

155mm 포탄 및 C-4 90kg 기폭에 의한 야전구축 방호자재 및 구조체용 신방호자재의 방호성능 평가

Evaluation of Protective Performance of Protection Materials for Field and Structural Body by Ignition of 155mm Artillery Shell and C-4 Explosive

이 인 철* In-Cheol Lee	김 흥 섭* Hong-Seop Kim	남 정 수** Jeong-Soo Nam	김 석 봉*** Suk-Bong Kim
	홍 원 희**** Won-Hee Hong	김 규 용* Gyu-Yong Kim	

ABSTRACT

In this study, it was evaluated the protective performance of the protection material for filed of the army by impact of fragment from the explosion of 155mm artillery shell to propose the improvement items. And it was evaluated the protection materials for structural body such as corrugated steel plate, concrete block, prevention paint of explosion, aluminum foam and concrete T-wall by impact of fragment of 155mm artillery shells and explosion-induced pressure of C-4 explosive. As a result, protective performance of the existing protective material was superior but reinforcement is necessary for secondary damage because sand is leaking. The protective performance of new protective materials was greater than existing protective materials. And it can be used for protective materials.

Keywords : Protective Material(방호재료), 155mm Artillery Shell(155mm 포탄), C-4 Explosive(C-4폭약), Impact of Fragment(파편충격), Explosion-Induced Pressure(폭압)

1. 서론

가. 군방호자재의 종류 및 정의

현재 우리 군의 야전제대에서 다양한 재료와 형태로 사용되고 있는 방호자재의 종류로는 헤스코 베리어(Hesco Barrier), 보강토 블록, 흙벽돌, PSP 패널, 드럼통 및 식용유통 등이 있다. 이러한 방호자재는 내부에 모르타르를 사출하여 사용하는 보강토 블록을 제외하고, 흙을 채우기 위한 보조 재료로 사용되고 있어 야

† 2013년 4월 22일 접수~2013년 7월 26일 게재승인
 * 충남대학교(Chungnam University)
 ** 일본무로란공업대학(Muroran Institute of Technology)
 *** 육군사관학교(Korea Military Academy)
 **** 육군공병학교(R.O.K Army Engineer School)
 책임저자 : 김규용(gyuyongkim@cnu.ac.kr)

전구축 방호자재의 주재료는 흙(토사)라고 할 수 있다.

흙(토사)을 활용한 방호자재는 비산물의 충격 및 폭발에 대한 방호능력이 있는 것으로 인정되고 있으나, 1차 피해에 의해 토사가 누출되는 등의 손실에 의해 2차 피해 발생에 대한 방호능력이 현저하게 저하될 우려가 있으며, 방호벽의 이동 및 설치에 있어 추가적인 시간이 소요되는 단점이 있다.

이에 신소재를 활용한 방호재료가 국내·외 주요 방호시설 연구소와 해외에서 활발한 군사 활동을 진행 중인 미군 및 영국군에 의해 개발 및 적용되고 있으며, 그 종류로는 콘크리트 T-wall, 발포알루미늄 샌드위치 강판 패널, 파형강판 및 콘크리트적층블록 등이 있다.

파형강판은 현재 미군을 비롯한 서방 선진국에서 사용되고 있는 건설자재로 중동 등 원정 군사작전을 많이 하는 미군 부대에서 구축의 신속성, 경제성, 시공성이 양호한 자재로 각광받고 있다. 특히 최근에는 콘크리트의 약점인 취성과파괴에 대응하기 위해 파형강판을 부착한 모듈형태의 구조물을 신속히 조립, 시공하는 사례가 증가하고 있다.

콘크리트 적층블록은 콘크리트 외피가 1차 충격에 저항하고, 내부 골재가 2차 저항하는 메커니즘의 방호벽으로 시공이 간편하고 공기단축이 가능하며, 모듈로 구성되어 있기 때문에 높이 및 길이에 대한 제한이 없는 특징을 가지고 있다.

발포알루미늄 샌드위치 패널의 경우 강판 사이에 발포알루미늄을 부착 시킨 형태로, 파편의 충돌은 강판에 의해 방호되며, 폭압은 발포알루미늄이 압축되며 압력을 흡수하는 형태의 방호 메커니즘을 갖는다.

콘크리트 T-wall은 아프가니스탄과 이라크 주둔 미

군 등 연합군의 주둔지 방호를 위해 사용 중이며 적대 세력에 의한 테러로부터 연합군의 방호벽 역할을 하고 있다. 현재 사용 중인 T-wall은 일반 콘크리트를 사용하고 있으며, T-wall 간 상호 일체성을 향상시키기 위해 흙을 이용해 상호 결속되도록 설치된다.

나. 연구의 목적 및 필요성

방호시설은 아군의 생존성 보장을 위한 필수적인 요소이나, 우리 군의 방호시설은 전반적으로 노후화되어 있으며, 시설 노후화로 인해 현재 구축된 구조물 자체의 방호성능 및 제거능 발휘를 기대하기 어려운 실정이다.

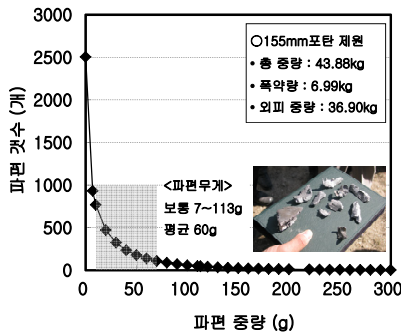
본 연구에서는 현재 우리군에서 사용되고 있는 야전 구축 방호자재에 대하여 155mm 포탄의 파편에 대한 방호력을 확인하고 보완요소를 제시하였다. 또한, 구조체용 신방호자재에 대하여 155mm 포탄의 파편 및 C-4 폭약의 폭압에 의한 방호성능을 평가하여 주요 군사 시설의 방호자재로서의 적용에 대하여 검토하고자 하였다.

2. 155mm 포탄 및 C-4 폭약 기폭 실험의 개요 및 충격량 정의

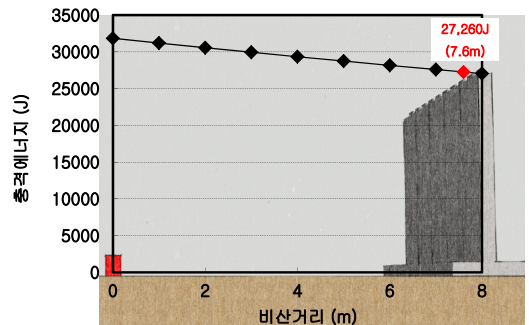
Fig. 1은 155mm 포탄 기폭 실험의 개요 및 충격량을 나타낸 것으로 파편의 형태, 질량, 초기속도, 목표에 대한 탄체의 충돌 방향 등이 모두 다르지만 파편의 중량은 보통 7~113g, 평균 60g(직경 약 25mm) 정도로 7.6m 이격된 방호자재에 충돌되는 충격에너지는 약 27,260J로 산정했다¹⁻³⁾.



(a) 155mm 포탄



(b) 155mm 포탄 기폭시 발생 파편



(c) 비산거리에 따른 충격에너지

Fig. 1. Summary and 155mm 포탄 기폭 실험 개요 및 충격량¹⁻³⁾

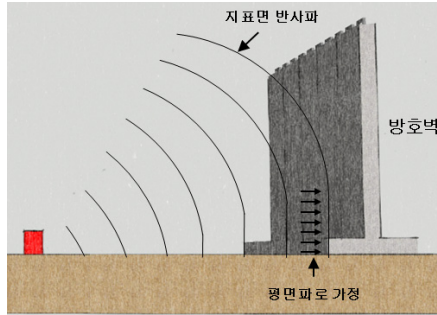
또한, Fig. 2는 C-4폭약 90kg 기폭 실험의 개요 및 충격량을 나타낸 것으로 TNT 등가계수를 적용하여 C-4폭약 90kg은 TNT 120kg의 위력과 동일한 것으로 산정하였으며, 7.6m 이격된 시험체에 가해지는 최대입사압력은 약 689.47kPa, 최대반사압력은 4,826.31~5515.79kPa이 되는 것으로 예측할 수 있었다^{1~3)}.

3. 폭발실험의 개요

Table 1은 야전구축 방호자재 및 구조체용 신방호자재의 155mm 포탄의 파편충돌 및 C-4 폭약 기폭에 의한 방호성능 평가를 위한 실험계획을 나타낸 것으로 본 연구에서는 야전구축 방호자재와 구조체용 신방호



(a) C-4 폭약 90kg



(b) 지표면 기폭시 폭약의 전파

< C-4폭약에 대한 TNT 등가계수 >

화약	반응열 (kJ/kg)	압력기반 등가질량	충격량기반 등가질량
TNT	4,520	1.00	1.00
Composition C-4	5,651	1.37	1.19

- 최대입사압력 : 약 689.47kPa
- 최대반사압력 : 약 4,826.31~5,515.79kPa

Fig. 2. C-4 90kg 기폭 실험 개요 및 충격량^{1~3)}

Table 1. 실험계획

시험체 조건					충격 조건			
구분	종류	폭×높이 (m)	두께 (m)	주재료	이격거리 (m)	1차	2차	
야전구축 방호자재	보강토 블록	1.5m × 1.5m	0.9	보강토 블록 + 토사/모르타르	7.6	155mm 포탄	-	
	드럼통			철판 + 토사				
	헤스코	(2.25m ²)	1.0	흙(토사)				
	모래마대			0.1				샌드위치 패널
	샌드위치 패널							
구조체용 신방호자재	파형강판	5.0×5.4	1.6	철판(3.2mm) + 모래/토사	7.6	155mm 포탄	C-4폭약 90kg	
	적층블록		1.5					콘크리트 블록(100mm) + 모래
	콘크리트 T-wall 방호벽	1.0×3.2	0.3	일반콘크리트				
				슬래그결합재 콘크리트				
				강섬유 ¹⁾ 보강 콘크리트				
				폴리아미드섬유 ²⁾ 보강 콘크리트				
				나일론 ³⁾ +아라미드섬유 ⁴⁾ 보강 모르타르				
				발포알루미늄-강판 샌드위치 패널(50mm) 일반콘크리트(250mm)				

- 1) 강섬유(Steel Fiber) : 길이 30mm, 직경 500 μ m, 인장강도 1,140MPa, 밀도 7.85g/cm³
- 2) 폴리아미드(Polyamide) : 길이 30mm, 직경 500 μ m, 인장강도 896MPa, 밀도 1.14g/cm³
- 3) 나일론(Nylon) : 길이 12mm, 직경 12 μ m, 인장강도 896MPa, 밀도 1.14g/cm³
- 4) 아라미드(Aramid) : 길이 12mm, 직경 11 μ m, 인장강도 3,500MPa, 밀도 1.44g/cm³

자재로 구분하여 방호성능 시험을 실시하였다.

가. 야전구축 방호자재의 방호성능 평가 개요

야전구축 방호자재의 규격은 1.5m×1.5m(2.25m²)로 하였으며, 방호벽의 폭은 헤스코는 1.0m, 보강토 블록은 2열 0.9m, 드럼통은 1열 0.9m, 모래마대는 1.0m로 하여 상호간의 파편효과를 비교할 수 있도록 하였다. 본 연구에서는 기존에 사용되고 있는 야전구축 방호자재에 대한 방호성능을 평가하는 것을 목적으로 하고 있어, 시험체 상호간의 두께 차이에 대한 것은 고려하지 않았다.

한편, 보강토 블록의 경우 내부에 모르타르를 채운 경우와 채우지 않은 경우로 구분하였으며, 모르타르를 채운 경우 폭압에 의한 전도를 방지하기 위하여 철근을 보강재료로 사용하여 상부와 하부를 구속하였다.

드럼통의 경우는 총 8개의 드럼통을 사용하여 틈새를 용접한 경우, 용접하지 않은 경우로 구분하였다.

토사방호벽은 모래마대를 0.5m 높이로 쌓아올려서 토사벽을 구축하였다. 모래마대를 이용한 방호벽은 하단 폭을 2m로 하고, 휴식각은 45°를 유지하여 내부에 토사를 충전하였으며, 측압에 의한 붕괴를 방지하기 위해 전면부에 철근으로 된 지지말뚝을 설치하였다.

추가적으로 전방 소초에 병영생활관 자재로 활용 중인 샌드위치 패널을 폭발원점으로부터 7.6m, 10m, 20m 및 드럼통 후면 2m 떨어진 거리에 배치하였다.

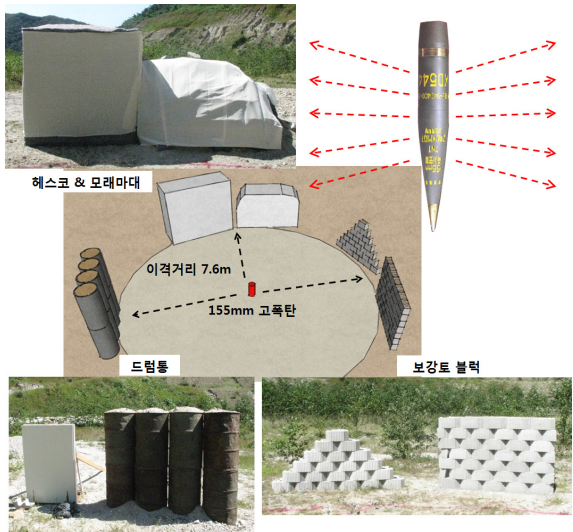


Fig. 3. 야전구축 방호자재 및 155mm 포탄의 설치 상황

폭발시험은 우리 육군의 주력포탄인 155mm 포탄을 사용하여 파편이 수평방향으로 360° 비산되도록 지면과 수직방향으로 정치하였으며, 지면으로부터의 약 1m 이격시켜 설치하였다. 시험체 및 포탄의 설치 상황은 Fig. 3에 나타내었다.

나. 구조체용 신방호자재의 방호성능 평가 개요

구조체용 신방호자재의 종류로는 서론에서 기술한 파형강판, 콘크리트 적층블록 및 콘크리트 T-wall 방호벽 3종류로 하였다.

본 연구에서 파형강판은 부착형 모듈이 아닌, 건설비 측면에서 경제적이고 우리 군의 실정에 맞는 토사채움식 파형강판 방호벽을 제작하였으며, 파형강판 방호벽의 두께는 1.6m(모래채움), 2.1m(토사채움) 두 가지로 제작되었으며, 두께 0.0032m의 철판으로 사용하여 높이 5.4m, 폭 5.0m가 되도록 제작하였다.

콘크리트 적층블록의 경우 1.5×1.5×0.9m(가로×세로×높이), 콘크리트 외피 두께 0.1m의 블록을 Fig. 8과 같이 3×5 모듈로 적층하였으며, 내부는 모래채움을 실시하였다.

콘크리트 T-wall의 경우 기존에 사용되고 있는 일반 철근콘크리트와 함께 최근 콘크리트의 방호성능 향상을 위해 콘크리트의 인성을 향상시킨 재료로 연구되고 있는^[4~6] 섬유보강 콘크리트를 적용한 시험체를 제

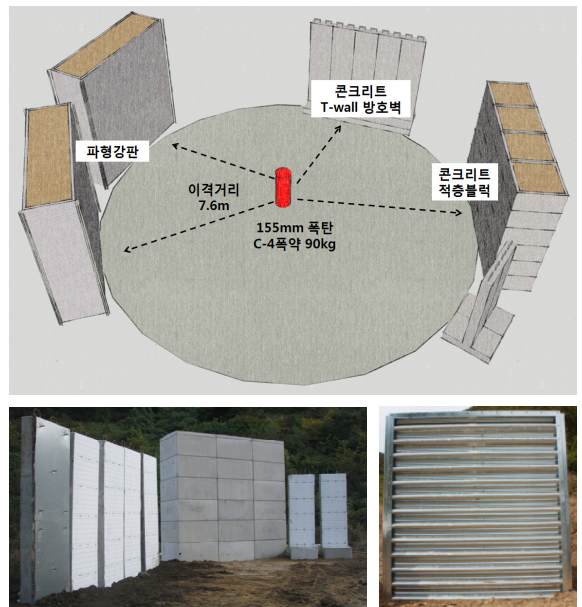


Fig. 4. 구조체용 신방호자재의 설치 상황

작하였다. 보강섬유의 종류로는 강섬유, 폴리아미드, 나일론 및 아라미드 섬유를 사용하였다. 또한, 일반철근콘크리트의 시공단가저감 및 친환경재료인 슬래그 결합재를 사용한 콘크리트 T-wall을 제작하였다. 한편, 폭압에 대한 방호성능이 우수한 재료로 알려져 있는 발포알루미늄과 강판의 적층으로 제작된 발포알루미늄 샌드위치 강판 패널을 일반콘크리트 방호벽의 충격면에 부착한 시험체를 추가 제작하였다. 한편, T-wall은 폭압에 의해 전도될 우려가 있어 기초를 1m 매립한 시험체를 제작하여 폭압에 의한 전도를 방지하였다.

각각의 시험체는 폭원으로부터 7.6m 이격시켜 원형으로 배치하였으며, Fig. 4에 시험체의 설치 개요를 나타내었다.

구조체용 방호벽의 방호성능 평가는 155mm 포탄 파편 및 C-4폭약 폭압에 대한 2차 평가로 진행되었으며, 155mm 포탄의 경우 1차 폭발시험의 결과 지면으로부터 1m 이격시켜 정치하였을 때 파편이 시험체 높이의 이상으로 비산되는 결과가 발생하여, 신방호자재의 성능평가 시험에서는 파편 및 폭압이 시험체에 충분히 영향을 미칠 수 있도록 지면과 접촉하여 수직방향으로

정치하였다. 일반적으로 파편 관입에 대한 방호력은 방호벽 재료 및 발생파편 크기와 큰 상관관계를 갖지만, 본 연구에서는 실험 여건상 1회의 폭발에 대한 분석을 수행하였기 때문에 파편의 크기는 실험체별로 무작위적인 특성을 보이므로 재료별 비교는 제한되었다. 이에 방호벽 종류별로 파편의 최대 관입깊이 및 파편에 의한 파괴정도를 측정하여 분석이 수행되었다.

4. 실험결과 및 고찰

가. 야전구축 방호자재의 방호성능

Fig. 5는 155mm 포탄의 파편에 대한 야전구축 방호자재의 방호성능 평가 결과를 나타낸 것으로 보강토블록은 파편에 의해 표면이 부분적으로 파괴된 것을 제외하고 큰 파괴가 발생하지 않았다.

드럼통 방호벽의 경우 파편에 의해 전면 철판이 관입되는 피해는 발생하였으며, 용접되지 않은 드럼통 방호벽의 경우 폭압에 의해 전도될 것으로 예상되었으나, 흙의 자중에 의해 전도되지 않았다. 본 실험에

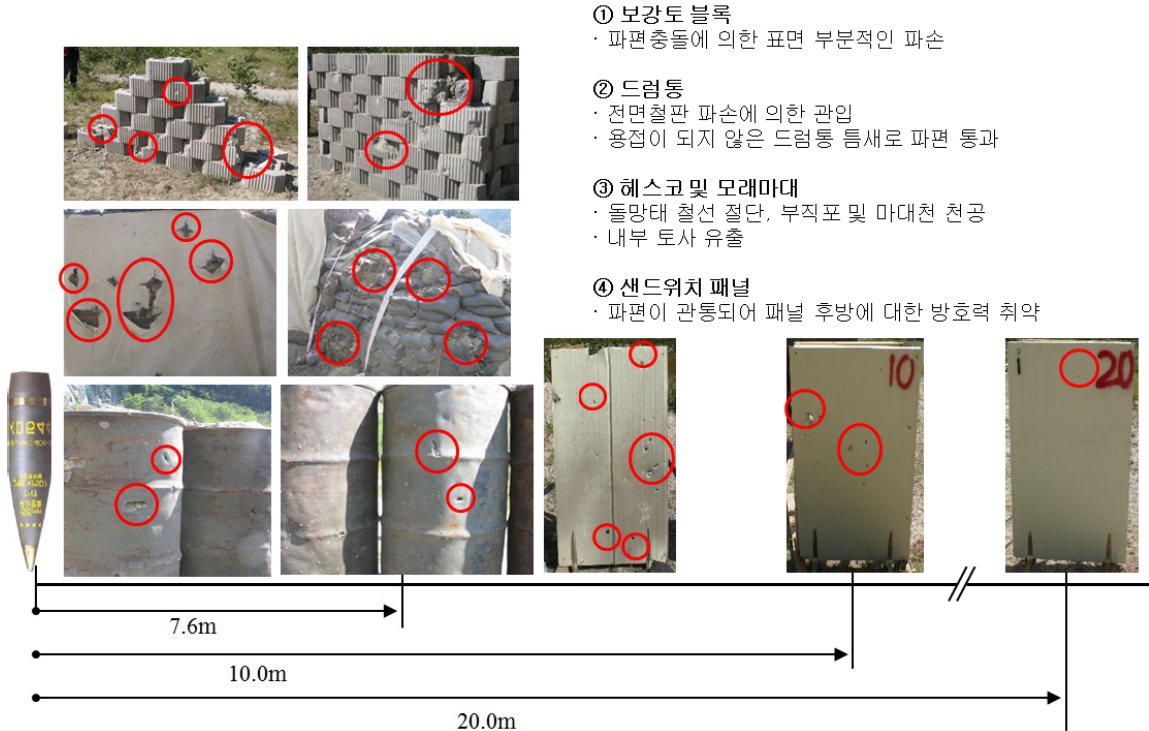


Fig. 5. 155mm 포탄 파편 충돌에 의한 야전구축 방호벽의 파괴성상

서 드럼통이 연결된 틈새를 통과한 파편 1개가 2m 뒤의 샌드위치 패널을 관통하였으며, 완벽한 방호를 위해서는 드럼통 연결부위에 대한 보강이 필요한 것으로 사료된다.

헤스코 및 모래마대는 파편에 의해 돌망태 철선이 절단되고 부직포 및 마대천이 천공되어 내부의 토사가 일부 유출되는 것으로 나타났으나, 파편에 의한 방호력은 유지되는 것으로 나타났으나, 지속적인 방호성능을 유지하기 위해서는 즉시적인 보수가 필요할 것으로 판단된다.

샌드위치 패널의 경우 7.6m 지점에 노출된 패널은 파편에 의해 목재프레임과 패널이 파손되었으며, 폭압에 의해 패널이 전도되었다. 10m, 20m 지점에 설치된 패널 역시 파편에 의해 관통되는 것을 확인하였다. 또한, 드럼통 방호벽 후방 2m 지점의 설치한 패널 역시 틈새를 통과한 파편에 의한 관통이 발생하였다. 이를 통해 전방 소초 병영생활관의 자재로 활용 중인 샌드위치 패널의 경우, 포탄 파편에 의한 방호성능이 매우 취약한 것을 확인 하였다.

나. 구조체용 신방호자재의 방호성능

1) 155mm 포탄의 폭발에 의한 파편 효과

파편에 의해 피해가 발생한 각도는 11°에서 12° 범위로 분포하였으며, 파편의 흔적은 최대 25°까지 도달하였다. 12° 이상 각도에서의 파편은 상대적으로 규모

가 작았으며 이는 지면으로부터 반사된 파편 또는 포탄의 불규칙한 파편방향성에 의한 결과로 분석된다. 파편에 의한 최대관입깊이의 측정 결과는 Fig. 6에 나타내었다. 최대관입깊이는 파편의 크기 및 충돌속도, 시험체 종류에 따라 차이가 발생하였지만, 평균 10cm 내외로 나타났다.

파형강판 및 콘크리트 적층블록은 내부에 토사를 충전하는 역할을 하는 재료로 파편에 의해 토사 유출시 방호력이 저하되므로 피폭 후에는 즉시 보수하여 내부 충전물의 유출을 방지하여야 지속적인 방호력을 유지할 수 있을 것으로 판단된다.

일반철근콘크리트 T-wall의 경우 파편에 의한 주철근이 끊어지고, 배면에 큰 균열이 발생하였으나, 섬유보강 철근콘크리트의 경우 표면파괴면적이 감소하고, 배면의 균열발생이 억제되어 방호성능이 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 발포알루미늄 강판 패널을 부착한 T-wall의 경우 패널에 의해 파편의 1차 방어가 가능하였다.

Table 2는 일반철근콘크리트 및 섬유보강 철근콘크리트에 대한 AUTODYN 시뮬레이션^[7,8] 결과를 나타낸 것으로 표면 및 배면에 대한 손상 정도는 일반철근콘크리트가 더 크게 발생하는 것으로 나타났으며, 포탄의 파편시험 결과인 표면파괴면적 및 배면의 균열 정도와 비교한 결과와 유사한 결과를 확인할 수 있었다.

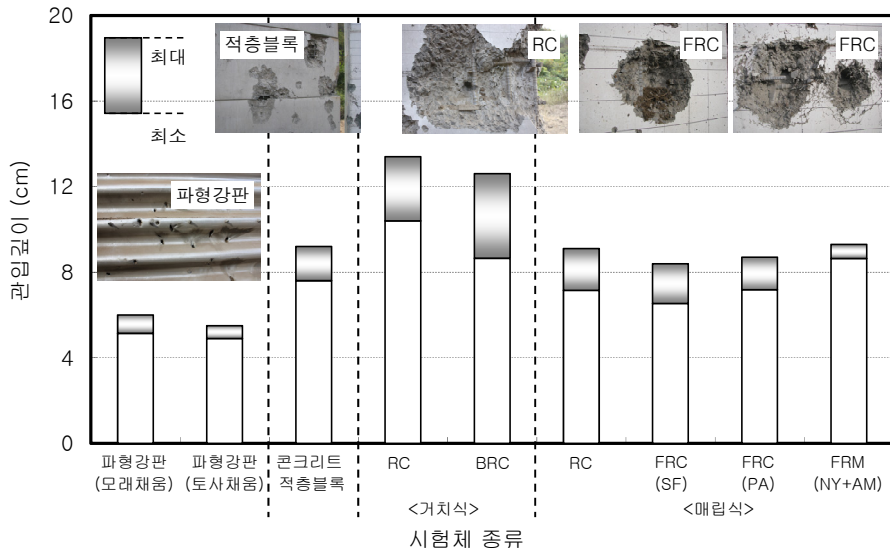


Fig. 6. 파편충격에 의한 구조체용 신방호자재의 최대관입깊이

Table 2. 콘크리트 방호벽에 대한 파편충돌 파괴상상과 해석결과 비교

구분	일반콘크리트			섬유보강콘크리트		
	표면	중심부	배면	표면	중심부	배면
해석 결과						
파편 손상						

2) C-4 90kg 폭발에 의한 방호력 평가

Fig. 7은 폭압에 대한 구조체용 방호자재의 손상정도를 나타낸 것으로 모든 시험체의 표면에 가스에 의한 그을음 외에는 외상의 변화는 관찰되지 않았으나, 폭압에 의해 시험체 상부가 약 10° 정도 뒤로 밀리는 결과가 나타났으며, 콘크리트 적층블록의 경우 상단의 블록의 위치가 변동되는 등 수직방향에 대한 추가적인 보강이 필요한 것으로 판단된다.

Fig. 8은 C-4폭약의 폭압에 대한 구조체용 방호자재의 방호성능에 대하여 유한요소 해석 프로그램인 AUTODYN 시뮬레이션 결과 및 시험체의 거동을 나타낸 것이다. 시뮬레이션 결과 폭압에 의해 시험체 하부에 집중적으로 손상이 발생하는 것으로 나타났으며, 시험체 하단부에 압력이 가장 크게 집중되는 것으로 나타났으며, 상단부로 갈수록 압력의 회절에 의해 입사압력이 감속되는 것으로 판단된다.

폭압에 의한 방호자재의 피해는 파편의 충돌과 달리 방호자재에 직접적인 파손 등은 발생하지 않았으나, 시험체의 전도 및 지점부에 응력이 집중되는 것으로 판단되어 시험체 상하부 상호간의 연결 및 지점조건에 대한 보강이 필요한 것으로 판단된다.

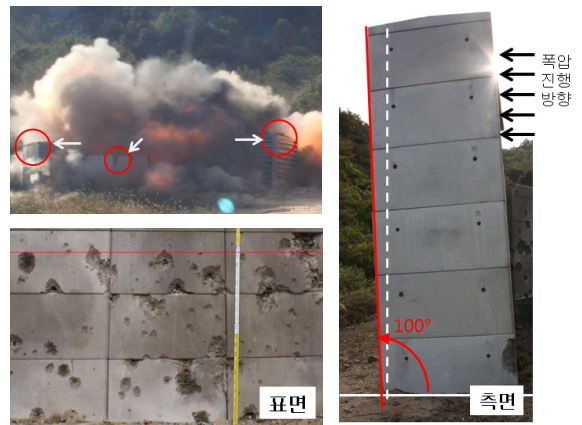
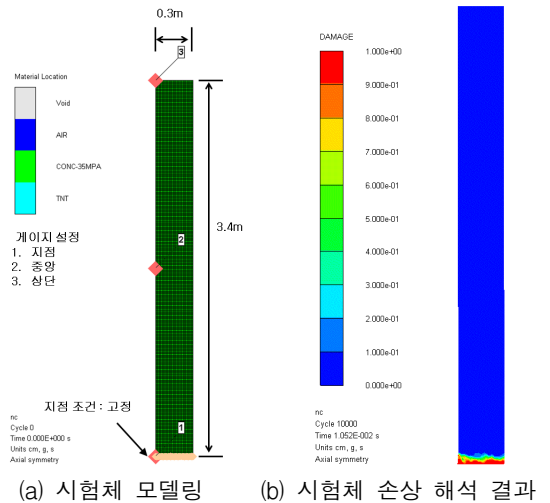
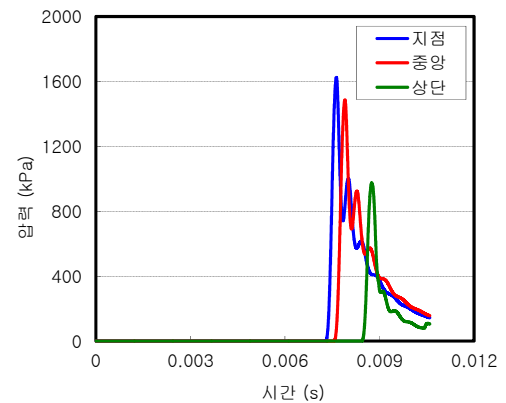


Fig. 7. 폭압에 대한 방호벽의 손상



(a) 시험체 모델링 (b) 시험체 손상 해석 결과



(c) 게이지 위치별 폭압 측정결과(해석)

Fig. 8. 폭압에 대한 방호벽의 손상해석 결과

5. 결론

본 연구에서는 야전구축 방호자재 및 구조체용 신 방호자재에 대한 방호성능 검증을 위하여 155mm 포탄 및 C-4 90kg 기폭에 의한 파편 및 폭압에 대한 방호성능을 검토하였으며, 그 결과를 요약하여 다음과 같다.

- (1) 야전구축 방호자재로 사용되고 있는 헤스코, 보강토 블록, 드림통, 모래마대를 이용한 방호벽은 7.6m 거리에서 모두 155mm 포탄 파편에 대한 충분한 방호력이 있는 것으로 나타났으나, 다음과 같은 보완사항이 도출되었다.
 - ① 드림통을 이용한 방호벽 : 파편 및 폭풍압에 대한 방호력은 충족하였으나, 드림통 틈새에 대한 보강이 필요함.
 - ② 보강토 블록 : 파편효과에 의해 전면부 파손이 발생되었으며, 1회 타격에 의해 보강토 블록의 단면손실이 크게 발생함으로 연속타격에 대해서는 보강이 필요함.
 - ③ 헤스코 방벽 및 모래마대 : 파편에 의한 1차 피해 후 토사누출에 대한 보강이 필요함.
 - ④ 샌드위치 패널 : 파편이 관통되는 방호성능이 취약한 것으로 나타났으며, 현재 조립식 구조로 되어있는 시설에 대한 보강이 요구됨.
- (2) 155mm포탄 파편에 대한 구조체용 신방호자재는 충분한 방호성능을 확보하는 것으로 나타났으며, 파형강판 및 콘크리트 적층블록의 경우 토사누출의 발생시 이에 대한 보수가 필요한 것으로 나타났다.
- (3) C-4 폭약의 폭압에 의해 방호벽이 뒤로 밀리거나 지점부에 응력이 집중되었으며, 방호자재 상하부의 결속 및 지점부에 대한 추가적인 보강이 필요할 것으로 판단되며, 폭압에 의해 시험체가 파괴되는 피해는 발생하지 않았다.
- (4) 군방호자재 및 민간시설의 방호성능의 향상을 위해서는 각 재료의 방호특성에 대하여 이해하고, 이를 효율적으로 적용하는 방안이 필요한 것으로

사료된다. 충격면은 파편에 의한 관입을 억제하고, 배면의 경우 표면 충격에 의해 배면으로 전달되어 발생하는 방호자재의 배면파괴(방호자재의 배면 일부가 파편이 되어 박리됨), 파편의 관통 등을 억제할 수 있도록 설계 하는 것이 중요하다.

References

- [1] Theodor Krauthammer, Modern Protective Structure, Taylor & Francis Group.
- [2] 육군사관학교 화랑대연구소, 콘크리트 구조물의 방호력 향상 방안 연구.
- [3] Steven J. Smith, Dennis M. McCann, Mahmoud E. Kamara, Blast Resistance Design Guide for Reinforced Concrete Structure, Portland Cement Association(PCA).
- [4] F. Vossoughi, C. P. Ostertag, P. J. M. Monterio and G. C. Johnson, "Resistance of Concrete Protected by Fabric to Projectile Impact", Cement and Concrete Research, pp. 96~106, 2007.
- [5] Masuhiro BEPPU, Koji MIWA, Tomonori OHNO and Masanori SHIOMI, "An Experimental Study on the Local Damage of Concrete Plate Due to High Velocity Impact of Steel Projectile", Japan Society of Civil Engineers, pp. 178~191, 2007.
- [6] 남정수, 김홍섭, 이인철, 미야우치 히로유키, 김규용, "고속비상체 충돌 및 접촉폭발에 의한 섬유보강 콘크리트의 내충격 성능 평가", 한국콘크리트학회 논문집, Vol. 25, No. 1, pp. 107~114, 2013.
- [7] Ulrika Nystrom, Kent Gylltoft, "Comparative Numerical Studies of Projectile Impacts on Plain and Steel-Fibre Reinforce Concrete", International Journal of Impact Engineering, Vol. 38, pp. 95~105, 2011.
- [8] Joosef Leppanen, "Concrete Subjected to Projectile and Fragment Impacts : Modeling of Crack Softening and Strain Rate Dependency in Tension", International Journal of Impact Engineering, Vol. 32, pp. 1828~1841, 2006.