

## 원전 방사화콘크리트 철거 방안 비교 평가

김학수, 황동현, 박종길

한국수력원자력(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 금병로 508

[hskim007@khnp.co.kr](mailto:hskim007@khnp.co.kr)

### 1. 서론

원자력발전소 해체과정에서 발생하는 폐기물은 형태 및 방사능 준위가 매우 다양하다. OECD/NEA 보고서에 따르면 해체비용에서 해체폐기물 처리·처분비가 차지하는 비율이 약 40% 정도인 것으로 알려져 있다. 국내의 경우에는 방사성폐기물 처분비가 매우 높아 가능한 해체폐기물을 줄이는 방안을 강구할 필요가 있다. 해체폐기물량을 줄이는 방법으로는 발생원을 최소화하는 방법, 제염과정을 통해 폐기물을 재분류하는 방법 그리고 오염부위를 적절히 제거할 수 있는 철거방식 등이 고려될 수 있다. 본 논문에서는 향후 원전 해체시 발생하는 방사화된 콘크리트의 처분량을 줄이기 위한 방안의 하나로서 콘크리트폐기물 철거 방식에 대하여 논의하기로 한다.

### 2. 본론

#### 2.1 Bioshield Concrete 방사화재고량 및 오염범위

노심 주변에 위치한 Bioshield Concrete의 방사화재고량은 MCNP와 ORIGEN 코드를 이용하여 평가하였다. 그림 1은 Bioshield Concrete의 기하학적 설치 모습을 보여주고 있으며, 표 1은 Bioshield Concrete의 비방사능 계산결과를 보여주고 있다. 중·저준위방사성폐기물로 제거될 Bioshield Concrete 범위는 콘크리트내에 포함하고 있는 방사성핵종별 농도와 자체처분 기준 농도를 이용하여 유도하였으며, 표 1에 음영으로 표시된 부분을 기준으로 제거될 두께 및 깊이를 결정하였다. 표 1에서 보듯이 Bioshield Concrete의 오염 범위가 상당히 깊은 곳까지 분포된 것은 Concrete내에 불순물로 존재하는 Eu-152 및 154에 의한 영향으로 분석되었다.

#### 2.2 Bioshield Concrete Cutting 방법 비교

노심주변의 Bioshield Concrete의 철거 작업은 Diamond Wire Cutting 장비를 이용한다. 절단 작업

은 오염된 부분을 실린더 형태로 절단(Cylindrical Cutting)하는 것이 일반적인 방법이다. 이러한 방법은 오염준위가 낮은 부분(자체처분 가능)까지 제거하여 폐기물량을 증가시키나 절단작업이 용이하다. 본 논문에서 고려한 Volume Reductive Cutting 방법은 오염준위가 낮은 부분의 절단을 최소화하기 위해 오염부위를 계단형태로 절단하는 것으로서 Cylindrical Cutting보다는 절단 작업이 복잡하다. 그림 2는 Cylindrical 및 Reductive Cutting 방법으로 Bioshield Concrete의 절단 형태를 보여주고 있다. 각 절단기술별 비용이득분석을 위해서는 폐기물량과 절단작업물량이 필요하다. Cylindrical Cutting 방법에 의한 Bioshield Concrete 폐기물량은 약 540m<sup>3</sup> (2,700 드럼), Reductive Cutting 방법에 의한 폐기물량은 약 332m<sup>3</sup> (1,660 드럼)로 평가되었다. 작업물량은 절단 표면적을 기준으로 산정한다. Cylindrical Cutting은 약 408m<sup>3</sup>, Reductive Cutting은 약 1,150m<sup>3</sup> 으로 평가되었다. Reductive Cutting 방법은 Cylindrical Cutting 방법에 비해 폐기물량은 약 40% 감소되었으나, 작업물량은 약 280% 증가하는 것으로 분석되었고, 총 비용은 약 10% 절감되는 것으로 평가되었다.

### 3. 결론

원전 방사화콘크리트의 오염부위를 최소화하여 제거할 수 있는 철거 방법에 대해서 살펴보았다. Volume Reductive Cutting 방법은 Cylindrical Cutting 방법과 비교하여 해체폐기물량은 적게 발생하나 작업공정이 복잡하여 작업비용은 더 많이 소요되는 것으로 평가되었다. 비용이득 분석 결과에서 보듯이 방사화된 Bioshield Concrete를 제거하는데 소요되는 비용 효과는 각 절단방식별로 큰 차이를 보이지 않았으나, Volume Reductive Cutting 방법은 방사화콘크리트를 제거하는데 유용하게 활용될 수 있는 철거방안의 하나로서 고려할 만하다.

4. 참고 문헌

- [1] OECD/NEA, Decommissioning Nuclear Power Plants: Policies, Strategies and Costs, 2003.
- [2] KHNP, Decommissioning Cost Analysis for

the Korean Pressurized Water Nuclear Power Plant, 2009.

- [3] KHNP, DeCAT Program Unit Cost Factor Database, 2009.

Table 1. Specific activity in bioshield concrete at various locations

Height (in)	Bioshield Depth Along the Reactor Centerline (in)													
	0	5	15	24	31	39	47	55	63	71	79	87	95	103
0	3.62E+05	2.09E+05	3.43E+04	1.12E+04	2.15E+03	4.14E+02	7.77E+01	1.47E+01	3.01E+00	5.66E-01				
5	3.60E+05	2.08E+05	3.40E+04	1.11E+04	2.13E+03	4.11E+02	7.71E+01	1.46E+01	2.99E+00	5.62E-01				
10	3.58E+05	2.07E+05	3.38E+04	1.10E+04	2.12E+03	4.09E+02	7.68E+01	1.45E+01	2.97E+00	5.58E-01				
15	3.55E+05	2.05E+05	3.32E+04	1.09E+04	2.10E+03	4.05E+02	7.61E+01	1.44E+01	2.95E+00	5.54E-01				
20	3.49E+05	2.02E+05	3.23E+04	1.07E+04	2.07E+03	3.99E+02	7.46E+01	1.42E+01	2.89E+00	5.44E-01				
25	3.43E+05	1.99E+05	3.13E+04	1.06E+04	2.03E+03	3.91E+02	7.34E+01	1.39E+01	2.84E+00	5.35E-01				
30	3.36E+05	1.94E+05	3.04E+04	1.04E+04	1.99E+03	3.84E+02	7.21E+01	1.37E+01	2.79E+00	5.25E-01				
35	3.29E+05	1.90E+05	2.92E+04	1.01E+04	1.95E+03	3.75E+02	7.01E+01	1.34E+01	2.73E+00	5.13E-01				
40	3.21E+05	1.83E+05	2.81E+04	9.88E+03	1.90E+03	3.65E+02	6.85E+01	1.30E+01	2.66E+00	5.01E-01				
45	3.13E+05	1.78E+05	2.69E+04	9.71E+03	1.85E+03	3.57E+02	6.74E+01	1.27E+01	2.60E+00	4.89E-01				
50	2.99E+05	1.71E+05	2.49E+04	9.11E+03	1.75E+03	3.39E+02	6.34E+01	1.20E+01	2.35E+00	4.62E-01				
55	2.79E+05	1.63E+05	2.17E+04	8.57E+03	1.65E+03	3.18E+02	5.90E+01	1.13E+01	2.31E+00	4.34E-01				
60	2.61E+05	1.51E+05	1.74E+04	8.07E+03	1.55E+03	2.99E+02	5.39E+01	1.06E+01	2.16E+00	4.07E-01				
65	2.13E+05	1.23E+05	3.19E+04	5.55E+03	1.26E+03	2.43E+02	4.55E+01	9.65E+00	1.73E+00	3.32E-01				
70	1.65E+05	8.50E+04	2.46E+04	5.06E+03	9.73E+02	1.69E+02	3.32E+01	6.63E+00	1.36E+00	2.56E-01				
75	1.16E+05	6.70E+04	1.74E+04	3.97E+03	6.97E+02	1.33E+02	2.49E+01	4.72E+00	9.62E-01	1.61E-01				
80	1.53E+03	3.67E+02	2.30E+02	4.73E+01	9.09E+00	1.75E+00	3.70E-01	5.24E-01	1.77E-02	2.40E-03				
85	1.17E+03	5.77E+02	1.76E+02	3.61E+01	6.94E+00	1.34E+00	2.51E-01	4.76E-02	9.72E-03	1.63E-03				
90	8.94E+02	1.57E+02	1.34E+02	2.75E+01	5.29E+00	1.02E+00	1.92E-01	3.64E-02	7.42E-03	1.40E-03				
95	6.82E+02	3.94E+02	1.02E+02	2.10E+01	4.04E+00	7.75E-01	1.46E-01	2.77E-02	5.66E-03	1.06E-03				
100	5.21E+02	3.01E+02	7.80E+01	1.60E+01	3.09E+00	5.94E-01	1.12E-01	2.12E-02	4.52E-03	6.13E-04				
105	3.97E+02	2.30E+02	5.96E+01	1.22E+01	2.35E+00	4.54E-01	8.52E-02	1.62E-02	3.30E-03	6.20E-04				
110	3.03E+02	1.75E+02	4.34E+01	9.34E+00	1.80E+00	3.45E-01	6.50E-02	1.23E-02	2.52E-03	4.73E-04				
115	2.31E+02	1.34E+02	3.37E+01	7.13E+00	1.37E+00	2.64E-01	4.96E-02	1.92E-03	1.92E-03	3.61E-04				
120	1.77E+02	1.02E+02	2.65E+01	5.44E+00	1.05E+00	2.02E-01	3.78E-02	7.18E-03	1.47E-03	2.76E-04				
125	1.35E+02	7.75E+01	2.02E+01	4.15E+00	7.98E-01	1.54E-01	2.69E-02	5.46E-03	1.12E-03	2.10E-04				
130	1.03E+02	5.94E+01	1.51E+01	3.17E+00	6.09E-01	1.17E-01	2.20E-02	4.94E-03	9.53E-04	1.63E-04				
135	7.85E+01	4.54E+01	1.18E+01	2.32E+00	4.65E-01	8.95E-02	1.58E-02	3.19E-03	6.51E-04	1.22E-04				
140	5.99E+01	3.46E+01	8.99E+00	1.85E+00	3.55E-01	6.84E-02	1.28E-02	2.44E-03	4.97E-04	9.35E-05				
145	4.57E+01	2.64E+01	6.85E+00	1.41E+00	2.71E-01	5.25E-02	9.80E-03	1.89E-03	3.79E-04	7.13E-05				
150	3.49E+01	2.02E+01	5.23E+00	1.07E+00	2.07E-01	3.68E-02	7.48E-03	1.42E-03	2.89E-04	5.44E-05				
155	2.68E+01	1.54E+01	3.99E+00	8.20E-01	1.58E-01	2.04E-02	5.71E-03	1.05E-03	2.21E-04	4.15E-05				
160	2.03E+01	1.17E+01	3.05E+00	6.29E-01	1.20E-01	1.32E-02	4.35E-03	8.26E-04	1.69E-04	3.17E-05				
165	1.58E+01	8.96E+00	2.32E+00	4.78E-01	9.18E-02	1.77E-02	3.32E-03	6.31E-04	1.29E-04	2.42E-05				
170	1.18E+01	6.64E+00	1.77E+00	3.65E-01	7.01E-02	1.35E-02	2.54E-03	4.61E-04	2.82E-05	1.35E-05				
175	9.03E+00	5.22E+00	1.35E+00	2.79E-01	5.35E-02	1.03E-02	1.94E-03	3.67E-04	7.49E-05	1.41E-05				
180	6.99E+00	3.99E+00	1.03E+00	2.12E-01	4.08E-02	7.87E-03	1.46E-03	2.80E-04	5.72E-05	1.08E-05				
185	5.25E+00	3.02E+00	7.98E-01	1.62E-01	3.11E-02	6.00E-03	1.15E-03	2.14E-04	4.35E-05	8.21E-06				
190	4.01E+00	2.32E+00	6.02E-01	1.24E-01	2.38E-02	4.55E-03	6.60E-04	1.63E-04	3.35E-05	6.26E-06				
195	3.06E+00	1.77E+00	4.39E-01	9.44E-02	1.81E-02	2.50E-03	5.56E-04	1.25E-04	2.54E-05	4.78E-06				
200	2.34E+00	1.34E+00	3.20E-01	7.20E-02	1.39E-02	2.67E-03	5.01E-04	9.51E-05	1.94E-05	3.65E-06				
205	1.78E+00	1.03E+00	2.67E-01	5.50E-02	1.06E-02	2.04E-03	3.83E-04	7.26E-05	1.48E-05	2.78E-06				
210	1.39E+00	7.87E-01	2.04E-01	4.19E-02	8.06E-03	1.55E-03	2.92E-04	5.54E-05	1.13E-05	2.12E-06				
215	1.04E+00	6.00E-01	1.56E-01	3.20E-02	6.15E-03	1.19E-03	2.23E-04	4.23E-05	8.62E-06	1.62E-06				
220	7.93E-01	4.59E-01	1.19E-01	2.44E-02	4.69E-03	9.05E-04	1.70E-04	3.22E-05	6.58E-06	1.24E-06				
225	6.05E-01	3.50E-01	9.07E-02	1.85E-02	3.58E-03	6.91E-04	1.30E-04	2.46E-05	5.02E-06	9.44E-07				
230	4.62E-01	2.87E-01	6.92E-02	1.42E-02	2.87E-03	5.27E-04	9.80E-05	1.89E-05	3.83E-06	7.21E-07				
235	3.52E-01	2.04E-01	5.28E-02	1.02E-02	2.09E-03	4.02E-04	7.55E-05	1.42E-05	2.92E-06	5.50E-07				

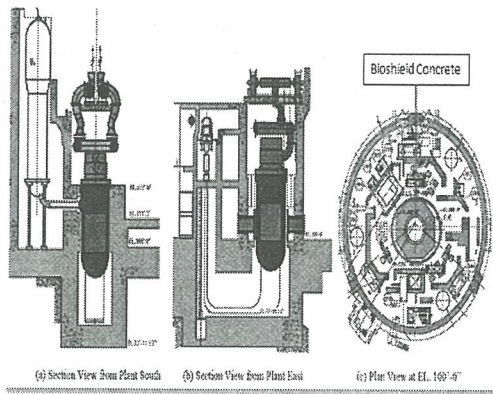


Fig. 1. Bioshield concrete geometry

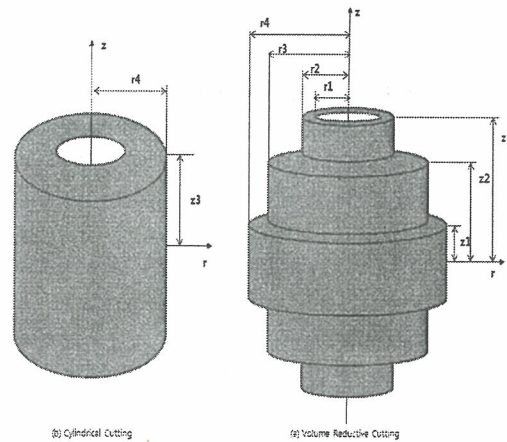


Fig. 2. Bioshield concrete cutting geometry (Reductive vs Cylindrical)

Table 2. Cost benefit analysis for volume reductive cutting

철거방식	폐기물 처분비			Diamond wire cutting 비용		합계 (억원)
	처분량(m³)	드럼(200 L)	처분비(억원)	작업물량(m³)	철거비용(억원)	
Cylindrical cutting	540	2,700	140	408	20	160
Reductive cutting	332	1,660	86	1,150	58	144