

최 종
연구보고서

조립식 강재틀(판)을 이용한 친환경 임도 옹벽 및 측구 기술개발

Technique Development of the Environmental Forest Road Side-ditch
and Retaining Wall by the Prefabricated Steel Frame(Plate)

연구기관
상지대학교

농림수산식품부

제 출 문

농림식품부 장관 귀하

본 보고서를 “조립식 강재틀(판)을 이용한 친환경 임도 옹벽 및 측구 기술개발” 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2008년 4월 24일

주관연구기관명 : 상지대학교

총괄연구책임자 : 이 현 규

세부연구책임자 : 이 현 규

선 임 연구 원 : 황 영 철

선 임 연구 원 : 엄 준 식

원 급 연구 원 :곽 명 칠

원 급 연구 원 : 박 주 환

연구 원 : 임 중 필

연구 원 : 박 중 문

연구 원 : 우 도 현

연구 원 : 윤 준 주

연구 원 : 이 순 규

연구 원 : 이 문 규

연구 원 : 박 진 환

협동연구기관명 : (주)한보니스코

세부연구책임자 : 김 상 기

선 임 연구 원 : 이 재 성

연구 원 : 고 흥 석

연구 원 : 황 경 필

연구 원 : 주 진 영

위탁연구기관명 : 산림조합중앙회

엔지니어링사업본부

세부연구책임자 : 양 중 문

선 임 연구 원 : 이 재 면

연구 원 : 민 도 흥

연구 원 : 홍 승 훈

연구 원 : 정 현 주

요 약 문

I. 제 목

조립식 강재 틀(판)을 이용한 친 환경 임도 옹벽 및 측구 기술개발

II. 연구개발의 목적 및 필요성

우리나라 산림작업과 산림경영을 수행하기위하여서는 적정 임도밀도가 필요한데, 현재 우리나라 임도밀도는 2,8m/ha로, 선진임업국가의 임도밀도 40m/ha와 비교하여 보면 아주 낮다. 1970년대 산림녹화로 많은 나무들을 심고, 계속 키워서 2030년경에는 벌기 령에 도달된다, 그러기위해서는 간벌, 벌채를 위한 최소 임도밀도 8.5m/ha가 필요한데, 2000년 이후에는 새로운 신설 임도시공을 하지 않아 목표 달성에 어려움이 예상된다. 그리하면 2030년경에는 임도로 인한 우리나라 산림 경영에 어려움이 있어 친환경적이고 지속가능한 산림경영에도 지장을 초래 할 것이다. 그래서 임도 신설의 시급성이 요구되며, 그에 따르는 임도시공의 안정을 위하여, 구조적으로 검증된 시공 자재의 공급이 요구된다.

임도시설은 집중적인 호우피해로 절·성토 면의 침식으로 인한 피해 및 설계, 시공, 기술부족 으로 인한 피해 등 그동안 여러 가지 문제점을 안고 있었다. 그러나 임도의 설계 및 시공은 기술축적이 향상되어 왔다. 그러나 아직도 마사토지역이나, 급경사지의 임도 시공지 등에서는 시공 후 피해가 예상되는 곳으로 심각한 재해우려를 걱정하고 있다. 따라서 완전한 임도 시공을 위하여 경제적이고 합리적인 옹벽 및 측구의 기술 개발이 필요하다.

이에 기존옹벽의 획일화된 경관과 시공 성을 비교하여, 임도 붕괴사고를 저감시키고 급경사지 및 높은 산지에서 시공이 편리하도록, “조립식 강재 틀(판)을 이용한 친환경적인 임도 옹벽 및 측구 기술개발”을 연구 목표로 하였다.

옹벽은 토압에 저항하는 가장 일반적인 구조물로서 도로, 철도, 하천, 운하, 항만, 호안, 방조제 등 용지에 제한이 따르는 토지의 최적이용을 목적으로 주로 사용한다. 옹벽의 형상은 시공현장의 상황, 경제성 및 시공성, 건설 완료 후의 유지관리 등을 종합적으로 고려하여 현장의 실정에 맞는 가장 적절한 형식을 선정한다. 그러나 옹벽을 구성하는 재료의 성질과 작업과정으로 인해 많은 공기가 소요되는 경우가 빈번하였으며 작업공간이 협소하여 시공이 난해한 구간과 연약지반과 같이 원지반이 불안정하여 시공이 곤란할 경우도 많이 발생하여 시공의 어려움을 호소하는 경우가 많이 발생하였다.

임도구조개량사업 등으로 성토면 안정은 어느 정도 이루었으나, 마사토 지역에서는 절토사면 침식 방지를 위하여 다양한 옹벽 시공 등을 보였으나 시공의 어려움이나 구조적으로 취약함이 보이고 있다. 또한 측구가 세굴 되어 임도 피해 확산의 원인이 되었다. 이에 대한 항구적이고 안정적인 기술보급이 필요하다. 임도의 시공은 급경사지 높은 산지에서 이루어지므로 임도의 옹벽 재료는 시공이 아주 간편하고, 구조적으로 안정적인 철강재를 이용한 기술 개발이 요구되고 있다.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

조립식 강재 틀을 이용한 임도 옹벽 기술개발은 대학교, 산업체, 설계관련업체 등이 모여 연구 개발하고자하는 기술과제로 큰 목표는 기술 개발된 제품이 현장에 시공이 될 수 있도록 하는 것이었다. 2005년의 주된 목표는 임도 옹벽의 필요성과 시작품의 표준 설계를 작성하는 것이었다. 2006년의 주된 목표는 기존 임도옹벽 시공의 계절적 단점을 보완하고자 동절기에 현장 시공하는데 주력하였으며, 2007년에는 시작품의 산업화를 위한 단계로 기술특허 출원과 구조분석으로 제품의 안정성을 도모하였다.

1. 조립식 강재틀 임도옹벽의 기본 설계도작성

연구 1차 년도에는 임도옹벽의 필요성과 개발을 위한 여러 차례 자체토론으로 기본 설계방향을 정하여 Standard A, B형을 완성, 시작품을 제작, 임도현장에 시공하는데 연구개발 주요 목표를 정하여 평가에 임하고자 하였다. 연구 2차 년도에는 1차 년도에서 문제점으로 논의 되었던 강재 틀 임도옹벽 부재의 경제성 향상 및 경량화를 통

한 시공 성 개선을 위하여 부재를 변경(4mm→3.2mm)하여 Standard C, D형을 설계하였다. 연구 3차년도의 시작품 설계 주요 목표는 주재의 경량화(3.2T)와 곡선임도시공에서 조립식 강재 틀 용벽 상단의 곡선 처리를 위한 설계를 완성하여 최종 시작품 설계도를 작성하였다.

2. 임도 용벽 시공을 동절기 시공으로 난제 해결

임도 용벽으로 주로 사용되는 콘크리트 용벽 시공은 계절적 선택이 한정되어있다. 장마철 등의 우기에는 레미콘의 운반이 어렵고, 동절기에는 콘크리트 타설 후 몰탈트의 양생 중에 기온이 영하의 온도로 내려가면 작업이 곤란하므로, 산에서 작업은 더욱 어려움이 있어 용벽 시공에는 계절적 한계를 갖고 있었다. 연구 1, 2차 년도의 시공은 동절기에 시공을 하여 아무런 장애 없이 용벽시공이 가능하였다.

3. 임도 용벽의 식생도입 즉시 유도

임도 용벽에 많이 사용되는 콘크리트 용벽과 계비온 용벽 등은 기본적으로 식생을 용벽 상단에 착생시키기가 기본적으로 어렵다. 그러나 조립식 강재틀 용벽은 용벽 자체와 식생이 어우러져 주변 환경에 거부감 없이 시공될 수 있었다. 시공 1년 후 식생이 용벽과 같이 어우러져 주변과 친화적인 용벽을 이룰 수 있었다.

4. 경사진 곡선임도에 조립식 용벽 시공 가능

임도는 직선 임도보다 곡선임도가 많은 경우가 있다. 또한 임도는 평지보다 경사가 있는 곳이 많은데, 특히 종단구배 10%를 가지고, 최소곡선반경 R=10m, 인 곳에서도 시공이 가능하도록 조립식 용벽은 설계되었다.

5. 임도용벽에 측구부착으로 상호보완

임도의 측구 침식으로 절개지가 침식되고, 그래서 측구가 다시 메워지고, 그리고 임도관리를 위하여 측구를 다시 포크레인으로 쌓인 흙 등을 준설하는 과정 중에서 측구

가 점점 넓어져 임도 나비가 작아지는 경우가 많이 발생되고 있다. 그래서 옹벽의 기초부분이 훼손되어 옹벽의 시공과 측구관리의 상호관계성이 중요하다. 이번 연구에서는 이런 점을 고려하여 조립식 강재틀 옹벽에 측구를 부착하여 측구와 옹벽의 침식방지 및 안전성을 향상시키도록 하였다.

6. 강재틀 옹벽의 안정성 검토

강재틀 옹벽의 실용화의 안정성 검토는 외적안정성 검토와 내적 안정성 검토가 요구되는데 이번 연구에서는 조건에 따라 1차, 2차 수행하였다. 해석조건 등을 이용한 내적 안정성 검토결과 현장의 악조건을 고려한 offset이 '0'일 때도 외적 안정성이 확보되었다. 전도, 활동, 지지에 대한 검토에서 모두 안정한 결과를 보였다.

임도 옹벽의 전체적인 윤곽과 내부채움재의 이탈을 방지하도록 설계된 강재틀의 구성부재는 주부재와 이음부재, 스크린부재, 브레이싱 재로 구성되어 있다. 해석결과 1.5m폭의 2단 블럭의 경우에서, 최대응력이 발생하는 부재는 이음부재 상단으로 분석되었으며, 전체적인 틀 구조의 거동과 응력분포는 안전한 것으로 판단된다. 주 기둥에 작용하는 응력은 247kg/cm^2 , 후면 주 기둥에 작용하는 응력은 1127kg/cm^2 로서 허용응력 $1,400\text{kg/cm}^2$ 에 만족하였다. 응력 검토결과 브레이싱 재의 경우 약 1031.8kg/cm^2 이 나왔으며, 이음 부재의 경우 약 $1,330.8\text{kg/cm}^2$ 로서 허용 응력 $1,400\text{kg/cm}^2$ 에 만족한 결과를 보였다.

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

우리나라 임도밀도를 2030년경에 8.5m/ha 정도에 도달하기 위해 여는 신설 임도를 계획적으로 진행하여야 한다. 그렇게 하여야 임도 설계 기술자와 시공 기술자들이 기술을 축적하여, 더 좋은 임도를 만들 수 있다. 앞으로는 산림의 정책에 반영하여 단절된 임도들을 연결하는 임도 망을 구축하여, 지속가능한 산림경영을 할 수 있도록 하여야 한다.

여기에는 기존 임도들이 구조적으로 안정한 임도가 되지 못한 책임이 있다. 물론 초기의 과도한 양적 임도시공과 낮은 임도단가가 부실의 원인이 되지만, 적정 임도설계 미비 등도 원인이 된다. 2000년 이후 구조개량으로 임도에 대한 많은 반성과 환경

재해에 대한 요구가 커지므로 새로운 인식이 확산되었다.

이번 연구과제에서 개발된 조립식 강재틀을 이용한 임도옹벽 및 측구 개발은 관련 산업체, 설계전문기관, 대학의 연구진이 공동연구 만들어진 결과이므로 활용방안을 3개 분야로 건의 한다.

1. 적극적인 신공법 설계 반영

2006년 1차년 연구 개발된 시작품 시공은 강원도 횡성군 서원면 창촌 임도에 시공하고, 계속적으로 같은 임도 내에 2차, 3차 연구 개발 시작품이 시공되었다. 이는 북부지방산림청 과 홍천관리소 등이 적극적으로 협조하여 이루어 졌다. 2007년 12월 21일 산림청 주최 한 “신기술 신공법 콘테스트”에서 이번 연구 결과를 중심으로 친환경 신기술 개발 발표로 장려상을 수여하여, 임도기술자 와 관계전문가들에 기술의 내용 등을 보급하는 좋은 계기가 되었다. 이와 같이 신기술이 얻어지면 임도 시행 관청의 적극적인 신공법 설계를 반영하여 현장에 직접 적용되어야 한다. 그래서 기술을 보완을 하여 새로운 공법으로 발전되도록, 임도 시행 관청의 도움이 절실하다.

2. 기술 이전 및 산업화 계획 방안 지원

산림분야의 전문적인 기업이 부족하다. 이는 산림분야의 시장성이 부족하므로 기업이 경제적인 면을 고려하여 참여를 안 하는 경우가 많기 때문이다. 그러나 산림의 특수성을 고려하면 지속적인 산림분야 기업을 육성하여야 한다, 이번 연구에 참여연구 기관으로 3년 동안 시작품 제작에 여러 가지 도움 준 (주) 한보니스코는 중견 중소기업인데 철강재 사방댐으로 산림토목 사업에 참여함으로 새로운 방향모색을 한 산림토목사업에 대단한 관심을 갖은 기업이다. 본 연구에서 얻어진 기술을 우선 이전 기업이 될 것이며, 산업화 육성에 기업 및 산림당국 등이 협조하여야 앞으로 좋은 산림토목 신기술이 발전 할 것이다.

3. 새로운 영역의 학술연구 수행

이번 연구에서 시공되어진 3개 지역의 6개의 시험연구 등을 계속 진행하여 신기술로 이어지도록 학술연구를 수행 할 것이다. 첫 째 임도 옹벽의 외적, 내적 구조분석에

따른 임도 옹벽의 전도, 활동 등을 모니터링 하여야 한다. 둘째 방부 목의 옹벽 재료의 수명과 균열 상태 등을 계속적으로 관찰하여야 한다. 또한 생목 원주 목의 부식 정도 등을 시간의 경과에 따라 관찰 하여야 한다. 셋째 옹벽 상단에 식재된 식생 유입에 관한 연구도 같이 수행되어야한다 넷째 측구의 효과와 시공 방법 등에 대하여도 계속인 연구가 진행되어야 한다. 이와 같은 연구진행을 북부지방산립청과 홍천관리소 같이 협동연구가 되도록 건의 한다.

SUMMARY

I. Title

Technique Development of the Environmental Forest Road Side-ditch and Retaining Wall by the Prefabricated Steel Frame(Plate)

II. The purposes and the necessity of research and development

In order to complete forest operations and forest management in our country, optimum forest road density is needed, but that of our country is 2,8m/ha, which is so low compared with that of advanced countries of forest industry, 40m/ha. As lots of trees were planted and they have kept growing through forestation in 1970s, by 2030, they will reach the final cutting age. In order to conduct it, the minimum forest road density, 8.5m/ha is needed for thinning out the forest and cutting down the forest. However, it is expected that it will be difficult to achieve the goal as new forest roads have not been built since 2000. Accordingly, by 2030, it will be difficult to manage domestic forest due to forest roads, which will cause inconvenience to manage environment-friendly and sustainable forest as well. Therefore, it is urgent to build new forest roads, and for the purpose of the safety of building them, it is necessary to supply construction materials which are verified structurally. Forest-road facilities have had many problems including damages due to erosion of cutting ground and filled-up ground resulted from damage by the severe rain storm and damages due to designing, construction and skills shortage etc. However, the accumulation of technology has been improved in designing and construction of forest-road. However, damages are expected after constructing in the areas of decomposed granite soil or of forest-road construction areas of steep slope and currently, they are worried about serious disasters. Therefore, in order to build complete forest-road, it is necessary to develop

economic and reasonable retaining walls and ditch. This study aimed to develop the retaining walls and ditch of environment-friendly forest-road using prefabricated steel frame (panel) so that collapse of forest-road can be reduced and construction in high mountains can be realized with ease by comparing with uniform landscapes and construction of existing retaining walls. Retaining walls are the most general structure which resist to earth pressure and they are used in order to optimally use the land which has limitations to construct roads, railroads, rivers, canals, harbors, shore protection, tide embankments and others. The shape of retaining walls is selected as the most appropriate form which fits the actual circumstances of the field in general consideration of situations of the construction fields, economical efficiency, easiness to construct and maintenance and management after construction. However, lots of air often leaked out due to the nature of materials which constitute retaining walls and working process and as working space was small and narrow, there were blocks in which it was difficult to construct. And as the original ground was unstable like soft ground, it was difficult to construct in many cases. As mentioned above, difficulty in constructing was generated in many cases. The surface of reinforced soil was stabilized to some degree through improvement project of structure of forest-road etc. but in regions of decomposed granite soil, constructing various retaining walls was tried in order to prevent erosion of slope but difficulty in constructing and structural vulnerability have been revealed. In addition, ditches were scored, which resulted in expansion of damages of forest-road. Accordingly, it is necessary to supply permanent and stable technology. As construction of forest-road is fulfilled in high mountains of steep slope, for materials of its retaining walls, technology development is required using so simple and easy steel to construct and structurally stable steel.

III. The object and scope of research and development

Technology development of retaining walls to use prefabricated steel frame is

a technical problem that universities, industries and enterprises related to designing etc., want to cooperate with each other to conduct research and develop. Its big goal is making technologically developed products constructed in the field. The main target of 2005 was to set out standard planning of trial products and necessity of forest–road retaining walls. That of 2006 was to construct them in the field in the winter time in order to make up for the seasonal defects of construction of existing forest–road retaining walls. In 2007, as steps for industrialization of trial products, safety of products was promoted through technology patent application and structure analysis.

1. Basic design drawing of forest–road retaining walls of prefabricated steel frame

In the first year of the study, the main goals of research and development were to complete standard A and B types setting out basic directions of design through discussions of several times for necessity and development of forest–road retaining walls and manufacture trial products, and construct them in the field of forest–road, and we tried to evaluate the overall results. In the second year of the study, standard C and D types were designed changing subsidiary materials (4mm→3.2mm) in order to enhance economical efficiency of absence of forest–road retaining walls of steel frame which was discussed as a problem in the first year of the study and improve construction through light–weight materials (4mm→3.2mm). In the third year of the study, the main goal of designing trial products is to complete planning for light weight(3.2T)of the main material and handling curves of the upper parts of retaining walls of prefabricated steel frame in constructing curved forest–road and to set out the design drawing of the final trial–products.

2. Difficult problems were solved through construction of forest–road retaining walls in the winter time.

Construction of concrete retaining walls, which are commonly used as forest–road retaining walls, has seasonal limitations. It is difficult to deliver by concrete mixer in the wet season including the rainy season and in the winter time, if the temperature drops to degrees below zero during mortar curing after placing concrete, it is difficult to work. Therefore, it was more difficult to work in mountains and constructing retaining walls had seasonal limitations. As for construction of the 1st and 2nd years, it was possible to construct them without any obstacles as construction was completed in the winter time.

3. Planting on forest–road retaining walls was introduced immediately.

As for gabion retaining walls and concrete retaining walls to be used commonly on forest–road retaining walls, it is basically difficult to plant plants on the top of them. However, retaining walls of prefabricated steel frame could be constructed without resistance to neighboring environment as retaining walls and plants got joined together. After one year of construction, plants got joined together with them to make possible environment–friendly retaining walls.

4. It is possible to construct prefabricated retaining walls on sloped curved forest–road.

As for forest roads, they are more curved roads than straight cases. In addition, they are more in sloped places than level land. Especially, prefabricated retaining walls were designed so that construction can be possible even in the place in which has vertical curve 10% and minimum curve radius is $R=10\text{m}$.

5. Mutual complement by attaching the ditch to forest–road retaining walls

Road cut slopes erode due to ditch erosion of forest–road and ditch is filled up again and in order to manage forest–road, ditch is dredged again by earth by crane. In these courses, it happens a lot that ditch gets broader and broader and width of forest–road gets smaller and smaller. Therefore, as fundamental parts of retaining walls are damaged, it is important to recognize the interrelationship between construction of them and management of ditches. In this study, these points were considered to prevent erosion of ditch and retaining walls and enhance safety by attaching the ditch to retaining walls of prefabricated steel frame.

6. To examine safety of retaining walls of steel frame.

As for examination of safety to put retaining walls of steel frame to practical use, it is required to examine external safety and internal one. In this study, the first and the second examinations were conducted according to conditions. As a result of examining internal safety using analysis conditions etc., external safety was obtained even when offset to consider unfavorable conditions in the field, was '0'. In the examination of conduction, activity, and support, all showed stable results. Subsidiary materials composing steel frame designed to prevent separation of internal filling materials and the entire outline of forest–road retaining walls, are composed of main subsidiary materials, joint subsidiary material, screen subsidiary materials, and bracing materials. As a result of analysis, the subsidiary material which generates maximum stress under 2–level block of 1.5m wide, was the top of joint subsidiary material, and movement of the overall frame structure and stress distribution was stable. Stress to act on main pillars was 247kg/cm², and stress to act on the back main pillars was 1127kg/cm², which met allowable stress, 1,400kg/cm². As a result of examining stress, in case of bracing material, about 1031.8kg/cm² appeared, and in case of joint subsidiary material, about 1,330.8kg/cm², which met allowable stress 1,400kg/cm².

IV. The results of research and development and suggestions to apply them

Newly constructed forest-road have to be worked on by design so that domestic forest-road density can reach 8.5m/ha or so by 2030. By doing that, planning and construction engineers of it can accumulate technology and make better forest-road. In the future, management of sustainable forest should be possible by establishing forest-road network to connect separated forest roads and reflecting it in the forest policy. In this, there are mistakes that existing forest roads have not become structurally stable ones. Of course, the early excessive quantitative forest-road construction and its low unit cost become the causes of incompleteness, but insufficiency of appropriate forest-road design also becomes a cause. New understanding has been proliferated as there has been increase in demand for reflection on forest roads and environmental disaster through improvement of structure since 2000.

Development of forest road retaining walls and ditch using prefabricated steel materials is the result of cooperative study by researchers of related enterprise, specialized planning institute and university. Therefore, the application is proposed in three areas.

1. To reflect the active new method of construction in planning

Trial products studied and developed in the first year of study, 2006 were constructed on forest roads in Gangwon Province Hwoingseonggun Seowonmyun Changchon, and continuously, in the same places, the second and the third trial products studied and developed were constructed. They were completed in active cooperation with Northern Regional Forest Service and Hongcheon National Forest Management Station etc. Distinguished award was won through presentation of

environment-friendly new technology development based on findings of this study in "new technology and new engineering method contest" organized by the Office of Forestry on December, which made a good opportunity to supply forest-road engineers and related specialists the contents of the technology etc. Like this, if new technology is obtained, the authorities concerned with forest-road should reflect its planning actively and directly apply it in the field. So it is essential for the authorities concerned to execute forest-road to help so that supplement of technology can be realized and new method of construction can be developed.

2. Support of technology transfer and methods of plan for industrialization

Specialized enterprises are insufficient in forest area. It is because in many cases, they don't participate in it taking account of economical aspects as marketability of the forest area is insufficient. However, if considering the particularity of forest, enterprises in the area of forest should be fostered continuously. HANBO NISCO CO., LTD is one of the small and medium enterprises of middle standing, which gave big help to make trial products for 3 years as participant organization of this study. It is the company which is very interested in it and has found new directions by participating in the project of forest and engineering with steel frame type erosion control dam. It will be the first company to be transferred the technology obtained by this study, and only when companies and forest offices etc cooperate to foster for industrialization, new technology of good forest and engineering will develop.

3. To conduct scientific researches in new areas

The scientific researches will be conducted so that new technology can be followed by keeping working on 6 experimental researches of 3 regions where trial products were constructed in this study. First, it is essential to monitor their conductivity and activity etc. according to analysis of external and internal

structures of forest–road retaining walls. Second, it is essential to keep observing life span and crack conditions of retaining wall materials of treated wood. In addition, corrosion level etc. of green wood should be observed as time goes by. Third, it is essential to study on inflow of plants planted at the top of retaining walls as well. Fourth, study should be kept on the effect of ditch and methods of construction as well. We propose that this study should be conducted by cooperative research of Northern regional forest office and Hongcheon management station.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	21
section 1. The Objectives of the Research	21
section 2. Needs for Technology Development	21
section 3. The Slope of the Research	22
Chapter 2. Trends of Domestic and Foreign countries	23
section 1. The weak Points of Present Technolog	23
section 2. Trends of Technique Development Retaining Wall	25
section 3. Trends of Foreign countries	26
Chapter 3. Research contents and Results	27
section 1. Mode Development of the Side-ditch and Retaining Wall ·	27
1. Model Development of the Forest Road Retaining Wall	27
2. 1st Environmental Model Development	27
3. 2nd Economic Model Development	31
4. Third Model Development for forest curve road	38
section 2. Structure Analysis of Retaining Wall	45
1. The Study of the Stabilization	45
2. 1st Structure Analysis of Retaining Wall	45
3. Structure Analysis of Final Model	48
section 3. Application Monitering for standard Type	63
1. Application Monitering for standard A, B Type	63
2. Application Monitering for standard C, D Type	70
3. Application Monitering for standard Final Type	71

section 4. Technique Development of the Products Retaining Wall	72
1. Question And Improvement of the 1st Products Retaining Wall	72
2. Question And Improvement of the 2nd Products Retaining Wall	73
3. Manufacture Progress for Products Retaining Wall	75
4. Zinc Fusion Coating for Products Retaining Wall	78
section 5. Design and construction for the Development Products	84
1. Survey and Fix of Constructed Site	85
2. Design of Construction	86
3. Progress of Construction for Retaining Wall	88
4. Maintenance of Constructed Site	92
5. Details of Construction by Preservation wood	93
6. Environmental Construction by Retaining Wall	93
7. Comparison of Character and Cost for Construction for Retaining Wall	94
Chapter 4. The Achievement of the Goal and Contribution	96
section 1. The Contents and Valuation of the Research	96
section 2. The Achievement of the Research Target	99
section 3. The Contribution of the Related Fields	99
Chapter 5. The Application Plan of Acquired Results	102
section 1. The Extension Plan	102
section 2. Exhibition and Contest of New Technique	102
section 3. The Contribution of the Related Fields	103
section 4. Practice of New Research	103
Chapter 6. Foreign Technology Information Acquired during Research	104
References	106
Appendices	109

목 차

제 1 장 연구개발과제의 개요	21
제 1 절 연구개발의 목적	21
제 2 절 기술개발의 필요성	21
제 3 절 연구개발의 범위	22
제 2 장 국내외 기술개발 현황	23
제 1 절 국내의 기술발전의 문제점	23
제 2 절 국내의 용역개발 현황	25
제 3 절 국외의 기술개발 현황	26
제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과	27
제 1 절 입도 시공지의 조립식 강재 틀 용역 및 측구 모델 개발	27
1. 강재 틀 입도 용역 모델개발	27
2. 1차 친환경적 모델 개발	27
3. 2차 경제적 모델 개발	31
4. 3차 곡선입도에 적용되는 모델개발	38
제 2 절 강재 틀 용역의 구조 분석	45
1. 안정성 검토 방법	45
2. 1차 개발용역의 구조분석	45
가. 외적 안정성 판단을 위한 검토	45
나. 내적안정성 판단을 위한 검토	46
3. 최종 모델 구조분석	48
가. 입도용역 외적안정성 검토	48
나. 입도용역 구조해석을 통한 내적성능 검토	56

제 3 절 Standard A, B형 적용 모니터링	63
1. Standard A, B 형 적용 모니터링	63
2. Standard C, D 형 적용 모니터링	70
3. 최종 모델 적용 모니터링	71
제 4 절 조립식 강재 틀(판) 용벽 및 측구 시작용 기술 개발	72
1. 1차년도 강재틀 임도 용벽 제작 문제점 및 개선안	72
2. 2차년도 강재틀 임도 용벽 제작 문제점 및 개선안	73
3. 강재틀 제작공정	75
4. 자재의 용융아연도금	78
제 5 절 조립식 강재틀 임도 용벽 및 측구 개발을 위한 현장 설계 및 시공 방안 84	
1. 작업구간 결정 및 시공지 측량	85
2. 시공 설계	86
3. 임도 용벽 현장 시공 공정	88
4. 철강재 용벽 시공 및 관리	92
5. 철강재 용벽 제작 방부목 내역	93
6. 자연친화적인 강재틀 용벽 시공	93
7. 강재틀 용벽의 시공 특성 및 가격 비교	94
제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	96
제 1 절 연구개발 목표와 내용 및 평가 착안점	96
제 2 절 연구개발 목표의 달성도	99
제 3 절 관련분야에의 기여도	99
제 5 장 연구개발결과의 활용계획	102
제 1 절 현장 보급방안	102
제 2 절 신기술 신공법 콘테스트 참여 및 농림대전 출품	102
제 3 절 기술 이전 및 산업화 계획 방안	103
제 4 절 새로운 영역의 학술연구 수행	103

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	104
참고문헌	106
부 록	109

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적

임도시설은 집중적인 호우 피해로 절 성토 면에 대형침식이 발생되어, 임도의 효용성과 임도 신설에 근본적인 거부감이 생기게 되었다. 여기에는 설계, 시공 기술 부족 등으로 그동안 여러 가지 문제점을 안고 있었다. 그러나 임도의 설계 및 시공은 기술축적이 향상되어 왔으나, 마사토지역이나, 급경사지의 임도 시공지 등에서는 아직도 피해가 예상되어 심각한 재해우려를 걱정하고 있다. 이는 여러 가지 재해의 원인이 있겠지만 임도 주변의 물 관리를 철저히 함으로 많은 재해를 방지하리라 본다. 따라서 완전한 임도 시공을 위 하여는 경제적이고 합리적인 옹벽 및 측구의 기술 개발이 필요하다. 이에 기존(콘크리트)옹벽의 획일화된 경관과 시공을 비교하여, 임도 붕괴사고를 저감시키고 급경사지 및 높은 산지에서 시공이 편리하도록, 본 연구는 현장 조립식 강재 틀(판)을 이용한 친환경적인 임도 옹벽 및 측구 기술개발을 목표로 하였다.

제 2 절 기술개발의 필요성

옹벽은 토압에 저항하는 가장 일반적인 구조물로서 도로, 철도, 하천, 운하, 항만, 호안, 방조제 등 용지에 제한이 따르는 토지의 최적 이용을 목적으로 주로 사용한다. 산림에 이용되는 옹벽의 형상은 시공현장의 상황, 경제성 및 시공성, 건설 완료 후의 유지관리 등을 종합적으로 고려하여 현장의 실정에 맞는 가장 적절한 형식을 선정한다. 그러나 임도에 사용되는 옹벽은 구성하는 재료의 성질과 작업과정으로 인해, 많은 공기가 소요되는 경우가 빈번하였으며, 임도 신설 구간에는 작업공간이 협소하여 시공이 난해하고, 연약지반과 같이 원지반이 불안정하여 시공이 곤란할 경우도 많이 발생하였다. 또한 장마철을 거쳐야 하는 현장 시공의 계절적 어려움을 호소하는 경우가 많이 발생하였다.

특히 임도의 설계 및 시공은 구조계량이라는, 임도기술 발달에 도약기를 거쳐 그동안 기술 축적이 향상되어 왔다. 그러나 마사토 지역이나, 급경사지의 임도는 피해를 입었거나 심각한 재해우려를 걱정하고 있는 실정이고, 또한 새로운 임도 시공 지는

임도가 구조적으로 안정함을 인정하여야 시공되므로 현장에서는 임도시공을 주저하고 있는 실정이다.

이러한 임도는 구조개량사업 등으로 성토면 안정은 어느 정도 이루었으나, 마사토 지역 등의 임도 절토사면에서는 침식 방지를 위하여 다양한 옹벽 시공 등을 보였으나 아직도 시공의 어려움이나 구조적으로 취약함이 보이고 있다.

또한 측구의 부실 관리가 세굴 피해 확산의 원인이 되므로, 이에 대한 항구적이고 안정적인 기술 개발이 필요하다. 앞으로 신설되는 임도 시공은 많은 곳에서 급경사지 높은 산지에서 이루어지므로, 임도옹벽 재료는 시공이 아주 간편하고, 구조적으로 안정적인 철강재를 이용한 기술 개발이 요구되고 있는 실정이다.

이에 따라 강재 틀(판)을 이용한 옹벽을 조립하여, 옹벽의 역학적 기능을 향상 시키며, 공기의 획기적 단축, 이로 인한 경제성 향상, 안정성 및 내구성 증대로 친환경적 자재 개발, 콘크리트 자재 부족, 지역적으로 레미콘 이용의 어려움 등을 극복 할 수 있는 조립식 강재 틀(판) 임도 옹벽 모델 개발의 필요성이 요구되었다.

제 3 절 연구개발의 범위

본 연구는 우리나라 산림임도 시공에 필요한 절 성토 침식 방지를 위한 옹벽 개발로, 임도 시공 현장 실정에 맞는 조립식 강재 틀(판) 임도 옹벽을 개발하기 위해 연구초기 산업체, 설계시공 전문기관, 대학교의 전문가들로부터 집중적인 토의를 거쳐 연구개발의 범위를 한정하였다. 1) 친환경적인 재료를 사용하고 재생이 가능하며, 산림의 부산물(목재)을 이용하는 옹벽이 되어야 한다. 2) 임도 옹벽을 시공하는데 시공기간을 획기적으로 단축하여야 한다. 그리하여 기본적인 조립식 구조를 구성하여야 한다. 3) 임도 옹벽이 주변 산림과 동화 할 수 있는 식생 유입이 이루어지도록 경관을 중요시 하여야 한다. 4) 임도옹벽이 구조적으로 안정하여야 한다. 그래서 설계 최종단계에는 임도 구조의 내적, 외적 구조 분석을 한다. 5) 임도 옹벽과 측구를 한 개의 조립 단위로 생각하여 설계한다. 측구를 임도 옹벽에 부착하여 시공 될 수 있도록 한다. 6) 임도 옹벽의 뒤채움이나 기초다짐 등에 콘크리트 기초나, 일반 잡석이나, 호박돌 등을 사용하지 않고, 흙으로 뒤채움 할 수 있어야 한다. 이러한 연구개발 범위를 한정하여 1차 개발, 현장 시공, 문제점 해결, 2차 개발 현장 시공, 문제점 해결, 3차 최종 개발하기로 범위를 정하였다.

제 2 장 국내외 기술개발 현황

우리나라에서 임도에 적용되는 옹벽은 일반적으로 사용재료에 따라 콘크리트 옹벽이 대부분이며, 돌 망태 옹벽, 돌 쌓기 옹벽이 등이 사용된다. 구조형식에 따르면 중력식 옹벽을 많이 사용하고 있으며, L형 옹벽 등이 사용된다. 즉 임도 옹벽은 무근 콘크리트 중력식 옹벽이 대부분인데, 이는 옹벽의 자중에 의해 토압에 저항하는 형식이며, 기초지반이 양호하고 높이가 낮은 옹벽에 적용된다.

제 1 절 국내의 기술발전의 문제점

1. 임도 폭의 한계 및 자재 운반 제약

우리나라 임도 폭이 4m이므로 신설임도 내에서는 무거운 자재 운반이 원활히 이루어지기 어려우며, 특히 자재의 하차 시 임도 폭의 제약 때문에 어려움을 겪고 있다. 임도 옹벽의 자재를 외부로부터 운반하여 사용한다는 것이 어렵다. 그리고 임도 폭의 제약으로 중장비의 차량이 교행 되지 못하여 자재의 운반에 많은 시간이 필요하다.



그림 2-1. 임도내의 장비 차량의 하차



그림 2-2. 구조물에 타설하는 레미콘

2. 임도 옹벽 높이의 한계

콘크리트 옹벽은 레미콘으로 몰타르를 운반하여, 구조물의 틀에 몰타르를 부어 양생되는 과정을 거쳐 이루어지므로 레미콘의 몰타르 타설 과정에 높이의 제약을 받게 된다. 그래서 임도 옹벽의 높이가 1.2m 이상을 하기가 어렵다. 그러나 임도 절토 사면은 경우에 따라 7~10m 이상이 있는 경우 경사면의 토압 감소를 위한 옹벽 높이 한계점으로 설계 및 시공에 어려움으로 나타나, 임도 기술개발에 큰 장애 요소로 나타나고 있다. 부득이 높이를 올리기 위해서는 다음 그림과 같이 콘크리트 옹벽에 계비온 옹벽을 올리는 경우인데 이는 두 가지 구조물이 토사의 압력을 동일하게 분산하기에는 큰 결함을 가지고 있다. 그리고 경관 적으로도 취약함을 보여준다.



그림 2-3. 임도옹벽 높이 상향 구축 방법



그림 2-4. 숙련된 작업 인부의 고갈

3. 임도옹벽 구축을 위한 숙련된 전문가 부족.

임도 옹벽 시공에서 중력식 옹벽 중 돌 쌓기 공법을 적용되려하여도 작업인부의 숙련도가 부족하여 자연석이나, 견치 돌 쌓기의 장점을 구현하지 못하는 경우가 최근에 많이 발생되고 있다. 이는 계속적인 사업이 진행되지 못하여 전문가를 양성하지 못하기 때문이며, 젊은 작업인부가 어려운 작업을 하지 않기 때문이다.

제 2 절 국내의 옹벽개발 현황

1. 보강토 옹벽 개발

최근 우리나라에서 기술 개발이 많이 되어 사용되는 것이 보강토 옹벽인데 보강토 공법은 상부하중에 의하여 흙이 변형을 일으키려 할 때 흙 입자와 흙보다 변형이 적은 재료(보강재)를 토체 중에 삽입하여 흙과 보강재의 마찰력을 발생시켜 횡으로 변하고자하는 토압을 경감시켜 주는 공법입니다. 이때 보강토 체의 경사가 70도를 넘으면 보강토 옹벽이라 하고 그 이하일 경우는 보강사면이라 합니다. 크게 합성섬유(지오그리드 등)를 이용한 블록 식 보강토 옹벽과 금속 형 보강재를 사용하는 판넬 식 보강토 옹벽이 있는데, 판넬 식이 먼저 개발되었으나 최근에는 블록 식을 더 많이 사용하고 있다.

2. 계비온 및 목재를 이용한 옹벽 개발

우리 나라 임도 현장에서 최근 많이 사용되는 계비온 옹벽은 친환경적이며 자연형으로, 작업이 간편하고, 지형에 구애를 받지 않으므로 최근 임도 현장에서 시공되고 있다. 계비온 옹벽은 자연적인 우수유입과 통기성이 원활한 자연생태계가 될 수 있는 환경 친화적인 공법이다. 내구성 및 안전성이 좋고 가격도 저렴하여 많이 시공되고 있다. 탁월하다. 산림과학원이 중심이 되어 개발된 목재틀 옹벽도 리기다 방부목 등을 이용 현장에 시공 하였다. 시공이 용이하고 경관이 미려하여 임도 옹벽에 이용 가능하다.



그림 2-5. 리기다 방부목 옹벽 시공



그림 2-6. 친환경 목재틀 옹벽 시공

3. 임도 종단구배를 인식한 옹벽 시공의 어려움

임도에 옹벽을 시공하는 데는 몇 가지 어려움이 있는데 그것은 임도를 설계 하려는 대부분의 지역이 종단구배가 있다는 것이다. 일반적으로 임도의 종단구배는 8% 이하로 하고 있으나 10% 이상인 경우도 있다. 이러한 점 때문에 임도절개지의 옹벽도 종단구배 8% 정도의 경사면에서 시공이 용이하여야 한다. 도로나 주택 단지처럼 평지에 가까운 곳에 세우는 기존 옹벽공법들은 경사면에 세워지면, 옹벽 형틀이 균형을 잡지 못하여 옹벽 구조에 문제가 발생하는 경우가 많다. 이런 점이 조립식이나 형틀의 공법으로는 임도 시공이 어려운 점이다.

4. 곡선임도에 용이한 옹벽 시공의 어려움

임도는 대부분 곡선임도로 이루어져 있다. 최소반경 12m를 이루는 곡선임도에 옹벽을 시공한다는 것은 쉬운 문제가 아니다. 이러한 곳이 임도에는 많이 있으며, 옹벽시공이 간편한 직선 임도에 시공하길 현장에서 바라다. 특히 종단구배 10%와 곡선반경 12m를 지나며, 사면의 길이가 7m이상인 되는 임도에 옹벽을 세워 옹벽이 구조적으로 내적, 외적 안전성을 지켜, 토사의 압력을 지켜 낼 수 있는 시공은 간단하지 않다.

제 3 절 국외의 기술개발 현황

1. 미국 임도 옹벽의 기술개발

미국 임도는 설계 단계부터 절 성토의 침식을 최소화 하려고 하여, 옹벽의 사용을 하고 있지 않았다. 최근 미국 Watershed Restoration and Forest Roads Symposium(2008)에 참석하여 얻어진 임도의 토의는 임도의 생태적 특성에 관련이 많았다.

2. 일본의 옹벽 기술개발

일본의 임도는 우리나라와 경사도나 기후가 비슷하여 절토면의 침식에 대한 옹벽의 기술 개발보다, 임도의 변형으로 작업도의 개발로 절 성토량을 최소화 하려는 경향이 있었다.(酒井秀夫 2004, 大橋慶三郎 2007)

제 3 장 연구개발 수행 내용 및 결과

제 1 절 임도 시공지의 조립식 강재 틀 용벽 및 측구 모델개발

1. 강재 틀 임도 용벽 모델개발

연구 1차 년도에는 임도용벽의 필요성과 개발을 위한 여러 차례 자체토론으로 기본 설계방향을 정하여 Standard A, B형을 완성, 시작품을 제작, 임도현장에 시공하는데 연구개발 주요 목표를 정하여 평가에 임하고자 하였다. 연구 2차 년도에는 1차 년도에서 문제점으로 논의되었던 강재 틀 임도용벽 부재의 경제성 향상 및 경량화를 통한 시공성 개선을 위하여 부재를 변경(4mm→3.2mm)하여 Standard C, D형을 설계하였다. 연구 3차년도의 시작품 설계 주요 목표는 주재의 경량화(3.2T)와 곡선임도시공에서 조립식 강재 틀 용벽 상단의 곡선 처리를 위한 설계를 완성하여 최종 시작품 설계도를 작성하였다.

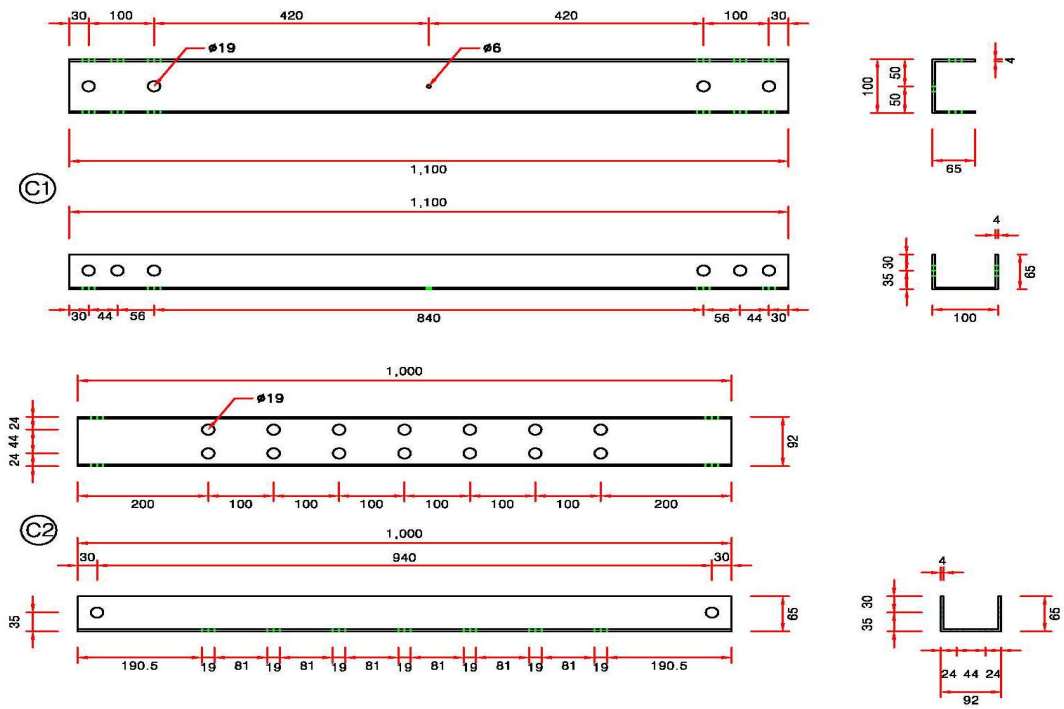
2. 1차 친환경적 모델 개발

조립식 강재 틀 용벽의 구성부재는 주 부재와 이음부재, 스크린부재, 브레이싱 재로 구성되어 있다.

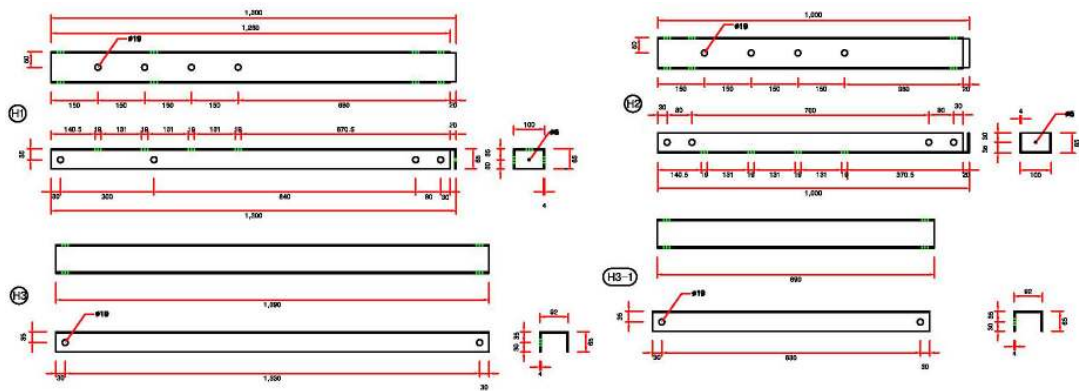
본 연구에서 1차년도 조립식 강재 틀 임도 용벽의 주 부재는 시공의 편리성과 부재의 단순화를 고려하여 접합부를 제거하는 형상으로 새롭게 고안된 단면이며 이는 각각의 접합부를 없애고 부재에 다른 부재를 직접 연결하는 형태를 가짐으로써 부재에 가해지는 하중이 직접 부재에 전달되므로 부재 성능의 최적화를 이룰 수 있고 경제성 향상에도 도움이 될 수 있는 형태이다.

종으로는 이음부재를 연결하고 횡으로 스크린 부재를 연결하는 주 부재는 조립식 강재 틀 용벽을 구성하는 부재의 종류를 최소화하여 어떤 부재가 어떻게 조립이 되는지를 쉽게 파악할 수 있도록 고려하여 예전의 복잡함에서 탈피한 형상이라 할 수 있다.

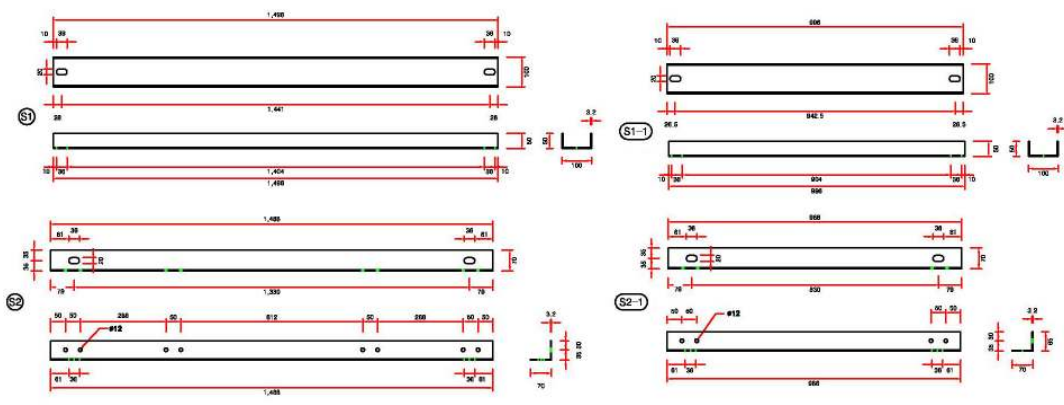
이러한 형상을 가진 조립식 강재 틀 용벽의 주 부재는 현장에서 뛰어난 시공성을 바탕으로 하는 조립식 강재 틀 용벽의 장점을 더욱 살릴 수 있을 것으로 판단된다.



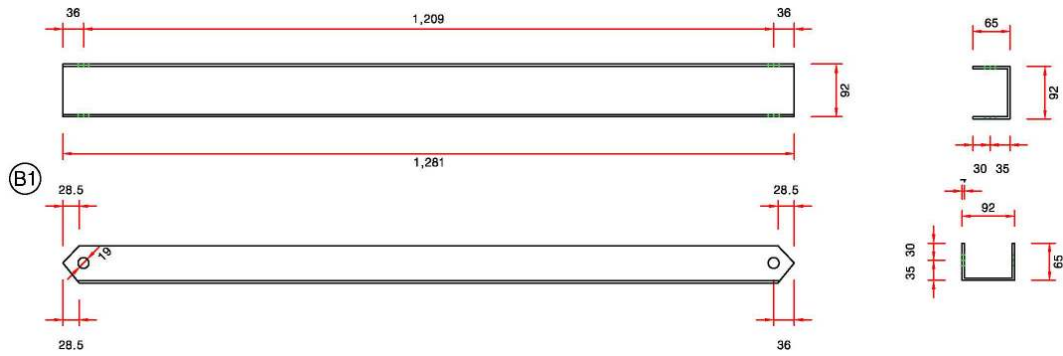
(a) 주기둥 도면



(b) 이음재 도면

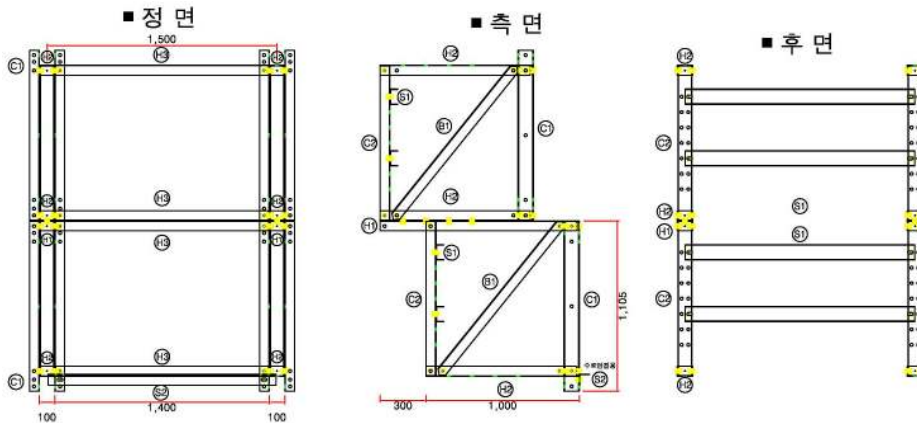


(c) 스크린 도면

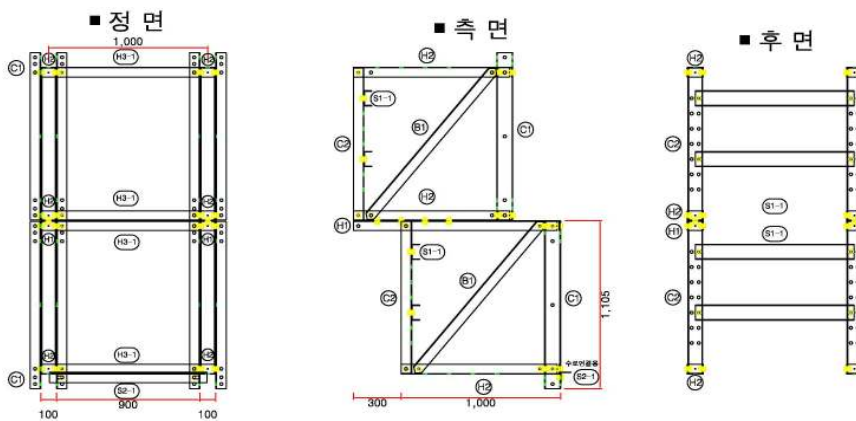


(d) 브레이싱 도면

그림 3-1. 2005년(1차년)부재의 상세도



1차년도 standard A형 모델

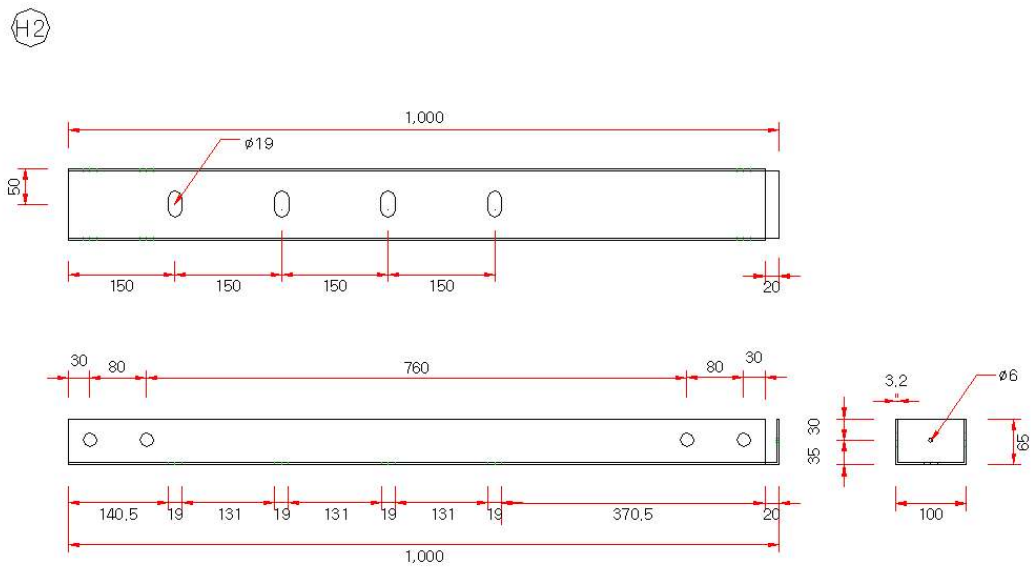
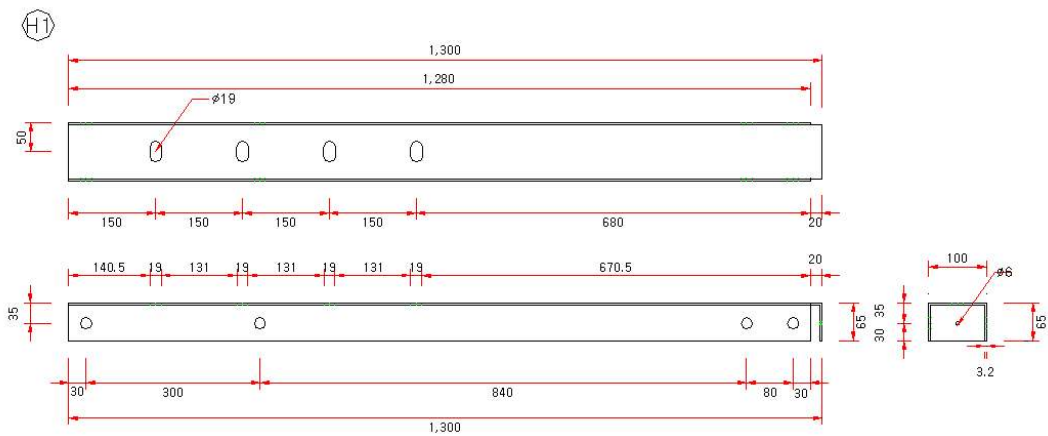


1차년도 standard B형 모델

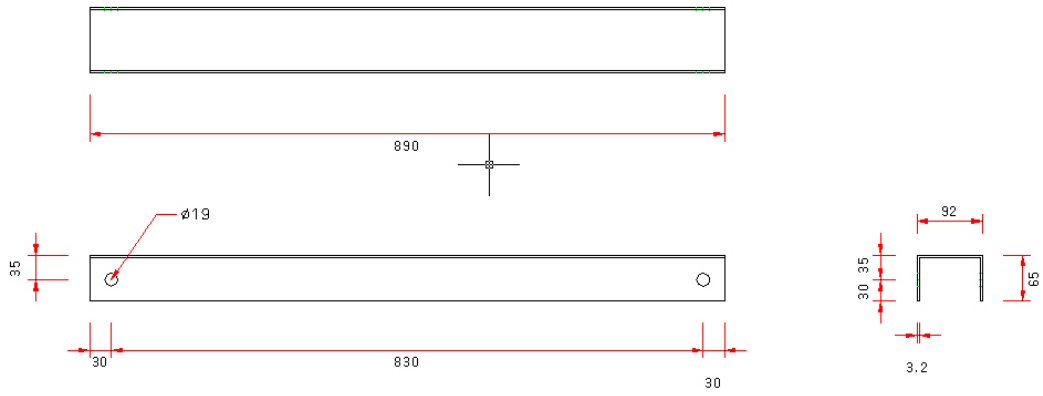
그림 3-2. 조립식 강재틀 임도 옹벽 조립도

3. 2차 경제적 모델 개발

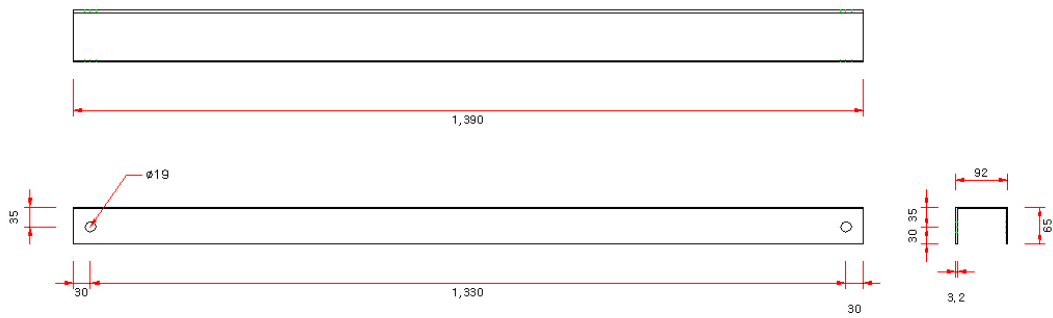
1차년도에 임도 옹벽은 4mm 두께의 강판으로 제작되었으며, 이로 인해 무거운 느낌이 있었다. 또한 과도한 두께 설정이라고 판단되어 2차 년도는 옹벽 강판 두께를 3.2mm로 제작하였고 이로 인해 무게 경감 효과와 경제적 측면에서도 큰 장점을 보였다. 이음자재는 H1과 H2가 곡선임도에서 설치 시 볼트구멍의 오류가 발견되어 정원 형태의 볼트구멍을 타원형태로 제작하였다. 설치된 임도의 현장조사 시 주 기둥 C1자재의 측구 볼트 구멍이 유입된 토사에 덮혀 제 역할을 하지 못할 것으로 판단되어 2차년도 설계 시 기존 볼트구멍에서 4.4cm높은 곳에 정원 형태의 볼트구멍을 제작하였다.



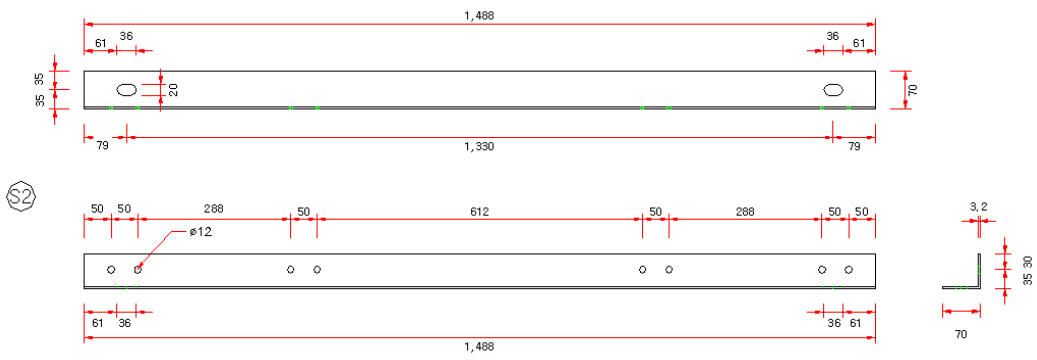
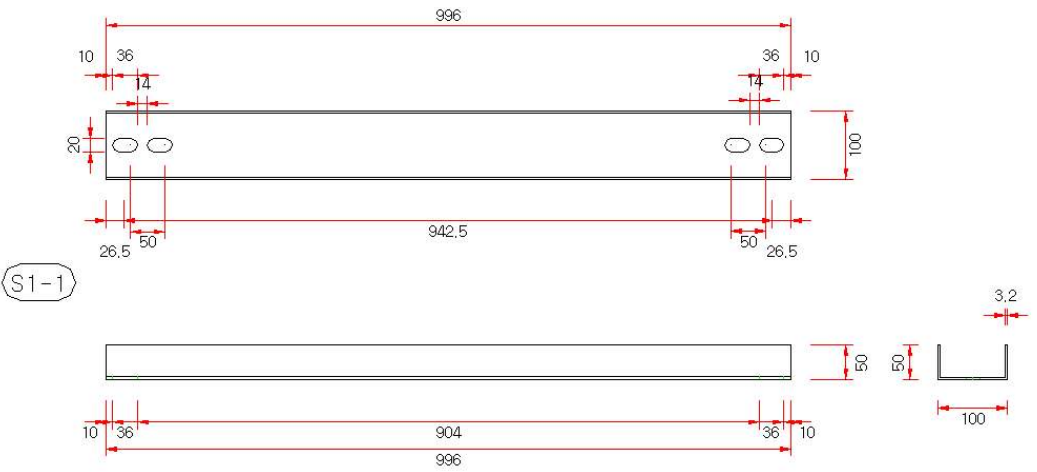
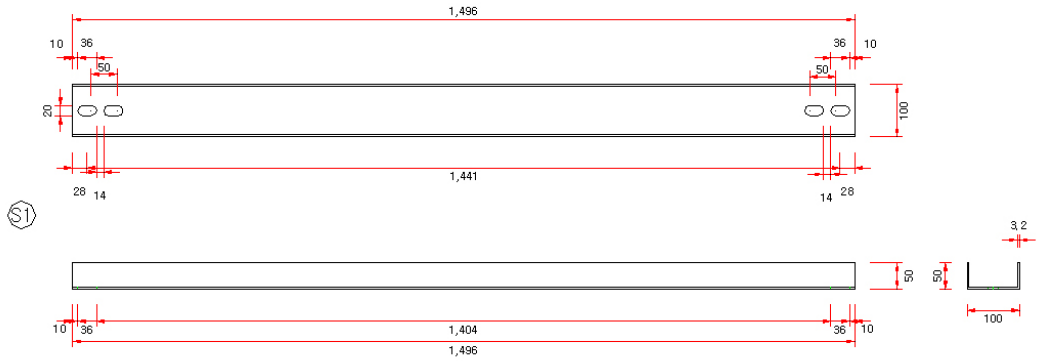
H3-1

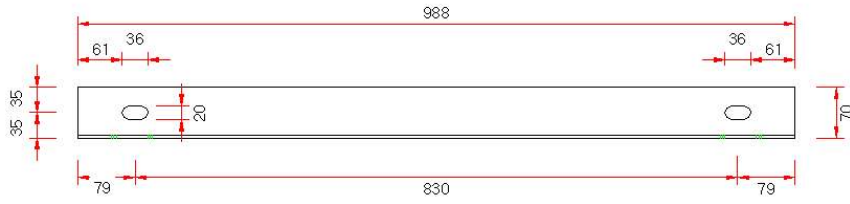


H3

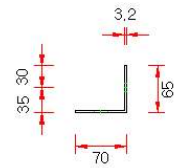
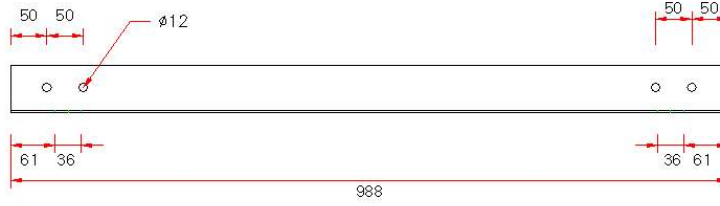


(b) 이음재 도면

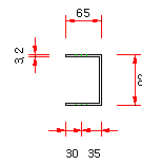
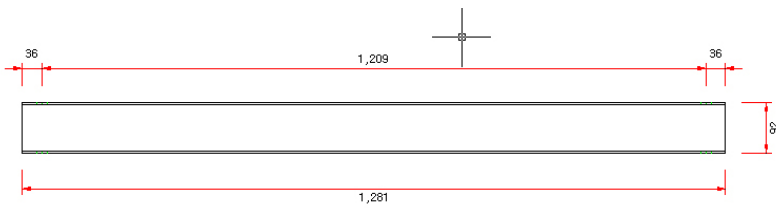




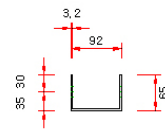
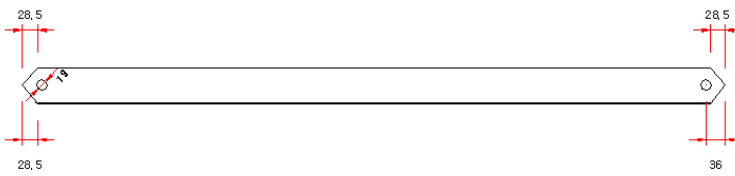
S2-1



(c) 스크린 도면



B1

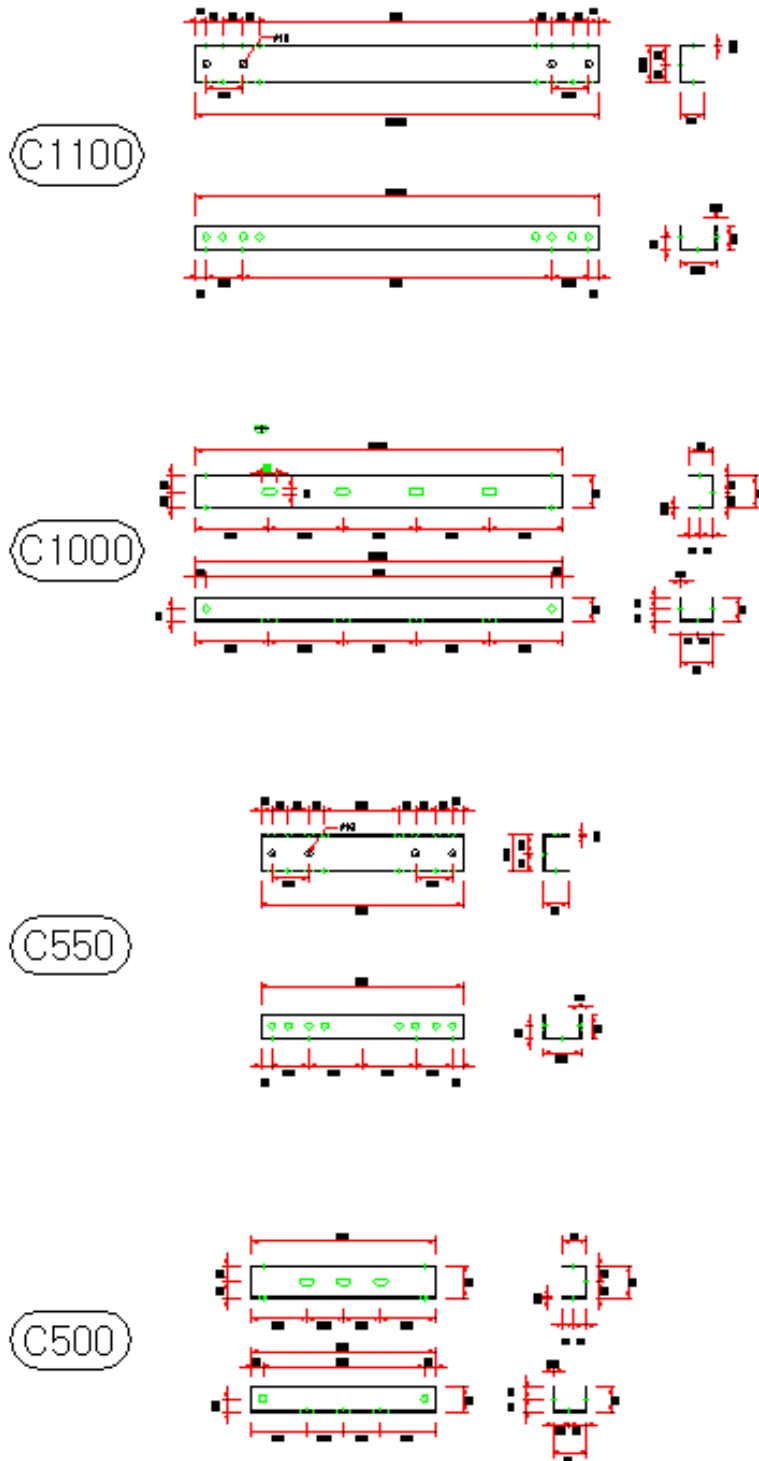


(d) 브레이싱 도면

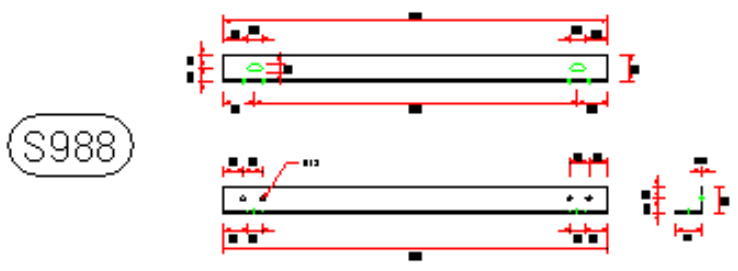
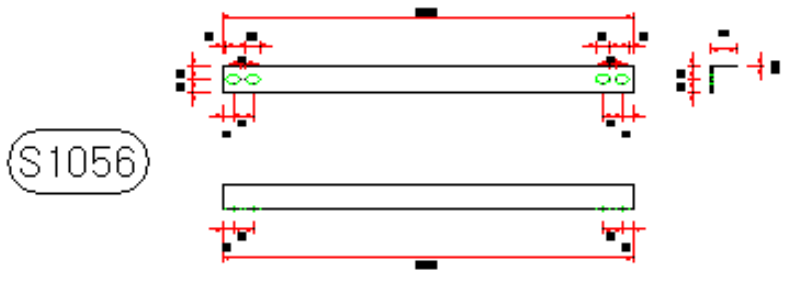
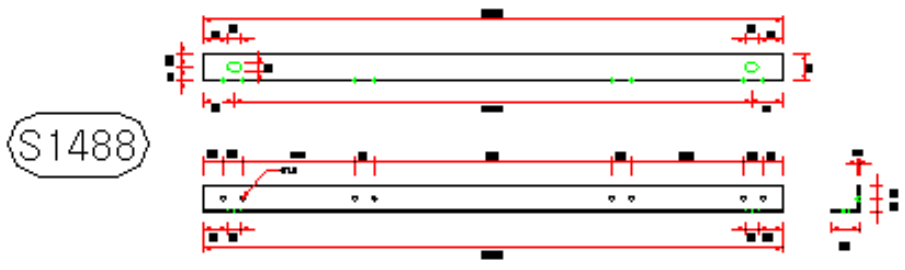
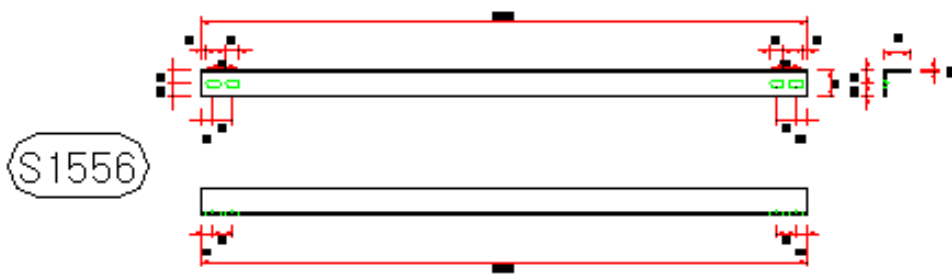
그림 3-3. 2006년(2차년)부재의 상세도

4. 3차 곡선임도에 적용되는 모델개발

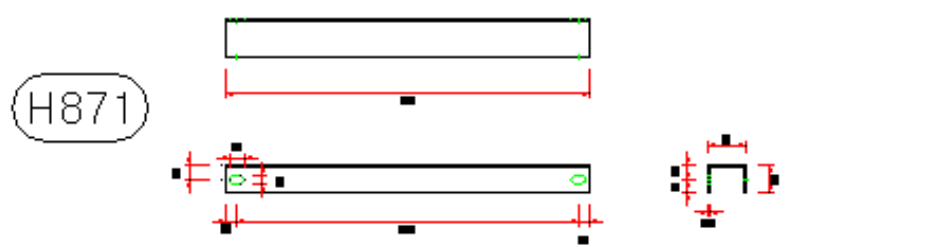
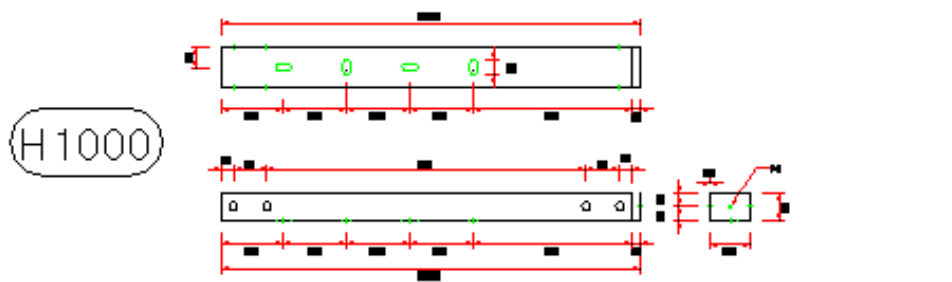
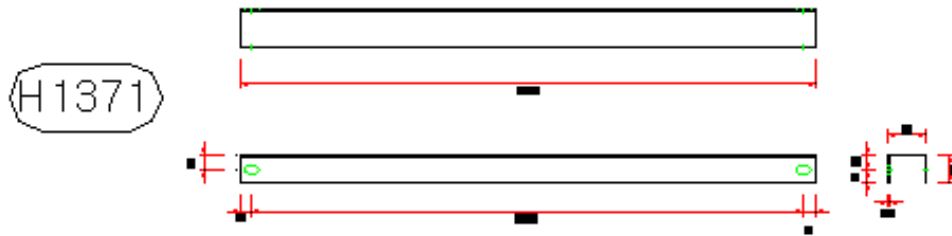
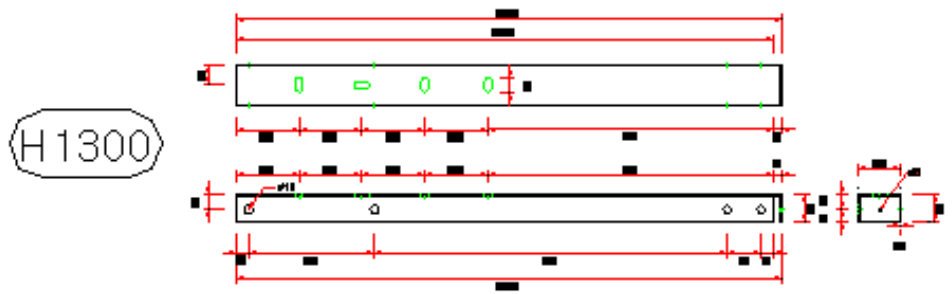
3차년도 모델 개발은 1차, 2차 년도에서 문제점으로 나타난 강판의 두께를 줄이고, 곡선임도에서 조립옹벽의 상단부에서 조립이 어려웠던 점을 고려, 곡선임도 최소반경 12m에서 조립이 되도록 이음재의 길이를 줄이고 볼트 홈을 재조정 하였다. 그리고 옹벽의 경량화를 위하여 제작에 불필요한 부재들을 생략하였으며, 측구의 부착을 위한 볼트 홈 제작도 재 수정하였다. 1, 2차에서 지적되었던 옹벽 시공에서 옹벽 끝을 마무리를 하기위해 0.5m의 새로운 옹벽 구성을 하였다.



(a) 주기둥

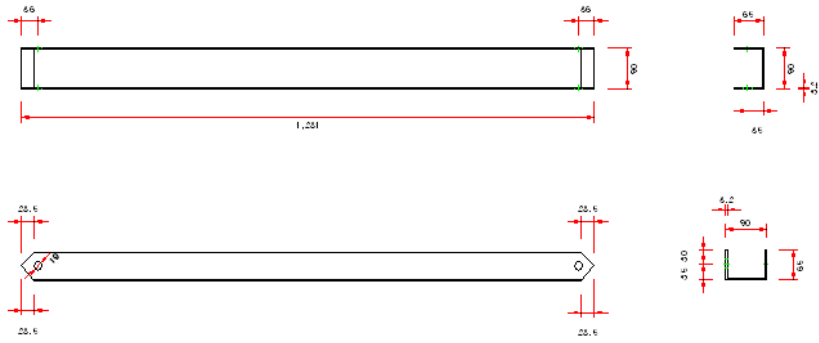


(b) 스크린

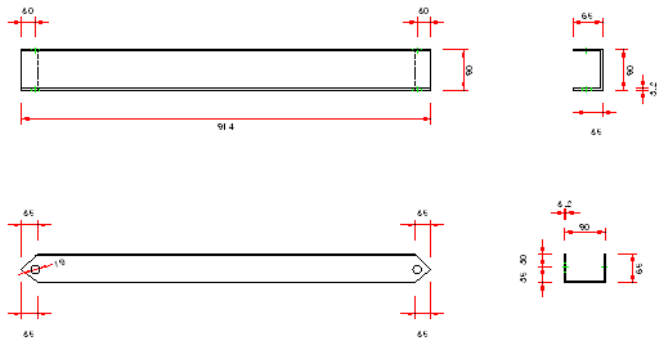


(c) 이음재

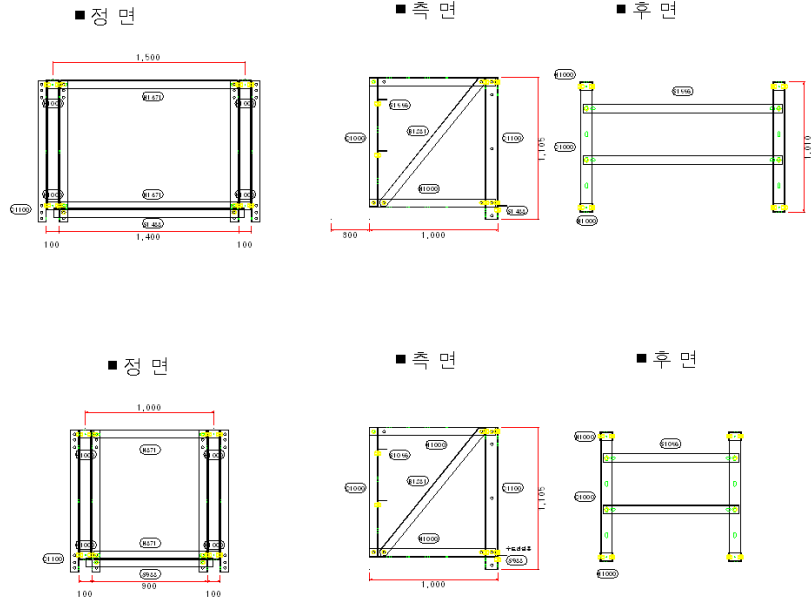
B1281



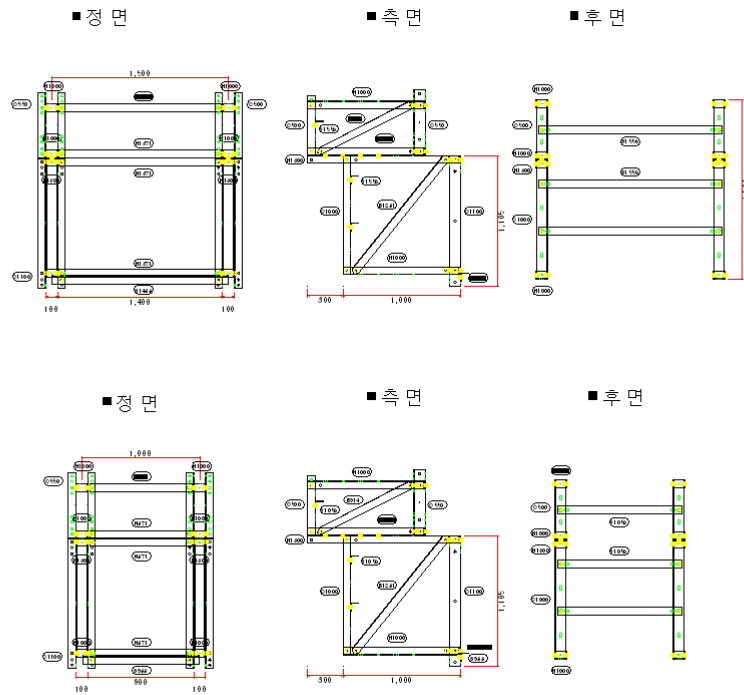
B914



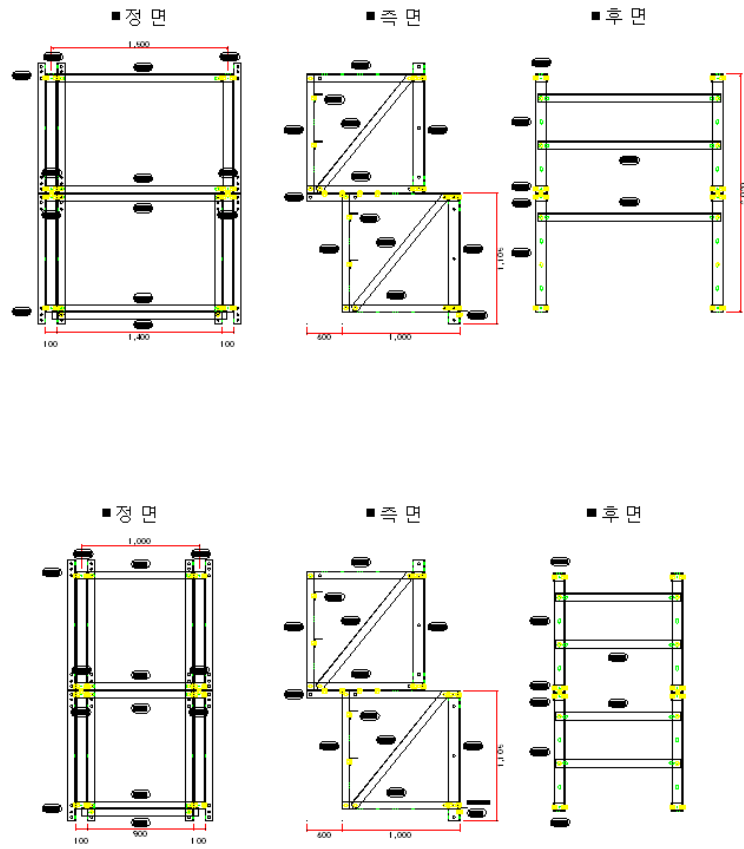
(d) 브레이싱
그림 3-6. 부재 상세도



(a) H=1.0 W=1.5 , H=1.0 W=1.0 조립도



(b) H=1.5 W=1.5 , H=1.0 W=1.0 조립도



(b) H=2.0 W=1.5 , H=1.0 W=1.0 조립도

그림 3-7. 3차년 최종 조립식 강재틀 임도 옹벽 조립도

제 2 절 강재틀 옹벽의 구조 분석

1. 안정성 검토 방법

강재틀 옹벽의 실용화를 위한 안정성 검토는 1차 모델이 완성된 후 2년차 연구 수행 중에 수행하였고, 최종 모델이 결정되고 산업화를 위한 안정성검토를 다시 검토하였다. 1차 옹벽의 구조분석은 외적안정성 검토와 내적 안정성 검토를 수행하였으며, 외적 안정성 검토는 강재틀 옹벽 전용 해석프로그램인 srWall을 이용하였다. 내적 안정성 검토는 채움재 하중이 작용하는 강재틀 옹벽 하부 프레임 부재를 토목구조전용 해석 프로그램인 Midas Civil을 이용하여 채움재의 토압에 대한 안정성 검토하였다. 외적, 내적 안정성 검토시 채움재 조건은 토사 채움으로 하였으며, 외적 안정성 검토는 사면활동에 대한 안정성 검토와 사면 활동으로 인한 전도에 대한 안정성을 검토하였다. 내적 안정성 검토는 1m×1m×1m(가로×세로×높이)의 강재틀 옹벽에 토사 채움시 발생하는 토압을 받는 하부 부재의 침하량을 계산하여 허용 침하량과 비교 검토하여 안정성을 판단하였다.

2. 1차 개발옹벽의 구조분석

가. 외적 안정성 판단을 위한 검토

외적 안정성 판단을 위한 검토에 사용된 srWall 프로그램은 조립식 강재틀 옹벽의 설계, 안정성 검토 및 공사 물량 등을 계산하는 프로그램으로서 사용자가 입력한 강재틀 옹벽의 형식과 토질 좌표로부터 옹벽 공사에 따르는 각종 물량과 안정성 검토 결과를 자동으로 산출하며, 그 내용을 3차원 영상을 지원하는 렌더링뷰(Rendering View)와 보고서를 볼 수 있는 리포트뷰(Report View)로 바로 확인할 수 있는 강재틀 옹벽 전용 외적 안정성 해석프로그램이다.

본 외적 안정성 검토에서 사용된 강재틀 옹벽의 규격은 제시된 도면과는 다소 상이하나 외적 안정성 검토를 위하여 전용 프로그램으로 대체하였다.

외적 안정성 검토시 적용된 설계조건으로는 사면 높이가 11,094mm이며 기울기는 약 33.69°로 토사사면(Soil Slope)으로 모델링하였으며 그림 1과 같다. 또한 강재틀 옹벽의 내·외부 채움재에 대한 물성치는 표 1과 같이 하였다.

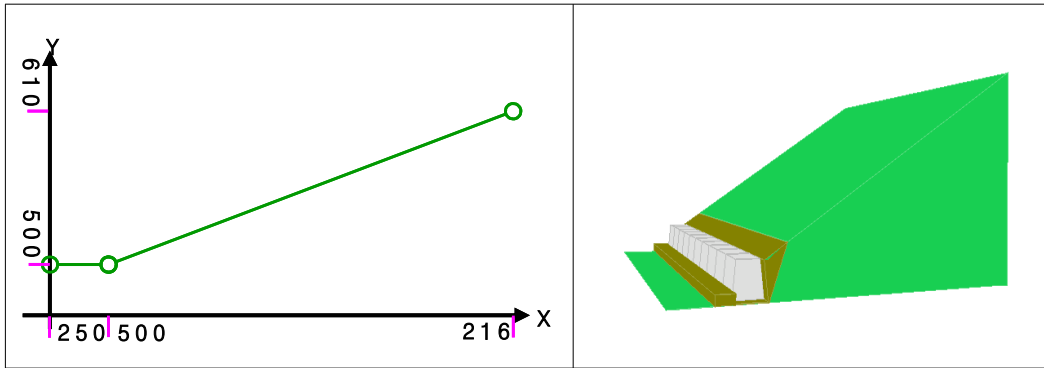


그림 3-8. 강재틀 옹벽 설계 해석의 모델링

표 3-1. 강재틀 채움재 물성치

구분 물성치	내부채움 흙	뒷채움 흙
C (점착력)	0.0 ton/m ²	1.0 ton/m ²
θ (내부마찰각)	30.0°	35.0°
γ (단위 중량)	1.8 ton/m ³	1.8 ton/m ³

위에서 언급된 해석조건 등을 이용한 내적 안정성 검토결과 현장의 악조건을 고려한 offset이 '0'일 때도 외적 안정성이 확보되었다.

표 3-2. 외적 안정성 검토 결과

구분 offset_높이	활동에 대한 안전율	전도에 대한 안전율	지반에 대한 지지력 (q _a < q _{max})	비고
0_2000	1.57	3.52	4.25 < 14.34	O.K

나. 내적안정성 판단을 위한 검토

본 검토에서는 강재틀 옹벽내 채움재에 대한 내적안정성 검토를 토목구조해석 프로그램인 MIDAS Civil프로그램을 사용하였으며, 국내 'ㄷ'형강 제품규격 중 경제성을 고려한 규격을 결정하여 이에 대한 내적 안정성을 검토하였다.

본 해석에서는 강재틀 옹벽 채움재의 다양한 활용을 고려하여 채움재로 토사로 하였으며, 1m×1m×1m(가로×세로×높이)의 강재틀 옹벽에서 하부 부재(‘ㄷ’형강)에 작용하는 토압은 1.2ton/개 이고, ‘ㄷ’형강의 규격은 아래와 같다.

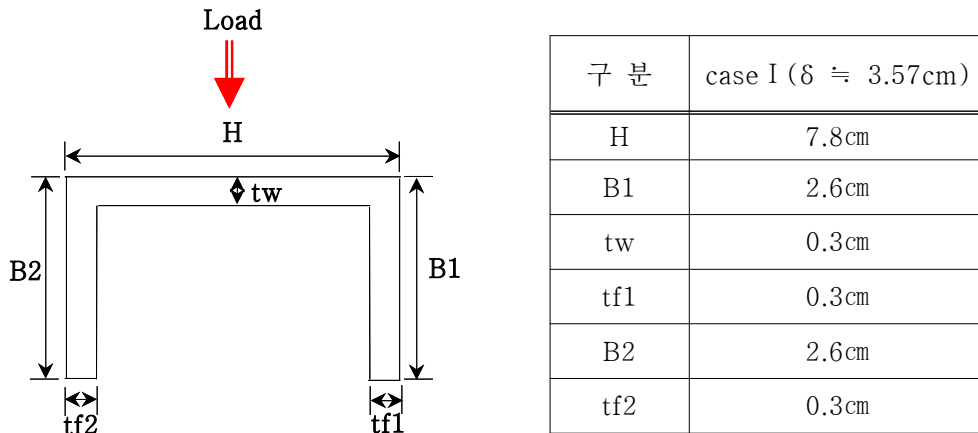


그림 3-9. 내적 안정성 검토

위에서 제시된 규격을 이용하여 구조해석을 실시한 결과 하중 1.2ton에 의하여 발생된 부재처짐은 약 3.57cm이며, 이는 허용침하량 이내의 범위이므로 채움재의 하중을 받는 위의 ‘ㄷ’형강 규격 이상을 강재틀 옹벽에 적용하였을 경우 내적안정성에는 별다른 문제가 없을 것으로 사료된다.

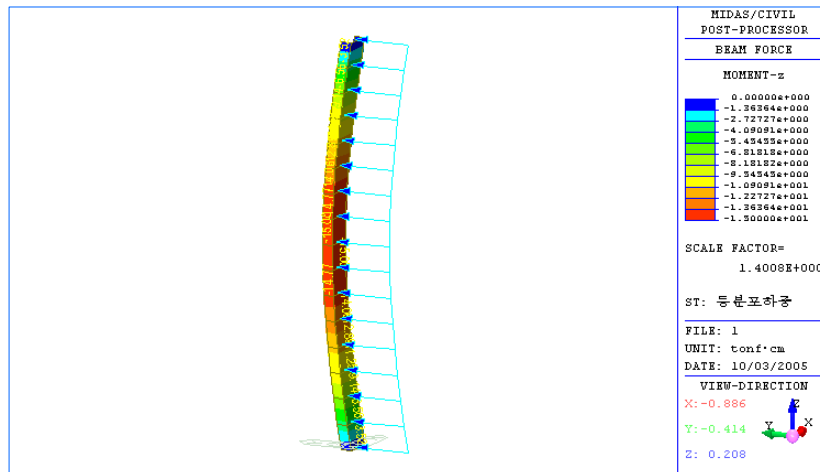


그림 3-10. Moment diagram

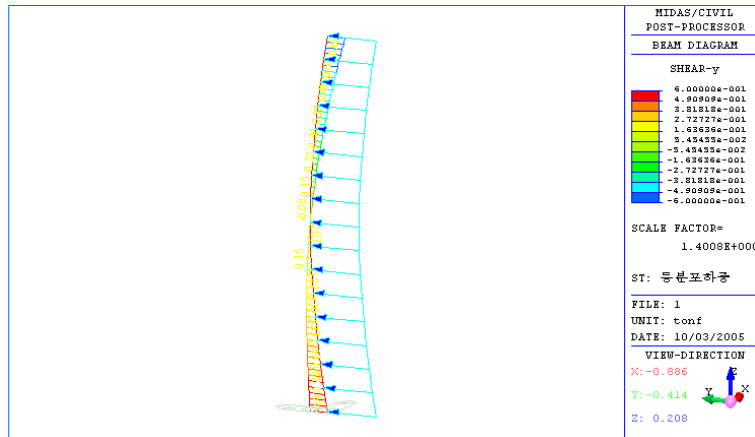


그림 3-11. Shear diagram

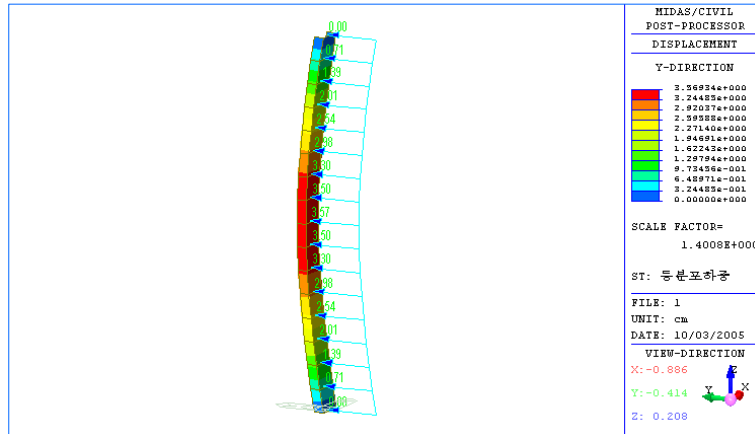


그림 3-12. Deformation

3. 최종 모델 구조분석

가. 임도옹벽 외적안정성 검토

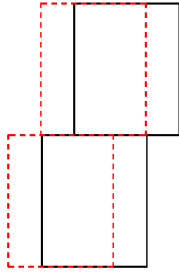
1) 안정계산

옹벽을 설계하기 위해서는 토압을 구하고 이것을 연직 및 수평 성분으로 나눈다. 강재를 벽체와 바닥판은 여기에 작용하는 토압에 구조적으로 안전하도록 설계해야 하며 옹벽 전체의 안정을 위해서는 다음의 기본 조건을 만족해야 한다.

▶ 활동에 대한 안정

옹벽에 작용하는 수평력으로 인해 벽체가 미끄러지는 경우, 저판에서 발휘되는 전단 강도에 의해 수동토압에 의해 저항하게 된다. 그러나, 기초지반이 침식이나 동상하중에 의해 강도가 저하되어 설계시 저항력이 감소될 수 있다. 활동에 의한 안전율은 다음 식과 같다.

$$F_s = \frac{C \cdot B + \sigma \cdot \tan \phi'}{P_h} \quad (1-1)$$



옹벽활동 개념도

적용한다.

여기서,

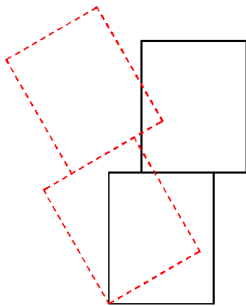
c : 점착력, P_h : 수평력의 합

σ : 옹벽의 자중과 토압의 연직분력을 포함한 연직력의 합

기초지반이 점성토인 경우는 활동 저항력이 불확실하므로

안전율은 보통 2이상 적용하고 사질토인 경우는 1.5로

▶ 전도에 대한 안정



옹벽전도 개념도

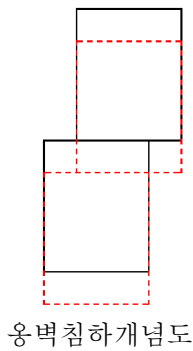
옹벽이 토압을 지지할 때 자중에 의한 저항 모멘트와 토압의 연직성분의 합은 안전율을 1.5이상으로 고려하고 토압의 수평성분에 의한 모멘트보다 크도록 바닥판 폭을 확보해야 한다. 이때, 합력의 작용위치가 중앙 1/3이내에 존재하는지 검토해야 한다.

$$F_s = \frac{\sum M_r}{\sum M} \quad (1-2)$$

여기서,

M_r : 저항 모멘트의 합계

M : 전도 모멘트의 합계



옹벽침하개념도

▶ 지지력에 대한 안정

옹벽저면에 자중, 토압등의 하중이 재하될 때 저면에 발생하는 지반반력은 이 하중 합력의 작용위치의 편심거리(e)에 따라 달라진다. 바닥판 아래의 압력이 직선분포를 하다고 가정하면 바닥판이받는 최대 및 최소응력은 다음과 같다.

$$q_{\max, \min} = \frac{\sum V}{B} \left(1 \pm \frac{6 \cdot e}{B} \right) \quad (1-3)$$

여기서,

B : 바닥판의 폭

e : 편심바닥의 임의점에 대한 모든 외력의 1차 모멘트를 취

하면 합력 V의 위치가 결정되므로 편심 e는 쉽게 구해진다. 합력의 작용위치 d와 편심 e를 구하는 공식은 아래와 같다.

$$d = \frac{\sum M_r - \sum M}{\sum V} \quad (1-4)$$

$$e = \frac{B}{2} - d \quad (1-5)$$

따라서, 식(1-12)에서 구한 최대 지반반력을 아래와 같이 지반의 지지력과 비교한다.

$$q_{\max} \leq \frac{q_{ult}}{F_s} = q_a \quad (1-6)$$

지반의 지지력에 대한 안전율 Fs는 평상시에는 3, 지진시에는 2로 하면 현장 재하시험이나 Meyerhof 공식등으로부터 산출한다.

$$q_u = cN_c F_{cs} F_{cd} F_{ci} + qN_q F_{qs} F_{qd} F_{qi} + \frac{1}{2} \gamma B N_\gamma F_{\gamma s} F_{\gamma d} F_{\gamma i} \quad (t/m^2) \quad (1-7)$$

여기서, c : 점착력 (t/m^2)

$q (= \gamma D_f)$: 구조물 저면에서의 유효응력 (t/m^2)

γ : 지반의 단위중량 (t/m^3), D_f : 구조물의 깊이 (m), B : 기초폭 (m)

$F_{cs}, F_{qs}, F_{\gamma s}$: 형상계수, $F_{cd}, F_{qd}, F_{\gamma d}$: 깊이계수,

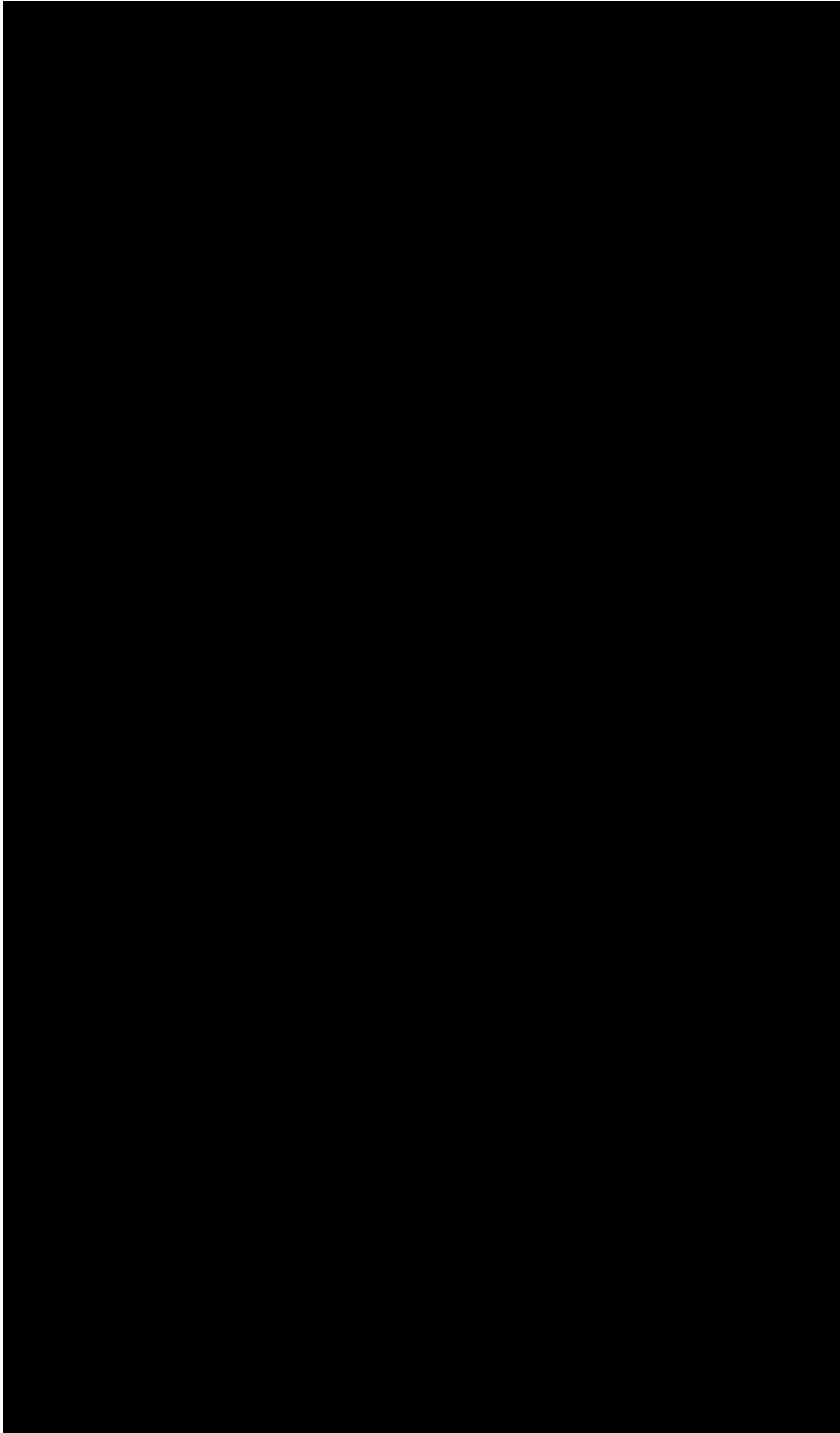
$F_{ci}, F_{qi}, F_{\gamma i}$: 경사계수, N_c, N_q, N_γ : 지지력 계수

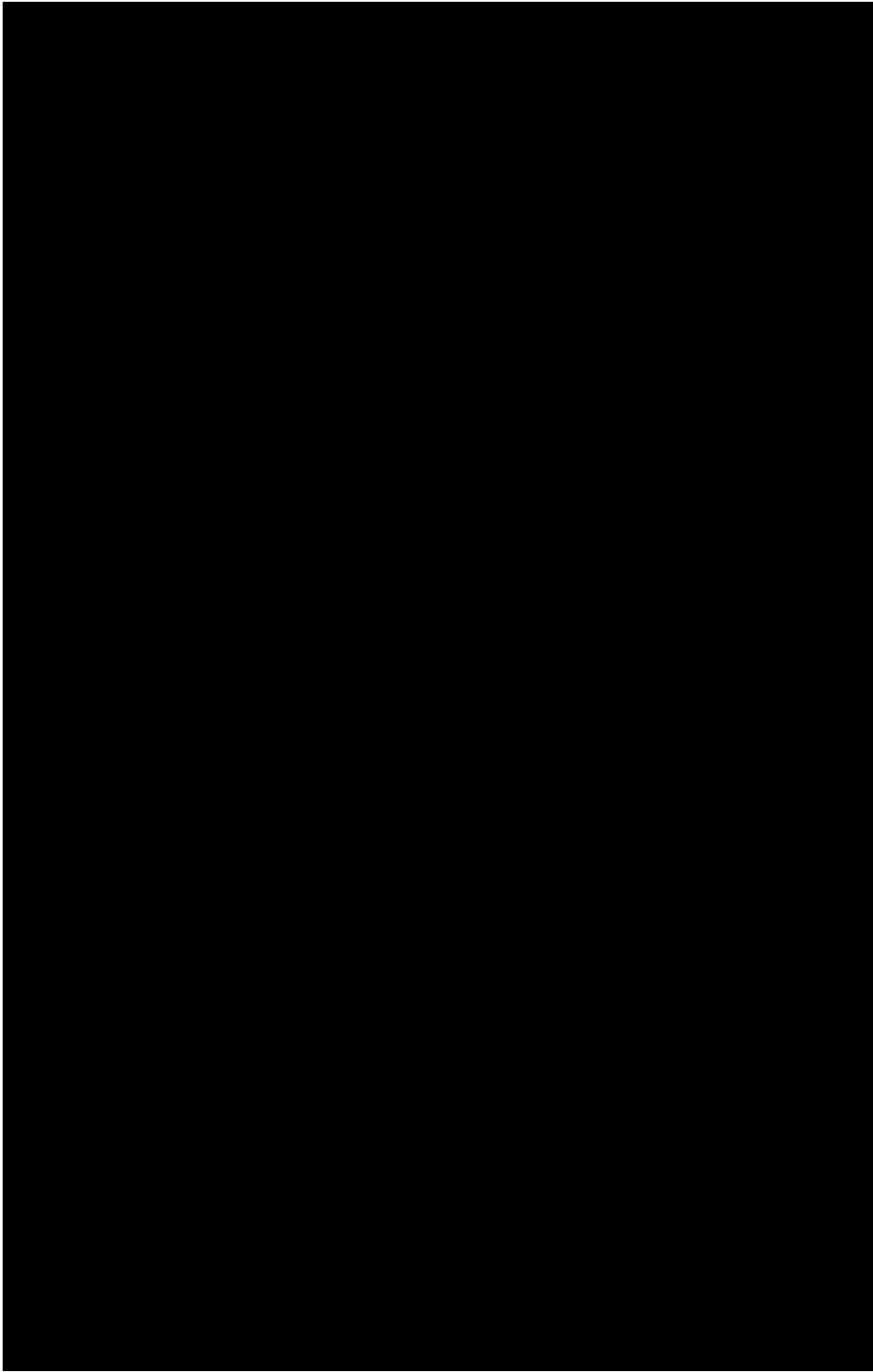
여러 실험 및 계측에 의한 지반종류별 허용 지지력은 표 1과 같다.

표 3-3. 지반 조건별 허용지지력

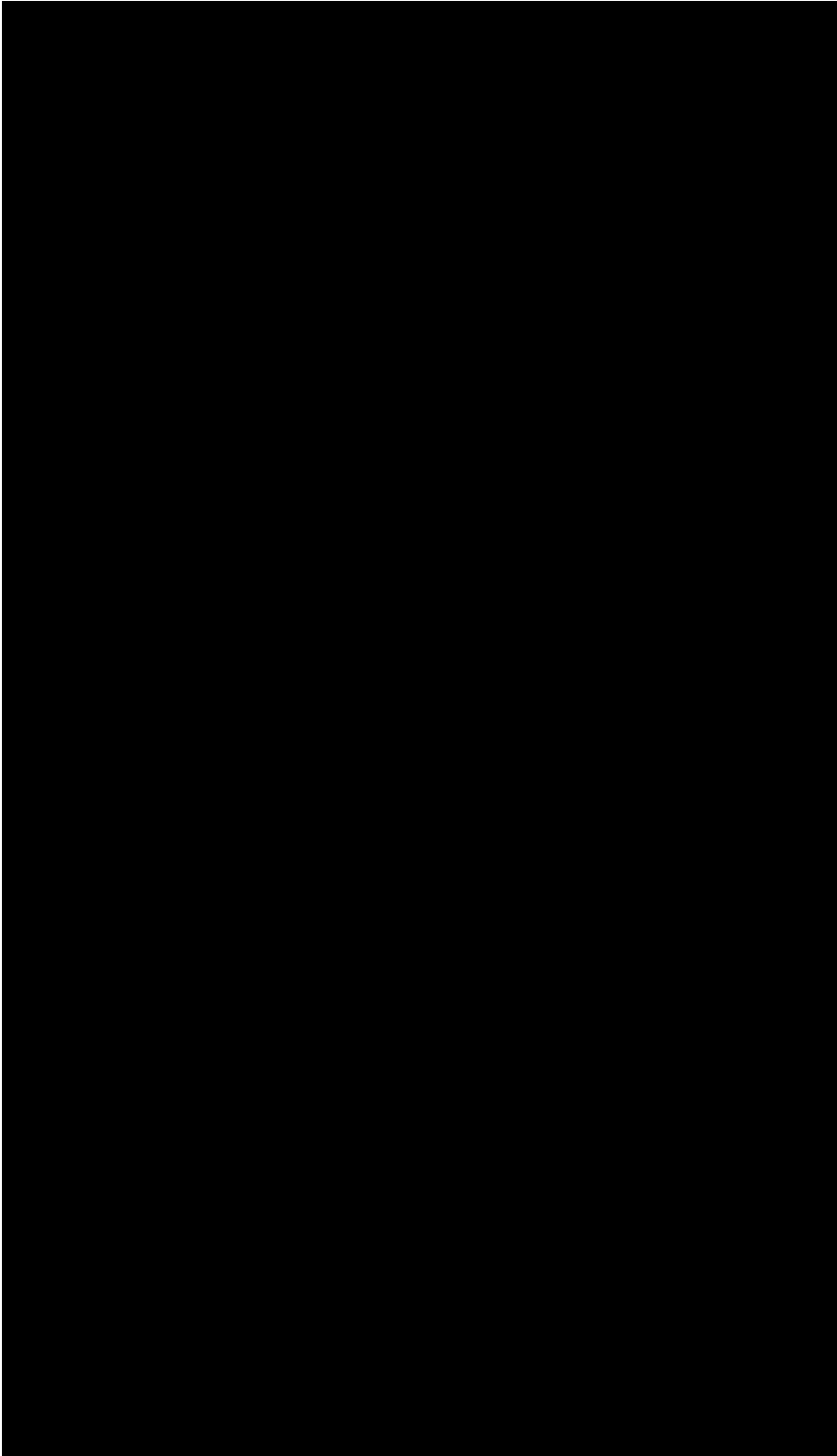
기초지반의 종류		장기허용 지지력(t/cm^2)	비 고	
			N 치	qu(kg/cm^2)
암반	균열이 적은 균일한 경암	100	-	
	균열이 많은 경암	50	-	
	연암, 풍화토	30	-	
자갈층	조밀	60	-	
	조밀않음	30	-	
사질토 지반	매우 조밀	30	30 ~ 50	
	조밀	20	20 ~ 30	
	중간	10	10 ~ 20	
	느슨	5	5 ~ 10	
	매우 느슨	0	5 이하	
점성토 지반	매우 단단	20	15 ~ 30	2.5 이하
	단단	10	8 ~ 15	1.0 ~ 2.5
	중간	5	4 ~ 8	0.5 ~ 1.0
	무름	2	2 ~ 4	0.25 ~ 0.5
	매우 무름	0	0 ~ 2	0.25 이하

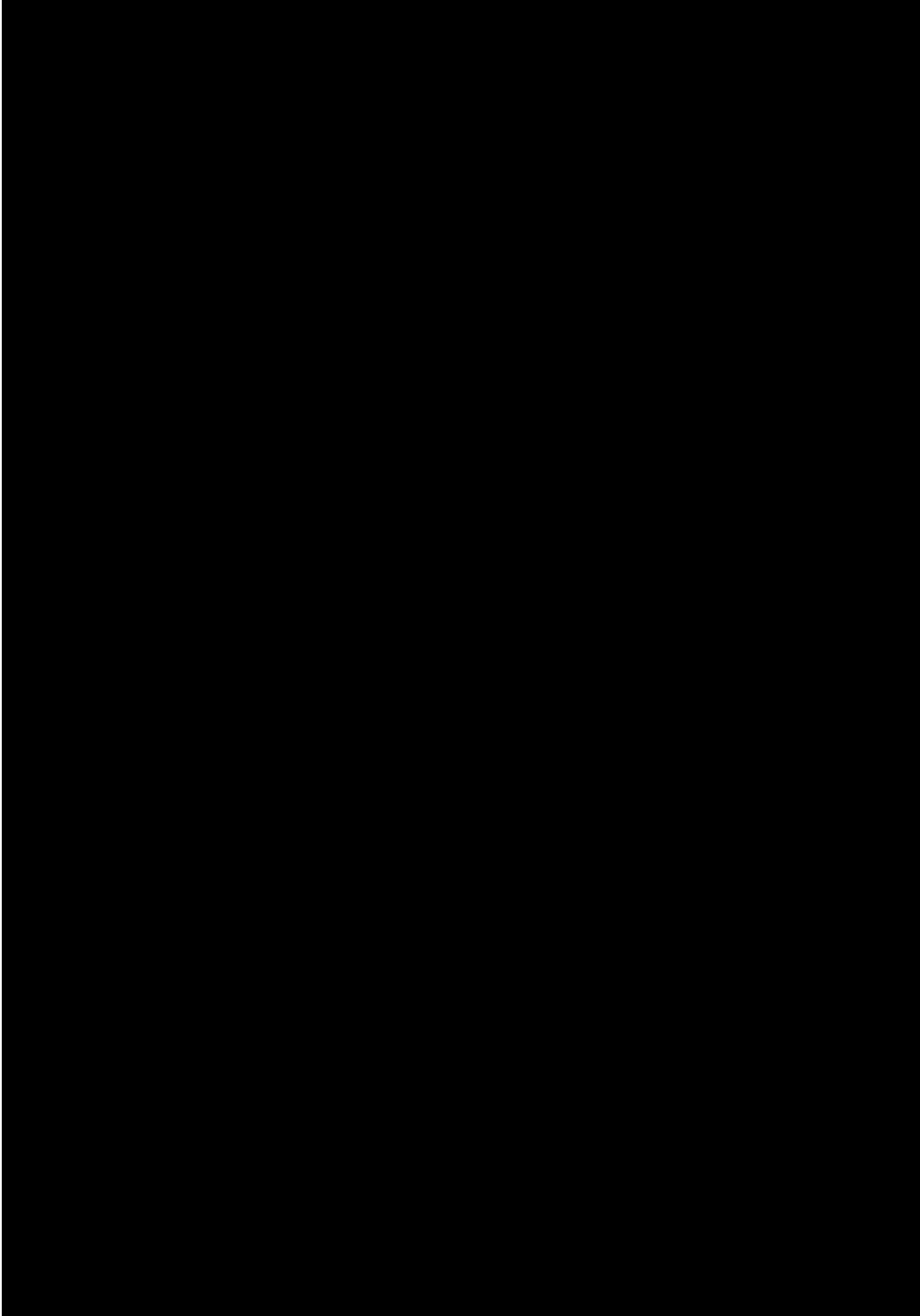
2) 안정검토 ($H=1.00\text{m}$, $N=1:1.5$, $H_o=1\text{m}$)





3) 안정검토 ($H=2.00\text{m}$, $N=1:1.5$, $H_o=1\text{m}$)





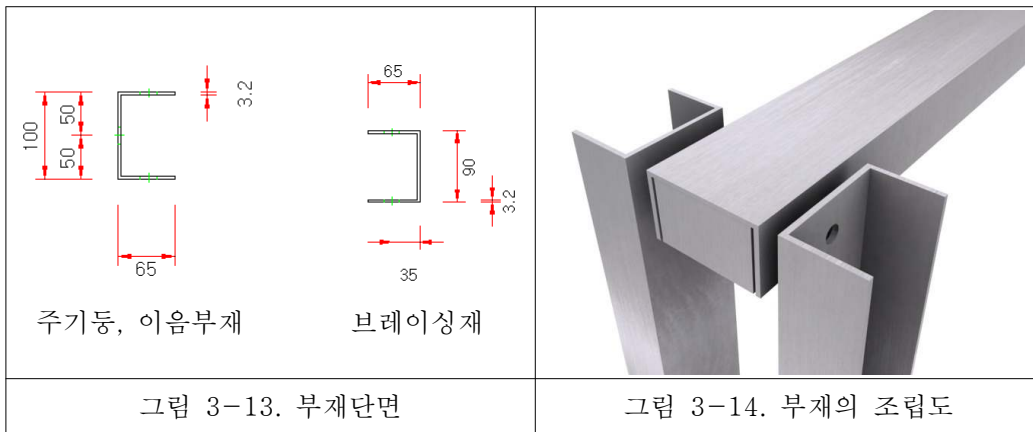
▶ 위와 같이 전도, 활동, 지지에 대한 검토에서 모두 안정한 결과를 보였다.

나. 입도옹벽 구조해석을 통한 내적성능 검토

입도옹벽은 C형 강재를 조립하여 틀을 만들고, 스크린 부재로 목재를 적용한 구조로서 틀 안에 내부채움재를 넣어 외부하중에 저항하는 반중력식 옹벽이다. 부재와 부재가 볼트로 연결되는 구조이므로, 주기둥, 이음부재, 브레이싱재의 연결부에서 파단이 발생 할 수 있으므로 응력을 검토하여 안정성을 확보할 필요가 있다.

1) 옹벽의 연결구조와 부재단면

입도 옹벽의 전체적인 윤곽과 내부채움재의 이탈을 방지하도록 설계된 강재들의 구성부재는 주기둥과 이음부재, 스크린부재, 브레이싱재로 구성되어 있다. 각 부재들의 강종은 SS400을 기준으로 생산하였으며 적용 규격은KS D 3502, KS D 3503, KS D 3515에 의거 하였다. 부재단면의 상세와 조립도는 다음과 같다.



위와 같이 부재를 조립한 임도옹벽은 기본타입을 형성하여 적층하는 타입으로 완성한다. 여기서 말하는 기본타입이란 임도옹벽을 형성하는 부재들을 접합한 최소의 단위를 말하며, 기본타입의 조합으로 옹벽의 높이를 결정하며 각각의 기본타입을 적층할 때마다 높이가 달라진다. 다음은 기본타입을 2단 적층하여 구성한 그림이다.

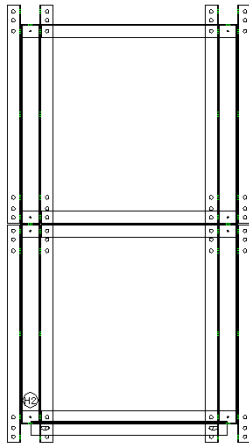


그림 3-15 기본 타입 정면

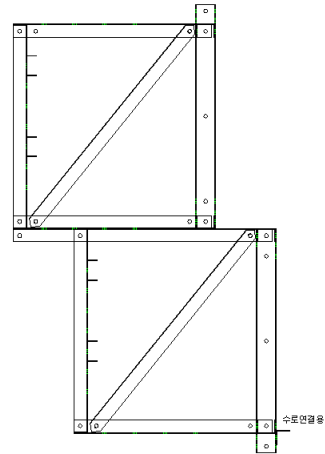


그림 3-16. 기본타입 측면

2) 임도옹벽의 부재성능 검증

임도옹벽의 각 부재들 사양 선정 및 적합성 검토와 역학적 거동을 분석하기 위하여 범용화된 구조해석 프로그램인 MIDAS CIVIL을 사용하였다.

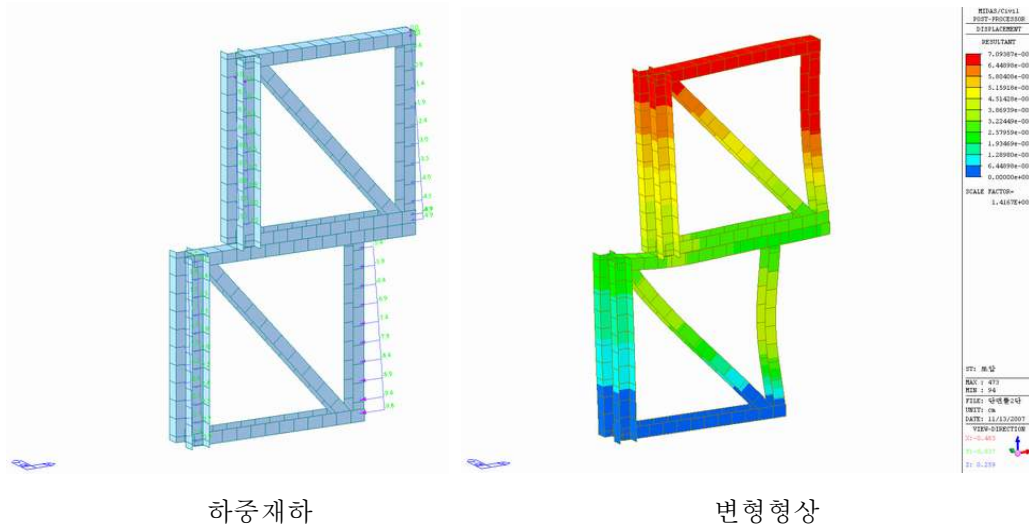
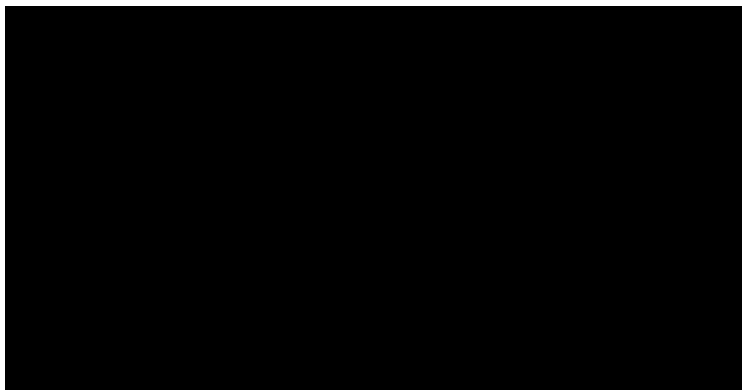


그림 3-17. 하중재하와 변형형상 분석

● 하중계산조건

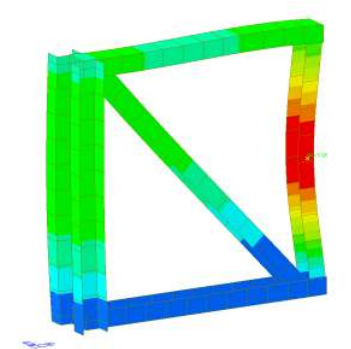
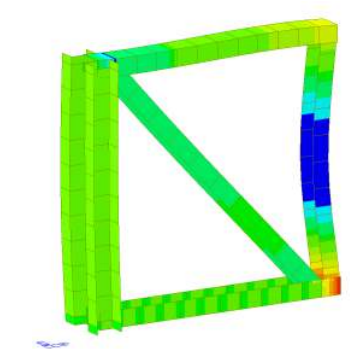
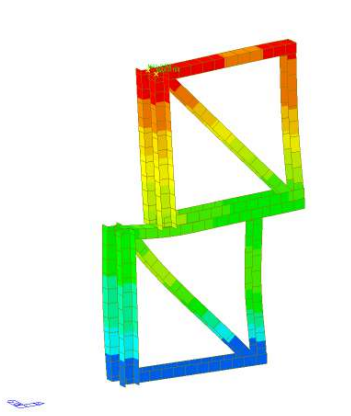
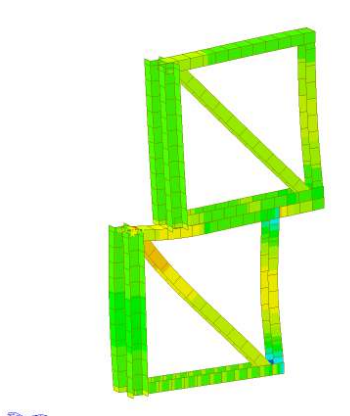
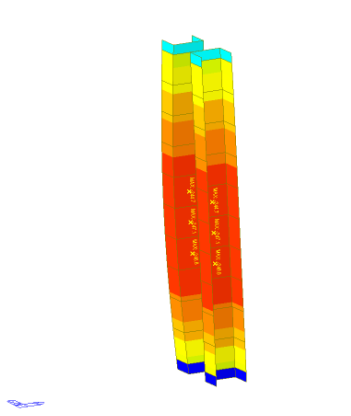
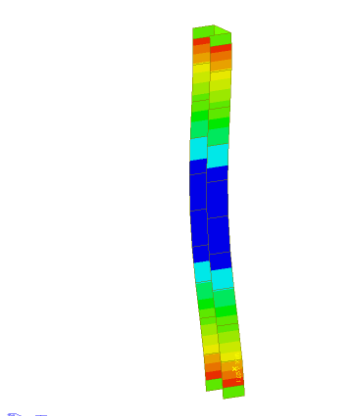
- 옹벽높이 = 2m
- 배면토의 경사 / 높이 = 1:1.5 (33.690°) / 높이 :1m
- 강재틀 내부채움재 단위중량 = 1.8tonf/m³
- 뒷채움재 설계정수 = 단위중량 : 1.8tonf/m³, 마찰각 30°
- 수평토압 = 시행췌기법



가) 틀구조

기본 블록을 모델링하여, 외부하중에 대한 각 부재들의 거동과 응력을 검토하고, 안정성을 확보하고 있는지 판단한다. 또한 적층시에 외부하중과 상부강재틀에서 작용하는 자중이 동시에 하부에 있는 강재틀에 적용되므로, 응력집중 여부와 각 부재가 적절하게 거동하는지 분석하였다. 해석은 최대응력이 발생하는 폭 1.5m 블록으로 수행하였으며, 스크린부재(목재)는 주기둥에 연결되어 있으므로, 스크린부재에 가해지는 하중은 주기둥으로 모두 전달된다는 가정하에 해석하였다.

그림3- 18. 최대응력이 발생하는 1.5m 폭의 구조해석결과

기본블럭 응력검토		
	최대변형량	최대응력 443.5kg/cm ²
	변형이 거의 없음. : 안정	443.5kg/cm ² < 1,400kg/cm ² : 안정
2단블럭 응력검토		
	최대변형량	최대응력 1331.4kg/cm ²
	약 1.7mm 로 변형이 거의 없음.	1331.4kg/cm ² < 1,400kg/cm ² : 안정
주기둥		
	주기둥 전면	주기둥 배면
	247.1kg/cm ² < 1,400kg/cm ² : 안정	1127.1kg/cm ² < 1,400kg/cm ² : 안정

해석 결과 1.5m폭의 2단블럭의 경우에서, 최대응력이 발생하는 부재는 이음부재 상단으로 분석되었으며, 전체적인 틀구조의 거동과 응력분포는 안전한 것으로 판단된다. 주기둥에 작용하는 응력은 247kg/cm^2 , 후면 주기둥에 작용하는 응력은 1127kg/cm^2 로서 허용응력 $1,400\text{kg/cm}^2$ 에 만족하였다.

하단블럭에서 브레이싱 부재는 약 1.45ton의 인장력을 받고 있고, 최대응력이 발생하는 이음부재는 상단블럭의 하중에 의해 휨과 압축을 받는 부재로서 플레이트 요소로 상세모델링하여 추가적인 검토를 필요로 한다.

나) 브레이싱재 및 이음부재 검토

브레이싱부재는 목재옹벽에서 중요한 역할을 하는 인장부재로서, 상단 이음부재와 하단 이음부재를 대각선으로 연결하여, 틀 구조가 외부하중에 견디도록 인장재로 사용하는 부재이며, 이음부재는 상단 블럭과 하단 블럭을 연결하는 부재로서 가장 취약하며, 상부하중에 의한 휨에 견딜 수 있는 부재여야 한다.

Midas Civil의 플레이트 요소로 모델링 하여 응력을 검토하였다. 브레이싱재는 끝단 볼트체결부에서 하중을 주었으며, 이음부재의 경우 상단 블럭과 연결되는 지점에 상단블럭의 자중 및 토압에 의해 가해지는 하중을 주었다.

응력 검토결과 브레이싱재의 경우 약 1031.8kg/cm^2 이 나왔으며, 이음부재의 경우 약 $1,330.8\text{kg/cm}^2$ 로서 허용응력 $1,400\text{kg/cm}^2$ 에 만족한 결과를 보였다.

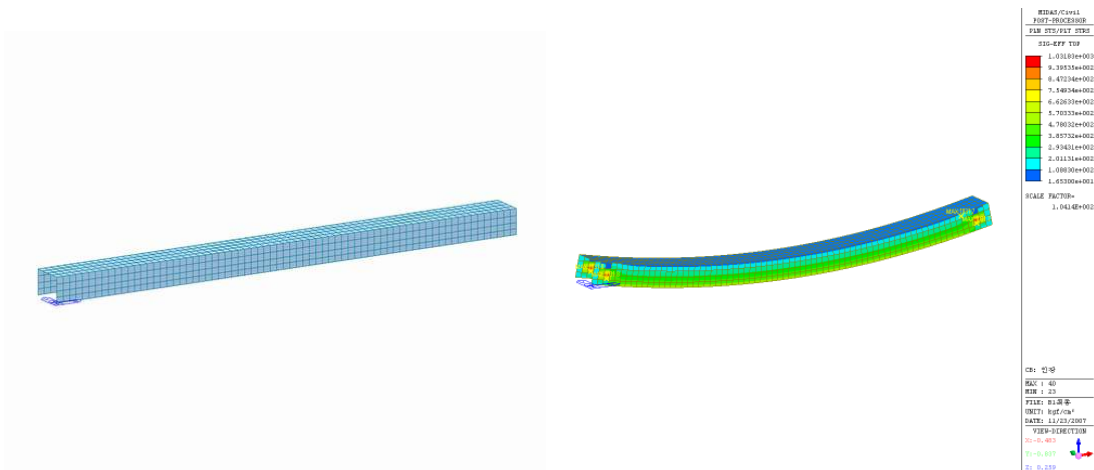


그림 3-19. 브레이싱재 모델링과 응력분포

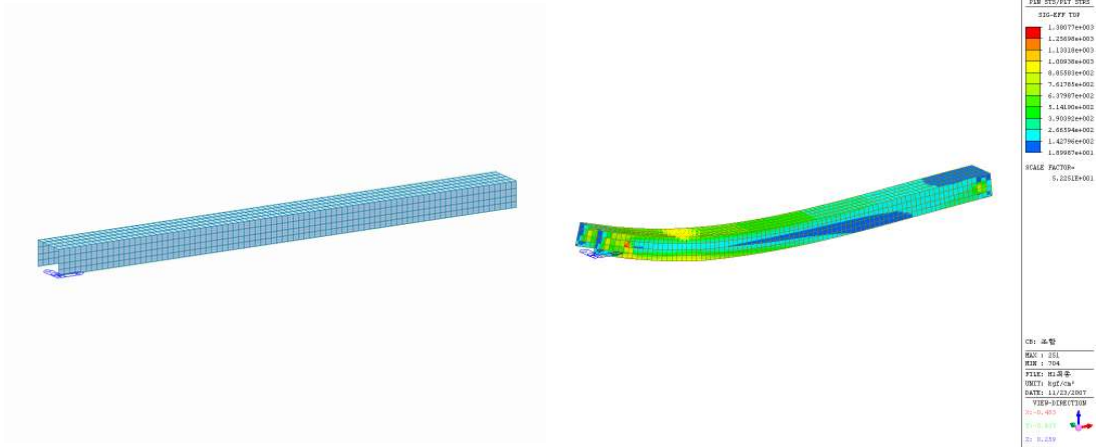


그림 3-20. 이음부재 모델링과 응력분포

제 3 절 기술개발 모델 적용 모니터링

1. standard A, B 형 적용 모니터링

횡성군 서원면 창촌리 국유임도에 “조립식 강재틀 옹벽 Standard A, B형(1차년 개발)을 3개 지역에 나누어 시공하였다. 창천국유임도는 1992년에 시공된 연장거리가 9.18km이며, 마사토 피해 지역으로 2005년 구조개량이 진행된 지역이다. 2006년 강수량은 1560.5mm로 예년 평균보다 많았으며, 특히 7월에 930.2mm가 내렸으며, 7월 16일에는 240mm의 집중호우가 있었다.



그림 3-21. 평형옹벽의 전경



그림 3-22. 옹벽 윗부분의 현황

그림 3-21, 3-22, 3-23, 3-24는 임도 종단구배가 없는 지역으로 시공된 Standard A형으로, 조립식 옹벽 뒷채움은 하단은(그림 3-23) 호박돌 채운 지역으로 식생을 유도하지 않았으나, 상단은(그림 3-24) 뒷채움을 마사토로 채워서 상토가 안정되어 식생유입이 가능하였다. 그림 3-24는 측구가 1년 동안 안정되어 있음을 알 수 있다. 그림 3-25는 하단의 뒷채움이 호박돌로 안 이루어져 마사토로 충전되는 것이 식생을 유도하고 구조적으로 안정 될 것으로 2차년 시공에 보완하여야 할 문제이다.



그림 3-23. 옹벽 미설치 구간의 침식



그림 3-24. 측구의 현황

그림 3-26 는 임도 종단구배가 없는 지역에서 조립 상태의 풀림현상을 조사하였으나 전 구간에서 조립이 완화된 상태는 없다.



그림 3-25 옹벽하단의 뒷채움



그림 3-26 옹벽의 조립 상태



그림 2-27 옹벽 설치구간과 미설치구간 그림 3-28. 옹벽 미설치 구간의 침식

그림 3-27, 3-28 은 마사토 임도시공지역의 절토면 침식을 방지하는 효과를 나타낸 것으로 조립식 옹벽 설치구간과 미설치구간의 침식을 비교 할 수 있다. 2구간 (종단구배 10% 적용)



1. 그림 3-29 옹벽의 전경



그림 3-30 옹벽의 상단의 현황



그림 3-31 측구의 현황



그림 3-32 식생의 생육현황

그림 3-29는 임도 종단구배가 10% 되는 마사토 지역에 조립식 강재틀 옹벽을 계단식으로 시공된 모습이다. 그림 3-30은 옹벽 상단에 마사토로 뒷채움을 하고 병꽃나무를 식재한 모습인데 뒷채움의 앞부분은 침하되었으며 뒷부분은 절토면의 마사토가 침식되어 쌓여있다. 식생생물은(그림 3-32) 2006년 모니터링 한 결과 95%이상 생육하고 있다. 그림 3-33, 3-34, 3-35는 옹벽 조립상태를 점검한 것으로 구조적에서는 아무런 변형이 없고 2%의 일부분에 조임 상태 이완(그림 3-33) 된 것이 보였다.



그림 3-33 옹벽의 조임 상태



그림 3-34 옹벽의 조임 상태



그림 3-35 방부목의 상태



그림 3-36 옹벽 시공구역의 침식상태

그림 3-36는 옹벽 시공지역의 침식상태를 비교하는 그림으로 미 시공지역은 절토면의 마사토가 침식되어 측구의 진행을 방해하고 있다. 그림 3-31은 임도의 종단 구배가 10% 되므로 측구가 약간 침식이 진행됨을 알 수 있다. 이러한 문제점 해결로서 standard. C.D 형에서 측구에 플라스틱 홍관을 부착하도록 설계보완 하였다.



그림 3-37 옹벽의 전체 전경



그림 3-38 옹벽의 윗부분의 현황



그림 3-39 측구의 현황



가. 그림 0 식생의 생육현황

그림 3-37은 조립식 옹벽 standard A, B형을 혼합하여 곡선부에 종단구배가 있는 입도에 시공된 모습이다. 그림 3-38, 3-39, 3-40는 옹벽 상단과 하단에 식생을 유도하여 겨울에 낙엽이 쌓여 있는 모습이다.



그림 3-41 1단 옹벽위의 식생



그림 3-42 미설치 구간의 침식

그림 3-41는 조립식 옹벽을 하단부만 시공하는 변형을 준 구간으로 상단부에 식생을 병렬로 식재하여 보았으나 절토 면이 안정되어 식생이 유도되었다. 그림 3-43, 3-44은 standard C. D형에서 보완 설계되었다.



그림 3-43 옹벽의 조임 상태



그림 3-44 옹벽의 조임 상태

2. standard C. D 형 적용 모니터링



그림 3-45 2차 시공 현장



그림 3-46 시공 1년 후 흙 채움 부족

그림 3-45는 standard C D형을 시공한 현장의 그림이다. 기존의 콘크리트 용벽에 부차가여 시공하였다. 이들 구간 은 곡선 임도와 평행 임도와 공존하고 있다. 그림 3-46은 시공 1년 후 식재 공간에 토양의 채움이 10cm 정도 하강 된 모습이다. 마사토의 흙채움이 1년 후에도 다시 하여야 식생에 도움이 될 것이다. 그림 3- 47, 48은 용벽 상부에 약간 계곡이 형성된 곳에서 집중 호우 시 뒷 채움 토양이 용벽 벽체를 통과하여 흘러 나온 모습이다.



그림 3-47 집중호우에 의한 뒷채움 월류



그림 3-48 집중 호우에 의한 뒷채움 침식



그림 3-49는 이번 시공 구간의 마지막 부분 구배가 형성 된 곳에 측구를 부착하여 시공된 모습이다. 측구의 부착이 시공 작업자의 이해부족으로 연결부위가 원활하지 못하고, 단을 형성하며 시공되었다. 이는 처음 시도되는 것으로 시공 작업자에게 측구 부착에 대한 이해를 시켜 부착하여야 한다는 교훈이다. 그림 3-50은 시공 후 1년 후 용벽과 식생이 잘 어우러져 자연 친화적 용벽이 되었음을 보여준 것이다.

3. 최종모델 적용 모니터링



3차 시공은 2008년 4월에 시공되어 모니터링이 시간상 부족하나 그림 3-51은 3 측구 부착에서 흙 채움이 부족 한 것으로 세심한 시공이 아쉽다. 3-52는 최종 마무리 한 모습이다.

제 4 절 조립식 강재 틀(판) 옹벽 및 측구 시작용 기술 개발

1. 1차년도 강재틀 임도 옹벽 제작 문제점 및 개선안

1차년도에 제작된 Standard A, B형에서 현장적용에 나타난 문제점을 보완하여 Standard C, D형을 제작하였다. 강재틀 임도 옹벽 각각 부재들의 강종은 SS400을 기준으로 생산하였으며 적용 규격은 KS D 3502, KS D 3503, KS D 3515에 의거하였다. 이러한 부재를 공장에서 제작한 후 현장에서 인력에 의한 볼트 체결에 의해 구조체를 완성한다. 강재틀 임도 옹벽을 구성하는 강재틀의 부재는 공장에서 프레싱 형태로 제작된다. 현재는 강재틀 임도 옹벽을 구성하는 부재는 프레싱 형태로 제작되어지나 시장이 확대된다면 롤폼으로 제작 가능하여 경제성 향상이 기대된다.

강재틀 임도 옹벽 부재의 경제성 향상 및 경량화를 통한 시공성 개선을 위하여 다음과 같이 부재를 변경하였다.

가. 부재 변경

현재의 주기둥(C1, C2), 브레이싱(B1), 이음재(H1, H2, H3, H3-1) 부재를 4mm에서 3.2mm로 변경하였다.

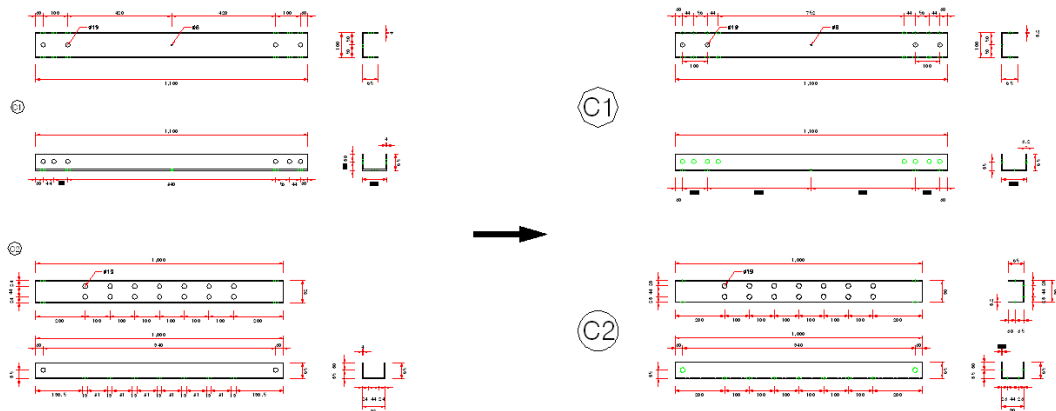


그림3-53. 주기둥 부재 변경

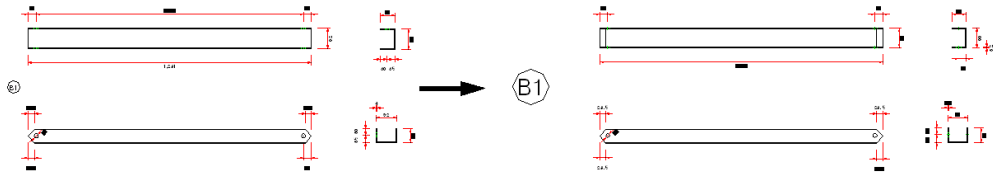


그림 3-54. 브레이싱 부재 변경

나. 이음재 볼트구멍 변경

C1의 초록색 부분의 초록색 부분의 변형은 플라스틱 흡관을 부착 측구대용을 위한 새로운 변형이다. 또한 H1, H2의 초록색 부분은 Standard A, B형에서 문제점으로 나타난 것을 보완하여 곡선부 입도에서 조립식 용벽의 상단부분에 원활하게 곡선부 변형을 이룰 수 있다.

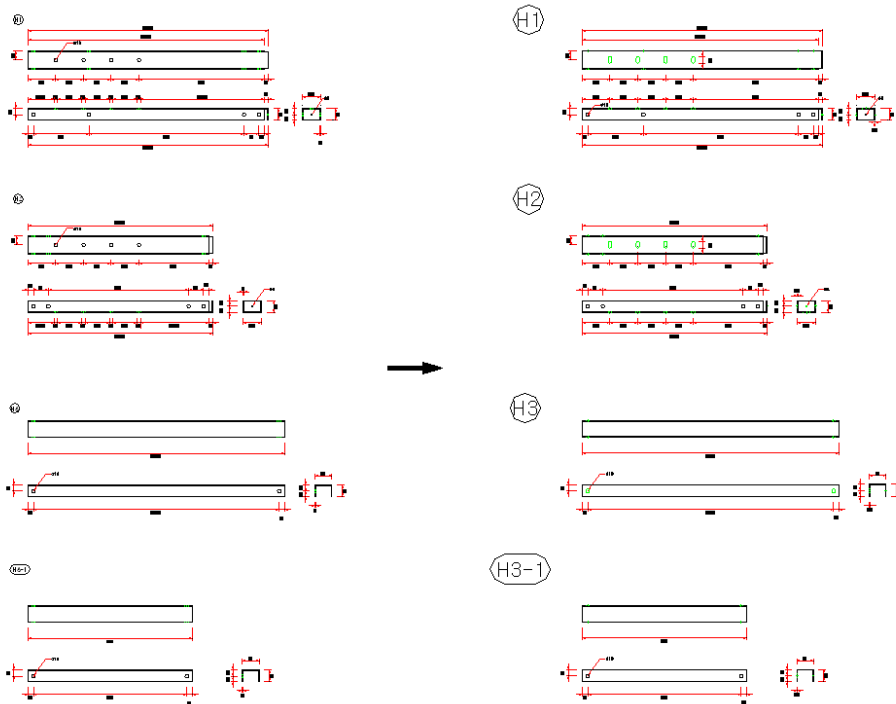


그림3-55. 이음재 부재 변경

2. 2차년도 강재틀 입도 용벽 제작 문제점 및 개선안

강재틀 입도 용벽을 1,2차 시험시공 결과 입도에서의 종단구배 및 곡선부 적용성을 향상하기 위하여 다음과 같이 부재를 개선하였다.

2.1 주기둥

주기둥 C1000 및 C500 부재의 볼트 홀을 개선

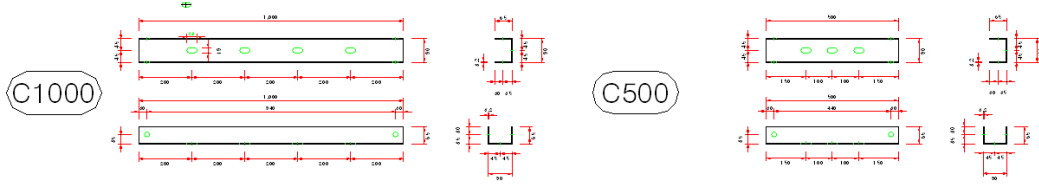


그림 3-56. 주기둥 개선안

2.2 스크린

스크린 S1556 및 S1056 부재의 길이, 볼트 홀 개선 및 추가

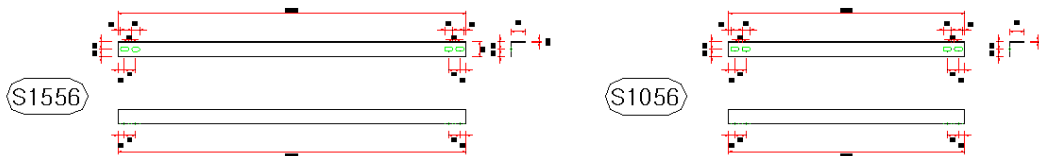


그림 3-57. 스크린 개선안

2.3 이음재

이음재 H1300 H1000 H1371 H871 부재의 길이, 볼트 홀 개선 및 추가

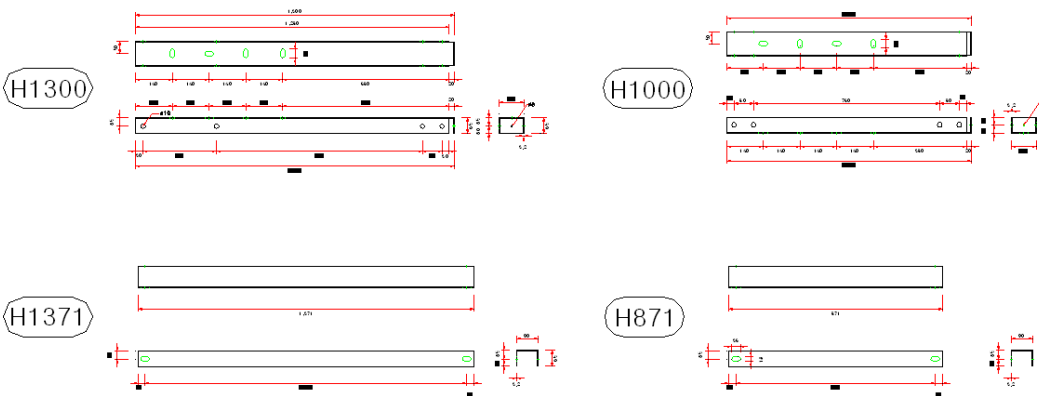


그림 3-58. 이음재 개선안

3. 강재틀 제작공정

가. 제작공정 순서

조립식 강재틀 용벽의 전체적인 윤곽과 내부 채움재의 이탈을 방지하도록 설계된 강재틀의 구성부재는 주부재와 이음부재, 스크린부재, 브레이싱재로 구성되어 있다. 각 부재들의 강종은 SS400을 기준으로 생산하였으며 적용 규격은 KS D 3502, KS D 3503, KS D 3515에 의거하였다.

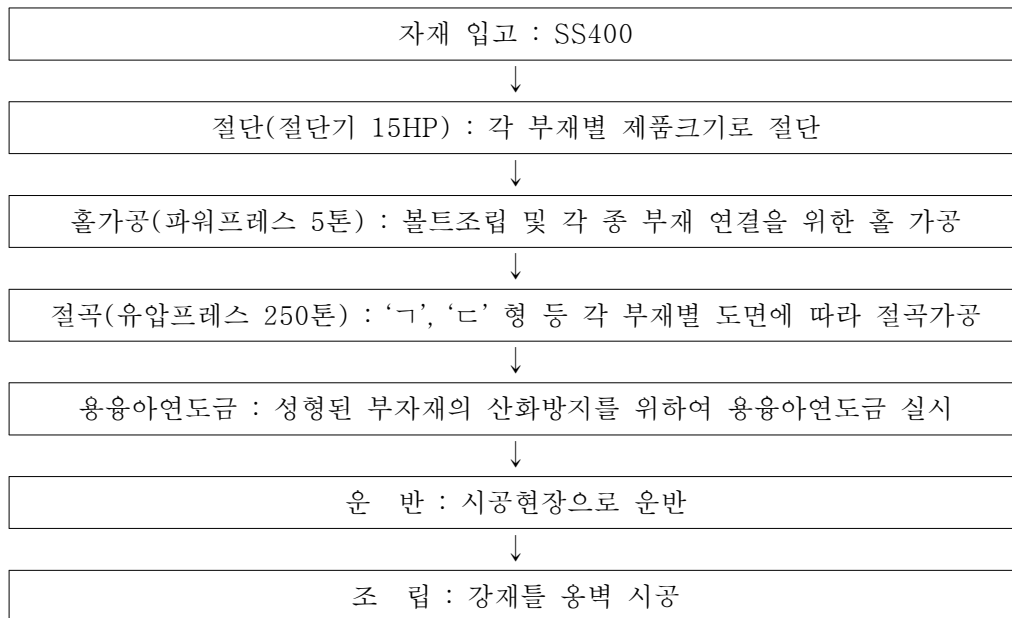


그림 3-59 시작품 제작 공정



그림3-60 절단(절단기 15HP)



그림3-61 절곡(유압프레스 250톤)



그림3-62 공장 현장에서의 조립



그림3-63 일부 부품 운반 준비

그림 60은 제작공장(한보니스코 주식회사) 소재지 : 경기도 평택시 포승면 만호리 579-4에서 제작공정 순서로 제작 되었다. 우선 강판을 개발된 모델의 설계도로 절단하고, 잘려진 강판을 절곡하여 형틀을 구성하였다. 그림 3-62는 공장현장에서 시작품을 1차 조립하여 조립의 문제점을 관찰하였다. 그림 3-63 1m에서 사용될 시작품을 총 무게 등을 검수하기 위하여 묶어 운반준비를 위한 모습이다.

나. 부자재 현황

표 3-4. 임도용 강재틀 용벽 부자재 현황

규격		
Standard C형 W = 1.5m	주기둥 (C1)	65x100x1100x3.2t
	주기둥 (C2)	65x92x1000x3.2t
	이음재 (H1)	65x100x1300x3.2t
	이음재(H2)	65x100x1000x3.2t
	이음재 (H3)	65x92x1390x3.2t
	이음재 (H3-1)	65x92x890x3.2t
	브레이싱 (B1)	65x92x1281x3.2t
	스크린 (S1)	50x100x1496x3.2t
	스크린 (S1-1)	50x100x996x3.2t
	스크린 (S2)	70x75x1488x3.2t
	스크린 (S2-1)	70x75x988x3.2t
	볼트	M16x35
	소계	
	Standard D형 W = 1.0m	주기둥 (C1)
주기둥 (C2)		65x92x1000x3.2t
이음재 (H1)		65x100x1300x3.2t
이음재(H2)		65x100x1000x3.2t
이음재 (H3)		65x92x1390x3.2t
이음재 (H3-1)		65x92x890x3.2t
브레이싱 (B1)		65x92x1281x3.2t
스크린 (S1)		50x100x1496x3.2t
스크린 (S1-1)		50x100x996x3.2t
스크린 (S2)		70x75x1488x3.2t
스크린 (S2-1)		70x75x988x3.2t
볼트		M16x35
소계		

4. 자재의 용융아연도금

가. 용융아연도금 피막조직

용융아연도금의 내식성은 그 도금층의 조직구조에 기인한다. 도금층의 단면을 현미경으로 보면 용융아연도금과 철의 반응에 의해 형성된 금속간화합물 합금층과 도금조에서 인양할 때 합금층위에 부착된 아연층으로 되어 있다.

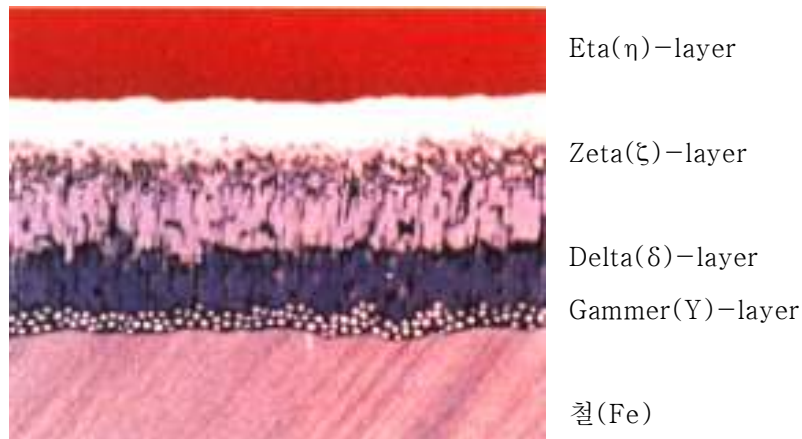


그림 3-64. 용융아연도금층 확대

일반적인 도금조건으로 볼 수 있는 도금조직은 철소지에 가까운 방향으로부터 감마층(γ :21~28% Fe), 델타층(δ :7~11% Fe), 제타층(ζ :5.8~6.7% Fe)의 합금층과 순수아연층인 이타층(η :0.03% Fe)으로 형성되어 있다.

- γ 층 : 철소지에 접하는 층으로 보통 대단히 얇은 층이다. 결정은 입방정계로 Fe_3Zn_{10} 의 화합물로 생각할 수 있으며, 단단하여 부서지기 쉬운 성질을 가지고 있다. 경도는 마이크로피커스 경도로 500 가까이 된다.(보통의 강재는 100~200) 다른 층과의 관계에서 이층은 식별되지 않는 것이 보통이다.
- δ 층 : 통상의 도금피막에서는 가장 내부에서 볼 수 있는 것으로 치밀한 조직을 가지며 인성이 풍부하다. 결정은 복잡한 육방정형으로 $FeZn_7$ 의 화합물로 생각할 수 있으며, 철의 함유량은 7~11%이다. 경도는 마이크로피커스로 250 이상으로 알려지고 있으며, 철의 함유량도 많기 때문에 이층까지 부식이 진행된다면 반점상태로 적갈색을 띄는 경우도 있지만 강재 자체의 붉은 녹과는 다른 것이다.

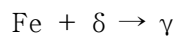
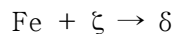
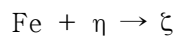
ζ층 : 피막중에서 가장 현저한 결정을 가지며 주상조직이다. 도금의 부착두께가 많을 때는 이층이 두터울 경우가 많다. 이층은 다른 층과 비교하여 결정이 대칭성이 낮고 결합이 약하기 때문에 무르고 가공할 경우에 균열이 발생하기 쉽다. 경도는 마이크로피커스로 200 전후이다. 조성은 FeZn13이며, 철의 함유량은 6% 정도이다.

η층 : 이것은 용융아연욕으로부터 강재를 인양할 때 부착되는 것으로 결정은 순아연과 같은 조밀 육방정계에 속하고, 부드럽고 연성이 풍부하여 변형가공을 받아도 찢어지는 일이 없다. 아연순도가 98.5%이고, 도금로 성분에 의한 Pb이 1%정도 포함되는 것이 보통이며 경도는 50 이하이다.

이상의 각 층이 철소지로부터 연속하여 형성되어 있기 때문에 밀착성이 대단히 우수하다. 또 도금한 제품의 외관은 오로지 가장 외층의 η층에 의한 것이고, 도금 직후는 광택을 갖지만 수개월 경과하면 광택을 잃고 회색으로 변해가는 것이 보통이다. 이것은 염기성 탄산아연 등을 주 성분으로 하는 고내식성의 보호피막이 도금표면에 형성되어 있기 때문이고 성능상 전혀 문제가 되지 않는다.

위 그림에서 보듯이 철과 아연이 반응하면, 철과 아연의 함량, 반응온도 등의 조건에 따라 η, ζ, δ, γ, α 상 등이 나타난다.

η상은 철이 거의 고용되어 있지 않은 순수한 아연이며 이 η상이 철과 아래와 같은 여러 가지 반응을 하여 ζ, δ, γ상 등이 생성된다.



1단계에서 소지철과 도금욕이 반응하여 Fe-Zn화합물인 ζ상이 생성된다고 사료된다. 2단계에서는 ζ상이 성장하면서 ζ-Fe 계면에 존재하는 ζ상의 Fe농도가 증가함에 따라 δ상이 출현한다. 3단계에서는 δ상에서 Zn이 Fe측으로 확산하여 γ상을 형성한다. 4단계에서는 δ상이 성장하면서 치밀한 δc와δp상의 2층으로 관찰된다. 5단계에서는 δp상이 급성장하게 된다. 530℃이상의 온도에서는 짧은 시간동안 1-5단계를 완료하고, 침지시간이 증가함에 따라 δp상이 붕괴되면서 δc상과 아연이 혼합된 δd상이 생성 성장하는 6단계가 존재하게 된다. 특히 고온인 590℃에서는 δd상이 소멸되어 δc상과 Y

상 만이 존재하는 최종단계가 있다.

나. 용융아연도금의 특징

용융아연도금에 의해 철재 표면에 아연을 피복하므로써 다음과 같은 특성을 기대할 수 있다.

1)내식성이 우수하다.

이것은 금속아연 자체가 아니라 아연의 표면에 생성되는 생성물의 내식성이 양호하기 때문이고 그 성질은 일반 대기중 또는 수중, 토양중, 콘크리트중에서 발휘된다.

2)희생적 방색작용이 있다.

아연은 강재보다도 전기화학적으로 표준전위가 낮기 때문에 표면손상에 의해 철소지 일부가 노출되어도 주변의 아연이 노출부를 보호하는 작용이다. 이 방호작용은 대기중에서 직경 2mm 정도이다.

3)다양한 제품생산이 가능하다.

못과 같은 경량품에서부터 1개에 10톤에 이르는 제품에까지 용융아연도금로에 침적 가능한 제품은 모두 생산이 가능하다.

4)밀착성이 뛰어나다.

도금피막으로서의 철소지와 아연의 합금층이 형성되어 그 위에 아연층이 적층하여 형성된다. 따라서 철소지와 잘 밀착하고 통상의 취급상태에서는 충격, 마찰 등에 의해 박리가 일어나지 않는다. 또 전처리가 불완전한 경우에는 도금층이 형성되지 않으며 외관에 의해 전처리의 가부 판단이 가능하므로 신뢰성이 높다.

5)구석진 곳까지 도금이 가능하다.

용융아연도금법에 의하면 손이 닿지 않는 부위까지 도금이 가능하다. 예를들면, 내부결여체, 가는곡관 등과 같은 손이 닿지않는 부분이 있을 경우에도 용융아연의 유출입만 가능하다면 균일하게 도금하는 것이 가능하다.

6) 물성변화가 없다.

통상의 강재에서는 용융아연도금한 것과 하지 않은 것 사이의 기계적 성질은 거의 변화가 없으며, 건설공기를 대폭 단축시킬 수 있다.

7) 페인트도장에 의한 색상표현이 가능하다.

용융아연도금 처리후 주변과의 색채 조화를 이루기 위한 도장이 가능하고 또 장 기방식을 기대하는 경우에는 도금위에 도장을 실시하는 것은 내구성을 배가하는 방법이다.

다. 용융아연도금의 내식성

아연금속은 본래 대단히 활성인 양성금속으로 부식하기 쉬운 성질을 가지고 있지만 표면에 치밀한 $Zn(OH)_2$ 나 ZnO 의 부동태 피막을 형성하거나 불용성의 염기성 탄산아연 피막을 만들기 때문에 강한 내식성을 나타낸다. 그러나 이러한 피막의 생성을 방해하기도 하고 또 용해성 박막을 생성하는 환경하에서는 아연도금은 급속히 부식된다. 따라서 부식환경이 열악한 경우에는 아연도금위에 도장 등으로 2중 방식할 필요가 있다. 이처럼 아연도금은 사용되는 환경에 의해 내식성은 큰 변화를 갖게되며 아연도금제품을 사용하는 강구조물을 설계할 때 그 주변환경을 확인하는 것에 의해 각 환경하의 각지에서 실시된 폭로시험결과로부터 구조물의 내용년수를 추정하는 것이 가능하다.

대기중의 아연도금은 대기오염물질의 아황산가스, 산화 등에 의해 그 내식성이 크게 좌우되고 부식인자로 다음과 같은 것이 있다.

·습기와의 접촉시간과 온도

·표면의 건조속도

·대기중의 공업오염물질 및 해수의 염분

위와같이 사용 환경이나 조건에 의해 내식성은 달라지지만 아연도금 부착량과 내식성과의 관계는 동일환경, 동일조건에서 또 동일환경 하에서 실내는 실외에 비해 3~5배의 내용년수를 기대할 수 있으며, 내용년수는 아연 부착량에 비례한다.

대기중의 내용년수를 예측하는 경우 사용 환경에 의한 도금의 부식속도와 아연부착량으로부터 다음과 같이 계산한다.

$$\text{내용년수} = \frac{\text{아연부착량(g/cm}^2\text{)}}{\text{부식속도(g/m}^2\text{/년)}}$$

이 식은 아연피막이 10%가 남아있는 시점에서 철소지로부터 녹이 발생한다고 가정
한 값이다.(JIS H 8641 용융아연도금 해설)

일본 도로공사의 자료에 의하면 교량의 경우 주요 부재의 년평균아연도금 부식막
두께 감량은 약 1.85 μ m/년으로 동일한 속도로 부식이 진행될 경우 아연부착량
600g/m²(84 μ m)의 90%가 부식된 경우 41년(84 \times 0.9/1.85=41년)의 내용년수가 산출된다.
하지만 실제적으로 200 μ m 이상의 아연도금 막두께로 작업이 가능하여 실제 교량은 상
당한 내용년수를 가지고 있다.

일본 용융아연도금협회의 대기폭설 환경시험에 의한 추정 아연도금 내용년수는 아
래와 같다.

표3-5. 용융아연도금의 추정 내용년수

	400g/m ²		500g/m ²		600g/m ²	
	부식량 (g/m ² /년)	내용년수 (년)	부식량 (g/m ² /년)	내용년수 (년)	부식량 (g/m ² /년)	내용년수 (년)
중공업 지대	31.1	11.6	32.8	13.7	31.1	17.4
해안지대	12.4	29.0	12.5	36.0	12.3	43.9
교외지대	7.1	50.7	7.2	62.5	6.7	80.6
도시지대	15.7	22.9	16.0	28.1	15.9	34.0

라. 용융아연도금과 페인트의 피막

유기질 피막이나 페인트의 방청원리는 단지 철 표면의 부식 원인인 물과 산소로부
터 차단하는 것 뿐으로서 만약, 피막의 손상이나 결점으로 철소지가 노출된다면 노출
되는 순간부터 부식이 진행되어 피막내부로 급속히 퍼져 나가기 때문에 결국에는 전
체가 녹으로 뒤덮이게 된다.

하지만, 용융아연도금은 철과 아연이 접촉하여 두 금속간의 전위차에 의해 전지가

형성되고 양극으로 작용하는 아연으로부터 음극인 철로 계속적으로 전자가 공급되어 외부 반응으로부터 철을 완전히 보호하므로써 철의 부식을 방지한다.

만약, 아연 피막이 벗겨져 철 표면이 노출되어도 그 간격이 2mm를 넘지 않는다면 그 주위의 아연이 철에 대하여 음극 방식작용을 해주기 때문에 철은 부식되지 않는다.

마. 용융아연도금의 경제성

용융아연도금의 가공비는 피도금체의 형상, 치수, 부착량 그외에 요구되는 품질과 수량에 따라 다소 차이가 있으므로 한마디로 규정하는 것은 곤란하지만 일정한 사양을 가정하여 비교해 보면 다음과 같다.

① 장기적 효과

용융아연도금은 초기비용에서 약간 높게 나타나지만 1회 보수비용을 추가하는 시점부터 경제적으로 유리한 것을 알 수 있다. 이것은 건축용 철판에서의 시공실적을 기초로 하여 일반적으로 알려져 있는 사실과 일치한다. 즉 참고자료로서 용융아연도금 교량의 경우 경제적으로 유리하게 되는 보수도장은 2~3회라고 하는 보고 예가 있고, 건축용 철판보다 추가 보수도장의 회수가 약간 많은 것이다. 이것은 부재두께의 초기 사양이 다른 것에 의한 것으로 생각된다.

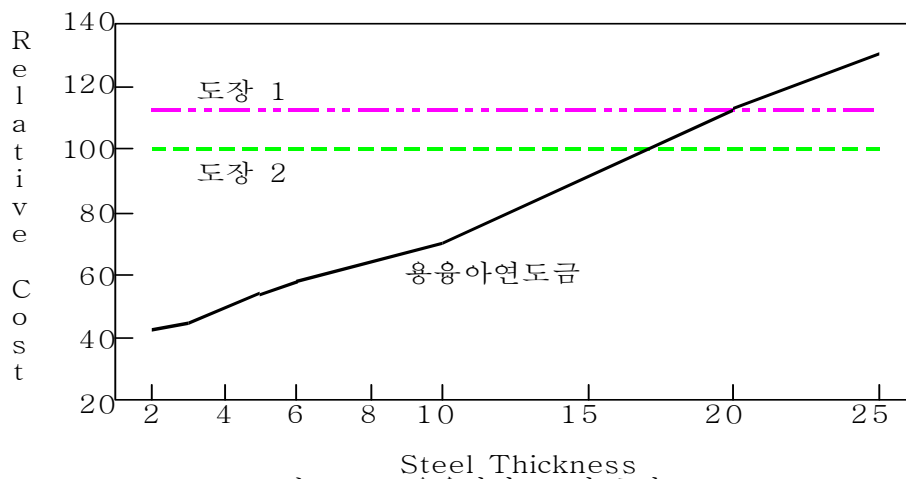


그림 3-65. 용융아연도금의 효과

이러한 재도장을 전제로 할 경우 일반의 도장과 비교하여 용융아연도금 쪽이 경제적으로 유리한 것을 알 수 있다.

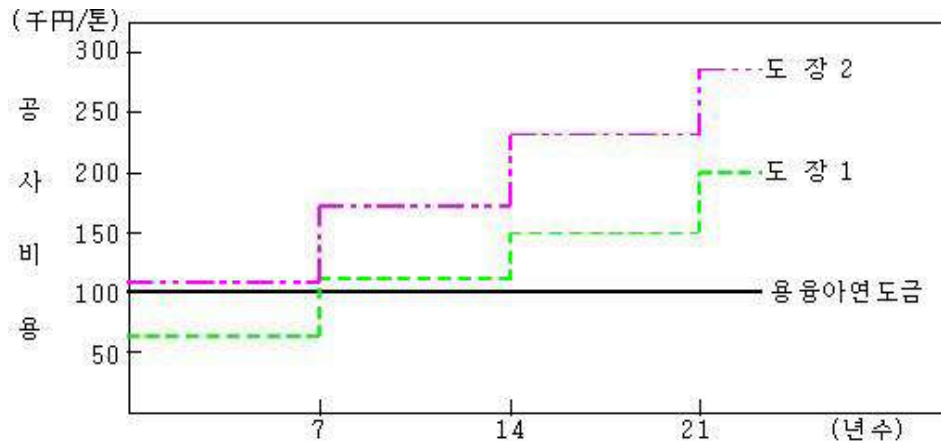


그림 3-166. 용융아연도금의 경제성

제 5 절 조립식 강재 틀 임도 용벽 및 측구 개발을 위한 현장 설계 및 시공 방안

Standard A, B형의 조립식 강재 틀 용벽은 기존의 타 공법에 비교하여 탁월한 시공성이 장점이다. 어떠한 현장의 조건이라도 공장에서 제작한 각각의 부재를 조립함으로써 우수한 품질의 용벽을 보장할 수 있고 시공 기간도 동일목적 타 공법의 1/3 정도의 기간으로 공정을 완성시킬 수 있었다. 1차년도 시공은 동절기에 시공이 이루어져 계절적 시공제약을 극복하였다.

Standard C, D형의 시공은 강원도 평장, 인제 지역의 2006년 집중호우로 시공 지 선정의 어려움 때문에 현장시공이 지연되어 2007년 3월 초로 늦어지게 되었다. 1차년도 시공지 근접지에 곡선임도가 형성되고, 약간 종단구배가 있는 마사토 지역에 시공하였다.

3차년도 시공은 최종 모델 형의 시작품 시공으로 곡선임도를 중심으로 1차 시공지와 연결한 지역에 2008년 4월에 시공되었다. 1차년도, 2차년도 시공 등을 종합하여 3차년도 중심으로 정리하였다.

1. 작업구간 결정 및 시공지 측량

조립식 강재 틀 옹벽은 옹벽의 높이를 결정한 후 현장의 측량으로 작업구간내의 옹벽의 길이와 절·성 토량을 산출하면 당 현장의 소요내역을 정확하게 예측 산출 할 수 있다.



본 연구의 시공 장소는 강원도 횡성군 서원면 창촌리 국유임도를 대상지로 선정하였으며 대부분이 경암 마사토로 이루어져 있다. 본 장소는 주관연구기관인 상지대학교와 근접한 곳에 위치하여 잦은 관찰을 할 수 있는 장점이 있다. 3차년도 임도옹벽 시공 지는 곡선임도가 최소 반경 12m 정도의 곡선이 심하고 종단구배가 있는 곳을 선정 하였다(그림4-1).구조물을 설치할 곳의 입지조건을 측량하였으며, 일반적으로 지형측량을 실시하였다(그림4-2).

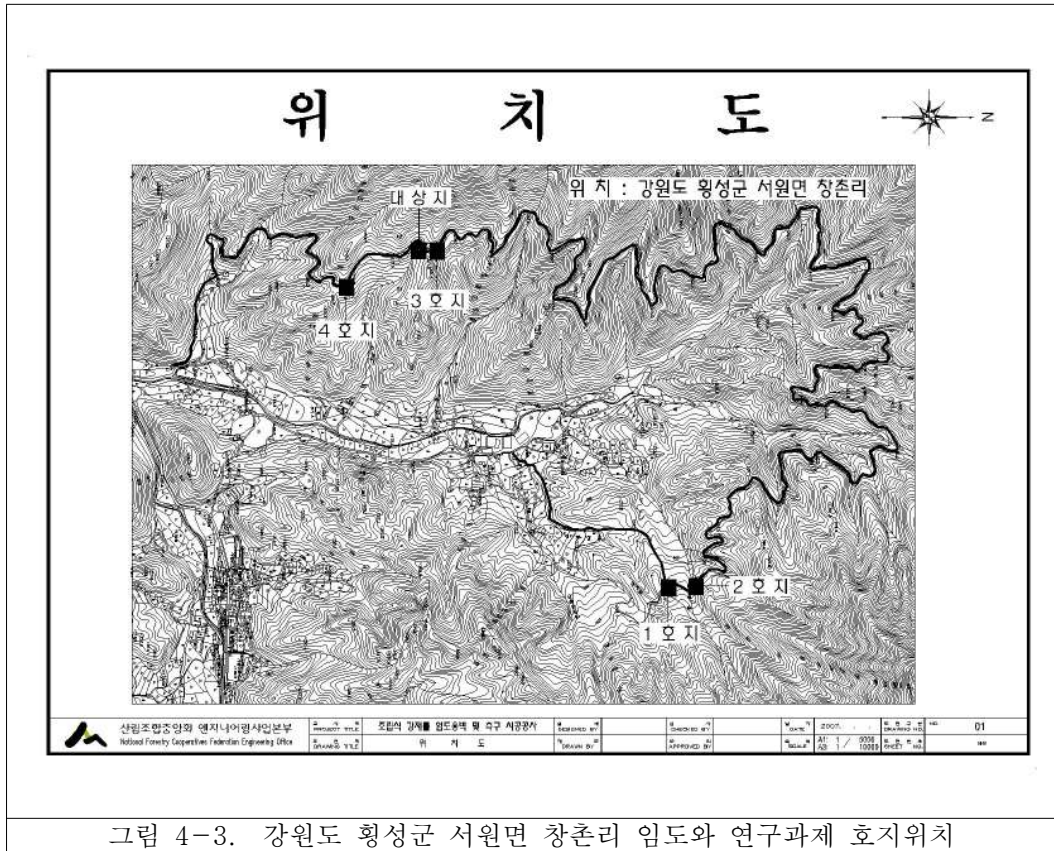


그림 4-3. 강원도 횡성군 서원면 장촌리 임도와 연구과제 호지위치

그림 4- 3은 1차, 2차, 3차 임도 옹벽이 시공된 지역으로, 강원도 횡성군 서원면 장촌리 국유임도로 임도길이 9.2km이고, 시공년도는 1992년도 이후 구조개량이 시행된 곳이다. 마사토 구간이 많고, 전반적으로 남향의 임도이다.

2. 시공 설계

대상지를 측량한 결과와 옹벽 기본 데이터를 접목 시켜 현장을 설계하였다. 다음 그림 4-4는 3 차년 임도 옹벽 시공예정지의 실측도이다. 그림 4-5는 시공예정 평면도로 임도 옹벽이 시공될 장소를 표시한 도면이다.

3. 임도 용벽 현장 시공 공정

그림 4-9는 강재 틀 용벽 시작품을 구성하는 부재들을 시작품 공장으로부터 현장으로 운반하였다. 그리고 조립 시작품에 필요한 방부 원주 목들이 공장에서 현장에 도착하여 적재 되어 있다(그림 4-10).

그림 3-4 자재 현장 운반



그림 4-9. 시작품 공장에서 시공현장 도착



그림 4-10. 방부 원주 목 현장 적재



그림 4-11. 시공 후 식재 할 묘목 하차



그림 4-12. 식재 할 묘목 단근 작업

그리고 조립식 강재 틀을 이용한 용벽의 장점인 즉시 식재유입을 하기위하여 병꽃 나무 묘목들을 하차(그림 4-11)시키고, 식재를위하여 묘목들을 손질하고 있다(그림 4-12.)

그림 4-13은 3차 년도에 연구된 최종 시작품을 시공하기 위하여, 1 차 년도에 시공되었던 지역과 연결하여 기초 터파기를 하고 있다. 그림 4-14는 3차년도 연구 목적인 종단 구배가 있는 곡선임도에서 기초 터파기를 하고 있다.



그림 4-13. 1차년도임도옹벽 연결 터파기



그림 4-14. 곡선임도의 터파기



그림 4-15. 터파기 한 후 부지포 도포



그림 4-16. 부지포 도포 후 조립 형틀 정리

그림 4-15, 16은 기초터파기를 한 후, 기초 다듬을 한 후에 부지포를 도포하고, 옹벽 시작품 하단을 조립하고 있는 것이다.



그림 4-17. 곡선임도의 시작품 조립 모습



그림 4-18. 방부원주목을 삽입후 철망설치



그림4-19. 임도 옹벽 상하단 원주목 삽입



그림 4-020 구조물을 구축 후 흙 뒤채움

그림 4-17에서 4-19는 시작품을 조립하는 과정이다. 시작품의 조립은 숙련 인부에 따라 달라 질 수 있으나, 이번 조립 작업은 처음 하는 작업자로, 조립 매뉴얼 작성에 도움이 되도록 작업자 뜻에 따라 하데 하였다. 1차 년도는 작업자가 콘크리트 작업을 하였던 산림 토목에 경험이 많은 작업자로 하였으며, 2차 년도는 젊은 작업자 구성하여 진행하였으며, 3차 년도는 곡선임도와 종단구배가 있는 곳으로, 조립 작업하기가 어려운 곳에서 하였다. 조립의 시간은 작업자의 숙련도에 따라 차이는 있었으나, 심하게 차이가 나지 않고 쉽게 조립을 이해하고 작업을 하였다.



그림 4-21. 옹벽 조립 후 측구 부착



그림 4-22. 조립후 흙으로 뒷채움 모습



그림 4-23. 흙채움 후 묘목 식재



그림 4-24. 시공 후 뒷정리 한 모습

그림 4-21은 조립식 옹벽을 상단 하단 조립하여 구조물을 완성한 후 옹벽 하단에 플랩 관 측구를 부착하는 것이다. 종단 구배에 따라 임도옹벽의 이음 재에 플랩 관을 부착하고 노면 높이를 고려하면서 흙을 삽입하면서 고정한다. 그림 4-22는 구조개량 형식의 임도옹벽을 구축하였으므로 터파기 한 흙을 구조물 안으로 던져 뒤채움을 하고 있다. 1차년, 2차년에서는 뒤채움 흙을 다짐을 할 수 없어 쌓아 놓았더니, 시공 후 시간이 경과함에 따라 뒷 채움이 부족하였다. 추후 관리와 뒤채움의 양을 많게 하여야 한다. 그림4-23는 묘목을 상단과 하단의 수목을 심을 수 있는 공간(20cm)에 묘목을 식재하고 있다. 그림 4-24는 구조물 시공이 완성 된 후 주변이 정리된 모습이다.

4. 철강재 옹벽 시공 및 관리

가. 식생관리

그림 4-25, 26은 2차년 과제로 시공 된 지역인 데, 마사토 지역으로 병꽃나무 묘목이 잘 식생 되어, 자연 친화적 임도가 되었다. 조립식 강재 틀 옹벽을 시공 후 흙으로 뒤채움을 하였을 때 뒤채움의 양이 부족하고, 집중호우로 토사가 흘러내려가 시공 1년 후에는 뒤채움과 하단에 흙을 상토 하여 줄 필요가 있다.



나. 옹벽 시공 시 주의 점

- 철강의 두께를 최소화 경량화하여 경제성을 확보하고 운반, 설치 시 간편토록 개선필요
- 볼트, 너트의 가공 시 충분한 이격공간을 확보하여 조립 시 편리하도록 개선필요
- 각 부재 연결시 조립이 어려워 햄머(hammer)를 사용하는 경우가 있음 - 이격 공간(통나무)
- 현재 방부 목으로 사용하나 현지 목재를 사용토록 개량필요
- 땅속에 들어가는 철강재부분을 최소화하고 통나무로 대체하여 경제성을 확보
- 급경사 종단시공도 가능토록 제작 필요
- 커브구간의 시공이 용이 제작개선 필요
- 볼트, 너트가 아닌 조립식 철물로 설계 개선(공기압축기와 조임 장비 등 의 별도 장비가 필요한 실정)
- 옹벽의 역할이 끝나면 해체하여 다른 용도로 재사용토록 자재의 고안 필요

- 옹벽길이 1m~1.5m에서 2m~2.5m등으로 제작하여 토압의 경우에 따라 달리 시공토록 개선필요
- 볼트 연결부로 인해 통나무가 들어가지 않는 경우발생
- 통나무 직경별로 안정성 검토 필요

다. 차후 개선점

- 중량을 줄이고 각 자재를 연결하는데 용이하게, 환경 친화적이며 경제성을 갖추도록 제작/개선
- 사용용도가 다양화되도록 개선
- 기둥2개가 가까이 붙어 있음 - 1개로 줄이는 방향모색

5. 철강재 옹벽 제작 방부목 내역

- ①수종 : 낙엽송
- ②가공 : 원주가공후 인사이딩 CAA 방부처리
- ③수량 : $\varnothing 80 \times 1385 = 404EA$
 $\varnothing 80 \times 885 = 768EA$
 $\varnothing 100 \times 910 = 120EA$
- ④가공특징

옹벽의 내구성을 확보하기 위하여 원주 가공 후 표면에 칼집을 내어 방부제가 원주 목에 최대한 깊이 까지 들어가 내구년한 최대한 연장 시키도록 제작.

임도와 친환경적이도록 철강재를 최소화 하고 목재를 많이 사용토록 설계 시공.

- ⑤경제성

현재 소경 간벌 재생산이 증가하고 있으며 타 자재에 비하여 시공 용이성, 옹벽 시공 시 기후적 영향을 적게 받고 현장의 암과 토사 등 주변자재 활용으로 다른 옹벽 시공 보다 경제성이 있으리라 사료됨.

6. 자연친화적인 강재틀옹벽 시공

① 옹벽의 중요부분만을 최소화하여 강재를 사용하고 전면부에는 주변 환경과 친화적인 목재를 사용하고 채움재는 돌과 토사, 옹벽의 중간과 상층부에 식재공간을 두어 척박지에 강한 수종인 병꽃나무, 개쉬땅나무, 말발도리를 식재하여 주변과의 조화와

구조물의 차폐를 유도하여 임도의 절·성토 면을 임도 시공전의 환경과 가깝도록 디자인 함.

② 강재틀 옹벽 채움재를 주변에 있는 돌과 토사를 사용하여 골재채취와 구조물 제작에 필요한 원재료 조달 위한 추가 환경훼손을 최소화 하였으며 옹벽 채움재를 옹벽 위에 식재된 관목의 뿌리에 의하여 긴박함으로서 본 강재틀 옹벽의 시공은 산림내에 있는 자재와 수목의 기존 기능을 활용하여 산각의 고정에 역점을 두었음.

③ 산각의 고정, 녹화, 법면의 안정 등 철강재 옹벽의 기능이 완료되면 철강재 틀을 분리하여 일부 회수되는 구조로 강재틀 옹벽의 구조를 디자인하여 자원 재활용토록 설계할 필요성이 있음.

④ 목재를 만들 때 이산화탄소(CO2) 방출량(1kg/m³) 다른 자재(콘크리트, 강재)와 비교하여 매우 적은 자재로 환경오염을 최소화 할 수 있는 환경 친화적인 자재임.

표 4-1 제조시 이산화탄소 방출량(kg/m³)

	목재	콘크리트	강재	비고
방출량	66	400	24,400	

⑤ 향후 산림 내에서 간벌되는 간벌재로 강재 틀 옹벽을 제작함으로 공사비 절감, 공기절감, 등의 각종 효과가 증대할 것으로 판단됨.

7. 강재틀 옹벽의 시공 특성 및 가격 비교

1차, 2차, 3차 과제를 수행하여오면서 임도에서 일반적으로 많이 사용하는 콘크리트 공법과 경제적으로 비교분석 하면서 제작을 하였다. 제작을 하는 참여기업은 특히 철강재의 시세에 큰 영향을 받았고, 그래서 1차에 사용되었던 부재의 강판의 두께를 4mm에서 3.2mm로 얇게 제작하였으며, 이음재의 사용개수를 4개에서 2개로 줄여 경제적으로 강점을 두도록 하였다. 그리고 시작품의 벽체에 사용하는 방부 목의 가격이 오히려 강재 틀보다 더 나가는 것으로 산출되었다. 강재 틀 자체의 구조에 무리가 없이, 옹벽 벽체를 방부를 하지 않은 원주 목을 사용하면 가격은 방부 목 설치 보다 1/3 이하로 내려가게 된다. 경우에 따라서는 옹벽의 벽체를 임도 시공 시 주변에서 얻을 수 있는 지잔 목을 사용하면 더욱 가격은 경쟁이 있을 것이다. 본 연구에서는 옹벽과 측구의 기술 개발에 중점을 두고 시행되었으며, 지역과 여건을 고려 현장에서 추후

시공하므로 옹벽의 경제성을 향상시켜야 한다. 다음 표는 기존의 옹벽들과 비교하여 2007년 제시된 가격이다. 2008년은 철강재 파동으로 평균적인 가격 산출이 어려웠고, 또한 콘크리트 파업으로 인한 파동으로도 비교 검토가 어려웠다. 참여기관과 위탁기관의 주장으로 가격 제시 보고 않는다.

표 4-2. 기존 옹벽 과 철강재 조립식 옹벽의 특성과 경제성 비교

구 분	강 재 틀 옹 벽	R/C 옹벽	GABION옹벽	보강토
품질 관리 및 시공성	<ul style="list-style-type: none"> - 인증된 가압 방부목 사용하여 품질보장. - 강재틀에 통나무고정. - 공정이 간편하고 시공성 매우양호 	<ul style="list-style-type: none"> - 기후조건에 따라 철저한 품질관리가 요구됨. - 계절적 영향을 많이 받음. - 공기가 느림. 	<ul style="list-style-type: none"> - 지속적인 품질관리가 어려움. - 인력에 의한 내부채움으로 공기가 보통. 	<ul style="list-style-type: none"> - 양질의 뒷채움재료 (토사)가 필요하며 철저한 층 다짐 필요. - 공기가 보통.
안전성	<ul style="list-style-type: none"> - 중력식 구조체로 안정성이 확보됨. - 방부처리에 의한 방부목의 내구성이 비교적 양호함. 	<ul style="list-style-type: none"> - 배수홀의 막힘으로 인한 활동 및 전도에 대한 안전성이 떨어짐 - 국부적인 부등침하에 취약하고 crack 발생우려. 	<ul style="list-style-type: none"> - Gabion Block 간에 연결구조 취약. - 부등침하에 의한 처짐 현상 발생. - 국부적 토압에 의한 배부름 현상발생. 	<ul style="list-style-type: none"> - 철저한 품질관리가 요구됨. - 보강토 Block간의 공극으로 배수압 조절은 가능하나 토립자위험 상재.
미 관	<ul style="list-style-type: none"> - 관목, 통나무사용 환경과 친화. 	<ul style="list-style-type: none"> - 주변 경관과 조화가 않좋음. - 획일적 CON'c문화로 식상함. 	<ul style="list-style-type: none"> - 주변경관과 조화 보통. 	<ul style="list-style-type: none"> - 주변경관과 조화 보통.
예상 공사비	0.94/m ²	1.00/m ²	0.70/m ²	0.92/m ²
검토 결과	<ul style="list-style-type: none"> ※ 06년 추정 콘크리트 일반 가격 기준 : 141,765원/m³ ※ 시공상, 재료의 특성이 기존의 옹벽과 성격이 판이하여 가격 비교가 어려움 			

제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제 1 절 연구개발목표와 내용 및 평가 착안점

조립식 강재 틀을 이용한 임도 옹벽 기술개발은 대학교, 산업체, 설계관련업체 등이 모여 연구 개발하고자하는 기술과제로 큰 목표는 기술 개발된 제품이 현장에 시공이 될 수 있도록 하는 것이었다. 2005년의 주된 목표는 임도 옹벽의 필요성과 시작품의 표준 설계를 작성하는 것이었다. 2006년의 주된 목표는 기존 임도옹벽 시공의 계절적 단점을 보완하고자 동절기에 현장 시공하는데 주력하였으며, 2007년에는 시작품의 산업화를 위한 단계로 기술특허 출원과 구조분석으로 제품의 안정성을 도모하였다. 다음 내용을 주요 평가 착안으로 제시하고자 한다.

1. 조립식 강재틀 임도옹벽의 기본 설계도작성

연구 1차년도에는 임도옹벽의 필요성과 개발을 위한 여러 차례 자체토론으로 기본 설계방향을 정하여 Standard A, B형을 완성, 시작품을 제작, 임도현장에 시공하는데 연구개발 주요 목표를 정하여 평가에 임하고자 하였다. 연구 2차 년도에는 1차 년도에서 문제점으로 논의 되었던 강재틀 임도 옹벽 부재의 경제성 향상 및 경량화를 통한 시공성 개선을 위하여 부재를 변경(4mm→3.2mm)하여 Standard C, D형을 설계하였다. 연구 3차년도의 시작품 설계 주요 목표는 주재의 경량화(3.2T)와 곡선임도시공에서 조립식 강재틀 옹벽 상단의 곡선 처리를 위한 설계를 완성하여 최종 시작품 설계도를 작성하였다.

2. 임도 옹벽 시공을 동절기 시공으로 난제 해결

임도 옹벽으로 주로 사용되는 콘크리트 옹벽 시공은 계절적 선택이 한정되어있다. 장마철 등의 우기에는 레미콘의 운반이 어렵고, 동절기에는 콘크리트 타설 후 몰탈트의 양생 중에 기온이 영하의 온도로 내려가면 작업이 곤란하므로, 산에서 작업은 더욱 어려움이 있어 옹벽 시공에는 계절적 한계를 갖고 있다. 연구 1, 2차 년도는 시공은 12월에 시공을 하여 아무런 장애 없이 시공이 가능하였다.



그림 5-1. 동절기에 임도옹벽 시공



그림 5-2. 눈이 쌓여 있는 임도 시공현장

3. 임도 옹벽의 식생도입 즉시 유도

임도 옹벽에 많이 사용되는 콘크리트 옹벽과 계비온 옹벽 등은 기본적으로 식생을 옹벽 상단에 착생시키기가 기본적으로 어렵다. 그러나 조립식 강재틀 옹벽은 옹벽 자체와 식생이 어우러져 주변 환경에 거부감 없이 시공될 수 있었다. 다음 그림은 시공 1년 후 식생이 옹벽과 같이 어우러져 주변과 친화적인 옹벽을 이룰 수 있었다.



그림 5-3 . 조립식 임도옹벽 시공 현장



그림 5-4. 1년 후 옹벽에 식생 도입 유도

4. 경사진 곡선임도 조립식 옹벽 시공 가능

임도는 직선 임도보다 곡선임도가 많은 경우가 있다. 또한 임도는 평지보다 경사가 있는 곳이 많은데, 특히 종단구배 10%를 가지고, 최소곡선반경 $R=10m$, 인 곳에서도 시공이 가능하도록 조립식 옹벽은 설계되었다.



그림 5-5. 10% 경사진 곡선임도 옹벽시공



그림 5-6. 곡선임도 옹벽시공 현장

5. 임도옹벽에 측구부착으로 상호보완

임도의 측구 침식으로 절개지가 침식되고, 그래서 측구가 다시 메워지고, 그리고 임도관리를 위하여 측구를 다시 포크레인으로 쌓인 흙 등을 준설하는 과정 중에서 측구가 점점 넓어져 임도 나비가 작아지는 경우가 많이 발생되고 있다. 그래서 옹벽의 기초부분이 훼손되어 옹벽의 시공과 측구관리의 상호관계성이 중요하다. 이번 연구에서는 이런 점을 고려하여 조립식 강재틀 옹벽에 측구를 부착하여 측구와 옹벽의 침식방지와 안전성을 향상시키도록 하였다.



그림 5-7 곡선임도의 측구 관리 필요성



그림 5-8 개발된 측구 부착형 옹벽

제 2 절 연구개발 목표의 달성도

연구개발은 2005년도를 시작으로 2008년도에 끝이 나는 3개년 연구과제로 각 년도 별 기초연구, 전년도 문제점 해결 및 새로운 설계도 작성, 설계서를 가지고 기업체에서 시제품 제작단계에서 발생하는 연구, 시제품 완성 후 임도 현장 시공, 시공 후 모니터링 등으로 최종 철강재 조립식 용벽 및 측구개발을 연차별 수행하였다(표 4-1). 연구개발 목표 달성도의 종합적인 평가는 기술개발에서 얻어진 결과를 특허출원하여 특허를 획득 후 산업화하여 산림현장에 기여하는 것으로 이번 얻어진 결과를 특허출원한 내용이다. 특허출원일자 : 2007. 06. 27 (출 원 번 호 : 10-2007-0063400)

제 3 절 관련분야에의 기여도

우리나라 산림작업과 산림경영을 수행하기위하여서는 임도밀도가 필요한데, 현재 우리나라 임도밀도는 2.8m/ha로, 선진임업국가의 임도밀도 40m/ha와 비교하여 보면 아주 낮다. 1970년대 산림녹화로 많은 나무들을 심어, 계속자라서 2030년경에는 벌기령에 도달되어, 간벌, 벌채를 위한 최소 임도밀도 8.5m/ha가 필요한데, 2000년 이후에는 새로운 신설 임도시공을 하지 않아 목표 달성에 어려움이 예상된다.

그리하면 2030년경에는 우리나라 산림 경영에 어려움이 있어 친환경적이고 지속가능한 산림경영에도 지장을 초래 할 것이다.

그래서 임도 신설의 시급성이 요구되는 반면, 그에 따르는 현장시공의 안정을 위하여, 구조적으로 검증된 시공자재의 요구가 있었다.

새로이 신설될 임도들은 지금보다 입지의 환경이 어려운 곳을 지나야 하는 경우가 발생 될 것이다. 이런 경우 절개지, 성토지 등에 본 기술개발 시제품이 새로운 시공제품으로 기여 할 것이다.

표 4-1 연구과제 목표 달성

구분	연도	내 용	달성도 (%)
1차 연도	2005	연구 개발을 위한 기초연구 1. 임도 절토 사면의 침식 및 측구 침식 유형 분석 2. 조립식 임도 옹벽 식생유입 연구 3. 조립식 임도 옹벽 및 측구의 구조 및 토질 역학 분석	100
		4. 조립식 임도 옹벽의 현지 설계 연구 5. 조립식 임도 옹벽의 시제품 개발 6. 조립식 임도 옹벽의 산업화 연구	100
		7. 조립식 임도 옹벽의 현지 시공 연구 직선, 경사진	100
2차 연도	2006	1차 시작품 문제점 해결 및 시공지 모니터링 1. 임도 절토 사면의 침식 및 측구 침식 유형 분석 2. 조립식 임도 옹벽 식생유입 연구 3. 조립식 임도 옹벽 및 측구의 구조 및 토질 역학 분석	100
		4. 2차 시작품 조립식 임도 옹벽의 설계 5. 연구조립식 임도 옹벽의 시제품 개발 6. 조립식 임도 옹벽의 산업화 연구	100
		7. 조립식 임도 옹벽의 현지 시공 연구 곡선임도에 시작품 현장 시공	100
3차 연도	2007	1. 임도 절토 사면의 침식 및 측구 침식 유형 분석 2. 조립식 임도 옹벽 식생유입 연구 3. 조립식 임도 옹벽 및 측구의 구조 및 토질 역학 분석	100
		4. 3차 조립식 임도 옹벽의 시작품 설계 5. 조립식 임도 옹벽의 시제품 개발 외내적 안정 구조분석 6. 조립식 임도 옹벽의 산업화 연구	100
		7. 조립식 임도 옹벽의 현지 시공 곡선, 경사 임도 시공 방부제 선택 및 적용 및 경제성 분석	100

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

우리나라 임도밀도를 2030년경에 8.5m/ha 정도에 도달하기 위해 여는 신설 임도를 계획적으로 진행하여야 한다. 그렇게 하여야 임도 설계 기술자와 시공 기술자들이 기술을 축적하여, 더 좋은 임도를 만들 수 있다. 앞으로는 산림의 정책에 반영하여 단절된 임도들을 연결하여 임도 망을 구축하여 지속가능한 산림경영을 할 수 있도록 하여야 한다.

여기에는 기존 임도들이 구조적으로 안정한 임도가 되지 못한 책임이 있다. 물론 초기의 과도한 양적 임도시공과 낮은 임도단가가 부실의 원인이 되지만, 적정 임도설계 미비 등도 원인이 된다. 2000년 이후 구조개량으로 임도에 대한 많은 반성과 환경재해에 대한 요구가 커지므로 새로운 인식이 확산되었다.

이번 연구과제에서 개발된 조립식 강재틀을 이용한 임도옹벽 측구 개발은 관련 산업체와 설계전문기관이 대학의 연구진이 공동연구 만들어진 결과이므로 활용방안도 3개 분야에서 같이 계획하여야한다.

제 1 절 현장 보급방안

2006년 1차년 연구 개발된 시작품 시공은 강원도 횡성군 서원면 창촌 임도에 시공하고, 계속적으로 같은 임도 내에 2차, 3차 연구 개발 시작품이 시공되었다. 이는 북부지방산림청 과 홍천관리소 등이 적극적으로 협조하여 이루어 졌다. 이 창촌 임도는 1992년 시공되고 임도길이는 9.18km로 구조개량을 한 임도로 마사토 구간이 많은 지역이다. 이번 얻어진 기술 시작품을 현장에서 토론하며 임도기술자 들에게 보급할 계획이다.



그림 5-1. 회성군 창촌국유임도 내 시공 그림 5-2 . 1992년 시공된 마사토 임도

제 2 절 신기술 신공법 콘테스트 참여 및 농림대전 출품

2007년 12월 21일 산림청 주최 한 “신기술 신공법 콘테스트”에서 이번 연구 결과를 중심으로 친환경 신기술 개발 발표로 장려상을 수여하여, 임도기술자 와 관계전문가 들에 기술의 내용 등을 보급하는 좋은 계기가 되었다. 2006년 11월에는 농림기술센터 주최 농림기술대전에 처음으로 연구 기술을 시작품으로 출품하여, 많은 관심을 받았다.

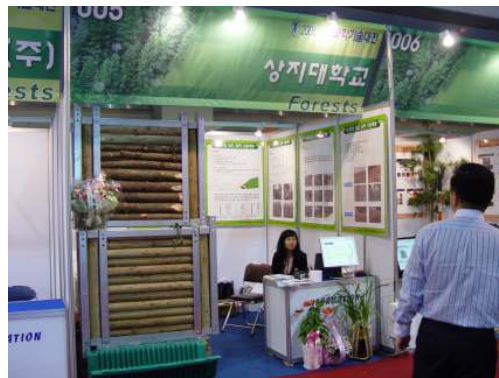


그림 5-3. '07 신기술 신공법 콘테스트 참여 그림 5-4 .2006년 농림기술대전 참석

제 3 절 기술 이전 및 산업화 계획 방안

이번 연구에 참여연구기관으로 3년 동안 시작품 제작에 여러 가지 도움 준 (주) 한 보니스코는 중견 중소기업인데 철강재 사방댐으로 산림토목 사업에 참여함으로 새로운 방향모색을 함으로 산림토목사업에 대단한 관심을 갖은 기업이다.

본 연구에서 얻어진 기술을 우선 이전 기업이 될 것이며, 산업화 육성에 기업 및 산림당국 등이 협조하여야 좋은 계획이 나올 것이다.

기업은 새로운 영역에 철강재를 이용함으로 철강재 산업에 좋은 사례가 될 것이다. 또한 임도 설계와 시공 등을 연결하는 협력 관계를 맺을 수 있다.

위탁기업으로 참여한 산림조합중앙회 엔지니어링 사업본부는 임도 설계에 구조적으로 인정된 신기술 임도옹벽을 설계에 반영 할 수 있고, 새로운 시공 방법 등을 개발하여, 임도개발에 기여 할 것이다.

제 4 절 새로운 영역의 학술연구 수행

이번 연구에서 시공되어진 3개 지역의 6개의 시험연구 등을 계속 진행하여 신기술로 이어지도록 학술연구를 수행 할 것이다. 첫 째 임도 옹벽의 외적, 내적 구조분석에 따른 임도 옹벽의 전도, 활동 등을 모니터링 하여야 한다. 둘째 방부 목의 옹벽 재료의 수명과 균열 상태 등을 계속적으로 관찰하여야 한다. 또한 생목 원주 목의 부식 정도 등을 시간의 경과에 따라 관찰 하여야 한다. 셋째 옹벽 상단에 식재된 식생 유입에 관한 연구도 같이 수행되어야한다 넷째 측구의 효과와 시공 방법 등에 대하여도 계속인 연구가 진행되어야 한다.

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

캐나다 밴쿠버 UBC 대학 연습림 임도 견학으로 캐나다 서부 록키 지방의 임도 현황과 절성토 재해 방지 등을 관찰하여 자료 등을 얻었다.

	
<p>그림 6-1 임도 성토부 통나무 편책 공법</p>	<p>그림 6-2 공원 산책로 절성토 보호 재료</p>
	
<p>그림 6-3 캐나다 임도 절성토 침식 현장</p>	<p>그림 6-4 작업로 종단구배 절토면</p>
	
<p>그림 6-5 미국 도로블록 옹벽 시공현장</p>	<p>그림 6-6 임도 시공 답압의 중요성 확인</p>

	
<p>그림 6-7신설 임도개설하기 위한 현장</p>	<p>그림 6-8미국 서부 임도의 경사도 표시</p>
	
<p>그림 6-8 미국 북서부의 산책 임도 관리</p>	<p>그림 6-10임도 예비 설계를 위한 교육</p>

참고자료

1. 김기원, 1995, 임도설계에의 응용을 위한 흙의 토질 역학적 특성, 한국임학회, p.166~177
2. 김기원, 2002, 신속한 배수와 토공절약을 위한 외향경사 임도의 적용 가능성에 관한 연구, 한국임학회, p.128~141
3. 김도경, 최재혁, 2002, 텔파이방법을 이용한 임도의 휴양 활용성 조망, 한국산림휴양학회, p.11~18
4. 마상규, 김동수, 윤종국, 류상복, 1987, 임도의 설계와 시공, 임업기계훈련원
5. 박상준, 손두식, 2001, 임도개설에 있어서 투자효과를 최대로 하는 임도배치프로그램 개발. 한국임학회, p.420~430
6. 박상준, 2002, 자연휴양림 임도의 휴양적 기능평가, 한국산림휴양학회, p.67~72
7. 손두식, 박상준, 서재덕, 권광덕, 정규원, 정규준, 1999, 임도배치 전산화를 위한 소프트웨어 개발, 농림부
8. 안영상, 조희두, 오광인, 채정기, 전근우, 2003, 삼림 소유역에 개설된 임도가 부유토사량 변화에 미치는 영향, 한국임학회지, p.19~26
9. 오재만, 井上 章二, 江崎 次夫, 전근우, 1999, 산지 소유역에 개설된 임도가 부유사 유출에 미치는 영향, 한국임학회, p.477~484
10. 우보명, 1986, 임업토목공학, 향문사
11. 우보명, 권태호, 김남춘, 1993, 임도비탈면의 자연식생침입과 효과적인 비탈면녹화공법 개발에 관한 연구, 한국임학회, p.381~395
12. 우보명, 외 1997, 산림공학, 광일문화사
13. 우보명, 차두송, 2000, 환경친화적인 녹색임도, 한국임업신문사
14. 이병두, 정주상, 2000, GIS를 이용한 환경친화적 임도노선 선정 프로그램의 개발, 한국임학회, p.431~439
15. 이성기, 1991, 임도시설과 그 이용에 관한 비교 연구, 건국대학교
16. 이성기, 大橋 慶三郎, 神崎 康一, 2001, 산림관리와 임도, 두솔
17. 이준우, 박범진, 1998, 임도공사시 굴삭기를 이용한 토공작업의 공정분석, 한국임학회, p.82~89

18. 이준우, 김명준, 2003, GPS와 GIS를 이용한 임도의 차량 주행속도별 위험구간 예측 응용프로그램 개발, 한국임학회지, p.380~387
19. 이해주, 지병윤, 정도현, 김종윤, 차두송, 2000, 임도 옆도랑의 침식요인 평가와 안정성 판별에 관한 연구, 한국임학회, p.397~404
20. 이현규, 1997, 임도절토면의 침식에 관한 연구, 상지대학교
21. 전경수, 이종락, 류택규, 1994, 개설효과에 대한 임도의 유형구분, 한국임학회지, p.211~220
22. 전근우, 오재만, 1993, 임도사면의 토사유출과 식생침입에 관한 연구(2), 한국임학회, p.354~365
23. 전근우, 김민식, 江崎 次夫, 1996, 임도개설이 계유수질에 미치는 영향(1), 한국임학회, p.280~287
24. 전근우, 박완근, 염규진, 서문경, 유석민, 1998, 산악림의 임도개설에 관한연구(IX), 강원대학교
25. 전근우, 김민식, 서문원, 염규진, 김경남, 江崎 次夫, 2000, 산악림의 임도개설에 관한연구(X), 강원대학교
26. 전근우, 박완근, 김민식, 2000 산악림의 임도개설에 관한연구(XI), 강원대학교
27. 정도현, 1995, 신설임도의 초기침식량에 관한 연구, 한국임학회, p.319~332
28. 정주상, 정우담, 1995, 임도설계 자동화를 위한 전산모델의 개발, 한국임학회, p.333~342
29. 지병윤, 차두송, 1998, 임도의 구조변화에 따른 토공량 분석, 강원대학교
30. 지병윤, 차두송, 2000, 임도 절토사면의 붕괴위험평가표 제작, 강원대학교
31. 차두송, 전건우, 김재생, 1990, 산악림의 임도개설에 관한 연구(I), 강원대학교
32. 차두송, 전근우, 장경식, 심우섭, 1991, 산악림의 임도개설에 관한 연구(III), 강원대학교
33. 차두송, 이준우, 1992, 최적임도배치설계에 관한 연구, 한국임학회, p.139~145
34. 차두송, 조구현, 1995, 국유임도의 노선선형과 지형과의 관계분석, 한국임학회, p.517~524
35. 차두송, 조구현, 김종윤, 1996, 다기준의사결정법에 의한 임도개설순위의 결정, 한국임학회, p.149~157
36. 차두송, 지병윤, 김경남, 최인화, 1998, 임도개설에 따른 삼림시업의 실태해석 및

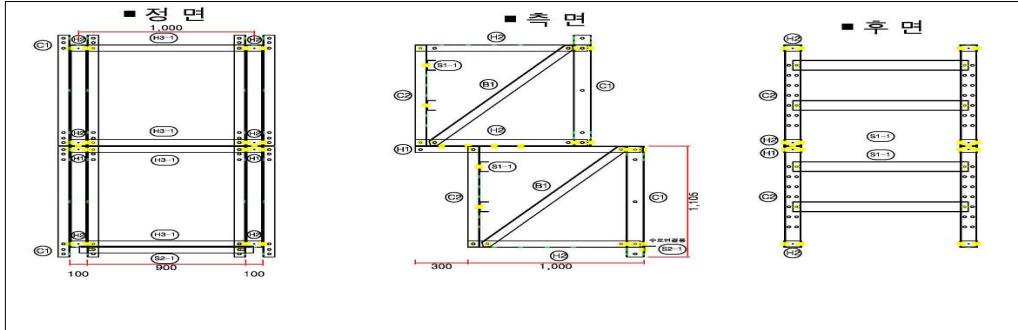
- 효과분석, 한국임학회, p.239~252
37. 차두송, 전근우, 지병윤, 오재현, 1999, 춘천 가리산 지역의 임도 성토사면의 토질 역학적 특성, 강원대학교
 38. 차두송, 서옥하, 전근우, 최인화, 김종윤, 최종민, 지병윤, 김경남, 서영완, 최종윤, 김명환, 공성대, 조구현, 2000, 임도의 붕괴위험도 예측을 위한 전문가 시스템 개발, 농림부
 39. 차두송, 지병윤, 오재현, 2000, Fuzzy이론을 이용한 임도사면의 붕괴 가능성 평가(1), 한국임학회, p.33~40
 40. 차두송, 지병윤, 2001, 임도성토사면의 붕괴예측모델 개발, 한국임학회, p.324~330
 41. 차두송, 지병윤, 2002, 임도절토사면의 붕괴예측모델 개발, 한국임학회, p.412~419
 42. 산림청, 1988, 임도편람, 산림청 임업연구원
 43. 산림조합중앙회, 1990, 임도의 설계와 시공, 산림조합중앙회
 44. 산림조합중앙회, 1990, 일반토목 및 도로공학, 산림조합중앙회
 45. 강구조공학, 한국강구조학회, 구미서관, 2001.07
 46. 토질역학, 김양규, 청문각, 1997.01
 47. 재료역학 4th Edition, Gere & Timoshenko, 반도출판사, 2001.04

부 록

시작품 제작 과정 및 부품

		
1차년 시작품 제작 공장	최초 시작품 검토	최초 시작품 단면
		
시작품 프레스 사출	제작공장 현장 토의	시작품 제작 공정
		
시작품 제작 공정	조립에 사용되는 연결 부품	제작 1 set(1m×1m×1m)
		
측구 사용 모형설계	기존 플룸관 사용	플룸관 크기

1차년도 설계도 현장 시공 과정



1차년 강재틀 용벽 설계도



기초 터파기

기초 부지포 도포

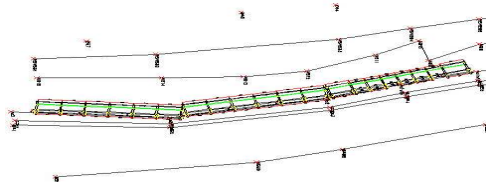
1단 조립 정렬



10% 종단구배 시공

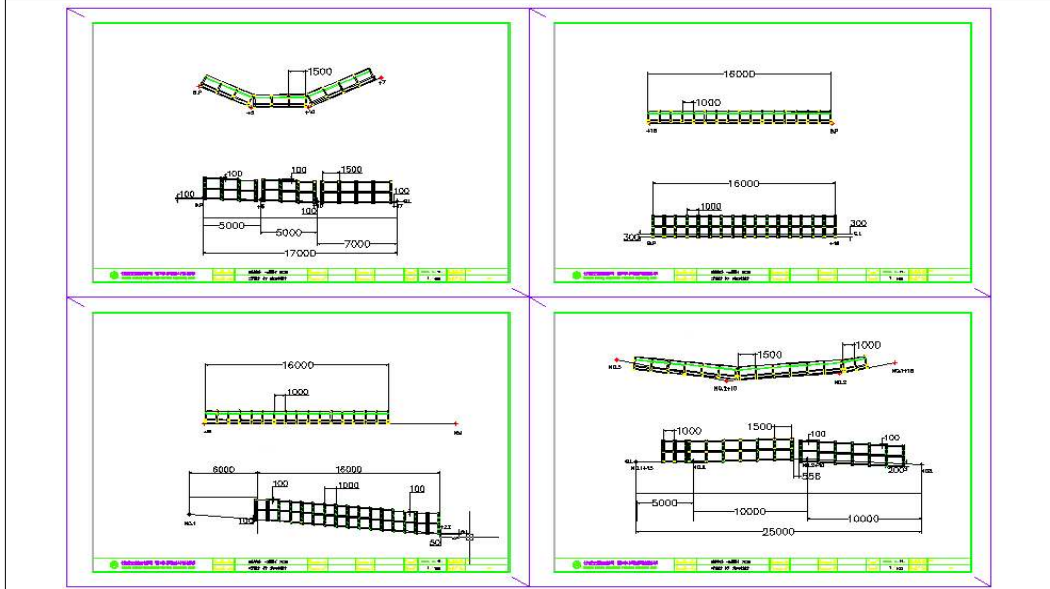
직선임도 시공현장

부재 현장 적재



1차년 1호지 평면 시공 설계서

2차년도 시공 설계 및 시공과정



2차년도 시공 상세도

