

배치 플랜트를 위한 통합 제어 시스템 개발

김정숙*

Development of the Integrated Control System for the Batch Plant in Field

Jung-Sook Kim*

요약

배치 플랜트 현장에서 사용되는 최상의 품질 콘크리트 제작을 위해 모래, 자갈, 시멘트, 물 및 강섬유 등의 주배합 비율을 최적으로 조절하기 위한 다양한 측정과 제어 장치가 필요하다. 현재는 저울, 인디게이터 및 PLC 등의 부품으로 구성되어 있다. 따라서 작업 초보자가 사용하기에는 어려움이 있다. 이에 본 논문에서는 모든 기능이 하나로 통합되게 PCB 기판을 사용한 하드웨어와 이를 제어하는 소프트웨어를 탑재한 비전문가도 사용하기 편리한 통합 제어 시스템을 개발하였다.

ABSTRACT

The measurement and control device which is for controlling the best mixture rate is needed to produce the best quality concrete in Batch Plant. Present the workers do the measurement and control with each equipped devices such as a indicator, PLC and a scale. That is difficult to use especially for beginner in field. In this paper, we developed the integrated measurement and control system which is composed of hardware with PCB and software. It is easy to use for beginner worker in plant field.

키워드

Integrated Control System, Batch Plant, Scales, Indicator, PCB
통합 제어 시스템, 배치 플랜트, 저울, 인디게이터, PCB

1. 서론

배치 플랜트는 재료 저장 장치에서 오는 시멘트(Cement), 모래, 골재, 물 등을 계량 장치에서 신속 정확히 계량하며 공급 장치에 의하여 혼합기(Mixer)에 공급, 혼합함으로써 균일한 품질의 콘크리트를 대량 생산하는 기계이다. 저장빈, 계량장치 및 믹서는 배치 플랜트라 부르는 1개의 설비로 통합 정리되어 있다. 배치 플랜트는 원재료 및 혼합된 콘크리트의 이

동을 자연 낙하에 의한다. 높이 30m이상 되는 탑실식으로 되어 있는 것이 보통이다. 레미콘이라는 것은 공장에서 배합되는 단계에서의 시멘트, 물, 모래, 자갈 등 각 구성재료의 성분, 물성의 차이에서 시작하여 배합비, 배합시간, 배합오차, 운반과정에서의 외부온도, 습도, 운반 시간, 노면상태 및 시공조건과 양생방법 등에 이르기까지 여러 가지 품질변동 요인을 가직 있으며 다른 광공업 제품과는 달리 구입자에게 넘겨지는 순간까지도 반제품이라서 최종 확인을 할 수 없다

* 김포대학교 교수(kimjs@kimpo.ac.kr)

** 교신저자 : 김포대학교 CIT융합학부 교수

• 접수일 : 2017. 10. 26

• 수정완료일 : 2017. 11. 20

• 게재확정일 : 2017. 12. 15

• Received : Oct 26, 2017, Revised : Nov 20, 2017, Accepted : Dec 15, 2017

• Corresponding Author : Jung-Sook Kim

School of CIT Convergence, Kimpo University,

Email : kimjs@kimpo.ac.kr

는 단점을 가지고 있다. 이렇게 현장 배치 플랜트에서 사용하는 콘크리트는 작업 시기와 장소 및 공사 용도에 따라 다양한 배합 비율을 적용해야 한다[1-8]. 그런데 이러한 주배합 비율을 주로 경험에 의한 이론적인 데이터 비율을 적용하여 품질 이상이 많이 발생하고 있다. 특히 작업 현장은 먼지가 많이 발생하고 작업자들이 비전문가가 대부분으로 수시로 버튼을 누르므로 컨트롤 패널의 접촉 불량 등과 같은 오류가 자주 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해 현장 규모에 맞는 정확한 배합 비율 데이터를 기초 자료로 사용하여 강도가 높고 품질이 최상인 콘크리트를 생산할 수 있는 사용하기 편리한 컨트롤 패널 개발이 필요하다[9-10]. 그러나 현재 사용되고 있는 컨트롤 패널은 용량을 측정하는 저울, 인디게이터 및 PLC 등이 각각의 부품으로 기능을 제공하고 있어 가격도 비싸고 또한 사용하지 않은 불필요한 기능이 많이 포함되어 있어 현장 배치 플랜트 제어에 최적인 통합 스마트 컨트롤 패널 개발이 필요하다.

이에 본 논문에서는 현장 플랜트 각 공정을 스마트하게 제어할 수 있는 통합 제어 시스템을 개발하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서 관련 연구들을 살펴보고 3장에서 현재 사용하고 있는 현장 플랜트 시스템의 문제점과 개발되는 시스템을 기술한다. 그리고 4장에서는 개발한 시스템의 결과를 보여주고 마지막 5장에서 결론을 내리고 향후 연구방향을 살펴본다.

II. 관련 연구

배치 플랜트의 정의는 콘크리트를 제조하는 설비로서 콘크리트 제조에 쓰이는 재료는 조골재, 세골재, 시멘트, 물, 그 외 혼합재료이며 이들 콘크리트의 사용 목적에 따라 혼합 방법이 다르나 일반적으로 조골재는 2~4종, 세골재는 1~2종, 시멘트, 물이 각 1종 여기에 혼합재를 사용하면 배합방법은 여러 가지로 10수종 되며 예비 플랜트(Ready mix plant)에서는 수요자의 요구에 따라 60~120종의 다종 다양한 제품을 생산할 수 있다.

2.1 배치 플랜트의 구비 조건

- ① 계량장치가 정확해야 한다.
- ② 계량, 작동 조작이 간편해야 한다.
- ③ 계량치 수정이 쉽고 조작은 중앙 집중식이어야 한다.
- ④ 구조가 견고하고 고장이 적도록 조립식이 좋다.
- ⑤ 내구성이 있어야 한다.

2.2 배치 플랜트의 분류

2.2.1 탑(TOWER)형 배치 플랜트

탑(TOWER)형 배치 플랜트로서 대규모 공사 등 대용량 처리형으로 적합하며 다음과 같은 특징을 가지고 있다.

- ① BUILT-UP방식으로 설치공사 기간이 짧다.
- ② 저장빈은 용량에 따라서 변경이 가능하다.
- ③ 보수, 점검을 중점으로 한 설계이다.
- ④ RAMEN구조를 택해 외관이 스마트하고 가격이 저렴하다.
- ⑤ 최신전자 제어장치를 부착하여 다양한 컨트롤이 가능하다.

2.2.2 간이(TYPE)형 배치 플랜트

- ① 간편한 구조 및 미려한 외관을 가진다.
- ② 보수 점검의 용이 및 고장개소를 극소화 시킨 완벽한 설계이다.
- ③ 컴팩트한 배치플랜트로서 조립,분해 및 설치가 간편하다.
- ④ 부지의 조건에 따라 다양하게 설치 가능하다.
- ⑤ 최신의 칼라 CRT에 의한 컴퓨터시스템의 조작반으로 구성된다.
- ⑥ 조립,해체가 용이하게 되어 건설현장,PC 공장 및 고속도로 현장에서도 많이 사용하고 있다.

2.3 배치 플랜트의 구조

2.3.1 재료 저장소

플랜트의 정상부에 위치하여 재료를 종류별로 분류하여 계량하기 쉽게 연속적으로 컨베이어 혹은 버킷 엘리베이터 등으로 공급하기 위한 장치이다.

2.3.2 재료 공급 장치

저장부 밑면 개구부에 공급 장치가 설치되어 있어 재료의 종류에 따라 공급 방법이 다르다. 보통 골재는 컷 오프형(Cut off type), 분체는 특수한 수송기 혹은 밀폐 밸브를 배치한다. 공급 게이트는 인력, 공압, 전기에 의해 제어한다.

2.3.3 계량 장치

콘크리트 재료, 모래, 자갈, 물, 시멘트 등을 혼합하기 위해 정확한 혼합 비율을 위한 장치, 필요에 따라 지시 장치의 원격 전달, 자기 기록, 계량 장치의 과부족 지시등의 기능을 수행한다.

2.3.4 재료 배출 장치

Mixer된 혼합 재료를 현장에 배출하는 장치로서 이는 계량 호퍼에서 유출된 재료를 남김없이 전량을 Mixer 통에 넣고, 일례된 상태에서 비빔을 한 다음 배출 슈트를 통하여 혼합된 콘크리트를 배출한다.

2.3.5 집합 호퍼(Hopper)

계량 호퍼에서 배출되는 수종의 재료를 집합하여 믹서에 투입하는 도로의 역할과 각 재료를 예비 혼합하는 역할을 한다.

2.3.6 부대 설비

필요에 따라 골재의 예냉 설비 혹은 AE제, 시멘트 확산제 등을 설치한다.

진 배치 플랜트 콘크리트 제작에 최적화된 제어를 할 수 있는 제품을 개발하였다. 일부 레미콘 회사에서 사용하고 있으나 아직은 환경오염을 최소로 하고 현장 규모에 맞게 간이를 사용하여 부실시공을 없애고자 하는 현장 배치 플랜트에서 사용하는 곳은 거의 찾아볼 수 없다. 다음의 그림 1은 현재 사용되고 있는 현장 플랜트 제어 시스템을 보여주고 있다.

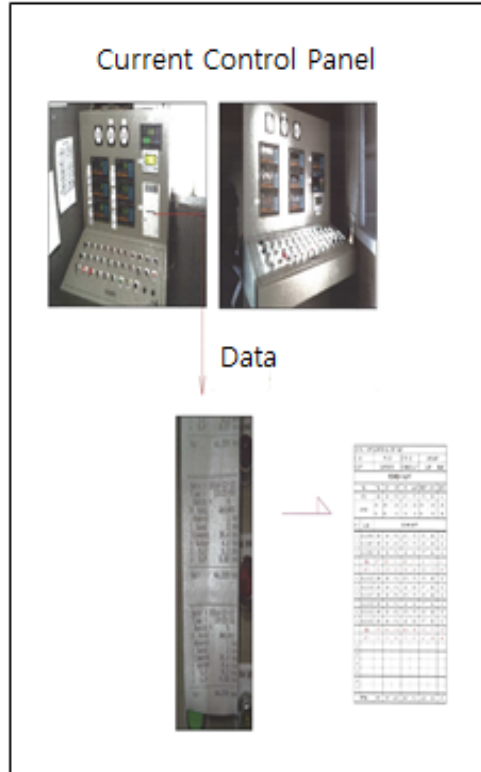


그림 1. 현재 사용중인 제어 시스템

Fig. 1 Control system in use

III. 통합 스마트 제어 시스템

3.1 현 시스템 구조

현재 주로 배치 플랜트에서 사용하는 콘크리트 제작 공정을 제어하는 컨트롤 제어기는 저울, 인디게이터 및 PLC가 각각의 기능과 형태를 가진 부품들로 구성되어 있어 이를 사용하는데 어려움이 있다. 그리고 각 부품들도 일반적인 목적의 제어를 위해 많은 기능을 포함하고 있어 가격이 고가이다. 또한 각 부품들에서 사용되지 않은 기능으로 인해 조작하기만 불편함을 내포하고 있다. 이에 이러한 어려움을 제거하여 배치 플랜트용 콘크리트 제작에 필요한 기능을 가

3.2 개발 시스템

현장 배치 플랜트용 최상의 품질을 가진 콘크리트 제작을 위해 필요한 주배합 비율을 정확하고 편리하게 제어할 수 있는 통합 컨트롤 패널 제작을 하였다. 용량 측정에 사용되는 저울과 인디게이터 및 주성분인 모래, 자갈, 시멘트, 물, 혼화제 및 강섬유를 적절한 배합으로 혼합하는 혼합기를 제어하는 PLC 기능이 분리되어 있으나 이를 통합하는 기술을 개발하였

다. 특히 현재 사용중인 컨트롤 패널은 전기 회로가 복잡하게 구성되어 있으며, 이를 최적으로 간단하게 연결할 수 있는 기술을 개발하였다.

배치 플랜트의 기준은 다음과 같다. 플랜트는 원칙적으로 각 재료를 위한 별도의 저장 bin과 정확한 계량을 확인할 수 있는 지시계를 구비해야 한다. 그리고 시멘트의 계량은 무게로 하고, 계량오차는 1회 계량 무게의 1% 이내, 골재의 계량은 무게로 하고, 계량 오차는 1회 계량 무게의 3% 이내, 혼화제의 계량은 무게로 하고, 계량 오차는 1회 계량 무게의 3% 이내여야 한다. 다음으로 배치 플랜트(Batch plant)의 성능 표시는 혼합하는 용기 내에서 1회 혼합할 수 있는 콘크리트의 생산량을 m^3 로 나타낸다. 배치 플랜트의 작업 능력 산정방법은 콘크리트 재료의 저장 용량, 콘크리트 믹서의 대수, 단위시간당 혼합능력 등을 가지고 표현한다 따라서 믹서의 크기 $0.6m^3 \sim 3m^3$, 믹서의 대수 2~4대 정도를 일반적으로 많이 사용하며 플랜트의 용량은 단위 시간당 혼합 능력 ($3m^3/h$)으로 표시하고 믹서 용량, 대수, 계량방식에 따라 다르다.

IV. 개발 결과

시스템 개발은 윈도우즈 환경에서 Visual Studio 2013의 Visual Basic 언어를 사용하여 개발하였다. 배치 플랜트용 콘크리트 제조 공정에 필요한 정보 제공 저울을 이용해 용량을 조절하고 콘크리트 제작에 필요한 모래, 자갈, 시멘트, 물, 혼화제 및 강섬유 배합을 하는 공정 등에서 필요한 정보를 입력받아 제어한다. 콘크리트 강도와 배합 비율 설계 데이터를 입력받는다. 특히 최상의 품질을 가진 배치 플랜트 콘크리트를 제작할 수 있는 설계 데이터를 입력받을 수 있으며, 컨트롤 패널에 적용되는 최적의 전기회로를 설계하고 제작하였다. 그리고 배치 플랜트용 콘크리트 배합 비율을 제어하는 통합 컨트롤 패널을 제어하는 소프트웨어를 개발하였다. 특히 현장에서 사용하는 작업자 자기 초보자일지라도 사용하기 편리한 사용자 인터페이스를 개발하였다. 즉 배합 비율을 시각적으로 볼 수 있는 그래픽 사용자 인터페이스 기술 개발하였다. 윈도우즈 환경에서 사용자 경험을 적용한 사용자 인터페이스를 개발하였다. 제어를 위해 화면 터치를 통한 작

업 제어 기술 개발하였다. 먼지가 많이 발생하는 현장의 환경을 고려하여 버튼 방식이 아닌 화면 터치를 통한 버튼 제어 기술을 개발하였다. 제어 패널을 수식으로 표현하면 즉 n 개의 콘크리트를 제작하고자 할 때, $i = 1 \sim n$, $C_i = S_i + W_i + \dots S_i$ 로 표현할 수 있다. 다음 그림 2는 개발된 시스템의 구조도를 보여주고 있다.

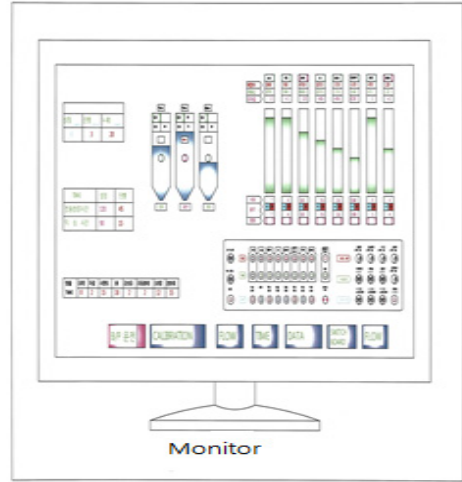


그림 2. 상세 시스템 구조도
Fig. 2 Detailed

다음 그림 3은 개발중인 시스템의 개략도를 보여주고 있다,



그림 3. 개략도
Fig. 3 System structure

다음 그림 4는 현장 플랜트 통합 제어 시스템을 구성하는 소프트웨어 구조도를 보여주고 있다, 운영체제인 윈도우즈 환경에서 각 공정을 제어하고 이들을 화면에 보여주는 사용자 인터페이스로 구성되어 있다.

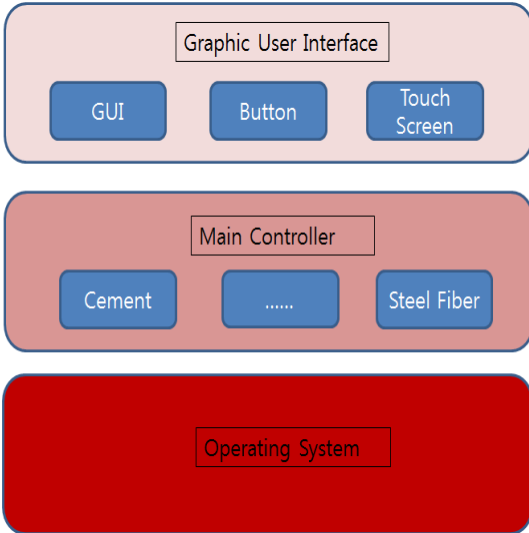


그림 4. 소프트웨어 구조도
Fig. 4. S/W Structure

그림 5에서는 상세하게 배치 플랜트를 보여주고 있다.

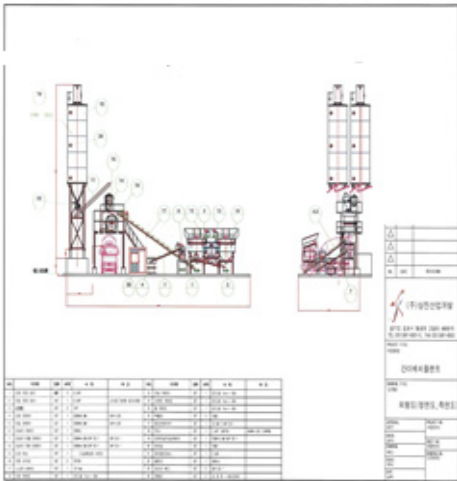


그림 5. 상세 간이 배치 플랜트
Fig. 5 Detailed Batch Plant

다음 그림 6은 개발된 시스템을 보여주고 있다.



그림 6. 개발 결과
Fig. 6 Result

V. 결론 및 향후 연구방향

현장 배치 플랜트용 최상의 품질을 가진 콘크리트 제작을 위해 필요한 주배합 비율을 정확하고 편리하게 제어할 수 있는 통합 컨트롤 패널 제작을 하였다. 용량 측정에 사용되는 저울과 인디게이터 및 주성분인 모래, 자갈, 시멘트, 물, 혼화제 및 강섬유를 적절한 배합으로 혼합하는 혼합기를 제어하는 PLC 기능이 분리되어 있으나 이를 통합하는 기술을 개발하였다. 특히 현재 사용중인 컨트롤 패널은 전기 회로가 복잡하게 구성되어 있으며, 이를 최적으로 간단하게 연결할 수 있는 기술을 개발하였다. 향후 연구방향은 배치 플랜트를 작업하는 열악한 현장 환경을 고려하고 또한 일에 능숙하지 않은 작업자가 사용해야 할 경우, 사용자가 보다 사용하기 편리할 수 있도록 음성으로 제어를 할 수 있는 음성인식이 가능한 지능형 통합 제어 시스템을 개발할 예정이다.

감사의 글

본 논문은 2017년도 김포대학교 연구비 지원사업의 지원으로 수행되었음.

References

[1] Y. Jung, Y. Kim, I. Choi, D. Lee, and K. Hong, "A Study on the status of unit water content control of the Ready-Mixed Concrete plants in the country," *Proc. of Korea Institute Concrete Society*, vol. 18, no. 1, Apr. 2006, pp. 606-609

[2] J. Byun, "The Synchronous Control System Design of a Dual Electric Propulsion System for Small Boats," *J. of Korea Institute Electronic Communication Science*, vol. 12, no. 1, Feb. 2017, pp. 85-92.

[3] Y. Jo and S. Choi, "Engineering Performance and Applicability of Eco-Friendly Concrete for Artificial Reefs Using Electronic Arc Furnace Slags," *J. of Korea Institute Civil Engineering*, vol. 35, no. 3, Jun. 2015, pp. 533-544.

[4] K. Koh, J. Park, G. Ryu, and S. Kim, "State-of-the-art on Development of Ultra-High Performance Concrete," *J. of Korean Society of Civil Engineering*, vol. 61, no. 2, Feb. 2013, pp. 51-59.

[5] Japan Concrete Institute, Special Issue : High Functional and High Performance Fiber Reinforced Concrete, *Concrete Journal* vol. 50, no.5, 2012, pp. 403.

[6] M. Schmidt, E. Felhing C. Glotzbach, S. Frohlich, and S. Piotrowski., Ultra-High Performance Concrete and Nonotechnology in Construction, *Proc. of Hipermat 2012*, 2012, pp. 17-26.

[7] P. Richard, and M. Cheyrezy, "Composition of Reactive Powder Concretes," *Cement and Concrete Research*, vol. 25, no. 7, 1995. pp. 1501-1511.

[8] K. Koh, G. Ryu, S. Gang, J. Park, and S. Kim, "Shrinkage Properties of Ultra-High Performance Concrete(UHPC)," *Advanced Science Letters* vol.4, no. 3, 2011, pp. 948-952.

[9] G. Cho, "Development of Injector Controller,"

J. of Korea Institute Electronic Communication Science, vol. 8, no. 2, Feb. 2013. pp. 279~284.

[10] H. Lee, "The Development of Resistive Leakage Current Circuit Breaker using a ARM Processor," *J. of Korea Institute Electronic Communication Science*, vol. 12, no. 4, Aug. 2017. pp. 615~620.

저자 소개



김정숙(Jung-Sook Kim)

1993년 동국대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)

1995년 동국대학교 대학원 컴퓨터 공학과 졸업(공학석사)

1999년 동국대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학 박사)

2000년 김포대학교 CIT융합학부 교수

※ 관심분야 : 유전 알고리즘, 병렬 및 분산 시스템, IT융합