

사용재료의 품질변동이 고유동콘크리트의 특성에 미치는 영향

-인천 LNG 인수기지 #213,214-TK를 중심으로-

An Effect on the Properties of High Flowing Concrete by Materials Variations

-Focused on Incheon LNG Receiving Terminal #213,214 Tanks-



권영호*

Kwon, Yeong-Ho



김무한**

Kim, Moo-Han

ABSTRACT

This research investigates experimentally an effect on the properties of the high flowing concrete to be poured in the under-ground slurry wall of Incheon LNG receiving terminal(#213,214-TK) according to variations of concrete materials. Variables for sensitivity test were selected items as followings. 1) Concrete temperature (3cases), 2) Unit water (5cases), 3) Fineness modulus of fine aggregate (5cases), 4) Particle size of lime stone powder (3cases), 5) Replacement ratio of blast-furnace slag (4cases) and 6) Addition ratio of high range water reducing agent (5cases). And fresh conditions of the super flowing concrete should be satisfied with required range including slump flow(65 ± 5 cm), 50cm reaching time of flow(4~10sec), V-lot flowing time(10~20sec), U-box height(min. 300mm) and air content($4 \pm 1\%$).

As results for sensitivity test, considered flow-ability, self-compaction and segregation resistance of the high flowing concrete, material variations and conditions of fresh concrete should be satisfied with the range as followings. 1) Concrete temperature are 10~20°C (below 30°C), 2) Surface moisture of fine aggregate is within $\pm 0.6\%$, 3) Fineness modulus of fine aggregate is 2.6 ± 0.2 , 4) Replacement ratio of blast-furnace slag is 45~50% and 5) Addition ratio of high range water reducing agent is within 1%. Based on the specification for quality control, we successfully finished concrete pouring on the under-ground slurry wall having 75,000 m³(#213,214-TK) and accumulated real data in site.

Keyword : Sensitivity test, high flowing concrete, slurry wall, flow-ability, self-compaction, Q/C

* 정회원, (주)대우건설 인천LNG현장 QC/QA

** 정회원, 충남대학교 건축공학과 교수

· 본 논문에 대한 토의를 2000년 8월 31일까지 학회로 보내
주시면 2000년 10월호에 토의회답을 게재하겠습니다.

1. 서 론

고유동 콘크리트가 국내에 소개된 이래, 건설교통부의 국책과제로 “초유동 콘크리트의 개발 및 실용화 연구⁽¹⁾”가 수행된 바 있으며, 지속적인 현장적용을 통해 현재에는 배합기술 및 제조방법 등과 같은 분야에 많은 기술력이 축적된 상태이다.^{(2),(3)} 그러나, 지금까지의 현장적용은 비교적 소량의 시험적용에 국한되어 왔으며, 고유동 콘크리트의 종류도 매우 제한되어 있었다.

최근에 와서 인천 LNG 인수기지 지하탱크의 지하연속벽(Slurry wall) 공사에 대량의 고유동 콘크리트가 사용됨에 따라 고유동성과 재료분리 저항성을 갖는 고유동 콘크리트의 현장적용이 본격화되었다. 그러나, 고유동 콘크리트에 요구되는 성능은 일반 콘크리트에 비해 사용재료의 품질변동, 계량오차, 온도변화 등에 따라 매우 민감하게 작용하기 때문에, 이에 대한 품질관리의 영향을 究明하는 것이 요구되고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 인천 LNG #213, 214 지하탱크의 지하연속벽에 적용된 병용계 고유동 콘크리트(분체계 + 증점계)에 대하여 사용재료의 품질변동에 따른 굳지 않은 콘크리트의 특성을 실험적으로 파악한 후, 고품질 현장관리의 기준으로 제시하고자 한다.

2. 사용재료에 따른 기본배합 및 평가기준

2.1 사용재료

일본의 지하연속벽 시공사례에 따르면, 고유동 콘크리트에 사용된 시멘트는 고로슬래그 시멘트(B종)에 석회석 미분말 또는 플라이애쉬를 혼합하거나 Belite 시멘트에 석회석 미분말을 혼합 또는 Belite 시멘트를 단독으로 사용한 경우가 많았다.^{(4),(5)}

인천 LNG 지하탱크의 지하연속벽에 사용된 고유동 콘크리트의 배합설계는 해외기술선(일본의 大成建設, 大林組, 鹿島)의 시공사례 및 국내 건설업체의 시공실적, 국내 콘크리트 재료의 특성

을 고려하여 정하였다.

LNG #213, 214 지하탱크의 지하연속벽 경우에는 고로슬래그 시멘트와 석회석 미분말을, LNG #215, 216의 경우에는 Belite 시멘트와 석회석 미분말을 주재료를 사용하였다.

본 연구에서는 #213, 214 지하탱크에 사용된 고유동 콘크리트를 대상으로 재료의 품질변동에 따른 콘크리트의 특성을 검토하고자 하였으며, 사용재료는 Table 1과 같다.

특히, 지하탱크는 지하심도가 평균 75m로 매우 깊기 때문에, 분체외에도 증점제를 공통적으로 사용하였다.

Table 1 Materials for slurry wall concrete

Tank No.	Cement	Binder	H.R.W.R	Viscosity agent
213-TK 214-TK	Slag cement	Lime stone powder	Poly-carbone base	Poly-saccaride

고로슬래그 시멘트(B종)는 블레인 4,000cm²/g, 비중 3.05, 슬래그 치환율이 평균 46.5%인 T社의 제품을 사용하였으며, 석회석 미분말(L.S.P)은 블레인 8,000cm²/g, 비중 2.70, 평균입경이 9.7 μ m인 W社의 C-140를 사용하였다.

또한, 굵은골재는 F.M 6.64, 비중 2.60, 흡수율 1.05%인 19mm쇄석, 잔골재는 F.M 2.50, 비중 2.63, 흡수율 0.71%인 강모래를 사용하였다. 특히, 고성능 AE감수제는 비중 1.2, 고품분 36.4%인 액상형 Poly-carbone계를 사용하였으며, 증점제는 점도가 800cp인 분말형 Poly-saccaride계를 사용하였다. 이때, 고성능 AE감수제와 증점제의 적합성을 고려하여 선정하는 것이 매우 중요하였다.

2.2 기본배합

지하탱크의 지하연속벽에 사용될 고유동 콘크리트의 시험배합 과정을 통해 도출한 기본배합(최적배합) 조건은 Table 2와 같다.

이때, 기본배합에 사용된 고성능 AE감수제의

사용량은 11.7kg/m³, 증점제의 사용량은 0.25kg/m³이다.

Table 2 The optimum mix design condition

Tank No.	W/C (%)	S/a (%)	Unit weight (kg/m ³)				
			W	C	L.S.P	S	G
213,214	41	50.8	180	438	70	816	781

2.3 평가기준

지하연속벽에 사용될 고유동 콘크리트에 대한 굳지 않은 콘크리트의 평가기준은 Table 3과 같다.⁽⁶⁾

Table 3 Performances for fresh concrete

Slump flow (cm)	SF 50cm reaching time(sec)	V-lot flow time(sec)	U-box height (mm)	Air content (%)
65±5	4~10	10~20	min.300	4±1

이때, 모든 요구성능은 지하연속벽의 타설속도, 트레미관 제거시간 등을 고려하여 경시변화 90분 까지 만족하는 것을 기본으로 하였다.

3. 변수범위 및 시험방법

3.1 변수범위

사용재료의 품질변동에 따른 고유동 콘크리트의 특성을 검토하기 위한 대상 및 변수범위는 Table 4와 같다.

Table 4 Variation Items for sensitivity test

Items	Range of variations	Remarks
Concrete temperature(°C)	10, 20, 30 (3 Cases)	Viscosity Flow-ability
Unit water (kg/m ³)	W±5, W±10 (5 Cases)	
Fineness modulus	2.2~3.0 (Sand) (5 Cases)	
Particle size (L.S.P : μm)	8.7, 9.7, 11.0 (3 Cases)	
Dosage of admixture(%)	Base±0.2, ±0.4 (5 Cases)	
Replacement ratio of slag powder(%)	40, 45, 50, 55 (4 Cases)	Self- compaction

여기서, Table 2에 나타난 고유동 콘크리트의 기본배합을 근거로, 1) 콘크리트 온도의 변화에 대해 3종류, 2) 잔골재의 표면수율 변동에 대해 5종류, 3) 잔골재의 조립을 변동에 대해 5종류, 4) 석회석 미분말의 평균입경 변동에 대해 3종류, 5) 고로슬래그 미분말의 치환율에 대해 4종류, 그리고 6) 고성능 AE감수제의 첨가량 변동에 대해 5종류 등을 변수범위로 하여 이에 대한 굳지 않은 콘크리트의 품질변동 민감도 시험을 실시하였다.

3.2 시험방법

지하연속벽에 사용될 고유동 콘크리트의 시험 방법은 일본 토목학회의 시공지침⁽⁶⁾에 따르며, 각각의 변수에 대해 Table 3의 평가기준을 근거로 굳지 않은 콘크리트의 민감도 시험을 실시하였다.

이때, 콘크리트 온도는 물의 온도로 조절하였고, 잔골재의 조립율은 체가름을 통한 입도조정으로, 슬래그 시멘트의 치환율은 시멘트 공급사에서 제공하는 보통포틀랜드 시멘트에 슬래그 미분말을 치환하는 방법으로 재료의 변동요인을 결정하였다.

또한, 이러한 변수가 고유동 콘크리트의 유동성, 자기충전성, 재료분리 저항성 및 지하연속벽의 타설조건에 적합한 지를 함께 검토하였다.

4. 시험결과 및 고찰

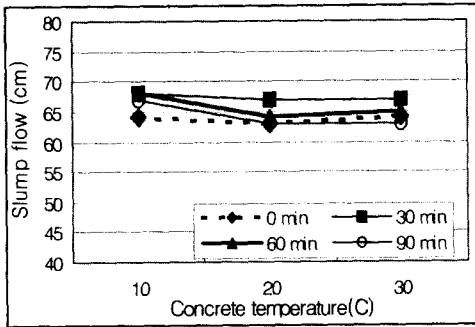
4.1 콘크리트의 온도변화에 따른 시험결과

지하연속벽용 고유동 콘크리트는 분체 및 고성능 AE감수제와 증점제가 많이 사용되는 병용계이기 때문에, 콘크리트 온도변화에 따른 품질변동이 예상된다. 이를 검토하기 위하여 콘크리트의 온도변화에 따른 굳지 않은 콘크리트의 품질변동을 측정하였으며, 시험결과는 Fig. 1과 같다.

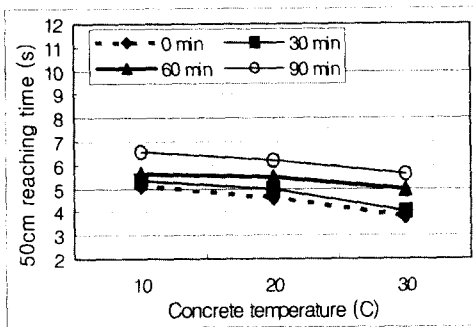
Fig. 1의 (a)에 나타난 바와 같이 슬럼프 플로우에 대한 시험결과를 보면, 콘크리트의 온도변화에 따른 유동성 영향은 대부분 평가기준 범위(65

±5cm)를 만족하기 때문에 크지 않은 것으로 나타났다.

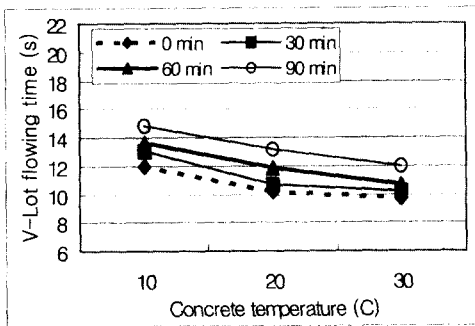
그러나, Fig. 1의 (b) 및 (c)에 나타난 바와 같이 슬럼프 플로우 50cm 도달시간 및 V-Lot 유하 시간은 콘크리트의 온도변화에 민감한 것으로 나타났다.



(a) Slump flow for concrete temperature



(b) 50cm flow time for concrete temperature



(c) V-Lot time for concrete temperature
Fig. 1 Sensitivity for concrete temperature

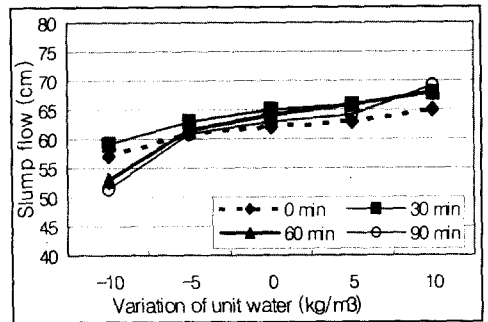
즉, 콘크리트 온도가 증가할수록 점성이 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 고분자 화합물로 구성된 증점제가 높은 온도일수록 분자간의 운동

이 활발해지기 때문에 분자간극의 증대로 점성이 감소된 것으로 사료된다. 그러나, 콘크리트 온도 변화에 다른 U-box 충전성 및 공기량 시험결과는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

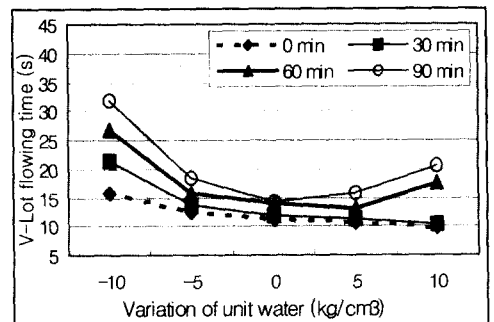
따라서, 점도저하가 우려되는 여름철 공사의 경우, 온도관리 및 증점제 사용량의 조절하여 점도관리를 하는 것이 바람직할 것으로 사료되며, 반면에 겨울철 공사에는 보일러 시스템을 사용하여 콘크리트 온도를 10℃이상으로 유지하는 것이 필요할 것으로 사료된다.

4.2 표면수의 변동에 따른 시험결과

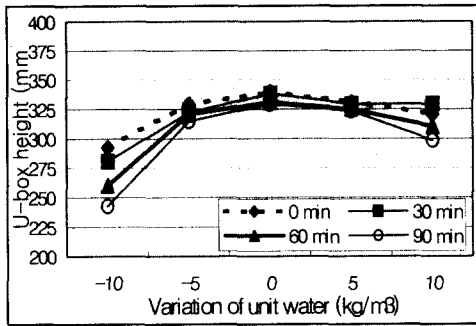
국내 현장여건상 잔골재의 표면수 변동을 균일하게 관리하는 것은 현실적으로 매우 어렵기 때문에, 이러한 조건을 고려하여 표면수의 변동에 따른 고유동 콘크리트의 품질성능을 확인하고자 하였다. 즉, 기본배합(골재 표면수 일정)에 단위수량을 변동(±5, ±10kg/m³)시켜 균지 않은 콘크리트의 품질 특성을 측정하였으며, 시험결과는 Fig. 2와 같다.



(a) Slump flow for variation of unit water



(b) V-Lot time for variation of unit water



(c) U-box height for variation of unit water
Fig. 2 Sensitivity for variation of unit water

표면수 변동에 따라 슬럼프 플로우 시험결과, Fig. 2의 (a)에 나타난 것같이 단위수량 변동폭이 -10kg/m^3 인 경우에는 슬럼프 플로우의 관리기준을 벗어나는 것으로 나타났으며, 이러한 경향은 경시변화에 따라 심화되는 것을 알 수 있다.

또한, Fig. 2의 (b) 및 (c)에서 보듯이 V-Lot 유하시간 및 U-box 충전성 시험결과도 단위수량 변동폭이 -10kg/m^3 인 경우에는 관리기준을 만족하지 못한 것으로 측정되었다. 플로우 50cm 도달 시간은 기준에는 만족하지만 단위수량이 감소할수록 증가되는 경향을 보였으며 공기량은 큰 차이가 없었다.

특히, 단위수량의 변동폭이 $+10\text{kg/m}^3$ 의 경우에는 관리기준을 만족하더라도 재료분리 경향을 보이는 것으로 나타났다.

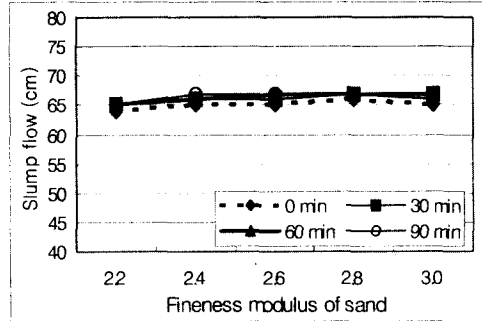
즉, 고유동 콘크리트의 점성 및 충전성을 고려할 때, 단위수량의 변동범위가 $\pm 5\text{kg/m}^3$ 이내인 경우에 요구성능을 만족하는 것으로 나타났는데, 이를 잔골재의 표면수율로 환산하면 $\pm 0.6\%$ 이내의 범위로 된다.

따라서, 지하연속벽에 사용되는 고유동 콘크리트의 단위수량 변동범위는 $\pm 5\text{kg/m}^3$ (표면수율 $\pm 0.6\%$) 이내로 관리하는 것이 품질관리에 바람직할 것으로 사료된다.

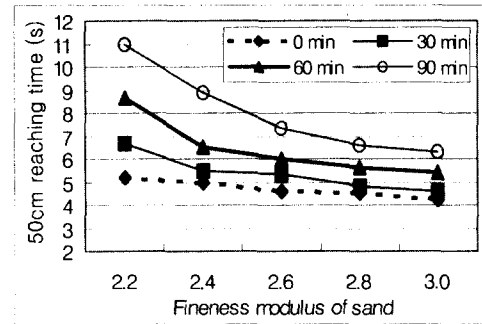
4.3 잔골재의 조립을 변동에 따른 시험결과

LNG 지하탱크 구조물의 내구성을 고려하여 강모래를 사용하도록 규정하고 있기 때문에, 바닷

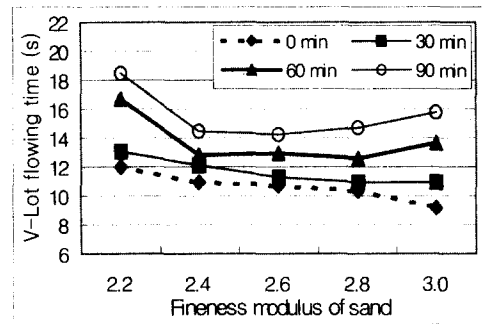
모래와 달리 잔골재의 조립을 변동이 매우 크다. 이러한 영향을 검토하기 위하여 잔골재의 조립을 변동에 따른 고유동 콘크리트의 품질변동을 측정하였으며, 시험결과는 Fig. 3과 같다.



(a) Slump flow for variation of F.M(sand)



(b) 50cm flow time for variation of F.M(sand)



(c) V-Lot time for variation of F.M(sand)

Fig. 3 Sensitivity for variation of F.M(sand)

시험결과, Fig. 3의 (a)에 나타난 바와 같이 잔골재의 조립을 변동에 따른 슬럼프 플로우는 큰 차이가 없으나, Fig. 3의 (b) 및 (c)에서 보듯이 점성 및 충전성에는 영향을 미치는 것으로 나타났다.

즉, 경시변화에 따라 잔골재의 조립율이 감소할수록 점성이 증대되는 것으로 나타났는데, 이는 미세입자의 골재가 분체에 가까운 작용을 하기 때문으로 사료된다. 특히, 조립율이 큰 범위 ($F.M=3.0$)에서는 경시변화에 따른 V-lot 유하 시간 및 U-Box 충전성 높이차가 증대되는 것으로 측정되었는데, 이는 골재입자간의 마찰력 증대 및 맞물림 현상에 따른 것으로 사료된다.

그러나 잔골재의 조립율에 따른 공기량은 일정한 경향을 나타내지 않는 것으로 나타났다.

따라서, 현장에서 고유동 콘크리트를 생산할 때, 잔골재의 조립율 변동에 대한 품질은 2.6 ± 0.2 범위에서 관리하는 것이 요구성능을 만족하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

4.4 L.S.P의 입경변동에 따른 시험결과

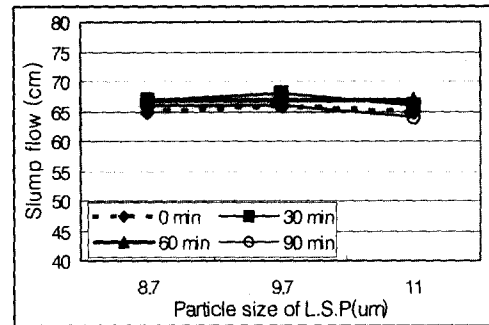
석회석 미분말(L.S.P)은 수경성 또는 잠재수경성을 갖지 않는 무기질 분말이지만 넓은 의미에서 혼화재로 분류된다.⁽⁶⁾ 고유동 콘크리트에 석회석 미분말을 분체로 사용하면, 콘크리트 온도상승을 억제할 수 있을 뿐만 아니라 점도증진 및 재료분리 저항성의 개선에도 효과적이다.⁽⁷⁾

특히, 미분말의 특성상 분말도에 의한 영향이 가장 중요하지만, 국내 생산조건 및 경제성 등을 고려하여 동일 분말도($8,000 \text{cm}^2/\text{g}$)에서 구분되어 생산되는 석회석 미분말의 평균입경에 대한 굳지 않은 콘크리트의 영향을 검토하였으며, 이에 대한 시험결과는 Fig. 4와 같다.

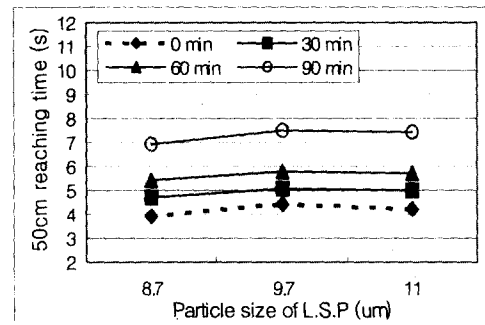
시험결과, 평균입경에 따른 유동성 및 공기량은 큰 차이가 없으나, 점도 및 재료분리 저항성은 입경에 따라 약간의 차이를 나타내었다. 그러나, 이러한 차이는 입경의 영향보다 입도분포에 좌우되는 것으로 평가된다. 따라서, 비교적으로 안정적인 결과를 나타낸 평균입경 $9.7 \mu\text{m}$ 를 선정하였으며, 입도분포를 정규분포로 관리하도록 하였다.

4.5 고로슬래그 치환율 변동에 따른 시험결과

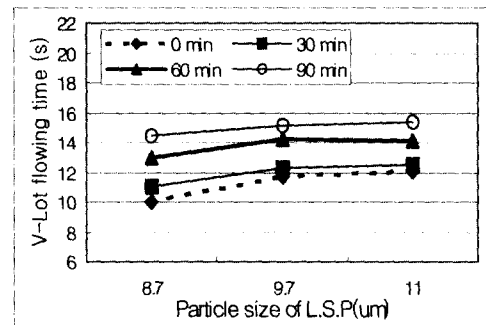
국내에서 생산되는 슬래그 시멘트의 고로슬래



(a) Slump flow for variation of L.S.P



(b) 50cm flow time for variation of L.S.P



(c) V-Lot time for variation of L.S.P

Fig. 4 Sensitivity for variation of L.S.P

그 치환율은 생산업체별 차이가 있으나, 일반적으로 겨울철보다 여름철에 치환율이 증가되는 경향을 보이고 있다. 본 공사에 사용한 슬래그 시멘트는 슬래그 치환율이 평균 46.5%이며, 최대 56%, 최소 42% 범위를 나타내었다.

따라서, 고로슬래그의 치환율 변동이 굳지 않은 콘크리트의 품질에 미치는 영향을 검토하기

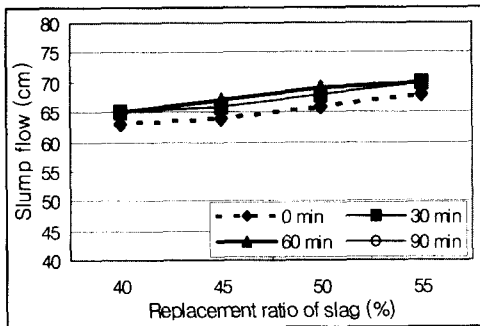
위하여, 고로슬래그 시멘트의 제조에 사용되는 동일한 제품의 보통포틀랜드 시멘트와 슬래그 미분말을 변동범위의 비율로 치환하여 시험을 실시하였으며, 그 결과는 Fig. 5와 같다.

시험결과, 고로슬래그의 치환율이 증대할수록 유동성은 증가하는 반면에 점성 및 재료분리 저항성은 감소되는 경향을 나타내었다.

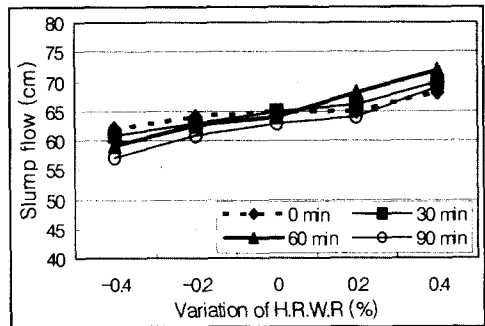
이는 고로슬래그 미분말이 물과 접촉하여도 시

멘트와 같이 직접적인 수화작용을 하지 않을 뿐만 아니라 유리질의 평활한 입자표면을 갖고 있기 때문에 사료된다.⁽⁶⁾ 따라서, 여름철 공사의 경우에는 온도상승에 따른 점도감소 및 증점제 영향을 고려하여 고로슬래그의 치환율 범위를 45~50% 이내로 관리하는 것이 바람직하다.

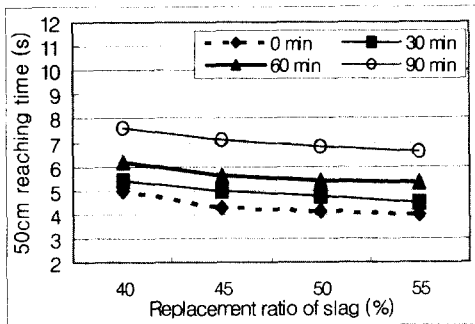
4.6 혼화제의 첨가량 변동에 따른 시험결과



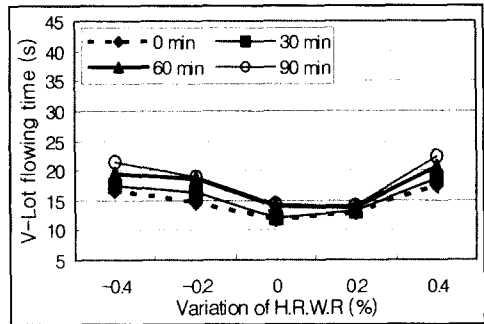
(a) Slump flow for variation of Slag



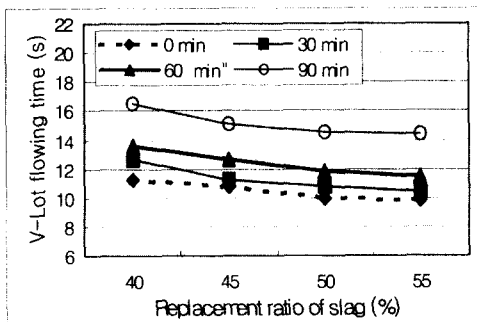
(a) Slump flow for variation of H.R.W.R



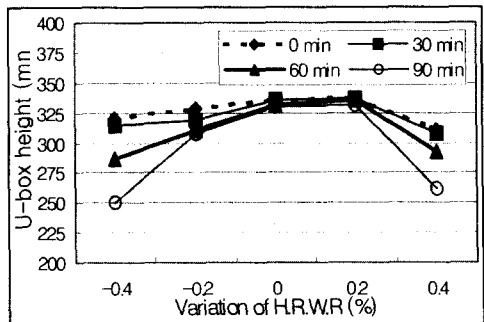
(b) 50cm flow time for variation of slag



(b) V-Lot time for variation of H.R.W.R



(c) V-Lot time for variation of slag



(c) U-box height for variation of H.R.W.R

Fig. 5 Sensitivity for variation of slag powder

Fig. 6 Sensitivity for variation of H.R.W.R

고성능 AE감수제는 사용량이 적지만, 콘크리트에 미치는 영향은 매우 크다. 따라서, 계량오차 등에 의한 변동을 고려하여 기존의 사용량(2.3%)에 $\pm 0.2\%$, $\pm 0.4\%$ 범위로 첨가량을 변동시켜 이에 따른 굳지 않은 콘크리트의 품질변동을 측정하였으며, 시험결과는 Fig. 6과 같다.

시험결과, Fig. 6의 (a)에 나타난 바와 같이 고성능 AE감수제 첨가량의 변동에 따른 슬럼프 플로우는 $\pm 0.2\%$ 이내 범위에서 표준값(65 ± 5 cm)을 만족하는 것으로 나타났다.

그러나, 0.4%의 경우에는 골재분리 현상이 나타났다으며, -0.4%의 경우에는 유동성 부족 및 점성이 증대되는 것으로 나타났다.

또한, Fig. 6의 (b)와 (c)에 나타난 바와 같이 V-Lot 유하시간 및 U-box 충전높이에 대한 시험결과를 분석해 볼 때, 경시변화 30분까지는 대부분 요구성능을 만족하였으나, 60분부터 $\pm 0.4\%$ 범위에서는 표준값을 벗어나는 것으로 나타났다. 즉, 0.4%인 경우에는 재료분리에 따른 골재 맞물림 현상으로, -0.4%인 경우에는 유동성 부족현상으로 각각의 표준에서 벗어났다.

고성능 AE 감수제의 첨가량이 0.4%인 경우, 공기량은 경시변화에 따라 4.7~5.3% 범위를 나타내어 표준을 벗어났으며, 그 외에는 대부분 만족하는 것으로 나타났다. 플로우 50cm 도달시간은 고성능 AE감수제의 첨가량이 감소할수록 증가되었으나, 표준을 만족하는 것으로 나타났다. 따라서, 고성능 AE감수제에 대한 계량오차의 허용범위는 1% 이내로 하여 KS F 4009 허용값(3%이내)보다 엄격하게 관리하는 것이 바람직하다.

5. 결 론

인천 LNG 지하탱크의 지하연속벽에 타설될 병용계 고유동 콘크리트의 최적배합에 대하여 사용재료의 품질변동이 굳지 않은 콘크리트에 미치는 영향을 검토한 민감도 시험에서 얻은 결론을 정리하면, 다음과 같다.

- 1) 콘크리트 온도변화에 따른 점성의 영향은 증점제의 작용으로 인하여 매우 민감하게 작용하기 때문에, 10~20℃로 관리하는 것

이 바람직하며, 여름철의 경우에도 30℃를 넘지 않도록 관리하는 것이 바람직하다.

- 2) 고유동 콘크리트의 점성 및 자기충전성을 고려하여 잔골재의 표면수를 변동은 $\pm 0.6\%$ 이내로 관리하는 것이 요구된다.
- 3) 잔골재의 조립율은 고유동 콘크리트의 점성 및 자기충전성에 영향을 미치지 때문에, 2.6 ± 0.2 범위에서 관리하는 것이 좋다.
- 4) 석회석 미분말의 평균입径에 대한 고유동 콘크리트의 영향은 크지 않으나, $9.7\mu\text{m}$ 를 기본으로 입경분포를 정규분포로 관리하는 것이 바람직하다. 그리고 고로슬래그의 치환율은 유동성, 점성 및 온도의존성을 고려하여 45~50% 범위에서 관리하는 것이 바람직하다.
- 5) 고성능 AE감수제의 계량오차는 1% 이내로 하여 엄격히 관리하는 것이 요구된다.

참고문헌

1. 朴泚林, 權寧鎬 外: "超流動 콘크리트의 開發 및 實用化 研究", 建設交通部 國策課題R&D/94-0022, 1996 10.
2. 韓千求 崔應奎 外: "增粘劑를 利用한 다짐불요 콘크리트의 實用化에 관한 연구", 대한건축학회 춘계학술발표대회 논문집, 제17권1호, 1997 4, pp.691~694.
3. 金武漢, 權寧鎬 外: "다짐불필요 콘크리트의 개발 및 시공상 문제점에 대한 고찰", 대한건축학회 추계학술발표논문집 제15권2호, 1995 11, pp.757~760.
4. 高木 淳, 中下兼次, 名倉健, 中村龍ほか: "世界最墳のLNG地下タンクの合理化施工-東京ガス根岸工場TL-41LNG地下式貯槽-", セメント・コンクリート, No.572, 1994 10, pp.8~13.
5. 青木茂ほか: "長大橋下部工に適用した高強度地下連續壁コンクリートの品質について", 土木學會第46回年次學術講演會, Vol.317, 1991.
6. 日本土木學會., "高流動コンクリート施工指針", 콘크리트 라이브러리-93, 1998.
7. 青木茂, 三浦津彦, 十河茂幸., "各種鑛物質微粉末を用いた低發熱超高強度連續壁コンクリートに關する基礎研究", 콘크리트工學, Vol.15, No.1, 1993, pp.37~42.

요 약

본 연구는 인천 LNG 인수기지 지하탱크의 지하연속벽에 타설된 고유동 콘크리트에 대하여 사용재료의 품질변동이 굳지 않은 콘크리트의 품질특성에 미치는 영향을 분석한 것이다. 민감도 시험을 위한 변수로는 콘크리트 온도변화(3종류), 표면수 변동(5종류), 잔골재의 조립율 변동(5종류), 석회석 미분말의 입경변동(3종류), 고로슬래그의 치환율 변동(4종류) 및 고성능 AE감수제 첨가량 변동(5종류) 등이다.

또한, 평가항목은 슬럼프 플로우, 50cm 도달시간, V-lot 유하시간, U-box 충전성 및 공기량 등과 같이 굳지 않은 콘크리트의 성능으로 국한하였다.

실험결과, 유동성, 충전성 및 재료분리 저항성을 고려하여, 콘크리트 온도는 10~20℃, 잔골재의 표면수율 변동은 $\pm 0.6\%$ 이내, 잔골재의 조립율 변동은 2.6 ± 0.2 , 고로슬래그의 치환율 범위는 45~50%로 관리하는 것이 바람직할 것으로 사료된다. 그리고, 고성능 AE감수제의 계량오차는 1% 이내로 엄격하게 관리하도록 하였다. 이러한 품질관리 기준을 바탕으로 인천 LNG 지하탱크의 지하연속벽에 전체 75,000 m³의 고유동 콘크리트를 우수한 품질로 타설할 수 있었으며, 이에 대한 자료축적도 이룰 수 있었다.

(접수일자 : 2000. 1. 15)