The consideration about the shielding effect of LEDITE

Department of radiation therapy, Seoul National University Hospital

Je-soon Min, Je-hee Lee, heung-deuk Park

The concrete is usually used to build a radiation therapy facility and the enough concrete thickness for high energy x-ray beam is about 1 meter. But if the space is not enough to build a radiation therapy facility with concrete, the substitute for concrete is needed, and the Ledite can be a good substitute for concrete.

In this study, we compared the Ledite with the concrete. The comparing list are the needed shielding thickness, the period of construction and the cost.

Ⅰ. 서 론

방사선방어의 기본원칙은 시간, 거리, 차폐이며, 그 중에서 차폐는 입사되는 방사선의 강도를 차폐체를 통하여 감쇠시켜 기준치 이하로 유지시키는데 목적을 둔다. 따라서 방사성 동위원소 사용시설 및 방사선 발생장치를 이용하는 시설은 다른 일반 건축시설과는 달리 방사선을 시설 외부로 방출하는 것을 차폐하여 방사선피폭을 가능한 최소화하여 종사자의 안전은 물론 주변시설에 대한 안정성 확보등을 과학기술부고시(제2002-1호 방사선방호 등에 관한 기준)의 엄격한 설계 및 시공기준을 적용하고 있다.

방사선치료에 주로 이용하는 선형가속기 설치시에도 마찬가지로 관련법규를 적용 받는 시설이므로 관련기준 등을 사전에 충분히 검토하여 설계하여야 한다. 또한 방사선 작업종사자 및 일반인의 연간허용피폭선량은 국제방사선방어위원회(International Commision on Radiological Protection, ICRP 60)가 권고하는 주당 40mrem(종사자), 주당 2mrem(일반인)을 기준으로 차폐시설의 시공과 방사선 발생장치의 설치 시 장비의 특성에 따라 일정면적이상의 설치공간과 환자들의 대기공간 및 출입통로가 여유있게 확보되도록 해야 한다.

본원에서는 3대의 선형가속기가 가동되고 있었으나 그중 1985년도에 도입된 6MV 선형가속기 한대가 장기사용(약 17년사용)으로 노후되어 대체장비로 IMRT 전용 6MV 선형가속기 1대와 고에너지 1대가 추가로 설치하게 되었다.(참조 표1) 그러나 현재의 치료방사선과의 시설에서는 장비설치

공간이 협소하여 IMRT를 시행할 수 있는 대체장비 및 추가 도입되는 장비의 설치가 불가능하여 본과와 가장 인접한 세탁장을 다른장소로 이전하고 상기의 선형가속기 2대를 설치하게 되었는데, 이곳 또한 일반적으로 시공하는 콘크리트 시설로는 공간이 충분치 못할 뿐만 아니라 시공상의 여러 가지 문제점(콘크리트 반입등)이 제기되었다.

이에 따라 협소한 공간적 문제 해결 및 공기를 단축할 수 있는 방안으로 차폐벽 두께를 최소화하면서 공간확보를 최대화 할 수 있는 특수차폐물인 Ledite(Atomic International사, 미국)를 사용하여 시공한 결과를 보고하고자 한다.(참조 표2)

Table 1. Introduction of Linac

장 비 명	모 델	도입년도	설치장소	비 고
LINAC	Clinac 6/100	1985	Dept. of RT	2002년도 폐기
LINAC	Clinac 4/100	1993	Dept. of RT	
LINAC	Clinac 2100C	1994	Dept. of RT	
LINAC	Clinac 6EX	2003	IMRT Center	신설(세탁장)
LINAC	Clinac 21EX	2003	IMRT Center	신설(세탁장)

Table 2. HVL and TVL for X-ray

Energy(X-선)	Pb(mm)		콘크리트(cm)		철(cm)	
	HVL	TVL	HVL	TVL	HVL	TVL
4MV	16	53	8.8	29.2	2.7	9.1
6MV	16.9	56	10.4	34.5	3.0	9.9
10MV	19.9	55	11.9	39.6	3.2	10.5

Ⅱ. Ledite 와 concrete의 특성비교

Ledite는 미국의 Atomic International사가 lead와 concrete사이의 gap을 채워서 개발한 특수차폐물로 lead의 단점과 고에너지 사용에 따른 neutron의 차폐가 가능하도록 제조한 제품이다.

본원에서는 IMRT를 전용으로 하는 6MV X선(6EX 선형가속기)과 15MV X선(21EX 선형가속기)을 설치하면서 밀도가 다른 ledite XN240과 XN288 두종류로 그 크기는 15cm×30cm×15cm의 벽돌모양이다.

방사선 발생장치에서 발생된 방사선이 일정한 각도이내에서 직접 조사되는 1차선인 Primary beam에는 XN288을 사용하였고, 발생장치의 자체 차폐체에서 누출되는 누설선 및 물체에 부딪혀서 산란되는 산란선인 secondary beam에는 XN240을

사용하였으며, 이것을 Tenth Value Thickness (TVT)로 비교한 수치는 표.3과 같다.

15MV 에너지에서 1차선인 경우 Ledite XN288과 concrete의 TVT가 53%정도의 차이가 있음을 알 수 있었고, 2차차선인 경우에는 TVT가 42%의 차이로 Ledite 이용시 차폐벽 두께를 약 50%정도 줄일 수 있음을 확인할 수 있었다.

Table 3. Comparison of tenth value thickness

	Primary beam transmission(TVT)		Leakage X-ray transmission(TVT)	
	XN288	concrete	XN240	concrete
15MV	20.3	43.2	19.1	33.0
6MV	15.2	34.3	15.2	27.9

Ⅲ. 차폐벽 두께계산

다음의 식은 본원에서 적용한 Ledite 공사의 차폐벽 계산공식이다.

$$P = \frac{WUT}{d^2} B$$

P : 일반인 및 방사선작업종사자에 대한 제한선량 (일반인: 2mrem/week, 종사자: 40mrem/week)

d : 조사장치와 피폭대상물과의 거리(m)

W : workload, mA-min/week혹은 1m 거리에서의 주당선량 (6EX-100,000 rads/week, 21EX-50,000 rads/week)

U : 이용율(use factor)

T : 점유인자(occupancy factor)

B : 차폐벽 투과율(transmission factor)

일반적으로 1대의 치료기에서 평균적으로 1일 50명의 환자를 치료할 때 조사선량을 1명당200rad로 하여 workload는 주당 50,000rads를 적용하였으며, IMRT를 전용으로 하는 6EX 선형가속기의 경우는 workload를 주당 100,000rads로 적용하여 계산하였다.

이용율(use factor)은 바닦 1, 벽 1/4, 천정 1/2을 적용하였고, 점유인자(occupancy factor)는 간호사실, 사무실, 진찰실등은 1, 복도, 휴게실은 1/4, 갱의실, 계단 , 대기실은 1/8을 각각의 측정점 위치에 해당되는 부분에 적용하여 계산하였다. 콘크리트와 Ledite의 차폐벽 두께를 비교하기 위해서 각각의 투과율을 대입하여 비교하였다.

Ⅳ. concrete와 ledite의 차폐벽 두께 비교

본과에서 설계한 도면을 이용해서 특정부위를 임의로 선택하여 concrete 설계시의 차폐벽 두께와 Ledite로 설계시의 차폐벽 두께를 비교하였다. 예를 들면 탈의실입구에 해당하는 2b의 위치는 주당 0.02mSv 이하가 되기 위해서 치료장치와의 거리는 4.49m, 일반인과 종사자의 접근가능성에 따라 분류하여 이용율은 0.25, 점유인자는 0.13, primary beam에 직접적으로 해당되는 위치로 차

폐벽을 계산할 경우 Ledite와 콘크리트의 두께 차이가 그림1, 표4와 같이 비교할 수 있다. 그림2와 그림3은 2배 이상의 차이를 비교할 수 있는 Ledite로 시공한 벽두께와 concrete로 시공한 벽두께를 가상해 본 것이다. 콘크리트로 차폐벽을 설계시에는 적절한 대기실, 조정실 등의 공간을 확보하기가 어려웠으며, 또한 치료실의 공간도 부족함을 알 수 있다.

Table 4. Thickness of shielding wall

(Unit : cm)

임의의 지점	Ledite	concrete
1a	30.8	70.1
1b	68.6	156.2
1d	32.8	74.8
1f	49.4	112.5
1h	80.7	184.0
1k	40.9	93.2
2b	90.1	205.4
2c	46.1	105
2e	56.1	127.8
2k	46.5	105.8
2h	73.8	168.2

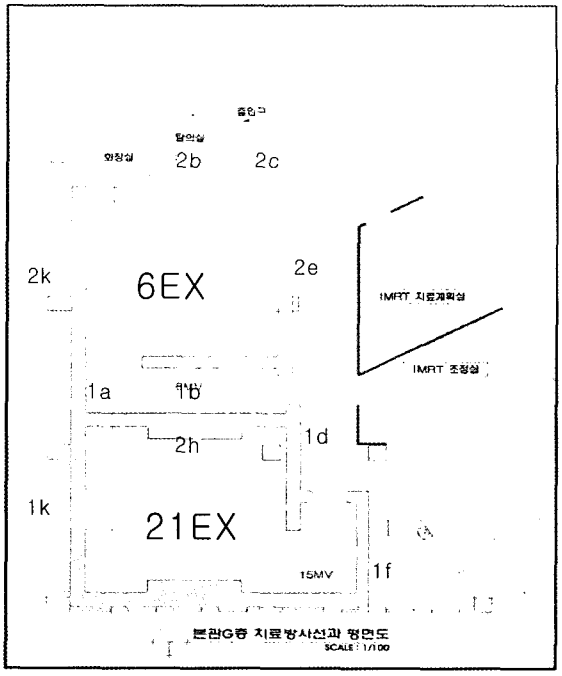

Fig 1. A place of plan

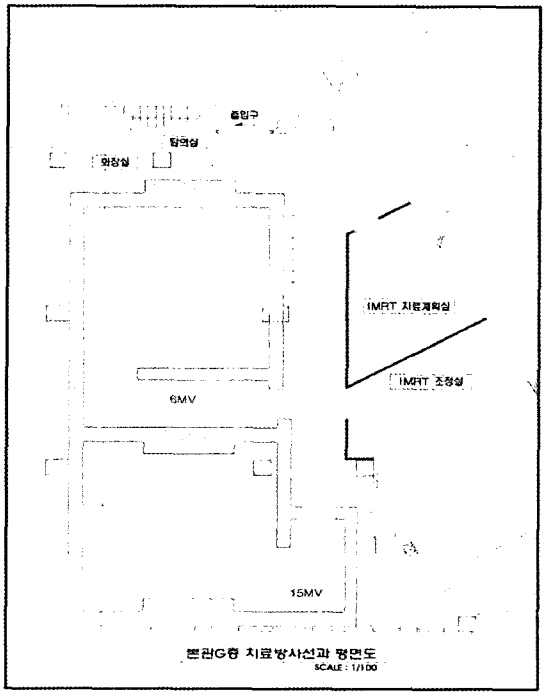

Fig 2. Plan by Ledite

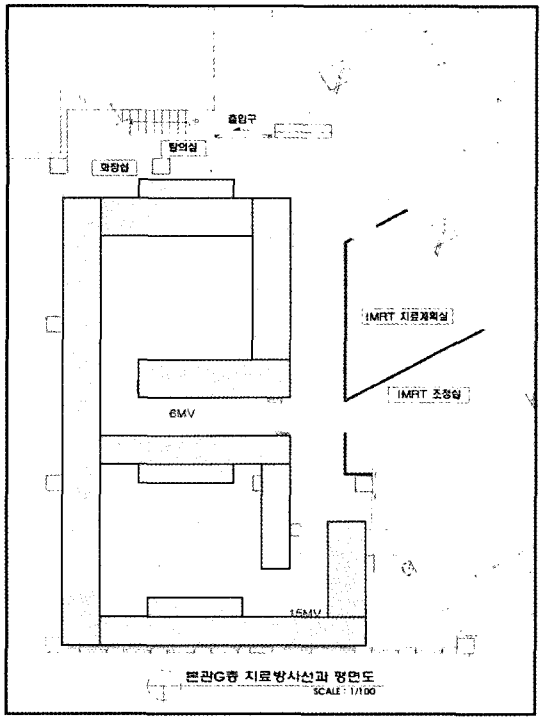

Fig 3. Plan by concrete

V. Ledite와 concrete 시공시 장단점

IMRT 센타 증축을 하기 위해 Ledite로 공사한 기간은 2002년 9월 25일부터 11월 20일로 약 55일 정도의 기간이 걸렸는데 이는 Atomic International 사의 통계수치와 비교할 때 Ledite의 경우 40일, 콘크리트로 차폐공사를 할 경우는 100일 이상의 기간으로서 그 시설 규모면에서 약간의 오차는 있지만 Ledite가 콘크리트 공사보다 2배이상의 기간이 단축됨을 확인할 수 있었다. (참조 그림 4)

Ledite는 콘크리트보다 시공기간이 단축될 뿐만 아니라 운반과 취급이 용이해서 시공이 안전하며 공사후에도 고에너지 선형가속기 변경에 따른 재시공이 가능한 이점을 가지고 있다. 또한 시공면에서 콘크리트 공사(안전사고 등)보다 안전하고, 공간확보의 문제점도 해결할 수 있는 장점이 있다.

그러나 비용면에서는 본원에서 시행한 공사를 기준으로 그 예산이 Ledite는 약10억, 콘크리트는 약4억(추정)으로 고가의 공사비용이 지출됨을 알 수 있었다.

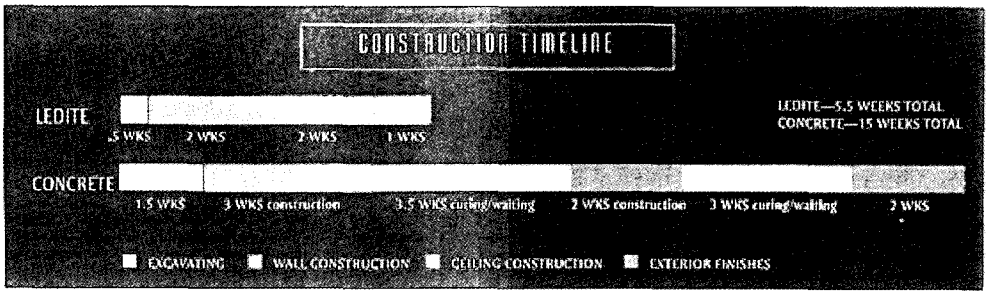

Fig 4. Comparison of period for construction (Atomic international)

VI. 누설선량 측정결과

방사선 안전관리에 관한 규칙에 의해 방사선작업종사자 및 수시 출입자의 경우 피폭선량이 선량한도를 초과하지 않아야 함을 규정하고 있다. 따라서 Ledite를 이용한 차폐벽 공사후 각각의 치료실주위의 외부누설선량을 survey meter로 측정하여 허용선량 범위이내로 측정됨을 확인할 수

있었다.

표5는 안전관리규정에 의한 각 지점의 누설선량을 측정결과를 나타낸 것이다.<참조 그림 5>

Table 5. Measurement of Leakage Dose

(Unit : mR/hr)

측정 장소	선량율
출 입 문	5.0
창 고	0.4
탈 의 실	3.0
대 기 실	0.5
조 정 실	0.5
1 층 바 닥	1.5

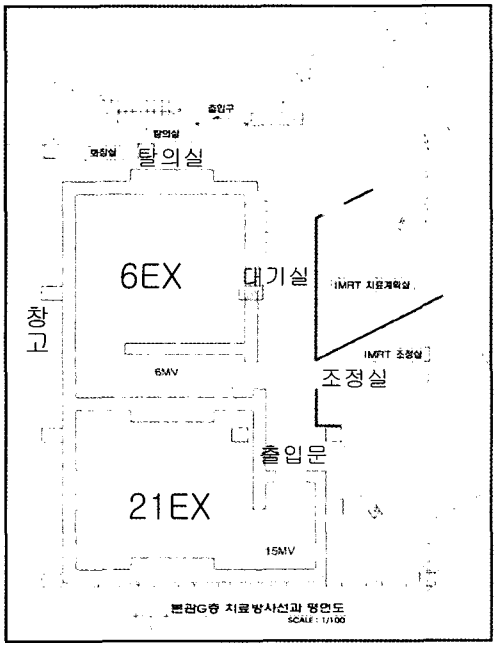

Fig 5. Measurement point on the plan

Ⅶ. 결 론

본원에서 시공한 IMRT센타는 기존 다른 용도로 사용중인 건물(세탁장)에 선형가속기 2대의 설치를 위한 시설 변경 따라 발생된 시공 및 공간적 문제를 과거 일반적으로 사용하였던 콘크리트의 단점을 보완한 Ledite라는 특수한 재질의 차폐체를 이용하였으며, 그 결과 방사선구역의 차폐효과뿐 만 아니라 가장 문제점으로 제기되었던 공간확보의 어려움을 해결할 수 있게 되었다. 또한 공사기간도 최대한 단축시킴으로서 공사로 인한 의료의 환경적 불편함의 기간 단축과 아울러 진료적체의 민원을 해결할 수 있었다. 따라서 Ledite로 차폐시설을 시공한 결과 이점은 안전성 및 공간확보, 공기단축 등이 있다고 하겠다. 경제적인 측면에서는 과(過)비용의 문제점이 제기될 수 있겠으나 이는 공기단축에 의한 진료수익으로 대체 될 수 있을 것으로 사료된다. 추후 본 시설을 사용한 후 제기되는 문제점이 있다면 다시 보고드릴 것을 약속드립니다. (참조 그림6)

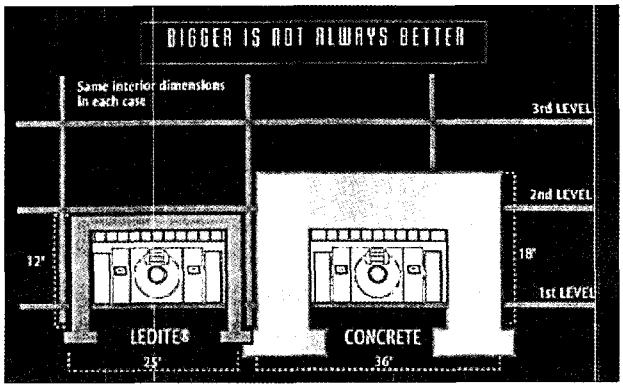

Fig 6. Comparison of Ledite and concrete thickness

참고문헌

1. 김종대, 김세준, 김동욱 : Ledite를 이용한 광자선 차폐효과, 대한방사선 치료기술학회지, 제2권 제 1호, 2000
2. NCRP : Structural shielding design and evaluation for medical use of X rays and gamma rays of energies up to 10Mev, Report No.49, Natural Council of Radiation Protection and Measurement, 1976
3. Glenn F. Knoll : Radiation Detection and Measurement(2nd ed), 1989
4. Faiz.M. Khan : The Physics of Radiation Therapy(2nd ed), 1994
5. 방사선방어학회지 : 제 12권, 제 1호, 1987
6. 방사선방어학회지 : 제 19권, 제 1호, 1994

LEDITE를 이용한 방사선 차폐시설에 관한 고찰

서울대학교병원 치료방사선과

민제순, 이제희, 박흥득

Ⅰ. 목 적

방사선치료에 사용되는 선형가속기를 설치하기 위해서는 국내 원자력법 및 국제 방사선방어규정에 의거하여 일정 면적이상의 설치공간을 확보하는 것은 물론 방사선 방호 등의 차폐두께를 면밀히 검토하여 시설공사를 시행한다.

본원에서는 방사선치료 환자의 증가로 인하여 치료장비의 증설이 요구됨에 따라 기존시설에 장비설치를 위한 공간확보의 어려움이 초래되었다. 이에 차폐벽의 두께를 최소화하면서 공간을 확보할 수 있는 특수차폐물인 Ledite(Atomin International사, 미국)를 사용하여 시공한 결과를 보고하고자 한다.

Ⅱ. 대상 및 방법

본원에 추가 도입되는 6MV 선형가속기, 15MV 선형가속기실의 차폐시설을 밀도가 다른 두 종류인 Ledite XN240 (15MV-TVT19.1㎝, 6MV-TVT15.2㎝), Ledite XN288 (15MV-TVT20.3㎝, 6MV-TVT15.2㎝)를 사용하여 기존 건축시설에 의한 특수공법으로 국내 건축기술진에 의해 시공하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

콘크리트에 의한 건축과 Ledite에 의한 건축을 비교하였을 때 최대(천정)236.4㎝를 103.7㎝로, 최소(벽)158㎝를 69.4㎝로 2배의 벽두께를 축소할 수 있었다. 공사기간은 Ledite의 경우는 약 90일, 콘크리트는 150일로 건축기간을 2개월 단축시킬 수 있고, 또한 Ledite는 취급 운반이 용이하고, 시공의 안정성과 공사후 에너지에 따른 장비의 변경시에도 쉽게 재시공 가능한 이점이 있다. 반면에 공사비용은 Ledite는 약 10억(예상), 콘크리트는 약 4억 정도로 고가의 공사비가 지출됨을 알 수 있었다.

Ⅳ. 결 론

시공후 survey meter로 측정한 결과, 누출선량이 허용선량 이내로 측정되었으며, 본원과 같은 제한된 공간에 방사선시설을 차폐할 경우 Ledite를 이용함으로써 공사기간 단축 및 효율적인 이용이 가능하였으나 공사비요 지출 증가가 예상된다.