

斜面保護用 凡用補强콘크리트블록의 開發

Development of Common Reinforced Concrete Block for Slope Protection

유능환 (강원대학교)

Ryu, Neung Hwan

Abstract

The reinforced concrete blocks for reinforced earth layer are combined with soil structures consisted of facing unit, reinforcing materials and soil. Those environmentally friendly facing units of reinforced concrete blocks are made of mine waste and tailing and that will be played a role of the effects of recycling use of wasted resources. The block are consisted of three types as curved or straight in order to control topography. The systems are also not limited to wall hight so that they are effectively used for protecting the slope of banking and cutting of earth works. The reinforced concrete blocks developed this time will be effectively applied for not only retaining wall, road, park, golf course, public office building constructions but also protecting of slope stabilization projects.

I. 서론

자연사면이나 절토 및 성토공의 사면 지지능력을 증대시키기 위한 공법이 오래전부터 연구되어 왔으며 최근에 이르러서는 이론 및 실험에 근거를 둔 연구가 보강토(Reinforced Earth)란 이름으로 활발히 진행되고 있다. 이 공법은 1966년 프랑스의 Henri Vidal에 의하여 체계적 해석과 설계의 개념이 정리되었고, 흙의 기본적 성질을 유지하면서 그의 공학적 성질을 개선하여 사면지지 능력을 증가 시킬 수 있으므로 환경친화적 사면 보호재로 각종 토류구조물에 효율적으로 사용할 수 있다.

본 공법은 흙과 보강재의 마찰력이 수평토압에 저항되도록 설계가 가능하며, 전면판의 역할은 뒷채움 흙의 유실을 방지하고 보강재를 견고하게 연결시키고, 구조물의 외관을 미화시키며, 약간의 잔류토압을 지지해 주는 역할을 하여 주로 프리캐스트 콘크리트판과 금속제 스킨이 많이 사용되었으나, 최근에는 콘크리트 판이 많이 사용된다. 그러나 콘크리트판은 중량이 1ton정도로 운반 및 설치가 불편한 단점을 가지고 있기 때문에 제작, 운반, 시공 및 자연친화적 토류구조물의 구축이 가능한 블록의 개발이 요구되었다. 때문에 본 연구는 기존의 블록이나 콘크리트 판에서 발생하는 단점을 구조적으로 개선하여 기하학적, 공학적, 경제적 및 환경친화적으로 새로운 차원의 보강벽체 토류구조물의 설계, 시공 및 현장유지관리 체계를 효과적으로 구현하는데 있다.

II. 재료 및 방법

본 블록의 개발에 사용된 재료 중에서 결합재는 일반포틀랜드 시멘트를 주원료로 하여 1:3 비율로 시멘트 몰탈을 조제하고 혼화제로는 강원지역에서 생산되는 Fly ash에 경화촉진제를 혼합하여 사용하고 잔골재는 광산폐석인 광미(tailing)를 사용하여 강도증진 및 환경오염방지와 환경친화적 색조를 구성하였다.

형상설계는 한국적 지형지물에 적합한 지반 결속형 블록을 구상하여 개발하고, 각종 사용재료의

특성과 시험에서 얻어진 결과를 종합하여 강도, 형상조건을 고려하여 구조적, 역학적 및 친환경적 요인에 적합한 최적단면을 결정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 설계 이론 및 형상설계

본 콘크리트 블록은 구조적으로 자연지형지물과 순조로운 조화를 이루기 위해서 gear 와 circle 의 원리에서 출발하여 Hinge-stone이란 명칭을 부여하였다. Fig. 1과 같이 block 전면부 좌측반단면에 half unit는 DE를 기준으로하여 좌우대칭을 이루며 이는 left hinge와 left hinge hole을 DE 선상에 놓아 기하학적 center 역할을 할 수 있다.

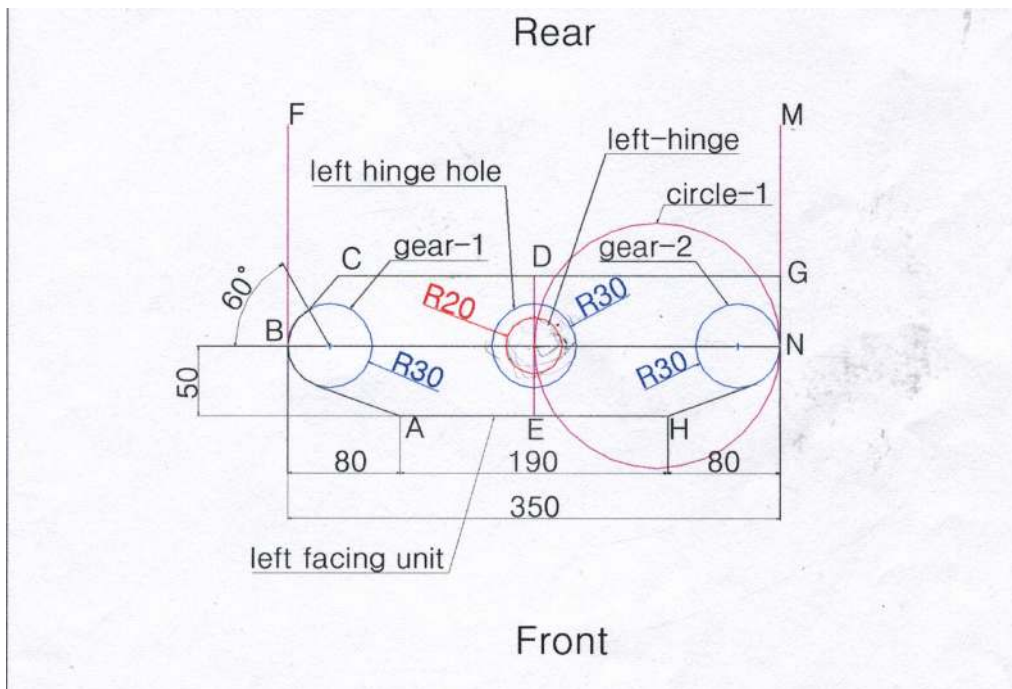


Fig. 1. Left facing unit of half size block of Hinge-stone

half unit의 양단을 직선(AB)와 전면의 범선(BF)사이의 tangent circle(gear-1, $r=30\text{mm}$)로 좌우대칭으로 배열 결합되었다.

이와같이 상호결정된 half unit의 외형은 중앙 hinge와 양쪽의 tangent circle(gear-1, gear-2)을 포함하는 ABCDGNHE의 폐다각형(Fig.2)을 형성하여 사다리꼴의 안정성을 유지한다. 본 Hinge-stone은 시공의 편의상 직선형, 곡선(블록형, 오목형)의 3가지로 구분하여 개발하였다.

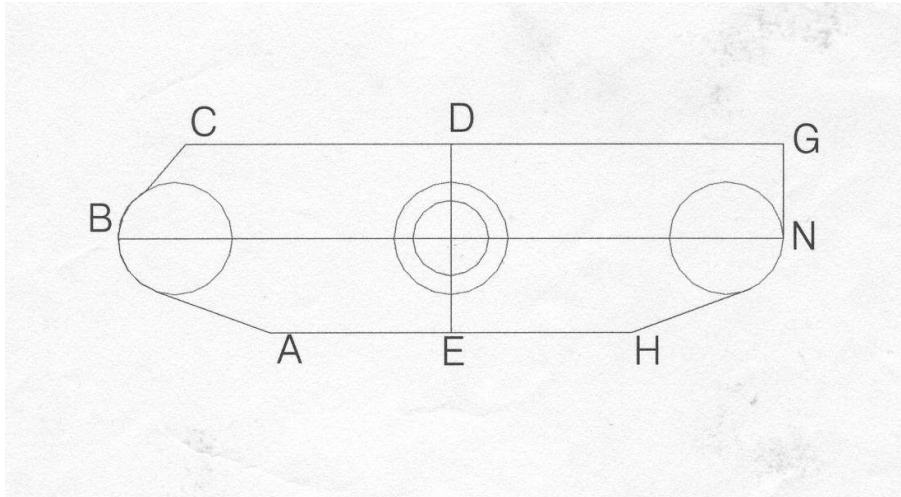


Fig. 2. Left facing unit Hinge-stone frame

1. 직선형 Hinge-stone

Fig. 3은 Fig. 1의 half unit를 전면부의 범선 MN을 축으로하여 대칭배치한 것으로 이 두부분의 결합으로 직선형 Hinge-stone의 Facing unit가 탄생되었다. 전면부의 양단에 circle(gear-1과 gear-4)의 배치는 복잡한 굴곡이 많은 우리나라 지형에 조합시키고, 자연의 지형, 지물과 어우름의 미, 기하학적인 조화 그리고 설계, 시공 및 유지관리상의 공학적 시공성을 고려한 것이다.

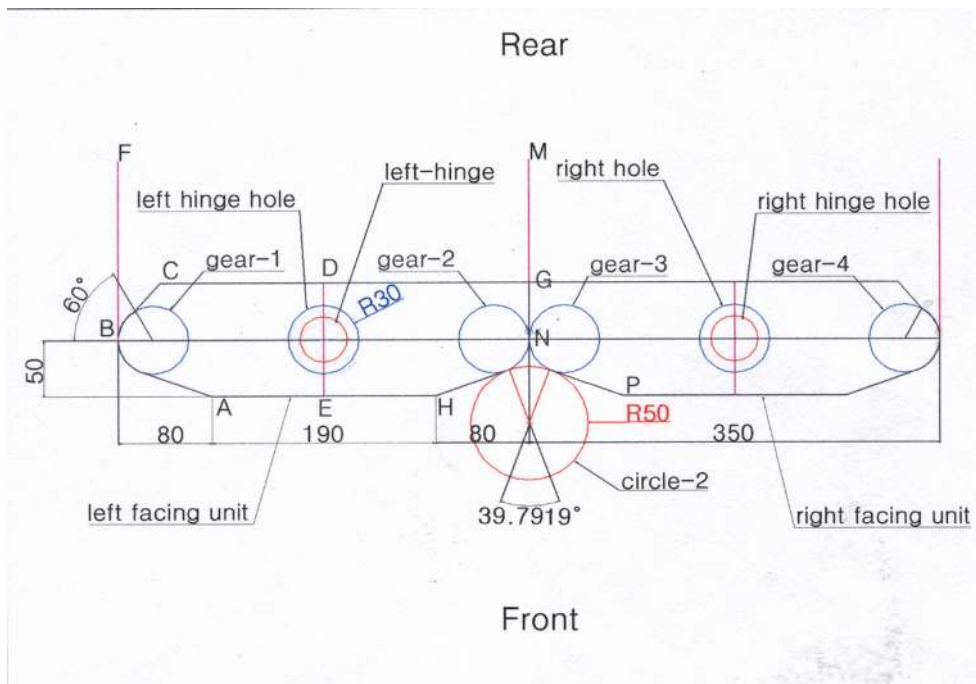


Fig. 3. Full size of Hinge stone facing unit

여기서 전면 중앙부의 응력집중현상에 의한 강도의 영향을 배제하기 위해서 원의 중심을 외측으로 이동 배치하여 전체적 구도는 Fig. 4와 같이 원과 3각형의 원활한 결합으로 이는 외형상으로도 무리가 없고 구조적으로도 안정성을 유지할 수 있다.

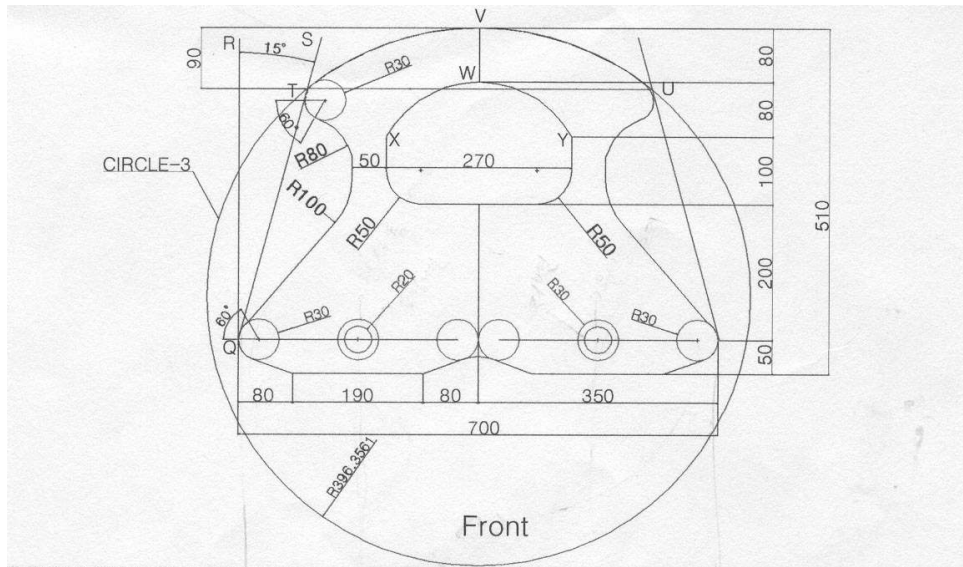


Fig. 4. Plane view of straight type

2. 곡선형 Hinge-stone

블록형은 직선형과 기본원리는 동등하고 각 gear의 회전 방향을 역으로 처리한 것이다. 즉, 대칭의 직선형 half facing unit를 좌우로 일정한 각도로 gear-2와 gear-3의 중심을 기준으로하여 회전 결합한 형태로 이는 computer simulation 상에서 양쪽으로 15° 씩 회전시켜 block의 face의 내측 교각이 150° 되게한 구조로 이는 모든 곡선에 접근이 가능하며 이론상으로는 곡선반경 1m의 곡선에서도 무리없이 처리할 수 있다. 또한 오목형은 블록형과 기본원리는 동등하나 회전방향만을 역으로 처리한 것이다.

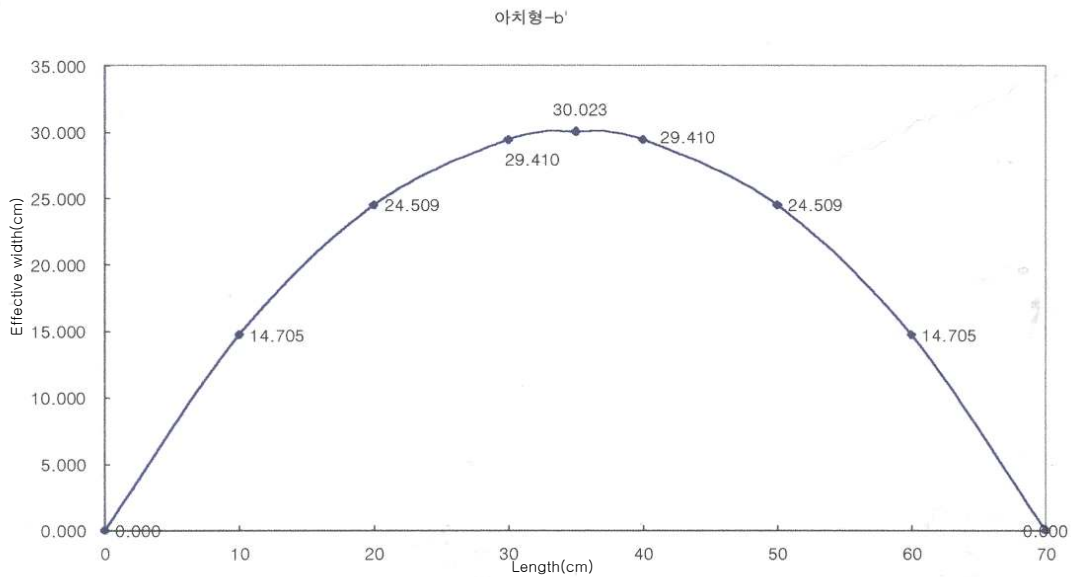
3. 구조체에 대한 안정성 검토

구조적 안정성을 검토하기 위해서 Hinge stone의 단면에 대한 기본 가정을 설정하고 유효폭을 설정하고 이에 대한 응력을 검토하였다.

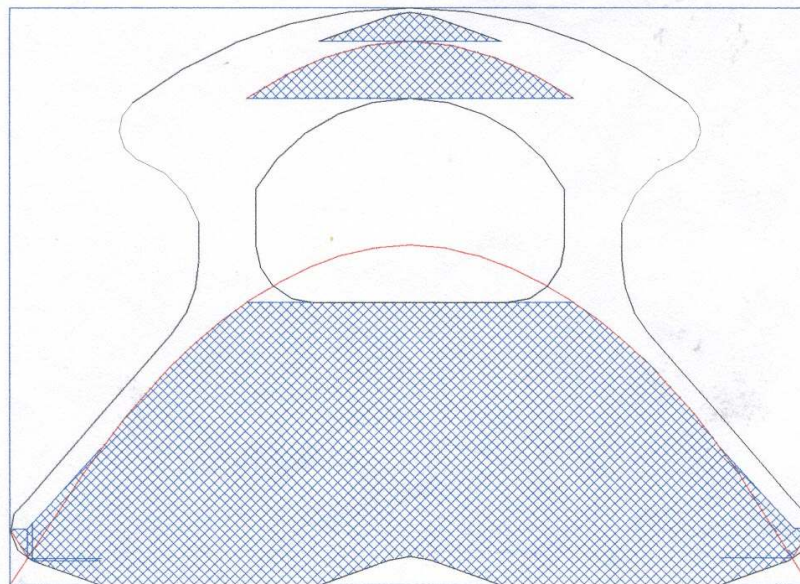
단면설계는 strength design method와 working stress design method 두가지 방법을 적용하여 유리한 측을 택하였으며 strength design method 의한 bending method diagram을 구한 결과 Fig. 5와 같다.

본 구조검토에서는 block의 양단을 지점으로 가정하고 적재 block과 block의 뒷채움을 등분포하중으로 고려하여 계산한 결과 안전측에 속하였으며 기본 적재 높이는 10m 이상에서도 안정한 것으로 판단되었다.

block의 유효폭은 5cm에서 30cm까지 역학적 안전성이 확보되어 구조적으로 기본구상과 잘 일치되는 dimension을 갖추고 있으며 균열이나 파괴의 우려를 완전히 불식시킬 수 있으며 block의 중량도 건설부령에서 규정하는 규격에 적정치를 유지하는 구조체를 형성하였다.



(a) Effective width vs. Length of block



(b) Bending moment diagram

Fig. 5. Bending moment diagram of block

따라서 본 제품은 환경친화적이며, 시공성과 경제성이 우수하여 보강옹벽개발에 적극 활용될 수 있으며, 공장 완제품으로서 운반/시공 중 추가적인 손질이 불필요하다. 더욱이, 축조된 block은 구조적으로 완전한 일체를 이루도록 설계되었기 때문에 각 block 사이의 결합을 위한 cutting이나 추가적인 jointer(결합용 key나 기타 결합재 등)가 불필요하다. 이는 기하학적인 model을 computer simulation을 설계에서부터 응용하여 섬세한 검증을 통한 결과이며, 연성 geogrid를 사용하기 때문에 back-fill 부분의 부등침하나 기타 지반변동에도 block retaining wall system은 본래의 외관이나 주 기능을 상실하지 않을 뿐만 아니라 시공에서도 특별한 기술을 요하지 않으므로

공학적으로 우수하고, 수월한 시공성이 보장된다. 또한 소음·진동 및 주변 훼손의 요인을 설계단계에서부터 최소화하여 경관과 잘 어울리는 새로운 옹벽의 model을 제시하며, 공학적/구조적인 면뿐만 아니라 친환경적인 부분도 고려되었다.

산지가 많고 지형 굴곡이 심한 우리나라의 자연환경과 가장 잘 어울릴 수 있도록 기하학적으로는 circle을, 구조적으로는 gear의 원리를 이용하여 다양한 곡률과 지형에 조화를 이루도록 설계되어 기존의 block보다 환경친화도를 보인다. 또한 특별한 배수층이나 배수구의 설치 없이도 문제가 발생하지 않는 것으로 검증되어, 기존 자연경관이나 가설 구조물들과 자연스런 조화가 가능하다.

뿐만 아니라, 본 block은 공학적인 환경 친화성 및 수려한 자연미를 한층 상승시키는 데 탁월한 조화도를 자랑하며, 기존의 둔탁하고 무거운 이미지를 상당부분 일소시킨 것으로, 특히 크기가 기존의 그것에 비해 2~3배 큰 형상에도 불구하고 미적인 어울림이나 시공상의 성능 등을 상승시킨 것은 retaining wall system을 진일보시켜 사면 처리의 새로운 패러다임을 제시한 것이라 할 수 있으며, 기성품들에 비해 2~2.5배 정도의 full-size이며, 이는 2~3배의 시공속도를 증가시켜서 공기의 단축과 경비절감을 가능케 한다. 또한 특별한 시공기술을 요하지 않고 기계화가 가능하기 때문에 인력의 성력화와 함께 공기의 단축, 시설물의 효율성과 내구성의 증대를 기함으로서 경제성을 높일 수 있을 뿐만 아니라 기존의 옹벽축조공법은 대부분 구조물 자체에 균열이나 파괴의 위험이 있고, 외관도 단조롭고 시공성도 떨어지는 반면에, 본 block을 사용한 retaining wall system은 위와 같은 단점을 근본적으로 해결하였고, 기존의 옹벽 시공법에서 탈피하였다. 따라서 기존의 block식 옹벽에서는 시도하지 못한 block의 대형화를 현실화시킴으로서 상당한 공기의 단축도 가능해졌다. 이로서 보다 우수하고 수월한 시공성, 수려하고 환경친화적인 배열이 가능해졌다. 즉, 안전성, 기능성, 시공성 및 유지관리는 물론 환경친화적인 조형미를 고려하는 작품으로 평가될 수 있다.

IV. 요약 및 결론

지반 결속형 보강콘크리트 블록은 기성 보강 재료에 의한 흙의 강화 공법재료의 일환으로 기성 제품의 벽면판과 보강재 및 건설현장의 지반재료를 조합한 사면보호공법 구조재료 이다.

본 자연친화적인 벽면블록은 강원도 산간 광산지역에 널리 방치되어 있는 광산폐석과 광미를 주재료로 하여 폐자원의 재활용효과는 물론 시공성의 용이, 제조, 운반, 설치 및 조립이 간편할 뿐만 아니라 지형에 따라서 직선부와 곡선부의 연결시공이 자유롭고 벽체의 높이에도 크게 제한을 받지 않으므로 사면 안정처리에 효과적일 뿐만 아니라 주변 환경과 어울리는 미려한 곡선과 둔탁한 질감, circle과 gear의 원리를 적용한 독특한 기하구조로 일반가정의 담장, 각급학교, 공공기관, 도로의 절성토구간, 골프장 및 공원 등의 사면 보호용으로 그의 활용성이 크게 기대된다.

V. 참고문헌

1. Broms, B. B. "Design of fabric reinforced retaining structures", Proc. of the symposium on Earth Reinforcement, ASCE, Pittsburg, pp.282~303. 1978.
2. Bonaparte, R, Holtz, R. d. and Giroud, J. P. "Soil reinforcement design using geotextiles and geogrids", Geotextile Testing and Design Engineer, ASTM STO 952, pp.69~116. 1987.
3. Holtz. Y. D. Geosynthetics for soil improvement. The American Society of Civil Engineers. USA. 1988.
4. 김진만, 조삼덕, 오세용, 김성철, "지오그리드 보강토옹벽의 시공 및 계측평가", 삼양그리드의 공학적특성 및 현장 적용성 기술세미나. 삼양사, pp.119~155. 2000.