RCD공법의 콘크리트 품질관리 기준 고찰

김 완 영

소요의 품질을 가지는 RCD를 경제적으로 만들기 위해서는 RCD의 재료, 기계설비 및 작업 등에 대한 관리가 필요하다. 따라서 본 장에서는 국내에 처음 도입된 RCD공법을 적용함에 있어 필요한 기본적인 품질 관리 방안에 대해 조사 및 기술하고 실제 현장의 품질관리에 대한 분석을 수행하였다.

1. RCD 콘크리트 품질관리

1.1 실내에서 품질관리

1.1.1 골재시험

(1) 골재시험

일반적으로 콘크리트용 골재와 같은 비중, 흡수율 등의 정기적인 골재시험을 실시하는 것이 필요하지만, 특히 RCD용 콘크리트의 골재시험은 잔골재, 굵은골재의 채분류시험, 잔골재의 표면수율 측정이 중요하다. 굵은 골재의 채분류시험은 일주일에 1회의 빈도로 실시하는 댐들이 많았다. 잔골재의 채분류시험은 2회/일에서 2회/주의 범위로 실시하였고 1회/주의 빈도로 실시하는 댐이 많았다.

다음 표 1은 RCD용 콘크리트에 대한 주요한 골재시험을 나타낸 것이다.

표 1 주요 골재시험

시험항목	시험방법	시험빈도
굵은골재 채분류시험	JIS A 1102	1회/주
잔골재 채분류 시험	JIS A 1102	① 2회/일
		② 1회/일
		③ 3회/주
		④ 2회/주
		⑤ 1회/주
잔골재조립률	JIS A 1102	① 1회/제조일
		② 3회/1주간
		③ 2회/1주간
		④ 1회/1주간
		⑤ 2회/일
		⑥ 1회/일
잔골재 표면수시험	JIS A 1111	① 1회/1시간
		② 2회/2시간
		③ 4회/일
		④ 2회/일
		⑤ 1회/일
		⑥ 1회/1Batch

(2) 잔골재 표면수 측정방법

잔골재 표면수율의 측정은 JIS A 1111에 기초하여 실시한다. 그러나 RCD용 콘크리트는 약간의 표면수율의 변화가 콘시스턴시에 영향을 주기 때문에 Mixer투입직전에 계량 Hopper에도 각 Batch마다 표면수율을 측정하고 다음의 Batch의 수분보정이 필요하다.

표면수율 측정은 신속성이 요구되기 때문에 JIS방법으로 시행하지 않고, RI수분계, 전자파수분계, 중량식수분계 등의 신속한 측정방법을 채용하여 수분보정도 자동화하고 있다. 최근에는 중량식 수분계를 사용하고 있는 댐이 많다.

(3) 잔골재의 표면수관리

RCD용 콘크리트는 단위수량이 적고 초경연 콘크리트로 약간의 수분 증가

에도 콘시스턴시가 변화하고 진동다짐의 영향을 받기 때문에 특히 잔골재의 표면수 관리가 중요하다. 표면수율을 적극적으로 작게 하기 위한 대책으로는 아래와 같이 설비를 설치하는 예가 많다.

1) 모래 Stock Pile의 설치예

① 제조직후의 모래는 표면수율가 크기 때문에 충분하게 탈수하기 위해서 모래 Stock용량을 크게 한다.

② Stock Pile을 여러 더미로 분리하여 공급용, 배수용, 반출용으로 이용한다.

③ Stock Pile에 지붕을 설치한다.

④ Rod Mill에서 배출된 모래를 배수장치(진동 스크린)에 의해 탈수한다.

⑤ 배수 파이프 등을 설치하고 쇄석을 깔아서 배수를 촉진한다.

⑥ Stock Pile 바닥을 경사 콘크리트 바닥으로 한다.

⑦ 유효용량 증대를 도모하고 배수일수를 확보하기 위하여 다이렉트 블러스터 및 라바스 라이다를 설치한다.

2) 조정 병의 설치예

① 모래 골재조정병을 4기 설치하고 표면수의 안정을 도모한다.

② 병에는 지붕을 설치한다.

③ 모래 병의 유효용량을 증대시키고 배수일수를 확보하기 위하여 라바스 라이다를 설치한다.

④ 야적방식의 경우 바닥면에 쇄석을 깔아 배수를 촉진한다.

⑤ 배수 배관을 설계하고 배수를 실시한다.

⑥ 맹암거내의 반출 벨트콘베이어 상부에 배수설비를 설치하고, 잉여의 물이 벨트 콘베이어로 떨어지지 않도록 한다.

⑦ 병 저면을 지반보다 높게 하고 배출수의 흐름을 좋게하고 하부 투입 Hopper에서 벨트 콘베이어 상에 물이 떨어지지 않도록 한다.

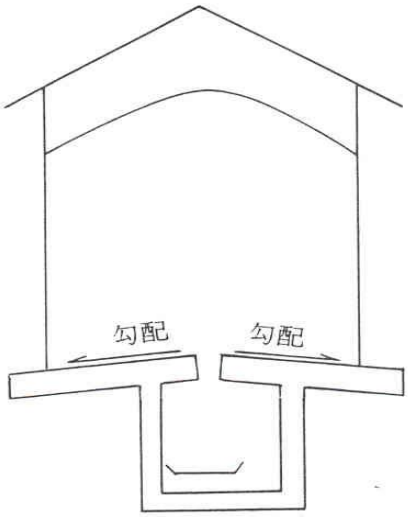


그림 1 골재병의 반출구

⑧ 병 배치는 잔골재를 반출하는 입구에 가까이 설치하고, 반출 콘베이어 벨트를 출구 위에 배치하고, 굵은골재의 수분을 잔골재로 취급해서는 안된다.

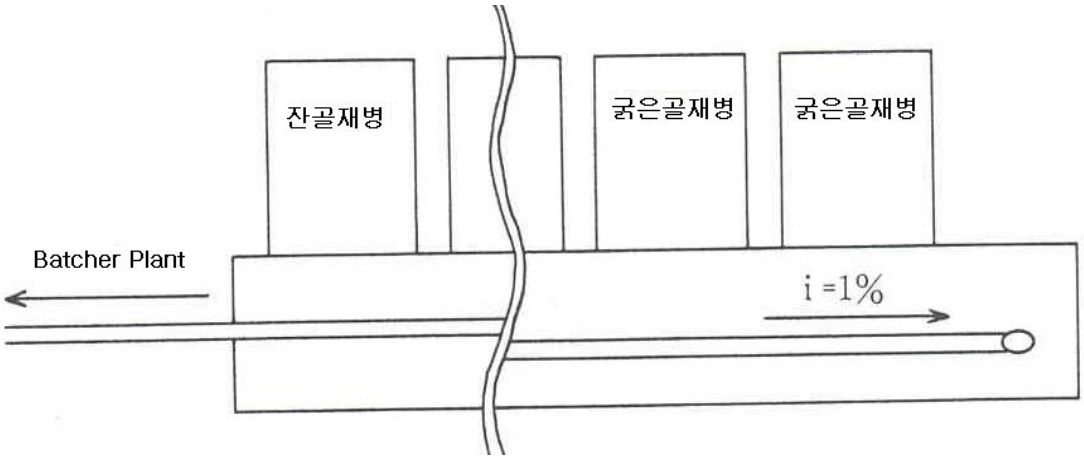


그림 2 골재병의 배치 및 반출 콘베이어 벨트의 구배

⑨ 공급 벨트콘베이어, 반출 벨트콘베이어 전체에 걸쳐 비막이를 설치한다.

(4) 굵은골재의 표면수관리

종래의 콘크리트는 굵은골재의 표면수관리가 그다지 중요하지 않았으나, RCD용 콘크리트는 굵은골재의 표면수를 일정하게 유지하기 위하여 다음과 같은 방법을 시행한다.

① 굵은골재병에 살수장치를 설치한다.(Cooling목적으로도 사용)

② 재수세(再水洗)설비를 설치한다.(Cooling 및 세정의 효과도 있다.)

1.1.2 굳지 않은 콘크리트의 시험

(1) 콘시스턴시 시험 방법

RCD용 콘크리트는 단위수량이 적기 때문에 골재의 표면수, 특히 잔골재의 표면수 변화가 콘시스턴시에 미치는 영향이 크고, 콘시스턴시의 관리가 특히 중요하다. RCD용 콘크리트의 콘시스턴시 관리는 VC치로 관리한다. 측정은 Batcher Plant에서 시료를 채취하고, Gmax=40㎜이하 시료에 대해서 표준 VC시험기를 이용하여 시험한다. 통상 품질관리는 표준 VC시험기로 시험하지만, 배합시험 또는 정기적으로 Full Size의 골재를 포함한 콘크리트 시료의 VC치를 대형 VC 시험기를 이용하여 측정하기도 한다.

(2) VC시험기

VC시험기에는 대형과 표준형이 있다. 동일한 시료를 사용해도 측정한 VC치는 다르다. 일반적으로 간단한 표준 VC시험기가 사용된다. 표준 VC시험기는 각기 다른 회사의 제품들이 사용되고 있지만, 진폭(1㎜), 용기크기(Φ=24㎝, H=20㎝), 재하중(20㎏)정도가 댐에서 공통적으로 사용된다. 진동수를 3,000vpm, 재하중(10㎏)의 댐도 있으며, 진동수 4,000vpm, 재하중(10㎏)의 댐도 있다. 대형VC시험기는 Full-size 골재의 시험이 가능하게 용기의 치수를 Φ=48㎝, H=40㎝로 표준시험기의 약 2배이다. 표준적인 대형 VC시험기와 표준VC시험기사양은 아래와 같다.

표 2 VC시험기 사양

항목	대형VC시험기	표준VC 시험기
형식	전동진동형(무단변속, 2축 구동)	전동진동형(1축구동형, 2축 구동형)
진동수	2,100~4,000vpm, 2,000~6,000vpm	3,000vpm
진폭	1 mm	1 mm
시험용기	강재 원기둥형Φ480㎜×H400㎜	강재 원기둥형Φ240㎜×H200㎜

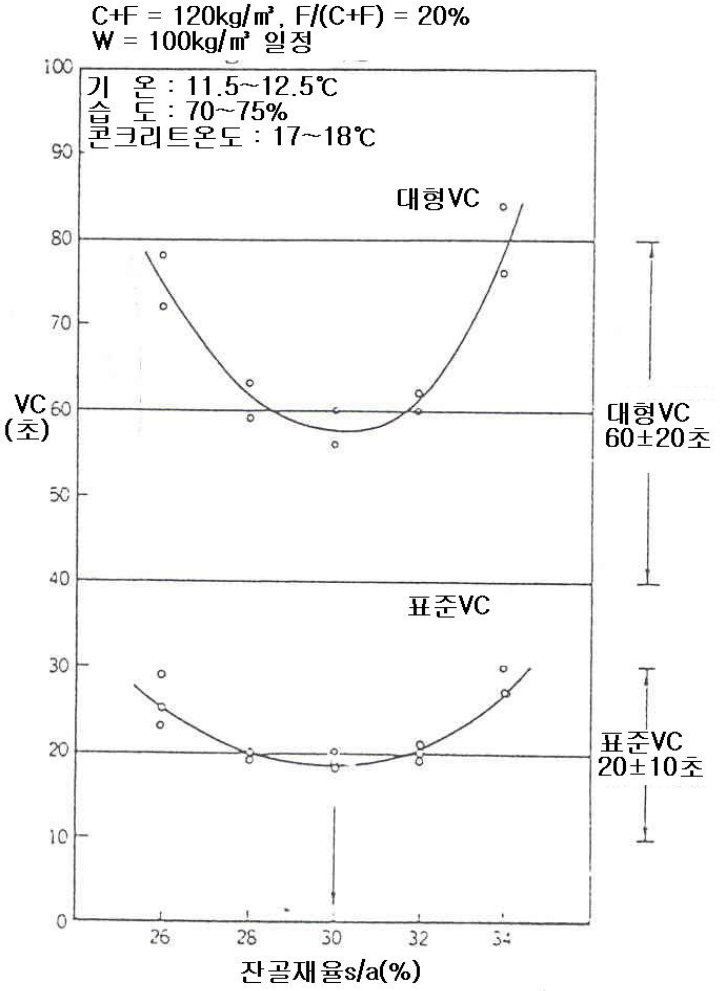


그림 3 잔골재율과 VC치와의 측정예

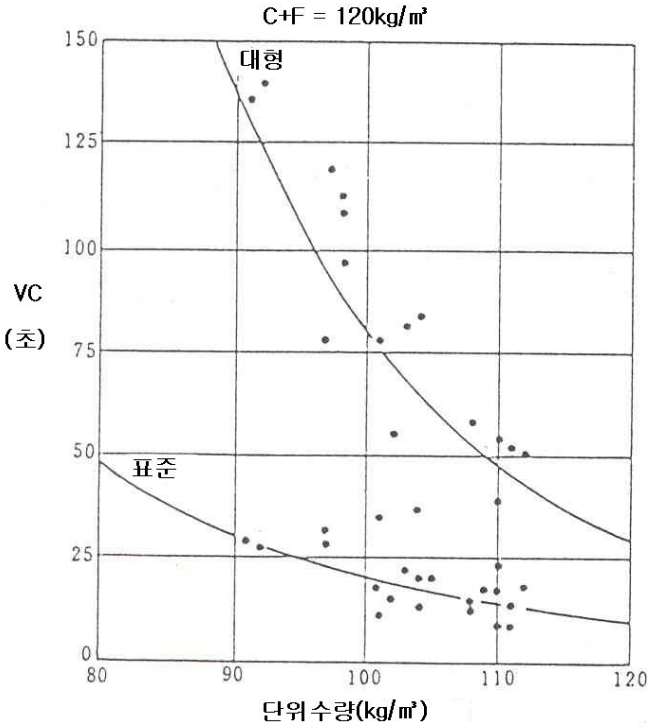


그림 4 단위수량과 VC치와의 관계

(3) 기타 시험

아직 굳지 않은 콘크리트의 시험으로는 VC시험이 RCD용 콘크리트에 경우에는 중요한 항목이다. 아래는 굳지 않은 콘크리트(Fresh Concrete)의 시험 실적이다.

표 3 Fresh Concrete의 시험

시험항목	시험빈도
콘시스턴시 시험 (표준 VC 시험기)	1회/1시간
	1회/2시간
	3회/일 및 공시체제작시
(대형 VC 시험기)	1회/1주
	1회/1개월
	공시체 제작시
단위용적질량 (40㎜ 이하)	1회/2시간
	2회/일
	1회/일
	1회/500㎥
Full Size	1회/1주
	2회/1개월
	1회/1개월
씻기 분석시험	1회/1주
	2회/1개월
	1회/1개월
	1회/6개월
	당초, 이상시
콘크리트 온도측정	1회/1시간
	1회/2시간
	타설개시, 종료, 공시체 제작시
	2회/일

1.1.3 경화된 콘크리트 시험

(1) 압축강도 시험

JIS A 1108 압축강도시험방법에 기초하여 σ_7, σ_{28}, σ_{91}의 각 3개의 공시체를 제작하여, 압축강도시험을 실시한다. 시험빈도는 일자로 규정된 경우와 타설량으로 규정된 경우가 있다.

(2) 인장강도시험

JIS A 1113에 기초하여 실시하고 빈도는 월 1~2회 정도로 하는 경우가 많다.

표 4 경화된 콘크리트의 실내시험

시험항목	시험빈도
압축강도시험	2회/일
	1회/일
	1회/Lift
	1회/500㎥
인장강도시험	2회/월
	1회/월

1.2 현장에서 품질관리

1.2.1 다짐

현상태에서는 다짐 밀도를 직접 측정하는 방법이 없기 때문에 전압회수, 침하측정, RI밀도계 등에 의해 관리 및 육안관찰에 의해 간접적인 방법을 병용하여 관리하고 있다. 충분한 다짐밀도를 얻기 위해서는 시험시공에 의해 전압회수 등을 확인한다.

(1) 전압회수 관리

관리방법은 다짐롤러에 자동다짐 회수 표시판(자동 카운터, 디지털 표시)을 설치하여 전압회수를 관리하는 것이 많다.

(2) RI시험에 의한 다짐밀도 관리

RI에 의한 다짐 밀도 측정은 Fill Dam 코아재료의 다짐밀도 측정과 동일한 방법으로 시행하며 진동롤라 다짐종료 직후 콘크리트 표면에서 실시한다. RI에 의한 측정은 미리 구해 놓은 Calibration 결과에 기초하여 RCD용 콘크리트 가운데를 투과하는 RI값에서 다짐 밀도를 구하는 방법으로 간접적인 밀도측정방법이라고 할 수 있다. RI에 의해 다짐밀도 측정정도를 높이기 위

해서는 Calibration 곡선을 정확하게 구할 필요도 있지만 그보다는 RI 투과량의 측정범위 내에 있는 굵은골재의 입도형태에 의해 측정정도가 좌우되는 경우도 있기 때문에 이 영향을 미리 확인해 두는 것이 바람직하다.

(3) 침하량 측정

부설 두께의 관리는 회전 레이저 레벨로 시행하는 예가 많다. 다짐 전후의 침하량 및 평탄성 측정은 레벨로 시행한다. 측정빈도는 지정된 일자로 규정된 경우와 레벨 측정으로 규정하는 경우가 있다. 1일 1회 측정을 경우도 있고, 측정개소는 RI에 의해 밀도측정과 동일 장소에 실시하는 것이 바람직하다.

(4) 육안관찰

수치에 의한 품질관리뿐만 아니라 실제 현장에서 콘크리트 형상을 확인하는 것은 시공관리자로써 중요한 품질관리항목으로 경험이 쌓이면 육안관찰만으로도 품질이 좋고 나쁨을 개략적으로 판단할 수 있다. 아래는 육안관찰 항목이다.

① Bleeding 유무
② 전압면의 시공상태
③ 표면 균열 발생 유무
④ 굵은 골재의 집중 상태
⑤ 공극부의 유무

1.2.2 경화된 콘크리트

(1) 코아 채취

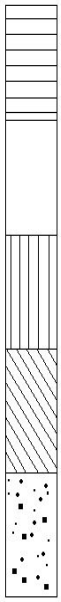
타설된 콘크리트의 품질은 최종적으로는 제체에서 채취한 코아로 판정하는 것이 좋다. 다량의 코아를 채취하는 것은 공정, 경제성에도 문제가 있기 때문에 대표단면에서 코아를 채취하여 타설시의 품질관리 결과와 비교하고, 제체 전체의 품질판정에 기준자료로 활용한다. 코아의 직경은 종래

Gmax=150㎜의 경우 Φ300~330㎜이지만, 최근에는 굵은골재의 최대직경에 상관없이 코아의 직경은 17.5~20㎝가 일반적이다.

(2) 코아 판정

채취된 코아는 외관평가 및 압축강도, 전단강도, 단위체적질량 등이 측정된다. 외관 평가는 아래의 표를 기준으로 1~5점으로 채점하고 길이의 가중평균하여 평가점으로 산출한다.

표 5 코아 외관 평가기준(美利河댐)

코아 외관 평가			평가
	S	표면이 치밀하고 통상 댐 콘크리트와 비교해도 손색이 없는 부분	5
	A	표면이 다소 공극이 있고 모래분가 약간 보이는 부분	4
	B	표면이 다소 공극이 있고 모르타르가 다소 떨어진 부분	3
	C	모르타르가 굵은 골재의 주변에 충분하게 퍼져있지 않고, 굵은골재가 돌출된 부분	2
	D	굵은 골재가 흩어져 있고 또한 모르타르가 큰 구멍이 코아 외관을 이루지 않는 부분	1
평가점 산정예	 평가점 = 25/75×5+20/75×4+15/75×3+8/75×2+7/75×1=3.64		

1.2.3 온도관리

RCD공법도 종래의 공법과 같이 아래와 같은 목적으로 온도관리를 시행할 필요가 있다.

① 온도균열을 방지하기 위해서 계획된 온도규제대로 시공이 이루어졌는가를 확인하고 필요에 따라 적절한 대책을 강구한다.

② 한중에는 냉해를 받지 않도록 대책을 강구한다.

(1) 온도계측

온도계측은 굳지 않은 콘크리트(Fresh Concrete)의 온도계측과 타설한 콘크리트의 경시변화를 파악하고 온도계측을 시행한다.

1) 굳지 않은 콘크리트의 온도계측

온도균열를 방지하기 위하여 타설 콘크리트의 온도가 계획된 값을 상회하지 않는지를 확인한다. 초기 댐에서는 공시체 제작시 온도측정을 하지만, 현재에는 1시간에 1회로 계측한다.

2) 타설후 온도계측

계획된 규제 온도의 범위에서 타설후 콘크리트 온도가 안정되는 것을 확인하기 위해서 계측을 하고 측정방법은 콘크리트 타설시에 대표단면에 온도계를 매설해두고, 콘크리트 경화시에 정기적으로 콘크리트 온도를 측정, 기록할 수 있는 장치를 설치한다.

(2) 서중 콘크리트 대책

서중 콘크리트 대책으로는 아래의 3종류로 대별될 수 있다.

1) Pre-Cooling

RCD용 콘크리트는 단위시멘트량이 적고, 일정한 두께로 콘크리트가 타설되기 때문에 일반적으로 인공냉각이 필요치 않다. 그러나, 서중타설 및 제체높이가 높이지면 인공냉각이 필요한 경우도 있다. 이런 경우에는 일반적으로 Precooling이 시행된다. 방법 및 보조적인 대책에 대해서는 아래와 같다. 냉각정도를 고려하고 가능한 경제적이고 효율적인 방법을 선정하는 것이 필요하다.

① 혼합시 냉각수를 사용한다.

② 골재 조정병상부에 배합수관을 설계하고, 굵은골재에 하천수 및 지하수를 살수한다.(굵은골재의 표면수를 일정하게 유지)

③ 골재조정병에 지붕을 설치하고, 직사광선에 의한 온도상승을 방지하고 지붕에 살수를 한다.

④ 잔골재병의 주변면에 하천수, 냉각수 등으로 살수한다.

⑤ 잔골재병 주변에 살수냉각을 한다.

⑥ 직사광선을 피하기 위해서 반송 콘베이어 벨트에 커버를 씌운다.

⑦ 원석병에 하천수, 냉각수를 살수한다.

⑧ 골재를 냉풍(冷風)으로 냉각시킨다. 등의 대책을 실시한다. 콘크리트의 냉각설비는 냉수 Plant, 골재의 Precooling용 진공냉각설비, 냉수·냉풍설비, 아이스 Plant 등이 있다.

2) 타설면에서 냉각

여름철에는 직사광선에 의해 타설된 콘크리트 온도가 표면에서 상승하기 때문에 콘크리트 표면을 보호할 필요가 있다.

- 공중 분무, 스프링 쿨러 등에 의해 타설면을 양생한다.

3) 고정상의 배려

세밀한 공정계획을 세우는 것도 콘크리트 온도 상승을 방지한다.

- 여름철에는 야간에 타설을 한다.
- Layer길이가 큰 Block에서는 타설속도를 제한한다.

(3) 한중 콘크리트 대책

한중 콘크리트 대책은 아래의 3종류로 대별할 수 있다.

1) 혼합 온도의 상승대책

① 혼합수의 온도를 약 40℃정도의 온수를 사용한다.(온수 보일러 설치)

② Batcher Plant의 구조를 보온 형태로 하고 내부에 히터를 설치한다.

2) 타설면 대책

① 양생 매트(단열 매트)에 의해 보온양생을 시행한다.

② 타설면 만이 아닌 거푸집 외면도 Sheet 및 램프 등으로 보온양생한다.

③ 거푸집 외면을 발포 스치로폼을 보호한다.

3) 공정상 배려

① 겨울철에는 낮에 중점적으로 타설한다.

2. 국내 RCD 콘크리트 품질관리 방안 선정

2.1 검토배경

한탄강댐 현장에 처음 적용되는 RCD에 관련된 품질 기준 및 항목별 빈도는 국내 기준이 없이 해외(일본)의 기준을 참고한 바, 국내 현장에 부합되는 항목별 빈도 및 품질관리 기준을 검토하여 한탄강댐 축조 계획에 부합되는 기준을 검토, 설정하고 이에 대한 개선방안을 수립하여 품질관리 업무의 효율성 향상에 기어코자 한다.

2.2 현장 품질관리 시험종류 및 빈도

표 6 현재 설계도서상 시험 종류 및 빈도

시험 항목	시험 빈도	비 고
컨시스턴시 시험	1회/2시간	표준 VC시험기 사용
공기량	1회/500㎥	
압축강도 (공시체 제작)	1회/500㎥	F7, F28, F91 각 3개
온도 측정	1회/2시간	디지털온도계 사용
씻기분석 시험	1회/월	
단위용적중량시험	2회/1일	표준 VC시험기 사용
인장강도 시험	-	할열 인장강도 시험
현장밀도	각 레인마다	RI 시험기 사용

2.3 국외 현장 사례 비교

일본의 현장 및 각종 문헌에 나타내어 있는 품질관리 시험종류 및 빈도를 조사 및 비교하면 다음과 같다.

표 7 국내와 일본의 품질관리 시험종류 및 빈도

항 목	시험 빈도				비 고
	한탄강댐	유바리슈바로 (일본)	일본 현장		
			빈도	적용현장수	
컨시스턴시 시험	1회/2시간	1회/2시간	1회/1시간	7	
			1회/2시간	8	
			3회/일	1	
공기량	1회/500㎥	1회/2시간	-	-	
압축강도 (공시체 제작)	1회/500㎥	1회 제작개수 : 9개 RCD : 2회/일 ELCM : 500㎥ 이하 : 1회 500㎥ 이상 : 2회	2회/일	9	
			1회/일	1	
			2회/리프트	2	
			1회/500㎥	5	
온도 측정	1회/2시간	실내 : 1회/2시간 실외 : 1회/4시간	1회/1시간	12	
			1회/2시간	4	
			타설개시, 종료,공시 체제작시	3	
			2회/일	1	
씻기분석 시험	1회/월	1회/년	1회/1주	2	
			2회/월	1	
			1회/월	9	
			2회/6월	1	
			이상시	1	
단위용적중량시험	2회/1일	1회/월	1회/2시간	4	
			2회/일	5	
			1회/일	4	
			1회/500㎥	1	
인장강도 시험	-	-	2회/월	3	
			1회/월	5	
현장밀도	각 레인마다	3개소/1타설개소	-	-	

2.4 국내 및 일본의 RCD 콘크리트 품질관리 비교 분석

국내 현장의 품질관리 시험 항목 및 빈도에 대하여 국외(일본)와 비교 검토한 결과는 다음과 같다.

(1) 컨시스턴시(VC TEST) : 1회/2시간으로 되어 있으며, 1시간/300㎥의 생산량을 기초로 하고 있음.

⇒ 당 현장 및 해외 사례를 검토한 결과 1회/2시간의 빈도를 다수의 현장이 적용하므로 당 현장은 현행 1회/2시간의 빈도가 적정한 것으로 판단됨

(2) 공기량, 압축강도 : 한탄강댐 현장은 1회/500㎥이며, 해외 현장은 2회/일이 9개소로 다수이나 한탄강댐 현장 1일 타설량이 500 ~ 700㎥인점을 고려하면 1회/500㎥의 빈도가 적정하다고 판단됨.

(3) 온도측정 : 한탄강댐 현장은 1회/2시간이며, 해외현장은 1회/1시간이 12개소로 다수임. 그러나 작업의 효율성을 감안하여 VC TEST 및 공기량 빈도와 같이 시행하는 것이 적정하다고 판단됨.

(4) 씻기분석 시험 : 한탄강댐 현장은 1회/월이며, 해외현장은 1회/월이 9개소로 다수임. 따라서 기존 빈도대로 시행하는 것이 적정하다고 판단됨.

(5) 단위용적중량시험 : 한탄강댐 현장은 2회/일이며, 해외현장은 2회/일이 5개소로 다수임. 또한 VC시험기를 이용하여 단위중량시험을 실시하는 바, VC시험시 단위중량을 측정하는 것이 적정하며, 기존 빈도대로 시행하는 것이 적정하다고 판단됨.

(6) 인장강도 시험 : 한탄강댐 현장은 빈도에 대한 규정이 없으나, 국외현장의 경우 2회/월이 3개소, 1회/월이 5개소로 되어 있음. 한탄강댐 현장의 경우는 2회/월을 적용하여 인장강도를 확인하는 것이 적정하다고 판단됨.

3. 현장의 RCD 콘크리트 주요 품질시험 결과 분석

3.1 품질관리 시험내용

(1) 타설 전 : 컨시스턴시(VC test)

○ 진동대(Vivrating table)를 이용하여 Con'c가 다짐이 되어 mortar가 떠오르는 시간을 통해 Con'c의 Consistency를 판단

사진 1 VC test

표 8 VC 시험기 제원

시험기 제원		판단기준
소형		20±10sec (2인 측정평균)
진 동 수	3000vpm	
진 폭	1㎜	
치 수	Φ240×200	
재하하중	20kg, 10kg	

○ 시험순서 : 시료채취(40㎜체거름실시) → 용기채움(봉다짐) → 20Kg 추 재하 → 진동대 가동 → 시간 측정

(2) 타설 중 : 현장밀도(RI test)

○ RCD 시공중 Con′c의 다짐정도를 판단하기 위한 현장시험으로 삽입봉 끝에 위치한 저준위 방사선이 측정부에 도달하는 전달속도를 측정하여 Con′c의 다짐정도(밀도) 판단

사진 2 RI test

○ 판단기준 : 2.3g/㎤ 이상 (무근Con′c의 밀도)

○ 시험순서 : 영점 조정(방사능 잔존영향제거) → 천공 → 방사능봉(50cm) 삽입 및 기기안착 → 밀도측정

(3) 타설 후 : 코어채취(육안관찰, 밀도, 압축강도, 이음부 접합상태 등)

3.2 품질관리 시험결과

(1) 시험시공 개요

○ 시방배합

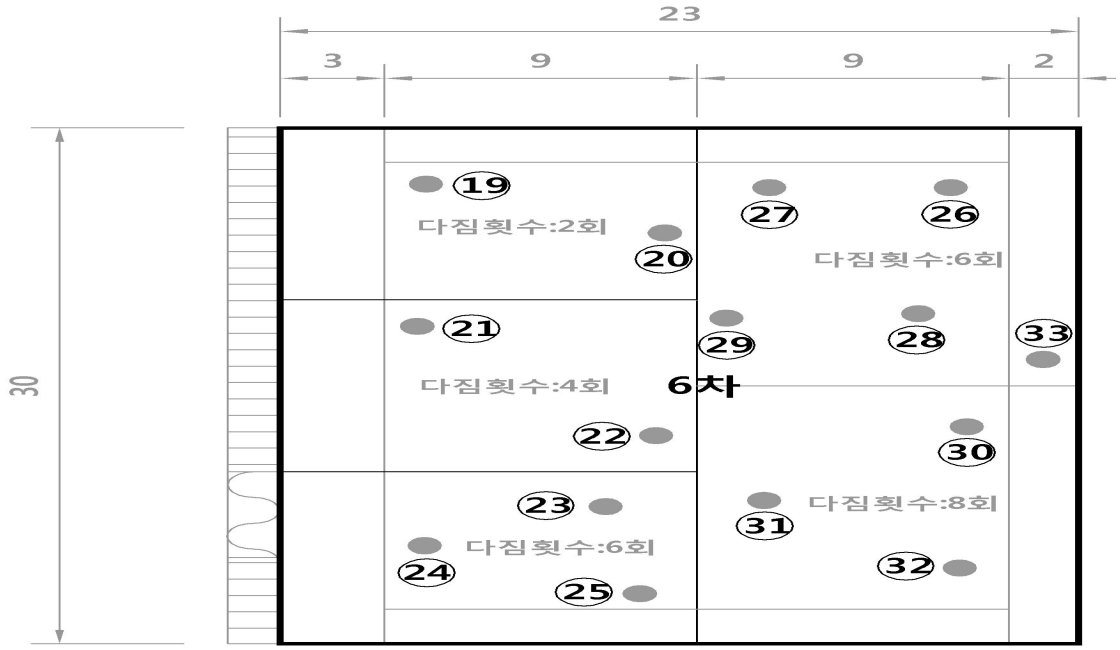
W (kg/m³)	W/C (%)	C (kg/m³)	F/A (kg/m³)	S/a (%)	S (kg/m³)	G (kg/m³)			AE제 (kg)
						80㎜	40㎜	20㎜	
94	76.4	86	37	32.0	737	783	211	571	0.369

○ 시험시공 Case

Case	단위수량(kg/m³)	잔골재율(S/a)	전압횟수			
			2	4	6	8
6-1	94kg	32%	◎			
6-2				◎		
6-3					◎	
6-4						◎

(2) 시험시공 결과

○ RI test 및 코어채취 위치



○ RI test 및 코어 시험결과

구 분		측 정 결 과				평균값	비 고
전압횟수	시험항목						
2회	RI	2.185	2.221			2.203	No.19~20
	단위중량	2.552	2.453			2.503	
	압축강도	10.79	9.56			10.18	
	외관평가	3.00	2.60			2.80	
4회	RI	2.284	2.247			2.266	No.21~22
	단위중량	2.515	2.542			2.529	
	압축강도	10.83	10.22			10.53	
	외관평가	3.20	3.20			3.20	
6회	**RI**	2.333 2.422	2.360 2.411	2.373 2.408	2.327	**2.376**	No.23~29
	단위중량	2.604 2.574	2.493 2.550	2.556 2.564	2.539	**2.554**	
	압축강도	12.03 13.78	12.66 12.47	13.20 13.22	14.80	**13.17**	
	외관평가	3.90 4.10	4.10 4.00	3.80 4.10	3.80	**3.97**	
8회	**RI**	2.396	2.331	2.376		**2.367**	No.30~32
	단위중량	2.548	2.603	2.641		**2.597**	
	압축강도	14.57	11.31	12.21		**12.70**	
	외관평가	4.20	4.10	4.00		**4.10**	

○ 최적배합(W=94kg, S/a=32%) 상태에서 <u>전압횟수 6회 이상인 경우 RCD용 Con'c 품질기준인 단위중량 2.3g/㎤, 압축강도 12Mpa 만족</u>

(3) 본댐 품질관리 적용

○ 6차 시험시공시 RI값 및 코어채취 등을 통해 RI값이 2.3g/㎤이상인 경우 압축강도와 코어 단위중량이 RCD의 품질기준을 만족하는 것을 기 확인

○ RCD용 콘크리트 타설시 6회 이상 전압을 실시한 후 RI test를 실시하여 그 값이 기준치인 2.3g/㎤이상이 되도록 관리

☞ 기준치 미달시 해당 블록 다짐 추가

○ 현장 여건과 일본사례 등을 검토하여 RCD 현장 품질관리 방안(시험빈도, 횟수 등)을 수립하여 관리 실시

4. 국내(한탄강댐) 현장 품질관리 기준 고찰

4.1 품질관리기준

○ 국내에는 RCD용 콘크리트에 대한 품질관리기준이 전무하므로 기존 설계서에 대한 검토(일본사례 비교 포함)와 현장 시험결과를 반영하여 시험항목 및 빈도 결정

☞ 국내에서는 Con′c 물량에 따라 시험빈도를 결정하지만, RCD 공법의 특성상 타설시간에 따른 Con′c 품질변화 확인(VC test 등)

시험 항목	시험 빈도	비 고
VC test	1회/2시간	소형VC test기 사용
공기량	1회/500㎥	
압축강도 (공시체)	1회/500㎥	1회 9ea 제작 (f7, f28, f91)
온도 측정	1회/2시간	디지털온도계 사용
씻기분석	1회/월	
단위용적중량	2회/일	VC test시 경화전 단위용적중량 시험실시
인장강도	2회/월	할열 인장강도
현장밀도	3회/1타설개소당	RI 시험기 사용

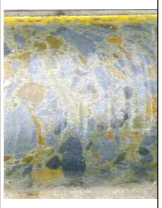
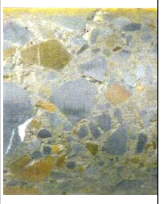
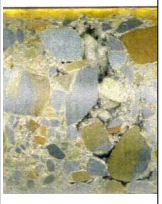
4.2 코어채취 시험에 대한 의견

○ 코어채취는 타설 후 최소 56일 정도의 양생기간이 필요함에 따라 타설 중 일정한 빈도를 갖고 코어채취를 하기에는 어려움이 있음

○ 이에 2기의 코어 채취기(소형, 대형)를 현장에 보유하여 필요시 코어를 채취할 수 있도록 함

☞ RCD 축조 1차년도에 RI값과 코어 밀도간의 관계 확인을 위한 DATA를 축적하여 향후 RI시험으로 RCD 품질관리가 가능토록 계획

코어외관 평가기준

구 분	비교사진	평가기준	평가점
A (우수)		표면이 치밀하고, 통상 댐 콘크리트와 비교해서 거의 손색이 없는 수준	4.1~5.0
B (양호)		표면이 약간 다공질이거나 모래가 보이지만 거의 양호하다고 할 수 있는 수준	3.1~4.0
C (거의 양호)		골재 주변이 씻겨나가거나 일부 드러나 있는 수준	2.1~3.0
D (약간 불량)		모르터가 굵은골재 주변에 충분히 채워져 있지 않고 울퉁불퉁하거나 모르터가 거칠게 되어 있는 부분	1.1~2.0
E(불량)		굵은골재가 흐트러져 있고, 콘크리트로서의 외관을 전혀 갖추고 있지 않은 부분	0.0~1.0
평가점수 산정 예	25/75×5 + 20/75×4 + 15/75×3 + 8/75×2 + 7/75×1 = 3.64		