

경사면 뿔콘크리트 기술의 현황과 전망

한국과학기술정보연구원
전문연구위원 차성기
(chapc@reseat.re.kr)

1. 머리글

- 일본 토목학회는 2005년 7월 “뿔칠 콘크리트 지침(안)-경사면”편을 발간하였다.
 - 이는 일본 국내의 실적과 기술진보를 바탕으로 해외현황도 조사해서 성능 대비형의 지침으로 작성한 것이며, 향후 고성능 뿔칠 콘크리트의 수요증가에 대비하고 있다.
 - 지침(안)의 적용대상은 콘크리트 뿔칠 공, 격자틀 공 등 구조체를 총칭해서 “경사면 뿔칠콘크리트 구조물”로 정의한다.
 - 성능대비는 경사면 뿔칠콘크리트 구조물이 기대한 성능을 가지고 있는지 직접 조사 확인해야 하나, 현실적으로 곤란한 경우가 많아서 성능을 대비함으로서 구조물의 성능을 확보한다.
- 이 글은 일본 토목학회의 지침(안)을 중심으로, 경사면 뿔칠콘크리트의 기술동향에 대하여 소개한다.

2. 요구 성능과 대비

- 요구 성능
 - 경사면 뿔칠콘크리트 구조물의 요구 성능으로는 안전성능, 제 3자 영향도에 관한 성능, 미관·경관, 내구성능의 4가지 항목으로 설정한다.
 - 요구 성능의 원칙은 역학적 성능과 내구성능으로 하고, 필요에 따라 다른 성능을 적절히 규정한다.

- 이 지침은 성능규정의 관점에 내구성능의 대비를 적절하게 수행하도록 했으며, 시공방법의 개선이나 과거 데이터를 고려해서 콘크리트 강도를 보다 높게 설정할 수 있게 한 것이 특징이다.

○ 역학적 성능

- 일반적으로 콘크리트는 시공 장소에 인접한 부지 안에 설치된 혼련 설비로 제조해서 혼련된 콘크리트를 공기압송방식으로 노즐 끝까지 보내어 뿔칠하므로, 계량 정밀도나 압송뿔칠에 의한 품질의 변동이 전에는 25% 정도여서 경사면 뿔칠콘크리트 모르타르의 설계기준강도는 $f'_{ck}=15\sim18\text{N/mm}^2$ 를 주로 사용했다.
- 최근에는 계량정밀도가 향상되고, 생 콘크리트의 사용, 펌프압송방식의 도입, 압송 가능조건의 표준화에 의해 품질의 산포를 억제하게 되어 변동계수를 15% 정도로 관리할 수 있게 됨으로서, 설계기준강도를 $f'_{ck}=24\text{N/mm}^2$ 까지 설정하는 경우가 많다.
- 이에 따라 지침(안)은 국내의 실적을 반영하여, 설계기준 강도를 $15\sim30\text{N/mm}^2$ 사이에서 15, 18, 21, 24, 30의 5단계로 구분하였다.
- 압축강도의 대비는 토목학회의 새로운 기준인 JSCE-F 565-2005 “뿔칠 콘크리트 모르타르의 뿔칠 시험방법(안)”에 따라, 실제시공에 사용하는 재료, 배합, 제조설비, 뿔칠설비 및 시공방법 등 시공조건과 같은 조건으로 공시체를 만들고, JIS A1107에 의해 압축강도를 구한 다음 아래 식에 따라 대비시킨다.
 - $\gamma_p \cdot f'_{ck}/f'_{cp} \leq 1.0$
 - 여기서 γ_p 는 정밀도에 관련된 안전계수
 - f'_{ck} 는 뿔칠콘크리트 압축강도의 설정치(설계기준 강도)
 - f'_{cp} 는 뿔칠콘크리트의 압축강도

○ 내구성능

- 내구성은 중성화, 염해 및 동결에 대하여 대비한다.

- 중성화와 염해는 콘크리트 시방서 「시공편」에 따르되, 중성화 속도 계수 및 염화물 이온의 확산계수의 기준치를 인용한다.
- 내동결성은 세골재의 종류와 시멘트의 종류 등 사용재료, 시멘트 양과 단섬유 혼입 등 배합조건, 그리고 시험방법 등을 요인으로 10가지 경우에 대하여 공시체에 의한 시공성 시험 및 동결융해 시험을 했다.

○ 미관·경관

- 격자틀 안에 초본이나 나무를 식재 피복함으로써 주위 환경이나 경관과의 조화를 꾀하는 경우가 많다.
- 이때 정량적인 대비는 곤란하므로, 경사면의 상태를 고려해서 평가항목이나 평가기준 등을 정하여 이에 따라 성능대비를 한다.

3. 재료 및 배합설계

- 사용재료는 시멘트, 물, 골재, 혼화재 및 보강재로 규정한다.
- 배합은 물시멘트비, 단위 시멘트량, 조골재의 최대치수, 세골재율, 혼화재의 종류와 단위량 및 단섬유 혼입률을 실적에 따라 기준치의 범위를 정했다.

4. 제조 및 시공방법

- 경사면 뽐칠콘크리트의 제조는 이동식 설비로 현장에서 제조하는 경우와 생 콘크리트를 이용하는 경우가 있다.
- 현장제조는 시멘트 포대의 개봉, 벨트 컨베이어를 이용한 골재계량 등에서 계량정밀도 문제는 있으나, 자동플랜트 시스템의 검토, 강제 혼련 믹서와 믹서 내장형 뽐칠기의 병용으로 혼련효율의 향상을 도모하고 있다.
- 생 콘크리트는 요구품질의 콘크리트를 쉽게 확보할 수 있으나, 압송

속도가 낮아서 전량 이송에 시간이 걸리고 품질변화가 우려되므로 되도록 짧은 시간에 뿔칠에 쓰도록 시공계획을 세운다.

- 표준시공법은 압송거리 100미터 이내, 높이 45미터 이내로 하며, 뿔칠 방식엔 습식과 건식이 있으나 보통 습식으로 한다.
- 압송방식은 공기압송과 펌프병행 공기압송방식이 있는데, 대부분 공기압송방식을 사용하나 고성능이나 장거리 압송 등 다양한 조건에 따라 펌프병행 공기압송방식이 쓰인다.
- 뿔칠작업은 재료의 비산을 적게 하고 철근 안쪽에 콘크리트가 밀실하게 충전 되도록 해야 하며, 뿔칠콘크리트의 품질은 경험과 기량이 있는 nozzle man과 gun man의 역할이 중요하다. 미국 콘크리트공학협회(ACI)는 시험에 의해 nozzle man의 자격인증제도가 있다.

5. 검 사

- 콘크리트의 강도를 확인 검사하기 위해 실제 구조물에서 채취하면 구조물에 손상이 가고, 비파괴 검사방법은 신뢰성과 정밀도 문제가 있다.
- 경사면 뿔칠콘크리트 구조물에 시공된 콘크리트의 강도를 추정하려면, 경사 격자틀을 패널 격자틀의 재료로 뿔칠해서 코어를 쓰거나, 원통 그물망에 뿔칠한 공시체를 이용하는 방법을 많이 사용한다.

6. 고성능 뿔칠콘크리트의 개발

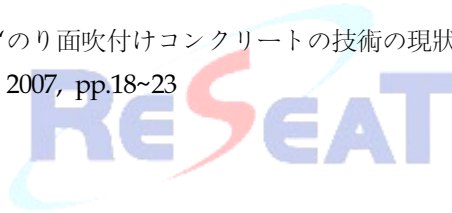
- 경사면 뿔칠콘크리트 구조물의 품질안정성 향상, 고강도화, 장거리 압송을 위해, 펌프병행 공기압송방식을 이용한다. 또한, 균열의 분산과 굽힘 인성(toughness)의 향상을 위해 단섬유를 혼입시킨다.
- 설계기준 강도 24N/mm^2 의 콘크리트를 내경 100mm, 실 길이 380mm의 압송 관을 이용하면, 펌프출구에서 채취한 압축강도가 32N/mm^2 이상으로서 펌프를 이용하여 장거리 압송 시에도 요구 성능을 만족시켰다.

- 외국에는 변형성능 기준을 만족시키기 위해서 단섬유를 혼입하여 굽힘 인성을 확보한 섬유보강 콘크리트를 뿔칠에 이용한다. 일본 국내는 명확한 굽힘 인성 규정은 없으나 구조물의 안전성과 제3자 영향도를 고려하여 섬유혼입의 고성능 경사면용 뿔칠콘크리트를 적용하는 사례가 많아지고 있다.

7. 맺음말

- 경사면 뿔칠콘크리트는 역학적 성능과 내구성능을 만족시켜야 하며, 이를 위해 뿔칠콘크리트 지침(안)-경사면 편이 발간되었다.
- 2006년 11월 사단법인 전국특정법면 보호협회에서 경사 격자틀공의 설계 시공지침이 발행되어, 함께 성능대비에 참고가 가능하다.

출처 : 宇治公隆, 鈴木和夫, “のり面吹付けコンクリートの技術の現状と将来”, 「セメント・コンクリート(日本)」, (728), 2007, pp.18~23



◁ 전문가 제언 ▷

- 도로, 철도공사에 의한 대규모 경사면에 대한 보호가 중요해지고 있다. 특히 급경사에 따른 붕괴재해는 해마다 반복되고 있어서 많은 인명과 재산피해를 가져오고 있다.
- 사면은 안정적인 설계와 함께 시공과 유지관리가 중요하며, 사면의 보호를 위해 뿔칠콘크리트공법이 많이 쓰이는데, 최근엔 경관을 고려해서 녹화공법도 많이 도입되고 있다.
- 뿔칠콘크리트는 쏫크리트(shotcrete)라고도 하며, 콘크리트를 압축공기를 이용해서 사면의 암반이나 그물망에 뿔어서 붙이는 공법으로서, 사면의 보호와 풍화방지에 효과가 크다. 장점으로 조기강도의 발현이 가능하고 거푸집이 불필요하며 급경사면에도 시공이 가능하다. 반면에 재료의 손실이 많고 시공 중에 분진이 발생하며, 시공조건에 따라 품질차이가 큰 것이 단점이다.
- 특히, 단위시멘트 량이 적으면 Rebound가 많아지고 조기강도의 발현이 늦어진다. 반대로 많아지면 비경제적이고 분진이 많이 발생한다.
- 이 글은 일본의 뿔칠콘크리트의 최근동향과 고성능 뿔칠콘크리트도 소개하고 있어서 우리 업계로서도 좋은 참고가 될 것으로 본다.
- 우리나라의 기준으로는 한국콘크리트학회의 콘크리트표준시방서 제17장 쏫크리트, 그리고 A04000 철근콘크리트공사 등의 시방서에 따르도록 하고 있다. 최근엔 비탈면의 뿔칠공법에 녹화공법을 병행하는 각종 공법의 개발도 활발해지고 있다.
- 그러나 매년마다 큰 호우가 있게 되면 어김없이 절개사면 붕괴사고가 잇따르고 있는 것을 보면, 시공품질의 현장관리가 얼마나 중요한지 알게 해준다고 본다. 특히, 생 콘크리트의 품질은 현장에서 다지기 직전의 품질이 가장 중요하므로, 철저한 시공계획에 의한 최단시간의 타설과 함께 공시체에 의한 철저한 품질관리가 필요하며, 이와 함께 숙련기술자의 양성이 품질을 좌우함을 잊지 말아야 한다.