

고강도용 폴리카르본산계 고성능 감수제가 사용된 콘크리트의 성능

이완조 · 강성구 · 황인동* · 이재용** · 박 성 · 정윤중[†]

명지대학교 세라믹공학과

*세일콘(주) 부설연구소

**금성개발(주)

(2004년 11월 4일 접수; 2004년 12월 13일 승인)

The Performance of Concrete Used High Strength Development Polycarboxylate Superplasticizer

Wan Jo Lee, Sung Gu Kang, In Dong Hwang,* Jae Yong Lee,** Sung Park, and Yun Joong Chung[†]

Department of Ceramic Engineering, Myong Ji University, Yong-In 449-728, Korea

*Seil Con R&D Center, An-Sung 456-933, Korea

**Cum Sung Development Co. LTD., Jin-Choun 356-863, Korea

(Received November 4, 2004; Accepted December 13, 2004)

초 록

최근 국내에 소개된 폴리카르본산계의 종류는 기능적 분류로 감수용, 유지용, 초고강도용 등으로 소개되고 있으며 이들은 각기 화학적 구조의 차이와 시멘트와 혼합 후 거동의 차이에 의하여 각기 다른 물리적 특성을 보였으며 감수용의 경우 시멘트 중량의 1.2%의 사용시 30% 이상의 높은 감수율을 보였으나 골재분리를 동반하였으며 콘크리트 제조 후 45분 경과시 슬럼프 플로우의 감소가 약 30 cm 이상 발생 하였으며 유지용의 경우 동일 사용량에서 약 25% 감수율을 보였으며 45분까지의 슬럼프 플로우의 경시 변화는 15 cm 이하로 관찰되었다. 초고강도용의 경우 시멘트 중량의 1.2%를 사용한 경우 30% 이상의 감수율로 관찰되었으며 슬럼프 플로우의 45분 후의 경시변화는 10 cm 이하로 측정되었다. 압축강도의 경우 초고강도용의 경우 탁월한 조기 강도 증진 효과를 보였으며 특정배합에서의 18시간 압축강도는 약 60 Kgf/cm² 이상이 확보될 수 있었으며 24시간에서 80 Kgf/cm² 이상이 확보될 수 있었다.

ABSTRACT

There are many kinds of polycarboxylate superplasticizer as a functional classification which are introduced to domestic; Water Reducer, Retention, Ultra High Strength Superplasticizer. These are showed different physical behaviors because of the difference in the chemical system and the manners after cement mixing. In the case of water reducer, when 1.2% of cement weight used, water reducing which is over 30% is observed, but it take with segregation and the reduction of slump flow shows over 30 cm after 45 min of concrete produce. In the case of retention, when the same quantity used, water reducing which is about 25% is observed and slump flow which is up to 45 min shows under 15 cm. And in the case of ultra high strength, when 1.2% of cement weight used, water reducing which is over 30% is observed, and slump flow which is up to 45 min recorded fewer than 15 cm. Compressive strength of ultra high strength superplasticizer has take effect of early age strength, and in the condition of specific mixing, 18 h-compressive strength is insured for more than 60 Kgf/cm² and 24 h-compressive strength is insured for more than 80 Kgf/cm².

Key words : Polycarboxylate superplasticizer, Ultra high strength concrete

1. 서 론

폴리카르본산계 감수제의 일반적인 특징은 이미 잘 알려진 바와 같이 시멘트의 입자를 친수화하여 물에 쉽게 분산되게 하며 감수제의 구조체에 따른 입체장애 효과에 의하여 유동성이 지속된다. 또한 시멘트 입자의 친수화는

시멘트의 수화 반응에 영향을 작게하여 강도 증진이 빠른 것으로 보고된 바 있다.¹⁾ 반면 나프탈렌계나 멜라민계 고성능 감수제의 경우 낮은 친수성과 강한 입자 반발력에 의하여 사용시 빠른 분산력의 증가를 확보할 수 있으나 시멘트의 반응에 따른 반응 축적물의 침적에 의한 반발력 저하에 따라 콘크리트의 유동성 감소가 빠른 것으로 알려져 있다.²⁾ 또한 시멘트 입자를 분산하기 위한 단위 중량당 분자의 수가 분자량 차에 기인하여 나프탈렌계 고성능 감수제의 경우 폴리카르본산계 고성능 감수제의 보다 분자량이 작고 대전력이 커 시멘트 입자의 분산

[†]Corresponding author : Yun-Joong Chung

E-mail : cyj@mju.ac.kr

Tel : +82-31-330-6460 Fax : +82-31-330-6457

기여도 우수하여 일반적으로 폴리카르본산계(PC) 고성능 감수제의 사용량이 나프탈렌 보다 높은 것으로 인식되고 있다. 최근에는 폴리카르본산 구조에 있어 흡착그룹과 입체장애효과 발생 그룹과의 일련의 상관관계를 혼화제의 사용량 또는 사용되는 물의 양적 변화에 따라 관찰된 연구가 보고되고 있다.³⁾ 또한 이들의 상관관계는 물이 사용된 시멘트 몰탈의 점도의 변화 등으로 관찰되며 흡착그룹의 흡착 속도는 초기 감수 효과와 밀접한 관계를 갖는 것으로 알려져 있다.⁴⁾

이에 따라 본 연구에서는 각각의 폴리카르본산계 혼화제의 사용량을 변화시켜 초기 강도를 관찰하였으며 작업성의 유지 성능을 콘크리트의 작업성 변화로 관찰하였다.

2. 실험 방법

2.1. 실험 재료

시멘트는 1종 보통시멘트로 국내산 쌍용양회에서 시판하는 Bulk 시멘트를 사용하였다. 또한 사용된 모래는 일

반 하천사를 이용하였으며 굵은 골재는 19 mm 쇄석사를 이용하였다.

국내산 폴리카르본산계 감수제로는 L사의 유지용(Retention)과 감수용(Reduction) 시판품으로(Fig. 1에 나타난 것과 같이) 상대 GPC에 의한 상대평균 분자량은 약 25,000~28,000 g/mole(Fig. 1)이며 고형분 함량은 20%를 유지하였다. 또한 적외선 분광 스펙트럼의 결과는 Fig. 2와 같으며 1,400 cm⁻¹와 1,600 cm⁻¹에서 폴리카르본산의 특성 피크가 관찰되었다. 고강도용(PCH) 배합을 위한 초고강도용 폴리카르본산계 감수제로는 일본 D사의 시판품을 이용하였으며 GPC에 의한 상대평균 분자량은 약 38,000 g/mole(Fig. 1)이었으며 고형분 함량은 20%를 유지하였다. 또한 적외선 분광 스펙트럼의 결과는 Fig. 2와 같으며 1,600~1,740 cm⁻¹에서 폴리카르본산의 특성 피크가 관찰 되었다.

2.2. 실험 방법

2.2.1. 콘크리트

콘크리트의 시험방법은 KS F 2560(콘크리트용 화학 혼

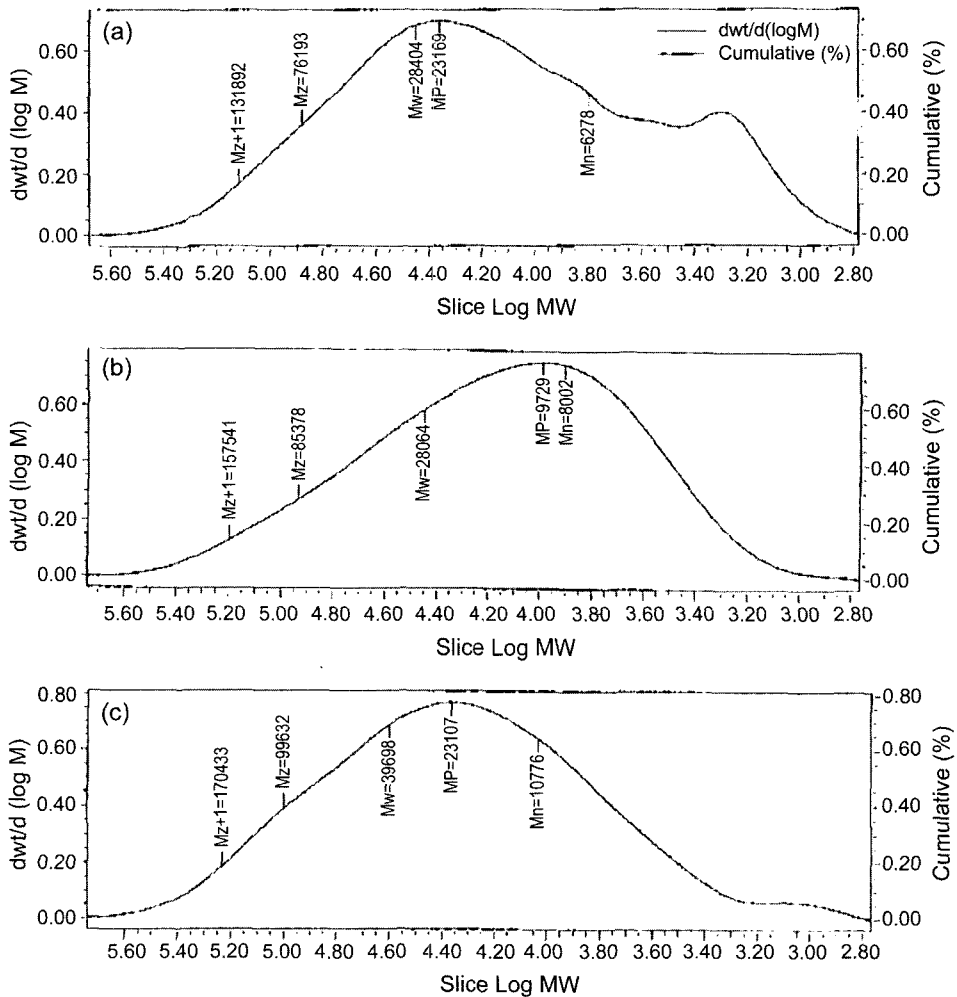


Fig. 1. GPC chromatograms of polycarboxylate superplasticizer products. (a) reduction, (b) retention, (c) high strength.

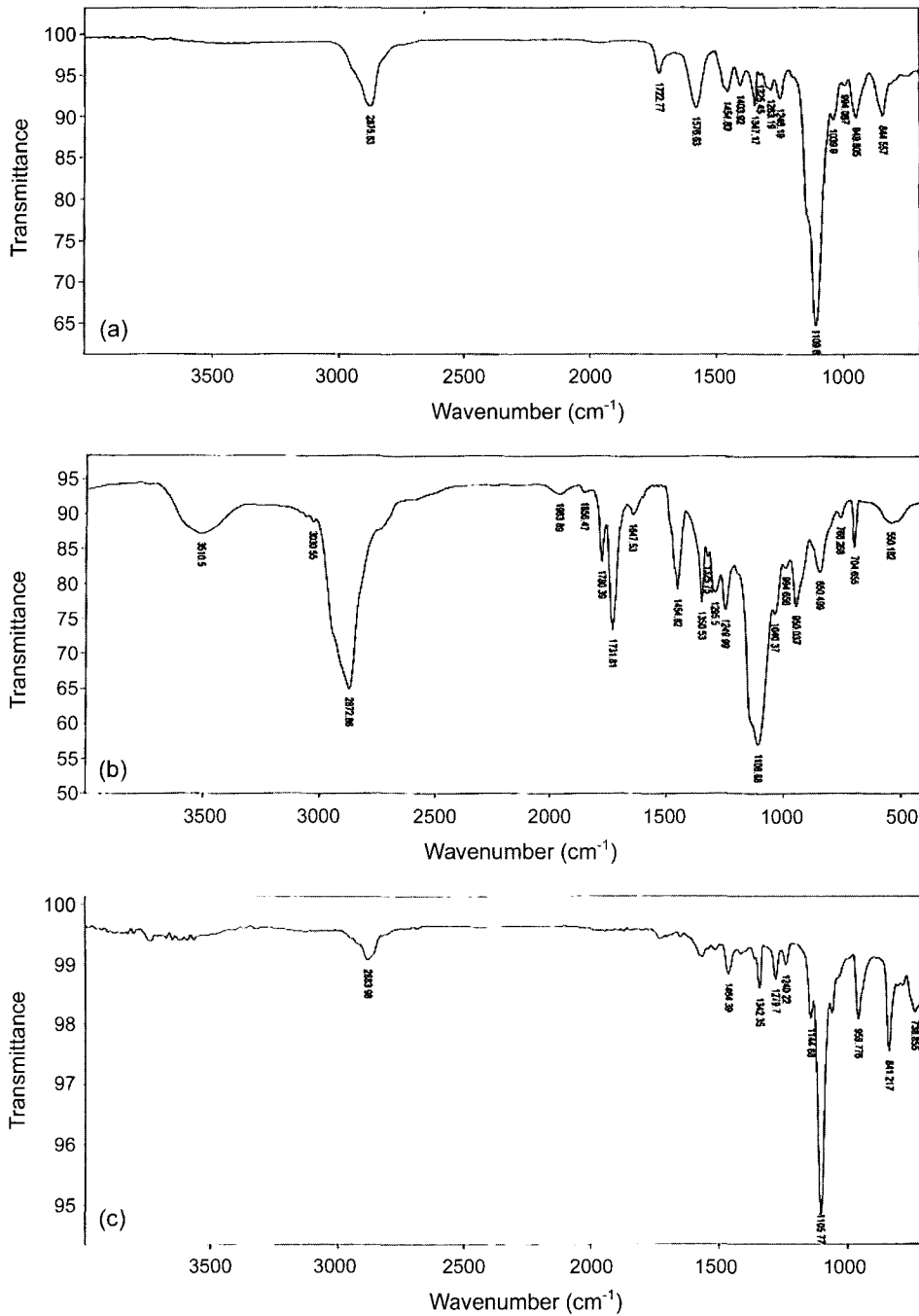


Fig. 2. Infrared spectra of various carboxylate superplasticizer products. (a) reduction, (b) retention, (c) high strength.

화제)에 따라 각각의 배합에서 실시되었으며 압축강도는 KS F 2425(콘크리트의 압축강도 시험방법)에 의하여 실시되었다. 이때 슬럼프 플로우는 50 ± 5 cm로 하였으며 공기량은 4.5 ± 1.5%를 적용하였다.

2.2.2. 유지능력의 측정 및 압축강도의 측정

표준 사용량이 첨가된 페이스트의 시간에 따른 미니 슬럼프를 관찰하였다. 압축강도는 Slump flow 측정 후 공시체를 제작하였으며 제작 즉시 온도 20 ± 1.0°C, 상대습도

60%의 항온 항습기에 24시간 보관한 후 탈형하여 표준 양생을 실시하였다.

2.3. 폴리카르본산계 감수제의 조합

폴리카르본산계 감수제중 고강도용 폴리카르본산계 감수제의 효과를 관찰하기 위하여 일반용 감수제와 혼합하여 물리적 성능을 관찰하였으며 그 조합은 Table 1과 같다.

Table 1. Component Formula of Various Superplasticer Products

Test no.	R2	R4	R6	R8	W2	W4	W6	W8	H2	H4	H6	H8
Reduction	10	10	10	10	2	4	6	8	8	6	4	2
Retention	2	4	6	8	10	10	10	10	2	4	6	8
High strength	8	6	4	2	8	6	4	2	10	10	10	10
Solid (%)	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

Table 2. Mixing Proportions of Concrete

Water	Cement	Sand	Gravel	W/C	S/A	Superplasticizer
180	480	738	960	37.5	44	5.76

2.4. 콘크리트의 배합

초기강도 효과 및 슬럼프 유지 능력을 관찰하기 위한 콘크리트의 배합은 Table 2와 같다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 콘크리트 슬럼프 플로우의 경시변화와 압축강도의 발현

국내에 시판되는 폴리카르본산계 감수제는 이미 잘 알려져 진바와 같이 크게 감수용, 유지용 및 고강도용으로 분류되며 감수용의 경우 감수능력을 위하여 폴리카르본산의 구조에서 이온성을 강하게 하는 것이 일반적이며 유지용의 경우 이온성이 작고 측쇄의 길이가 길게 제조되고 있다. 고강도용의 경우 이온성이 없는 것이 특징이며 이는 1000 Kg/cm²의 이상의 고강도를 실현하기 위하여 많은 시멘트량의 사용에도 골재의 분리가 발생하지 않게 하기 위한 것이다.

Fig. 3은 유지용과 고강도용을 변화시키면서 작업성을 시간에 따라 관찰한 것이다. 유지용과 고강도용의 비율을 변화시킨 결과 그 사용량을 2:8과 8:2비율로 변화시켜도 90분까지의 작업성의 유지능력은 약 48 cm로써 지속

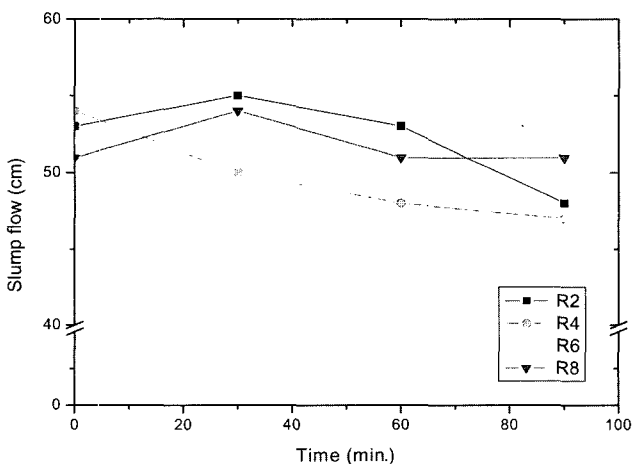


Fig. 3. Slump flow change in concrete containing reduction polycarboxylate superplasticizer.

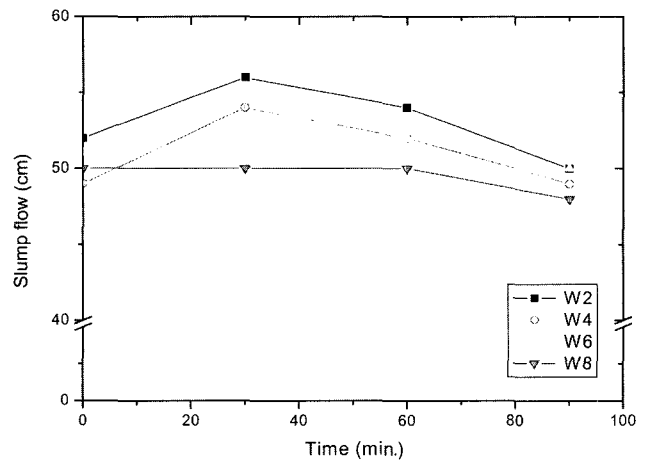


Fig. 4. Slump flow change in concrete containing retention polycarboxylate superplasticizer.

되었으며 초기 slump flow도 53 및 51 cm로써 유사한 결과를 보였다. Fig. 4는 감수용과 고강도용의 비율을 변화시키면서 관찰한 것이다. 시간에 따른 slump flow의 변화는 90분까지 유지되었으며 초기 slump flow의 경우 49 cm에서 52 cm로 비교적 작은 값을 보였다. 이는 감수용에 비교하여 고강도용의 분산 효과가 낮기 때문으로 생각된다. Fig. 5는 감수용과 유지용의 비율을 변화시켜 슬럼프 플로우의 변화를 관찰한 것이다. 감수용과 유지용의 비율 8:2에서 2:8로 변화시킨 결과 8:2와 6:4의 경우 30분부터 slump flow의 감소가 발생하였으며 4:6의 경우에서도 60분 이후 slump flow의 감소가 발생하였다. 그러나 2:8의 경우 slump flow는 90분까지 유지되었으며 이는 이미 보고된 바와 같이 유지용 폴리카르본산 혼화제의 입체장애 효과가 지속되기 때문으로 판단되며⁵⁾ 감수용의 경우 시멘트 반응물에 의한 입체 장애 효과가 급격히 작아지기 때문으로 생각된다. Fig. 6은 유지용과 고강도용을 변화시킨 후 시간에 따른 압축강도를 관찰한 것이다. 유지용과 고강도용의 비율을 2:8과 8:2로 변화시킨 결과 2:8의 경우 18시간 압축강도는 82 Kg/cm²을 획득하였으며 고강도용의 비율이 낮아질수록 초기 압축강도는 낮은

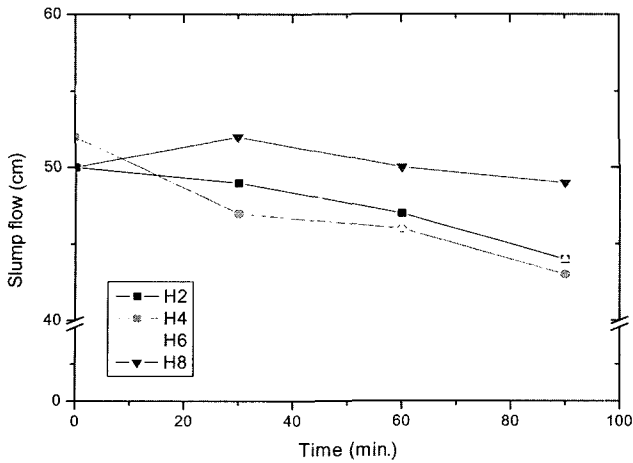


Fig. 5. Slump flow change in concrete containing high strength polycarboxylate superplasticizer.

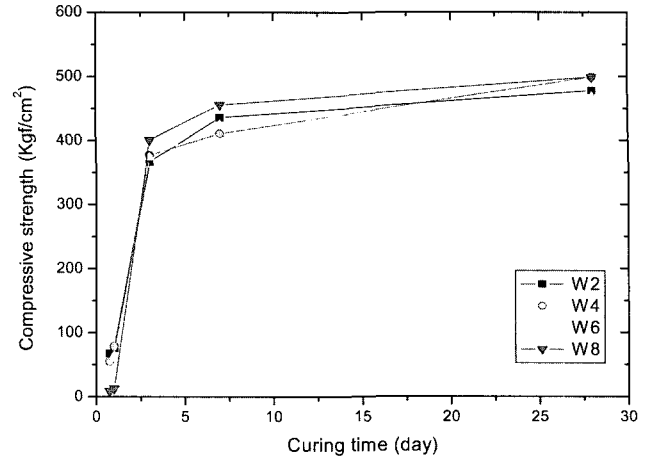


Fig. 7. Compressive strength of concrete containing retention polycarboxylate superplasticier at various age.

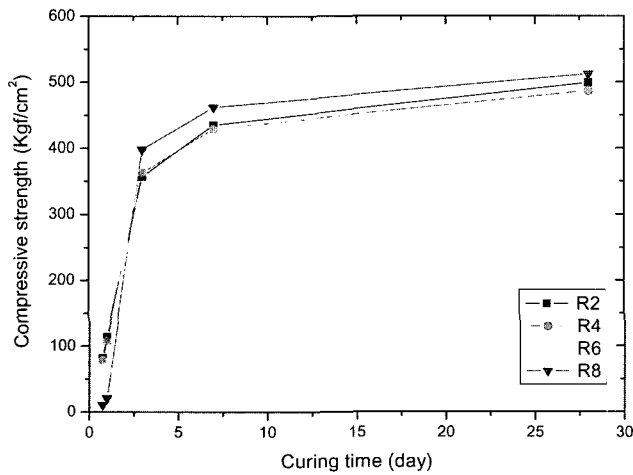


Fig. 6. Compressive strength of concrete containing reduction polycarboxylate superplasticier at various age.

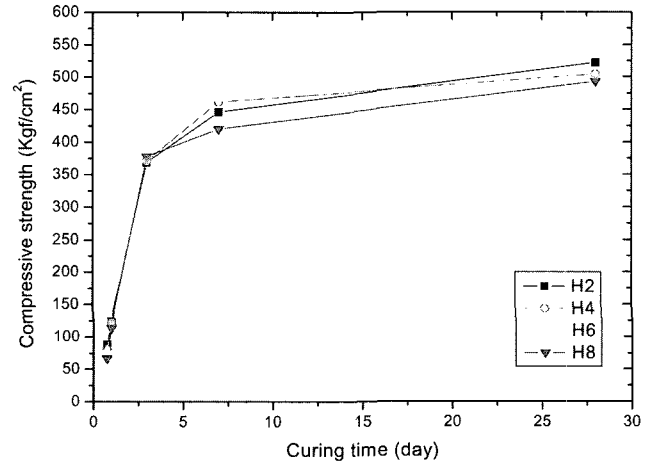


Fig. 8. Compressive strength of concrete containing high strength polycarboxylate superplasticier at various age.

값으로 측정되었다. 반면 3일 이후의 압축강도는 유사한 값을 획득하였으며 28일 압축강도는 약 500 Kgf/cm²로 측정되었다. Fig. 7은 감수용과 고강도용의 비율을 변화시키면서 압축강도를 관찰한 것이다. 고강도용의 비율이 작아질수록 초기 압축강도는 낮게 측정되었으나 감수용과 고강도용의 비율이 2:8에서 18시간 후의 압축강도는 67 Kgf/cm²로 가장 큰 값을 보였다. 반면 고강도용의 비율이 가장 낮은 8:2의 경우 9 Kgf/cm²로 획득되어 강도발현이 불량하였다. 이는 시멘트에 흡착된 폴리카르본산계 혼화제가 시멘트의 초기 반응에 영향을 주기 때문으로 생각된다. Fig. 8은 감수용과 유지용의 비율을 변화시킨 결과이다. 고강도용을 10으로 고정 시킨 결과 18시간 후의 압축강도는 88에서 67 Kgf/cm²로 모두 높은 값을 보였다. 또한 3일 이후의 값은 모두 유사하게 얻어져 감수용과 유지용이 시멘트의 초기 반응에 크게 영향을 주지 않는 것으로 판단되었으며 고강도용의 경우 시멘트의 초기 반응에 큰

영향을 주고 있음을 알 수 있다. 이는 보고된 바와 같이 수화물의 상 조성 변화에 영향을 주기 때문이며⁶⁾ 특히 초고강도용 폴리카르본산계 유동화제를 이용하는 경우 C₃A의 반응을 억제하고 C₃S의 반응을 촉진시키기 때문으로 생각된다.⁷⁾

4. 결 론

이상의 실험을 종합하여 보면 고강도용 폴리카르본산계 혼화제를 이용한 콘크리트의 성능을 검토한 결과 아래와 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 폴리카르본산 혼화제 중 감수용, 유지용 및 고강도용을 혼합한 경우 감수용과 유지용은 slump flow에 유지에 영향을 주었으며 유지용의 비율이 30% 이하의 경우 slump flow는 60분이상 유지되지 않았다.
2. 폴리카르본산 혼화제 중 감수용, 유지용, 고강도용을

혼합한 경우 감수용과 유지용의 비율은 8:2에서 2:8로 변화하여도 90분간 slump flow는 유지되었다.

3. 폴리카르본산 혼화제 중 감수용, 유지용, 고강도용을 혼합한 경우 고강도용 폴리카르본산이 30%를 초과 할 경우 18시간에서의 압축강도가 약 60 Kgf/cm² 이상으로 관찰되었다.

이상 결론을 종합하면 폴리카르본산계 혼화제와 시멘트 입자 사이의 반응적 메카니즘이 입체 장애와 화학적 흡착에 기인하는 것으로 사용에 있어 민밀한 검토가 필요할 것으로 생각된다. 또한 앞으로 좀더 구체적인 흡착 메카니즘의 제시와 시멘트와의 반응에 대한 상관관계를 정립하는 것이 필요할 것으로 생각되어 이에 대한 연구를 실시할 계획이다.

감사의 글

본 논문은 명지대학교 도자기연구센터 지원으로 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

REFERENCES

1. F. J. W. Tang and E. M. Garter, "Influence of Sulfate Source on Potrland Cement Hydration," *Adv. in Cement Res.*, **1** [2] 67-74 (1988).
2. K. Yamada, S. Ogawa, and T. Takahashi, "Improvement of the Compatibility between Cement and Superplasticizer by Optimizing the Chemical Structure of the Proceedings of the Second International Symposium on Self-Compacting Concrete," Tokyo, Japan, K. Ozawa and M. Ouchi, Editors, pp. 159-67, 2001.
3. V. S. Ramachandran, "Influence of Superplasticizers on the Hydration of Cement," *3rd International, Congress on Polymers in Concrete*, Japan, pp. 1071-81, 1981.
4. K. Yamada, S. Ogawa, and S. Hanehara, "Controlling of the Adsorption and Dispersing Force of Polycarboxylate-Type Superplasticizer by Sulfate Ion Concentration in Aqueous Phase," *Cement and Conc. Res.*, **31** 375-83 (2001).
5. Y. C. Tseng, W. L. Wu, H. L. Huang, C. T. Wang, and K. C. Hsu, "New Carboxylic Aced-Based Superplasticizer for High-Performance Concrete," *Proceedings of the 6th CAN-MET/ACI Conference on Superplasticizers in Concrete*, Nice, France, V. M. Malhotra, Editor, ACI SP-195, pp. 401-12, 2000.
6. S. M. Khalil and M. A. Word, "Effect of Sulfate Content of Cement on Slump Loss of Concrete Containing High-Range Water Reducers(Superplasticizers)," *Magazine of Concrete Research*, **32** 28-38 (1980).
7. E. Sakai, K. Yamada, and A. Ohta, "Molecular Structure and Dispersion-Adsorption Mechanisms of Comb-Type Superplasticizers Used in Japan," *J. of Adv. Conc. Tech.*, **1** [1] 16-25 (2003).