

대형공사의 최적입찰자 선정을 위한 계층분석과정(AHP) 모형의 개발*

정병호** · 조권익***

Development of an Analytic Hierarchy Process Model for the Bidder Selection of a Large Construction Project*

Byung Ho Jeong** · Kwun Ik Cho***

■ Abstract ■

In recent, an unfaithfull construction brings about many social problems. The bidding process considering bidding price firstly is one of the reasons raising an unfaithfull construction work. Thus, we should consider many other criteria including bidding price in the bidder selection process. This paper suggests an analytic hierarchy process(AHP) model for selecting the best bidder of a large construction project. A questionnaire was used to obtain domain experts' opinion about criteria to be considered in the bidding process. A hierarchical structure of the AHP model is formed using criteria obtained in the survey. The model consists of bidding price, construction capability, financial status, faith, and their 17 sub-attributes. The relative importance of bidders are judged by pairwise comparison or absolute measurement. An illustrative example is given to show the process selecting the best bidder using the suggested AHP model.

1. 서론

국가경제의 규모가 급속도로 커지면서 사회 간

접시설의 수요도 크게 증가하고 있다. 따라서, 대규모 토목공사, 건설공사의 수요가 날로 증가하고 있는 실정이다. 이러한 상황에서 성수대교 붕괴 사

* 이 논문은 1997년 한국학술진흥재단의 공모과제 연구비에 의하여 연구되었음.

** 전북대학교 산업공학과 부교수

*** 동덕여자대학교 전산정보공학부 조교수

고, 삼풍백화점 붕괴 사고 등 부실 공사로 인한 대형 참사들이 잇따르고 있다. 대한건설협회가 발주기관의 공무원, 정부투자기관, 감리업체, 시공업체의 일선 근무자 150명을 대상으로 실시한 건설공사 부실 대책 설문 조사에 따르면 여러가지 제도의 불합리성, 시공자의 책임 의식 부족을 부실 공사의 근본 원인으로 밝히고 있다[1, 2]. 아울러 부실공사를 방지하기 위해서는 감리감독 제도, 입찰계약 제도, 원하도급 제도, 시공자의 책임 의식 고취 등 관련 제도의 개선이 필요하다고 지적하고 있다[8, 9].

감리감독 과정의 부조리, 잘못된 하도급 관행 못지 않게 입찰가 위주의 입찰계약 제도 역시 개선이 필요하다. 입찰가 위주의 입찰 제도로 인해 덤핑 입찰, 예정이 누출 등 잘못된 입찰 관행이 가능하고, 이는 다시 불공정 하도급 관행으로 이어져 부실공사의 근본 원인이 되기 때문이다. 이러한 현상은 공사의 시행령이나 입찰자들의 도덕성을 포함한 전반적인 의식상의 문제에서 기인한다고 볼 수도 있다. 그러나, 입찰가 위주의 입찰 제도로 인해 일단 수주하고 보자는 심리에서 기인한다는 점을 부인할 수 없다. 따라서, 입찰가는 물론이고 응찰 기업의 시공능력, 책임 의식, 기술수준, 시공경험 등 공사의 품질에 영향을 미치는 요소들을 종합적으로 고려하여 낙찰자를 선정하는 방향으로 입찰 제도를 개선할 필요가 있다. 이러한 종합낙찰제를 통해서 입찰가와 시공능력을 고려한 최적적 업체를 시공자로 선정할 수 있고 업계의 시공능력 향상과 기술 개발을 유도할 수 있다[7].

이를 위해서는 평가 요소들에 대하여 입찰자들을 평가하는 과정에서 의도적으로 편파적인 평가를 내릴 수 있는 가능성을 최소한도로 줄일 수 있는 의사결정 모형이 필요하다. 따라서, 본 논문에서는 응찰자의 시공능력, 시공경험, 기술수준, 입찰가 등 시공 품질에 영향을 미치는 요소들을 종합적으로 고려하여 최적낙찰자를 선정하기 위한 계

층분석과정(Analytic Hierarchy Process : AHP) 모형을 제시한다. AHP 기법은 다요소의사결정 기법들 중 가장 폭넓게 응용되고 있는 기법이다. 수송 정책의 수립, 각종 중·장기계획의 수립, 에너지 정책의 수립 등 다양한 분야에 걸쳐 응용되고 있다[17]. 본 논문에서는 대형 공사의 최적 낙찰자 선정을 위한 AHP 모형을 개발하기 위하여 국내의 주요 입찰 제도인 사전자격심사제와 적격심사낙찰제의 평가 요소들을 중심으로 설문 조사를 통해 계층구조(Hierarchy structure)를 형성한다.

2. 공공 공사 입찰 제도의 변천

우리나라는 1951년 9월 20일 국가재정법이 제정됨으로써 정부공사 계약과 관련한 회계 제도를 갖추게 되었다. 1961년 국가재정법을 예산회계법으로 대체하고 그 후 수십차례의 회계법 및 시행령의 개정을 통하여 정부 공사의 입찰과 관련한 제도 개선을 추구하여 왔다. 입찰 제도는 1960년대에는 주로 계약과 관련한 비리, 담합 및 과당 경쟁 등의 이유로, 1970년대에는 적정 공사비 확보 및 불량 시공 등을 이유로, 1980년대 이후에는 덤핑의 방지, 심사 제도의 개선, 기술개발 촉진 등을 도모하기 위하여 입찰 방식이 변화되어 왔다. 이러한 입찰 방식의 변화는 시대적, 사회적 환경에 따라서 최저가낙찰제와 부찰제¹⁾ 등이 순환적으로 적용되어 오다가 1990년대에 들어서 사전자격심사제와 적격심사낙찰제를 통하여 시공능력 등 입찰가 이외의 요인들을 고려하기 시작하였다. 1995년 이후에는 기존의 14개 공종에 관람집회 시설 공사 등 8개 공종을 추가하여 100억원 이상인 22개 공종에 대하여 사전자격심사제를 시행해오고 있다.

사전자격심사제와 적격심사낙찰제의 특성을 <표 1>에서 비교 요약하고 있다. 사전자격심사제, 즉, 입찰 참가 자격 사전심사제(PQ : prequalification)란 발주자가 요구하는 건축물 또는 구조물을

1) 부찰제는 예정가격의 85%이상 예정가격 이하인 입찰금액을 산술평균한 금액에서 아래로 가장 가까운 자를 낙찰자로 결정하는 방법

설계도, 계약 조건 및 발주 지침에 의거해서 건설업자가 성공적으로 완전하게 생산할 수 있는지를 사전에 심사하여 입찰 참가 자격자를 선별하는 제도이다[13]. 사전 심사를 하는 목적은 기술능력이 부족하거나, 불안정한 재정 상태, 회사의 규모 및 능력 이상으로 과도하게 공사를 수행중이거나, 경험 부족한 업체를 입찰자 선정 대상에서 제외시키는 데 있다. 즉, 부실 시공의 개연성을 근원적으로 방지함으로써 공사 수행에 있어서의 효율성을 추구하고 시공 품질을 확보하기 위한 선별 절차라 할 수 있다. 사전심사 절차는 발주처에 제출된 사전심사 신청 서류를 시공경험, 기술능력, 경영상태별 배점 한도의 50%이상 평점을 얻은 업체로서 신인도를 포함하여 종합 평점이 60점 이상인 업체를 입찰 참가 자격자로 선정한다.

<표 1> 사전자격심사제와 적격심사낙찰제의 비교

	사전자격심사제	적격심사낙찰제
고려요소	시공경험, 기술능력(기술자, 설비·장비, 특수 기술·공법), 경영상태(부채비율, 유동비율, 순이익률, 총자본회전율, 기술개발투자), 신인도	사전자격 심사 항목, 현장관리 계획, 공사관리계획(공정관리, 품질관리, 하도급관리, 안전관리, 환경보전계획), 자재 및 인력 조달 가격
낙찰자 선정 방법	사전자격 심사 통과자 중 최저가 입찰자	최저가 입찰자에 대하여 적격 심사후 계약

적격심사낙찰제는 최저가격 입찰자에 대하여 시공경험과 능력, 재무상태, 과거의 이행 성실도, 입찰가 등을 종합적으로 심사하여 70점 이상이면 낙찰자로 결정하는 방식이다. 심사항목 및 배점은 일반 공사의 경우 해당 공사의 수행능력 70점, 입찰가격 30점으로 구분하여 총 100점을 만점으로 한다. 이 제도는 우선 입찰에서 최저가격을 제시하고, 심사 기준에 의한 점수가 70점 이상이면 낙찰자가 되는 방식으로 결정된다. 만일 최저가격을 제시한 기업이 위와 같은 적격심사 결과 70점 미만을 획득한 경우에는 낙찰 대상에서 배제되고, 차상위 최저가격을 제시한 기업에 대해서 동일한 방법으로 평가를 실시하여 낙찰자를 결정한다.

사전자격심사제와 적격심사낙찰제는 시공 품질 확보를 위한 적격 업체의 선정에 일정부분 기여를 하고 있다고 볼 수 있다. 그러나, 심사 항목 및 기준이 지나치게 경직되어 있어 개별 공사의 특성을 반영하기는 미흡하다는 지적을 받고 있다[4,5,11]. 공사 종류에 따라 특별히 요구되는 기술수준, 시공 경험, 장비 및 설비 등의 요건을 일괄적으로 정의하기는 어렵기 때문이다. 또한, 거의 대부분의 신청자들이 사전심사나 적격심사를 통과하는 것으로 나타나 실질적으로 시공 품질 확보를 위한 선별 절차로서의 본래의 기능을 하지 못하고 있다. 따라서, 사전심사나 적격심사에서 고려하는 요소들을 단순히 선별을 위해서가 아니라 낙찰자 선정에 실질적으로 활용하는 입찰 제도가 필요하다.

3. 최적입찰자 선정을 위한 AHP 모형

3.1 계층구조(Hierarchy structure)의 형성

본 절에서는 공공 공사의 낙찰자 선정 과정에서 입찰가와 시공능력을 나타내는 요소들을 종합적으로 고려하기 위한 AHP 모형을 제시하고자 한다. 먼저 낙찰자 선정 과정에서 고려되어야 할 평가 항목 또는 요소들을 구하기 위하여 설문 조사를 실시하였다. [부록]에 있는 설문지에 포함된 요소들은 국내외의 공공 공사 입찰에서 평가되고 있는 요소들을 참조하여 정하였다. 즉, 사전자격심사제[13], 적격심사낙찰제[6, 12], 일본과 미국의 사전자격심사, IBRD와 ADB의 사전자격심사[10, 14] 등에서 평가하고 있는 요소들을 참고하여 작성하였다. 건설, 토목 분야의 학자, 시공 업체의 부장급 이상 엔지니어, 설계·감리 회사의 담당자, 관공서의 발주 담당자 등 200명에게 설문지를 배포하여 76명으로부터 설문지가 회수되었다. 분야별 응답자의 수는 각각 31명, 11명, 22명, 12명이었다. 응답자의 종사 분야에 따라 선호하는 입찰 방식에 있어서의 차이는 χ^2 -test 결과 유의하지 않은 것으로 나타났으며, 전체적으로는 48%의 응답자가 먼저

전반적인 시공능력 평가후 입찰가에 대한 평가 방식에 답하였고, 37%의 응답자는 입찰가와 전반적인 시공능력을 동시에 평가하는 방식에 응답하였다.

입찰자 선정시 고려해야할 요소들에 대한 문항 중 “중요” 또는 “매우 중요”에 응답한 비율을 요약하면 <표 2>와 같다. 해당 공사의 수행조직을 비롯한 4가지 항목에 대해서만 80% 이상이 “중요” 또는 “매우 중요”에 응답하였으며, 입찰가를 비롯한 8가지 항목에 대해서는 70%대로 나타났다. 본 논문에서는 시공 품질에 영향을 미치는 항목들을 입찰자 평가 과정에 포함시킨다는 취지와 모형의 복잡성 등을 고려하여 응답 비율이 70% 이상인 요소들을 계층구조에 포함시키기로 하였다. 다만, 응답자들의 지식 사항을 반영하여 4가지 항목에 대해서는 약간의 조정이 필요하였다. 시공경험과 관련하여 동종 공사의 시공경험에 대해서는 76%가 중요하다고 응답한 반면 유사 공종의 시공경험에 대해서는 58%였다. 그러나, 공종에 따라서는 동종과 유사 공종의 구분이 애매한 경우가 있을 수 있고 유사 공종에 대한 시공경험 역시 어느 정도는 반영되어야 할 것으로 보여 이들을 통합하여 시공경험이라는 한 요소로 포함시켰다. 마찬가지로, 하도급 패턴은 71.7%인 반면 하도급의 수는 62%였으나 하도급의 규모와 단계 등도 고려할 필요가 있다고 생각되어 두 요소를 통합하여 하도급 운영 계획이라는 요소로 하였다. 성실성과 과거 평가 성적은 중복 평가될 가능성이 있다는 지적을 고려하여 과거 시공평가 성적을 포함한 시공업체의 전반적인 성실성을 포괄적으로 평가하는 요소로 성실성을 포함시켰다. 안전관리와 신인도 항목의 노동재해율이 60%대에 머물고 있으나 건설 현장의 재해를 줄이려는 노력의 필요성을 고려하여 상대적으로 평가하기가 용이한 과거 시공 과정의 노동재해율을 포함시켰다.

경영상태의 고려 필요성에 대해서는 65%가 “중요” 또는 “매우 중요”에 응답했으나 관련된 개별 요소들에 대해서는 78%인 기술개발투자와 67%인 자본구성을 제외하고는 30~40%대였다. 이는 설문

대상이 경영상태를 나타내는 구체적인 지수들에 대한 지식이 부족했기 때문으로 보여진다. 따라서, 건설업법의 건설공사 도급 한도액 산정시 경영 평점 산정용 지표와 사전자격심사제에서 경영상태를 평가하기 위하여 고려하고 있는 항목들을 참조하여 자본구성, 유동성, 수익성, 활동성 등을 추가하였다. 이와 같이 계층구조에 포함시키기로 한 요소들과 평가 내용을 요약하면 <표 3>과 같다.

<표 2> “중요” 또는 “매우 중요”에 응답한 비율

응답 비율	항 목
80% 이상	기술인력(수행조직), 기술·공법, 성실성, 품질관리
70%~80% 미만	입찰가, 설비·장비, 동종경험, 기술개발투자, 과거 평가성적, 공정관리, 하도급(패턴), 하도급(관리수준)
60%~70% 미만	공사여력, 경영상태, 자본구성, 노동재해율, 안전관리, 환경보전, 하도급(수), 하도급(공정성)
50%~60% 미만	기술인력(전체), 유사경험

<표 3> 최적입찰자 선정을 위한 AHP 모형의 평가 요소

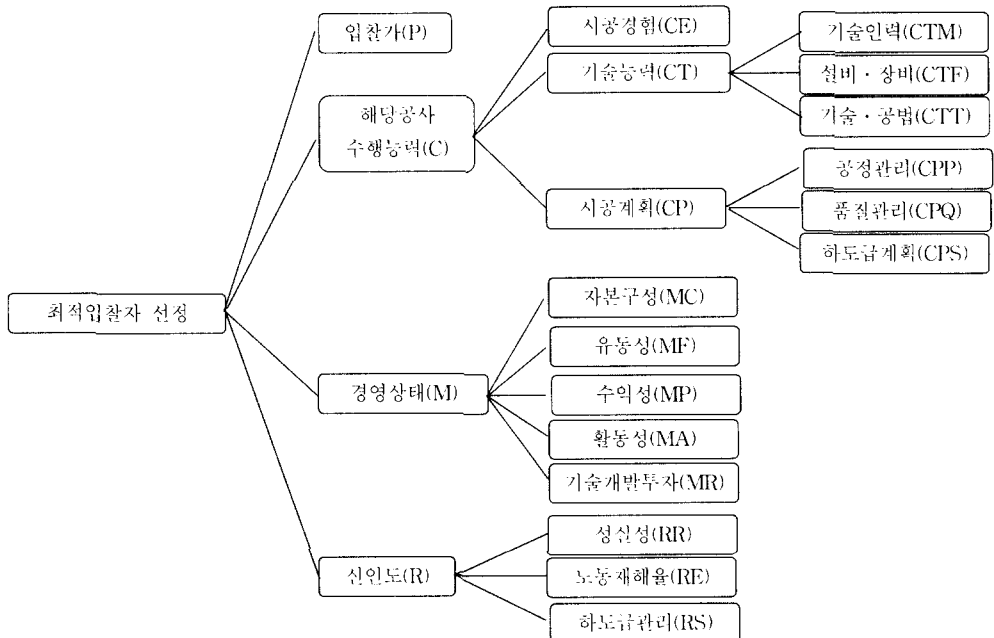
평가 요소	세부평가 요소	평가 내용	
입찰가		예정가격의 90%와의 차이	
해당공사수행능력	시공경험	동종 및 유사 공종에 대한 시공경험	
	기술능력	기술인력	해당 공사를 수행할 수 있는 기술인력 현황
		설비·장비	해당 공사에 필요한 설비 및 장비 보유 및 조달 능력
		기술·공법	해당 공사에 필수적인 공법 및 기술 보유 현황
	시공계획	공정관리	공정관리 기법 및 계획의 적정성
		품질관리	품질검사 등 관리 계획과 품질관리자의 능력
하도급 운영 계획		하수급비율, 예정가 대비 하수급 대가의 비율 및 하수급자의 적정성	
경영상태	자본구성	자기자본비율 = 자기자본/총자본	
	유동성	유동비율 = 유동자산/유동부채	
	수익성	직전 연도 매출액 순이익율 = 순이익/매출액	
	활동성	총자본회전율 = 매출액/총자본	
	기술개발투자	매출액 대비 기술개발투자 비율	
신인도	성실성	과거 시공평가 성적 및 상벌 상황을 비롯한 성실성	
	노동재해율	직전연도의 노동재해율	
	하도급 관리	과거 하도급 관리의 공정성	

시공경험은 입찰자가 수행한 과거의 공사 실적에 대한 평가를 통하여 해당 공사의 수행 능력을 평가하는 척도로서 동종 또는 유사 공종의 시공 경험을 상대적으로 비교 평가하도록 한다. 기술인력은 해당 공사를 수행하기 위하여 동원될 수 있는 기술인력을 평가하는 것으로 입찰자가 보유하고 있는 기술인력과 현재 진행중인 공사로 인한 여유율 등을 고려하여 평가하도록 한다. 설비·장비는 해당 공사에 투입할 수 있는 설비와 특수 장비를 평가하기 위한 것이다. 건설공사에 투입되는 설비 및 장비가 고가임에 따라 임대하여 투입하는 경우가 대부분이다. 실제로 국내 건설 장비의 보유 대수중 62%를 대여 업체가 보유하고 있다. 따라서, 해당 공사에 필요한 일반 장비 및 발주처에서 요구하는 특수 장비에 대해 보유 또는 임대 등의 방법으로 조달할 수 있는 능력을 상대적으로 비교 평가하도록 한다. 시공계획과 관련해서는 과학적인 공정관리 기법의 적용 여부, 공정관리 계획의 적정성, 공정관리자의 능력 등을 종합적으로 평가하고 품질검사 계획, 품

질관리 계획 및 품질관리자의 능력 등을 평가한다. 성실성은 중앙 정부 또는 지방 자치단체에서 과거의 시공평가 성적에 따라 지정하는 우수시공업체 또는 부정당업체 지정이나 영업정지 여부, 최근에 시행한 공사에서 발생한 하자의 정도 등을 고려하여 입찰 업체의 계약 이행 성실도를 포괄적으로 평가하며, 하도급판리는 하도급 업체의 계열화 여부, 하도급 거래와 관련하여 시정 명령이나 처벌을 받은적이 있었는지의 여부 등 과거의 하도급 거래의 공정성에 대한 평가를 한다. 이상 설명된 <표 3>의 평가요소들을 이용하여 계층구조를 형성하면 <그림 1>과 같다.

3.2 중요도 평가

AHP 기법에서 계층구조상의 요소들간의 중요도 평가는 쌍대비교(Pairwise comparison)를 원칙으로 한다. 계층구조의 최하위 요소들에 대해 대안들의 상대적 중요도를 평가할 때 필요한 경우 절대평가를 이용할 수 있다[16]. 쌍대비교의 횟수가



<그림 1> 최적입찰자 선정을 위한 계층구조

많아짐으로써 의사결정자에게 지나치게 부담이 되는 것을 방지하기 위한 것이다. <그림 1>의 계층 구조에서 최하위에 있는 요소들은 2가지 부류로 나누어진다. 첫 번째 부류는 입찰가, 신인도의 노동재해율, 그리고, 경영상태의 하위요소들인 자본구성, 유동성, 수익성, 활동성, 기술개발투자와 같이 정량적인 요소들이다. 이들 요소들에 대해서는 굳이 쌍대비교를 실시하지 않아도 입찰자들을 평가할 수 있다. 나머지는 정량적인 평가가 곤란한 정성적 요소들이다. 본 연구에서는 계층구조의 최하위 요소들 중에서 객관적인 평가 기준을 설정할 수 있는 요소들에 대한 대안 평가는 정량적 평가 기준에 따른 절대평가를 하기로 한다. 이렇게 함으로써 입찰자들에 대한 평가 과정에서 객관성을 높일 수 있으며 쌍대비교 횟수의 증가로 인한 평가자의 부담을 줄일 수 있다. 다만 객관적인 평가 기준의 설정이 곤란한 최하위 요소들에 대한 대안들의 평가와 중간 레벨에서 요소들의 중요도에 대한 평가는 쌍대비교를 실시하도록 한다.

3.2.1 정량적 요소에 대한 평가

정량적 요소에 대한 입찰자의 중요도 평가는 두 가지 단계로 이루어진다. 먼저 평가 요소별 특성을 고려하여 5가지 등급을 정의하고 입찰자들에 대하여 등급 평가를 실시함으로써 절대평가를 한다. 다음은 평가자로 하여금 등급들을 쌍대비교하도록 하여 5가지의 각 등급에 대한 중요도를 부여한다.

입찰가에 대한 등급 평가는 발주청에서 결정하는 예정가에 준해서 평가할 수 있다. 예가는 일반적으로 입찰 상한가가 되며 일부 외국에서는 예가의 110%를 입찰 상한가로 하기도 한다. 한편, 저가 기준은 예가의 85%이내에서 직접 공사비를 고려하여 결정된다. 조달청이 발표한 저가 투찰 사례를 보면 예정가격의 50~60%선에서 낙찰되는 경우도 빈번히 일어나고 있다는 것을 알 수 있다. 이러한 상황에서 성실시공을 기대한다는 것은 부리가 아닐 수 없다. 전체 공사비에서 직접 공사비가 차지하는 비중이 80년대 초에 62~67% 수준에서

90년대 초에는 82% 정도의 수준으로 높아진 것을 볼 때[16] 예정가의 80%도 안되는 수준으로 낙찰되는 사태는 일단 덤핑으로 간주할 수 있다. 따라서, 본 논문에서는 국내에서 일반적으로 통용되고 있는 입찰 상한가(100%)와 저가(80%정도)의 중간인 예정가의 90% 수준을 적정 수준으로 보고 <표 4>와 같이 예가 기준으로 등급을 부여하도록 한다.

<표 4> 입찰가 요소에 대한 평가 기준

등급	내용
Outstanding Above Avg.	예가×0.88 ~ 예가×0.92 미만 예가×0.86 ~ 예가×0.88 미만 & 예가×0.92 ~ 예가×0.94 미만
Average	예가×0.84 ~ 예가×0.86 미만 & 예가×0.94 ~ 예가×0.96 미만
Below Avg.	예가×0.82 ~ 예가×0.84 미만 & 예가×0.96 ~ 예가×0.98 미만
Unsatisfaction	예가×0.82 미만 & 예가×0.98 이상

경영상태를 평가하기 위한 하부 요소들은 정량치로 입찰 참가자들간의 객관적인 평가가 가능하다. 다만, 이들의 평가를 위한 절대적인 평가 기준을 설정하기가 곤란하다는 문제가 있다. 객관적인 평가 기준을 설정하기 위해서 매년 건설협회에서 조사 발표하는 직전년도 건설업체의 각종 지표별 평균 비율 또는 건설업 군별 평균 비율을 이용하거나 입찰 업체들의 평균 비율을 이용할 수 있다. 본 연구에서는 쌍대비교와 마찬가지로 입찰 업체들간의 상대평가 개념을 유지하기 위하여 입찰 업체의 해당 지표에 대한 평균 비율을 평가의 기준으로 활용하기로 한다. 요소 자본 구성의 경우에 자기자본비율에 의하여 평가하며, 입찰 참가자들의 평균 자기자본비율을 기준으로 평가하기로 한다. <표 5>에서 보여주고 있는 바와 같이 입찰 업체들의 평균 자기자본비율을 보통으로 보고 평균으로부터 등간격으로 5개의 등급으로 나누어 평가하도록 한다. 마찬가지로 방법으로 유동성, 수익성, 활동성, 기술개발투자 등의 요소들에 대한 평가도 입찰자들의 해당 지표에

대한 평균 비율을 중심으로 5개의 등급으로 평가할 수 있다.

<표 5> 경영상태 하위요소들의 평가 기준

등급	내 용
Outstanding	평균×1.3 이상
Above Avg.	평균×1.1 ~ 평균×1.3 미만
Average	평균×0.9 ~ 평균×1.1 미만
Below Avg.	평균×0.7 ~ 평균×0.9 미만
Unsatisfaction	평균×0.7 미만

업체가 보유하고 있는 기술인력은 시공중인 공사 현장에 분산 배치되게 되고, 과다 수주로 인해서 실제 시공 현장에 투입되는 기술자의 수는 감소할 것이다. 따라서, 기술인력에 대한 평가는 기업체에서 보유하고 있는 전체 기술인력보다는 해당 공사에 투입될 수 있는 기술인력을 기준으로 평가하는 것이 타당하다고 볼 수 있다. 그러나, 해당 공사를 수행하기 위하여 동원된 기술인력에 대한 평가는 평가 기술상에 어려움이 있다. 시공 계획서상에 나타난 기술자 투입 계획이 그대로 실행된다는 보장이 없기 때문이다. 따라서 입찰 업체가 보유하고 있는 기술자의 수와 해당 공사 금액을 포함한 현재 총 수주액을 기준으로 해당 공사에 투입될 수 있는 기술인력에 대한 평점을 구하기로 한다. 기술자는 업체의 기술능력을 반영하는 요소로써 자격 등급별로 구분할 수 있다. 기술자의 등급은 기술용역 대가 기준에서 특급, 고급, 중급, 초급기술자로 구분하고 기사1급 자격을 기준으로 할 때 특급은 기사 취득후 12년 이상의 유경험자, 고급은 10-12년 미만, 중급은 5-10년 미만, 초급은 5년 미만으로 규정하고 있다. 이러한 기술자 등급에 대한 규정으로부터 기술 등급간의 능력을 비교하는 등급별 계수를 설정할 수 있다. 즉, 특급을 1로 할 때, 요구되는 경험 연수를 고려하여 고급은 0.8, 중급은 0.5, 초급은 0.3 정도로 할 수 있을 것이다. 이와 같은 등급별 계수를 이용하여 등급별 기술자 보유 수에 해당 등급 계수를 곱하여 합산함으로써

업체의 전체 보유 기술인력에 대한 평점을 구할 수 있다. 앞에서 구한 기술인력 보유 평점중 해당 업체의 현재 총수주액에 대한 해당 공사 금액의 비율만큼 반영함으로써 해당 공사에 투입될 수 있는 기술인력에 대한 평점을 구할 수 있다.

$$\text{기술인력 평점} = \frac{\text{기술인력 보유평점} \times \text{해당공사 예가}}{\text{현재 총수주액} + \text{해당공사 예가}}$$

해당 공사에 대한 기술인력 평가 등급은 위에서 구한 평점을 이용하여 <표 5>와 같이 5등급으로 평가할 수 있다. 신인도 평가 항목의 노동재해율 역시 직전년도 건설업 평균 재해율이나 입찰 업체들의 직전년도 평균 재해율을 기준으로 <표 5>와 비슷한 방법으로 5개의 등급으로 나누어 평가할 수 있다.

3.2.2 정성적 요소에 대한 쌍대비교

위에서 언급된 요소들은 비록 완전하지는 않지만 비교적 객관적인 평가 기준을 설정할 수 있고 이 평가 기준에 의해서 객관적으로 비교 평가할 수 있는 요소들이다. 그러나, 나머지 요소들은 그렇지 않다. 객관적인 평가 기준을 설정하는데 무리가 있고 아울러서 객관적으로 비교 평가할 수 없기 때문에 발주자 또는 발주청의 주관적인 평가에 의존할 수밖에 없다. 주관적인 평가에 의존한다는 것은 평가자의 의도나 편견에 의해 공평하지 못한 평가가 이루어질 가능성이 높다. 쌍대비교는 의도나 편견에 의한 편파적인 평가를 어느정도 방지할 수 있다. 일관성비율(Consistency ratio)에 의해서 쌍대비교 과정의 일관성을 검토해 볼 수 있기 때문이다. 따라서, 위에서 설명한 정량적 요소들을 제외한 최하위 레벨의 요소들에 대한 대안들의 중요도와 계층구조의 중간 레벨의 요소들간의 중요도를 구하기 위한 평가는 쌍대비교를 하기로 한다. 쌍대비교의 스케일은 일반적으로 통용되고 있는 Saaty의 1-9 스케일을 사용하기로 한다[3,15].

그러나, 이 경우에도 입찰자, 즉, 대안의 수가 많을 경우에는 쌍대비교 회수가 지나치게 많아져 평

가자에게 부담이 될 수 있다. 이러한 경우에는 평가자의 쌍대비교에 대한 부담을 덜어주기 위하여 각 요소들에 대하여 입찰자들을 5가지 등급으로 절대 평가를 하고 정량적 요소의 경우와 같이 등급간의 쌍대비교 결과를 이용하여 입찰자들의 요소에 대한 상대적중요도를 부여할 수 있다.

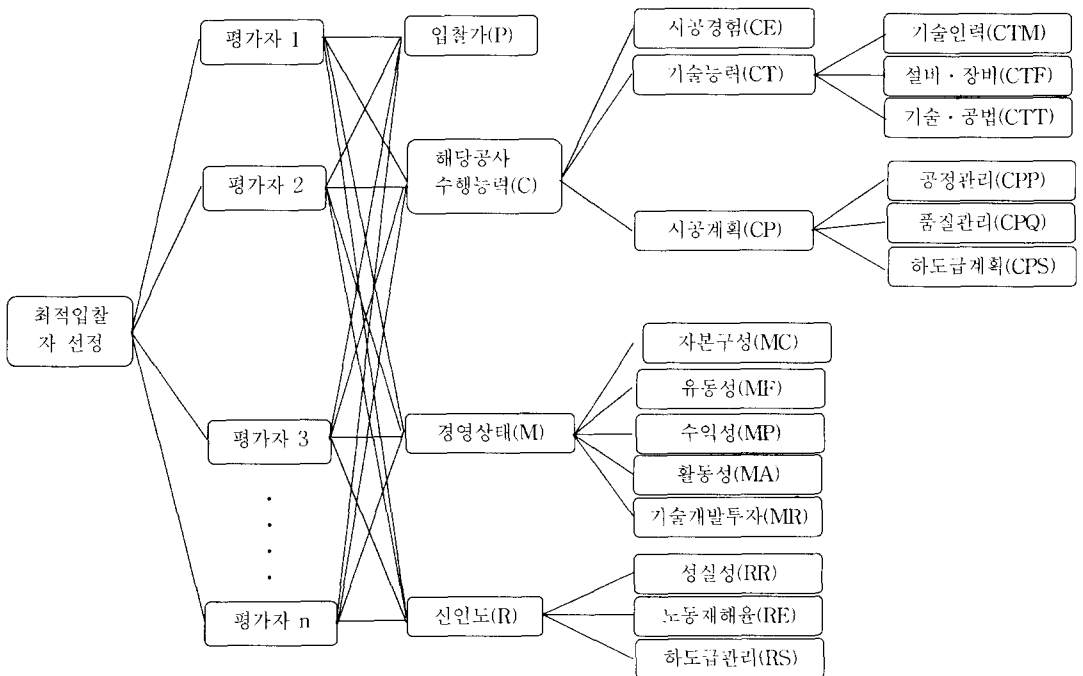
3.2.3 복수의 평가자

복수의 입찰 담당자가 입찰자들에 대한 평가를 담당하도록 함으로써 입찰자 평가 및 낙찰자 선정 과정에서의 객관성을 추구할 수 있다. 이 경우에 구성원들의 서로 다른 평가 결과를 취합하기 위한 방법이 필요하다. 일반적으로 구성원들의 전문성과 객관성에 대한 평가를 통해서 구성원 개인에게 부여된 가중치를 이용하여 각 구성원의 평가 결과를 취합할 수 있다. 이를 계층구조로 표현하면 <그림 1>의 계층구조는 <그림 2>와 같이 바뀐다. <그림 2>의 계층구조에서 첫 번째 레벨 즉, 평가자들의 가중치는 평가자들간의 쌍대비교를 통하여

얻을 수 있다. 다만 객관성을 확보하기 위한 방법으로 자기 자신을 제외한 나머지 평가자들에 대하여서만 쌍대비교를 하도록 한다. n명의 평가자가 입찰 업체 평가에 참여한다면 n명의 참가자 전원이 각각 자기 자신을 제외한 n-1명의 평가자에 대해서 쌍대비교를 하도록 한다. 따라서 n개의 $(n-1) \times (n-1)$ 쌍대비교행렬이 얻어지고 이 행렬들로부터 n명의 평가자에 대한 중요도를 얻을 수 있다.

3.3 중요도 산출

최적입찰자를 선정하기 위한 업체의 중요도 산출은 일반적으로 AHP 기법에서 사용되는 고유벡터(eigenvector) 방법과 레벨간 중요도 취합 과정을 통해서 이루어질 수 있다. 다만 쌍대비교가 아닌 절대적 평가를 실시한 최하위의 정량적 요소들에 대한 입찰자들의 중요도 산출과 그룹 구성원들의 가중치를 산출하는 과정만 간략하게 설명하기



<그림 2> 복수의 평가자를 포함하는 계층구조

로 한다. 먼저 <표 4>와 <표 5>의 등급 평가 방법에 따라 부여된 최하위의 정량적 요소들에 대한 입찰자의 평가 등급에 따라 중요도를 부과해야 한다. 등급 평가의 각 등급에 중요도를 부여하기 위하여 등급들을 쌍대비교하여 5×5 쌍대비교행렬을 구하고 이 행렬로부터 각 등급의 중요도를 구한다. 등급별 중요도를 각 요소에 대한 입찰자 평가 등급에 따라 부여하고 요소별로 입찰자들의 중요도의 합이 1이 되도록 정규화하여 각 요소에 대한 입찰 업체들의 상대적 중요도로 이용한다.

다음은 평가 그룹 구성원의 가중치를 산출하는 과정을 설명하기 위하여 4명의 위원 I₁, I₂, I₃, I₄가 입찰자 평가에 참여한다고 가정하자. 평가자 I₁이 I₂, I₃, I₄의 전문성 및 객관성에 대하여 쌍대비교를 실시하여 얻어진 쌍대비교행렬로부터 고유벡터 방법을 이용하여 계산된 가중치 벡터는 $W^1=(0 \ w_1^2 \ w_1^3 \ w_1^4)$ 이다. 마찬가지로 I₂의 쌍대비교행렬로부터 $W^2=(w_2^1 \ 0 \ w_2^3 \ w_2^4)$, I₃로부터 $W^3=(w_3^1 \ w_3^2 \ 0 \ w_3^4)$, I₄로부터 $W^4=(w_4^1 \ w_4^2 \ w_4^3 \ 0)$ 를 얻을 수 있다. 마지막으로 4명의 평가자에 대한 가중치 벡터 W는 $W=(W^1+W^2+W^3+W^4)/3$ 로 얻을 수 있다.

4. 예 제

본 논문에서 제시된 AHP 모형을 적용한 공사는 ××년 ××월 ×××에서 발주한 PQ 대상 공사로 교량 건설공사이며 예정가격이 250억원이었다. ××건설을 포함한 27개사가 PQ 심사를 신청하여 모두 적격 판정을 받았으며 이중 입찰가에 의해 낙찰 업체가 선정되었다. 본 논문에서는 PQ 심사를 통과한 업체중 5개사를 대상으로 본 논문에서 제시한 AHP 모형을 적용해 보기로 한다. <그림 1>의 계층구조에서 쌍대비교는 발주 기관의 발주 담당자로 하여금 PQ 심사 신청 서류를 근거로 하도록 하였으며 정량적 요소에 대한 등급 평가는 PQ 심사 서류를 근거로 산출하고 일부 PQ 심사

항목에 없는 요소들에 대해서는 가정된 자료를 이용하였다. 다만 자료의 비공개를 요구하는 발주 기관측의 의견에 따라 자료 자체보다는 AHP 모형의 적용 과정을 중심으로 설명하기로 한다. 또한, 본 예에서는 단일 평가자가 평가하는 것으로 하였다.

계층구조상에서 요소들의 중요도를 산출하기 위한 쌍대비교행렬과 이로부터 산출된 요소의 중요도와 일관성비율이 <표 6>에 요약되어 있다. 신인도(R)와 기술능력(CT)의 하위에 있는 요소들은 쌍대비교 결과 동일한 중요도를 갖는 것으로 나타났다. 즉, 신인도와 기술능력의 하위요소들에 대한 쌍대비교행렬은 각각 모든 원소가 1인 3×3 행렬로 이요소들의 하위 요소들은 모두 0.33의 중요도를 갖게 된다.

<표 6> 쌍대비교 결과

Goal	P	C	M	R	CR=0.1
P	1	2	3	2	.405
C		1	4	3	.339
M			1	2	.139
R				1	.117

	M	MC	MF	MP	MA	MR	CR=0.04
MC	1	3	3	2	1/2		.281
MF		1	1	1/2	1/2		.109
MP			1	1/2	1/2		.109
MA				1	1/2		.177
MR						1	.324

C	CE	CT	CP	CR=0
CE	1	4	2	.571
CT		1	1/2	.143
CP			1	.286

CP	CPP	CPQ	CPS	CR=0.04
CPP	1	1/3	1/5	.105
CPQ		1	1/3	.258
CPS			1	.637

최하위의 정량적 요소들중 입찰가에 대한 평가는 <표 7>에서 요약되고 있는 바와 같다. P, Q, R, S, T 다섯 개 업체에서 각각 제출한 입찰가와 예가의 비율을 <표 4>의 입찰가에 대한 평가표와 비교하여 각 업체에 등급이 부여되었다. 5가지 등급간의 쌍대비교를 통하여 각 등급에 대한 평점은 Outstanding(.471), Above Avg.(.268), Average(.143), Below Avg.(.075) 그리고, Unsatisfaction(.044)이었다. 각 업체의 등급에 따라 해당 평점을 부여하고 평점을 합이 1이 되도록 정규화하여 얻어진 입찰가에 대한 입찰 업체들의 상대적

중요도를 <표 7>에서 보여주고 있다.

마찬가지 방법으로 정량적 요소인 경영상태의 하위 요소들과 노동재해율에 대한 입찰자 평가는 <표 5>의 평가 등급을 이용한다. 자본구성은 입찰 업체들의 평균 자기자본비율과 각 업체의 자기자본비율을 비교하여 <표 5>로부터 각 업체의 등급을 정하고 그 등급에 해당하는 등급 평점을 부여하여 자본구성에 대한 대안들의 중요도를 구하였다. 유동성을 나타내는 유동비율, 활동성을 나타내는 총자본회전을, 매출액 대비 기술개발투자 비율, 노동재해율에 대해서도 마찬가지로 요소별로 업체들의 중요도를 구했으며 그 결과를 요약하면 <표 8>과 같다.

<표 7> 각 업체의 입찰가에 대한 평가 결과

업체	입찰가 (천원)	입찰가/예정가	등급	평점	중요도
P	18,500,000	0.74	Unsatisfaction	0.044	0.045
Q	21,250,000	0.85	Average	0.143	0.148
R	19,865,000	0.79	Unsatisfaction	0.044	0.045
S	23,250,000	0.93	Above Avg.	0.268	0.276
T	22,130,000	0.89	Outstanding	0.471	0.486

<표 8> 정량적 요소들에 대한 입찰자 평가 결과

요소	업체	P	Q	R	S	T
자본구성(MC)		0.107	0.203	0.107	0.380	0.203
유동성(MF)		0.084	0.159	0.299	0.299	0.159
수익성(MP)		0.185	0.348	0.185	0.185	0.097
활동성(MA)		0.259	0.139	0.456	0.073	0.073
기술개발투자(MIR)		0.143	0.268	0.470	0.044	0.075
기술인력(CTM)		0.323	0.172	0.091	0.091	0.323
노동재해율(RE)		0.223	0.232	0.200	0.152	0.193

나머지 최하위 요소들에 대한 입찰자들의 선호도는 쌍대비교를 통하여 평가되었으며 모든 쌍대비교행렬의 CR은 0.1이하이다. 그 결과를 요약하면 <표 9>와 같다.

<표 9> 정성적 요소들에 대한 입찰자들의 쌍대비교 결과

요소	업체	P	Q	R	S	T
시공경험(CE)		0.332	0.207	0.112	0.058	0.291
설비·장비(CTF)		0.166	0.248	0.072	0.077	0.438
기술·공법(CIT)		0.229	0.064	0.093	0.475	0.139
공정관리(CPP)		0.293	0.181	0.299	0.097	0.129
품질관리(CPQ)		0.132	0.375	0.285	0.076	0.132
하도급계획(CPS)		0.190	0.076	0.107	0.450	0.176
성실성(RR)		0.183	0.100	0.363	0.286	0.069
하도급관리(RS)		0.191	0.084	0.138	0.388	0.198

앞에서 얻어진 선호평가 결과로부터 최종적인 입찰자 중요도의 계산 과정을 간단하게 보이면 다음과 같다. 먼저 <표 6>의 요소 시공계획(CP)의 하위요소들의 중요도와 <표 8>과 <표 9>의 하위요소 CPP, CPQ, CPS에 대한 입찰자 중요도로부터 시공계획(CP)에 대한 입찰자들의 중요도 계산 과정은 아래와 같은 행렬식으로 나타낼 수 있다.

$$\begin{matrix} & \text{CPP} & \text{CPQ} & \text{CPS} \\ \begin{matrix} \text{P} \\ \text{Q} \\ \text{R} \\ \text{S} \\ \text{T} \end{matrix} & \begin{pmatrix} .293 & .132 & .19 \\ .181 & .375 & .076 \\ .299 & .285 & .107 \\ .097 & .076 & .045 \\ .129 & .132 & .176 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} .105 \\ .258 \\ .637 \end{pmatrix} & = & \begin{pmatrix} .186 \\ .164 \\ .173 \\ .316 \\ .160 \end{pmatrix}
 \end{matrix}$$

마찬가지 방법으로 <그림 1>의 계층구조에 있는 중간 요소들(CT, M, R, C)에 대한 입찰자들의 중요도를 구할 수 있으며 이 결과들을 아래 행렬식으로 종합하여 입찰자들의 최종적인 중요도 $W^T = (.156, .171, .132, .222, .318)$ 를 구할 수 있다. 따라서, 입찰자 T가 최종 낙찰자로 선정된다.

$$\begin{matrix} & \text{P} & \text{C} & \text{M} & \text{R} \\ \begin{matrix} \text{P} \\ \text{Q} \\ \text{R} \\ \text{S} \\ \text{T} \end{matrix} & \begin{pmatrix} .045 & .277 & .152 & .197 \\ .148 & .188 & .224 & .137 \\ .045 & .125 & .316 & .231 \\ .276 & .154 & .187 & .273 \\ .486 & .254 & .122 & .152 \end{pmatrix} & \begin{pmatrix} .405 \\ .339 \\ .139 \\ .117 \end{pmatrix} & = & \begin{pmatrix} .156 \\ .171 \\ .132 \\ .222 \\ .318 \end{pmatrix}
 \end{matrix}$$

5. 결 론

본 논문에서는 입찰에 의한 대형 공공 공사의 시공자 선정 과정에 응용하기 위한 AHP 모형을 제시하였다. 지금까지 입찰 제도에서 가장 중요시 여겨왔던 입찰가외의 시공 품질에 영향을 미치는 요소들을 동시에 고려하여 합리적으로 시공자를 선정하기 위한 모형을 제시하고 있다. 제시된 AHP 모형의 계층구조는 학계, 시공업계, 발주관청의 발주 담당자 등 건설, 토목 분야의 전문가들을 대상으로한 설문 조사를 통하여 구성하였다. 여기에서 제시된 계층구조는 일반적인 건설공사를 상정한 구조로 볼 수 있으며, 공사의 종류에 따라 특별히 고려되어야 할 요소들이 있을 수 있다. 따라서, 필요에 따라 계층구조는 수정될 수 있을 것이며 계층구조에 포함된 요소들의 중요도 역시 쌍대비교 과정에서 발주 담당자 또는 시행자의 선호에 따라 다르게 부여될 것이다.

그러나, 계층구조에서 고려하는 요소의 수가 지나치게 많아지거나 입찰자의 수가 많을 경우에는 쌍대비교의 횟수가 지나치게 많아질 수 있다. 따라서, 적절한 규모의 계층구조 형성과 합리적인 선별(Screening) 과정의 병용 등 입찰자 선정 과정의 복잡성과 입찰자 선정의 정확성간의 절충이 필요하다. 아울러서 계층구조의 형성 과정과 쌍대비교를 비롯한 중요도 평가 과정을 지원할 수 있는 의사결정지원 시스템의 개발이 필요하다고 하겠다.

참 고 문 헌

- [1] "건설공사 부실 요인과 업계의 대책", 「건설」, 6호(1993), pp.15-20.
- [2] 김석위, "건설하도급 실태 및 개선방안", 「건설경제」, 1호(1993), pp.70-78.
- [3] 김성희, 정병호, 김재경, 「의사결정분석 및 응용」, 영지문화사, 1999.
- [4] 문정호, "현행 PQ제도의 문제점과 개선 방향(1)", 「월간건설」, 8호(1996), pp.55-59.
- [5] 문정호, "현행 PQ제도의 문제점과 개선 방향(2)", 「월간건설」, 9호(1996), pp.28-31.
- [6] 백영균, "국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법령", 「건설」, 8호(1995), pp.19-26.
- [7] 윤태원, 김환영, 「건설업체의 시공능력 평가 방법 개발에 관한 연구」, 연구보고서, 한국건설기술연구원, 1989.
- [8] 이재우, "덤핑입찰과 부실시공을 보는 시각", 「건설경제」, 1호(1993), pp.64-69.
- [9] 이재우, 김석위, "우리나라 건설하도급의 문제점 및 개선방향", 「건설경제」, 2호(1993), pp.16-22.
- [10] 이준복, 김근태, 조문영, 「입찰참가자격 평가 지원시스템 개발(I)」, 연구보고서, 한국건설기술연구원, 1995.
- [11] 이찬식, "입찰참가자격 사전심사(PQ) 기준의 문제점과 개선 방안(2)", 「월간건설」, 12회(1994), pp.42-46.
- [12] 재정경제원, 「정부계약제도의 주요 개정 내용 해설」, 1996.
- [13] 조달청, 「입찰 참가 자격 심사 요령」, 1993.
- [14] 조문영, 김근태, 이준복, 「입찰참가자격 평가 지원시스템 개발(II)」, 연구보고서, 한국건설기술연구원, 1996.
- [15] Saaty, T.L., *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 1980.
- [16] Liberatore, M.J., "An extension of The Analytic Hierarchy Process for Industrial R&D Project Selection and Resource Allocation," *IEEE Trans. on Eng. Mgt.*, Vol. EM-34, (1987), pp.12-18.
- [17] Zahedi, F., "The Analytic Hierarchy Process-A Survey of The Method and Its Applications," *Interfaces*, Vol.166(1986), pp.96-108.

[부 록]

설문지

연구과제 : 대형공사의 최적입찰자 선정을 위한 계층분석모형의 개발

지원기관 : 한국학술진흥재단

연구책임자 : 전북대학교 산업공학과 정병호

Tel. 0652-270-2329

Fax. 0652-270-2333

E-mail : jeong@moak.chonbuk.ac.kr

안녕하십니까?

본 설문지는 정부기관 및 공공기관에서 발주하는 대형공사의 입찰에서 낙찰자를 선정하기 위하여 고려해야 할 요소들을 알아보기 위한 것입니다. 그동안 입찰가 위주의 입찰 방식으로 인하여 많은 부작용이 노출되고 있는 것으로 알려지고 있습니다. 따라서, 공공기관에서 발주하는 대형공사에 대하여 합리적인 낙찰자 선정을 위한 의사결정 모형을 제시하기 위하여 본 연구를 진행중입니다. 공사 종류에 따라 고려해야 할 요소가 다르겠지만 일반적인 관점에서 답변해 주시기 바랍니다. 토목, 건설 분야의 전문가이신 귀하의 의견은 본 연구에 귀중한 자료가 될 것으로 확신합니다. 귀하의 고견이 연구에 반영되어 객관적인 연구 결과가 도출될 수 있도록 바쁘시더라도 본 설문에 성실히 응답해 주시면 고맙겠습니다.

* 본 설문의 응답 내용은 연구목적 이외의 목적을 위해서는 절대로 사용하지 않을 것을 약속드립니다.

I. 입찰자 선정시 고려해야 할 요소

귀하께서는 다음 항목들이 대형공사의 최적 입찰자 선정 과정에서 고려되어야 할 요소로서 얼마나 중요하다고 생각하십니까? 해당되는 숫자에 √표시를 하여 주시기 바랍니다.

	낙찰자 선정시 중요한 정도				
	전혀 중요 하지 않음 (1)	(2)	보통 이다 (3)	(4)	매우 중요 (5)
1. 입찰가	_____	_____	_____	_____	_____
2. 시공능력 관련 요소					
기술인력 보유현황(회사전체)	_____	_____	_____	_____	_____
해당공사 수행조직(기술인력)	_____	_____	_____	_____	_____
설비 및 장비 조달 능력	_____	_____	_____	_____	_____
보유 기술 및 공법	_____	_____	_____	_____	_____
해당 공사를 수행할 수 있는 여력 <small>(현재 수행중인 공사로 인한 여유능력과 해당 공사 수행에 필요한 능력 비교)</small>	_____	_____	_____	_____	_____
과거 시공경험(동종)	_____	_____	_____	_____	_____
과거 시공경험(유사)	_____	_____	_____	_____	_____
3. 경영상태 관련 요소(전반적으로)					
자본구성(자기자본비율=자기자본/총자본)	_____	_____	_____	_____	_____
유동성(유동비율=유동자산/유동부채) <small>(유동비율은 단기채무를 지급하기 위하여 단기안에 현금화할 수 있는 유동자산이 어느 정도인가를 나타냄)</small>	_____	_____	_____	_____	_____
수익성(매출액 순이익율=순이익/매출액)	_____	_____	_____	_____	_____
활동성(총자본회전율=매출액/총자본)	_____	_____	_____	_____	_____
기술개발투자(기술개발투자액/매출액)	_____	_____	_____	_____	_____
4. 건설성 관련 요소					
시공업체로서의 성실성	_____	_____	_____	_____	_____
과거 시공평가 성적	_____	_____	_____	_____	_____
노동재해율	_____	_____	_____	_____	_____
5. 현장관리 계획 관련 요소					
품질관리 조직 및 계획의 적절성	_____	_____	_____	_____	_____
안전관리 조직 및 계획의 적절성	_____	_____	_____	_____	_____

