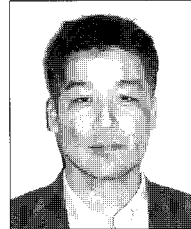
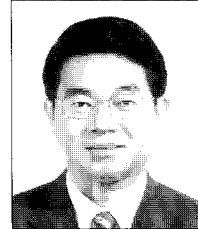


Pile 및 Pier용 중/대구경 나선 철근케이지 자동제작

Auto Spiral Steel-cage Making of Medium and Large Diameter for Pile and Pier



이완훈*



이정환**

*청운대학교 철도행정토목학과 교수

**동방엔지니어링(주) 전무이사

1. 머리말

철근콘크리트 구조물의 구조체 공사 중 철근 공사는 가장 중요한 분야의 하나로써, 철근콘크리트 구조물이 적절한 성능을 발휘하기 위해서는 설계자가 의도한 성능을 나타내는 철근의 배근 및 제작이 매우 중요하다. 기존의 철근공사는 주로 인력에 의존하는 방식으로 기능공의 숙련도에 따라 시공품질 및 생산성이 좌우된다. 그러나 오늘날 국내에서는 직업의 선택에 있어서 건설업이 대표적인 4D (Dirty, Dangerous, Difficult, Distance) 업종으로 인식되고 있다. 낮은 복지수준, 불안정한 고용조건 등으로 인해 젊은 층의 신규진입은 점점 감소하고 있으며, 이에 따른 노무인력의 고령화와 부족한 기능력 저하 현상으로 나타나고, 노무비 상승과 품질저하, 안전사고 발생 위험 증가 등으로 이어지게 된다.

이에 따라 철근공사의 품질관리 및 경제성의 이유로 새로운 철근 조립 방법의 모색이 필요하게 되었으며, 이러한 새로운 철근 조립공사의 방법으로 제시되고 있는 방법의 하나로 철근 선조립 공법을 들 수 있다. 이는 기존에 현장에서 인력으로 철근공사를 하던 방법 대신 자동화 시설을 이용하는 방식으로 현장작업을 간소화하여 현장 생산성 및 현장안정성을 향상시키며 품질관리확보와 공기단축 생산비 절감 등을 기대할 수 있다. 이러한 맥락에서 원형기

동에 있어서의 띠철근과 나선철근의 거동에 대하여 살펴보고 나선 철근망의 자동 생산을 위한 장비의 개량기술과 공법의 개념 설명 등을 소개하고자 한다.

2. 철근의 가공 현황

현재 국내의 원형 기둥 부재 철근 콘크리트 구조물의 철근 선조립은 그림 1에 나타낸 바와 같이 JIG를 이용하여 인력에 의해 작업이 진행되고 있으며, 결과적으로 띠철근 기둥의 형태로 조립된다.

일반적으로 철근 콘크리트 기둥은 높이가 단면의 최소 치수의 3배 이상이고, 주로 압축하중을 지지하도록 사용된



그림 1 JIG를 이용한 철근 케이지 선조립

부재로 정의되며, 기둥 부재는 압축파괴에서는 시각적으로 짧은 경고를 주기 때문에 보 또는 다른 수평 부재들보다 높은 보유강도를 갖도록 설계에 고려할 필요가 있다. 그래서 시방서에서는 휨, 전단, 비틀림 등의 강도감소 ϕ 보다 현저히 낮은 강도감소 계수를 요구하고 있다.

이러한 특징을 갖는 철근콘크리트 기둥 부재는 축방향 철근의 횡방향 지지형태에 따라 띠철근기둥과 나선철근기둥으로 분류될 수 있으며, 이 중에서 띠철근 기둥은 낮은 철근 케이지 조립 시공비 때문에 현재 널리 사용되고 있다. 반면, 나선철근 기둥은 그림 2에 나타난 바와 같이 띠철근 기둥에 비하여 지진구역 등과 같이 취성파괴가 발생할 우려가 있어 연성의 증가가 필요한 곳에 사용이 되면 구조적 강점을 가지게 되지만 이 경우에도 현재 국내에서는 철근 조립작업의 어려움으로 설계 시 나선철근기둥을 채택할 경우 품질확보에 문제점이 발생할 수 있다.

외국의 경우에는 구조적으로 중요한 교량 교각 등의 부재에 있어서 중/소구경 기둥부재의 경우에는 띠철근 기둥보다 거동특성이 우수한 나선철근기둥을 철근 가공장치를 이용하여 시공에 적용되고 있다.

국내에서도 철근 가공장치를 이용하여 나선철근기둥의 철근 구조물을 제작/시공하려는 시도가 있었으나 활성화되지 못하였다. 따라서 현재 철근케이지 가공의 주요 방법은 주철근을 배치하는 틀에 철근을 배치하고 수작업으로 띠철근을 조립하는 방법으로 철근을 가공하고 있다. 따라서 현재 국내에서는 중/소구경 나선철근 케이지의 제작이 거의 전무하였을 뿐만 아니라 대구경 기둥 구조물 경우에 있어서는 철근 가공장치에 의한 나선철근 케이지의 제작이 국내/외 모두 찾아보기 힘들다.

3. 철근케이지 자동 제작 공법 개발

3.1 공법의 개발

동방엔지니어링(주)에서는 국외에서 사용되고 있는 철근가공장치(Cage Making m/c)를 도입/개선하여 한 가닥 또는 두 가닥의 횡철근이 한 줄로 나선형화된 파일 및 교각용 중대구경($\Phi 1,400 \sim \Phi 3,000$) 및 중량급(8ton~25ton) 나선 철근망을 제작할 수 있는 철근 가공장치를 개발하였다.

개발된 철근가공장치는 횡방향 철근을 일정한 간격으로 감도록 하는 나선철근망 제작 기계와 자동(혹은 반자동) 용접장치 및 전기 컨트롤 시스템과 횡철근 두 가닥 한 줄 형태의 나선근으로 고정, 유지시키는 자동장치로 구성된 철근망 기계를 이용하여 원형파일 및 원형기둥용 철근망

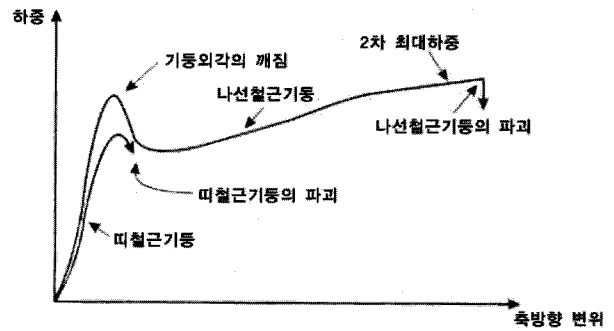


그림 2 띠철근과 나선철근 기둥의 역학적 거동

을 기계장치로 제작하여 설치하는 기술이며, 개발 과정에서 중요시된 사항은 하나의 원주형 철근기둥에 지름이 다른 다중의 원주형상(또는 각주형상)으로 배근된 주 철근의 외주연에 한 가닥 또는 두 가닥(또는 그 이상)의 철근을 한 줄로 맞닿은 상태에서 나선형상으로 감고 태그 용접하는 방법을 통하여 기계자동화로 대형철근망을 제작할 수 있도록 고안하는 것이었다.

이를 위하여 주철근이 이중으로 설계되는 경우에는 하나의 철근기둥 내에 지름이 다른 두 개의 원주형상(or 각주형상) 철근 구조물 사이에 띠형상의 고정 링을 삽입, 용접 고정하고 중심내부에는 후프(Hoop)로 용접 보강하는 한편 두 가닥 일 열의 나선철근을 주철근에 용접으로 고정하여 나선철근 케이지를 구성할 수 있도록 함으로써 2중의 주철근 배치가 가능하도록 하였다. 또한, 하나의 철근 기둥 내에 고정링 및 후프 설치와 함께 지름이 다른 독립적인 나선형 띠철근케이지의 설치가 가능한 장치이기 때문에 대구경 기둥의 경우 기둥의 연성 도입을 위한 기둥 심부 철근의 조립이 가능하게 되었다.

3.2 주요 개선 내용 및 고안장치

- 1) 케이지 규모의 개선(1800mm, 7ton ⇨ 3000mm, 30ton 까지 가능)(그림 3)
- 2) 용접방법의 자동화(인력용접 기계용접)(그림 4)
- 3) 새로운 고안 장치
 - ① 코일 2가닥 직선화 장치
이 장치는 D19코일 철근 2가닥을 1줄로 스트레칭시켜 용접이 가능하도록 안정적으로 공급하는 가장 핵심적인 장치(그림 5).
 - ② 케이지 특수 지그
제작된 케이지와 케이지를 커플러 이음 할 때 피치 및 케이지 끝단을 ±2mm까지 정밀하게 장착 시켜주기 위한 특수 지그(그림 6).

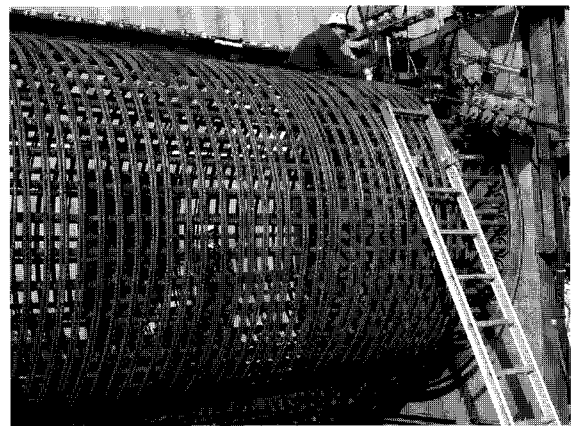
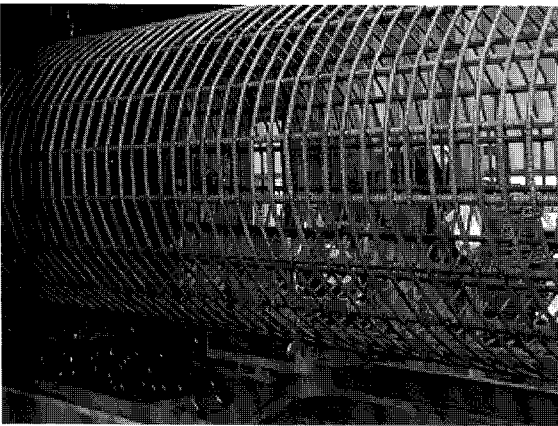


그림 3 케이지 규모의 변화

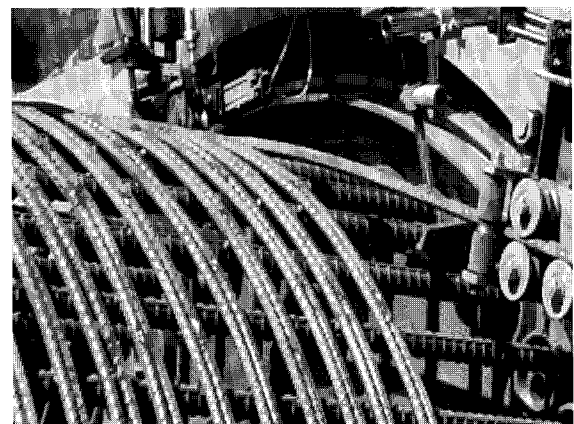


그림 4 용접방법의 개선

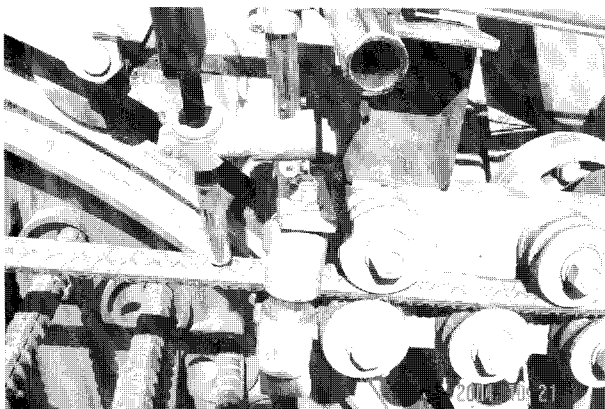


그림 5 코일 2가닥 직선화 장치

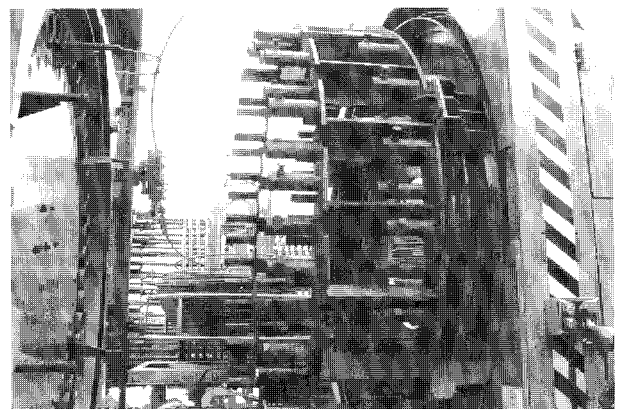


그림 6 케이지 특수 지그

③ 케이지 안전 이송장치

25 ton 까지의 대형 케이지를 변형이 생기지 않도록 안전하게 이송시켜 주는 중량물 이송장치(그림 7).

④ 회전지지 보강장치

기존의 점 접촉 베어링을 선 접촉 베어링으로 교체 보강 설치하여 중량물 구동에도 기계를 안전하게 지탱 시켜주는 장치(그림 8).

⑤ 지지체

대형 중량물 케이지가 안전하게 회전 할 수 있도록 중심축을 연장시켜 고성능 롤러로 받쳐 회전을 안정 시킨 장치(그림 9).

⑥ 주철근 반자동 인입장치

D41, D51과 같은 대구경 철근을 손쉽게 기계에 장착 시킬수 있도록 하는 장치(그림 10).

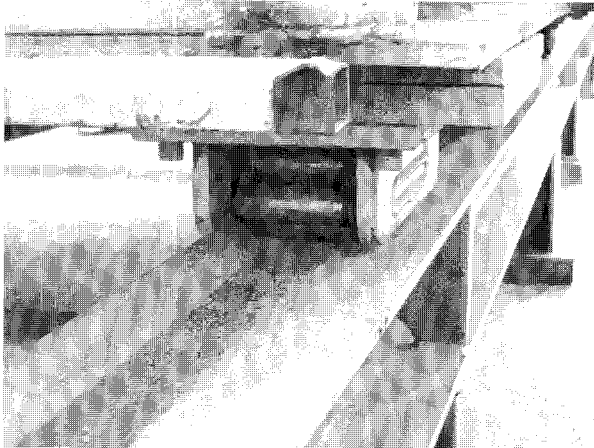


그림 7 케이지 안전 이송장치



그림 8 회전지지 보강장치

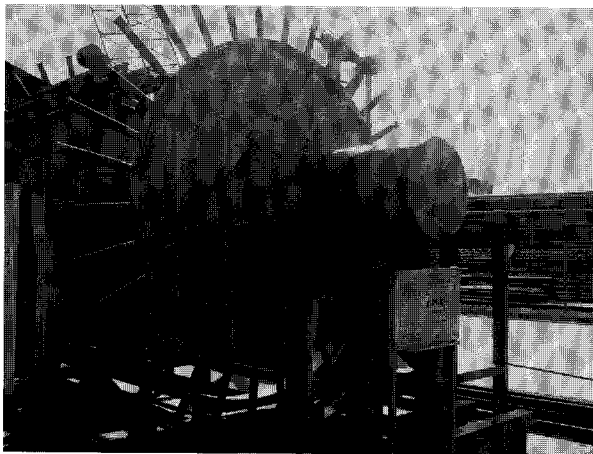


그림 9 지지체



그림 10 주철근 반자동 인입장치

한 시스템(그림 11).

4. 기술의 원리와 효과

본 기술의 원리는 중/대구경용 파일 및 교각의 나선철근망을 철근케이지 자동화 제작기계를 이용하여 제작하는 것이다. 사용되는 기계는 축방향의 주철근을 설계에 맞추어 간격과 직경을 형상에 정확하게 유지할 수 있도록 하고 컴퓨터 프로그램에 의해 코일철근을 사용하여 한 가닥 또는 두 가닥의 나선근을 정확한 위치에 설치가 용이하도록 $\pm 2\text{mm}$ 까지 정확성을 확보한 자동기계제작이다.

이와 같은 나선철근망의 자동제작을 통하여 1) 제작투입 원가의 절감(재료비 10%), 2) 기계화 생산 및 규격의 표준화를 통한 품질의 보장, 3) 계획시공이 가능하게 됨으로 인한 공기의 단축, 4) 철근망의 선조립 공정에 의해 철근망 운반 설치 등으로 콘크리트 시공 상의 편의 등의 효과를 확보하고자 하였다. 그림 12와 그림 13은 실제 교각



그림 11 프로그램 제어판

⑦ 프로그램 제어판

대형 케이지 제작 시 본체와 이송장치의 회전운동을 정확하게 일치시켜주고 회전과 동시 피치를 유지시켜주기 위한 이동을 제어하는 시스템으로 데이터 입력 시 자동으로 작동되도록 프로그램 시킨 자체 개발

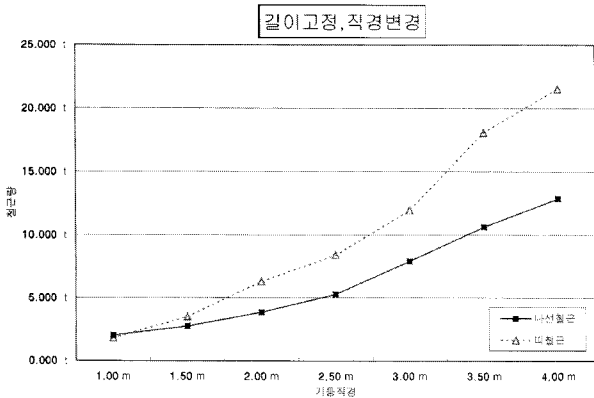


그림 12 직경 변화에 따른 철근량 감소효과(길이=20m 고정)

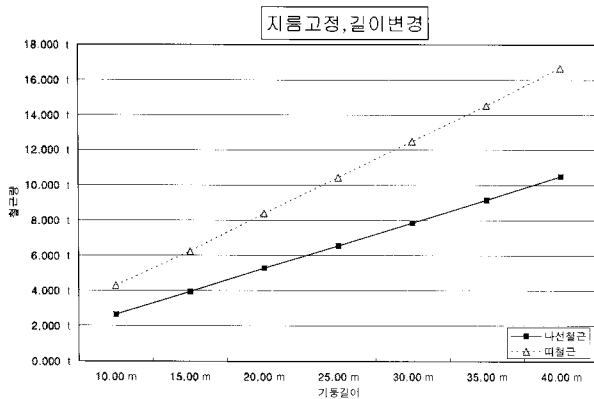


그림 13 길이 변화에 따른 철근량 감소효과(직경=2.5m 고정)

공사에 사용된 도면을 대상으로 단면 직경 및 길이 치수의 변경에 따른 철근량 변화를 비교하여 띠철근 기둥에 대한 나선철근 기둥의 재료 절감 효과를 살펴보았다.

본 기술은 대표적으로 인천대교 현장의 사장교 구간의 파일공사에 적용하였으며 대형 프로젝트에서 본 기계 제작 시 공이야말로 가장 적합한 공법임을 입증하였다. 공기단축, 공사비절감, 품질향상, 시공편리성, 안전작업, 작업공간 최적화, 내진구조시공실현 등등 모든 면에서 우수한 기술이다. 90여 개나 되는 D51mm의 주철근(12m 1개 중량 약 192kgf)을 인력으로 작업한다고 가정할 때 과연 얼마나 많은 인원과 시일이 소요될 것이며 또한, D19 이상의 띠철근 작업은 어떻게 처리해야 할 것인지 해법이 명확하지 않다. 인천대교에서는 12m 철근망 2개를 연결(24m)하여 해상으로 운반 해상현장에서 두번의 연결작업(72m)으로 시공하였다.

대형 건설 공사에서의 나선철근망 작업의 인력작업은 사실상 불가능하며, 대부분의 중요 건설 구조물의 규정에 원주형 철근기둥이 나선철근으로 설계기준이 되어 있음에도 부득이 띠 철근으로 대체될 수 밖에 없는 현재의 건설 분야 실정에서 향후 시공되는 모든 도로, 경전철, 철도, 해

상교량과 대형 건축물의 기초 파일공사 및 기둥 철근망 조립에도 본 공법이 적용될 수 있기를 기대하며, 또한 해외 대형 프로젝트에도 본 공법을 적용할 수 있도록 적극 추진하고자 한다. 국내의 공사규모 보다 큰 프로젝트에서 품질과 가격 면에서 경쟁력이 있는 본 공법을 적용하면 얼마든지 해외 시장 개척이 가능할 것으로 확신한다.

5. 공사 기록 사진 (인천대교 사장교현장)

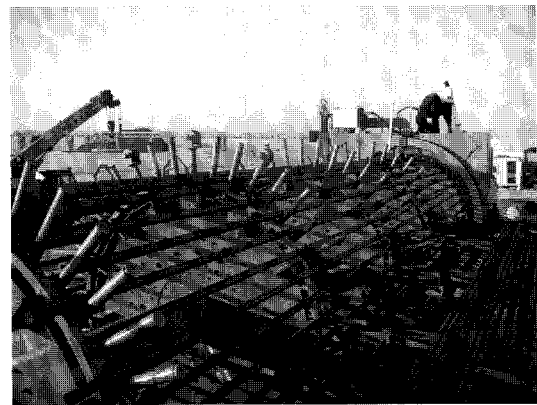


그림 14 철근망 기계 조립

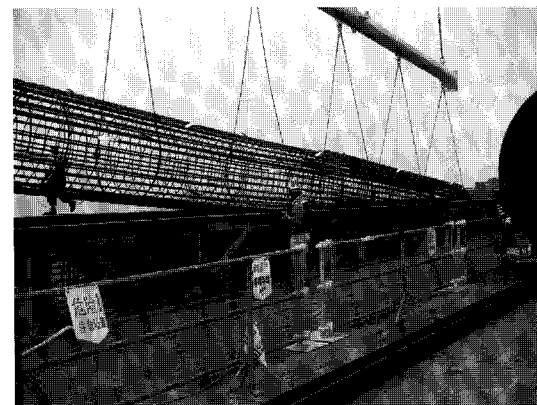


그림 15 철근망의 운반을 위한 선적

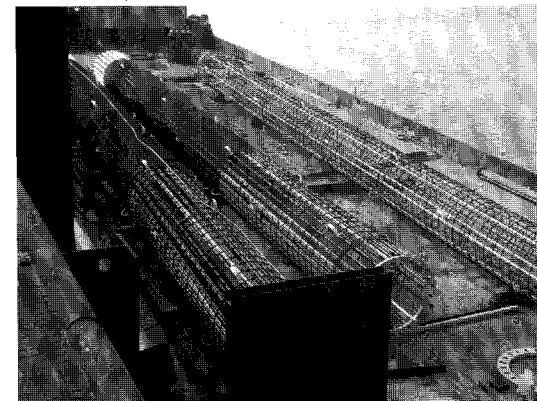


그림 16 철근망 운반

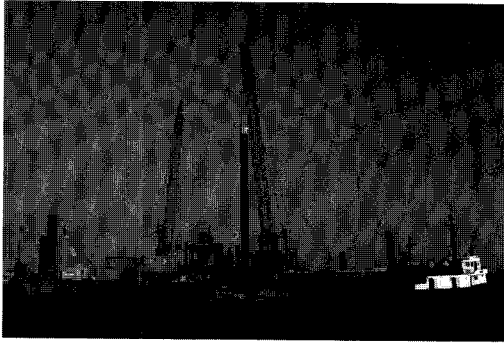


그림 17 철근망의 강관 내 삽입

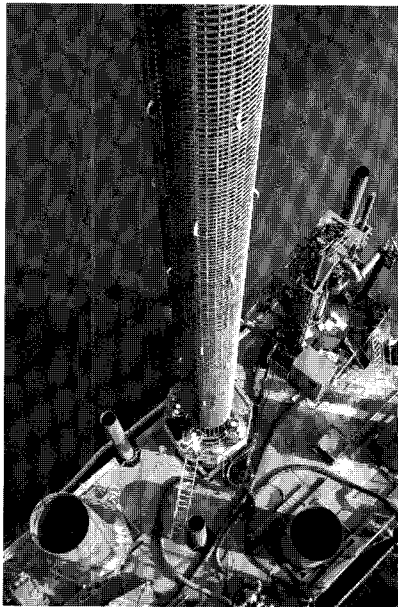



그림 18 철근망의 강관내 연결삽입

6. 결 론

철근 케이지 자동화 제작관련 기술은 대구경 철근 케이지 제작에 적용이 적합하도록 개발된 것으로 현재 국내 철근케이지 시공사례에서 소구경 철근 케이지 제작에서조차도 제작상의 문제로 말미암아 건설현장에서는 적용사례가 많지 않은 나선철근으로 횡철근에 적용한 대구경 철근 케이지 기계 제작 기술이다. 또한 대구경 단면에서 요구되는 횡철근 단면적을 확보하기 위하여 두 가닥 나선철근의 적용이 가능하도록 개발하였으며 나선철근의 간격확보를 위한 콘트롤 시스템을 개발하여 적용하는 등의 기계화 제작기술을 확보하게 됨에 따라 철근케이지의 품질확보가 용이하도록 개발된 기술이다.

따라서 기본적으로는 국내 철근 케이지 제작기술의 발전에 기여할 수 있을 뿐만 아니라 점차 대형화 되어가는 국내 건설 구조물에 적용 가능한 내진설계 및 시공기술에 반드시 필요한 요소 기술이라 할 수 있다. 그러므로 현재 국내 수작업으로 이루어지는 띠철근 케이지와 비교하여 구조물의 강도, 내진성, 경제성 등의 측면에서 우수한 나선철근 제작 및 시공이 가능하게 되어 보다 안전한 구조물의 설계가 가능하게 되었을 뿐만 아니라 균일한 품질의 철근 케이지를 빠르고 안전하게 그리고 기존 공법에 비해 최소 10%이상의 절감을 확보할 수 있는 경제적인 혁신 기술이라 할 수 있다. 

[담당: 이완훈, 편집위원]