

배합설계상의 현장콘크리트 품질향상 방안 Mix Design for Quality Improvement of In-Situ Concrete



윤 상 대*



배 수 호**

1. 서 론

콘크리트의 배합설계는 콘크리트의 성능이나 품질, 내구성을 지배하는 가장 중요한 요인의 하나이다. 그러므로 콘크리트공사에서 배합의 결정은 매우 신중해야 한다. 콘크리트 배합의 결정에는

- ① 콘크리트에 요구되는 목표품질의 결정(강도 특성, 내구성, 시공성, 수밀성, 경제성 등)
- ② 시방배합을 정하기 위한 조건의 설정
- ③ 재료의 선정
- ④ 배합계획
- ⑤ 시험비법 및 배합의 수정
- ⑥ 시방배합의 결정 및 현장배합의 보정이란 일련의 행위가 포함된다.

이들 일련의 행위를 '배합설계'라 한다.

또한 시방배합을 정하기 위하여 조건이 설정되고 재료의 선정이 시행된 후 시험배합을 계산하는 것을 '배합계산'이라 불려서 구별한다. 최근 사회

여건의 급속한 변화로 사회간접시설의 확충에 따른 구조물의 대형화, 건설노동력의 부족, 노령화, 3D현상 등에 의한 시공성의 문제로 부실공사가 사회문제화되고 내구성의 저하에 따른 경제적 손실, 폐기물에 의한 환경문제 등으로 지금까지의 강도 특성을 위주로 한 배합설계는 개선되어야 한다.

또한 콘크리트용 양질의 하천골재는 거의 고갈되어 이의 대체골재로서 굵은골재는 부순돌에 의존하고 잔골재는 해사, 산사, 입도가 불량한 하천사(세사)가 배합설계상의 배려없이 그대로 사용되고 있는 실정이다.

이에 대한 대책으로서는 콘크리트 표준시방서나 레디믹스트 콘크리트 규정에 명시된 표준입도의 범위에 드는 골재를 사용하게 되어 있는 것을 지양하고 표준입도의 범위를 벗어난 골재라도 해당 골재의 성질에 적합한 배합설계를 통하여 사용할 수 있도록 유도하여야 할 것이다. 따라서 KS F 4009 레디믹스트 콘크리트의 호칭강도만으로 수요자가 선정·사용토록 되어 있는 규정에 의해 공공기관이나 엔지니어링회사에서 콘크리트의 배합설계를 하지 않고 레미콘을 선정·사용하는 것은 부실공사의 주원인이 된다. 이에 따른 국가경제적

* 정회원, 농어촌진흥공사 농공기술연구소 수석연구원
** 정회원, 농어촌진흥공사 농공기술연구소 연구원

손실은 천문학적인 액수이며 이는 사회적인 문제와 환경문제로 이어지게 되므로 레미콘공장에서 임의로 비빈 콘크리트의 사용은 재고되어야 할 것이다.

우리 나라는 세계적으로 유수의 시멘트 생산국이자 국민 1인당 세계 제일의 시멘트소비국가로 1990년 1인당 792kg, 1993년 1인당 1000kg을 넘는 소비를 하고 있다.

또한 콘크리트 품질은 지역환경분제와도 관련되며 장래 에너지자원과도 관련되어 시멘트산업은 자원에너지 다소비형의 산업체질에 간접적으로 기여하는 것이 된다. 1988년에 개정된 콘크리트 표준시방서나 1993년에 제정된 건축공사 표준시방서 철근콘크리트공사편에서는 콘크리트 배합설계, 배합관리, 품질관리 등의 넓은 의미에서 배합설계의 표준적인 방법을 나타낸 것으로, 최근에 나타나는 제문제점을 사전에 방지하거나 콘크리트 품질을 개선키 위한 신기술의 도입이 미흡하다.

따라서 본고에서는 표준시방서에 규정된 콘크리트에 대하여 개선하여야 할 물-시멘트비의 한도나 슬럼프, 공기량의 범위, 내구성 등 배합상의 제한치에 대하여 최근 개발된 이론을 가미하여 기술한다.

2. 콘크리트 표준시방서

콘크리트 표준시방서는 설계편, 시공편, 포장콘크리트, 댐콘크리트로 편성되어 설계편에 설계총칙, 강도설계법, 허용응력설계법의 각구조 세목에 대한 규제제한사항이 규정되어 있다. 시공편은 시공총칙, 일반콘크리트, 프리스트레스트콘크리트, 특수콘크리트 대한 사항이 포장콘크리트 및 댐콘크리트에서도 마찬가지로 규제제한사항이 규정되어 세부사항은 설계자가 정하여 배합설계를 하도록 되어 있다.

건축공사표준시방서 철근콘크리트공사에서도 일반적인 규제사항 위주로 되어 있으며 세부사항에 대하여는 계획설계자가 정하여 배합설계를 시행하여 사용토록 되어있다. 콘크리트표준시방서에서는 설계자가 설계기준강도를 정하여 사용토

록 되어 있어 설계자가 정한 품질기준에 대한 명시나 배합설계없이 단지 KS F 4009 레디믹스트 콘크리트의 배합에에서 선정·사용하고 있다.

그러나 콘크리트의 배합설계 내용은 각각 시설물의 계획내용, 규모, 구조, 환경여건, 부재, 시공여건, 유지관리여건 등에 따라서 다르게 적용되어야 하는데, 실제에 있어서는 이러한 구분없이 레디믹스트 콘크리트를 그대로 사용하는에서 문제점이 발생되고 있다. 현행의 콘크리트 표준시방서에서도 막연하게 물-시멘트비의 한도나 슬럼프, 공기량의 범위 등 배합상의 제한치에 대하여도 시공성이나 내구성이 고려되지 않은 종래의 개념으로 추천값이 규정되어 있다.

따라서 목표품질의 설정이나 배합세칙적인 규정에 대하여는 별도의 지침이 제정되어야 하는데 아직 제정되지 못한 상태이고, 또한 오늘날 콘크리트에 요구되는 조건이 다양화되어 이에 따른 각종 콘크리트의 배합설계 시공지침이 작성되어야 할 것이다.

3. 콘크리트 배합설계 및 시공지침에서 고려할 사항

3.1 배합

3.1.1 총칙

총칙은 목적, 적용범위 및 용어를 명시하여야 한다. 목적은 콘크리트 배합설계에서 고려하여야 할 사항 및 배합설계의 고려방법, 구체적인 배합계산을 하여야 할 경우 표준적인 방법을 제시, 콘크리트 배합설계를 시행할 수 있는 편람이 되도록 하여야 한다.

현행 콘크리트표준시방서에서는 설계기준강도에 대한 기준의 명시없이 수중콘크리트, 프리스트레스트 콘크리트정도만 명시되어 있고 포장콘크리트에 대한 휨강도가 명시되어 있으며 댐콘크리트의 내부콘크리트와 외부콘크리트에 대한 것이 규정되어 있다.

건축공사표준시방서 철근콘크리트공사에서는 고급·보통콘크리트로 구분, 단위시멘트량의 최소값을 규정하고 경량콘크리트의 단위시멘트량의

최소값도 명시하였다. 한편 참고배합표에서는 최신이론에 상치되는 물-시멘트비 45~70%까지, 슬럼프 8~21cm까지를 명시하여 콘크리트의 새로운 개념에 적합하지 않은 참고배합표를 제시하고 있다.

따라서 선진국에서 이미 개발되어 실용화되고 있는 고품질콘크리트개념의 도입이 요구되며 특히 구조물의 거대화, 건물의 고층화에 따른 자원에너지 절약, 경제성, 환경악화의 저감 등을 종합적으로 고려하여 일반적으로 실용화가 가능한 설계기준강도 600kgf/cm²까지의 고강도콘크리트에 대한 표준시방의 제시가 요구되고, 600kgf/cm²이상의 설계기준강도도 사용할 수 있도록 하여야 할 것이다. 특히 용어에 있어서도 개념적으로 재정립이 필요하다. 예를 들면 구조체콘크리트, 구조체콘크리트의 강도, 허용 최소한계강도, 슬럼프손실, 재료분리의 정확성, 결합재, 물-결합재비, 단위결합재량, 표준단위수량 및 표준단위 굽은골재 겹보기용적 등이 필요하다.

특히 최근에는 구조체의 성격에 따라서 구조체콘크리트강도의 의미는 원래 임의의 재령에 있어서 구조체중에서 발현되는 강도로 되어 있으나 구조설계에 있어서는 구조물이 공용되는 기간 중에 설계기준강도를 확보하는 것으로 정의되어야 한다. 이는 최근 콘크리트의 혼화제나 혼화제 등의 사용에 의한 품질개선이 현저화되었기 때문에 장기강도발현에 대한 배려로 종래 28일강도를 기준으로 설계기준강도를 정하는데는 비효율적이 될 경우가 많다. 이 개념은 그림 1에 표시한 것과 같다.

이때문에 구조체콘크리트의 강도는 어느 재령에 있어서 압축강도로 정의할 필요가 있는데, 일반적으로 선진국에서는 코어공시체의 재령 91일의 압축강도를 채택하고 있다. 표준단위수량 및 표준단위 굽은골재 겹보기용적은 종래에 이 용어 대신 '단위수량의 표준치' 및 '단위굽은골재 겹보기용적의 표준치'를 kg/m³표시, 보통포틀랜드시멘트를 사용한 하천골재, 플레인콘크리트의 경우에 대하여 사용하였다.

그러나 최근에는 골재사정이 변화되어 현재는 하천굽은골재 대신 부순돌 또는 하천활재도 그대

로 선별한 것이 아니라 부순자갈로 사용하는 것이 대부분이다. 콘크리트의 워커빌리티 개선을 위하여 혼화제를 사용하는 것이 보통이므로 대개의 경우 AE제나 AE감수제, 고성능감수제 등의 사용에 의하여 단위수량의 표준치 및 단위굽은골재 겹보기용적의 표준치를 정할 때 표준으로 하는 재료량이 크게 다르게 된다. 이 때문에 계획배합의 단위수량 및 단위굽은골재 겹보기용적을 정할 때 기준으로 되는 이들의 용어 및 단위량의 기준을 새로 정할 필요가 있다.

3.1.2 배합설계 순서 및 목표품질

1) 배합설계 일반적 순서

(1) 목표로 할 품질항목 및 목표치의 설정

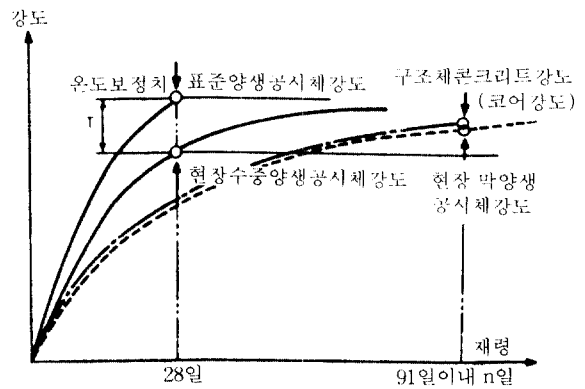


그림 1 구조체콘크리트의 강도개념

구조물의 제 조건이나 시공조건을 고려하여 콘크리트에 요구되는 소요의 성능이나 품질을 검토하여 목표로 할 품질특성을 추출하여 목표치를 설정한다. 이는 지금까지의 강도특성 뿐만 아니라 제 조건(중성화, 염해, 동해, 수밀성, 시공성 등)에 따른 내구성을 동시적으로 고려하면 현재의 강도특성만을 고려할 때보다 단위시멘트량이 대폭 증대되며 또한 고성능감수제를 사용할 때는 물-시멘트비가 40%이하로 되어(30~35%정도) 콘크리트품질이 획기적으로 향상되며 강도 특성은 물론 내구성면, 시공성 등이 개선되어 극단적으로 표현하면 콘크리트의 혁신적 품질을 확보, 현재화된 부실공사를 근본적으로 해결할 수도 있다(반영구

적인 구조물 축조가 가능). 그러나 여기서 반드시 고려할 사항은 단위시멘트량의 증대에 따른 수화열에 대한 대책이다.

(2) 계획배합을 정하기 위한 조건의 설정
비벼진 콘크리트가 공사현장에 운반되어 구조체에 타설, 양생되어 구조체콘크리트로서 완성될 때까지는 그림 2와 같은 각 단계가 있다.

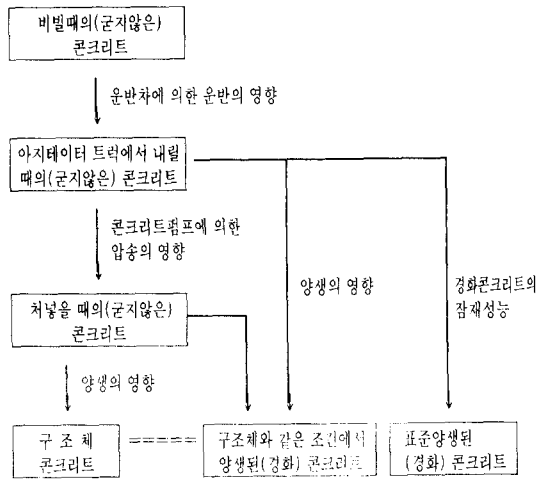


그림 2 배합설계의 대상으로 할 콘크리트

배합설계에서 목표로 할 품질항목 및 목표치는 통상의 경우 굳지 않은 콘크리트에 있어서는 콘크리트를 치넣을 때, 굳은 콘크리트에 대하여는 구조체콘크리트에 대하여 규정되어 있다. 이 때문에 배합계산을 하기 위하여는 이것을 비밀 때의 조건으로 변환을 할 필요가 있다. 구체적으로는 배합강도(비밀 때의 가능한 목표강도), 비밀 때 슬럼프, 비밀 때 공기량 등을 설정하여야 한다.

(3) 재료의 선정

목표에 따른 콘크리트 재료를 선정하여야 하는데, 실제적으로는 콘크리트 재료의 저품질화로 잔골재의 경우 표준입도에 들어가는 재료를 입수하는데는 경제적으로, 양적으로 허용되지 않는 경우가 대부분으로 이를 배합검토에서 고려하여야 한다.

(4) 배합계산과 시험비빔배합의 산출

시방배합은 최종적으로는 시험비빔에 의하여 정하게 되는데 시험비빔을 위한 배합은 배합계산

에 의하여 구한다. 시험배합계산에서는 목표품질을 확보하기 위하여 종래 강도특성에 의한 것을 내구성, 시공성 등을 종합적으로 한 배합계산이어야 한다. 예를 들면 고성능감수제의 사용에 의한 다짐이 필요없는 콘크리트의 제조, 내구성 확보를 위한 단위시멘트량의 획기적인 증대와 물-시멘트비의 획기적인 감소, 특히 환경에 대처하기 위한 혼화재료나 특수시멘트의 사용 등이다.

(5) 시험비빔배합의 검토

배합계산에서는 통상 압축강도와 워커빌리티에 대하여 목표를 만족하는 배합계산을 시행하나 최근에는 워커빌리티의 개념이 다르고 내구성이 문제가 되는 것과 환경문제, 에너지절감 등을 전망할 때 종래의 목표강도를 위주로 하던 배합계산을 내구성, 시공성을 고려한 배합이어야 한다. 그 이유는 잔골재의 사용현황이 해사의 비중이 높고 하천잔골재도 입도가 불량하여 실제적으로 내구성이 문제가 되는 사례가 많기 때문이다.

(6) 시험비빔과 배합의 수정

시방배합은 시험배합을 시행하여 배합을 수정하여 결정한다. 이는 전술한 것과 같이 단위시멘트량의 대폭적인 증대, 고성능감수제의 사용에 의한 워커빌리티의 획기적인 개선 등에 의해 정해지는 물-시멘트비는 시험배합을 통하여 물-시멘트비가 역으로 계산되어야 한다.

(7) 시방배합으로부터 현장배합으로의 보정

골재의 함수율 등에 의한 보정으로 시방배합의 결정으로부터 현장배합의 보정을 순서도로 표시하면 그림 3과 같다.

2) 배합설계의 기본개념을 개선하여야 할 이유

콘크리트의 강도나 내구성은 콘크리트중의 공극과 밀접한 관계가 있다. 콘크리트는 굵은골재, 잔골재, 시멘트, 물, 기타 혼화재료로 구성되며, 굵은골재의 공극은 잔골재가 채우고 잔골재의 공극은 시멘트가 채우며 시멘트보다 미세한 혼화재료가 시멘트공극을 채우는데 결국 이 공극이 적을수록 강도는 높게 되고, 중성화, 염해, 동해에 대한 저항성이 크게 되어 내구성이 높게 되는 것이다.

또한 같은 이론으로 골재의 입경이 큰 것과 작은 것이 공극을 가장 적게 하는 비율로 배합되어

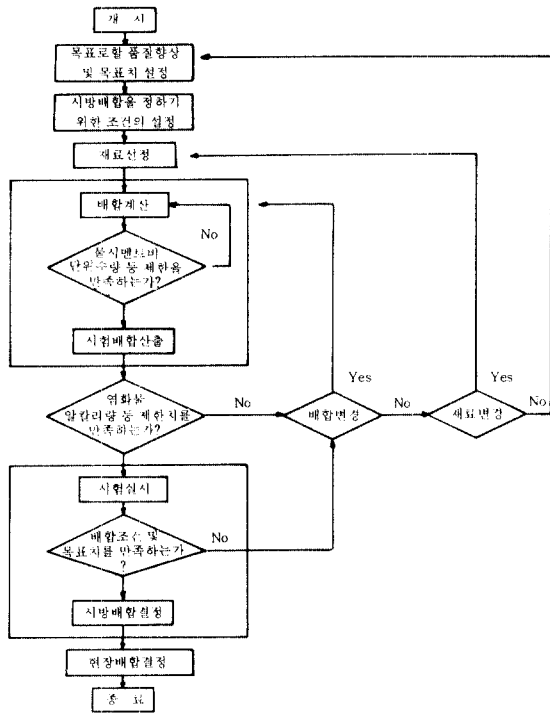


그림 3 배합설계 순서

야 한다. 이것이 이른바 지금까지의 강도특성을 배합설계에서 적용하는 표준입도의 개념이다. 그러나 전술한 바와 같이 지금은 표준입도에 들어가는 잔골재는 드물고, 그렇다고 인위적으로 입도를 조정하는 데는 여러 가지 문제가 따른다.

따라서 표준입도의 범위에 들어가지 못하는 골재를 사용하기 때문에 단위시멘트량의 증가와 혼화재료의 사용이 요구되는 것이다. 한편 물-시멘트비가 적으면 즉 단위수량이 적으면 강도는 높게 되나, 시공성 때문에 단위수량을 줄이는데는 한계가 있었다. 그러나 현재는 고성능감수제의 사용에 의하여 단위수량을 대폭 줄여도 소요의 워커빌리티를 확보할 수 있다.

3.1.3 배합설계의 목표로 할 품질

배합설계에서 고려하여야 할 품질의 항목으로서 구조설계와 관련된 품질특성, 내구설계와 관련된 품질특성 및 시공과 관련된 품질특성이 있다.

1) 구조설계와 관련된 품질특성

구조설계와 관련된 품질특성으로서는 설계기준 강도, 구조체콘크리트강도의 설계기준강도에 대한 불량률 및 허용최소한계강도, 탄성계수 및 기건단위용적중량이 있다.

2) 내구설계와 관련된 품질특성

내구설계와 관련된 품질특성으로서는 중성화, 표면노후화, 염화물이온 침투 및 철근부식에 대하여 소요의 저항성을 얻기 위하여 물-시멘트비와 압축강도, 염화물량, 무해로 판정되지 않는 골재를 사용할 경우 알칼리량, 동결융해작용에 대하여 소요의 저항성을 확보하기 위한 공기량 또는 콘크리트의 고품질화, 균열 발생을 저감시키기 위한 단위수량 및 단위시멘트량, 수화열제어를 위한 저감대책(액체질소의 사용 등) 등이 있다.

3) 시공과 관련된 품질특성

시공과 관련된 품질특성으로서는 시공상 요구되는 강도(조기강도), 응결시간 및 워커빌리티 특히 다짐이 필요없는 반죽질기 등이다. 워커빌리티는 굳지 않은 콘크리트의 슬럼프 또는 슬럼프 후로 표시되어 유동성과 분리저항성이 있다.

이들 품질항목을 고려한 구체적인 배합계산의 순서를 그림 4에 표시하였다.

3.1.4 배합설계의 목표치를 정하는 방법

배합설계의 목표치는 관련규정이나 특기시방서에 의하여 정하는 것이나 일반적으로는 다음과 같이 정하는 것이 좋다.

1) 설계기준강도, 구조체콘크리트강도의 설계

기준강도에 대한 불량률 및 허용최소 한계강도, 탄성계수, 기건단위중량은 설계도서에 의하는 것으로서 주요한 기준을 정하는데 있어서는 설계기준강도의 적용범위, 설계기준강도에 대한 불량률 및 허용최소한계강도를 고려하여, 구조계산에서 적용한 탄성계수에 의하나 이 항목에 대하여는 명확한 기준이 정립되어 있지 않으므로, 철근콘크리트설계편람에서 제시한 계산값과 압축강도별 제

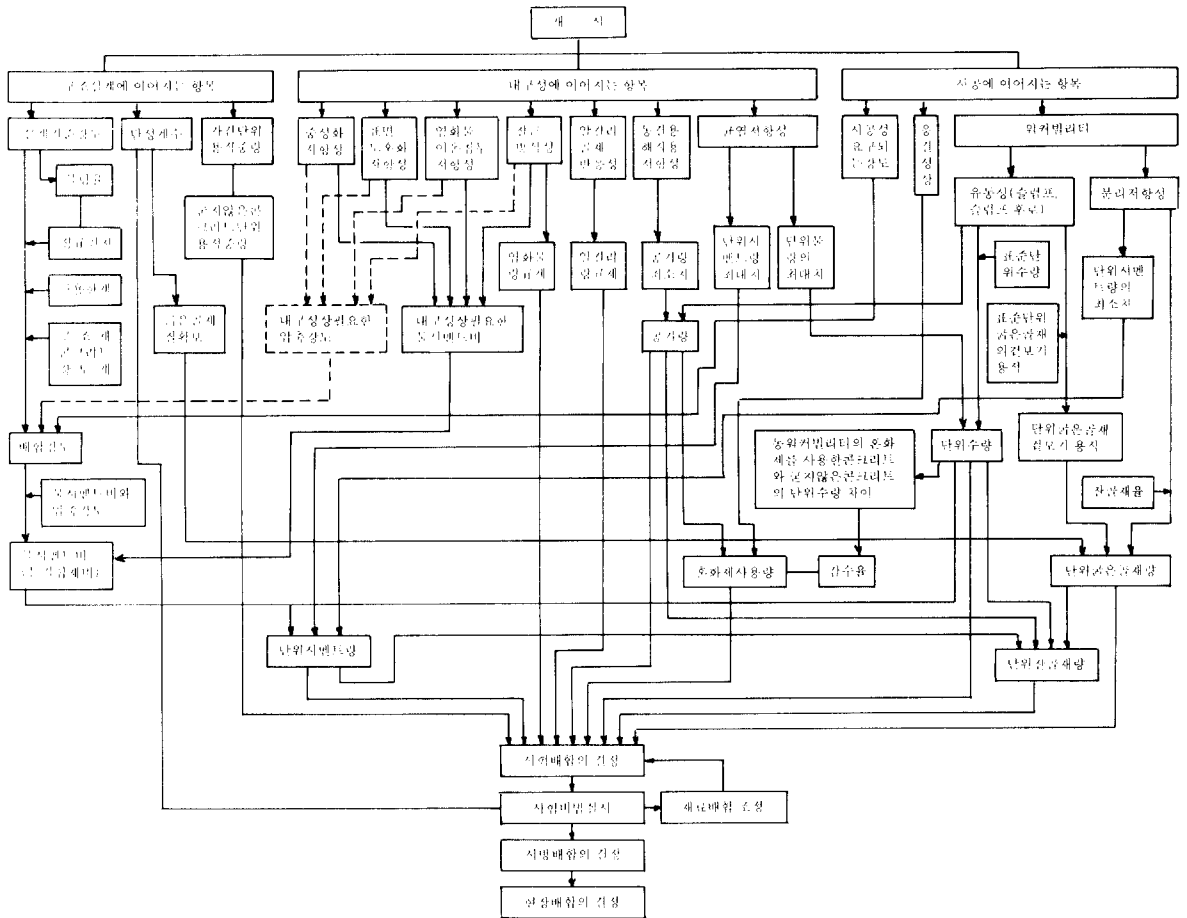


그림 4 배합설계의 일반적인 순서

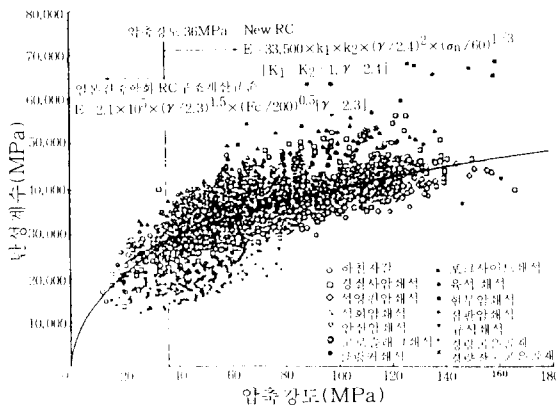


그림 5 압축강도와 탄성계수와의 관계

시한 탄성계수 추정치를 사용할 수 있다. 최근 고강도콘크리트화 되어감에 따라 철근콘크리트설계편람의 제시한 값을 넘는 경우에는 그림 5에 표시한 일본의 우택야구에 의한 추정식(NEW RC식)에 의하여 검토한다. 지금까지는 배합설계조차 하지 않았을 뿐만 아니라 이러한 사항에 대하여는 개념조차 정립되어 있지 않았다.

2) 콘크리트의 내구성을 저하시키는 외적요인으로 되어 있는 노후화 외력에 대한 배합설계상의 유효한 대책으로서 물-시멘트비를 적게 하는 것이다. 물-시멘트비에 관계되는 내구성의 항목으로서 중성화, 표면노후화, 염화물이온 침투성, 철근부식 등이 있다.

또한 물-시멘트비에 대신하여 내구성상 필요한

압축강도를 정하는 방법이 있는데, 이 압축강도를 '내구설계기준강도'라 부른다.

한편 실험결과에 의하면 내구적인 콘크리트를 제조하기 위하여 단위시멘트량을 증가시키고 (단위시멘트량 $450\text{kg}/\text{m}^3$ 이상) 고성능 감수제를 사용하면 소요의 워커빌리티(극단적으로는 다짐이 필요없는 콘크리트로 슬럼프후로 $65\pm 5\text{cm}$ 정도)를 확보하면서 물-시멘트비를 30~35%까지 낮추어 치밀한 콘크리트의 제조가 가능하고 전술한 내구설계기준강도 개념에도 일치하는 일축압축강도 $450\text{kgf}/\text{cm}^2$ 이상의 고품질콘크리트의 제조가 가능하며 혼화재를 사용하면 더욱 높은 내구설계기준강도를 확보할 수 있다.

3) 염화물량이나 무해로 판정되지 않은 골재를 사용할 경우의 알칼리량은 콘크리트표준시방서에 의한다. 염화물에 대하여는 콘크리트시방서에 철근콘크리트나 포스트텐션방식의 프리스트레스트 콘크리트의 경우에 포함되는 해사의 염화물의 허용한도의 표준은 해사의 절대건조중량에 대하여 NaCl로 환산하여 0.10%로 한다. 또한 내구성이 특히 요구되는 철근콘크리트나 프리텐션방식의 프리스트레스트 콘크리트의 경우에는 해사에 포함되는 염화물의 허용한도 표준은 해사의 절대건조중량에 대하여 NaCl로 환산하여 0.04%로 규정되어 있다. 실험결과에 의하면 압축강도 $450\text{kgf}/\text{cm}^2$ 에서는 함유염분이 0.15%인 해사에서도 녹이 슬지 않는다. 해사를 그대로 사용할 수 있는 강도의 한계라고 할 수 있다.

또한 알칼리골재반응에 대한 시험에 대하여는 잔골재 해설부분에서 막연하게 설명되어 있으나 실제로는 잔골재보다 굵은골재에서 발생하는 경우가 많다. 따라서 중요한 구조물이나 규모가 큰 구조물, 보수가 용이하지 않은 구조물의 경우는 반드시 알칼리골재반응성시험을 한후 반응성이 없음을 확인하여야 한다.

4) 양호한 워커빌리티를 얻기 위한 공기량은 보통의 경우 보통콘크리트에서 4.5%, 경량콘크리트에서 5%를 표준으로 하고 동결융해작용에 대하여 소요의 저항성을 얻기 위하여는 보통콘크리트에서 5%, 경량콘크리트에서 6%를 표준으로 한다는 것이 이론이론이다. 그러나 공기량의 증대에 따라

서 콘크리트의 강도가 저하되고 중성화 진행속도를 빠르게 한다는 보고가 있으므로 콘크리트내에 적정공기량을 유지시켜야 한다.

한편 물-시멘트비 35%미만의 고품질콘크리트에서는 공기연행제의 사용없이도 동결융해시험 300사이클에서 상대동탄성계수가 100%이상으로 내동해성이 획기적으로 개선된다는 연구결과와 고품질콘크리트는 내동해성이 매우 우수하다는 것을 입증해 준다.

5) 건조수축균열의 발생을 저감시키기 위한 단위수량은 통상의 경우 $185\text{kg}/\text{m}^3$ 로 알려져 있으나 고성능감수제의 사용에 의하여 양호한 워커빌리티를 확보하면서 단위수량을 획기적으로 저감시킬 수 있다.

6) 단위시멘트량 또는 단위결합재량은 수화열 및 균열의 발생이나 굳지 않은 콘크리트의 블리딩 및 분리저항성 등을 고려하여 정한다. 단위시멘트량이나 단위결합재량도 목표품질에 맞게 정해야 하지만 무결점콘크리트를 제조하기 위하여 현재의 배합예시나 관행에 의하여는 결점을 해결할 수 없고 5)항에서 설명한 바와 같이 단위시멘트량을 증가시키고 고성능감수제를 사용하면 거의 블리딩이 발생되지 않고 분리저항성이 크기 때문에 충분한 워커빌리티를 확보하면서 다짐이 필요없는 콘크리트의 제조가 가능하다.

그러나 부재의 크기나 시공상 연속해서 치는 량이 많기 때문에 수화열에 대한 검토가 필요하다. 이는 계획설계내역, 시공계획 특히 부재치수나 치는시기의 기후와 직접관계가 있으므로 이에 대한 대책이 필요하나 기존의 물뿌리기나, 드라이아스, 파이프쿨링 등은 시공설비에 한계가 있으므로 규모나 시공시기 등을 종합적으로 검토하면 액체질소(LN₂)에 의한 방법이 현재로서는 가장 완벽한 방법의 하나이다.

7) 슬럼프 또는 슬럼프후로는 설계도에 의한다.

현행 콘크리트표준시방서나 건축공사표준시방서 철근콘크리트공사에 규정되어 있는 슬럼프의 표준치는 종래의 개념으로, 사회적 여건이나 전술한 내구설계기준강도를 확보하기 위하여는 단위시멘트량의 증가, 물-시멘트비의 저감 등과 슬럼프의 확보를 위한 화학혼화제의 사용 등에 의한

종합적인 해결과 다짐이 필요없는 콘크리트의 제 조가 문제점을 해소하는 최선의 방법이다.

다짐이 필요없는 콘크리트는 슬럼프후로로 65 ±5cm(슬럼프 : 26cm이상)의 값이 표준이다. 또한 건축공사표준시방서 철근콘크리트공사에서 제시한 슬럼프 21cm나 18cm는 기존의 배합설계 개념으로는 확보하기가 어렵고 단위시멘트량의 획기적인 증가나 화학혼화제의사용이 필수적이다.

8) 시공상 요구되는 강도, 응결시간은 시공상 지장이 없도록 정한다. 시공상의 압축강도가 요구되는 예로서 조기재령강도가 요구되는 경우 (거푸집, 동바리공의 조기철거, 슬라이딩폼공법, 프리스트레스트 콘크리트공법, 개보수공사) 및 시공상 요구되는 압축강도가 설계기준강도를 초과할 경우(시공용 중기를 구조체에 탑재할 경우, 구조체를 가설물로 이용할 경우)가 있다.

이러한 경우는 종래의 설계기준강도나 배합으로는 거의 불가능에 가까우나 고품질 콘크리트, 예를 들면 단위시멘트량 450kg /m³로 고성능감수제를 사용할 경우 $\sigma_3=360\text{kgf/cm}^2$, $\sigma_7=380\text{kgf/cm}^2$ 까지 발현이 가능하고 실리카흄 등의 혼화제를 결합재로 사용하면 그 이상의 강도발현도 가능하며, 때에 따라서는 1일강도도 획기적으로 향상시켜 시공상 요구되는 강도를 충족시킬 수 있다.

4. 시방배합을 정하기 위한 조건

시방배합을 정하기 위한 배합계산은 비벌 때의 워커빌리티와 압축강도를 만족시키도록 하여야 하는데 본 장에서는 배합계산에 필요한 배합강도, 비벌 때의 워커빌리티 및 공기량, 단위용적중량을 정하는 방법을 기술하였다. 배합계산의 결과 얻어진 배합에 대하여 탄성계수나 내구성이 만족하는가를 검토하여 만족되지 않을 경우에는 재료를 변경하던가, 배합비를 바꾸어야 한다. 배합비까지 바꾸어도 만족되지 않을 경우에는 목표품질을 변경한다.

4.1 배합강도

‘배합강도’는 콘크리트 배합을 정할 경우에 목표

로 할 압축강도이다. 소정의 조건을 가지고 콘크리트 압축강도를 소정의 확률로 만족하도록 정한다. 배합강도는 표준양생된 공시체의 재령 91일 이내의 n일의 압축강도로 나타내어 다음과 같은 조건을 만족하도록 정한다.

- ① 사용할 콘크리트 압축강도가 지정하는 강도에 대한 불량율이 설계도서에 정하여진 값 이하로 할 것
 - ② 구조체 콘크리트강도의 설계기준강도에 대한 불량율이 설계도서에 정하여진 값 이하일 것
 - ③ 구조체 콘크리트강도의 허용최소한계강도에 대한 불량율이 거의 0(Zero)일 것.
 - ④ 시공상 요구되는 재령에 있어 구조체콘크리트 압축강도의 추정치가 소요의 압축강도 이상일 것
 - ⑤ 중성화, 표면노후화, 염화물이온침투 및 철근부식에 대한 소요의 저항성을 얻기 위한 압축강도를 정한 경우에는 구조체 콘크리트의 압축강도가 그 압축강도 이상일 것
- 이들을 식으로 표시하면 다음과 같다.

$$\textcircled{1} F_n \geq F_0 + K_1 \sigma_{n1} \dots\dots\dots (1)$$

$$\textcircled{2} F_n \geq F_c + T_n + K_2 \sigma_{n2} \dots\dots\dots (2)$$

$$\textcircled{3} F_n \geq a(F_c + T_n) + K_3 \sigma_{n2} \dots\dots\dots (3)$$

$$\textcircled{4} F_n \geq F_m + T_m + K_4 \sigma_{n3} \dots\dots\dots (4)$$

$$\textcircled{5} F_n \geq F_d + T_n + K_5 \sigma_{n2} \dots\dots\dots (5)$$

F_n : 콘크리트의 관리재령 n일을 기준으로 할 배합강도 (kgf /cm²)

F_0 : 콘크리트의 지정으로 할 강도 (kgf /cm²)

F_c : 콘크리트설계기준강도 (kgf /cm²)

F_m : 콘크리트의 시공상 요구되는 압축강도(kgf /cm²)

F_d : 내구성상 요구되는 압축강도 (kgf /cm²)

T_n : 구조체콘크리트강도와 표준양생된 공시체의 재령 n일의 압축강도와의 차 (n≤91) (kgf /cm²)

T_m : 시공상 요구되는 재령에 있어 구조체 콘크리트의 압축강도와 표준양생된 공시체의 재령 n일의 압축강도와의 강도차(kgf /cm²)

σ_{n1} : 표준양생된 콘크리트의 재령 n일의 압축강도의 표준 편차 (kgf/cm^2)

σ_{n2} : 구조체 콘크리트강도의 표준편차 (kgf/cm^2)

σ_{n3} : 구조체 콘크리트의 시공상 요구되는 재령에 있어 압축강도의 표준편차 (kgf/cm^2)

K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 : 지정할 강도, 설계기준강도, 시공상 요구되는 압축강도 또는 내구성이 요구되는 압축강도에 대한 불균형을 고려한 정규편차 ‘사용할 콘크리트의 압축강도’는 이 콘크리트가 가진 잠재성능으로서의 압축강도란 의미가 있다. 사용할 콘크리트의 압축강도에 대하여 규정되는 이유로서는 콘크리트 제조자(레미콘업자)와 구입자와의 사이에 계약상의 이유와 최소한의 내구성을 확보하기 위한 이유가 있다.

구조체 콘크리트강도의 개념 및 정의는 용어로서 어떻게 기술할 것인가? 이 정의에 기초를 둔 구조체 콘크리트강도의 추정방법으로서는 일반적으로 다음과 같은 것이 있다.

- ① 처넣은 구조체 콘크리트에서 채취된 코어공시체의 압축강도로부터 추정하는 방법
- ② 구조체와 대개 동일한 규격의 모형(Dummy) 시험체에 처넣은 콘크리트에서 채취된 코어공시체의 압축강도로부터 추정하는 방법
- ③ 미리 시행된 실대부재실험에 의한 코어공시체의 압축강도와 표준양생된 공시체의 압축강도의 관계로부터 추정하는 방법
- ④ 미리 시행된 실제부재실험에 의한 코어공시체의 압축강도와 현장양생된 공시체의 압축강도의 관계로부터 추정하는 방법
- ⑤ 미리 시행된 실제부재실험에 있어서 부재온도이력의 모델을 사용하여 부재온도이력 추종, 양생된 공시체의 압축강도로부터 추정하는 방법
- ⑥ 구조체의 유사 온도이력으로 되는 간이단열양생공시체의 압축강도로부터 추정하는 방법

압축강도 보정치 T 는 사전에 구조체 콘크리트강도 또는 시공상 요구되는 재령에 있어서 구조체 콘크리트의 압축강도와 차로서 구한다. 즉 구조

체 콘크리트의 강도관리 재령이 28일의 경우 콘크리트강도의 보정치는 표준양생된 공시체와 현장수중양생된 공시체의 재령 28일에 있어서 압축강도의 차이다. 구조체콘크리트 강도관리의 재령이 28일을 넘어 91일의 경우에는 표준양생된 공시체의 재령28일의 압축강도와 차 T_{28} 및 재령 n일의 압축강도와 차 T_n 으로 정하게 된다. 강도보정치는 어느 정도 큰 값을 채용하는 것은 실용적이지 않고 이러한 경우에는 시멘트의 종류를 변화시켜 관리재령을 지연시킨다. 매스콘크리트에서는 구조체 콘크리트온도(양생온도)에 대응시키는 방법이 좋다. 강도보정치를 적게 하는 것이 바람직하다.

4.2 워커빌리티, 공기량

콘크리트를 비빔 때의 슬럼프(또는 슬럼프후로) 및 공기량은 운반 및 펌프압송시의 변화를 고려하여 타설시의 필요한 품질이 얻어지도록 정하여야 한다. 이들의 값은 레디믹스트콘크리트공장에서 비빔후 공사현장에 운반할 때까지의 사이 및 공사현장에 도착된후 치기 장소까지 장내운반하는 사이에 변화를 고려하여 비빔 때의 슬럼프(또는 슬럼프후로) 및 공기량의 목표치를 정하는 것이 필요하다. 공장으로부터 공사현장까지 운반중에 슬럼프의 변화는 운반시간, 운반중의 온도, 운반할 콘크리트의 양 및 혼합제의 종류 등에 따라서 다르므로 사용할 레디믹스트콘크리트공장의 실적을 참고로 정한다.

또한 펌프압송시 슬럼프의 변화는 압송거리, 배관직경, 압송시의 기온 등에 의하여 다르나 통상의 경우 슬럼프 18cm정도의 콘크리트에서는 일반적으로 2cm이하로 된다.

4.3 단위용적중량

콘크리트의 비빈 단위용적중량은 소정의 단위용적중량이 얻어지나 골재의 절대건조중량, 콘크리트의 물-시멘트비, 단위시멘트량 등을 고려하여 정한다. 기건단위용적중량은 콘크리트의 종류, 사용골재의 품질, 설계기준강도, 단위시멘트량, 물-

시멘트비, 기온에 의한 콘크리트강도의 보정치 등 많은 조건의 영향을 받는다. 일반적으로는 물-시멘트비가 적으면 고강도로 되고, 단위용적중량이 크게 된다.

5. 재료의 선정

재료는 원칙적으로 콘크리트표준시방서에 의한 다. 그러나 잔골재의 입도는 인위적으로 조정하는 것은 사실상 불가능하므로 콘크리트의 목표품질에 따른 선정을 하여야 한다.

5.1 시멘트

수화열에 의한 온도균열대책이 필요한 경우에는 수화발열량이 적은 고로시멘트 B종, 중용열시멘트, 저열시멘트 등을 사용하고 시멘트의 종류나 총알칼리에 의한 알칼리골재반응 억제대책이 필요한 경우는 알칼리량이 적은 시멘트를 선택한다. 목표품질, 환경조건, 부재의 크기 등에 따라 적합한 시멘트를 선택한다.

5.2 골재

높은 압축강도가 필요한 경우는 골재의 강도 및 골재의 표면성상에 유의하여 워커빌리티의 개선이 필요한 경우는 골재규격, 입도분포 골재의 입형에 유의한다. 표면노후화에 대한 저항성이 필요한 경우는 마모감량이 적은 골재를 선정하고 동결융해작용에 대한 저항성이 필요한 경우는 안정성 시험에 있어 질량감소율이 적고 흡수율이 적은 골재를 선정한다.

건조수축을 저감시킬 경우는 탄성계수가 큰 골재를 선정하고 콘크리트의 탄성계수에 특별한 요구가 있는 경우에는 골재의 탄성계수에 유의한다. 콘크리트의 기건단위용적중량에 특별히 요구가 있는 경우에는 골재의 절대건조비중, 흡수율에 유의하고, 수화열에 의한 균열을 저감시킬 경우에는 선풍창율이 적은 골재를 선정한다.

5.3 화학혼화제

높은 감수율이 필요한 경우에는 고성능AE감수제 또는 유동화제를 사용한다. 화학혼화제의 선정에 있어서는 콘크리트의 응결, 강도발현성에 영향이 있으므로 좋은 혼화제의 특성을 파악하여 선정한다. 현재 국내 시판되고 있는 혼화제는 주로 외국에서 원액을 도입하여 사용하고 있으며 특히 워커빌리티 확보를 위하여 유동화제를 사용하고 있으나, 콘크리트 배합시에 배합수를 다 넣고 추가로 유동화제를 첨가하는 관계로 오히려 콘크리트의 품질을 저하시키는 예가 많다. 현재 사용되고 있는 혼화제 중에는 응결의 장애가 있는 혼화제도 있으므로 유의하여야 한다. 한편 고성능감수제는 단위수량을 획기적으로 감소시키면서 워커빌리티를 확보하여 고품질콘크리트를 제조할 수 있으나 슬럼프의 경시변화가 심하므로 시공여건 등을 감안하여 사용시에 유의하여야 한다.

5.4 화학혼화제 이외의 혼화재료

화학혼화제 이외의 혼화재료로서 붕함재, 후라이애쉬, 팽창재, 기타 고로슬래그 미분말, 실리카흙, 플라이애쉬, 에트링가이트계의 특수혼화제 등이 있다. 혼화재료를 사용할 경우에는 콘크리트의 소요성능이 얻어지는가를 확인하는 것과 함께 악영향을 미치지 않도록 하여야 한다. 최근 고강도나 고품질의 콘크리트를 제조하기 위하여 실리카흙이 많이 사용되고 그 효과도 인정되고 있으나 고가로 제조원가에 상당한 증가를 가져오므로 특수한 경우를 제외하고는 일반적인 재료와 고성능감수제만의 사용에 의한 고품질콘크리트의 제조가 가장 경제적인 수도 있으므로 충분한 검토를 요한다.

6. 배합계산 방법

'배합계산'에서는 시험비뮐배합을 산출하기 위하여 콘크리트의 비뮐을 할 때를 기준으로 하여 표준적인 방법을 제시한다. 배합계산의 순서는 그림 6과 같다.

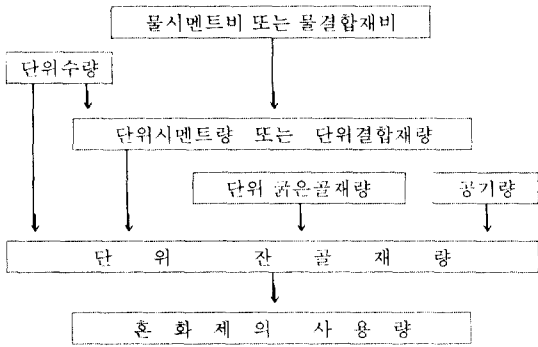


그림 6 배합계산의 순서

표 1 시멘트 종류별 물-시멘트비 계산식 예

| 시멘트의 종류 | 물-시멘트비 (%) | 물-시멘트비 계산식 |
|------------|------------|--------------------------------|
| 보통포틀랜드시멘트 | 40 ~ 70 | $X = \frac{71}{F/K+0.43} (\%)$ |
| 고로시멘트 B종 | 40 ~ 65 | $X = \frac{71}{F/K+0.40} (\%)$ |
| 후라에쉬시멘트 B종 | 40 ~ 65 | $X = \frac{93}{F/K+0.83} (\%)$ |

(주) X : 물-시멘트비(%), F : 배합강도(kgf/cm²),
K : 시멘트강도(kgf/cm²)

6.1 물-시멘트비, 물-결합재비

콘크리트 압축강도의 이론으로서 ABRAMS의 물-시멘트비설($F = \frac{A}{B^X}$) 및 LYSE의 시멘트-물비설($F = aX + b$)이 있다. 물-시멘트비 또는 물-결합재비는 배합강도가 얻어지는 시멘트-물비 또는 결합재-물비의 역수로서 구하는데 물-시멘트비 계산식은 표 1과 같다.

소요의 내구성을 얻기 위하여 물-시멘트비를 정하는 경우에는 표 1의 물-시멘트비 이하로 하여야 한다. 또한 혼화제로서 플라이애쉬를 사용할 경우에 시멘트에 대한 혼합율 20%까지를 시멘트로 보아서 물-시멘트비를 계산한다. 또한 표 1은 혼화제를 사용하지 않은 상태의 종래의 개념에 의한 위 커빌리티 확보와 소요강도를 얻는데 필요한 물-시멘트비로서 혼화제를 사용할 경우는 슬럼프(슬럼프후로)에 따라서 다르고 이 물-시멘트비는 콘크리트를 비벌 때 요구되는 슬럼프별로 역으로 계산된다.

6.2 단위수량

단위수량은 표준단위수량을 가지고 시멘트의 종류, 굵은골재의 최대치수 및 실적율, 잔골재의 조립을 및 입형, 혼화제의 종류 등을 고려하여 정한다. 시멘트의 종류, 굵은골재의 최대치수 및 실적율, 잔골재의 조립을 및 입형에 의한 단위수량의 보정방법은 대개 종래 방법이다. 굵은골재의 실적율에 의한 보정식은 다음과 같다.

$$\text{단위수량의 증가량}(\%) = \frac{(1-\Delta g)V_g}{1000-V_g} \times 100(\%) \quad (6)$$

Δg : 표준배합에서 사용한 굵은골재의 실적율에 대한 사용할 굵은골재의 실적율의 비

V_g : 표준배합에서 사용한 굵은골재의 절대용적(m³)

6.3 단위시멘트량 (단위결합재량)

단위시멘트량은 단위수량과 물-시멘트비로부터 다음과 같이 구한다.

$$C = \frac{W}{X} \times 100 \quad (7)$$

단위시멘트량은 목표품질에 따라 정하고 시멘트 이외의 혼화제는 환경여건이나 시멘트만으로는 목표품질을 확보할 수 없을 때 사용하는데 목표 기준강도를 확보하기 위하여는 실리카흙의 혼입율에 따라 필요량만큼 혼입시킨다.

6.4 단위굵은골재량

단위굵은골재량은 표준단위굵은골재용적의 값을 가지고 시멘트의 종류, 굵은골재의 최대치수, 잔골재의 조립을, 혼화제의 종류 등을 고려하여 결정한다.

굵은골재 용적조정법은 다음과 같다.

- ① 보통콘크리트 및 AE제를 사용하는 경우는 $-0.01(\text{m}^3/\text{m}^3)$ 로서 고성능감수제를 사용할 경우에는 $+0.01(\text{m}^3/\text{m}^3)$ 로 한다.

- ② 굵은골재의 최대치수가 클 경우에는 단위수량을 감하고 단위굵은골재용적을 증가시킨다
- ③ 잔골재의 조립율이 0.1크게(적게)되면 보통골재의 경우 단위굵은골재용적을 0.01 적게(크게)하고 경량골재의 경우 잔골재의 조립율이 0.1크게(적게)될 때마다 단위 굵은골재용적을 1.6%적게(크게)한다.

단위굵은골재량 및 굵은골재의 절대용적은 다음 식으로 계산한다.

$$\text{단위굵은골재량(kg/m}^3\text{)} = \text{단위굵은골재용적(m}^3\text{/m}^3\text{)} \times \text{굵은골재단위용적중량(kg/m}^3\text{)} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \text{굵은골재의 절대용적 (1/m}^3\text{)} &= \text{단위굵은골재용적(m}^3\text{/m}^3\text{)} \times \text{굵은골재의 실적율(\%)} \\ &\times \frac{1000}{100} = \frac{\text{단위굵은골재량(kg/m}^3\text{)}}{\text{굵은골재의 비중}} \quad (9) \end{aligned}$$

6.5 단위잔골재량

잔골재의 절대용적은 콘크리트 1m³로부터 시멘트, 물, 굵은골재, 공기 및 혼화재료의 절대용적을 차인하여 구한다. 단위잔골재량은 잔골재의 절대용적에 잔골재의 비중을 곱하여 구한다.

$$\text{잔골재의 절대용적(kg/m}^3\text{)} = 1000 - (V_w - V_c + V_g + V_{ad} + V_{air}) \quad (10)$$

$$\text{단위잔골재량(kg/m}^3\text{)} = V_s \times \rho_s \quad (11)$$

잔골재율은 골재의 절대용적에 대한 잔골재의 절대용적비로서 식(12)에 의하여 구한다.

$$\text{잔골재율(S/a)} = \frac{V_s}{V_s + V_g} \times 100 (\%) \quad (12)$$

6.6 혼화재료의 사용량

화학혼화제의 사용량은 콘크리트의 소요위커빌리티, 공기량 및 응결시간 등이 얻어지도록 정한다. 또한 화학혼화제 이외의 혼화재료는 콘크리트의 소정성능이 얻어지도록 사용량을 정한다.

화학혼화제는 사용목적 용도에 따라서 다음과 같이 분류된다.

- ① 위커빌리티 및 동결융해저항성을 향상시키는 AE제, AE감수제
- ② 소요 단위수량 및 물-시멘트를 감소시키기 위한 감수제, AE감수제
- ③ 고품질·고내구성 확보를 위하여 단위수량의 대폭적인 감소, 다짐이 필요 없을 정도의 위커빌리티 확보, 강도의 획기적인 증진, 치밀한 콘크리트를 제조하기 위한 고성능감수제
- ④ ③의 효과를 발휘하면서 슬럼프의 경시변화를 저감시켜 슬럼프의 유지성을 가지는 고성능AE감수제
- ⑤ 응결경화시간을 빠르게 조절하는 경화촉진제, 급결제
- ⑥ 응결경화시간을 지연시키는 지연제, 초지연제
- ⑦ 염화물에 의한 강재의 부식을 억제하는 방청제
- ⑧ 기포발생에 의하여 충전성, 유동성 경량성을 확보하는 기포제, 발포제
- ⑨ 감수효과를 얻으면서 유동성을 획기적으로 개선시키는 고유동화제
- ⑩ 점성 및 응집력의 증가에 의한 재료분리를 억제시키는 수중불분리제, 증점제, 펌프압송보조제
- ⑪ 방수성을 증진시켜 누수를 억제시키는 방수제
- ⑫ 콘크리트의 경화시키는데 필요한 최소한의 경화수를 확보하기 위한 보수제, 양생제
- ⑬ 한중에 콘크리트의 경화를 확보하기 위한 방동제, 내한제
- ⑭ 숏크리트의 리바운드율을 줄이기 위한 점착제 이외도 소포제, 중성화억제제, 수화열억제제, 수축저감제, 바닥경화제 등이 있다.

화학혼화제는 용도에 따라 그 기능을 충분히 이해하고 용법을 정확히 알고 시공하지 않으면 오히려 저해요인이 되고, 혼화제도 용도에 따라 그 기능을 정확히 이해하고 사용법을 지켜야 한다. 고품질, 고강도, 고내구성을 목적으로 주로 실리카

흙이 많이 사용되거나 경제적인 부담이 있다. 그 외에 고로슬래그, 플라이애쉬, 플라이애쉬흙 등이 사용된다.

이들 혼화재료는 장점이 있으면서 또한 단점이 반드시 따르기 때문에 사용상 주의할 하여야 한다. 이외에 최근에는 콘크리트 및 콘크리트제품의 제조에 사용되는 특수시멘트가 선진국에서 생산되고 있다.

7. 시험 비빔배합의 검토

배합계산에서 얻어진 시험비빔배합콘크리트가 내구성에 관계되는 목표품질의 만족여부를 미리 확인하여 만족되지 않는 경우는 재료, 배합, 기타 필요한 사항(목표품질을 포함)을 변경한다.

7.1 염화물량

아래식에 의하여 굵지 않은 콘크리트중의 염화물량을 체크한다.

$$\overline{cI} = \frac{1}{100} [C_c \times C + C_w \times W + C_g \frac{35.5}{58.5} \times G + C_s \frac{35.5}{58.5} \times S] + C_a \quad (13)$$

\overline{cI} : 콘크리트중의 염화물량 (kg/m³)

C_c : 시멘트의 염화물 이온량 \overline{cI} (%)

C_w : 물의 염화물 이온량 \overline{cI} (%)

C_g : 굵은골재의 염분량 NaCl (%)

C_s : 잔골재의 염분량 NaCl (%)

C_a : 혼화재료로 부터 도입되는 염화물량 (kg/m³)

C : 단위시멘트량 (kg/m³)

W : 단위수량 (kg/m³)

G : 단위굵은골재량 (kg/m³)

S : 단위잔골재량 (kg/m³)

7.2 알칼리량

아래식에 의하여 굵지않은 콘크리트중의 알칼

리량을 점검한다.

$$R_t = \frac{R_2O}{100} \times C + 0.9 \times \overline{cI} + R_m \quad (14)$$

$$R_t = \frac{R_2O}{100} \times C \quad (15)$$

R_t : 콘크리트중의 알칼리 총량 (kg/m³)

R_2O : 시멘트중의 알칼리량 (%)

C : 단위시멘트량 (kg/m³)

\overline{cI} : 콘크리트중의 염화물 이온량 (kg/m³)

R_m : 콘크리트중의 혼화재료에 함유된 알칼리량 (kg/m³)

7.3 단위용적중량

경량콘크리트의 기건단위용적중량의 추정치는 아래 식에 의거 계산한다.

$$W_d = G_o + S_o + S_o' + 1.25C_o + 120 \text{ (kg/m}^3\text{)} \quad (16)$$

W_d : 기건단위용적중량의 추정치 (kg/m³)

G_o : 시험 비빔배합에서 경량굵은골재량 (절건) (kg/m³)

S_o : 시험 비빔배합에서 경량잔골재량 (절건) (kg/m³)

S_o' : 시험비빔배합에서 보통잔골재량 (절건) (kg/m³)

C_o : 시험비빔배합에서 시멘트량 (kg/m³)

7.4 수화열

단열상태에서 콘크리트의 온도상승은 식(17)로 계산한다.

$$\Delta T = \frac{W_c Q_t}{C \rho} \text{ (}^\circ\text{C)} \quad (17)$$

ΔT : 단열온도 상승값 (°C)

W_c : 단위시멘트량 (kg/m³)

Q_t : 재령 t일의 시멘트 수화열 (J/kg)

C : 콘크리트의 비열 (J/kg·°C)

ρ : 콘크리트의 밀도 (kg/m³)

또한 이외에 실용적인 방법이 많이 제안되어 있다. 예로 매스콘크리트의 온도균열 제어를 위한 수치계산방법, 액체질소(LN₂)를 사용한 콘크리트의 프리쿨링공법 등이 있다.

콘크리트 온도상승의 추정치가 과대할 경우는 다음과 같은 조치를 강구하여야 한다.

- ① 발열량이 적은 시멘트를 선택한다.
- ② AE감수제, 고성능AE감수제 지연형을 사용토록 한다.
- ③ 단위시멘트량을 될 수 있는 한 적게 하는 방안을 강구한다.
- ④ 단위수량, 잔골재율은 될 수 있는 한 적게 한다.
- ⑤ 필요이상으로 물-시멘트비를 적게 하지 않는다.
- ⑥ 슬럼프는 시공상 지장이 없는 한도에서 될 수 있으면 적게 한다.
- ⑦ 강도관리 재령을 연장한다.
- ⑧ 계획설계내용, 과대온도상승량, 시공시기, 시공불량, 구조물의 중요도 등에 따라 중점적으로 검토하되 특히 중요구조물에서는 쿨링공법을 검토 반영한다.

7.5 탄성계수

콘크리트의 탄성계수는 단위수량, 단위시멘트량, 골재의 탄성계수 및 흡수율을 고려하여 신뢰성있는 계산방법에 의하여 추정한다. 탄성계수가 설계에서 요구되는 값과 크게 다를 경우에는 재료, 시험비밀배합 기타 필요한 사항을 변경한다. 탄성계수는 같은 재료를 사용하여도 압축강도와 콘크리트의 치밀성 균일성과 상관성이 있으므로 최적배합을 결정하는 것이 이상적이다. 중요한 구조부재나 대형 프로젝트에서는 반드시 시험배합에서 실측을 하는 것이 바람직하다.

7.6 건조수축율

콘크리트의 건조수축율은 단위수량, 단위시멘트량, 골재의 탄성계수 및 흡수율을 고려하여 신뢰성 있는 계산방법에 의하여 추정한다. 콘크리트

의 건조수축에 영향을 미치는 요인으로서 다음과 같은 것이 있다.

- ① 재료 : 시멘트(성분, 종류, 분말도), 골재(종류, 입도, 탄성계수, 흡수율) 화학혼화제, 혼화제
- ② 배합 : 물-시멘트비, 슬럼프, 공기량, 단위수량, 골재량, 잔골재율
- ③ 건조조건 : 습도, 건조전의 양생방법과 기간
- ④ 기타인자 : 부재(공시체)의 형상, 치수, 치기조건, 건조수축도 내구성과 관련된 중요한 항목이므로 중요구조물이나 대형프로젝트에서는 실험에 의하여 건조수축율을 정해야 한다.

8. 시험비밀과 배합의 조정

시험비밀의 항목은 워커빌리티, 슬럼프 또는 슬럼프후로, 공기량, 단위용적중량(경량콘크리트의 경우), 비밀 때의 온도, 압축강도이고 필요에 따라서 탄성계수, 건조수축율, 기타 필요한 항목(예를 들면 수화열)으로 한다.

시험비밀은 KS F 2425 (시험실에서 콘크리트 시료를 만드는 방법)에 따라 시행, 다음과 같은 것을 항목별 표준으로 한다.

- ① 슬럼프 : $\pm 1.0\text{cm}$
- ② 공기량 : $\pm 1.0\%$
- ③ 경량콘크리트의 단위용적중량 : $\pm 2.0\%$
- ④ 압축강도 : 배합강도의 0.95배이상

시험비밀결과 요구조건이 만족되지 않을 경우는 사용재료배합을 변경하거나 목표품질을 재검토한다.

9. 시방배합(계획배합)의 표시방법

시방배합은 표 2와 같이 표시하고, 현장배합은 골재의 함수비에 따라 보정을 하여 1벳치당 콘크리트에 필요한 재료의 양을 구한다.

10. 결 론

현재의 콘크리트 표준시방서에 명기된 배합설

표 2 시방배합의 표시방법

| 배합 강도 (kgf / cm ²) | 비비서 반차에 실 을 때 | | 운반하여 내릴 때 또는 칠때 | | 물사 멘트 비 (물 결합 비) % | 굵은 골재 최대 차수 (mm) | 잔 골재 율 (%) | 단 위 수 량 kg / m ³ | 절대용적 (l/m ³) | | | | 중 량 (kg/m ³) | | | | 혼화제 사용량 | | |
|--|---------------------------|------------------|-----------------------------|------------------|--------------------------------------|------------------------------|---------------------|---|-----------------------------|-------------|------------------|-------------|-----------------------------|-------------|------------------|-------------|------------|---------------------------|--|
| | 슬 럼프 cm | 공 기 량 % | 슬 럼프 cm | 공 기 량 % | | | | | 시 멘 트 | 잔 골 재 | 굵 은 골 재 | 혼 화 제 | 시 멘 트 | 잔 골 재 | 굵 은 골 재 | 혼 화 제 | % | kg / m ³ | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

계의 개념은 포괄적이고 일반적인 기준을 제시하였고 특히 목표품질의 설정에서 고려할 사항이나 내구설계에 대한 사항, 사회여건 변화에 대한 시공성의 획기적 개선, 신뢰성 설계개념, 고강도 고품질콘크리트에 대한 개념이 미반영된 것으로 판단된다.

또한 현재 계획설계에서는 거의 배합설계를 하지 않고, KS F 4009 레디믹스트콘크리트에서 설계기준강도별 초창강도에 해당하는 것을 사용함으로써 사실상 콘크리트의 목표품질은 설계기준강도에 한하는 것으로 되어 있는데, 이는 설계나 시공상 지대한 하자요인이 될 수 있다.

또한 레미콘 공장에서 조차 배합설계시에 해당 재료의 특성이나 목표품질의 개념없이 더욱 심하게 말하면 주먹구구식으로 비비서 반출하고 있는 실정이다.

공사현장에서 시공자가 콘크리트를 비비는 일이 거의 없는 것은 오래된 일이고, 구체적인 배합계산의 방법에 대하여 지식이 없어도 레미콘을 반출할 때 콘크리트공사에 적합한 것을 발주하는 것도 이론상은 가능하다.

그러나 누차 언급한 바와 같이 콘크리트에 관련된 여러 가지 여건이 변화된 상태에서 현 레미콘 업계의 실정으로서 계획설계사나 시공자가 요구하는 목표품을 확보하는 데는 미치지 못하는 것으로 판단되며, 실제로 시공시에 콘크리트 품질을 개선시키기 위해서는 배합설계에 대한 지식은 불가결한 것이 된다.

물론 배합설계나 배합계산 특히 내구설계에 대한 개념, 품질관리, 특정목표 품질개선 등은 구체

적인 배합설계나 비법배합계산, 품질관리방법이 지침으로 작성되고 배합 예나 실적 등이 뒷받침되어야 가능하다.

이러한 실정에서 우선 개선하여야 할 사항으로 계획설계시 반드시 계획내용에 적합한 배합설계를 공인시험기관에서 실시하여 배합설계표를 설계도서에 첨부하는 것을 의무화하고, 시공시 그 기준에 의거 품질관리를 하고 품질관리계획에 의거 시행된 품질관리기록을 영구보존하여 유지관리과정이나 진단, 개보수에 활용할 수 있도록 하는 제도개선이 요망된다.

참 고 문 헌

1. 건설부령 : "콘크리트 표준시방서", 1988.12
2. 건설부령 : "철근콘크리트설계편람", 1990.12
3. 건설부령 : "건축공사 표준시방서", 1994
4. 佐藤雅男 : "多様なニーズに應える特殊セメント", セメント・コンクリート, No.535, 1991.9
5. 榎田佳寛 : "日本建築學會 콘크리트의調合設計指針・同解説 改定のポイント", セメント・コンクリート, No.565, 1994.3
6. 윤상대, 배수호 : "콘크리트용 대체골재 개발에 관한 연구", 농어촌진흥 공사 농어촌연구원, 1994.12
7. 飛坂基夫 : "高性能(AE)減水劑を用いた「高強度・高品質コンクリート」の諸性質", セメント・コンクリート, No.548, pp.9~18, 1992.10
8. 飛坂基夫 : "高性能(AE)減水劑を用いた「高強度・高品質コンクリート」の諸性質", セメント・コンクリート, No.549, pp.9~18, 1992.11 [4]