

배합요인에 따른 제치장 콘크리트의 표면 광택 특성

Properties of the Surface-Glossing of Exposed Concrete Considering Mixing Factors

한 천 구

(청주대학교 건축공학과 교수, 공박)

전 충 근

(청주대학교 대학원 박사과정)

1. 서론

제치장 콘크리트란 구조체로서의 완성과 마감으로서의 치장을 동시에 표현할 수 있는 콘크리트를 말한다.¹⁾ 그런데, 이러한 제치장 콘크리트는 거푸집 비용의 고가, 중성화에 의한 내구성 저하 등에 문제점이 있기는 하지만, 모양의 간소함을 탐미, 친밀감의 유도 및 조형적인 중후한 아름다움등 디자인적 요소가 매우 중요하기 때문에 국내외에서는 건축물 외관 표현 기법으로써 자주 채택되어 왔다.

그러나, 우리나라의 경우는 디자인적인 요구는 있을지라도 실제 현장에서 제치장 콘크리트를 시공함에 있어 원재료 결함, 배합요인 미비 및 작업의 불량 등으로 인하여 콘크리트 표면의 재료분리, 비균질 색조 및 부족한 광택 등의 문제점이 자주 발생하고 있어 제치장 콘

크리트의 효과가 충분히 발휘되고 있지 못하는 실정이다.

그러므로, 본 연구에서는 콘크리트 표면에 광택이 발현되고, 내구성이 우수한 고품질의 제치장 콘크리트를 개발하기 위하여 콘크리트 표면의 광택도에 중요하게 영향을 미칠 것으로 사료되는 콘크리트의 기본적인 배합요인, 즉 물시멘트비(W/C), 단위수량 및 잔골재율 변화에 따른 굳지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 특성과 표면 광택도 특성을 분석함으로써 향후 양질의 제치장 콘크리트 시공에 한 참고자료로 제시하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 제치장 콘크리트의 설계²⁾

(1) 제치장 콘크리트 디자인 4요소

제치장 콘크리트 건축물 설계에서 설계자가 이용할 수 있으나, 제치장 콘크리트 건축물 성패를 좌우하는 노출 디자인 4요소에는 ① (点, dot) ② 선(線, line) ③ 면(面, face) ④ 양(量, mass)이 있으며, 그 성패는 디자인 4요소가 얼마나 절제 있고, 조화롭게 적용했는지에 달려 있다고 할 수 있다.

(2) 제치장 콘크리트의 표현 및 적용

제치장 콘크리트는 탈형 후 콘크리트 면을 단순 노출시키거나 또는 거푸집의 나뭇결 무늬를 콘크리트 표면에 표출시키는 방법 이외에도 골재의 일부를 노출 시키는 방법, 콘크리트 표면에 양각·음각의 문양을 새기는 방법 및 표면의 색상·광택을 표현하는 방법 및 다른 재료와 주위 자연환경과 조화시키는 방법에 의하여 총체적인 표정을 나타낼 수 있다.

제치장 콘크리트는 ① 검소하고, 차분한 이미지 건물로써 교육기관, 연구소 ② 예술적 용도에 맞는 이미지 건물로써 공연장, 극장, 박물관 및 미술관 ③ 주변 진동으로 인한 마감재료의 탈락가능성이 있는 건물로써 고속전철, 지하철 역사 및 부속동 ④ 정중하고 엄숙한 이미지의 성당, 교회 및 사원 등에 주로 적용되고 있다.

2.2 제치장 콘크리트 배합설계³⁾

(1) 제치장 콘크리트의 요구 성능

일반적으로 제치장 콘크리트에 요구되는 성능은 색채 균일 성능, 균열발생억제 성능, 충전성능 및 재료분리 저항성능, 내구성능 등을 들 수 있다.

(2) 제치장 콘크리트의 사용재료

제치장 콘크리트는 충분한 내구성을 갖고, 균질한 색상 및 질감을 표현하기 위하여 사용재료 선택이 중요하다. 또한, 사용재료의 성능은 제치장 콘크리트의 성능을 크게 좌우하는 경우가 많으므로 제치장 콘크리트 제조시에는 사용재료의 물성 및 특성을 잘 파악하여야 한다.

(3) 제치장 콘크리트의 배합설계

제치장 콘크리트는 노출면이 마감재가 되므로 제치장 콘크리트의 균질 색채 발현, 재료분리 저항성 등에 특히 주의하면서 보통 콘크리트와 동일한 배합설계를 실시하여도 실용상 문제는 없다고 판단된다.

1) 배합설계 방법

제치장 콘크리트의 배합은 소요강도, 내구성, 수밀성, 균열 저항성, 철근 또는 강재를 보호하는 성능 및 작업에 적합한 워커빌리티를 갖는 범위내에서 단위수량을 될 수 있는 대로 최소로 하고 굵은골재량을 최대로 하는 것이 바람직하다.

2) 제치장 콘크리트 배합 설계시 주의사항

제치장 콘크리트의 배합설계시 재료분리 저항성 및 표면 품질을 확보하기 위하여는 첫째, 단위수량 검토를 통하여 건조수축을 줄이고 중성화나 염해등에 대한 내구성을 증진시킨다. 둘째, 슬럼프 및 굵은골재 최대치수의 검토를 통하여 콘크리트의 충전성을 확보한다. 셋째, 콘크리트 타설시 재료분리를 방지하여 허니컴 발생, 재료분리 방지, 공극발생을 방지한다. 넷째, 운반시간, 타설시간 및 이어치기 시간을 검토하여 콜드 조인트나 허니컴을 방지한다.

2.3 제치장 콘크리트 시공⁴⁾

(1) 제치장 콘크리트 시공계획

제치장 콘크리트의 성공적인 시공을 위하여는 우선 설계도면이나 시방서에 수치로 표기할 수 없는 콘크리트의 색상, 제치장 콘크리트의 품질이나 면의 질감, 줄눈의 규격과 간격, 합판 크기와 모듈(module), 폼타이와 콘의 배열 등에 대한 기준 설정을 실시하고, Mock up 실험에 의하여 문제점에 대하여 검토한다.

(2) 거푸집 및 철근 배근 공사

1) 거푸집

제치장 콘크리트 공사 시공에 있어서 거푸집은 레미콘과 더불어 가장 중요하며, 거푸집 표면이 평활하고, 깨끗하고, 수밀해야 함은 물론이고 콘크리트 타설시 벌어지거나 누수 등이 일어나지 않도록 견고해야 한다.

2) 철근 가공 및 배근

- ① 제치장 콘크리트의 피복두께는 일반 철근 공사의 피복에 줄눈두께를 더한 것을 말한다.
- ② 결속선은 결속 후 안쪽으로 구부러 넣거나 노출면 반대편에서 철근을 조립하거나 결속 후 결속선 잔여분을 절단해야 한다.
- ③ 스페이서는 비노출 부분에 설치한다.

(3) 콘크리트 타설시 주의사항

- ① 콘크리트 타설 계획표를 반드시 제출한다.
- ② 제치장 콘크리트는 타설시 재료분리가 없도록 하는 것이 바람직하다.
- ③ 타설중에는 다짐을 충분히 한다.
- ④ 파라펫 위 부분이나 방수 부분의 템핑 누름은 흠손으로 충분히 눌러 미장하는 것이 좋다.
- ⑤ 한중 콘크리트 시공시나 직사광선이 강한 시기에는 양생포로 콘크리트 표면을

감싸고, 서중 콘크리트 시공시에는 적당히 살수한다.

- ⑥ 한중 콘크리트 시공시에는 콘크리트가 동결하지 않도록 타설 시간 및 충분한 양생을 실시한다.
- ⑦ 콘크리트 타설중에는 슬래브 철근이 손상되지 않도록 주의한다.
- ⑧ 제치장 콘크리트의 품질관리는 보통 콘크리트의 품질관리 절차 및 규정에 따라 실시해도 무방하다.

2.4 제치장 콘크리트 표면 마감 및 유지관리⁶⁾

(1) 제치장 콘크리트 구조물의 표면 마감

현장에서는 제치장 콘크리트를 적용한 구조물의 콘크리트 표면보호를 위하여 발수제 계통의 표면마감재를 도포하여 사용되어 왔지만, 기존 발수제는 단순히 물의 침입을 억제하는 발수성만이 강조되어 왔기 때문에 발수제 시공후 불과 2~3년 정도에서 발수성이 없어지는 경우가 많으며 또한, 발수제 도포에 의한 제치장 콘크리트 내구성 검토 자료도 매우 부족한 실정이다.

(2) 제치장 콘크리트 면결함의 종류

1) 신축 제치장 콘크리트 구조물의 시공결함
신축되는 제치장 콘크리트 구조물의 결함으로는 ① 콘크리트 색채얼룩 ② 이어치기면 ③ 콜드 조인트 ④ 모래무늬 ⑤ 재료분리 ⑥ 콘 주변의 색차 등이 있다.

2) 기존 제치장 콘크리트 구조물의 결함
기존 제치장 콘크리트 구조물의 결함으로는 ① 표면재의 열화 ② 제치장 콘크리트 표면 백화 현상 ③ 철근부식 균열발생 ④ 실링재의 열화 등이 있다.

(3) 제치장 콘크리트 표면 보수 및 유지관리

내구성이 우수하며 질감 및 색채를 영원히 유지할 수 있는 제치장 콘크리트를 유지관리 하기 위하여는 주기적인 점검이 필요하며 필요시는 결함원인을 목시뿐만 아니라 비파괴, 준 비파괴 또는 화학 분석에 의하여 그 원인을 정확히 밝혀내는 것이 중요하며 이에 따라 적절한 보수를 실시하는 것이 필요하다.

3. 실험계획 및 방법

3.1 실험계획

본 연구는 양질의 제치장 콘크리트를 제조함에 있어 배합요인이 표면광택에 미치는 영향을 분석하기 위한 것으로 실험계획은 [표 1]과 같고, 배합사항은 [표 2]와 같다.

즉, 배합사항으로 W/C는 45, 50 및 55%의 3수준에 대하여 단위수량은 165, 175 및 185kg/m³로 하였고, 잔골재율은 적정, 적정의 -5%와 +5%의 3수준으로 하여 총 27배치를 실험계획 하였다. 단, AE감수제 사용량은 KS F 4009의 공기량 규정인 4.5±1.5%범위를 만족하도록 각 W/C 및 단위수량별 적정 잔골재율에서 그 값을 시험비법으로 결정한 다음 나머지 잔골재율 변수에도 동일하게 적용

[표 1] 실험계획

실험인자		실험수준	
배합사항	W/C(%)	3	45, 50, 55
	단위수량(kg/m ³)	3	165, 175, 185
	잔골재율(%)	3	적정, 적정의±5
실험사항	굳지않은 콘크리트	2	슬럼프, 공기량
	경화 콘크리트	1	압축강도(7, 28 및 91일)
	광택도	2	재령(탈형후, 7, 28, 91 및 180일)
			거푸집 종류 (아크릴, 치장합판, 철판, 일반합판)

하는 것으로 하였다.

실험사항으로, 굳지않은 콘크리트에서는 슬럼프, 공기량을 측정하였고, 경화 콘크리트에서는 재령 7, 28 및 91일에서의 압축강도를 측정하는 것으로 하였다. 광택도는 성형후 1주일에 탈형하여 측정한 후, 그 후 7, 28, 91 및 180일에서의 표면 광택도를 측정하는 것으로

[표 2] 배합사항

W/C (%)	단위수량 (KG/M ³)	S/A (%)	중량배합 (kg/m ³)			용적배합 (l/m ³)			AE 감수제 (%)
			C	S	G	C	S	G	
45	165	30		517	1,226		202	472	0.25
		35	367	604	1,138	116	236	438	
		40		690	1,051		270	404	
	175	32		538	1,161		211	446	0.25
		37	389	622	1,075	123	243	414	
		42		706	990		276	381	
	185	35		573	1,081		223	416	0.3
		40	411	655	998	131	255	384	
		45		737	914		287	352	
50	165	31		544	1,229		212	473	0.18
		36	330	632	1,140	105	246	439	
		41		719	1,051		281	404	
	175	34		582	1,148		228	441	0.18
		39	350	668	1,061	111	261	408	
		44		753	974		294	375	
	185	37		618	1,069		242	411	0.2
		42	370	702	984	117	275	378	
		47		785	899		307	346	
55	165	34		605	1,192		236	459	0.14
		39	300	694	1,102	95	271	424	
		44		783	1,012		306	389	
	175	37		634	1,112		251	428	0.14
		42	318	730	1,024	101	285	394	
		47		817	936		319	360	
	185	40		679	1,035		265	398	0.15
		45	336	764	948	107	298	365	
		50		849	862		331	332	

하였다. 이때 거푸집 종류는 아크릴판, 치장합판, 철판 및 일반합판에 대하여 실험하였다.

3.2 사용재료

본 연구의 사용 재료로 시멘트는 국내산 보통포틀랜드 시멘트로서, 그 물리적 성질은 [표 3]와 같다. 골재로서 잔골재는 충남 연기군 남면산 강모래, 굵은골재는 충북 청원군 부강산 쇄석을 사용하였는데, 그 물리적 성질은 [표 4]과 같다. AE 감수제는 국내산 S사의 표준형으로 물리적 성질은 [표 5]과 같다. 물은 상수도를 사용하였다.

[표 3] 시멘트의 물리적 성질

비중	분말도 (cm ² /g)	분말도 (%)	응결시간(분)		압축강도(kgf/cm ²)		
			초결	종결	3일	7일	28일
3.15	3,303	0.08	226	409	231	308	410

[표 4] 골재의 물리적 성질

골재종류	비중	흡수율 (%)	단위용적 중량(kg/m ³)	입형판정 실적률(%)	0.08mm체 통과량(%)
잔골재	2.56	1.46	1,598	61.0	2.06
굵은골재	2.60	0.93	1,505	55.4	-

[표 5] AE감수제의 물리적 성질

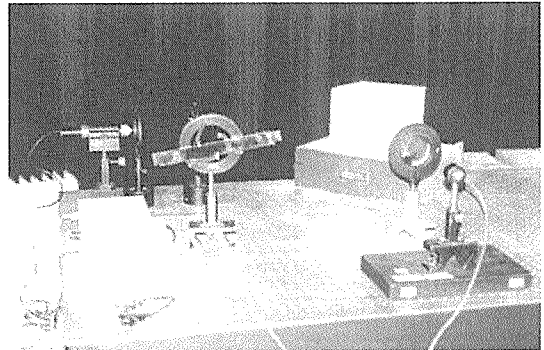
AE감수제	주성분	비중	색상	형태	표준사용량 (C×%)
표준형	나프탈린계	1.17	담갈색	액체	0.3

3.3 실험방법

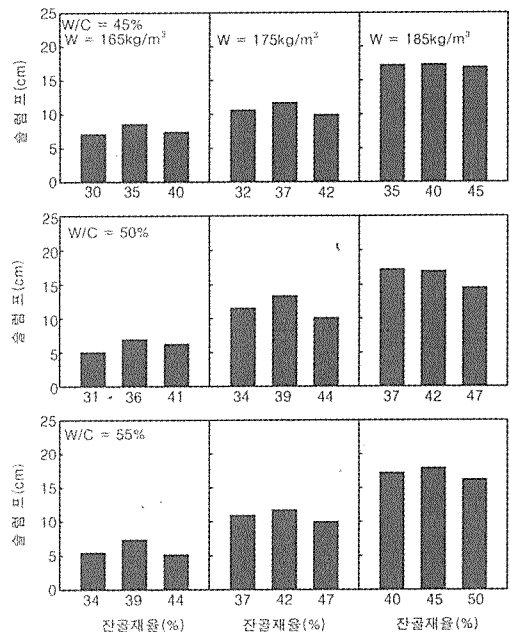
본 연구의 실험방법으로 먼저, 굳지않은 콘크리트의 슬럼프 시험은 KS F 2402 규정에 의거 측정하였고, 슬럼프 플로우는 슬럼프 측정 후 흘러내린 콘크리트 밑면의 최대 직경과 이에 직교하는 직경의 평균값으로 하였다. 공

기량은 KS F 2421 규정에 의거 측정하였다.

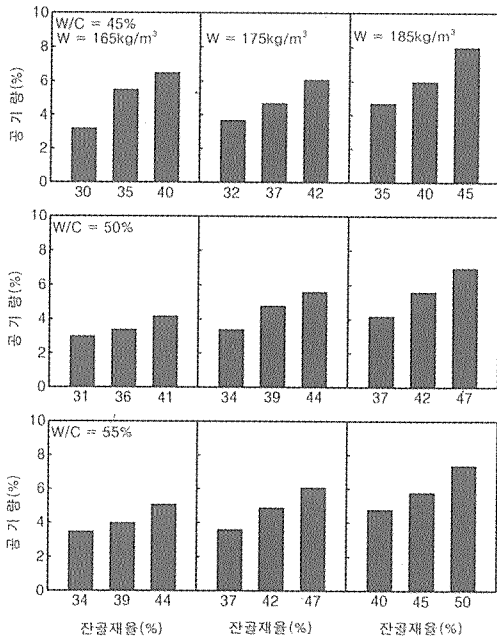
경화 콘크리트의 실험으로 콘크리트의 압축강도 시험용 공시체 제작 및 양생은 KS F 2403, 압축강도 시험은 KS F 2405의 규정에 의거 측정하였다. 광택도 측정용 공시체는 20cm×20cm×20cm의 공시체로 4면에 각각 아크릴판, 치장합판, 철판, 일반합판을 대어 제작하고, 광택도 측정은 성형후 1주일 동안 온도 20℃, 습도 60%인 항온 항습실에서 양생한 다음 탈형하여, 실험 계획된 재령에서



[사진 1] 콘크리트 표면의 광택도 측정



[그림 1] 배합요인 변화에 따른 슬럼프



[그림 2] 배합요인 변화에 따른 공기량

ASTM D 523의 규정¹⁰⁾에 의거 [사진 1]과 같이 측정하였다. (단, 콘크리트 표면의 입사각과 수광각은 60°로 하여 측정하였다.)

4. 실험결과 및 분석

4.1 굳지않은 콘크리트의 특성

[그림 1]은 콘크리트의 W/C, 단위수량 및 잔골재율 변화에 따른 슬럼프 값을 막대그래프로 나타낸 것이다.

전반적인 경향으로 각 W/C에서 단위수량이 일정할 경우는 거의 같은 슬럼프 값을 나타낸(단위수량 일정의 법칙) 반면 단위수량 증가에 따라 일정한 비율로 슬럼프 값의 증가를 나타내었다. 또한, 적정 잔골재율에서 슬럼프 치는 가장 크고, 적정보

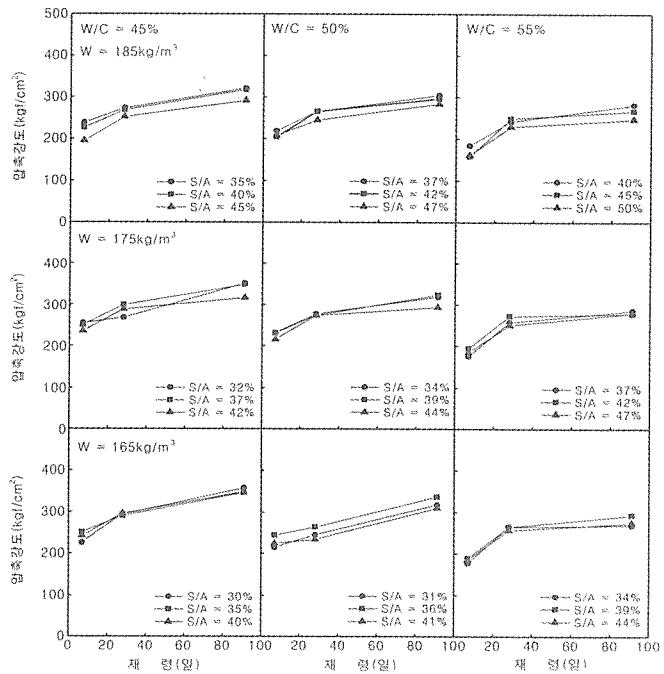
다 감소 혹은 증가함에 따라 저하하는 경향이 있었다.

[그림 2]는 W/C, 단위수량 및 잔골재율 변화에 따른 공기량을 나타낸 것이다. 전반적으로 W/C가 작을수록, 또한, 단위수량이 클수록 많은 AE감수제량이 필요함을 [표 2]의 배합설계자료에서 알 수 있었다. 또한, 잔골재율이 증가할수록 공기량은 콘크리트의 점성증대에 기인하여 증가하는 경향으로 나타났다.

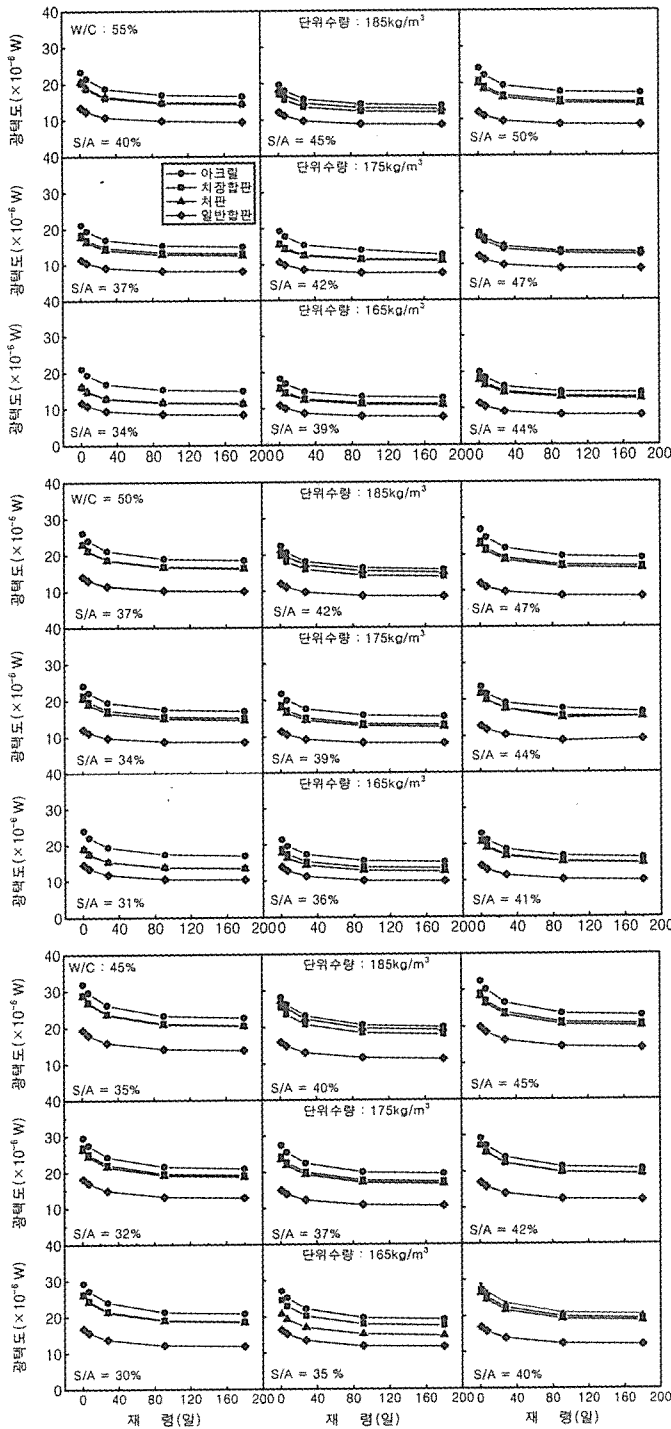
4.2 경화 콘크리트의 특성

[그림 3]은 재령 경과에 따른 압축강도를 W/C, 단위수량 및 잔골재율 변화에 따라 나타낸 것이다.

당연한 결과이겠지만, 재령이 경과할수록, 물시멘트비가 저하할수록 압축강도는 증가하였다. 단, 단위수량 변화에 따른 압축강도는 유



[그림 3] 배합요인별 재령경과에 따른 압축강도



(그림 4) 재령경과에 따른 광택도

사하게 나타났고, 잔골재율의 경우는 잔골재율이 증가할수록 작아지는 것으로 나타났는데, 이는 공기량 증가에 기인한 결과로 분석된다.

4.3 광택도 특성

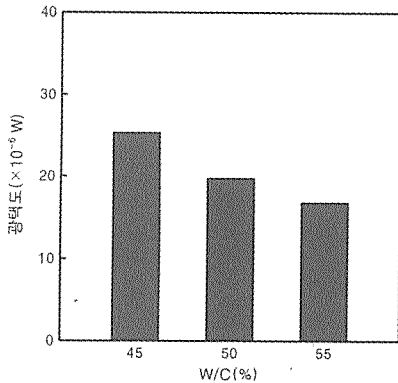
[그림 4]는 재령경과에 따른 광택도를 W/C, 잔골재율, 단위수량 및 거푸집 종류별로 구분하여 나타낸 것이다. 전반적으로 재령이 경과할수록 광택도는 저하하는 것으로 나타났다. 또한, W/C비가 낮을수록, 단위수량이 증가할수록, 잔골재율이 증가할수록 광택도는 증가하는 경향으로 나타났고, 거푸집에 따른 광택도는 아크릴 거푸집의 경우가 가장 크고, 치장합판, 철판, 일반합판 순이었다.

[그림 5]는 [그림 4]의 결과를 종합하여 W/C에 따른 광택도를 단위수량, 잔골재율 및 거푸집 종류에 관계없이 평균하여 나타낸 것이다. 전반적으로 W/C가 작을수록 광택도는 증가하는 것으로 나타났는데, 이는 단위 시멘트량 증가에 의하여 콘크리트 조적이 치밀하여 짐에 따라 나타난 것으로 분석되어, 제치장 콘크리트는 낮은 W/C에서 유리함을 알 수 있었다. 또한, W/C가 1% 감소함에 따라 광택도는 평균 4.4% 정도 증가하는 것으로 나타났다.

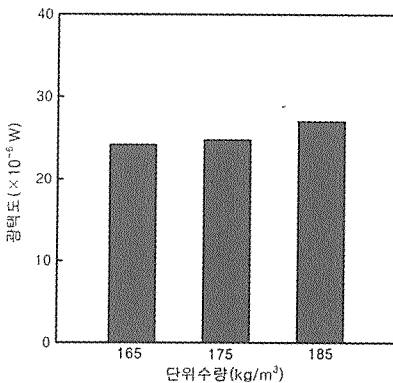
[그림 6]은 단위수량에 따른 광택도를 [그림 5]와 동일한 요령으로 나타낸 것이다. 단위수량이 증가할수록 광택도는 증가하는 경향으로 나타났는데, 이는 단위수량이 증가할수록 슬럼프가 증가하여 콘크리트가 거푸

집에 순응되는 충전효과로 사료된다.

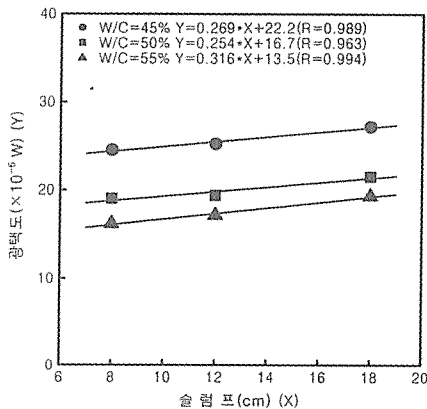
[그림 7]은 슬럼프 1cm 증가시의 광택도 변화를 회귀식으로 비교한 것이다. 슬럼프 1cm 증가에 따른 광택도 증가비율은 W/C 45%의



(그림 5) W/C에 따른 광택도



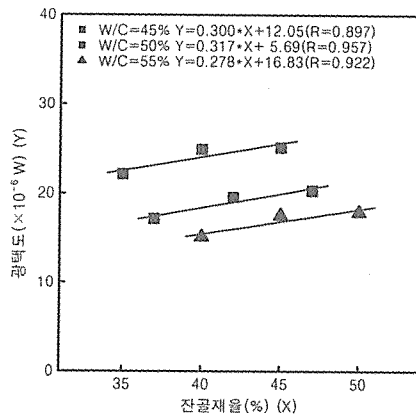
(그림 6) 단위수량에 따른 광택도



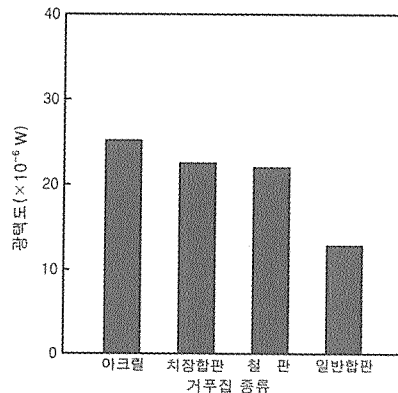
(그림 7) 슬럼프 1cm 증가에 따른 광택도 변화

경우 0.27%, W/C 50%의 경우 0.25%, W/C 55%의 경우 0.3%정도 증가하여 평균 약 0.27% 정도 증가하는 것으로 나타나고 있어, 광택도 향상을 위하여는 콘크리트의 슬럼프가 큰 것이 유리함을 알 수 있었다.

[그림 8]은 잔골재율 증가시의 광택도 변화를 회귀식으로 비교한 것이다. 잔골재율 변화에 따른 광택도는 적정과 비교하여 높을 경우에 증가하였고, 낮을 경우에는 저하하는 것으로 나타났는데, 이는 콘크리트 배합중 잔골재율이 부족할 경우 콘크리트 표면의 재료분리 발생 및 공극 증가에 기인한 결과로 분석되어 진다.



(그림 8) 잔골재율 증가시의 광택도 변화



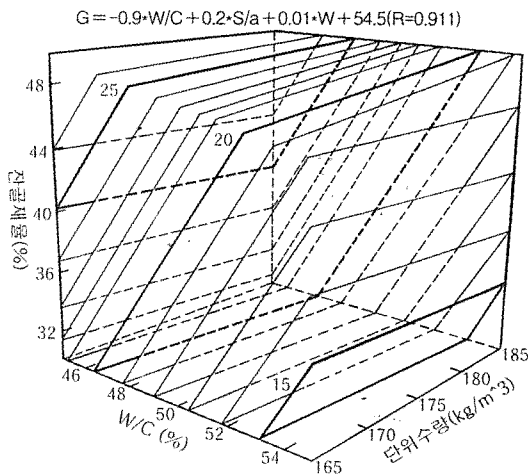
(그림 9) 거푸집 종류에 따른 광택도

또한, 잔골재율 1% 증가에 따른 광택도 증가비율은 W/C 45%의 경우 0.6%, W/C 50%의 경우 0.65%, W/C 55%의 경우 0.5% 정도 증가하는 것으로 나타나, 평균적으로는 0.58% 증가하는 결과이었다. 따라서, 향후 제치장 콘크리트를 시공하는 경우에는 커다란 품질변화가 없는 조건에서 잔골재율을 상향조정하는 것이 콘크리트 표면의 재료분리에 의한 곰보(Honey comb)발생 방지와 함께 콘크리트 표면 광택에 효과적인 것으로 사료된다.

[그림 9]는 W/C, 단위수량 및 잔골재율 관계없이 거푸집 종류에 따른 광택도를 나타낸 것이다. 이는 불투수성 거푸집일수록 거푸집과 콘크리트 계면의 수화수가 거푸집에 흡수되지 않고 시멘트가 충분히 수화할 수 있도록 잔류하고 있었고, 거푸집 표면의 매끄러움 등이 경화된 콘크리트에 영향을 미치는데 기인하여 나타난 결과로 분석된다

[그림 10]은 W/C, 단위수량 및 잔골재율에 따른 광택도를 추정하는 다중 상관도를 나타낸 것이다.

본 연구 조건에서 W/C, 단위수량 및 잔골



[그림 10] W/C, 단위수량, 잔골재율에 따른 광택도

재율에 따른 광택도는 W/C가 낮을수록, 단위수량이 증가할수록, 잔골재율이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났고, 추정 상관식은 $G = -0.9 * W/C + 0.2 * S/a + 0.01 * W + 54.5 (R=0.911)$ 로 밝혀졌다.

5. 결론

본 연구는 콘크리트 배합사항 중 W/C, 단위수량 및 잔골재율 변화에 따른 균지않은 콘크리트 및 경화 콘크리트의 특성과 제치장 콘크리트의 표면광택 특성을 분석한 것으로서 그 결과는 다음과 같이 요약된다.

(1) W/C가 저하할수록 콘크리트 조직의 치밀화로 광택도는 증가하였는데, W/C 1% 저하에 대하여 4.4% 증가하는 경향으로 나타났다.

(2) 단위수량이 증가할수록 유동성이 커짐에 따라 충전성 향상에 의하여 광택도는 증가하는 것으로 나타났다. 즉, 유동성과 광택도의 관계로 슬럼프 1cm 증가에 따른 광택도는 약 0.27% 증가하였다.

(3) 잔골재율이 증가할수록 공극충전 효과에 기인하여 광택도는 증가하는 경향으로 나타났는데, 잔골재율 1% 증가시 약 0.6% 증가하였다.

(4) 거푸집 종류에 따른 광택도는 아크릴, 치장합판, 철판, 일반합판 순으로 우수한 것으로 나타났고, 재령이 경과할수록 광택도는 표면의 거칠기가 변함에 따라 저하하는 것으로 나타났다.

(5) 본 연구 조건에서 W/C, 단위수량 및 잔골재율에 따른 광택도 추정 상관식은 $G = -0.9 * W/C + 0.2 * S/a + 0.01 * W + 54.5 (R=0.911)$ 로 밝혀졌다.

(6) 종합적으로 향후 제치장 콘크리트의 광택도 향상을 위하여는 시공시 큰 품질변화가 없는 범위 내에서 W/C는 낮추고, 잔골재율은

상향조정하며, 단위수량을 올려 슬럼프가 큰 콘크리트로 타설하는 것이 콘크리트 표면의 재료분리에 의한 곰보발생 방지와 함께 콘크리트 표면광택도 향상에 효과적인 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 장기인 저 ; 건축시공학, 보성각, 1996
2. 이종택 ; 노출 콘크리트의 디자인 및 설계, 콘크리트학회지. Vol.13. No.4, pp.22~29, 2001
3. 이한승, 유성현 ; 노출 콘크리트의 배합설계 및 제조, 콘크리트학회지. Vol.13. No.4, pp.30~37, 2001
4. 이영준, 박범신, 김연수 ; 노출 콘크리트의 시공, 콘크리트학회지. Vol.13. No.4, pp.38~45, 2001
5. 장태영, 김정식, 윤준 ; 노출 콘크리트 표면마감 및 유지관리, 콘크리트학회지. Vol.13. No.4, pp.54~61, 2001
6. 전충근, 이광설, 오선교, 한천구, 반호용 ; 제치장 콘크리트의 광택도에 미치는 거푸집 및 박리제의 영향, 대한건축학회 학술발표논문집, Vol.19, No.1, pp.421~426, 1999
7. 전충근, 김효구, 유호범, 김기철, 한천구 ; 반죽 질기 변화에 따른 제치장 콘크리트의 표면광택 특성, 대한건축학회 학술발표논문집, Vol.12, No.1, pp.267~270, 2000
8. 신성우, 정태용, 이현희, 하재담 ; 수화반응시 생성되는 계면피막을 응용한 광택 노출콘크리트 공법, 콘크리트학회지, Vol.11, No.1, pp.30~34, 1999
9. 하재담, 공양식, 강창운, 정일모, 정태용, 이현희 ; 광택 노출콘크리트 개발 및 실용화 연구, 콘크리트학회 학술발표논문집, Vol.10, No.1, pp.249~254, 1998
10. ASTM D 523 ; Standard Test Method for SPECULAR GLOSS, 1980
11. 宮本欣明 ; 打放しコンクリートに關する實驗的研究(その1 せき板および締固め方法が仕上がり,強度に及ぼす影響について),日本建築學會大會學術講演梗概集, 1993
12. 柏木降男 ; 打放しコンクリートの色むらに關する基礎的研究,日本建築學會大會學術講演梗概集, 1995
13. 大橋正治, 田村博, 三井英和, 井ノ川尙 ; 打放しコンクリートの色調制御(その1 配合要因の影響),日本建築學會大會學術講演梗概集, 1998
14. 柏木降男, 河津龍大, 寺 明彦, 太田昇 ; 打放しコンクリートの色調制御(その2 脱型時期・養生溫度・打繼ぎ時間間隔の影響),日本建築學會大會學術講演梗概集, 1998
15. 建設大臣官房技術調査室監修 ; 打放しコンクリート外壁の補修・改修技術. 1993