	컨설턴트의 일정 압력					
2.	낮은 설계용역비					
3.	발주자의 강압적인 조달(계약)전략					
4.	컨설턴트의 숙련된 직원[감독(엔지니어, 건축가 등)의 부족					
5.	컨설턴트의 잦은 직원교체					
6.	특정 프로젝트(관련프로젝트)에 대한 설계 경험 부족					
7.	설계, 경제성검토[가치공학(V.E)] 및 시공성(constructability)검토 부족					
8.	컨설턴트의 분야 간의 조정 부족					
9.	설계사양서의 불명확하고 모호한 규정					
10.	발주자의 복잡한 요구 사항					
11.	컨설턴트가 전문지식을 가지지 못한 새로운 기술의 도입					
12.	컨설턴트의 설계관리 경험 부족					
13.	설계자의 전문 교육 유무					
14.	발주자와 컨설턴트 사이의 소통 부족					
15.	프로젝트에 대한 충분한 정보 가용성(Availability)					
16.	프로젝트에 대한 발주자의 계획 및 검사 부족					

문항	설계 오류의 원인	1	2	3	4	5
17.	설계(디자인)팀의 효율성 부족					
18.	컨설턴트에 의한 부적절한 문서(컨설턴트 제공 자료 및 문서 불량)					
19.	발주자에 의한 부적절한 문서(발주자 제공 자료 및 문서 불량)					
20.	장기간의 설계 프로세스(설계기간 과다)					
21.	컨설턴트의 믿음직스럽지 못한 의사 결정(컨설턴트가 내린 의사결정에 대한 불신)					
22.	컨설턴트의 부주의 및 태만					
23.	컨설턴트의 완고한 태도					
24.	자신감의 과다 또는 소심한 컨설턴트					
25.	발주자의 요구에 의한 마지막 순간에 설계 변경					
26.	컨설턴트의 새로운 아이디어 또는 발견에 따라 마지막 순간에 설계 변경					
27.	결과에 대한 부적절한 평가					
28.	기본설계 방법의 오해					
29.	설계개념 이해 부족					
30.	적절한 평가 없이 공사 순서 변경					
31.	표준의 변화(설계기준 변경에 대한)에 대한 인식 부족					
32.	설계가정, 개념과 계산의 오류					
33.	발주자 CMr(프로젝트 관리자)의 경험 부족					
34.	발주자 요구에 대한 발주자와 컨설턴트 간의 소통 부족					
35.	발주자의 융통성 없는 태도(효과나 요구 조건 등에 대한)					
36.	발주자가 제공한 정보의 완전성 또는 모순					
37.	컨설턴트에 의해 문서생성 절차 결함					
38.	불충분한 설계 시간					
39.	설계단계에서 프로젝트 리스크 인식부족					
40.	발주자에 의한 설계사양(시방)이 불명확하고 모호한 요구					
41.	양질의 문서(자료) 생성(생산)을 위한 자금부족					
42.	프로젝트에 대한 컨설턴트의 계획 및 검사 부족					
43.	프로젝트에 대한 발주자의 계획 및 검사 부족					
44.	사전 패키지 솔루션 (설계와 시방의 재사용, "control C"하여 "control V"함), 즉, 창의성 없이 다른 설계를 모방함					
45.	전반적인 인적(근무자) 오류					

Q.8프로젝트의 설계오류에 의한 다양한 결과(영향)는 무엇이었습니까 ? 여러분이 경험한 영향을 가능한 많이 √로 표시해주세요.

문항	설계 오류의 영향	동의하는곳에 (√) 표시 바랍니다.
1.	재시공으로 인한 프로젝트 공기지연	
2.	작업지연 및 재시공에 의한 프로젝트 비용 증가	
3.	사람 / 노동자의 삶의 질 손실(인명 손실)	
4.	발주자 재산의 손실	
5.	시설인도후 사용중지로 인한 최종 사용자 불편	
6.	발주자 / 소유자의 금융 / 경제 및 기타 손실	
7.	시공사의 금융 / 경제, 기타 손실	
8.	작업을 복잡하게 만들어 협력업체와의 공정 불일치	
9.	시공사를 좌절하게 하는 과도한 재시공	
10.	발주자를 좌절하게 하는 과도한 재시공	
11.	다양한 클레임을 유발하는 다양한 건설 충돌("예"시공사에 의한 금융 / 경제 손실, 기회 손실, 지연 등)을 발생시킴	
12.	시공사와 컨설턴트 사이의 관계 훼손	
13.	발주자와 컨설턴트 사이의 관계훼손	
14.	발주자와 시공사 사이의 관계훼손	
15.	컨설턴트의 명성 손실	
16.	발주자 전문가의 명성 / 자부심 손실	
17.	시공사의 평판 손실	
18.	발주자, 컨설턴트 및 시공사의 전문가들 사이의 불편한 관계형성	
19.	발주자와 컨설턴트 사이의 계약의 중단타절	
20.	다른 프로젝트에 대한 컨설턴트의 영업(직업) 손실 기회	
21.	발주자 또는 시공사와 컨설턴트간의 공식적 의사소통 불량(부재)	
22.	컨설턴트에 대한 믿음, 책임감, 신뢰성 상실	
	여러분이 경험한 설계오류 영향을 가능한 많이 아래에 추가해주시기를 바랍니다.	

Q9 설계오류의 영향 감소방법

1. 시공사가 입찰시에 계획과 시방서를 조사해야하고, 그렇지 않으면 설계오류에 대한 클레임권리가 없다는 “계약상 포기 또는 요구조건을 포함시킴”으로 발주자가 설계결함에 대한 법적책임을 회피하는 것이 옳다고 생각하십니까?

Yes		No		기타 의견:
------------	--	-----------	--	--------

2. 누가 설계오류에 의한 추가 비용을 부담해야할까요?. 적절한 곳에 체크하여 주시기 바랍니다.

발주자		컨설턴트		시공사		기타 :
-----	--	------	--	-----	--	------

3. 여러분은 컨설턴트가 자신의 비용으로" 오류 및 누락 " 보험에 가입하고 유지하는 것에 동의하십니까 ?

Yes		No		기타 의견:
------------	--	-----------	--	--------

4. “발주자 및 컨설턴트가 시공사에게 설계오류나 누락을 발견 즉시 컨설턴트에게 보고해야하고 ,시공사가 이와 관련하여 그의 의무수행에 실패했을 때, 시공사는 그의 임무를 수행했다면 발생하지 않았을 비용과 손해를 시공사가 감당해야만 한다.”는 의견에 어떻게 생각하십니까?

동의		동의 않함		기타 의견:
----	--	----------	--	--------

5. 여러분은 시공사가 계약서류/도면을 상세하게 확인해야하고, 시공사에게로 전가될 수 있는 설계오류리스크[도면상의 설계오류, 누락, 불일치(또는 상충)]를 시공사가 발주자측 감독에게 알려주어야 한다는 요구에 얼마나 동의하십니까?

동의		동의 않함		기타 의견:
----	--	----------	--	--------

6. 여러분은 “설계결함에 기인한 시공사의 클레임은 설계자에게 전가시켜야한다”계약조항이 발주자와 컨설턴트간에 있어야한다는 것에 어떻게 생각하십니까?

Yes		No		기타 의견:
-----	--	----	--	--------



감사의 글

박사학위 논문연구에 도움을 주신 분들에게 감사의 글로 대신하고자 합니다.

설렘과 두려움을 안고 시작했던 박사학위 논문이 이제야 모든 과정을 마치게 되었습니다. 소중하게 애쓴 움직임으로 논문이 완성되어 가는 과정은 저에게 학문의 길 뿐 아니라 인격 수양의 시간이었습니다. 이렇게 결실을 맺기까지 부족한 저를 지도해주신 김수용 지도교수님, 세심하게 중요한 맥을 짚어 주신 이영대 교수님 두 분 교수님을 향한 감사의 마음을 어떻게 글로 표현할 수 있겠습니까. 그리고 바쁘신 중에도 박사학위 논문을 심사를 위하여 가르침을 주신 이종출 교수님, 이수용 부총장님, 부산대학교 문성우 교수님께도 존경과 감사의 마음을 전합니다.

주경야독으로 박사학위 논문을 준비하는 동안 따뜻하게 격려해주신 서병수 시장님, 정경진 부시장님께 존경과 깊은 감사를 드리며, 건설방재관실과 건설본부의 모든 직원들에게도 감사의 마음을 전합니다.

이번에 함께 고민하며 박사학위 논문준비와 발표에 따른 자료수집과 아낌없이 후원해준 Vietnam National University Of Hochiminh 토목공학과 Dr Le Hoai Long과 Nepal Butwal Power Company Project Manager Dr Nirmal Kumar Acharya, 그리고 박사과정 MD. Mizanur Rahman 등에게 감사드리고 베트남에서 유학와서 연구실에서 박사과정을 열심히 밟고 있는 Dang Ngoc Chau, Nguyen Thanh Viet, Nguyen Tuan Kiet, 같은 시기에 석사 박사과정으로 동문수학한 서영태, 박지현, 금경일, 김주성에게도 고마운 마음을 전합니다. 그리고 대학원 박사과정을 수학하면서 힘들고 어려울 때마다

힘이 되어준 건설관리공학협동과정 석·박사과정 원우들께도 감사의 마음을 전합니다.

바빠고 힘든 과정에서 남편을 믿고 따라주고 항상 곁에서 힘이 되어준 든든한 후원자인 나의 아내와 멋진 아들 그리고 한결같은 사랑을 베풀어주시는 부모님께 감사드리며, 이 영광과 기쁨을 함께하고자 합니다.

마지막으로 지면으로 통해서 일일이 언급을 하지 못했지만 그 동안 저를 아끼고 사랑해주신 모든 분들께 다시 한번 진심으로 감사드립니다.

2015년 1월 부산광역시 건설본부에서 권 준 안

