

03

아스팔트 코어형 락필댐(ACRD)



박 동 순 책임연구원 | K-water융합연구원 인프라안전연구소

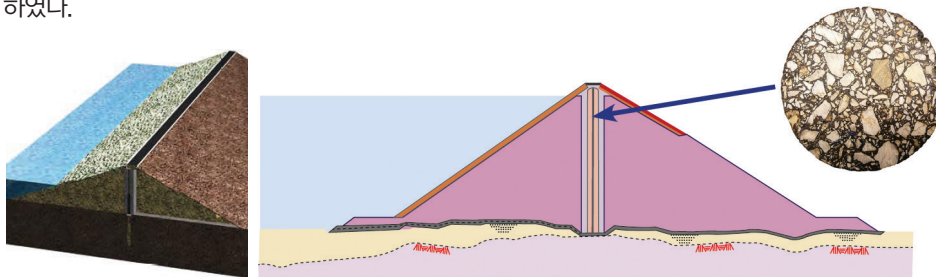
1. 서론

최근 국내의 댐 건설시장은 다양한 이유로 활발하지 못한 실정이나, 해외에서는 친환경적인 에너지원으로서 수력발전용 댐 건설 등이 여전히 시장성을 갖고 있는 편이다. 그간 국내의 대댐 건설은 대표적으로 중심코어형 사력댐, 중력식 콘크리트댐, 또는 표면 콘크리트 차수벽형 석괴댐 형식을 취하는 경우가 대부분이었으나, 국내외적인 여건을 고려할 때, 안전성과 경제성을 충족시키는 새로운 형식의 댐 설계를 적극적으로 도입 검토하는 것은 시대적으로 매우 중요한 화두가 되었다.

이에 본 기고문에서는 유럽권을 중심으로 그 우수성이 입증되어온 혁신적인 댐 형식으로서 아스팔트 콘크리트 코어형 락필댐(Asphalt-concrete core rockfill dam)에 대해 소개하고자 한다(그림 1).

최초의 기계 다짐식 아스팔트 코어형 댐은 1962년 독일에서 건설되었다. 그리고 ACRD 건설기술은 노르웨이의 몇몇 댐에 성공적으로 안착되었다. 코어재료는 균등 입도의 파쇄암 또는 자갈과 역청재료로 구성되었다. 1978년 이후로 다짐식 축조 기술에 의해 아스팔트 콘크리트 기술은 건설 장비와 포설, 다짐 기술이 발전하면서 비약적으로 경쟁력을 갖추게 되었다. 코어층 옆의 필터 및 트랜지션 존의 시공기술 또한 함께 성장하였다. 현재 ACRD는 약 50년 이상의 경험을 축적하여 대단히 우수한 차수성능을 발휘하고 있다. 현재 전세계적으로 130개 댐 이상이 아스팔트 콘크리트 코어형식으로 축조되고 있다. 북유럽을 중심으로 적용된 이 공법은 최근 북미와 남미에서도 활발히 채택되고 있다.

본 고에서는 우선 아스팔트 콘크리트 코어형 댐의 장점을 기술하고, ACRD의 건설사례를 고찰한다. 그리고 ACRD의 설계와 시공에 관련된 내용을 간단히 살펴보고, 마지막으로 현재까지 ACRD 형식의 댐들의 경험적 거동사례에 대해 정리하였다.



<그림 1> 아스팔트 콘크리트 중심 코어댐의 개념도 (Walo, Veidekke)

2. 아스팔트 코어의 장점

필댐 형식에 있어서 역청질의(bituminous) 코어층을 차수층으로 채택하는 것은 다양한 장점이 있다. 아스팔트 콘크리트는 다른 점토 코어재료에 비해 인위적으로 생산이 가능하고 각 댐의 설계 요구조건을 만족시키기 위해 성분들을 조절할 수 있는 장점을 갖는다. 기술이 발전하면서 건설 단가는 꾸준히 감소하여 왔는데, 현재는 토사 코어재료가 부지 인근에 존재하는 경우에도 경쟁력을 가질 만한 경제성을 보유하게 되었다. 코어 재료의 유용 측면에서 또하나의 장점은 토사 코어재료 확보를 위한 대규모 토취장 개발이 필요하지 않다는 점이다. 이는 댐 부지의 자연 경관을 저해하지 않아야 하는 경우에 유리한 장점을 제공한다.

전통적인 점토 코어재와 비교할 때, 아스팔트 콘크리트의 포설과 다짐은 기상 조건에 훨씬 덜 민감하다. 이는 시공사가 작업 가능 시기를 연장하여 거의 연속적인 시공이 가능하도록 해 주며, 따라서 예정공기를 유지하는 데에도 도움이 된다. 노르웨이의 경우 아스팔트 코어 건설에 있어 우기의 날씨는 거의 영향을 주지 않으며, 단지 영하의 온도 또는 눈이 오는 경우 약 5개월만 제약을 받았다. 기술이 발전된 최근에는 혹한기 또는 혹서기 지역에서 큰 지장없이 ACRD 건설이 가능하게 되었다(그림 2).

본질적인 아스팔트 콘크리트의 장점은 사실상 불투수성이면서 유연하고 침식과 노화에 저항력이 강하며, 작업이 용이하고 다짐성이 좋으며, 코어층 시공 시 이음부가 필요 없다는 점에 있다. 아스팔트 콘크리트 배합을 적절하게 설계하면, 점탄소성(viscoelastic-plastic) 및 연성의 재료적 특성이 코어존에 발생할 수 있는 균열에 대해 자가치유(self-healing) 능력을 발현할 수 있다. 이로 인해 아스팔트 코어는 지진대에 속한 댐에 있어서도 매우 적절한 댐 형식이다(Höeg 1993; Nejad et al. 2010; Park

2015; Wang and Höeg 2010). 일반적으로 표면차수벽 형식의 댐은 자외선이나 동결융해에 차수 구조체가 취약하다는 단점과 저수위를 강하하고 가시적인 관찰에 의해 결함부를 보수보강할 수 있다는 장점을 가지고 있는데, 아스팔트 콘크리트 중심 코어는 이러한 자외선이나 외부 온도변화의 영향을 받지 않는다는 장점이 있다. 또한 전쟁이나 테러 등 인위적인 파괴행위나 극단적인 자연재해에 상대적으로 높은 안전성을 보유하고 있다.



〈그림 2〉 (상)마케도니아 Knezovo 댐의 혹한기 건설
(하)사우디아라비아 Murwani 댐의 혹서기 건설 (Tschernutter, P. 2015)

최근 해외 수력발전용 댐의 건설사업 사례를 필자의 경험상 예로 들어볼 수 있다(Stucky 2012). 대상 댐은 대심도 층적층 기초와 강진대, 고산지대 특성상 기후의 영향을 고려해야 한다는 불리한 조건들을 갖고 있었으며, 기본설계 당시 적절한 댐 형식으로 CFRD와 ACRD가 최종 부각되었었다. 경제성은 두 경우가 유사하게 판단되었으나, 결과적으로 ACRD를 최종 기본설계 댐 형식으로 채택하였는데, 중요한 이유 중 하나가 대심도 기초의 변형을 흡수할 수 있는 차수층 시스템의 유연성 확보였다. 또한 중심코어형 아스팔트 콘크리트 차수벽은 특성상 외부의 풍화에 노출되지 않는다는 장점이 있고, 댐 체적과 사면경사는 다소 증가한다는 단점은 있지만 기초 컷오프 월의 길이가 짧아지는 장점이 있는 것으로 검토되었다. 그 외에도 강진대에 위치하였기 때문에 지진 시 혹시 발생가능한 차수벽의 균열도 구속이 없는 표면 차수벽형에 비해 내부구속에 의해 덜 발생가능할 것으로 판단되었으며, 경미한 균열이 설령 발생하더라도 상재 응력과 아스팔트 콘크리트의 점소성 거동으로 자가치유 능력을 확보할 것으로 예상되었다. 또한 댐 조닝(zoning)과 사석재 다짐 필요조건 역시 CFRD보다는 덜 엄격할 수 있으며, 초기 담수의 경우에도 CFRD의 경우 담수가 가능한 시점은 콘크리트 슬래브 건설 후 수개월이 지나고 완공시 제체 침하가 어느정도 수렴한 상태에서 가능한 반면, ACRD는 아스팔트 코어 시공이 락필재와 동시 시공가능하므로 제체 완공 직후, 또는 전에도 담수가 가능할 수 있었다.

3. ACRD 건설 사례

ACRD는 20세기 중후반부터 활성화되어 북유럽을 중심으로 최근까지 세계적으로 각광받는 댐 형식이 되어오고 있다. 다음 (표 1)은 노르웨이에서 1978~1993 기간 동안 건설된 ACRD 사례를 정리한 표이다. (표 2)는 아스팔트 콘크리트 코어 전문시공사인 Veidekke의 ACRD 건설 사례를 정리한 표이다. (그림 3)은 노르웨이의 Berdalsvatn 댐 시공 전경을 보여주고 있다.

댐	높이 (m)	코어 두께 (m) 상부/하부	코어 경사	코어 연직 영면적 (m ²)	아스팔트 콘크리트 체적(m ³)	축조 기간	시공사/ 아스팔트 시공사
Vestredalstjern	32	0.5	1:0	6000	3100	1978-80	Selmer/Strabag
Katlavatn	35	0.5	1:0	4600	2300	1979-81	Selmer/Strabag
Langavatn	22	0.5	1:0	3800	1900	1979-81	Selmer/Strabag
Storvatn	90	0.5/0.8	1:0.2	76000	49000	1981-87	Statkraft/Veidekke ²⁾
Riskallvatn	45	0.5	1:0	14600	8000	1983-86	Veidekke/Korsbrekke & Lorck
Berdalsvatn	62	0.5	1:0	13000	6800	1986-88	Veidekke/Korsbrekke & Lorck
Styggevatn	52	0.5	1:0	30400	15300	1986-90	Statkraft/Korsbrekke & Lorck
Storglomvatn	125	0.5/0.9	1:0	44000	22500	1993-	Statkraft/Korsbrekke & Lorck
Holmvatn	56	0.5	1:0	12000	6200	1993-	Statkraft/Korsbrekke & Lorck

(표 1) 노르웨이의 ACRD 건설 사례 (1978-1993) (Höeg 1993)

Name	Country	Dam volume	Height	Asph.volume	Altitude top	Constr. period
Storvatn	Norway	10 mill m ³	95 m	49000 m ³	1055 m	1981-1987
Riskallvatn	Norway	1.2 mill m ³	45 m	8000 m ³	985 m	1983-1986
Berdalsvatn dam	Norway	1 mill m ³	64 m	6800 m ³	1066 m	1986-198
Styggevatn dam	Norway	2.5 mill m ³	52 m	15275 m ³	1206 m	1987-1990
Queen Valley dam	Jersey	0.25 mill m ³	25 m	2100 m ³	40 m	1990-1991
Storglomvatn dam	Norway	5.3 mill m ³	125 m	22500 m ³	591 m	1993-1997
Holmvatn dam	Norway	1.2 mill m ³	56 m	7000 m ³	591 m	1993-1997
Urar dam	Norway	0.14 mill m ³	40 m	1400 m ³	1180 m	1996-1997
Ceres dam	South Africa	0.65 mill m ³	60 m	4500 m ³	646 m	1997-1998
Mao Ping Xi dam	China	12 mill m ³	95 m	48500 m ³	186 m	1998-2003
Miduk dam	Iran	0.4 mill m ³	43 m	4000 m ³	2333 m	2004-2006
Mora de Rubielos dam	Spain	0.16 mill m ³	34 m	1700 m ³	1126 m	2004-2005
Murwani Main dam	Saudi Arabia	5.35 mill m ³	90 m	23800 m ³	244 m	2006-2009
Murwani Saddle dam	Saudi Arabia	0.65 mill m ³	30 m	3700 m ³	244 m	2006-2008
Nemiscau 1 dam	Canada	0.05 mill m ³	15 m	700 m ³	300 m	2008
Kjosnesfjorden Main dam	Norway	0.1 mill m ³	25 m	1400 m ³	1004 m	2008
Kjosnesfjorden Saddle dam	Norway	0.06 mill m ³	20 m	600 m ³	1004 m	2008
Knezovo dam	Macedonia	1.6 mill m ³	85 m	8400 m ³	1065 m	2008-2010
Shur River Main dam	Iran	2.9 mill m ³	80 m	16000 m ³	2364 m	2009-2011
Shur River Saddle dam	Iran	0.05 mill m ³	27 m	2000 m ³	2364 m	2009-2011
Foz do Chapeco dam	Brazil	1.5 mill m ³	48 m	17000 m ³	268 m	2009-2010
La Romaine 2 Main dam	Canada	4.4 mill m ³	106 m	16500 m ³	247 m	2012-2013
La Romaine 2 Dike A2	Canada	0.08 mill m ³	31 m	1030 m ³	247 m	2012-2012
La Romaine 2 Dike B2	Canada	0.07 mill m ³	26 m	713 m ³	247 m	2011-2012
La Romaine 2 Dike D2	Canada	0.7 mill m ³	45 m	6190 m ³	247 m	2011-2012
La Romaine 2 Dike E2	Canada	0.2 mill m ³	38 m	2170 m ³	247 m	2011-2012
La Romaine 2 Dike F2	Canada	2.2 mill m ³	80 m	10600 m ³	247 m	2012-2013
Jirau dam	Brazil	2 mill m ³	63 m	17000 m ³	93 m	2011-2012
Cetin dam	Turkey	8,5 mill m ³	160 m	35000 m ³	825 m	2013-2015
Tabalah dam	Saudia Arabia	1.04 mill. m ³	49 m	8000 m ³	1328	2014
La Romaine-1 Dam	Canada	0.562 mill. m ³	40 m	8000 m ³	85	2014-2015

〈표 2〉 Veidekke 사에 의해 건설된 ACRD 목록



〈그림 3〉 Berdalsvatn 댐 시공 전경 (높이 65m, 길이 465m, 체적 1백만m³) (Höeg 1993)

4. 아스팔트 코어의 설계와 시공

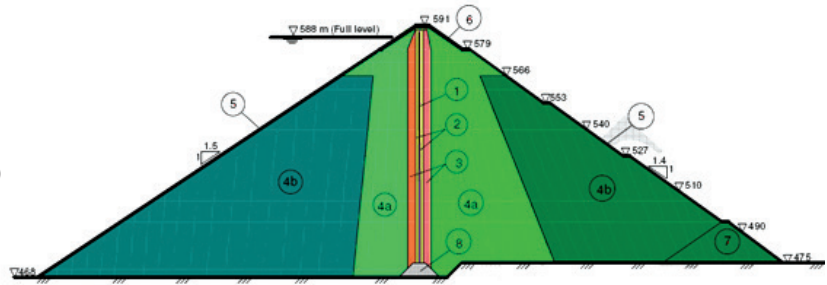
아스팔트 코어형 락필댐(ACRD)의 기술적 근간은 ICOLD Bulletin 84 (1992)에서 찾아볼 수 있다. Bulletin에서는 1948년부터 1991년까지 역청질 코어재를 사용한 필댐에 대해 상세히 다룬 바 있다.

노르웨이의 경우 최대 필요 코어 두께는 0.9 m (Storglomvatn 댐, 125m)이며, 최소 두께는 0.5m로 명시되어 있다. 중심 코어층은 연직으로 배치하는 경우가 대부분이다. 얇은 아스팔트 콘크리트 코어는 제체가 전반적으로 거동하는 변형에 순응해야 한다. 이러한 변형은 아스팔트 콘크리트가 투수성의 증기를 불러올 수 있는 균열 또는 심각한 전단 변위 발생 없이 변형에 순응할 수 있어야 한다. 이러한 정적, 동적 요인에 의한 코어층의 과도한 균열 확률을 저감하기 위해서는 양호한 다짐 축조가 중요하다 (표 3, 그림 4).

존(Zone)	재료	층 두께 (m)	다짐 (Storglomcatn Dam)	
			진동 롤러, 최소 무게(tons)	Number of passes
(1) 아스팔트 콘크리트 코어	See Table 3.2	0.2	Trials on site, 약 0.25 - 0.50	Until void content < 3%
(2) 필터/트랜지션	Natural gravel or crushed rock, 0-60 mm	0.2	1.5	3 - 6
(3) 트랜지션	Crushed rock, 0-200 mm	0.4	15 + water sluicing	4
(4a) 솔더(셸)	Quarried rock, 0-400 mm	0.8	15 + water sluicing	8
(4b) 솔더(셸)	Quarried rock, 0-800 mm	1.6	15	6
(5) 사면 보호	Selected, large blocks > 0.5 m ³	백호 개별 포설	-	-
(6) Crown cap	Selected, large blocks > 1.0 m ³	백호 개별 포설	-	-
(7) 토우드레인	Selected, large blocks > 0.5 m ³	Dumped in lifts up to 4 m	-	-

〈표 3〉 ACRD 대표적인 조닝 설명

1. Asphalt concrete core
2. Transition zone(0-60mm)
3. Transition zone(0-150mm)
- 4a. Quarried rockfill(0-500mm)
- 4b. Quarried rockfill(0-1000mm)
5. Slope protection, riprap(blocks, min.0.5m³)
6. Crown cap(blocks)
7. Toe drain(blocks, min. 0.5 m³)
8. Concrete plinth for AC core connection



〈그림 4〉 Storglomvatn 댐 대표 단면도 (높이 125m, 길이 825m, 체적 5.3백만m³) (Höeg 1993)

아스팔트 코어형 락필댐은 양호한 기초 암반상에 건설하면 좋지만, 이것이 꼭 필수조건은 아니다. 압축성이 있는 하상 퇴적층 위에 건설하는 제체의 경우에도 추가적인 코어층의 유연성과 연성을 아스팔트 콘크리트의 배합을 조절함으로써 확보할 수 있다(표 4). 예를 들어 주로 역청재(bitumen) 최적 함량은 5-6% 이지만, 2-3% 정도의 보다 연하고 덜 점성을 가진 역청재 배합을 택할 수 있으며, 이러한 경우 자가치유 능력을 증가시키고 포설작업 동안 작업 온도를 낮출 수 있게 된다.

아스팔트 코어의 경험적 사례로부터 순수하게 아스팔트 코어 차수층을 통과하는 누수량은 거의 무시할만한 수준으로 판단되고 있다. 이를 위해서 철저한 품질관리와 아스팔트 배합설계에 있어 공기 함유율(air void content) 관리가 중요하다. 수많은 연구에 의해 다짐 아스팔트 코어재에서 투수계수와 간극의 양 사이의 관계가 정립되어 왔다(그림 5). 일반적인 시방기준으로 Marshall 샘플에서 공기 함유율은 3% 미만으로 규정되는데, 이러한 기준하에서 아스팔트는 사실상 불투수성 재료가 된다.

아스팔트 콘크리트는 역청재 종류에 따라 다르지만 일반적으로 약 160℃ 정도의 온도에서 다짐 시공한다(그림 6-7). 코어재 포설과 필터/트랜지션 존 포설은 균등한 두

께로 최대 0.2 m로 동시에 이루어진다(그림 8). 뒤이어 진동 롤러가 따라가면서 다짐작업을 수행하게 된다. 그림 9는 시공된 아스팔트 콘크리트 코어를 실내실험용으로 채취한 시편의 상태를 보여준다.

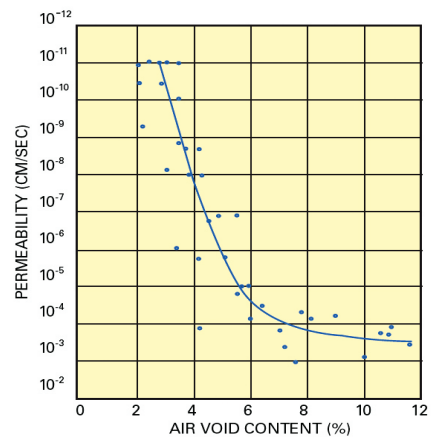
지면 관계상 아스팔트 코어형 락필댐의 설계와 시공 상세를 상세히 수록할 수 없지만, 보다 자세한 내용은 다음 기술서에서 찾아볼 수 있다.

- Höeg, K. (1993) "Asphaltic concrete cores for embankment dams." Statkraft, Veidekke, Norwegian Geotechnical Institute
- ICOLD (1992) "Bituminous cores for fill dams." ICOLD Bulletin 84

1. 특집기사 : 새로운 형식의 댐

댐	높이 (m)	코어 두께 (m) 상부/하부	골재			필터			역청재	
			종류 입경	Impact value	Flakiness index	총 함량 (%)	골재 파쇄율 (%)	첨가물 (%)	함량 (%)	종류
Sorglomvatn	125	0.5/0.9	Natural gravel + 50% crushed 0-18 mm	34 to 45	1.29 to 1.43	13	max. 6.5	min 6.5 crushed limestone	6.3	B180
Storvatn	90	0.5/0.8	Crushed gneiss 0-16 mm	34 to 45	1.29 to 1.43	12	4-5	7-8 crushed limestone	6.2	B60
Berdalsvatn	62	0.5	Natural gravel + 20% crushed 0-20 mm	20 to 46	1.29 to 1.45	11	6-8	4-6 crushed limestone	6.1	B60
Styggevatn	52	0.5	Crushed granitic gneiss 0-16 mm	43 to 45	1.33 to 1.43	12	5-7	5-7 crushed limestone	6.3	B60
Riskallvatn	45	0.5	Natural gravel + 20% crushed 0-20 mm	35 to 44	1.28 to 1.35	11	1-5	6-10 crushed limestone	6.3	B60
Kattlavatn	35	0.5	Natural gravel 0-16 mm	40 to 48	1.39 to 1.55	12.5	6.5	6 crushed limestone	6.3	B65
Vestredalstjern	32	0.5	Natural gravel 0-16 mm	40 to 48	1.39 to 1.55	12.5	6.5	6 crushed limestone	6.3	B65
Langavatn	26	0.5	Natural gravel 0-16 mm	40 to 48	1.39 to 1.55	12.5	6.5	6 crushed limestone	6.3	B65

〈표 4〉 노르웨이 ACRD 아스팔트 콘크리트 배합설계 사례 (Höeg 1993)



〈그림 5〉 아스팔트 콘크리트의 공기 함유율에 따른 투수성 변화 (Veidekke)



〈그림 6〉 ACRD에서 아스팔트 콘크리트의 포설 작업 (Veidekke)



〈그림 7〉 Foz-Do Chapeco 댐의 아스팔트 콘크리트 코어 시공 전경 (Veidekke)



〈그림 8〉 아스팔트 콘크리트 코어재와 필터재의 동시 다짐작업 (Höeg 1993)



〈그림 9〉 다짐 아스팔트 콘크리트 코어층에서 채취한 실내시험용 시편 (Tschernutter 2015)

5. ACRD 거동

ACRD의 거동사례는 현재까지 매우 우수한 것으로 알려져 있다. 예를 들어 Storvatn 댐(높이 90m, 길이 1,472m, 체적 9.5백만m³)의 경우 댐 최대 수위 시 전체 침투유량은 겨우 10 l/s에 불과하였다. 이마저도 양안부와 댐 하부로부터의 침투수로 추정되어 제체를 통한 누수량은 이보다 더 작은 것으로 평가되었다. 완공 후 5년 뒤 코어층 상단에서 측정된 최대 침하량은 165 mm 또는 댐 높이의 0.18%에 불과하였다. 최대 제체 내부 변위는 중간 높이 하류측에서 580 mm 정도였다.

Berdalswatn 댐(높이 65m, 길이 465m, 체적 1백만m³)의 경우, 전체 침투유량은 2.5 l/s로 매우 적었으며, 준공 후 3년 뒤 코어층 상단에서 측정된 최대 침하량은 70 mm 또는 댐 높이의 0.1%였다.

Styggevatn 댐(높이 52m, 길이 880m, 체적 2.5백만m³)의 총 침투유량은 최대 수위에서 20 l/s였다. 이 역시 상당량이 양안부와 댐 하부 기초에서의 값으로 판단되었다. 준공 후 1년 뒤 코어층 상단에서 최대 침하량은 35 mm였으며 댐 중간높이 하류측 최대 내부 변위는 연직 67 mm, 수평 68 mm였다.

Riskallwatn 댐(높이 45m, 길이 600m, 체적 1.1백만m³)의 침투유량은 초기 담수 시 106 l/s까지 급격히 증가하였다. 이러한 침투수는 기초 실(sill) 하부에서 일어났는데, 초기 담수 후 6년 뒤 최대 댐 운영수위에 도달하였을 때 20 l/s로 침투유량이 감소하였다. 특별히 그라우팅을 시행하진 않았었다. 이러한 급격한 침투유량 감소는 기초 암반의 균열부가 점진적으로 닫히거나 막힘으로서 발생

한 것으로 판단되었다. 준공 후 6년 뒤 코어층 상단에서 측정된 최대 연직 침하량은 45 mm에 불과하였다.

그 외에도 Kattlavatn 댐, Vestredalstjern 댐, Langavatn 댐 등에서 관찰된 총 침투유량은 0.4 l/s 이하로 매우 적었으며, 코어층 상단부 침하량 역시 댐 높이의 0.1% 수준에 머물러 ACRD 댐의 거동은 전체적으로 매우 양호한 것으로 보여지고 있다.

지진에 의해 ACRD가 피해를 입은 사례는 아직까지 보고된 바가 없다. 최근 FLAC 동해석 등을 통해 Nejad et al. (2010)은 이란의 강진대에 건설된 Shur River ACRD의 거동을 연구했는데, 여유고와 내적침식 등에 있어 상당히 양호한 거동이 예측된 바 있다. 또한 최근 실험적인 연구에 따르면, 아스팔트 콘크리트 재료에 대한 반복삼축압축 시험 결과(Wang and Höeg 2011), 약 6000회까지의 하중 사이클 재하 횟수는 동적 변형율의 크기에 영향이 미미하였으며, 반복하중 이후의 정적 응력-변형율-강도 거동과 차수성에도 거의 영향이 없음을 확인하였다.

6. 결론

댐 건설 산업의 활성화는 국내뿐만 아니라 국제적인 기술과 가격 경쟁력을 갖추어야만 하며, 이러한 관점에서 해외의 우수한 댐 형식에 대한 이해도 증진과 연구개발은 필수불가결한 실정이다.

본 학술기고에서는 안전성과 경제성을 갖춘 21세기 우수한 댐 형식으로 부각되고 있는 아스팔트 콘크리트 코어형 락필댐(ACRD)을 소개하였다. 국내에서 아스팔트 콘크리트를 중심 코어형으로 채택한 경우는 현재까지 없는 실정이나, 해외에서는 혁신적인 댐 건설 형식이면서 안정적인 댐 거동을 보이는 경험적 사례로부터 적용성을 인정받고 있다. 특히 불리한 기후조건에 유리하고 차수층이 외부의 열화 요인에 노출되지 않으며, 우수한 내진성능을 갖고 있는 것으로 평가된다. 또한 대규모 토취장을 위한 인위적인 절취가 필요없으며, 댐체 및 기초의 변형에 유연하게 순응할 수 있어 다양한 장점을 지닌 것으로 판단된다. 아무쪼록 본 회지에 소개한 ACRD는 다른 종류의 혁신적인 댐 기술과 더불어 적극적으로 고려해볼만한 유용한 기술적 주제라 생각되며 부족하나마 한국대담회의 질적 발전과 시장성 확산을 기대해 본다.



참고문헌

- Nejad, B.G., Soden, P., Taiebat, H., Murphy, S. (2010) "Seismic deformation analysis of a rockfill dam with a bituminous concrete core." WCCM/APCOM 2010, IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 10.
- Höeg, K. (1993) "Asphaltic concrete cores for embankment dams." Statkraft, Veidekke, Norwegian Geotechnical Institute
- ICOLD (1992) "Bituminous cores for fill dams." ICOLD Bulletin 84
- Park, D.S. (2015) "Technical review on seismic safety of Nenskra dam." Report No. KI-15/01, Infrastructure Research Center, K-water.
- Strabag (2015) "Asphaltic concrete for hydraulic structures."
- Stucky (2012) "Nenskra hydropower project – Phase II Initial design."
- Tschernutter, P. (2015) "Asphalt concrete cores for embankment dams – ICOLD Bulletin current status." KNCOLD International Symposium, Nov. 2015, Daejeon, Korea.
- Veidekke (2015) "Asphalt core dams."
- Wang W., Höeg, K. (2010) "Cyclic behavior of asphalt concrete used as impervious core in embankment dams." Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering, 137(5), 536-544.
- Wilson, D. (2015) "Many and varied uses of asphalt, hydraulic asphalt engineering." Walo UK Limited

KNCOLD Magazine
Vol.40

Korea National Committee on Large Dams



II. 학술 및 기술기사

- | | |
|----------------------------|----|
| ① 불혹 맞은 안동댐의 과거, 현재 그리고 미래 | 30 |
| ② 주암댐 도수터널 | 35 |
| ③ 댐 전면월류식 여수로 시공 기술 | 41 |

2016 KNCOLD Magazine

