

강섬유보강 콘크리트의 국내 및 국외의 현장적용사례(Ⅲ)

Domestic and Foreign Field Application of Steel Fiber Reinforced Concrete(Ⅲ)



진 인 창*

1. 서 론

일반적으로 강섬유가 콘크리트내에서 제 역할을 하기 위하여 여러가지 조건이 필요한데, 다음과 같은 특성을 갖도록 하였다.

첫째, 형상비(길이/단면직경)를 최소 60이상으로 하여 가능한 단위함량을 높이도록 하였고 둘째, 강섬유의 인장강도는 $11,000\text{kg}/\text{cm}^2$ 셋째, pull-out 저항을 위하여 양단에 후크를 두었으며 또한 응집 현상을 피하기 위하여 bundle 형태를 취하였다.

아래에서는 이러한 강섬유를 적용한 국내 외 현장에 대한 실례를 살펴보았다.

2. 국내외 현장적용 사례

2.1 국내 현장적용 사례

2.1.1 서울지하철 5-45공구

1993. 11월에 시험을 거쳐서 숏크리트에 와이어 메쉬의 대체용으로 사용되었다. 1차 와이어메쉬는 그대로 사용하고 단지 2차 와이어메쉬만 대체하였다.

이때의 강섬유는 인장강도가 $11,000\text{kg}/\text{cm}^2$ 이며 형상비가 60이상인 강섬유 $30\text{kg}/\text{m}^3$ 를 사용하였으며 사용된 공법은 건식숏크리팅이었다.

배합실계는 다음과 같다.

시멘트 : 380kg

모래 : 1100kg

골재 : 745kg

물 : 171kg

급결재 : 19kg

강섬유 : 30kg

* 청조화성(주) 대표이사

시험결과는 다음과 같다.

- 1) 배합분산성 시험 : 3.3%의 편차로 대단히 양호한 배합확인
- 2) 리바운드시험 : 29.1%(무근숏크리트 : 28%)
- 3) 1일 압축강도시험 : 123kg/cm²(무근 : 109kg/cm²)
- 4) 1일 휨강도시험 : 43kg/cm²(무근 : 26kg/cm²)

2.1.2 공군 XX 비행장 유도로 시공

비행장내의 병거상부의 포장에 적용하였는 데 다른 부위와의 지반조건이 달라서 많은 문제를 우려하여 인성과 충격저항성이 뛰어나 강섬유콘크리트의 적용을 검토하게 되었다.

기준 강도는 휨강도가 45kg/cm²이었다. 비행장의 특수성에 비추어 F.O.D 문제를 검토하였으나 특별한 문제가 없었다. 이에 따라 약 1000m²에 해당하는 물량을 납품하여 시공하였고 일반콘크리트 시공시와 같이 조인트 커팅과 다름없이 시공이 가능하였다.

2.1.3 한국석유개발공사

한국석유개발공사에서는 석유저장시설을 주로 지하에 저장하고 있는데 이를 위하여 지하굴착을 많이 해오고 있다. 해당공사는 일찌기 외국의 지하건설기술을 받아들여 노르웨이 N.G.I사의 NICK BARTON이 1970년초에 고안한 Q SYSTEM을 사용하여 건설공사를 하고 있었고 1993년에 Q SYSTEM의 개정판이 동일인에 의해서 발표가 되었기에 공법개선 필요성을 인지하고 적극 검토하게 되었다.

이때 전식강섬유숏크리트와 습식강섬유숏크리트를 시험하였으며 압축강도, 휨강도, 휨인성 및 등가휨강도를 시험하여 정식으로 일본의 정확한 시험규격을 사용하여 와이어메쉬와의 대비를 하여 사용량을 결정하였다.

본시험결과 강섬유를 30kg/m³ 사용시 기준 와이어메쉬 숏크리트와 두께의 변화없이 사용할 수 있음을 확인하였으며 40kg/m³ 사용시 숏크리트두께를 약 20% 줄일 수 있음을 확인하였다.

본시험에서는 일본토목학회 인성시험방법인 JCI-SF4가 사용되었고 구조계산에 등가휨강도가 처음으로 적용되었다.

2.1.4 서울지하철 6-7공구

본공구는 이태원에서 약수동에 이르는 구간으로서 강섬유숏크리트로 설계되었다.

이에 따라 1995. 11월 이래 현재까지 계속적으로 공급하고 있다.

2.2 국외 현장적용 사례

2.2.1 포르투갈 광장의 수중콘크리트슬래브에 적용

베를린 중심부에서 다이블러 벤츠사의 자회사인 DEBIS사가 70,000평방미터에 이르는 대규모 빌딩지역에 신도시건설을 하고 있다. 동서독의 경계선 지역이고 베를린 옛중심부인 포르투갈광장을 포함하는 이 새로운 다기능도시에는 오피스와 주택, 상가, 쇼핑센터만이 아니라 호텔, 극장, 영화관, 지하철을 포함하는데 이도시의 크기는 길이가 560m, 그리고 폭이 280m로서 전체의 건축물이 하나의 PIT위에 지어지기 때문에 매우 획기적이다.

이러한 빌딩 PIT는 호수에 세워져야 하고 특수한 지반조건과 환경보호조건 때문에 이 빌딩 아래로 그라우팅 층을 형성할 수가 없었다. 그래서 수중콘크리트슬라브타설과 TENSION PILE로 지지하는 방법밖에 없었다.

처음에는 일반수중콘크리트 1.5m 두께 및 강제 pile 2.6m 간격으로 설계되었으나 수중슬라브의 안전성을 전반적으로 높이기 위하여 강섬유의 사용하기로 하였다.

이러한 적용을 위하여 독일의 연방재료시험소에서 시험공정을 수립하고 BRAUSCHWEIG 대학의 IBMB(Institut für baustoffe massivbau and brandschutz at the technical university of braunschweig)에서 강섬유보강 콘크리트에 대한 시험을 실시하였다.

이에 따라 1차로 1996. 1~2월에 걸쳐 20,000m²의 현장을 성공리에 타설하였다. 현재 2차의 작업을 진행중에 있다.

2.2.2 프랑스 고속철도현장의 강섬유콘크리트 적용

프랑스 고속철도 현장은 거의 대부분이 강섬유숏크리트로 시공되어왔다. 파리에서 리옹까지 구간은 이미 건설되어 있고 리옹에서 마르세유구간을 연

결하는 공사가 진행되고 있다. 그중 마르세이유근 처 Montelimar 구간의 Tartaiguille 터널에 사용되는 예를 소개한다.

강섬유숏크리트의 시험은 슬라브시험으로 하며 시험규격은 다음과 같다.

프랑스 철도청의 규격은 25mm 변위에서 흡수에너지가 500 joule 이상이어야 한다. 시험결과 강섬유보강 콘크리트 사용시 약 700 joule을 보였기 때문에 최종적으로 강섬유보강 콘크리트가 결정되었다.

사용된 배합설계는 다음과 같다.

- 골재 5--12mm : 583kg(자연산 강자갈)
- 골재 0--5mm : 600kg(자연산 강자갈)
- 모래 0--5mm : 546kg
- 시멘트 : 425kg
- 물 : 190kg
- 유동화제 : 1.453 liter(0.4%)
- 드라믹스 ZC30/0.50 : 30kg

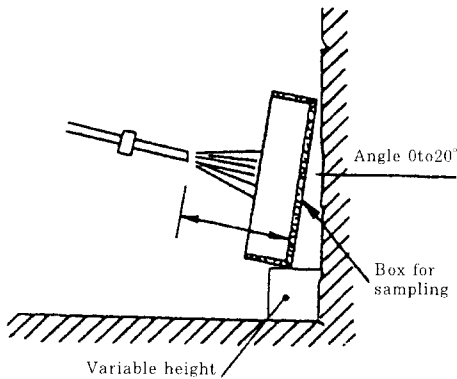


Fig. 1 spraying of panels

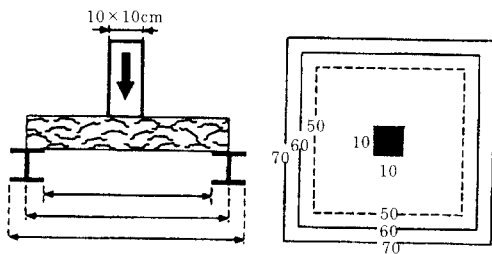


Fig. 2 Panel test set-up

기준강도 : 250kg/cm²

시공은 습식강섬유보강 숏크리트이며 숏크리트의 두께는 10cm이고 2차 라이닝은 50cm 무근 콘크리트이다.

2.2.3 라스베가스 맥켈란국제공항

라스베가스의 맥켈란국제공항에서 1979년 10월과 11월 사이에 18에이커 크기의 정류장에 강섬유보강콘크리트가 건설되었다. 이 Ramp에는 보잉 727이나 보잉 747, 록히드 1011과 무게가 337.5톤이 넘는 맥도날더글라스의 DC-10 등이 주차한다.

이 맥켈란공항의 엔지니어들은 본 Ramp건설을 위하여 우수한 품질, 작업의 용이성, 효과적인 비용을 감안하여 강섬유콘크리트를 선정하였다.

강섬유콘크리트는 높은 인성(Toughness)와 균열 억제능력 때문에 보통콘크리트보다 물성이 월등한데 재료비는 보통 콘크리트보다 훨씬 비싸지만 콘크리트량이 절반정도로 줄고 그에 따라 시공비도 줄므로 전체적인 비용은 별로 차이가 없었다.

그러나 강섬유콘크리트가 물성이 우수하여 수명을 연장시키고 보수비용이 적게 들어 전체적으로

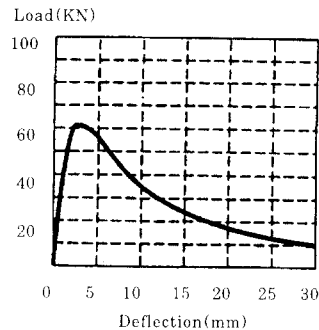


Fig. 3 Load deformation curve

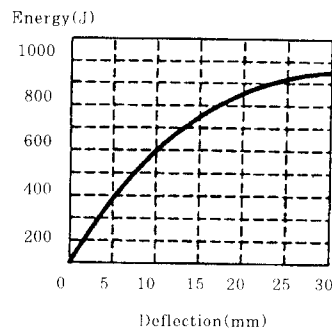


Fig. 4 Absorbed energy -deformation curve

경제적이다.

이에 대해서는 과거의 1976년 맥캘란공항과 레노공항의 overlay 타설에서 우수한 품질과 비용절감을 확인하였고 1972년 플로리다 탐파공항의 10cm, 15cm overlay 타설 1974년 J.F. Kennedy 국제공항의 12.5cm 활주로끝 부위타설, 1977년 뉴욕라구아디아 국제공항에 15cm overlay 타설, 1979년 뉴저지주 뉴와크공항의 활주로끝단 15cm overlay 타설등으로 DRAMIX강섬유콘크리트의 우수한 인성 및 충격저항성을 이미 수년에 걸쳐서 확인하였기에 사용하게 되었다.

타설규모는 700피트(210m)×1,400피트(420m)×7인치(17.5cm)이며 17,000 cubic yard (12,920m³)가 overlay로 타설되었다.

2.2.4 크라이슬러 자동차 공장에서의 적용

신규 크라이슬러 제퍼슨 조립공장이 1.5MIL ft²(140,000m²)에 달하는 면적에 지프조립공장이 들어섰다. 이 공장은 디트로이트 시내의 283에이커 (1.15km²)내에 위치하며 10억불의 건설비용이 소요되었다. 크라이슬러와 건설업체의 주된 목적은 top-quality의 바닥슬라브의 건설에 있었다. 바닥슬라브는 제조설비를 지탱하고 자재를 다루는 과정의 충격하중을 흡수할 수 있어야 하므로 산업설비의 중요한 요소이다.

크라이슬러 건설스케줄과 예산의 범위내에 설계자와 시공책임자를 일찍 선정하여 소재와 기술의 연구와 평가를 정확하게 할 수 있었다.

배합설계는 다음과 같다.

시멘트 : 611 lb/yd³

세골재 : 1487 lb/yd³

조골재 : 1570 lb/yd³

물 : 271 lb/yd³

감수제 : 73온스/yd³

원설계는 도장공장과 조립공장은 슬라브콘크리트의 두께가 6인치이었으나 강섬유를 사용하여 5인치로 줄였으며 차제공장은 8인치이었으나 6.5인치로 줄였다.

시공에 있어서 타설콘크리트의 균일성, 공정의 단순성, 조인트간격의 증대(5.1m×5.1m→7.5m×7.5m), 작업공정의 단축, 1일 타설량의 증대(1250M³) 등의 효과가 있었다.

본공사의 발주처는 Chryslercorporation, 설계 : Albert Kahn Associates 건설매니저 : Barton Malow Company, 바닥시공자 : Colasanticorporation, Cough-Johnson & Sons.

3. 결 론

강섬유 보강 콘크리트는 국외에서 활발하게 산업현장에서 적용되고 있으며 국내에서도 그 유용성이 인지되어 그 응용이 증가하고 있다.

앞으로는 본 고의 사례에서와 같은 구조물 이외에도 SFRC가 적용되도록 많은 연구가 적용될 수 있기를 바라며 또한 건설산업체에서도 SFRC에 대한 긍정적인 시각의 변화 및 많은 활용이 있기를 바라며 이 글을 맺고자 한다. [4]