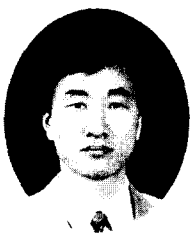
20년 후의 콘크리트 기술 예측



이도헌*

1. 머리말

항상 새롭고 더 나은 것을 추구하는 우리 건설기술자들, 특히 학교 및 업체에서 연구에 임하는 연구자들에게는 과연 앞으로의 기술이 어떤 방향으로 발전될 것인가에 대하여 깊은 관심을 가지게 마련이다. 따라서, 국가적으로도 이러한 기술발전의 올바른 방향을 모색하기 위하여 한국과학재단 등에서 매년 기술수요예측을 실시하여 지원하고 있기도 하다.

그러나, 건설기술의 핵심분야인 콘크리트 기술발전 방향에 대하여 국내에서는 아직 구체적으로 조사분석된 바가 없는 상황에서, 우리보다 선진기술을 획득하고 있는 일본콘크리트공학협회에서 자국의 콘크리트 기술발전방향을 모색하기 위하여 전문가들을 대상으로 한 앙케이트 조사가 시행되어 발표되었다.

일본에서 콘크리트 분야 전반에 걸쳐 조사된 이 결과는 다소 국내의 기술수준과는 거리가 있을지 모르겠으나, 국내의 기술개발 방향 설정에 많은 도움이 될 것으로 생각된다.

이번 앙케이트 조사는 일본 콘크리트공학협회에서 콘크리트공학지의 전신인 콘크리트저널 1974년 1월호에 「20년 후의 콘크리트를 생각한다」라는 제목의 앙케이트 조사결과를 게재한 이래, 21세기를 앞두고 25년만에 실시된 것이다.

그 동안 콘크리트 및 관련분야에서는 다양한 기술개발이 이루어져 보다 다양한 형태로 콘크리트의 용도가 확대되어 왔다. 그러나 한편으로는 해사의 사용으로 인한 염해 또는 알칼리골재반응 등에 의한 콘크리트구조물의 조기열화문제 등으로 인하여 콘크리트는 결코 순탄한 길을 걸어 온 것만은 아니다. 단, 이 내구성 문제는 여러 가지 면에서 콘크리트를

* 정회원, 대한주택공사 주택연구소 책임연구원

개선하는 좋은 기회가 된 것도 사실이다. 차세대, 특히 21세기에 콘크리트를 어떻게 계승할 것인가 라는 문제에 대해 관계자가 일치하여 신중하게 논의하게 된 좋은 계기가 되었던 것이다.

한편, 21세기까지 10년을 남겨둔 1990년대에 들어서는 다짐이 불필요한 콘크리트, 에코콘크리트 및 경관콘크리트와 같은 새로운 콘크리트의 개발, FRP의 이용, 유지관리나 품질보증 제도의 도입 등 종래의 콘크리트 개념을 180도 전환하고자 하는 발상이나 기술도 개발되었다.

21세기를 눈앞에 둔 현 시점에서 이상과 같은 점을 고려하여 다시 한 번 콘크리트가 나아가야 할 방향을 예측하기 위한 이번의 앙케이트 조사결과는 매우 의미가 크다고 생각되므로, 그 조사내용과 응답결과의 개요를 소개하고자 한다.

2. 조사대상

이번 조사는 20년 후에 본 조사결과를 회고하여 응답받을 수 있는 분으로서, 분야, 직장, 지역적 균형 등을 고려하여 현재 콘크리트 분야의 제1선에서 활약하고 있는 35~50세의 콘크리트공학 분야의 연구자 및 기술자 100명을 앙케이트의 대상자로 선정하여 응답을 의뢰하였다.

그 결과 73명이 응답을 하였으며 응답한 분들의 내역을 연대별, 직업별, 전문분야별로 나타내면 그림 1~그림 3과 같다.

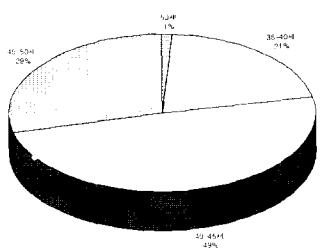


그림 1 조사대상자의 연령 구성

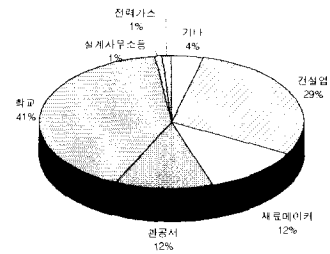


그림 2 조사대상자의 직업별 분류

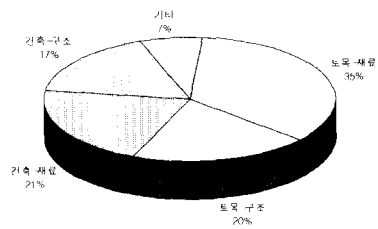


그림 3 조사대상자의 전문분야

3. 조사내용과 응답결과

아래에서는 이번 조사에서의 질문내용의 개요와 그에 대한 응답집계결과를 나타내고 집계결과에 대하여 약간의 고찰을 하였다.

3.1 콘크리트 및 콘크리트 구조물 전반

우선 콘크리트 및 콘크리트 구조물의 전반적인 내용으로서 20년 후 건설재료에서 콘크리트의 위상이나 콘크리트 공학분야의 연구동향 등에 대한 예측을 의뢰하였다.

(1) 건설재료에서 콘크리트 및 강재의 위상

구조물에서 콘크리트의 중요도가 어떻게 변할 것인가에 대해서는 그림 4와 같이 현재에 비해 줄어 것이라는 의견은 불과 5% 정도로 대부분이 20년 후에도 콘크리트는 현재와 같은 정도의 중요성을 가지는 재료로 보고 있다.

한편 그림 5에 나타나듯이 콘크리트와 함께 현재의 근간재료인 강재의 중요성에 대해서도 현재와 변함이 없을 것이라는 의견은 콘크리트와 비슷하지만 중요성이 줄어들 것이라는 의견은 14%로 콘크리트에 비하여 약간 많다.

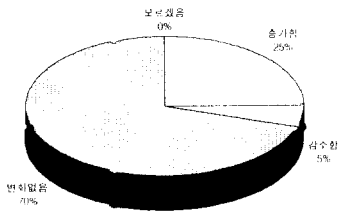


그림 4 건설재료에서의 콘크리트의 중요성

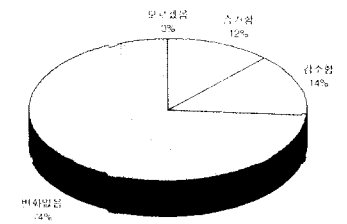


그림 5 건설재료에서의 강재의 중요성

(2) 20년 후 새로운 근간재료 출현 가능성

건설재료에서 콘크리트나 강재와 대등하거나 대체할 수 있는 새로운 근간재료가 출현할 것인가에 대해서는 그림 6과 같이 70%의 답변자가 근간재료의 출현은 없을 것이라고 생각하고 있어, 20년 이내에는 건설재료분야에서 새로운 변혁은 없을 것이라고 생각하고 있는 응답자가 많은 것 같다.

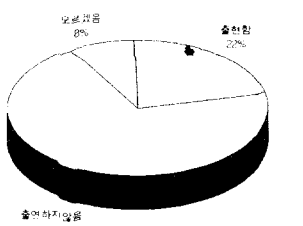


그림 6 새로운 근간재료의 출현 가능성

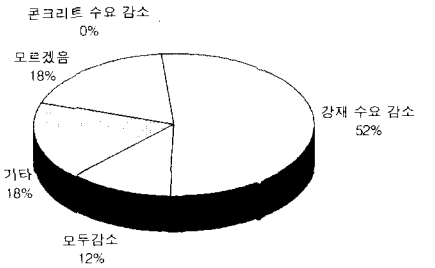


그림 7 콘크리트 및 강재의 수요

표 1 예상되는 근간재료

예상 근간재료	응답자수
섬유보강재료	13인
목재	3인
종이	1인
금속계	3인
세라믹계	1인

또한 새로운 근간재료의 출현을 예상하는 응답자를 대상으로 그 재료의 출현에 의하여 현재의 근간재료인 콘크리트 및 강재의 수요가 어떻게 변할 것인가를 조사하였다. 그 결과, 그림 7과 같이 그 재료의 출현에 의하여 콘크리트의 수요가 줄어들 것으로 응답한 사람은 적고 절반 이상이 강재의 수요감소를 예측하였으며, 구체적인 재료로서 표 1과 같이 강재의 대체품으로서 섬유보강재료를 꼽는 의견이 압도적으로 많았다.

(3) 20년 후의 콘크리트공학 분야의 관심사

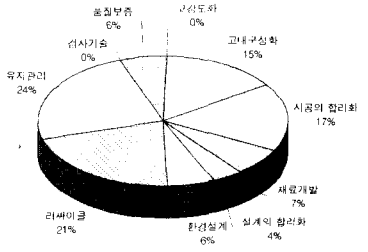
20년 후의 콘크리트 공학분야에서 관심이 높을 것으로 생각되는 것을 아래의 항목중 세가지만 선택하도록 하였다.

a. 고강도화	b. 고내구성화	c. 시공 합리화
d. 재료개발	e. 설계 합리화	f. 환경설계
g. 리싸이클	h. 유지관리	I. 검사기술
j. 품질보증	k. 기타(구체적으로)	

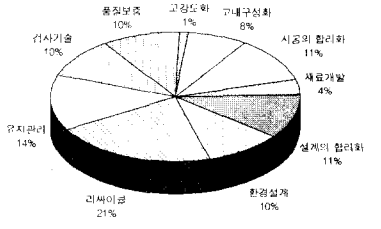
그 결과, 그림 8과 같이 전체적으로 최근 수년간 급속히 관심이 높아진 리싸이클 문제와 유지

관리문제가 20년 후에도 계속 커다란 관심사가 될 것으로 예상하는 경향이 많다. 그 외에도 고내구성이나 시공의 합리화 등 현재 관심이 높은 항목이 높은 순위에 랭크되어 있는 반면, 환경설계나 품질보증과 같은 현재는 초기단계에 있는 과제가 제3위에 랭크되어 상당히 높은 비율을 차지하고 있음은 주목되는 점이다.

제1위



제2위



제3위

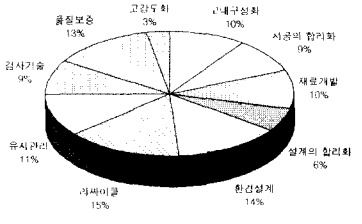


그림 8 20년 후 콘크리트공학분야의 관심사

또한 각 항목에 대한 보다 구체적인 과제에 대해서는, 예를 들어 리싸이클 문제에서는 「환경보전·자원유효이용」이나 「리싸이클시스템 확립」등, 유지관리문제에서는 「rehabilitation기술의 고도화」나 「유지관리시스템의 확립」등이 거론되었다. 그 외에는 많은 순서대로 「시공의 간편화·합리화(17인)」,「구조물의 각종성능 조사에 관계되는 품질보증(11인)」,「유지관리를 위한 검사기술 개발(8인)」,「성능조사형 설계시스템 확립(6인)」,「구조물의 고내구성화(6인)」,「환경부하평가기술 확립(5인)」 등의 과제가 꼽혔다.

3.2 콘크리트용 재료에 대하여

여기에서는 20년 후의 시멘트, 골재 및 혼화재료의 이용상황에 대한 예측을 의뢰하였다.

(1) 시멘트 이용상황

우선 보통포틀랜드시멘트 이용상황에 관한 예측에 대해서는 그림 9와 같이 70% 이상이 시멘트 총사용량 중에서 보통포틀랜드시멘트가 차지하는 비율이 현재보다 감소할 것으로 예측하고 있다.

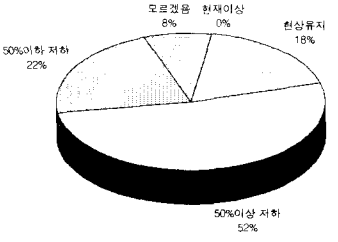


그림 9 보통포틀랜드시멘트의 이용상황 예측

한편 시멘트의 종류별 이용량 증가예측에서는 그림 10과 같이 시멘트 단체로서는 저열포틀랜드시멘트 이용증가를 예측하는 응답자가 1/4 정도로 가장 많았지만 그룹별로는 혼합시멘트의 이용증대를 예측하는 의견이 전체의 과반수에 달하였다. 이와 관련하여 저열포틀랜드시멘트의 선택이유로서는 많은 분들이 그 저발열성을 꼽았으며 이는 고유동콘크리트와 같이 시멘트 함유량이 풍부한 콘크리트에 대응하는 것을 전제로 하고 있는 것 같다.

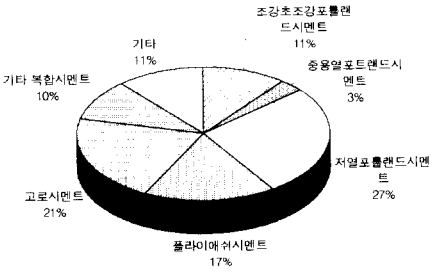


그림 10 이용량 증가가 예상되는 시멘트 종류

고로시멘트 또는 플라이애쉬시멘트 같은 혼합시멘트의 이용이 증대할 것이라고 예측한 이유로는 자원절약이나 환경문제 대응 및 高내구성콘크리트 제조 등의 의견이 많았다. 또한 그 밖의 시멘트로서는 「에코시멘트(5인)」, 「산업부산물혼합시멘트(4인)」, 「필라시멘트(3인)」등이 거론되었다.

(2) 골재의 이용상황

그림 11은 20년 후에 주로 사용될 잔골재의 예측결과로서, 혼합모래가 주로 사용될 것이라는 의견(43%)이 가장 많았으며, 천연모래가 주로 사용될 것이라는 의견(9%)은 적었다. 이것은 대다수의 응답자가 골재의 고갈화는 불가피하며 부족한 골재를 혼합하여 어떻게든 공급하고 있을 것으로 생각하고 있는 것 같다. 또한 혼합모래의 배합에 대해서는 매우 의견이 분분하지만 그 주류는 표 2와 같이 부순모래 또는 산업부산물일 것이라는 의견이 비교적 많았다.

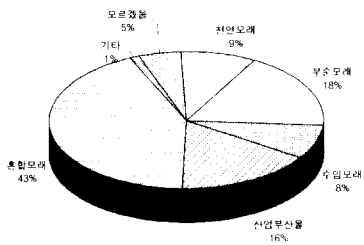


그림 11 잔골재의 이용량 예측

표 2 혼합모래로 이용되는 골재의 종류

혼합모래로 사용될 골재	응답자수
천연모래	14인
부순모래	22인
수입모래	9인
산업부산물	19인

마찬가지로 그림 12는 굵은골재의 이용예측결과로서, 20년 후에도 쇄석이 주로 사용될 것이라는 의견이 40%로 가장 많았다. 혼합골재가 주로 사용될 것이라는 예측비율은 잔골재에 비하여 적었는데, 굵은골재의 공급사정이 잔골재보다는 양호할 것으로 생각하고 있음을 알 수 있다. 한편 산업폐기물 등이 주류가 될 것이라는 예측비율이 잔골재와 굵은골재가 모두 16%나 되는 것으로 나타나, 앞으로 골재에 있어서 산업폐기물의 이용이 많이 보급될 것임을 예측하게 한다. 또한 혼합굵은골재의 이용을 주류로 생각하고 있는 경우, 골재의 조합면에서는 표 3과 같이 쇄석과 산업부산물이 사용될 것이라는 의견이 많았다.

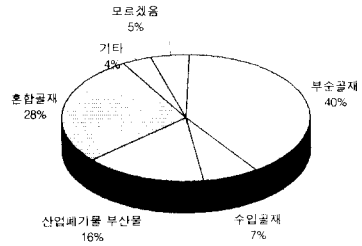


그림 12 굵은골재의 이용량 예측

표 3 혼합굵은골재로 이용되는 골재의 종류

혼합굵은골재로 사용될 골재	응답자수
쇄 석	17인
수입모래	7인
산업부산물	18인

(3) 혼화재료의 이용상황

표 4는 새로운 혼화재료의 개발 또는 현재 존재하는 혼화재료의 응용에 의하여, 20년 후에 콘크리트의 어떤 문제가 해결될 것인가에 대한 응

답결과이다. 혼화재료의 활용에 의해 시공성이나 내구성이 개선될질 것으로 보는 경향이 많다. 또한 이러한 콘크리트의 성능개선을 위하여 구체적으로 어떤 혼화재료가 이용될 것인지에 대해서도 많은 의견이 제시되었다. 이것을 정리하면 표 5와 같이 기존의 것의 개량이라고 답한 쪽과 새로운 재료의 개발이용이라고 답한 쪽의 비율이 대략 6 : 4였다.

표 4 혼화재료의 이용으로 개선될 콘크리트의 성질

개선이 예상되는 항목	응답자수
콘크리트 물성향상(강도발현, 수축저감 등)	11인
내구성 향상(균열억제 등)	19인
작업성 · 시공성 향상(응결시간 조정 등)	24인
환경에의 대응(저온환경하에서의 시공)	1인
혼화재료 자체의 고성능화	2인
혼화재료의 용도 확대	9인

표 5 혼화재료의 이용 내용

대 책	응답자수
기존 혼화제의 개량	6인
기존 혼화재의 개량	12인
새로운 재료의 개발	13인

3.3 콘크리트의 시공에 대하여

여기에서는 콘크리트 시공과 관련하여, 첫째는 레디믹스드 콘크리트 또는 최근 실용화되어 가고 있는 자기충전성을 가진 고유동콘크리트의 이용상황의 관점에서, 둘째는 타설, 다짐, 양생 등의 여러 가지 시공기술의 관점에서 20년 후의 변화에 대한 예측을 의뢰하였다.

(1) 고유동콘크리트의 이용상황

그림 13은 자기충전성을 가진 고유동콘크리트의 20년 후의 이용상황에 대한 예측결과로서, 이 결과에서는 일반적인 콘크리트로서 많이 사용될 것이라는 응답이 17%, 현재 일반적으로 사용되고 있는 콘크리트와 유동화콘크리트가 점유율을 양분할 것이라는 응답이 38%를 나타내어 두가지를 합하면 적어도 절반 이상의 응답자가 고유동콘크리트가 매우 널리 사용될 것으로 예측하고 있다.

또한 이와 같은 고유동콘크리트의 이용을 예상한 이유로서는 「시공의 합리화 · 간편화」를 제시한 응답자가 가장 많았으며, 기타 「고유동콘크리트의 이용에 의해 콘크리트의 품질이 향상된다」 또는 「제조기술이 향상되어 보다 저렴하게 만들 수 있게 된다」는 등의 의견도 있었다. 한편 20년 후에도 고유동콘크리트는 특수공사에만 사용되고 있다는 응답도 36%나 되었는데 그 이유로서는 표 6과 같이 「Cost 문제」를 꼽는 의견이 압도적으로 많았다.

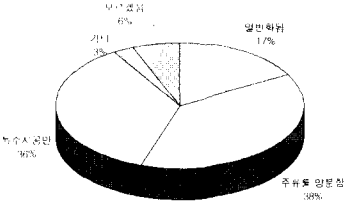


그림 13 자기충전성 고유동콘크리트의 이용상황 예측

표 6 고유동콘크리트가 보급되지 않을 이유

고유동콘크리트의 이용이 증가하지 않는 이유	응답자수
Cost가 높다	16인
시공 · 시공관리에 어려움이 남는다	9인
기술보급에 시간을 요한다	3인
내구성이 확실하지 않다	2인
용도가 확산되지 않고 오히려 中유동의 수요가 높다	3인
고용확보에는 일반 콘크리트가 유리	1인

(2) 시공기술수준의 변화

여기에서는 철근공, 거푸집공, 타설, 다짐 또는 양생 등의 시공기술에 대한 20년 후의 예측을 의뢰하였다.

우선, 철근공에 대한 자동화시공의 보급에 관하여 그림 14와 같이 철근공의 자동화가 이루어

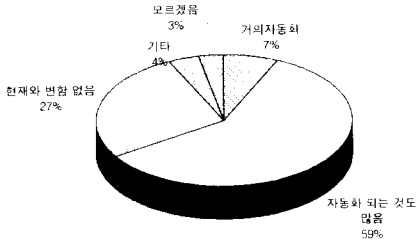


그림 14 철근공의 기술수준 예측

질 것이라는 의견이 2/3를 차지하였다. 한편 기타로는 「숙련공의 감소에 의해 배근의 품질저하나 어려운 배근은 불가능하게 될 것이다」라는 염려를 나타내는 의견도 소수 있었다.

거푸집공에 대해서는 그림 15와 같이 「precast화되어 거푸집은 불필요해질 것이다」, 「거푸집공이 자동화될 것이다」 및 「현재와 별 차이가 없을 것이다」라는 의견이 거의 비슷한 비율로 의견이 나뉘었다.

다음으로 콘크리트공의 타설방법에 대해서는

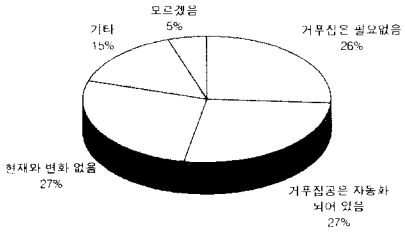


그림 15 거푸집공의 기술수준 예측

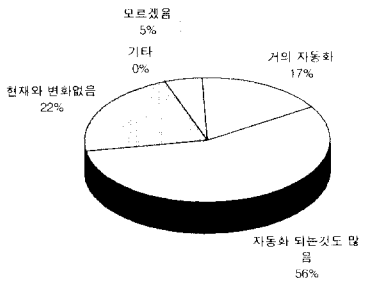


그림 16 콘크리트 타설방법의 기술수준 예측

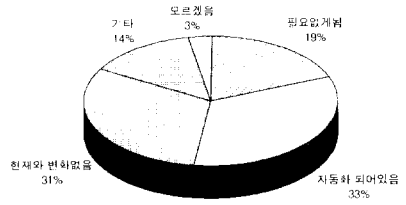


그림 17 다짐방법의 기술수준 예측

그림 16과 같이 자동화가 보급될 것으로 예상하는 응답자가 전체의 3/4를 차지하였다. 이에 비해 다짐에 대해서는 의견이 나뉘었다. 고유동콘크리트의 보급에 따라 「다짐이 불필요해질 것이다」라는 의견은 「기타 의견」중에서 「다짐이 불필요한 경우도 많아질 것이다」는 의견을 포함하면 전체의 25% 정도가 되어 그림 17과 같이 「자동화된다」 또는 「현재와 별 차이가 없다」라고 예상하는 의견 등과 거의 세갈래로 나뉘는 상황이었다.

마감, 양생방법 및 이음처리의 장래 예측결과는 그림 18~그림 20과 같다. 이 중 마감에 관해서는 2/3 이상이 자동화의 보급을 예측하고 있으나 양생방법에 관해서는 과반수 정도가 현재

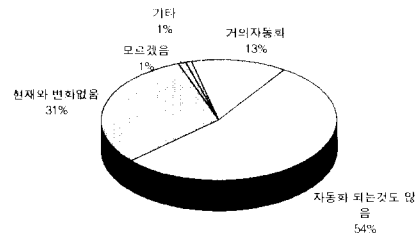


그림 18 마감방법의 기술수준 예측

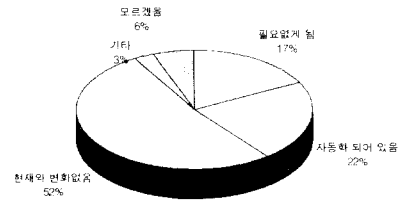


그림 19 양생방법의 기술수준 예측

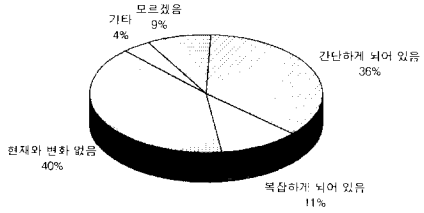


그림 20 이음처리방법의 기술수준 예측

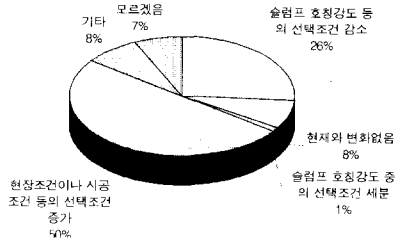


그림 22 20년후의 레미콘 JIS규격 내용

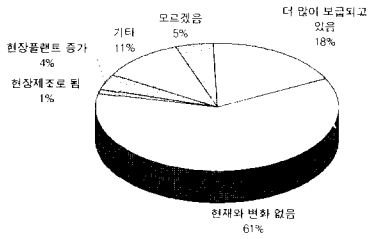


그림 21 JIS규격 레미콘의 보급상황 예측

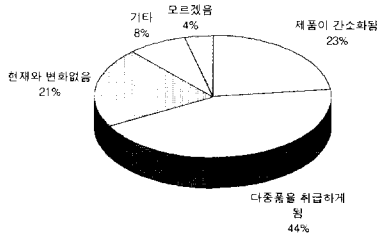


그림 23 레미콘 플랜트에서의 사용재료 제한

와 거의 다르지 않을 것으로 보고 있으며 자동화를 예상하는 쪽은 1/4정도에 그치고 있다.

또한 이음처리에 대해서는 precast화가 이루어져 그 처리가 간편해질 것이라는 응답과 현재와 다르지 않을 것이라는 응답이 거의 같은 비율이었으나(약40%), 오히려 번잡해질 것이라는 대답도 10% 정도 있었다.

(3) 레디믹스드 콘크리트

20년 후의 JIS규격 레미콘의 보급에 대해서는 그림 21과 같이 현재와 차이가 없다고 하는 의견이 절반 이상을 차지하였으며, Dam(댐) 등도 포함하여 더욱 보급될 것이라는 의견은 겨우 10% 정도에 불과하였다.

JIS규격의 내용에 관한 질문에 대해서는 그림 22와 같이 과반수의 응답자가 현재의 시방이외에 환경조건이나 시공조건으로도 선택할 수 있는 선택조건이 증가할 것으로 생각하고 있다. 한편 현재의 슬럼프나 호칭강도의 선택폭에 대해서는 감소할 것이라고 대답한 의견이 증가할 것이라고 대답한 의견에 비하여 압도적으로 많았다. 이것은 콘크리트의 다양화와 함께 그 성능을 보다 직접적으로 평가하게 될 것이라고 예상하기 때문으로 생각된다. 한편 이들 JIS규격에 관한 문항에 대하여 기타 의견으로서 규격화가 폐지되고 제품이 모두 성능규정화될 것이라는 응답자도 일부 있었다.

다음으로, 현재의 레미콘 플랜트 설비에서는 시멘트의 종류나 골재의 종류, 혼화재료의 사용에 선택상의 제한이 있는데, 이것이 20년 후에 어떻게 될 것인가에 대하여 질문한 결과를 그림 23에 나타내었다. 여러 품종의 재료를 취급하게 될 것이라는 의견이 절반 가까이 차지하고 있는데, 산업폐기물의 이용 등도 포함한 재료의 다양화와 그 한편에서 진행될 콘크리트의 성능규정화가 관련되어 있는 것으로 생각되었다. 또한 레미콘의 품질보증방법에 관하여 현재 주로 실시하고 있는 현장도착지점에서의 콘크리트시험에 의한 품질보증이 20년 후에는 어떻게 변화될 것인가에 대한 응답을 그림 24에 나타내었다. 40% 정도가 「레미콘 공장에서 이루어지는 시험으로 품질이 보증

받게 되어 현장도착지점에서의 시험은 간편화된다」고 하였으나, 「품질보증을 엄밀히 시행할 필요로 인해 시험은 더욱 까다로워 진다」 또는 「현재와 차이가 없다」고 생각하는 의견도 각각 1/4 정도로 나타나 의견이 나뉘는 경향이었다.

마지막으로 현재 각 지구에 있는 협동판매시스템과 가격통일에 대한 20년 후의 예측결과는 그림 25와 같다. 「20년 후에는 협동판매시스템이 붕괴되고 자유경쟁에 돌입하여 각 지구에서도 가격은 공장마다 달라질 것이다」라는 의견이 2/3를 차지하였다. 레미콘업계에 대한 좋지 않은 견해라고도 할 수 있으나, 실제로 경쟁력 있는 플랜트, 기술력 높은 플랜트가 살아 남을 것이라는 의견이 대부분이라고 여겨진다.

한편, 기타 레미콘의 장래에 관한 자유로운 의견들을 정리하면 표 7과 같다.

표 7 미래의 레미콘에 관한 의견

레미콘의 미래에 관한 주요 의견	응답자수
레미콘 플랜트의 차별화가 진행	17인
레미콘산업 자체의 성장이 필요 (규제완화를 포함)	10인
콘크리트제품의 성능규정화	3인
기타 의견	7인

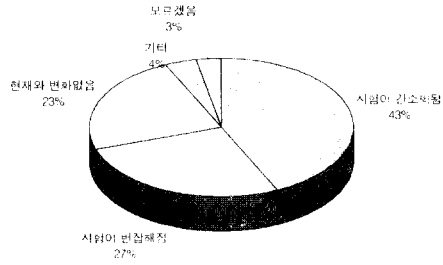


그림 24 레미콘의 품질관리시험

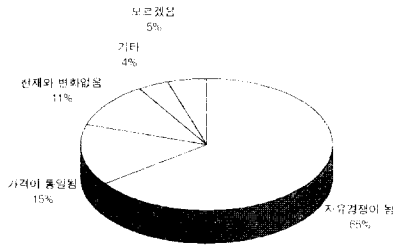


그림 25 레미콘의 협동판매시스템

(다음호에 계속)