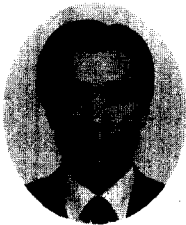


수중불분리성콘크리트의 고품질화 연구

A Study on High Quality of Antiwashout Underwater Concrete



문한영*

Moon, Han-Young



김성수**

Kim, Seong-Soo



전중규***

Jeon, Joong-Kyu



송용규***

Song, Yong-Kyu

ABSTRACT

In case of constructing concrete structure under water, generally concrete mixed with antiwashout admixture, high range water reducer, or AE-water reducing agent etc has been manufactured to ensure the quality of antiwashout underwater concrete because of being difficulty in ascertaining construction situation by the naked eye. The properties of high quality antiwashout underwater concrete that were aimed at affluent fluidity, workability and the compressive strength of 450 kgf/cm² at 28 ages using two types of blended cements are following as: (1) Setting time of antiwashout underwater concretes using blended cements was more greatly delayed than that of control concrete, however, was satisfied with criteria value of "Quality standard specification of antiwashout admixture for concrete". (2) As a test results of slump flow, efflux time and box elevation of head, it was found that workability of high quality antiwashout underwater concrete was improved. (3) Heat evolution amount of OPC was 1.5 times as high as that of two types of bended cements in 72 hours. (4) Suspended solids of antiwashout underwater concrete using blended cements was more than that of control concrete, also compressive strength of high quality antiwashout underwater concrete was very low in early age, but was better than that of control concrete as to increasing ages.

Keywords: heat evolution amount, setting time, suspended solids, efflux time

* 정회원, 한양대학교 공과대학 토목공학과 교수

** 정회원, 대전대학교 이공대학 토목공학과 조교수

*** 정회원, 한양대학교 대학원 토목공학과 박사과정

· 본 논문에 대한 토의를 2001년 2월 28일까지 학회로 보내 주시면 2001년 4월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

수중불분리성콘크리트는 1974년 서독에서 개발되었으며, 1979년 일본에 도입되어 초기에는 特殊水中콘크리트라고 하였으나, 근년에 와서 水中不分離性콘크리트라 불리고 있다. 수중불분리성 콘크리트용 수중불분리성혼화제는 제조회사와 건설회사와의 공동 개발에 의하여 10여종이 시판되고 있다고 한다.^(1,2)

그런데 우리나라에서는 1984년 수중불분리성 혼화제가 도입된 이후 수중콘크리트공사에 사용되어 수중 타설 콘크리트의 회석 내지는 시멘트 유실 등 재료분리의 저항성을 개선시킬 뿐만 아니라 공사현장의 환경오염 최소화 및 콘크리트의 품질을 향상시키는데 기여함으로써 부산 송정대 공사를 비롯하여 최근에는 영종대교, 광안대교, 서해안고속도로상의 교량기초 및 한강상의 교량 보수공사 등에 수중불분리성콘크리트를 적용한 사례가 점차 증대되고 있는 추세이다.

또한 초대형 지하연속벽과 같은 콘크리트 구조물이 수중 또는 바다 속에 고강도 매스콘크리트 구조물로 축조해야 할 필요성이 요구되면서 지금까지의 매스콘크리트 구조물과 비교하여 수화열이 적으면서 고품질의 수중불분리성콘크리트의 개발이 필요 불가결한 실정이다.^(3,4)

한편, 수중불분리성콘크리트는 트레미, 콘크리트 펌프를 사용한 일반 수중콘크리트 및 프리팩트콘크리트 공법과는 달리 개발된 역사가 비교적 짧은 탓으로 현장에 적용된 시공실적이 적기 때문에 신뢰성에 대한 의문을 제기하는 등의 문제점이 지적된 바 있다.^(5,6)

본 연구에서는 수중불분리성콘크리트의 품질향상을 위한 연구로서 콘크리트의 수화열을 저감시킬 뿐만 아니라 유동성 향상, 장기강도 증진 및

내해수성의 향상에도 큰 효과가 있는 플라이애시 및 고로슬래그미분말을 적정량 혼합한 저발열형 시멘트 및 고로슬래그미분말을 50% 혼합한 시멘트를 사용한 수중불분리성콘크리트의 고품질화에 착안하게 되었다.

아울러 혼합계시멘트를 사용하여 수중불분리성 콘크리트의 수화열 저감 및 시공성과 강도를 향상시킨 고품질 수중불분리성콘크리트의 성질에 대하여 검토하기 위하여 응결시간, 슬럼프플로우, V형 깔때기 유하시간, U형 박스 높이차, 압축강도, 수중에서의 현탁물질량 및 시멘트페이스트의 미소수화발열량을 측정된 결과에 대하여 고찰하였다.

2. 실험개요

2.1 사용재료

(1) 시멘트 : 보통포틀랜드시멘트(이하 OPC로 약함), 플라이애시 및 고로슬래그미분말을 적정량 혼합한 저발열형시멘트(이하 저발열형시멘트 및 LHC로 약함) 및 고로슬래그미분말(이하 슬래그미분말 및 BFS로 약함)의 화학성분 및 물리적 성질은 Table 1과 같다.

(2) 골재 : 잔골재는 바다모래를 세척하여 사용하였으며, 굵은골재는 최대치수 25 mm인 부순돌을 사용하였으며, 골재의 물리적 성질은 Table 2와 같다.

(3) 화학혼화제 : 주성분이 Hydroxypropyl Methylcellulose계(HPMC계)인 수중불분리성 혼화제(Antiwashout admixture, 이하 수중혼화제 및 AWA로 약함)와 멜라민계 고성능감수제(이하 HRWR로 약함)를 병용하여 사용하였으며, 화학성분 및 물리적 성질은 Table 3과 같다.

Table 1 Chemical composition and physical properties of OPC, LHC and BFS

| Item Type | SiO ₂ (%) | Al ₂ O ₃ (%) | Fe ₂ O ₃ (%) | CaO (%) | MgO (%) | SO ₃ (%) | Ig. loss (%) | Specific gravity | Blaine (cm ² /g) |
|--------------|-------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|------------|------------|------------------------|-----------------|---------------------|--------------------------------|
| OPC | 21.95 | 6.59 | 2.81 | 60.10 | 3.32 | 2.11 | 2.58 | 3.15 | 3,112 |
| LHC | 35.67 | 13.38 | 3.31 | 39.77 | 4.42 | 3.41 | 1.10 | 2.77 | 4,080 |
| BFS | 32.30 | 14.80 | 0.40 | 44.10 | 5.50 | 1.00 | 1.10 | 2.80 | 4,580 |

Table 2 Physical properties of aggregate

| Type \ Item | Specific gravity | Absorption (%) | Percentage of solids (%) | F.M. | Unit weight (kg/m ³) |
|------------------|------------------|----------------|--------------------------|------|----------------------------------|
| Fine aggregate | 2.60 | 0.94 | 56.8 | 2.80 | 1,475 |
| Coarse aggregate | 2.67 | 0.78 | 65.4 | 6.47 | 1,741 |

Table 3 Chemical composition and physical properties of admixtures

| Type \ Item | Main composition | Specific gravity | Density (kg/l) | Content of chloride (%) | Amount of dosage (C×%) | pH | Appearance |
|-------------|------------------|------------------|----------------|-------------------------|------------------------|------|-------------------|
| AWA | HPMC | - | 0.8±0.1 | 0 | 0.8~1.0 | - | White powder |
| HRWR | Melamine | 1.23±0.02 | - | - | 0.5~3.0 | 10±1 | Semi-brown liquid |

2.2 실험방법

(1) 슬럼프플로우 : 대한토목학회⁽⁷⁾ “수중불분리성콘크리트의 슬럼프플로우 시험방법(안)”에 준하여 측정하였으며, 경과시간에 따른 슬럼프플로우 손실정도를 알아보기 위하여 믹싱직후 0, 30 및 60분에 슬럼프플로우값을 측정하였다.

(2) V형 깔때기 유하시간 : 수중불분리성콘크리트의 유동특성을 알아보기 위하여 Fig. 1과 같은 V형 깔때기를 제작하여 수중불분리성콘크리트를 채우고 밑면을 개방하여 시료가 흘러내리는 시간을 분-초 단위로 측정하였다.

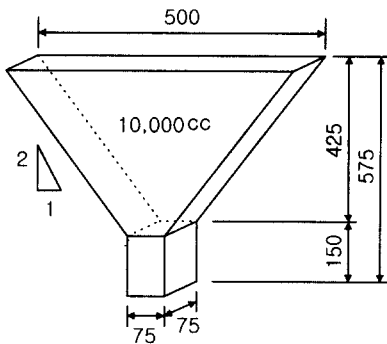


Fig. 1 Experimental apparatus of V type efflux time (Unit, mm)

(3) U형 박스 높이차 : Fig. 2와 같은 용기에 물을 가득 채우고 수중불분리성콘크리트를 박스의 왼쪽에 50cm 높이까지 채운 후 칸막이를 들어 올려 시료가 철근 사이를 유동하여 오른쪽 박

스로 상승된 높이와 왼쪽 박스의 시료가 하강된 높이의 차(Elevation of head)를 cm단위로 측정하였다.

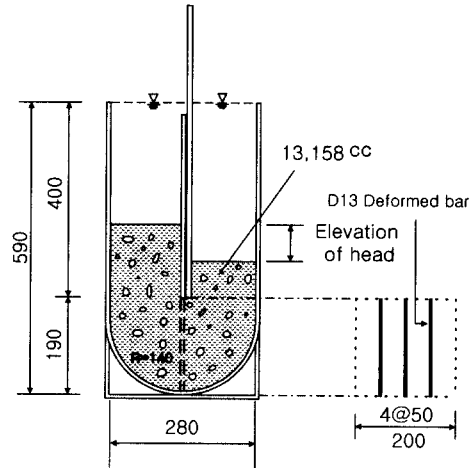


Fig. 2 Experimental apparatus of U type box of elevation of head (Unit, mm)

(4) 응결시간 : 수중불분리성콘크리트의 응결시간은 KS F 2436에 준하여 측정하였다.

(5) 수화열 측정 : 시멘트페이스트의 물-결합재비를 50%로 정하여 23℃에서 72시간까지의 수화발열량을 측정하였으며, 사용된 시험용 기기는 일본 Tokyorico사 TCC-26의 미소열량계를 사용하였다.

(6) 수중낙하시험 : 대한토목학회⁽⁷⁾ “콘크리트용 수중불분리성혼화제 품질규준(안)”의 수중낙하시험에 준하여 현탁물질량을 측정하였다.

2.3 콘크리트의 배합

보통포틀랜드시멘트, 저발열시멘트 및 슬래그 미분말을 50% 혼합한 시멘트로써 목표압축강도 450 kgf/cm², 물-결합재비 36%, 공기량 4% 이하가 되도록 제조한 수중불분리성콘크리트의 배합을 Table 4와 같이 정하였다.

3. 고품질 수중불분리성콘크리트의 응결

松岡康訓⁽¹⁾, 大友 健⁽⁸⁾ 에 의하면 수중불분리성콘크리트의 응결시간은 보통콘크리트보다 지연된다고 하며, 그 이유는 수중불분리성혼화제가 셀룰로오스계일 경우 시멘트입자에 흡착되어 시멘트의 수화를 방해하기 때문이라 한다.

보통포틀랜드시멘트 및 저발열형시멘트와 슬래그미분말 50% 혼합한 시멘트(혼합계시멘트)를 사용하여 물-결합재비를 대폭 낮춘 수중불분리성콘크리트의 응결특성을 알아보기 위하여 응결시간을 측정하여 정리한 것이 Fig. 3이다.

Fig. 3 및 Table 5에 의하면 보통포틀랜드시멘트를 사용한 기준콘크리트의 초결 및 종결시간이 각각 9시간 33분과 11시간 34분 정도인데 비하여 2종류의 혼합계시멘트를 사용한 수중불분리성콘크리트의 경우 초결 및 종결시간이 기준콘크리트보다 각각 2시간 30분~3시간 30분 정도 크게 지연되는 결과임을 알 수 있었다.

혼합계시멘트를 사용한 수중불분리성콘크리트의 응결이 크게 지연되는 주된 이유는 Malhotra⁽⁹⁾의 연구성과와 같이 시멘트 조성광물 중 초기수화반응이 큰 화합물인 C₃A, C₃S가 보통포틀랜드계시멘트보다 적으므로 초기의 수화가 활발하지 못한 탓으로 생각된다.

그러나 본 실험의 2종류 혼합계시멘트를 사용한 고품질 수중불분리성콘크리트의 응결시간은

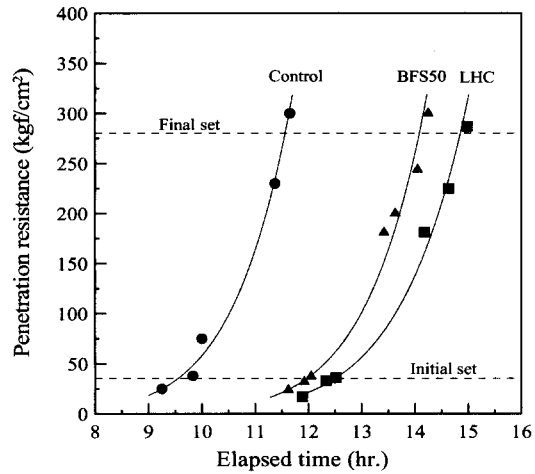


Fig. 3 Setting time of antiwashout underwater concrete

Table 5 Initial and final set of antiwashout underwater concrete (hr.:min.)

| Time \ Type | Control | BFS50 | LHC |
|-------------|------------|------------|------------|
| Initial | 09:33(100) | 11:57(125) | 12:30(131) |
| Final | 11:34(100) | 14:05(122) | 14:51(128) |

() 기준콘크리트의 응결시간 100에 대한 혼합계시멘트 사용 수중불분리성콘크리트의 응결시간

대한토목학회⁽⁷⁾ “콘크리트용 수중불분리성혼화제 품질규준(안)”의 규준값인 초결 5시간 이상, 종결 30시간 이하를 만족시키므로 사용상에 문제가 되지 않을 것으로 생각된다.

4. 고품질 수중불분리성콘크리트의 시공성 평가

콘크리트 구조물을 수중에 건설해야 할 경우 수중에서 콘크리트의 다짐이 불가능한 경우가 많

Table 4 Mix proportion of high strength antiwashout underwater concrete

| G _{max} (mm) | Air (%) | W/B (%) | S/a (%) | Unit weight (kg/m ³) | | | | | AWA (W×%) | HRWR (C×%) | Remark |
|-----------------------|---------|---------|---------|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----------|------------|---------|
| | | | | W | C | BFS | S | G | | | |
| 25 | 4 | 36 | 42 | 210 | 583 | 0 | 617 | 875 | 1.0 | 3.5 | Control |
| " | " | " | " | " | 583 | 0 | 598 | 870 | " | " | LHC |
| " | " | " | " | " | 292 | 292 | 604 | 857 | " | " | BFS50 |

기 때문에 舟橋政可⁽¹⁰⁾, 大友⁽¹¹⁾은 보통콘크리트와 비교하여 일반적으로 상당히 큰 유동성이 요망된다고 한다.

본 연구에서는 유동성 향상 및 유동성 손실저감에 도움을 주기 위하여 HPMC계 수중불분리성 혼화제와 멜라민계의 고성능감수제를 혼합, 제조한 수중불분리성콘크리트의 믹싱 후 경과시간 60분까지 슬럼프플로우를 측정하여 믹싱 직후 3종류 콘크리트의 슬럼프플로우 100에 대한 경과시간별 슬럼프플로우 손실률로 정리한 것이 Fig. 4이다.

이 그림에서 알 수 있듯이 혼합계시멘트를 사용하므로써 보통포틀랜드시멘트를 사용한 기준콘크리트의 슬럼프플로우보다 약 5 cm 정도 큰 값을 나타내었으며, 슬럼프플로우 손실률은 얼마간 좋은 결과임을 알 수 있었다.

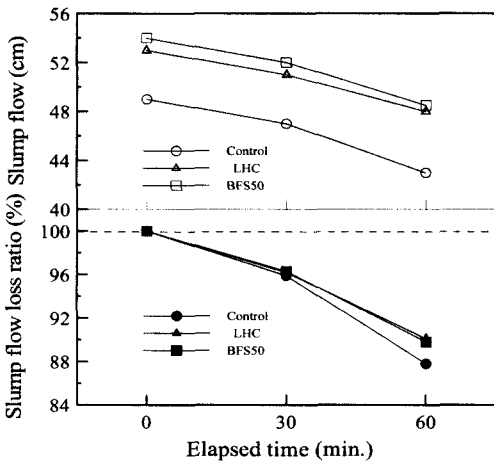


Fig. 4 Slump flow and slump flow loss ratio of antiwashout underwater concrete

3종류 시멘트를 사용한 수중불분리성콘크리트의 슬럼프플로우와 V형 깔때기의 유하시간 및 U형 박스의 높이차와의 관계를 각각 정리한 것이 Fig. 5 및 Fig. 6이다.

이들 그림에서 혼합계시멘트를 사용한 수중불분리성콘크리트의 슬럼프플로우가 증가함에 따라 깔때기의 유하시간 및 박스의 높이차는 각각 크게 감소하는 결과를 나타내었으며, 특히 슬래그미분말을 50% 혼합한 수중불분리성콘크리트의 경

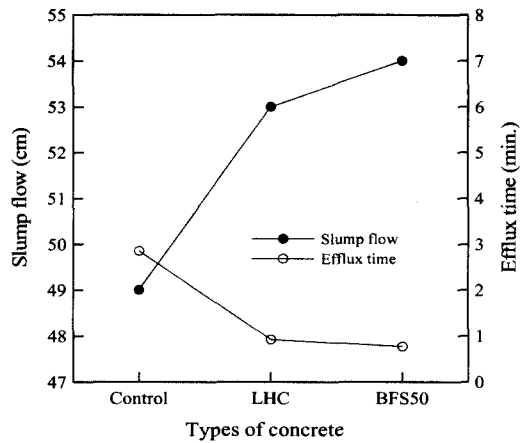


Fig. 5 Slump flow and efflux time of antiwashout underwater concrete

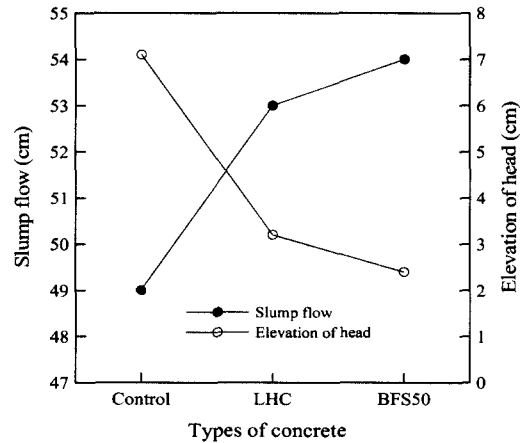


Fig. 6 Slump flow and elevation of head of antiwashout underwater concrete

우, 유하시간은 기준콘크리트의 3분보다 1/3정도 빨랐으며, 한편 높이차는 4.5 cm 정도로 크게 줄어드는 좋은 결과를 나타내므로써 유동성 향상에 크게 유효함을 알 수 있었다.

이번에는 3종류 수중불분리성콘크리트의 슬럼프플로우에 대한 깔때기 유하시간 및 박스의 높이차와의 관계를 정리한 것이 Fig. 7이다.

이 그림에서 시멘트의 종류에 관계없이 3종류 수중불분리성콘크리트의 슬럼프플로우와 유하시간 및 높이차와의 사이에는 각각 좋은 상관관계가 성립됨을 알 수 있었다. 이때 일본토목학회⁽¹²⁾ "수중불분리성콘크리트 설계시공지침(안)"의 적정 시공성을 기준으로 하는 슬럼프플로우 50 cm 정

도에 대한 유하시간 및 높이차는 각각 약 2분 30초 및 약 6.4 cm 정도를 나타내었으며, 특히 2종류 혼합계시멘트를 사용한 고품질 수중불분리성 콘크리트의 슬럼프플로우, 유하시간 및 높이차와 같은 시공성은 기준콘크리트보다 크게 개선되는 효과가 있음을 확인할 수 있었다.

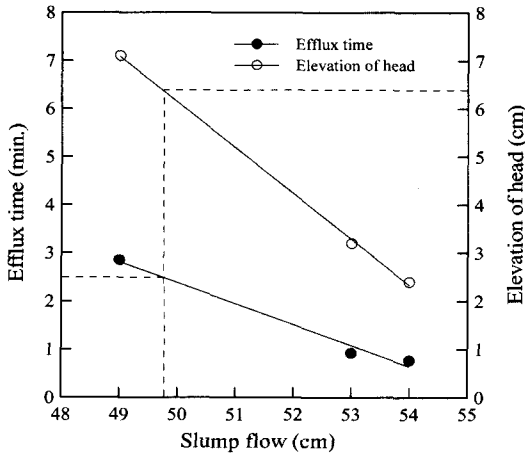


Fig. 7 Efflux time and elevation of head to slump flow of antiwashout underwater concrete

5. 고품질 수중불분리성콘크리트의 평가

(1) 시멘트페이스트의 수화발열량

혼합계시멘트 페이스트의 수화열 저감효과를 알아보기 위하여 3종류 시멘트 페이스트의 수화열발열량을 믹싱 후 72시간까지 측정된 결과를 정리한 것이 Fig. 8이다.

이 그림에서 경과시간 24시간의 수화발열량은 보통포틀랜드시멘트 페이스트의 경우 29.5 cal/g 정도인데 비하여 저발열형시멘트와 슬래그미분말을 50% 혼합한 시멘트페이스트의 경우 각각 14.9 및 20.4 cal/g 정도를 나타내었으며, 그 이후 경과시간 72시간에서는 혼합계시멘트 페이스트와 보통포틀랜드시멘트 페이스트와의 수화발열량의 차이가 더욱 커지는 결과를 나타내었다.

그래서 3종류 시멘트페이스트의 수화초기, 수화중기 및 수화말기 3단계로 나누어 각 단계별 수화발열량을 비교하여 정리한 것이 Table 6이다.

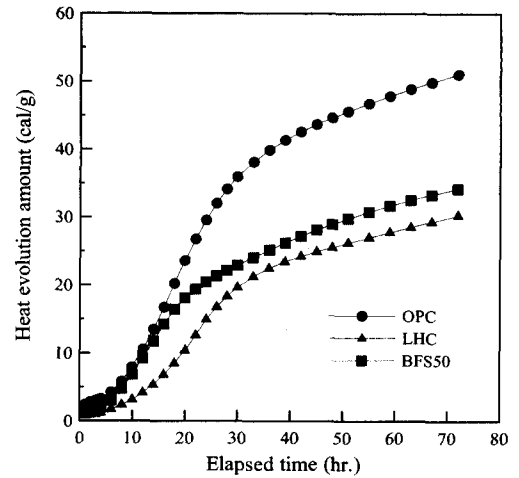


Fig. 8 Heat evolution amount of cement paste

수화초기의 3종류 시멘트페이스트의 수화발열량은 차이가 작았으나, 수화중기에서 대체로 수화발열량의 변환점이 나타났으며, 수화말기인 경과시간 72시간에서 수화발열량은 LHC < BFS50 < OPC 시멘트페이스트 순으로 크게 나타났으며, 그 크기의 정도는 Table 6과 같다.

혼합계시멘트 페이스트의 수화발열량이 낮은 이유는 수화열을 발생시키는 시멘트 중의 주요 조성광물 중 규산 3석회(C₃S)와 알루미늄산 3석회(C₃A)의 함유비율이 보통포틀랜드시멘트보다 적은 탓에서 기인되었다고 생각된다.

그러므로 매시브한 수중불분리성콘크리트 또는 고강도용 수중불분리성콘크리트를 제조할 경우 콘크리트의 수화열을 저감시키기 위해서는 혼합계시멘트의 활용이 수중불분리성콘크리트의 품질을 향상시키는데 효과적이라 생각된다.

Table 6 Heat evolution amount of different types of cement pastes (cal/g)

| Step Type | Initial (0~3hr.) | Middle (3~30hr.) | Final (30~72hr.) |
|--------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| OPC | 3.0(100) | 36.0(100) | 51.0(100) |
| LHC | 1.0(33.3) | 20.0(55.6) | 30.0(58.9) |
| BFS50 | 1.8((60.0) | 23.0(63.9) | 34.2(67.1) |

()는 보통포틀랜드시멘트 페이스트의 수화발열량 100에 대한 혼합계시멘트 페이스트의 수화발열량의 비(%)

(2) 압축강도와 현탁물질량

수중불분리성콘크리트의 품질을 평가하기 위한 수단으로 3종류 시멘트를 사용하여 수중에서 제조한 수중불분리성콘크리트의 각 재령별 압축강도와 현탁물질량을 측정하여 정리한 것이 Fig. 9이다.

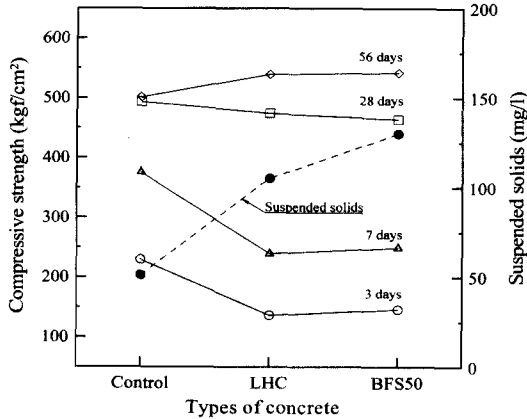


Fig. 9 Compressive strength and suspended solids of antiwashout underwater concrete

이 그림에서 수중불분리성콘크리트의 재령 3일 및 7일에서의 압축강도는 기준콘크리트가 2종류 혼합계시멘트를 사용한 수중불분리성콘크리트보다 월등히 컸으나, 재령 56일에서는 반대로 오히려 압축강도가 역전되는 결과를 나타내었다.

그래서 수중불분리성콘크리트를 수중 및 공기중에서 제조하여 각각 기준콘크리트의 압축강도 100에 대한 2종류 혼합계시멘트를 사용한 콘크리트의 압축강도의 비율로 정리한 것이 Fig. 10이다.

이 그림에서 알 수 있듯이 혼합계시멘트를 사용한 수중불분리성콘크리트를 수중 및 공기중에서 제조한 경우, 재령 3일 및 7일에서 압축강도의 비율이 58~68% 정도를 나타내었으나, 재령 28일에서 압축강도의 비율이 기준콘크리트의 90% 이상을 나타내었다.

그런데 혼합계시멘트를 사용한 수중불분리성콘크리트의 재령 56일에서는 압축강도의 비율이 기준콘크리트보다 오히려 10%정도 큰 강도발현을 나타내므로써 고강도 수중불분리성콘크리트의 제

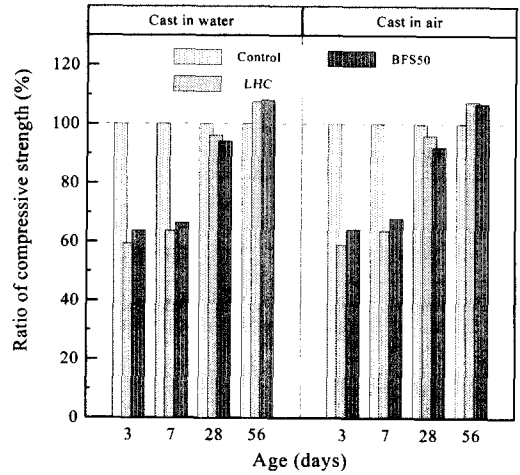


Fig. 10 Compressive strength ratio in water and in air of antiwashout underwater concrete

조가 가능할 것으로 생각된다.

이번에는 2종류 혼합계시멘트를 사용하여 제조한 수중불분리성콘크리트의 수중에서의 현탁물질량은 Fig. 9에서와 같이 기준콘크리트의 현탁물질량 약 50 mg/l 정도보다 훨씬 많은 105 및 130 mg/l 정도로 크게 측정되었다.

혼합계시멘트를 사용한 2종류 수중불분리성콘크리트의 현탁물질량이 기준콘크리트보다 큰 이유는 혼합계시멘트에 혼합된 광물질혼화재가 수중불분리성혼화제에 흡착되는 양이 시멘트입자보다 적을 뿐만 아니라 수중에서 물과 접촉하게 되면 광물질혼화재가 쉽게 분리되기 때문으로 생각된다.

한편, 혼합계시멘트를 사용한 수중불분리성콘크리트의 현탁물질량이 보통포틀랜드시멘트를 사용한 수중불분리성콘크리트보다 많이 발생하여 재료분리현상과 더불어 광물질혼화재의 혼합비율이 증가한 탓으로 초기재령에서의 압축강도가 작은 결과를 나타내었다.

그렇지만 2종류 혼합계시멘트를 사용한 수중불분리성콘크리트의 압축강도는 재령이 증가할수록 플라이애시의 포졸란반응 및 슬래그미분말의 잠재수경성의 영향으로 인하여 오히려 기준콘크리트의 압축강도보다 향상되므로써 2종류 혼합계시멘트의 활용은 수중불분리성콘크리트의 품질을 향상시키는데 크게 기여할 것으로 생각된다.

Table 7 Compressive strength and ratio of antiwashout concrete cast in water & in air

| Age(days) Type | 3 | 7 | 28 | 56 |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Control | 229/263(87) | 375/415(90) | 493/519(95) | 501/527(95) |
| LHC | 136/145(88) | 239/287(87) | 474/501(95) | 539/557(97) |
| BFS50 | 146/169(86) | 249/282(87) | 464/478(97) | 542/564(96) |

* Compressive strength of concrete cast in water/Compressive strength of concrete cast in air (kgf/cm²)
() Ratio of compressive strength (%)

(3) 압축강도비

대한토목학회⁽⁷⁾ “콘크리트용 수중불분리성콘크리트 혼화제의 품질기준(안)”에 의하면 수중불분리성콘크리트의 수중에서 제작한 공시체의 압축강도에 대한 공기중에서 제작한 공시체의 압축강도비(이하 수중/공기중 압축강도비 또는 압축강도비로 약함)는 재령 7일에서는 60%이상, 재령 28일에서는 70 %이상으로 규정하고 있다.

3종류 수중불분리성콘크리트의 압축강도용 공시체를 수중 및 공기중에서 제조하여 수중양생을 실시한 후 재령 3일부터 56일까지 각각 재령별로 측정된 압축강도와 압축강도비로 정리한 것이 Table 7이다.

이 표에 의하면 혼합계시멘트 2종류와 재령7일 및 28일에 관계없이 수중/공기중의 압축강도비는 각각 대한토목학회⁽⁷⁾의 기준값을 훨씬 상회하는 좋은 결과를 나타내므로써 혼합계시멘트를 사용한 수중불분리성콘크리트의 경우에도 고품질화에 유익할 것으로 평가할 수 있겠다.

6. 결 론

혼합계시멘트를 사용한 수중불분리성콘크리트의 시공성 및 강도를 향상시키기 위하여 실시한 실험결과로부터 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 혼합계시멘트를 사용한 고품질 수중불분리성콘크리트의 응결시간은 보통포틀랜드시멘트를 사용한 기준콘크리트보다 약 3시간 정도 크게 지연됨을 알 수 있었으나, “콘크리트용 수중불분리성콘크리트혼화제의 품질기준(안)”의 기준값 초결 5시간 이상, 종결

30시간 이하를 만족하는 결과를 얻었다.

- 2) 혼합계시멘트를 사용한 고품질 수중불분리성콘크리트의 슬럼프플로우는 보통포틀랜드시멘트를 사용한 기준콘크리트보다 큰 값을 나타내었을 뿐만 아니라 V형 깔때기 유하시간이 크게 감소되었으며, U형 박스에 의한 높이차도 크게 작아지므로써 시공성을 향상시키는데 매우 유효하다고 생각된다.
- 3) 혼합계시멘트 페이스트의 24시간에서 수화발열량은 각각 14.9 및 20.4 cal/g 정도인데 비해 보통포틀랜드시멘트 페이스트는 29.5 cal/g 정도였으나, 경과시간 72시간에서 3종류의 시멘트페이스트의 수화발열량의 차이는 LHC < BFS50 < OPC 시멘트 페이스트 순으로 더욱 커지는 결과를 나타내었다.
- 4) 혼합계시멘트를 사용한 수중불분리성콘크리트의 현탁물질량이 혼화제의 혼합비율 탓으로 기준콘크리트보다 많이 발생하였으며, 초기재령에서의 압축강도는 작아졌으나, 재령이 증가할 수록 플라이애시의 포졸란반응 및 슬래그미분말의 잠재수경성의 영향으로 기준콘크리트의 압축강도보다 향상되는 결과를 나타내었다.
- 5) 혼합계시멘트를 사용한 수중불분리성콘크리트를 수중 및 공기중에서 제조하여 압축강도를 비교해 본 결과, 재령 28일 목표압축강도 450 kgf/cm² 이상의 고강도임을 알 수 있었으며, 압축강도비도 기준값을 상회하는 결과를 나타내므로써 혼합계시멘트의 활용이 수중불분리성콘크리트의 고품질화에 유익할 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 99년도 건설교통기술 연구개발사업 중 “해사를 사용한 수중불분리성콘크리트의 품질향상 및 실용화에 대한 연구”의 2차년도 연구성과 중의 일부이며, 연구를 수행할 수 있도록 지원해주신 건설교통부, 한국도로공사 및 삼성물산(주) 건설부문 등 관계자 여러분께 감사드립니다.

참고문헌

1. 松岡康訓, “特殊水中コンクリートの現況と展望,” セメント・コンクリート, No. 503, 1989, pp. 6~14.
2. 立畑節郎, “特殊水中コンクリート,” Gypsum and Lime, No. 213, 1988, pp. 43-50.
3. 福留和人, 清水洋次, 下田努, 宮野一也, “特殊水中コンクリートの高强度・マスコンクリート適用性に關する研究,” 콘크리트工學年次論文報告集, 10-2, 1988, pp. 55-58.
4. 中原 康, 大友典典, “水中コンクリートの歴史,” 日本土木學會論文集, Vol. 19, No. 466, 1995, pp. 9-15.
5. 文翰英, “수중콘크리트 공법에 대한 고찰,” 대한토목학회 학술지, 제39권 제4호, 1991, pp.83~97.
6. 文翰英, 田重圭, “광물질혼화제를 혼합한 고강도 수중불분리성콘크리트의 기초물성,” 대한토목학회 논문집, 제 20권 2-A호 2000, pp.301-310.
7. 대한토목학회 제정, “콘크리트용 수중불분리성혼화제 품질규준(안),” 대한토목학회, 1995.
8. 大友 健 外, “特殊水中コンクリートの凝結特性及ぼす材料の影響に關する研究,” 콘크리트工學年次論文報告集, 11-1, 1989, pp. 155-160.
9. Malhotra, V. M., Mehta, P.K., “Pozzolanic and Cementitious Materials,” CANMET, 1996, pp. 59-67.
10. 舟橋政司, 大西雅也, 森本英樹, 渡部 正, “水中不分離性コンクリートの低發熱化, 高流動化に關する研究,” 콘크리트工學年次論文報告集, 20-1-2, 1998, pp. 319-324.
11. 大友 健, 松岡康訓, “水中不分離性コンクリートの流動性の保持に及ぼす各種混和劑の作用に關する研究,” 콘크리트工學年次論文報告集, Vol. 13, No 1, 1991, pp. 197-202.
12. 日本土木學會 制定, “水中不分離性コンクリート設計施工指針(案),” 日本土木學會, 1991

요 약

수중에서 콘크리트 구조물을 건설할 경우, 일반적으로 시공상황을 직접 육안으로 확인이 곤란하기 때문에 수중불분리성콘크리트의 품질을 확보하기 위하여 수중불분리성혼화제와 고성능감수제 또는 AE감수제 등을 혼합하여 제조한다. 본 연구에서는 2종류의 혼합계시멘트를 활용하여 풍부한 유동성과 시공성 및 재령 28일 목표압축강도 450 kgf/cm²의 고품질 수중불분리성콘크리트의 성질은 다음과 같다. (1) 혼합계시멘트를 사용한 수중불분리성콘크리트의 응결시간은 기준콘크리트보다 크게 지연되었으나, “콘크리트용 수중불분리성혼화제 품질규준(안)”의 규준값을 만족하는 결과를 얻었다. (2) 고품질 수중불분리성콘크리트의 슬럼프플로우, 깔때기 유하시간 및 박스에 의한 높이차를 측정, 평가한 결과 시공성을 향상시키는데 매우 유효함을 확인하였다. (3) 경과시간 72시간에서 보통포틀랜드시멘트 페이스트의 수화발열량이 2종류 혼합계시멘트페이스트보다 약 1.5배이상 크게 나타났다. (4) 혼합계시멘트를 사용한 고품질 수중불분리성콘크리트의 현탁물질량이 기준콘크리트보다 컸으며, 초기재령에서의 압축강도는 작았으나, 재령이 증가할 수록 기준콘크리트의 압축강도보다 향상되는 결과를 나타내었다.

(접수일자 : 2000. 7. 5.)