

초고강도 강섬유 보강 콘크리트의 성능에 미치는 믹서의 영향

Effect of Mixer on the Performance of Ultra-High Strength Steel Reinforced Concrete

박 정 준* 고 경 택** 류 금 성* 강 수 태* 김 성 욱*** 한 상 목****
Park, Jung Jun Koh, Kyung Taek Ryu, Gum Sung Kang, Su Tae Kim, Sung Wook Han Sang Mook

ABSTRACT

Generally the ultra-high strength steel reinforced concrete has rich mix composition composed of high-strength type mineral admixtures and as a result of very low water-binder ratio(about under $w/b=25\%$), it reveals ultra-high compressive strength(about over 100Mpa). Also, in order to obtain sufficient toughness after construction, we usually mix a large quantity steel fiber with ultra-high strength steel reinforced concrete therefore we must use proper mixer for workability.

When we make the ultra-high strength steel reinforced concrete we need more long mixing time or much super-plasticizer than when we manufacture normal concrete. These bring about economical problems and performance deterioration. Therefore, in this study, in order to manufacture easily ultra-high strength steel reinforced concrete we develop a dedicated mixer for ultra-high strength steel reinforced concrete with high speed type. It carried out the examination for comparison between the dedicated and general type mixer, the analysis and counterplan of the point at issue when we manufacture ultra-high strength steel reinforced concrete by the dedicated mixer.

1. 서론

일반적으로 초고강도 강섬유 보강 콘크리트를 제조 시 물-결합재비가 매우 낮고 시멘트와 고강도용 혼화재 등의 분체량이 상당히 많은 부배합으로 구성되어 있어 초고강도(압축강도 100MPa 이상)를 나타낸다. 또한 시공 후에 충분한 인성을 갖도록 다량의 강섬유를 혼입하여 제조하는 것이 보통이며 대표적인 예로 RPC(Reactive Powder Concrete)를 들 수 있다. RPC는 물-결합재비를 약 20%로 대폭 낮추고 굵은 골재를 사용하지 않고 시멘트, 실리카 흙, 0.5mm이하의 모래, 고성능 감수제로 시멘트 매트릭스의 균질성 및 유동성을 확보하여 강섬유를 혼입하고 고온증기양생을 통해 조기에 강도를 확보하여 초고강도(약 180MPa)인 동시에 인성을 대폭 향상¹⁾시킨 초고강도 강섬유 보강 콘크리트이다.

그런데 이와 같이 초고강도를 나타내기 위하여 물-결합재 비가 매우 낮고 시멘트와 고강도용 혼화재 등의 분체량이 상당히 많은 부배합으로 구성된 시멘트 복합체를 일반 강제식 믹서를 이용하여 혼합하면 믹싱시간이 상당히 길거나 많은 양의 고성능감수제가 필요하여 경제적으로나 성능측면에서도 문제가 발생하므로, 배합 시 소요의 작업성을 확보하도록 적당한 믹서를 이용하여 제조하여야 한다.

따라서 본 연구에서는 초고강도 강섬유 보강 콘크리트의 원활한 제조를 위해 효율이 높은 고속믹서

* 정희원, 한국건설기술연구원 구조연구부 연구원

** 정희원, 한국건설기술연구원 구조연구부 선임연구원

*** 정희원, 한국건설기술연구원 구조연구부 수석연구원

**** 정희원, 금오공과대학교 토목공학과 교수

기를 개발하였으며, 이 고속믹서와 일반 강제식 믹서를 비교하고, 고속믹서로 제조할 경우에 대한 문제점 분석 및 대책 등을 검토하였다

2. 일반 강제식 믹서 사용 시 문제점 및 전용믹서 제작 방향

2.1 일반 강제식 믹서 사용에 따른 문제점

일반 강제식 콘크리트 믹서로 초고강도 강섬유 보강 콘크리트 제조 시 문제점은 다음과 같다.

- 일반 강제식 콘크리트 믹서로 초고강도 강섬유 보강 콘크리트를 제조할 경우, 시멘트 복합체에서 소요의 작업성을 확보하기 위해 사용하는 고성능 감수제가 다량으로 필요할 뿐만 아니라 낮은 물-결합재비에서 시멘트 복합체의 점성이 매우 높아 믹서에 상당한 부하가 뒤따르는 동시에 소요의 작업성을 확보하기가 매우 어렵다.
- 일반 콘크리트용 강제식 믹서를 사용하여 소요의 작업성 확보를 위해 다량의 고성능 감수제를 사용하게 되면, 초고강도 섬유 보강 시멘트 복합체의 제조 원가가 상승할 뿐만 아니라 시멘트 복합체의 응결 및 수화가 지연되고 수축 및 강도 저하 등의 문제가 발생하므로 적절한 해결 방안이 될 수 없다.
- 일반 콘크리트용 강제식 믹서에서는 섬유, 특히 강섬유를 투입할 때 별다른 기계 장치가 없다면 수작업으로 섬유를 직접 분산시켜 작업의 효율이 저하될 뿐만 아니라 강섬유가 일반 바늘과 같이 끝단이 뾰족하고 가늘어 작업하는 데 있어 위험성이 있다.

따라서 이상과 같은 문제점을 극복할 있는 물-결합재비가 매우 낮고 시멘트와 고강도용 혼화재 등의 분체량이 상당히 많은 부배합으로 구성된 시멘트 복합체를 원활하게 혼합할 수 있는 믹서의 개발이 필요하다고 할 수 있다.

2.2 전용믹서 설계 및 제작 방향

본 연구에서 개발한 초고강도 강섬유 보강 콘크리트 전용 믹서의 특징은 다음과 같다.

- 고속회전으로 매트릭스의 유동성을 확보한다.
- 여러 종류의 믹서 날개로 매트릭스와 섬유의 균질한 분산을 유도한다.
- 섬유 분산을 자동으로 한다.

본 연구에서 개발된 초고강도 강섬유 보강 콘크리트 전용 믹서는 분체량이 상당히 많고 매우 낮은 물-결합재비에서도 원활한 믹싱작업이 이루어 질 수 있도록 일반 콘크리트 믹서에 비해 약 3배 이상의 고속회전(약 120rpm)이 가능함과 동시에 약 300리터의 용량을 한 번에 배합할 수 있는 구조로 그림 1과 같이 설계 제작하였다. 또한 강섬유의 혼입을 자동으로 투입할 수 있도록 그림 2와 같이 제작하여 섬유의 분산성을 향상시키고 작업의 편의성을 도모하도록 설계 및 제작하였다. 제작된 고인성 콘크리트 전용 믹서의 모습을 그림 3에 나타내었다.

3. 전용믹서의 성능평가 및 개선점

3.1 성능평가

전용 믹서로 초고강도 강섬유 보강 콘크리트를 제조하여 일반 믹서로 제조된 것과 유동성을 비교한 결과를 그림 4에 나타내었다. 일반 믹서로 제조된 초고강도 강섬유 보강 콘크리트는 섬유가 혼입되지 않은 상태이며, 일반적으로 섬유를 혼입할 경우 유동성이 저하된다. 전용 믹서로 제조된 초고강도 강

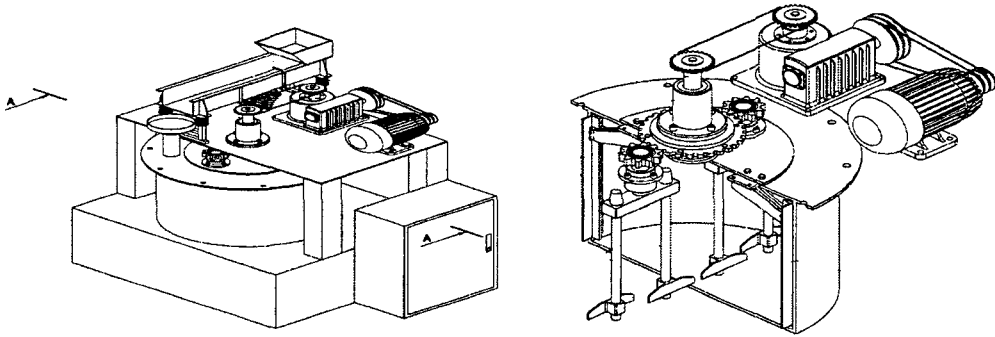


그림 1 고인성 콘크리트 전용 믹서의 내외부 설계도

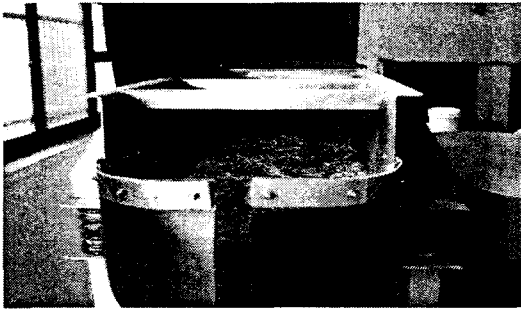


그림 2 강섬유 자동 투입과정

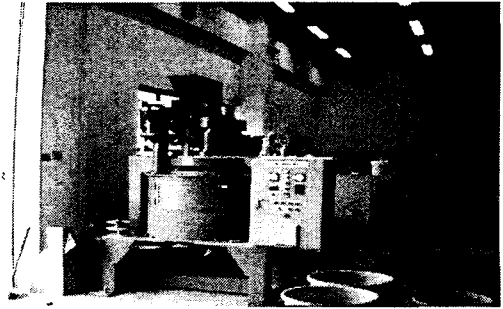


그림 3 초고강도 강섬유 보강 콘크리트 전용 믹서 제작

섬유 보강 콘크리트의 플로우는 기존 일반 믹서로 제조된 섬유가 혼입되지 않은 콘크리트에 비해 플로우가 매우 증가하는 것으로 나타났다. 이것은 전용 믹서가 고속회전에 의해 매트릭스의 유동성 확보와 여러 종류의 믹서날개에 의해 매트릭스와 섬유가 분산이 균질하게 되었기 때문이다. 따라서 초고강도 강섬유 보강 콘크리트 제조 시 개발된 전용 믹서를 사용하게 되면 다량의 고성능 감수제 사용 시 발생할 수 있는 콘크리트의 응결지연 현상과 제조 원가 상승을 막을 수 있으며 보다 원활한 작업성 확보가 가능하다.

그림 5에 믹서 종류에 따른 강섬유 보강 콘크리트 압축강도용 시험체를 제작하여 3일간의 90℃의 증기양생을 실시한 후 압축강도를 비교하여 나타내었다. 이 결과에 의하면, 초고강도 강섬유 보강 콘크리트 전용 믹서로 제조한 콘크리트가 일반 믹서로 제조한 콘크리트에 비해 압축강도가 저하되는 것

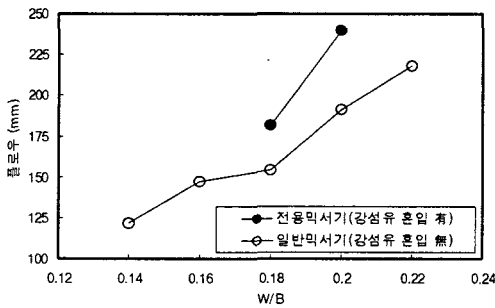


그림 4 믹서 종류에 따른 플로우 변화

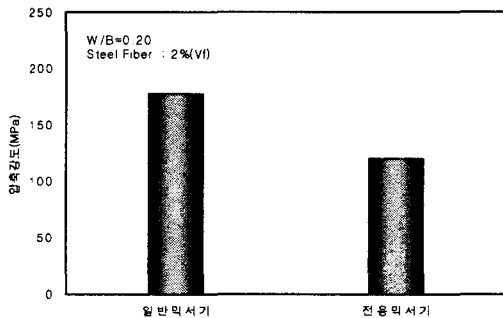


그림 5 믹서 종류에 따른 압축강도

으로 나타났다. 이것은 전용 믹서가 고속회전(약 120rpm)에 의해 고성능 감수제가 분산작용을 원활히 할 수 있도록 하지만, 이와 동시에 고속회전에 따른 다량의 기포를 굳지 않은 콘크리트 내부에 발생시키기 때문에 콘크리트가 경화한 후에는 시멘트 경화체 내부의 공극으로 남아 강도를 저하시키는 갇힌 공기(entrapped air)로 남아 있어 이에 대한 문제를 개선시켜야 할 것으로 분석되었다.

3.2 전용믹서의 문제점 개선

본 연구에서 개발된 초고강도 강섬유 보강 콘크리트 전용 믹서는 고속의 회전력을 주어 기존의 일반 믹서의 성능을 획기적으로 개선시켜 초고강도 강섬유 보강 콘크리트 제조를 가능하게 해주었다. 이는 낮은 물-결합재비에서도 콘크리트 제조가 가능하게 하였고, 타설시 작업성을 확보할 수 있는 효과를 보였으나, 고속회전에 의해 고성능 감수제가 포함되어 있는 초고강도 강섬유 보강 콘크리트 내에 다량의 기포가 발생하였다. 다량으로 발생한 기포는 AE제로 생성하여 동결융해 저항성에 영향을 주는 연행공기와는 달리 콘크리트 내에서 갇힌공기가 형성되어 강도 및 내구성을 저하시킬 수 있는 원인으로 작용할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 기포발생을 감소시킬 수 있는 대책을 다음과 같이 모색하였다.

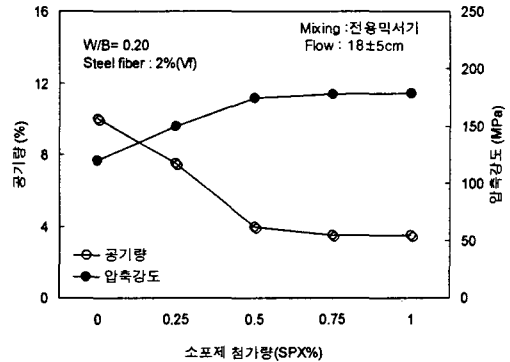


그림 6 소포제 사용에 따른 영향

- 초고강도 강섬유 보강 콘크리트 제조 시 투입재료에 따른 고속회전 시간 및 회전력 조절
- 진동기를 사용한 강제식 기포 제거
- 소포제 등 기타 화학적 혼화제 이용

한편, 전용 믹서를 이용하여 초고강도 강섬유 보강 콘크리트의 강도 및 내구성을 저하시킬 수 있는 기포를 제거하기 위해 믹싱 시간 및 회전력 조절, 소포제 사용을 검토한 결과, 믹싱 시간 및 믹서의 회전력 조절로는 기포 제거에 거의 효과가 없는 것으로 나타났으나, 그림 6에 나타낸 바와 같이 소포제를 사용하여 굳지않은 콘크리트 내부의 공기량을 감소시켜 압축강도를 향상시킬 수 있었다.

4. 결론 및 향후 개선 사항

본 연구에서 개발하고 있는 초고강도 강섬유 보강 콘크리트는 일반 콘크리트에 비해 구성재료가 다르며, 전용 믹서를 활용해야 하기 때문에 기존의 믹싱기법을 이용하기에는 다소 어려움이 있다. 따라서 각종 재료의 투입순서와 배합시간 및 고속회전 방법 등을 면밀히 검토하여 초고강도 강섬유 보강 콘크리트 제조 방법을 규격화시킴으로써 균질의 품질을 확보할 필요가 있다.

또한 현재 개발된 초고강도 강섬유 보강 콘크리트 전용 믹서는 그 용량이 300리터로 실험실용 콘크리트 믹서기에 비해 상당히 큰 용량이다. 그러나 초고강도 강섬유 보강 콘크리트를 교량을 비롯한 구조물 건설현장에 적용하게 된다면 재료의 투입, 개량, 믹싱, 배출 등 일련의 작업이 자동화 되고 효율적인 초고강도 강섬유 보강 콘크리트 제조가 이루어질 수 있도록 개선할 필요가 있다.

참고문헌

1. 박정준,고경택,강수태,김성욱, "초고강도 강섬유 보강 시멘트 복합체의 구성인자가 압축강도에 미치는 영향", 콘크리트학회 논문집, 제17권 1호, 2005.2, pp.35-41