

GOVP 12018494

634.11
L 2937

최 중
연구보고서

저수고 고밀식 사과원 지주체계 개발

Development of Support Systems for High-Density Apple Orchards

연구기관
안동대학교

농림부



제 출 문

농림부 장관 귀하

본 보고서를 “저수고 고밀식 사과원 지주체계 개발에 관한 연구” 과제
의 최종보고서로 제출합니다.

2000. 10.

주관연구기관명 : 안동대학교

총괄연구책임자 : 윤 태 명

연 구 원 : 신 형 섭

연 구 원 : 엄 용 균

여 백

요 약 문

I. 제 목

저수고 고밀식 사과원 지주체계 개발에 관한 연구

II. 연구개발의 목적 및 중요성

1. 목적

M9 대목을 이용한 사과 고밀식 재배에서는 결실기에 나무를 지탱하기 위해서 뿐 아니라 수형구성과 수세조절을 위해서도 합리적으로 설계되고 튼튼하게 설치된 지주시스템이 필요하다.

본 연구의 목적은:

- 가. 우리 나라의 저수고 고밀식 사과재배체계와 기상조건을 고려하여 지지력과 내구성을 갖추고 관리작업의 기계화와 일관화에 도움이 되는 표준지주 모델을 제시하고,
- 나. 지주에 부가되는 외력에 대한 역학적 해석을 시도함으로써 지주체계에 대한 안정성과 내구성을 확보하는데 기초자료를 제공하며,
- 다. 각종 지주자재에 대한 강도시험을 통한 지주의 적정규격을 제시하고 기능성 강재지주를 개발함으로써 지주선택의 폭을 확대하며,
- 라. 지주설치와 사과나무 고정 및 유인에 필요한 각종 부속품의 개발과 양산공정을 개발함으로써
- 마. 연구결과로 제시되는 세부적인 설치 지침에 따라 농민들이 값싸고 손쉽게 튼튼한 지주를 세울 수 있게 하는데 있다.

2. 중요성

왜화재배에 있어서는 지주를 세워주는 것이 원칙이나 우리 나라에서는 M26 대목을 이용하면서도 지주없이 재배했기 때문에 수형이 제대로 잡히지 않음은 물론, 본격적인 결실단계에서는 과실무게 때문에 가지가 찢어지고 나무가 기울거나 태풍에 쓰러지는 경우가 많았다.

최근에 경북에서 시작된 M9 대목을 이용한 고 밀식 사과재배체계가 인력절감 등 생산비를 크게 낮추면서 일찍부터 품질 좋은 사과를 다수확 할 수 있음이 입증됨으로써 농림부의 적극적인 지원 하에 전국적으로 급속하게 보급되고 있다. M9 대목은 뿌리가 약한데다, 수고 2.5m 내외의 작은 나무에서 30-40kg 까지 결실될 수도 있기 때문에 성과기와 태풍시 나무가 쓰러지지 않도록 하기 위해서 뿐 아니라, 균형 잡힌 수형 구성을 위해서도 튼튼한 지주의 설치가 필수적이다.

밀식 재배가 발달된 유럽의 경우, 목재, 강재, 콘크리트 등의 지주가 다양한 규격으로 공급되고 있고, 이의 설치에 필요한 자재와 각종 부품은 물론 관련 장비가 개발되어 있어서, 재배 형태와 환경에 따라 튼튼하고 편리하면서 오래가는 지주를 손쉽게 값싸게 설치할 수 있도록 되어있다.

그러나 우리 나라에는 재배체계나 환경을 고려한 지주체계가 개발되지 않은 상태이며 지주의 적정규격이나, 강도평가, 지지력, 설치요령 등에 관한 연구나 지침 등도 없는 형편이다. 현재 국내 농가에서는 유럽의 울타리식 지주를 모방하여 지주를 세우고 있으나 지주설치에 필요한 적정 자재의 구입이 어렵거나 불가능하고, 일부 부품이나 자재는 직접 제작하여 설치하므로 작업이 어려울 뿐 아니라 비용이 많이 들고 지지력이나 내구성에 대한 검토가 없어 성과기 태풍시 치명적인 피해를 받을 수 있다.

따라서 저수고 고밀식 사과원 지주체계 구축에 대한 제반 연구가 필요하다.

III. 연구개발 내용 및 범위

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차 년도 (1998/99)	<ul style="list-style-type: none"> - 재식체계 및 지주형태별 표준 지주모델 설정 - 지주 시제품 설계 및 강도 평가 - 지주설치에 필요한 각종 소요부품 및 결속제의 설계 생산 	<ul style="list-style-type: none"> · 재배체계 및 지주형태별 표준 설치도면 작성 및 모델 정립 · 용도별, 재료별 지주생산 설계, 시제품 개발 · 각종 지주체계별 소요부품 생산 설계 및 시제품 생산
2차 년도 (1999/00)	<ul style="list-style-type: none"> - 지주재료, 지주설치형태별 내구성, 지지력, 경제성평가 - 시제품제작 및 성능평가 - 양산공정 및 체계 확립 	<ul style="list-style-type: none"> · 지주체계별 강도, 지지력, 내구력 등 검사 · 시제품을 이용한 현장 적용 및 문제점 수정, 보완 · 강화지주생산 공정 개발 및 대량생산 공정 확립

IV. 연구개발결과 및 활용에 대한 건의

1. 연구개발 결과

가. 표준지주모델 설정

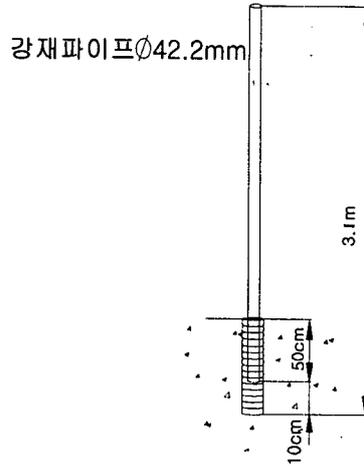
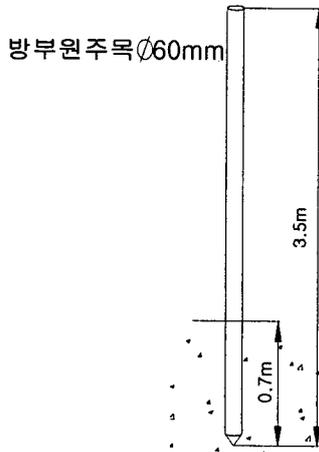
1) 개별 지주설치 모델

가) 강재 파이프 : $\varnothing 42\text{mm} \times t 2\text{mm} \times L 3.0\text{m}$

매물부에 길이 0.6m, $\varnothing 100\text{mm}$ THP 파이프와 콘크리트를 이용한 보강이 필요함.

나) 목재 : $\varnothing 60 \sim 70\text{mm} \times L 3.2\text{m}$, 0.7m 매물

다) 콘크리트 : $55 \sim 70 \times 55 \sim 70\text{mm} \times L 3.2\text{m}$, 0.7m 매물



2) 울타리식 지주 설치 모델

가) 지주재료

(1) 강재파이프

(가) 가장자리지주 : $\varnothing 60\text{mm} \times t 3.2\text{mm} \times L 3.0 \sim 3.3\text{m}$

(나) 사이지주 : $\varnothing 48\text{mm} \times t 3\text{mm} \times L 3.0 \sim 3.3\text{m}$

가장자리지주는 $\varnothing 150\text{mm} \times 0.8\text{m}$ THP파이프로, 사이지주는 $\varnothing 100\text{mm} \times 0.8\text{m}$ THP파이프와 콘크리트로 매몰부 보강 필요.

(2) 목재

(가) 가장자리지주 : $\varnothing 100\text{mm} \times L 3.5\text{m}$, 1m 깊이 매몰

(나) 사이지주 : $\varnothing 80\text{mm} \times L 3.3\text{m}$, 0.8m 깊이 매몰

(3) 콘크리트

(가) 가장자리지주 : $90 \times 90\text{mm} \times L 3.5\text{m}$, 1m 깊이 매몰

(나) 사이지주 : $70 \times 70\text{mm} \times L 3.3\text{m}$, 0.8m 깊이 매몰

나) 지주설치 방식

(1) 가장자리 지주 : 70° 사립 + 버팀돌 고정, 또는 직립 + 버팀돌 고정

(2) 사이지주 : 6m 간격으로 0.8m 매물

다) 철선의 설치

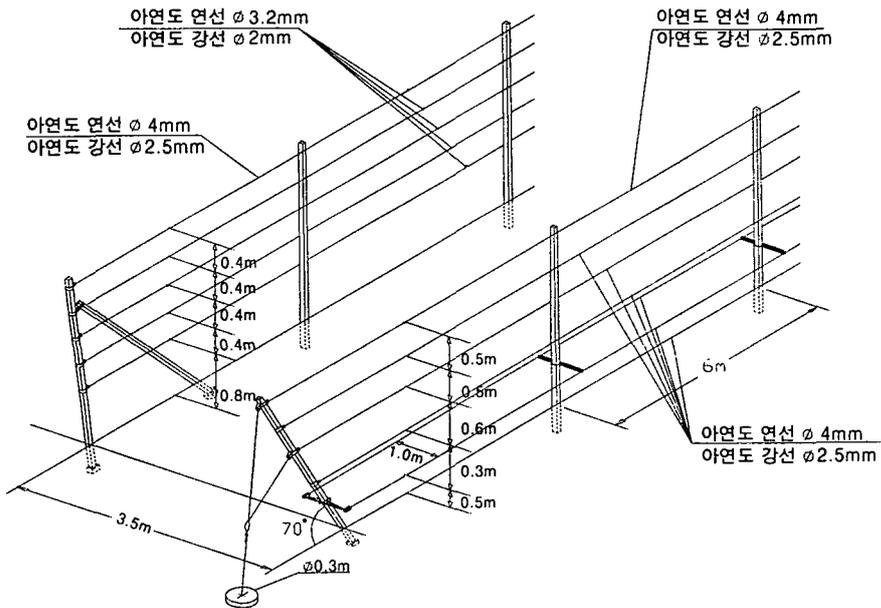
(1) 상단선 : $\varnothing 4\text{mm}$ 아연도 연선, 또는 $\varnothing 2.5\text{mm}$ 아연도 강선

(2) 중하단선 : $\varnothing 3.2\text{mm}$ 아연도 연선, 또는 $\varnothing 2\text{mm}$ 아연도 강선

라) 철선 설치 방식

(1) 철선 울타리식 : 80-60-50-50cm 간격의 4선,

또는 80-40-40-40-40cm 간격의 5선

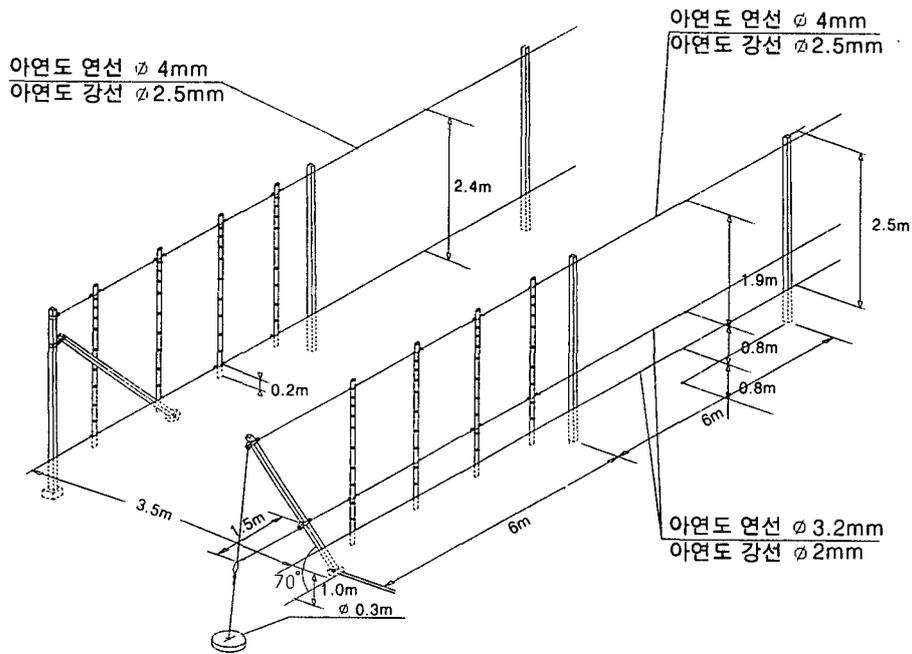


(2) 대나무 지지대 + 철선 조합 울타리식 :

1선(2.40m 높이) + 대나무 지지대,

또는, 2선(0.8 + 2.4m 높이) + 대나무 지지대

$\varnothing 25\text{-}40\text{mm}$, 2.7m의 대나무를 각 나무마다 20cm 깊이로 꽂고 철선에 고정



마) 조임쇠 설치방식 : 각 철선마다 100m 이내 1개, 100m 이상 2개

바) 받침철선 설치방식

각 지주에 길이 80~100cm의 L형 또는 0형의 막대를 U볼트 또는 클램프를 이용하여 0.5~0.6m 높이에 고정, 양 끝에 $\phi 3.2\text{mm}$ 아연도 연선 또는 2.2mm 아연도 강선을 설치

나. 지주 자재별 강도평가 및 적정 규격 선정

1) 울타리식 가장자리

목재 : $\phi 100\text{-}120\text{mm}$ (낙엽송 기준)

강재 : $\phi 60\text{mm} \times 3.3\text{t}$ (허용응력 400Mpa)

콘크리트 : $90 \times 100 \times 90\text{mm}$ (프리스테레스트 콘크리트 기준)

2) 울타리식 사이지주

목재 : $\phi 80\text{-}100\text{mm}$ (낙엽송 기준)

강재 : $\phi 48\text{mm} \times 3.0\text{t}$ (허용응력 400Mpa)

콘크리트 : $70 \times 80 \times 70\text{mm}$ (프리스테레스트 콘크리트 기준)

3) 간선 및 철선

아연도 철선 : Ø 3.2mm 이상 (SWMGH-1, -2종 기준)

아연도 강선 : Ø 2.2mm 이상 (SWMGF-1, -2, -3종 기준)

스텐레스선 : Ø 2mm 이상 (STS 304 (1/4 H 종 기준))

다. 기능성 지주개발과 양산공정검토

1) 강재 기능성 지주개발 및 양산공정 검토

2) 기능성지주를 포함한 기존 지주자재들의 지주시스템 구축시 경제 성분석 결과 제시

3) 지주 부속품개발과 양산공정 검토

(1) 사과나무 고정재 개발

(2) 철선 조임쇠 개발

(3) 파이프 지주 보강재 개발

(4) 방조망, 우박방비용 철선 고정캡 개발

*상기 개발된 부속품들의 금형개발과 양산공정 검토가 완료됨

4) 개발 제품 실용신안 3건 등록, 실용신안 1건 출원중

2. 연구결과의 활용

가. 특허등록

1) 즐기고정밴드 (실용신안 등록 제 0199762 호)

2) 즐기고정밴드의 철선 삽입 전용공구(실용신안 등록 제 01999961호)

3) 가지유인클립 (실용신안 등록 제 0175075호)

4) 방조망 설치용 철선고정 지주캡(출원중)

나. 농민 보급용 소책자 발간 배포

1) 저수고 고밀식 사과원 지주설치 방법(국판 칼라 20쪽, 비매품) : 지주설치 워크샵 참가자 및 전국 사과관련 연구, 지도기관, 조합 등에 150부 배포

다. 지주설치 워크샵 개최

1) 일 시 : 00년 10월 6일(금요일) 13:00-17:00

2) 장 소 : 안동대학교 산학협력관 농업개발원 강의실 및 현지 과수원

3) 주 제 :

- 지주 자재 및 설치에 필요한 부품 소개
- 지주체계 및 형태별 표준모델 소개 및 설치요령
- 지주자재별 특성 평가 및 설치 형태별 역학적 해석
- 현장 토론(안동시 일직면 신기리 권세원씨 키 낮은 사과원)

4) 참석기관 및 인원

- 참석기관 : 대구사과연구소, 경북농업기술원, 대구경북농금조합
충남 예산농금농협, 충남 예산시외 6개 농업기술센터
서울 성장기업사의 관련업체 3사, 기타 경기, 충남
대전의 독농가
- 참석인원 : 54명

라. 언론보도 : 안동 MBC 2000년 10월 6일 저녁, 7일 아침 뉴스

마. 대 농민 또는 사과 전담 지도사 기술교육

시 기	장 소	주 제	주 관 기 관
99. 3. 27	청송군민회관	키낮은 사과원 조성	청송군
99. 4. 20	안동 길안면	키낮은 사과원 개원과 관리	경북도공무원교육원
99. 7. 29	봉화군농업기술센터	키 낮은 사과원의 조성관리	봉화군, KBS
99. 11. 22	영양군농업기술센터	고밀식 사과원 개원	영양군농업기술센터
00. 1. 13	예천군 하리면	키 낮은 사과원 개원과 초기관리	예천군농업기술센터
00. 1. 19	예천군농업기술센터	키 낮은 사과원 개원방법	예천군농업기술센터
00. 2. 17.	경남 거창군복지관	M9 대목을 이용한 고밀식 사과원 개원	거창사과원예조합
00. 3. 11.	경북농금농협	키 낮은 사과원 조성	경북도, 경북농금
00. 9. 22-23	안동, 김천, 영천, 포항	키 낮은 사과원 현장 문제점 해결 및 재해 경감 대책마련을 위한 현장 순회교육	경상북도, 경북농금

바. 관련업체 기술 이전 및 자문

1) (주) 보한온실(경북 안동시 송현동 633-1)

- 지주설치 및 사과나무 유인에 필요한 부품 생산에 필요한 설계도 이전 3건 : 사과나무 고정 밴드, 대나무 지지대 고정 고리, 사과나무 유인 고리

2) 한국과원지주시스템(경북 영주시 풍기읍 교촌리 63)

- 강화 콘크리트 지주 규격 선정과 생산 공정 개발에 대한 자문 및 기술 지도
- 관련 부품 생산에 있어서의 설계도 이전 1건 : 지주 및 나무 고정 강선

사. 학회 논문발표 준비중

3. 활용에 대한 건의

가. 지주모델과 설치방식에 대한 대 농민 보급

나. 기능성 지주와 부속품들의 개발 결과를 농가에 보급하기 위한 양산시 설 구축이 필요함 (산업체에 기술 이전).

다. 저수고 고밀식 지주체제에 필요한 자재들을 통합 관리, 공급할 수 있는 벤처형 기업이 필요함(초기 투자가 많이 소요되는 반면 초기 수요가 적기 때문에 기업에서의 투자가 미온적이므로 정부지원이 필요함).

라. 지주 시스템의 이론적 계산의 검증을 위한 실장 연구가 필요함.

마. 초기의 광범위한 연구결과를 기초로 하여 세부적이고 지속적인 연구가 필요함.

SUMMARY

I. Title

Development of Support Systems for High-Density Apple Orchards

II. Objectives and Significance of the Study

Dwarf apple trees on rootstocks M9 have poor anchorage and require a properly designed and constructed support system which is also necessary for easy training and vigor-control.

The objective of this study is:

- 1) to provide standard models of support systems for high density apple orchards based on structural analysis, considering in planting systems and climate conditions in Korea,
- 2) to develop materials for the installation of support systems, fixing and bending of trees,
- 3) to develop the production-processes of different kinds of posts and materials for the installation of support systems,
- 4) to provide the farmers installation manuals after which they can easily construct strong and stable support systems with reasonable cost.

III. Content and Scope

1st year

- modelling of standard support systems depending on planting systems and support types.
- design of pilot posts and their mechanical property evaluation.
- design of materials for installing of support systems, fixing and bending of trees.

2nd year

- structural analysis of post-materials and cost comparison.
- production and evaluation of pilot materials for install of support systems, fixing and bending of trees.
- development of mass producing processes for posts and necessary materials

IV. Conclusion

1. Standard models of support systems for high-density apple orchards.

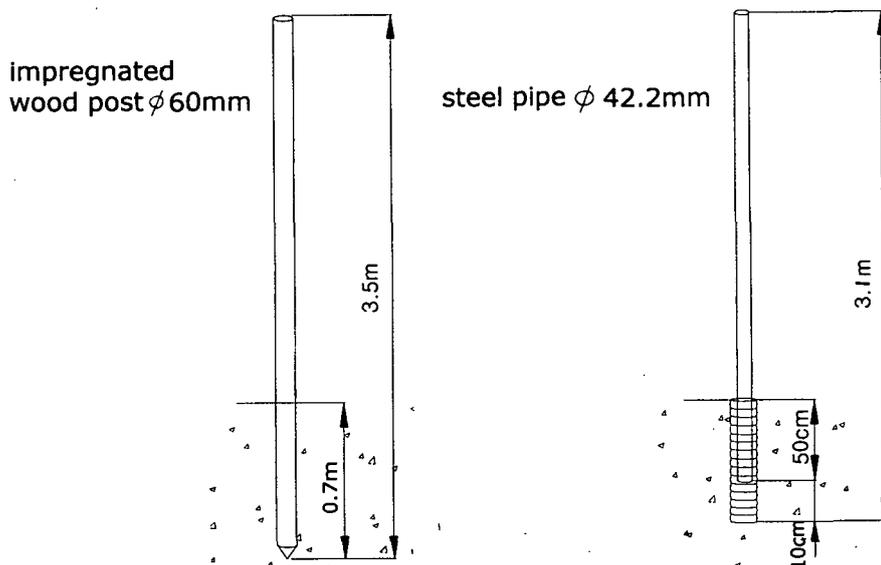
1) Single posts

- a. Steel pipe posts : $\varnothing 42\text{mm} \times t 2\text{mm} \times L 3.0\text{m}$

It needs to concrete the base of the post with $\varnothing 100\text{mm} \times 0.6\text{m}$ THP-pipe for higher stability.

- b. Wood posts : impregnated $\varnothing 60\sim 70\text{mm} \times L 3.2\text{m}$,

It should be set 0.7m into the soil for stability.



- c. Concrete posts : $55\sim 70 \times 55\sim 70\text{mm}$, L 3.2m,

It must be set 0.7m into the soil.

2) Trellises

a. Posts

- Steel pipes

. End posts : $\varnothing 60\text{mm} \times t 3.2\text{mm} \times L 3.0\sim 3.3\text{m}$

. Row posts : $\varnothing 48\text{mm} \times t 3\text{mm} \times L 3.0\sim 3.3\text{m}$

It needs to concrete the base of the post with $\varnothing 150\text{mm} \times 0.8\text{m}$ THP-pipe in end posts and with $\varnothing 100\text{mm} \times 0.8\text{m}$ THP-pipe in row posts for higher stability.

- wood

. End posts : $\varnothing 100\text{mm} \times L 3.5\text{m}$, It must be set 1.0m into the soil.

. Row posts : $\varnothing 80\text{mm} \times L 3.3\text{m}$, It must be set 0.8m into the soil.

- Concrete

. End posts : $90 \times 90\text{mm} \times L 3.5\text{m}$, It must be set 1.0m into the soil.

. Row posts : $70 \times 70\text{mm} \times L 3.3\text{m}$, It must be set 0.8m into the soil.

b. Setting end posts :

- tie-back style : setting the post with outwards 70° angle and tie-back to an anchor

- stay brace assembly style

c. Distance between row posts : 6m

d. Wire

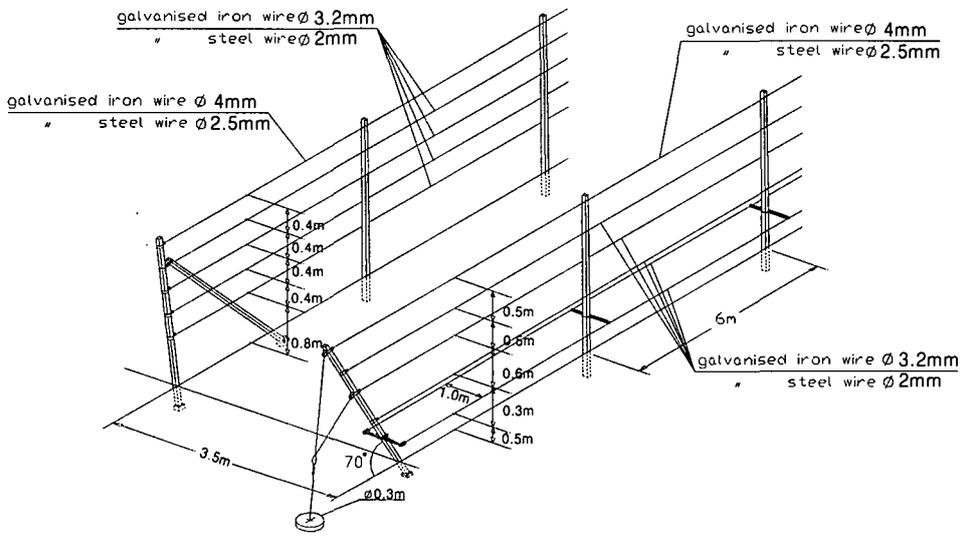
- top wire : galvanized $\varnothing 4.0\text{mm}$ iron wire or $\varnothing 2.5\text{mm}$ steel wire

- other wires : galvanized $\varnothing 3.2\text{mm}$ iron wire or $\varnothing 2.0\text{mm}$ steel wire

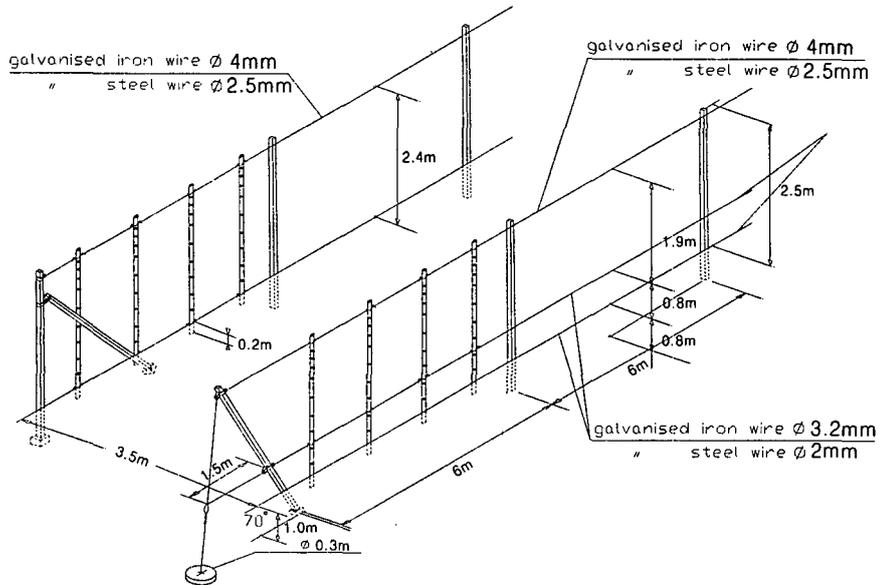
e. Trellises types

- wire trellises : distance between wires, from earth

0.8-0.6-0.5-0.5m or 0.8-0.4-0.4-0.4-0.4m



- wire trellises with bamboo stakes
 - . fasten stakes to one wire(2.4m height) trellis with steel clasps and tie trees to the bamboo stakes.
 - . fasten stakes to two wire(0.8 and 2.4m height) trellis with steel clasps and tie trees to the bamboo stakes



f. Installation of wire stretcher

One or two (if longer than 100m) wire stretchers should be installed at each wire.

- g. Installation of foot-wire : fasten 0.8~1.0 long 'L' or 'O' bar at 0.5~0.6 height on the each post with U-bolts or clamps, and two wires (3.4mm iron or 2.0mm steel) are installed at ends of 'L' or 'O' bars.

2. Design of Post Product for Support System and Its Structural Property Evaluation

- 1) The pre-tension load required for initial installation of wire and the loads that apple trees exert to the wire string under a strong storm like a typhoon and an unbalanced fruits distribution were analyzed using the deflection theory of wire. Based on both the calculated tension load in the wire and the bending load exerting

to posts, the cross-sectional modules and the optimum shape of posts is designed.

- 2) Materials supposed to be used for the post and the wire, which are some developed products or commercially available ones, were tested to evaluate structural properties. Through it is obtained material specifications for the selection of materials appropriate to the support system.

(1) Trellises, End Posts

- wood : $\varnothing 100\sim 120\text{mm} \times L 3.5\text{m}$
(Ref. Larch)
- Steel pipes : $\varnothing 60\text{mm} \times t 3.2\text{mm} \times L 3.0\sim 3.3\text{m}$
(Ref. Yield stress 400Mpa)
- Concrete : $90\text{mm} \times 90\text{mm} \times L 3.5\text{m}$,
(Ref, Free stressed Concrete)

(2) Trellises, Row Posts

- wood : $\varnothing 80\text{mm} \times L 3.3\text{m}$
- Pipe : $\varnothing 48\text{mm} \times t 3\text{mm} \times L 3.0\sim 3.3\text{m}$
- Concrete : $70\text{mm} \times 70\text{mm} \times L 3.3\text{m}$

(3) Wire

- top wire : $\varnothing 4.0\text{mm}$ iron wire (Zinc-coated, SWMGH-1, -2)
 $\varnothing 2.5\text{mm}$ steel wire(Zinc-coated, SWMGF-1, -2, -3)
 $\varnothing 2.0\text{mm}$ stainless steel wire(STS304 , 1/4 H)

3. The Development of the Demonstrated Manufactures of the Support and the Appurtenance, and the Development of the Manufacturing Process

- 1) To develop the advanced supporting system it is investigated the conventional supporting system from the stage of development. As a result, the research team suggest the suitable standard for the fruit grower.
- 2) To construct the supporting system with economy and ease it is developed the functional Post.

- 3) With analyze the problem of the manufacturing equipment to the selected materials, we suggest the direction to supply the durable materials with lower price to the fruit grower.
- 4) The four new supporting appurtenances are developed and installed to the field, as follows :
 - (1) The Supporting Material for Apple Tree
 - (2) The Steel Clamp
 - (3) The Pipe Support
 - (4) The Steel Fixed-Cap for fixed wire
- 5) Three patents are registered and one is under process to the korean industrial property office.

CONTENTS

Chapter 1. Introduction	29
1. Objectives and Scope	29
1) Objectives	29
2) Scope	29
2. Introduction	29
 Chapter 2. Modelling of standard support systems according to planting systems and support types	32
1. Introduction	32
2. Current high density planting systems in Korea and abroad.	32
1) Korea	32
2) Europe	33
3) Japan and America	36
3. Support materials and types in Korea and abroad	36
1) Korea	36
2) Europe	37
3) Japan and America	40
4. Models of standard tree support systems according to planting systems	41
1) Considerations in modelling of support systems	41
2) Single post	42
3) Trellises	43
a. Wire trellis	44
b. Trellis with bamboo stakes	46
5. Installation of support systems	48
1) Single posts	48
2) Trellises	50
a. Installation of end posts	50

b. Installation of row posts	50
c. Installation of the wire	53
d. tightening of the wire with stretchers	56
e. Installation of foot-wires	56
3) Installation of bird-nets	57
4) Installation of hail-nets	59
6. Cost comparison among support materials and types	61
1) Single posts	61
2) Trellises	62
References	66

Chapter 3. Design of Post Product for Support System and Its

Structural Property Evaluation	68
1. Introduction	68
2. Materials for orchard support system	69
1) Post	69
2) Wire	70
3. Structural Analysis	71
1) Calculation of load applying to wire	71
a. Calculation of pre-tension required for initial installation of wire due to its weight	71
(1) Reaction load calculation	72
(2) Deflection curve of wire	73
(3) Pre-tension required for wire installation	73
b. Load applied to wire by strong wind	75
(1) Reactional load at supporting post	75
(2) Deflection curve of wire	76
(3) Tension load applied to wire	77
c. Load applied to wire string by unbalanced fruits distribution or inclination of tree	79

2) Installation of auxiliary wire to end post and estimation of load bearing ability in orchard soil	82
a. Design of auxiliary wire for strengthening end post	83
b. Estimation of load bearing ability in orchard soil and some trials to increasing load bearing ability	86
3. Design of cross-section for steel post	89
1) End post	89
2) Row post	91
4. Mechanical property evaluation of products for post application	93
1) Bending testing procedure and specification of post products	93
2) Results of bending test and bearing load calculation	96
3) Discussion about corrosion prevention of post materials	102
a. About corrosion prevention in steel posts	102
b. About endurance improvement of wood posts	103
5. Results of strength evaluation for selection of wire	104
6. Results of load bearing ability measurement in orchard soil	107
7. Summary	112
References	113

Chapter 4. The Development of the Demonstrated Manufactures of the Support and the Appurtenance, and the Development of the Manufacturing Process	114
1. Introduction	114
2. The Discussion of the Development-Judgment for the Supporting System	114
1) The Selection of the Supporting Material	116
a. Plastic	116
b. Wood	117
c. Concrete	117
d. Steel	118

2) The Bases of the Product of the Supporting Material	118
a. Wood	118
b. Concrete	118
c. Steel	118
3) The Strength Analysis of the Supporting Material and the Present Conditions Analysis Applied to Farm	119
4) The Comparison of the Strong and Weak Points Applied to the Support using the Supporting Materials	119
3. The Development of the Functional Post	122
1) The Necessity of the Development of the Functional Post	122
2) The Discussion of the Development-Judgment for the Functional Post	123
3) The Development Process	123
a. The Coefficient of the Cross-section	124
b. The Construction of the Simple Model and Strength Test	124
c. The Design of the Functional Post and the Demonstrated Manufactures	127
d. The Comparison of the Strength Test between the Functional and the Conventional Support	129
e. The Discussion and Comparison of the Economical Efficiency for the Functional and the Conventional Support	131
4) The Discussion of the Manufacturing Process of the Functional Post	134
4. The Development of the Demonstrated Manufactures of the Apparatenace, and the Development of the Manufacturing Process	135
1) The Development of the Supporting Material for Apple Tree and the Manufacturing Process	135
2) The Development of the Steel Clamp and the Manufacturing Process	135
3) The Development of the Support for the Pipe Post and the Manufacturing Process	142

4) The Development of the Mesh and the Steel Fixed-Cap	
Prevented from the Thunder	147
5) Miscellaneous Appurtenance	150
5. Summary	155
References	155

목 차

제 1 장. 서 론	29
제 1 절. 연구개발의 목적과 범위	29
1. 연구개발의 목적	29
2. 연구개발의 범위	29
제 2 절. 서설	29
제 2 장. 재식체계 및 지주형태별 지주설치 표준모델 개발	32
제 1 절. 서 설	32
제 2 절. 국·내외 저수고 고밀식 사과재배 동향	32
1. 우리 나라	32
2. 유럽	33
3. 일본과 미국	36
제 3 절. 국내외 사과원 지주 설치방식 및 재료	36
1. 우리 나라	36
2. 유럽	37
3. 일본과 미국	40
제 4 절. 재배체계별 표준 지주 모델의 설정	41
1. 표준 지주 모델 설정에 있어서의 고려사항	41
2. 개별지주	42
3. 울타리식 지주	43
가. 철선 울타리식 지주	44
나. 지지대와 철선 조합 울타리식	46
제 5 절. 지주설치 방법	48
1. 개별지주	48
2. 울타리식 지주	50
가. 가장자리지주의 설치	50
나. 사이지주의 설치	52
다. 철선의 설치	53

라. 조임쇠의 설치	56
마. 받침 철선의 설치	56
3. 방조망의 설치	57
4. 우박피해 방지망 설치	59
제 6 절. 지주재료 및 설치방식에 따른 비용 비교	61
1. 개별지주	61
2. 울타리식 지주체제	62
참고문헌	66
제 3 장. 지주 시제품 설계 및 강도 특성 평가	68
제 1 절. 서론	68
제 2 절. 지주재료	69
1. 지주	69
2. 강선	70
제 3 절. 지주시스템의 역학적 해석	71
1. 강선에 걸리는 장력 계산	71
가. 강선의 자중에 의한 초기 장력	71
1) 반력 계산	72
2) 강선의 처짐곡선	73
3) 강선의 장력	73
나. 강풍에 의해 강선에 걸리는 장력	75
1) 지지점의 반력	75
2) 강선의 처짐곡선	76
3) 강선의 장력	77
다. 성과시 하중 불균형에 의해 발생하는 장력	79
2. 보조강선의 설치 및 점성토의 지지력 산정	82
가. 가장자리 지주에 대한 보조강선 설계	83
나. 과수원 토양의 지지력 산정 및 지지력 강화 방안	86
3. 강재 지주에 대한 최적 지주단면 설계	89
가. 가장자리 지주	89
나. 사이지주	91

제 4 절. 시제품 지주재료의 기계적특성 평가	93
1. 시제품 지주의 급힘시험법과 시제품 사양	93
2. 급힘강도 평가 결과 및 지지하중 계산	96
3. 지주의 방식성 검토 결과	102
가. 강재 지주의 방식성(防蝕性) 검토	102
나. 간벌목 내구성 강화 공정 개발관련 조사 결과	103
제 5 절. 강선 선정을 위한 강도평가 결과	104
제 6 절. 토양의 지주 지지력 측정 결과	107
제 7 절. 결 론	112
참고문헌.	113
제 4 장. 지주 및 지주부속품 시제품 개발과 개발제품의 양산공정 개발	114
제 1 절. 서설	114
제 2 절. 지주시스템 개발방향 검토	114
1. 지주자재의 선정검토	116
가. 플라스틱류	116
나. 목재	117
다. 콘크리트	117
라. 강재	117
2. 지주자재의 생산기반 검토	118
가. 목재	118
나. 콘크리트	118
다. 강재	118
3. 지주자재의 적정규격 선정과 능가적용 현황 분석	119
4. 지주자재의 지주시스템 적용시 장. 단점 비교	119
제 3 절. 기능성 지주의 개발	122
1. 기능성 지주개발의 필요성	122
2. 기능성 지주개발의 방향	123
3. 개발과정	123
가. 단면계수값	124
나. 단순모형 제작과 강도테스트	124

다. 기능성 지주설계와 시제품제작	127
라. 시제품 기능성 지주와 다른 지주의 강도테스트 비교	129
마. 기능성 지주의 경제성 분석	131
4. 기능성 지주 양산공정 검토	134
제 4 절. 지주부속품 시제품 개발과 양산공정 검토	135
1. 사과나무 고정재 개발과 양산공정	135
2. 철선조임쇠 개발과 양산공정	140
3. 파이프 지주의 매설 지지대 개발과 양산공정	142
4. 방조망, 우박 방지용 철선 고정캡 개발	147
5. 지주시스템에 필요한 소요 부속품 소개	150
제 5 절. 결론	155
참고문헌	155

여 백

제 1 장 서 론

제 1 절 연구개발의 목적과 범위

1. 연구개발의 목적

- 가. 우리 나라의 기상조건과 저수고 고밀식 사과 재배방식에 근거한 재식체계 및 지주재료별 표준 지주모델의 설정
- 나. 적정 지주자재의 선정과 강도특성 평가 및 규격 결정 또는 설계
- 다. 지주 설치에 필요한 각종 소요 부품의 개발과 평가
- 다. 지주 및 소요 부품의 대량생산 공정 개발

2. 연구개발의 범위

- 가. 국내 사과원의 지주설치 방식 및 재료 조사
- 나. 외국의 사과원 지주설치 방식 및 재료 조사
- 다. 지주재료별 개별 지주설치 모델 개발
- 라. 지주재료별 울타리식 지주 설치 모델 개발
- 마. 적정 지주자재의 선정, 규격 결정, 시제품 설계 및 강도 평가
- 바. 지주재료 및 설치형태별 내구성, 지지력, 경제성의 평가
- 사. 지주설치와 사과나무 고정 및 유인에 필요한 각종 부품의 개발
- 아. 지주 및 소요 부품의 양산 공정 및 체계 확립

제 2 절 서 설

왜화재배에 있어서는 지주를 세워주는 것이 원칙이다. 그러나 우리 나라에서는 M26 대목을 이용하면서도 지주를 세우지 않고 재배했기 때문에 수형이 제대로 잡히지 않았음은 물론, 본격적인 결실단계에서는 과실무게 때문에 가지가 찢어지고 나무가 기울거나 태풍에 쓰러지는 경우가 많았다. 이에 대비해 대부분의 성과기 사과원에서는 각 가지마다 지지대를 세우고 있기 때문에 개원시 지주를 세우는 것 못지않게 비용이 들고 작업도 훨씬 번거롭다.

농산물시장의 전면개방에 따라 우리 나라 사과의 취약한 국제경쟁력을 획기적으로 높이기 위하여 M9 대목을 이용한 고 밀식 재배체계가 90년대 후반부터 경북을 중심으로 급속히 보급되고 있다. 이러한 재배체계에서는 조기에 수관을 확보하여 세장방추형으로 수형을 잡고 수세를 안정시켜가며 지속적으로 다수확을 해나가야 한다. M9 대목은 뿌리가 약한데다 수고 2.5m 내외의 작은 나무에서 30-40kg까지 결실될 수도 있기 때문에 균형 잡힌 수형 구성을 위해서 뿐 아니라 결실주의 지지를 위해서도 튼튼한 지주의 설치가 필수적이다.

선진국의 경우 오래 전부터 M9나 M26을 이용한 왜화재배는 물론, 뿌리발달이 충분하여 지지력이 좋은 MM106, M7 등의 준왜성대목을 이용한 경우에도 의도하는 형태의 수관 구성을 위해서 지주를 세우는 경우가 많다. 1970년대부터 M9 대목을 이용한 고 밀식재배가 주류를 이루면서 지주체계가 수형구성과 작업의 편의성은 물론 지지기능이 크게 강조된 지주체계가 나라와 지역에 따라 다양하게 등장하게 되었다. 고밀식 사과원의 지주체계는 각 나무마다 지주를 세워주는 개별지주방식과 튼튼한 지주를 일정한 간격으로 세우고 철선으로 연결한 다음 그 사이에 나무를 심고 철선지주에 고정시키는 울타리식 지주방식으로 나눌 수 있다. 밀식 재배가 발달된 유럽의 경우 나라와 지역의 재배형태와 환경에 따라 목재, 강재, 콘크리트 지주가 다양한 규격으로 제작되어 공급되고 있다. 연결장치, 고정장치, 철선 등 완벽한 지주설치에 필요한 자재와 각종 부품은 물론, 관련 장비가 개발되어 있어서 재배체계와 지형에 따라 튼튼하고 편리하면서 오래가는 지주를 손쉽게 값싸게 설치할 수 있도록 되어 있다.

우리 나라의 사과 왜화재배는 원칙적으로 지주를 세우지 않는 방식으로 이루어져 왔다. 90년대 들어와서는 결실기 수체의 지지를 위한 것이라기 보다는 수형구성기에 주간을 끈게 키워 안정된 수형을 잡기 위한 방편으로 직경 25mm 파이프를 세우는 농가들이 일부 등장하기 시작하였다. 그러나 본격적이고 체계적인 사과원 지주는 97년 경북지역에 M9 대목을 이용한 신 경북형 표준 사과원이 등장하면서이다. 이태리 남티롤의 사과재배체계를 모델로하여 개원이 이루어졌기 때문에 지주체계도 이들의 양식을 모방하는 수준이다. 국내에는 사과원 지주자재가 아직 개발되어 있지 않은 상태여서 공사현장에 이용되는 아연도금 강재파이프를 이용한 울타리식 지주가 많이 세워지고 있다. 일부 농가에서는 25mm의 하우스용 파이프를 이용한 개별지주를 세우는가 하면 개별지

주를 다시 철선으로 덕 모양으로 쳐 지지력을 보강하는 방법도 나타나고 있다. 그러나 우리 나라의 재배체계나 환경을 고려한 지주체계가 개발되지 않아 규격이나 지지력, 설치요령 등에 관한 연구나 지침 등도 없는 형편이다. 따라서 지주설치에 필요한 적정 자재의 구입이 어렵거나 불가능하여 일부 부품이나 자재는 직접 제작하여 설치하므로 작업이 어려울 뿐 아니라 비용이 많이 들고 지지력이나 내구성에 대한 검토가 없어 성과기 지지기능 여부도 불확실한 형편이다. 최근에 지주를 설치한 사과원 중에서 지주가 너무 낮거나, 충분히 고정되어 있지 않거나, 녹이 쓸거나 하는 등의 문제가 있는 과원이 적지 않다.

따라서 우리 나라의 저수고 고밀식 사과재배체계와 기상조건을 고려하여 지지력과 내구성을 갖추고 관리작업의 기계화와 일관화에 도움이 되는 표준지주 모델을 역학적 해석에 근거하여 설정하고 세부적인 설치 방법을 정리하여 농민들이 손쉽게 지주를 세울 수 있게 하고자 한다. 아울러 지주설치와 사과나무 고정 및 유인에 필요한 각종 부품을 개발하고 지주와 이들 소요 부품의 양산 공정의 개발과 체계를 확립하고자 한다.

제 2 장 재식체계 및 지주형태별 지주 설치 표준모델 개발

제 1 절 서 설

저수고 고밀식 사과재배에 있어서는 튼튼하고 오래가는 지주의 설치가 전제조건이다. 이를 위해서는 우리 나라의 재배체계와 환경에 적합한 지주체계 모델의 설정과 설치 지침이 확립되어야 하며 필요 자재와 부품이 대량으로 생산되어 값싸게 공급되어야 한다. 태풍이나 과다결실시 나무가 넘어질 염려가 없는 역학적 해석에 기초한 지주가 세워져 안전하게 사과농사를 짓기 위해서 뿐 아니라 지주설치에 따른 개인비 부담을 줄임은 물론, 수세의 조절과 관리작업의 능률을 높이기 위해서도 이러한 모델의 설정은 매우 중요하다.

따라서 본 장에서는 현재 우리 나라의 재배체계에 근거하고 외국의 재배방식과 지주체계를 참고하여 우리 기상과 관리작업의 기계화와 일관화에 도움이 되는 표준지주 모델을 설정하고 세부적인 설치 방법과 자재의 종류와 모델에 따른 비용 등을 비교, 정리하여 농민들이 손쉽게 지주를 세우는데 참고할 수 있게 하고자 한다.

제 2 절 국내외 저수고 고밀식 사과재배 동향

1. 우리 나라

1970년대 초부터 MM106, M7, M26 등의 왜성대목 도입되면서 왜화재배가 시작되어 1980년대에 들어와서는 대부분의 사과묘목이 왜성대목묘로 바뀌었다. 대부분이 M26 이중접목묘였고 산지나 하천부지와 같이 지력이 떨어지는 곳에서는 MM106 대목묘가 심겨졌다. M26의 경우 대부분 4.0~4.5m × 2.0~2.5m 또는 4.5~5.0m × 3.0~4.0m로 심었고, MM106대목의 경우 5.0 × 3.5~4.0m 아니면 4.0~5.0 × 2.5~3.0m로 심었다. 수형은 주간형 또는 변칙주간형으로 키워 수고가 M26은 3m 이상, M106은 3.5m 이상이 대부분이었다. 80년대는 물론 90년대까지도 우리 나라의 왜화재배는 재식거리, 수형, 정지전정, 수세조절 등이 불합리하게 이루어져 단위면적당 생산량이 낮고, 품질이 떨어지며 노력

소요는 많아 왜화재배의 장점을 제대로 살리지 못하고 있었다.

저수고 고밀식으로 생산성을 높이고 노동력을 줄이며 고품질 사과의 조기 다수확을 목적으로 하는 본격적인 왜화재배는 1996년 경상북도에서 신경북형 사과생산체계 개발에 관한 연구가 수행되고 이에 따라 1997년 표준 시범 사과원이 조성되면서이다. M26 또는 M9 자근 대목의 덧가지가 5개 이상의 우량한 묘목을 심어 재식 2년 차부터 수확을 시작하여 착과 높이를 2.5m 이하로 하는 것을 원칙으로 하고 있다. 경상북도에서 추천하는 대목, 품종 및 토양 조건별 재식거리는 다음 표에서와 같다. 97년부터 개원한 대부분의 표준 사과원에서 조기 결실이 이루어지고 비교적 안정된 수세를 보임에 따라 이와 같은 고밀식 재배면적이 급속히 늘어나, M26묘목의 경우 3.8~4.5 × 1.8~2.0m, M9 대목 묘목의 경우 3.2~3.8 × 1.0~1.8m로 대부분 심겨지고 있다. M9 대목을 이용한 고밀식 재배가 경북에서 성공적인 출발을 보임에 따라, 99년부터 농림부에서는 이를 기준으로 하여 전국의 사과원의 구조를 바꾸는 정책을 추진하고 있다.

표 2-1. 신 경북형 사과생산체계에서의 추천 재식거리

대 목	지 력	품 종	재식거리(m)	재식주수(주/10a)
M26	중	쓰가루 등	3.8 × 1.8	146
		후 지	4.0 × 2.0	125
	고	쓰가루 등	4.0 × 2.0	125
		후 지	4.5 × 2.5	89
M9	중	쓰가루 등	3.2 × 1.2	260
		후 지	3.5 × 1.5	190
	고	쓰가루 등	3.5 × 1.5	190
		후 지	3.8 × 1.8	146

註) 지력고: 유효토층 80cm 이상의 포장

지력중: 유효토층 60cm 전후의 포장

2. 유럽

1960년대 중반부터 방추형(spindle)이 농가에 보급되면서 왜화도가 강한 M9, M26을 대목으로 하여 10a당 80-160주까지 본격적인 밀식이 보편화되기

시작하여 수확 시기를 앞당기고 수량 증대를 가져올 수 있었다. 70년대 들어 와서는 M9대목을 이용하여 네덜란드에서부터 수폭이 좁은 세장 방추형이 일반화되어 160~240주/10a로 식재되기 시작하였고 나아가 점점 더 밀식되는 경향을 보여 왔다. 80년대 후반부터는 초 방추형(super spindle)이라 하여 나무의 수폭을 0.5~1.0m까지 좁히면서 240~600주/10a 식재가 보편화 되었고, V형 재배 시스템 도입으로 더 밀식하게 되었다. 90년대 초에는 수폭을 50cm 이하로 하는 Schnur(cordon)수형의 등장으로 1,000주 이상 밀식하는 농가도 등장하기도 하였으나 개원비가 지나치게 많이 들고 밀식장해가 심하게 나타나는 등의 문제점으로 최근에는 300~600주 재식이 보편적인 재식밀도이다. 유럽 사과 주산지의 재식거리와 밀도는 표 2에서와 같다.

재식 방식은 1열식, 넓은 2열식, 3열식, 다열 bed식이 있으나 별 조임과 통풍이 가장 좋고 작업에도 편리한 1열식을 가장 많이 이용하고 있다. 수관 하부의 표토 관리를 제초제에 의하지 않고 기계적 방법의 적용도 가능한 장점이 있고 소형 트랙터를 이용할 경우 열간 거리를 좁힐 수 있어 약 600주/10a까지 심을 수도 있다.

V형 시스템은 1열식으로 심되 바깥으로 15도 정도 기울게 하여 채광을 좋게 함으로서 수관 용적이 크면서도 재식 주수를 늘릴 수 있고 수관 하부 토양 관리 폭도 좁아지는 장점이 있다. 단점으로는 지주 설치비, 묘목비가 많이 들어 개원비 부담이 많고 안쪽의 작업이 불편하며 성목시 기운 방향의 수관 하부에 채광이 불량하고 기운 정도가 심할 경우 안쪽에서 도장지 발생하는 문제점이 있어 그렇게 매력 있는 재식체계가 아닌 것으로 여기고 있다. 재식거리는 2.75~3.2m x 0.6~1.3m가 많이 이용되고 있다.

넓은 2열식은 발이 좁고 길거나 소규모 과수원에서 토지 이용률을 높일 목적으로 식재되는 방식이다. 작업로의 열간 거리는 1열식과 같이 2.75~3.2m로 하나, 2번째 열은 0.5~2.0m로 다소 넓게 하고 주간 거리는 1열식과 같이 한다. 내부 관리에 불편함이 있고 수관 하부 표토 관리도 불편함이 있어 규모가 큰 과수원에는 잘 이용되지 않는 방식이다.

베드식 식재 방식은 심한 경사지에 주로 이용되는 재식 방법으로 베드 폭의 넓이가 7m가 넘지 않도록 한다. 베드 내 사이 열간 거리는 1.0~1.75m로 하고 작업로인 열간과 주간 거리는 대개 1열식에서와 같은 거리로 한다.

표 2-2. 주요 서유럽국의 사과 왜화재배체계와 재식거리

국별	1열식	2열식	다열 bed식
네덜란드	2.75~3 × 1~1.25m (267~364주/10a)	2.75~3 + 1.75 × 1~1.25m (321~423주/10a)	2.75~3 + (3 × 1.5~1.75) × 1-1.25m (385~513 주/10a)
벨기에	3~3.2 × 0.8m (390~417주/10a)	3~3.2 + 0.5~0.7 × 1.2m (427~476 주/10a)	3~3.2 + (3 × 1.5~1.75) × 1~1.25 m
독일 (Bodensee)	2.8~3 × 0.8~1.3m (256~446주/ha) 2.7~3 × 0.6~0.8m (416~617주/10a)		
오스트리아 (Steirmark)	2.8~3 × 0.8~1.3m (256~446주/10a)	3~3.2 + 2 × 1~1.1m (349~400주/10a)	
이태리 (Südtirol)	3~3.2 × 1~1.1m (284~333주/10a) 2.8~3 × 0.7~0.9m (370~510주/10a)		3~3.2 + (6 × 1~1.1) × 2m (357~390주/10a)

3. 일본과 미국

일본에서의 밀식재배 역사와 방식은 우리 나라와 매우 비슷하다. 70년대 중반부터 적설량이 적은 나가노지방을 중심으로 M26을 이용한 밀식재배가 보급되기 시작하였다. M26 2중 접목 묘목을 초기에는 4.0~4.5 × 1.5~2.0m로 심었으나 밀식장해가 나타남에 따라 4.0~5.0 × 2.0~2.5m로 심고 수고를 약 4m까지 높이는 주간형으로 주로 재배하고 있다. 이중접목 M26 나무가 지나치게 강하게 자라고 생산성도 낮음에 따라 최근에는 M9 대목을 이용하는 농가가 증가하고 있다. 자근 묘목보다는 M9 2중 접목묘를 4.0~4.5 × 1.5~2.0m로 심고 있다. 수폭은 2.0m로하고 최종 결실부위는 2.5m까지로 하는 방법을 택하고 있다.

미국의 사과재배는 유럽과 달리 광활한 대지에 조방적인 방법으로 재배되는 전통이 있어 70년대에 들어와서 준왜성대목(M7, M2, M4, MM106, MM111)이 이용되기 시작하여 재식밀도가 에이커당 50-70주에서 218주까지 높아졌다. 80년대 중반에 들어서는 MM106과 M7의 비중이 높아지면서 스퍼타입의 경우 400주까지 심겨졌다. M26, Mark 9, M9와 같은 왜화성이 높은 대목의 이용은 80년대 후반, 90년대에 들어와서야 심겨지기 시작하였다. 수형은 수직축형, 세장방추형, 앞의 두 수형의 중간적 형태를 띠는 hybrid tree corne(HYTEC), V형, Y형, Tatura Trellis형 등 다양한 형태로 재배하면서 재식거리는 3.0~4.5 × 1.0~2.0m가 주류를 이루고 있다. 그러나 전체적으로 유럽에 비해 재식밀도가 낮고 나무를 크게 키우며 조방적인 관리를 하고 있다.

제 3 절 국내외 사과원 지주 설치방식 및 재료

1. 우리 나라

MM106은 물론 M26 대목 사과원에서 지주를 세워주는 예는 찾아보기가 힘들다. 그러나 일부 M26 대목묘를 4×2m로 재식한 사과원에서 주간을 바로 세울 목적으로 Ø25mm 하우스용 파이프를 개별지주로 사용하는 경우가 있었다. 지주 높이가 3m 또는 그 이상인 경우도 있으므로 지주자체가 바람에 넘어지는 것을 막기 위해 가로, 세로로 Ø3.2mm 아연도 연철선을 쳐주기도 한다.

사과나무 자체의 지지를 위한 본격적인 사과원 지주설치는 1997년에 개원

된 신경복형 사과생산체계 표준 사과원이 조성되면서 시작되었다. 유럽의 밀식체계를 모델로 하여 사과원이 개원되었기 때문에 지주체계 역시 유럽의 것을 기준으로 하여 대부분의 경우 설치비용이 적게 드는 울타리식 지주체계가 채택되고 있으나 일부 작업의 편의와 태풍시 열 전체가 넘어가는 것을 우려하여 개별지주를 사용하는 농가도 있다. 지주재료는 울타리 지주의 경우는 건축용 아연도금 철제파이프(Ø48mm, 42mm), 개별지주의 경우 하우스용 파이프(Ø25mm)가 주로 이용되고 있다. 철선의 경우 대부분 Ø 2~4mm의 아연도금 철선을 사용하고 있고 Ø2mm의 스텐강선이나 Ø2.5~7mm의 하우스용 피복와이어가 이용되기도 한다. 지주 높이는 대개 2.0~2.5m, 매몰 깊이 0.5~1.0m, 4단의 철선을 40~70cm 간격으로 치고 있다. 유인 작업을 손쉽게 하기 위하여 지면 50~80cm 높이에서 길이 0.8~1.0m의 가로대를 각 지주마다 설치하고 양끝에 받침철선을 추가로 치는 경우도 있다. 지주의 설치가 지지력과 내구성에 무게를 두기보다 값이 싸면서 구하기 쉬운 자재를 간편하게 설치하고 있는 실정으로 지주의 자재나 설치방식이 농가에 따라 다양각색이다.

대부분 강제 파이프를 보강장치 없이 0.5~1.0m 깊이로 묻고, 파이프의 굵기도 충분하지 않은 경우가 많기 때문에 지지력에 심각한 문제가 있다. 더구나 도금이 완벽하지 않은 불량파이프를 싼값에 구입하여 설치한 경우도 많아 잦은 농약살포로 오래지 않아 부식이 심각해 질 것이다. 지주의 높이가 2.5m는 되어야 나무를 다소 높게 키울 수 있어 수세 조절이 쉽고 결실량도 많아 유리하나 2.0~2.3m 경우가 많다. 철선은 항상 충분히 팽팽하게 쳐져 있도록 수시로 조임쇠로 조여주어야 하나 그렇지 못한 경우가 대부분이다. 철선이나 조임쇠 같은 경우도 도금이 충분하게 되지 않아 2-3년차에 녹이 쓰는 경우가 많은 형편으로 본격적인 결실이 시작되고 태풍이 닥칠 경우 치명적인 피해를 받을 위험이 있는 사과원이 많을 것으로 판단된다.

2. 유럽

고밀식 재배가 가장 앞선 유럽의 경우, 나라와 지방에 따라 다소 다른 재식거리를 보이듯이 지주체계도 차이를 보이고 있다. 네덜란드, 벨기에, 독일의 경우 햇빛이 부족한 환경적인 영향 때문에 수고를 다소 낮게 키우고, 따라서 지주의 높이도 1.8~2.0m가 보편적이다. 반면 이태리나 프랑스와 같이 햇빛이 충분한 나라의 경우 수고를 높이는 것이 수세 조절에 유리할 뿐 아니라

수량도 많기 때문에 지주의 높이를 2.3-2.5m로 높게 설치하는 경우가 많다.

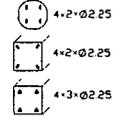
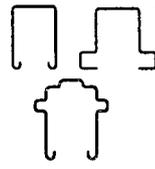
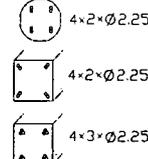
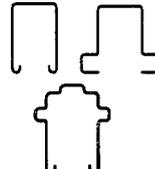
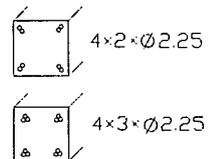
각 사과나무마다 지주를 세워주는 개별지주방식이 있는가 하면 일정한 간격으로 튼튼한 말목을 세우고 일정 높이에 철선을 쳐 지주를 완성하는 울타리식 지주가 있다. 울타리식에는 여러 단의 철선을 치고 나무를 철선에 직접 잡아매어 고정시키는 철선 울타리식이 있는가 하면, 최상단 1단의 철선을 치거나 상하 2단의 철선을 치고 각 나무마다 대나무와 같은 한시적인 지지대를 세워 철선에 고정시키고 여기에 사과나무를 잡아매었다가 원줄기가 충분히 굵으면 철선에 직접 나무를 잡아매는 지지대-철선 조합형 울타리식이 있다.

북유럽의 경우 개별지주 방식을 많이 채택하고 있는 반면, 이태리의 경우 평지에서는 대부분 울타리식의 지주를 채택하고 있고 경사지나 굴곡지에만 개별지주를 세우고 있다.

네덜란드, 남부독일, 벨기에, 스위스 등의 나라에서는 지주재료를 방부처리한 원주목을 지주로 이용하고 있는데 반해, 이태리의 경우 목재보다는 콘크리트 지주가 대부분을 차지하고 있다. 이는 다른 이유보다 이태리의 경우 알프스 자락에 사과주산지가 형성되어 있어서 콘크리트지주를 만들 모래, 자갈, 시멘트가 풍부하여 저렴하게 지주를 제작할 수 있는 조건인 반면, 다른 나라는 간벌목을 방부처리하여 지주로 이용할 수 있어서 콘크리트지주에 비해 비용부담이 그리 크지 않기 때문인 것으로 보인다.

오스트리아, 남부 독일, 이태리의 일부 지역에서 강재지주가 보급되고 있기도 하나 포도에 비하면 아직 비중이 미미하다. 플라스틱 지주는 포도용으로 일부 생산되고 있으나 사과원에는 이용되고 있지 않는 것으로 판단된다.

표 2-3. 유럽의 밀식 사과원 지주 재료와 규격

방 식	재 료	규 격	비 고
개별지주	목 재	Ø50~65mm, L2.2~3.2m	
	콘크리트	- Ø85mm, L2.5~3.5m - 54~70×54~70mm, L2.5~3.5m	
	강 재	- 아연도금: 50×40mm, t1.5mm, L2.25~2.75m - 알루미늄합금: 50×50mm, t2.0mm, L2.7m	
울타리지주	목 재	Ø65~110mm, L3.0~3.5m	
	콘크리트	- Ø105mm, L3.5m - 62~90×62~90mm, L2.5~3.5m	
	강 재	- 아연도금: 60×40mm, t1.5mm, L2.25~2.75m - 아연도금凸형: t1.5mm, L2.8m - 알루미늄합금: 50×50mm, t2mm, L2.7m	
우박방지 망 설치용 지주	목재	Ø70~120mm, L4.0~4.5m	
	콘크리트	- 90×90mm, L4.0~4.5m - 80×120mm, L4.0~4.5m	

3. 일본과 미국

일본에서는 개별지주는 주로 강재 파이프 외경 34mm, 두께 2.3mm 이상 또는 외경 38.1mm, 두께 1.2mm 이상을 사용하도록 권장하고 있다. 나가노지방의 경우 외경 30mm 이상 두께 0.9mm 이상을 이용하기도 한다. 목재의 경우 직경 50~70mm의 방부처리한 원주목을 이용한다. 길이 3.5~4.0m의 지주를 0.7~1.0m 박아 넣어 지주 높이가 3m 내외에 이르게 하고 있다. 태풍에 대비하여 개별지주에도 6~8번 철선을 각 열을 따라 지주 상단에 치고 횡으로는 10m 간격으로 쳐 고정석에 잡아 묶도록 추천하고 있다.

울타리식 지주의 경우 직경 50~60mm의 강재 파이프를 10~20m 간격으로 개별지주에서와 같은 방법으로 박고 1m간격으로 2~3선을 치고 개별지대를 세워주되 태풍에 대비해서 열과 직각으로 사이지주에 철선을 쳐 보강하는 방법을 쓰고 있다.

미국 워싱턴주의 고밀식 사과원의 경우 거의 울타리식 지주를 채택하고 있다. 수직축형(vertical axis)과 HYTEC형을 위한 울타리식 지주는 가장자리지주는 직경 130~150mm, 길이 4.2m를 1.2m 깊이로 박고, 사이지주는 직경 100~130mm, 길이 3.6m를 9~15m 간격으로 0.6m깊이로 박아 세운다. 철선은 3단으로 하여 지면에서 0.3-1.35-1.35m 간격으로 설치하고 있다 이때의 재식거리는 $3.6 \sim 4.5 \times 1.2 \sim 1.8$ m이다. 팔멧트형을 위한 수직 울타리 지주는 높이에 따라 표 4에서와 같은 방법으로 설치하고 있다. 울타리식 지주에 사용되는 철선은 인장강도 18,001b/sq. in., 절단강도 1,380lb/sq. in. $\varnothing 2.5$ mm의 0.8oz/sq. ft. 아연도금 철선을 사용하고 있다.

개별지주는 세장방추형의 수형에만 세우고 있는데 유럽에서와 같이 직경 50mm, 길이 2.4m의 방부처리 원주목을 0.6m깊이로 세워 높이가 1.8m에 이르게 하고 있다.

표 2-4. 미국 워싱턴주의 팔멧트 수형을 위한 울타리식 지주에서 높이별 소요 자재의 규격, 설치 방법 및 적정 재식거리

구 분		지주의 높이		
		1.8m	2.4m	3.0m
가장자리지주	직 경	100-130mm	100-130mm	130-150mm
	길 이	2.7m	3.6	4.2
	매몰 깊이	0.9m	1.2	1.2
사이지주	직 경	76-100mm	76-100mm	100-130mm
	길 이	2.4m	3.0	3.6
	매몰 깊이	0.6m	0.6	0.6
	지주간격	9-15m	9-15m	9-15m
철선간격	지면 - 1단 선	0.6m	0.9m	0.9m
	1단 선 - 2단 선	0.6m	0.6m	0.6m
	3단 선 - 4단 선	0.6	0.45m	0.6m
	3단 선 - 4단 선	-	0.45m	0.45m
	5단 선 - 6단 선	-	-	0.45m
주간 거리		1.5-2.0m	1.8-2.4m	2.1-2.7m
열간 거리		3.6-4.2m	3.9-4.5m	4.2-4.8m

제 4 절 재배체계별 표준 지주 모델의 설정

1. 표준 지주 모델 설정에 있어서의 고려사항

농림부나 경상북도에서 권장하는 고밀식 재배체계의 골격은 M9 대목을 이용하여 열간거리 3~4m, 주간 거리 1.0~1.5m로 1열로 심고, 수고 2.5~3.0m에 결실 높이는 최고 2.5m까지 제한하며 세장방추형으로 나무를 키우는 방식이다. 이러한 재배체계를 기본으로 하고 SS기, 열간 예초는 물론 수관하부의 제초작업의 기계화, 적과작업과 수확시 2.5m 높이까지 작업할 수 있는 고소작업기(高所作業機) 투입등 과수원 관리작업의 기계화, 일관화를 고려하여 설계하였다. 아울러 주당 최고 40kg, ha당 최고 70톤의 사과가 결실된다고 보고, 이러한 결실상태에서 순간 최대시속 30m/sec의 태풍이 불수도 있다는 가정 하에 몇 가지 표준 모델을 설정하였다.

M9 대목을 이용한 고밀식 재배라 할지라도 20년 이상 유지가 가능하나 새로운 품종의 등장, 재배기술의 발달 등 외적 요인에 의해 조기에 신품종으로의 갱신이 경영적으로 유리한 경우가 대부분이다. 유럽의 경우, 현재는 약 15년이 M9 사과원의 통상적인 갱신주기이고 이는 소비자의 기호도가 높거나 내병성 품종의 등장으로 더욱 짧아지고 있는 추세이다. 따라서 우리 나라에서도 이와 같은 경향으로 움직이고 있으므로 본 연구에서는 M9 사과원의 평균 유지기간을 15년으로 잡았다.

이후 제시되는 모델설정에 따른 적정 자재의 선정과 규격결정에 대한 근거는 3장과 4장에 각각 기술되어 있다.

2. 개별지주

각 나무마다 지주를 세워 주는 방식으로 경사지나 굴곡지, 사과밭의 규모가 적을 경우에 설치할 수 있는 방식이다. 나무마다의 독립된 지주를 세워 주므로 지지가 확실하며 열간을 가로질러 작업을 할 수 있고 바람에 쓰러지는 경우 개별적으로 피해를 받는 장점이 있으나 비용이 많이 들고 울타리 지주에 비해 유인작업이 불편하다는 단점이 있다. 나무의 북쪽 10cm 거리를 두고 2.5m 높이의 지주를 세워준다. 목표수형이 수고 2.5~3.0m에 결실 높이는 최고 2.5m까지 제한하는 세장방추형이기 때문에 지주의 높이는 2.5m로 결정하였다.

아연도금 파이프 $\varnothing 42\text{mm}$, $t2\text{mm}$ 가 알맞으나 바람이 강하게 불지 않는 지역에서는 $\varnothing 32\text{mm}$, $t1.5\text{mm}$ 도 가능하리라 본다. 목재의 경우, $\varnothing 60\sim 70\text{mm}$ 의 방부처리된 원주목을 사용하도록 한다.

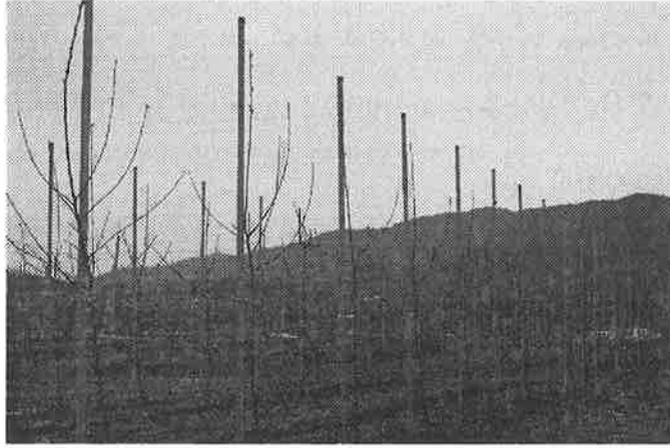


사진 2-1. 강제 파이프 개별지주

3. 울타리식 지주

튼튼한 지주를 6m간격으로 세우고 일정 높이에 철선을 치고 철선에 직접 사과나무를 잡아매는 철선 울타리식과, 1~2선의 철선을 치고 한시적인 개별 지지대를 세워 여기에 나무를 고정시키는 지지대-철선 조합식으로 나눈다. 우리 나라는 여름철 태풍이 있기 때문에 지주간격을 외국의 경우보다는 좁게 하여야 하고 후지의 주간 재식거리가 1.5m이므로 4주마다 사이지주를 세우는 것이 지지력이나 경제성에서 유리하다고 판단된다. 개별지주에 비해 설치비용이 싸고 유인작업이 용이한 장점이 있으나 풍해시 열전체가 넘어질 수 있고 열간을 넘어다니기 어려운 단점이 있으며 지형이 복잡하거나 소규모 필지에는 적합하지 않은 지주체계이다.

가장자리지주는 많은 힘을 받으므로 충분히 튼튼하여야 한다. 목재지주의 경우 $\varnothing 100\text{mm}$, 강제파이프의 경우 $\varnothing 60\text{mm}$, t3.2mm 이상을 사용하도록 하며 콘크리트 지주의 경우 $90 \times 90\text{mm}$ 의 지주를 사용하도록 한다. 가장자리 지주는 바깥쪽으로 약 70도로 기울게 세운 다음, 지주 바깥 1.5m 위치에 버팀돌(anchor)을 1m 깊이로 묻고 $\varnothing 6\text{mm}$ 와이어로 당겨 잡아매어 지지력을 높히는 방법과 지주를 직각으로 세운 다음 안쪽에 같은 길이의 지주를 버팀대로 받쳐 주어 지지력을 높이는 방법이 있다.

사이지주 설치 간격은 6m로 하고 가장자리 지주에 비해 받는 힘이 적으므로

로 목재의 경우 $\varnothing 80\sim 90\text{mm}$, 강재파이프의 경우 $\varnothing 48\text{mm}$, $t3\text{mm}$ 이상, 콘크리트 지주의 경우 $70\times 70\text{mm}$ 지주를 세우도록 한다. 지주의 높이는 개별지주에서와 마찬가지로 2.5m로 한다.

가. 철선 울타리식 지주

지면 80cm 높이에서부터 60-50-50cm 간격으로 3선을 쳐 총 4선을 치는 방법과 80-40-40-40-40cm 간격으로 5선을 치는 방법이 있다. 철선 간격이 좁으면 지지력이 좋을 뿐 아니라 단과지형 나무와 같이 초기 생장이 약한 경우에도 원줄기를 철선에 곧고 쉽게 고정할 수 있는 장점이 있다. 상단의 철선이 가장 힘을 많이 받으므로 앞에서와 같이 아연도 연선인 경우 $\varnothing 4\text{mm}$, 아연도 강선인 경우 2.5mm로 하고 나머지 3선은 $\varnothing 3.2\text{mm}$ 아연도 연선 또는 2mm 아연도 강선을 쓰면 된다.

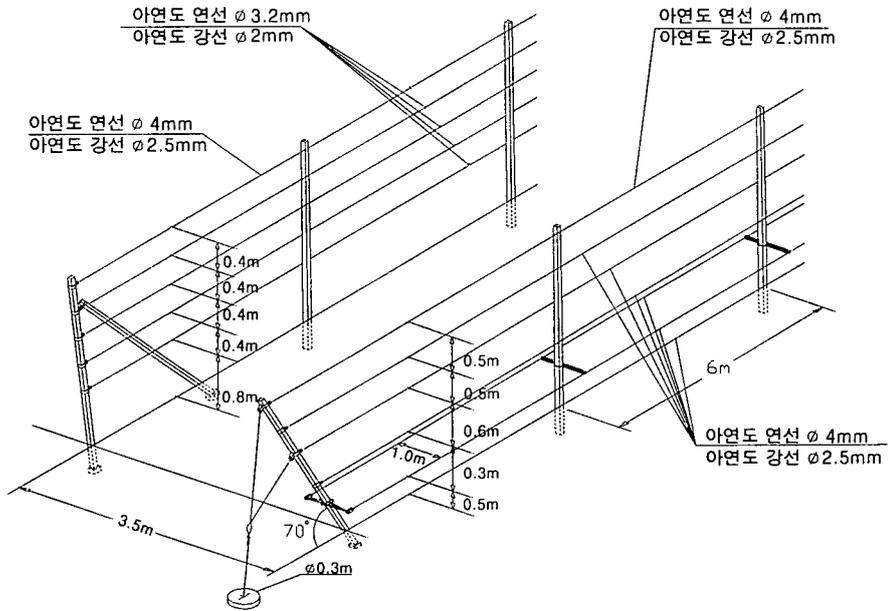


그림 2-1. 철선 울타리식 지주의 2가지 설치 모델. 가장자리 지주는 70° 로 기울게 세우고 버팀돌(anchor)에 와이어로 당겨 매는 방법과 직각으로 세우고 안쪽에 같은 길이의 버팀대로 받쳐주는 방법이 있다. 철선은 나무의 자람세에 따라 4선 또는 5선을 치면 된다. 유인작업을 손쉽게 하고 결실시 하단지가 쳐지는 것을 막기 위해 지면 0.5~0.6m 높이에 폭 0.8~1.0m의 가로대를 지주에 달고 양끝에 받침철선을 칠 수도 있다(앞쪽 그림).



사진 2-2. 철선 울타리지주

나. 지지대와 철선 조합식

두 가지 방법이 있다. 첫째가 1선 식으로 지면 약 2.4m 높이에 $\varnothing 4\text{mm}$ 아연도 연선 또는 $\varnothing 2.5\text{mm}$ 아연도 강선을 친 다음, 여기에 길이 2.7m의 대나무나 다른 재료의 지지대를 나무마다 20cm 깊이로 박아 세우고 상단 철선에 고정쇠를 이용해서 고정시켜주는 방법이다. 두 번째 방법은 1선식에다 지면 80cm 높에서 또 다른 철선을 추가로 치고 상하단의 철선에 개별지지대를 고정시켜주는 방법이다. 하단 철선의 경우 $\varnothing 3.2\text{mm}$ 아연도 연선이나 $\varnothing 2.0\text{mm}$ 아연도 강선을 치도록 한다. 개별 지지대를 하단의 철선에 한번 더 고정시키므로 1선 조합식에 비해 대나무의 수명이 더 오래가고 지지력도 다소 높은 장점이 있다. 개별지지대는 $\varnothing 25\text{mm}$ 이상의 대나무, $\varnothing 25\text{mm}$ 아연도금 파이프 등을 이용하면 된다.

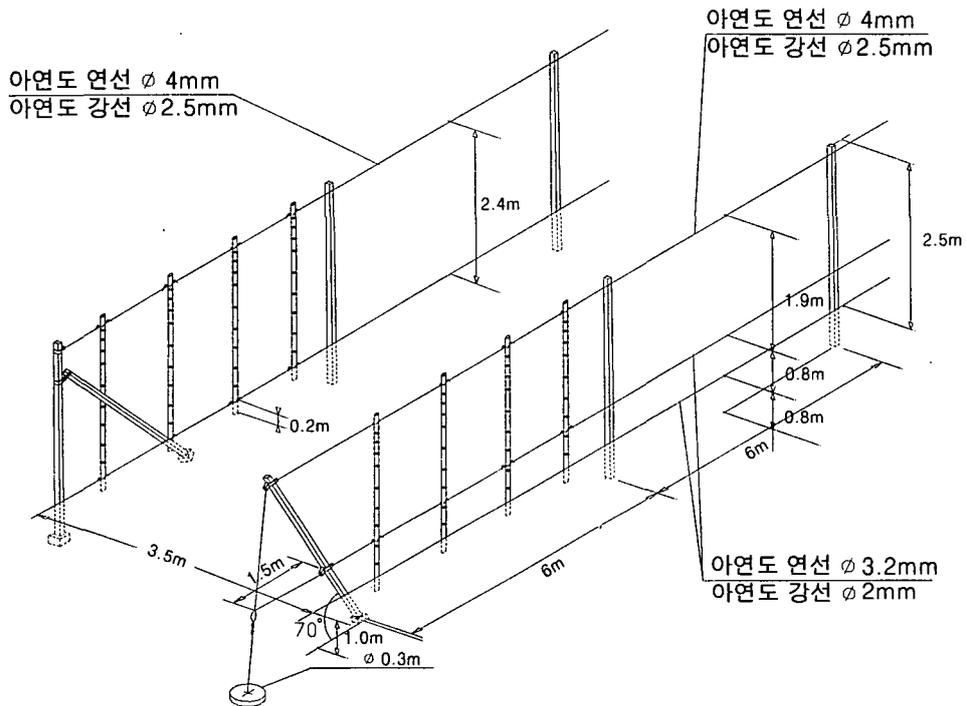


그림 2-2. 지지대와 철선 조합 울타리식 지주의 2가지 설치 모델. 2.4m 높이에 1단의 철선만 치는 방법과 0.8m와 2.4m 높이에 2단의 철선을 치고 각 사과나무마다 2.7m의 대나무를 20cm 깊이로 세우고 철선에 고정시키고 여기에 사과나무를 잡아매는 2가지 방법이 있다. 가장 자리지주를 세우는 방법과 하단에 받침철선을 치는 방법은 그림 2-1에서와 같다.

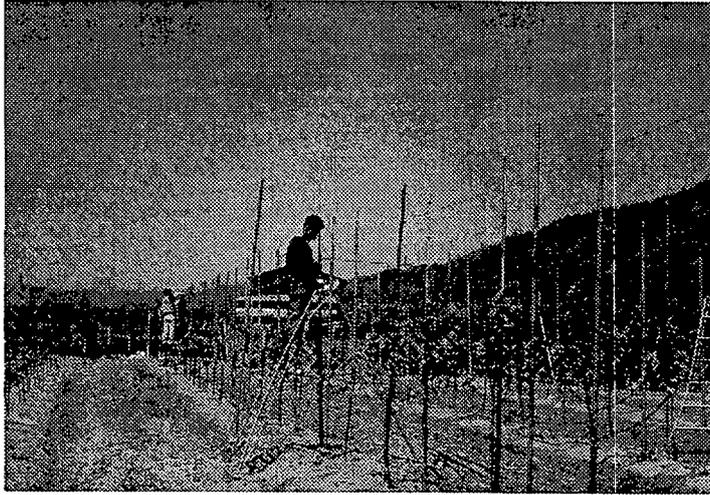


사진 2-3. 지지대-철선 조합 울타리 지주

제 5 절 지주설치 방법

1. 개별지주

사과나무와는 약 10cm의 거리를 두고 나무 북쪽편에 지주를 박도록 한다. 목재의 경우 $\text{Ø}60\sim70\text{mm}$, 길이 3.2m의 지주를 70cm 깊이로 타격하여 박도록 하고 자갈과 돌이 많아 타격 매몰이 어려운 토양인 경우 나무를 심기 전에 소형 포크레인으로 파고 지주를 미리 세우도록 한다.

$\text{Ø}42\text{mm}$ 나 $\text{Ø}32\text{mm}$ 강재 파이프의 경우 토양에서의 고정력이 약하므로 $\text{Ø}100\text{mm}$ THP파이프를 60cm로 잘라 시멘트를 비벼 넣고 파이프를 꽂아 굳혀서 묻도록 한다. 물론 소형 포크레인으로 파고 미리 지주를 세운 다음 나무를 심어야 한다.

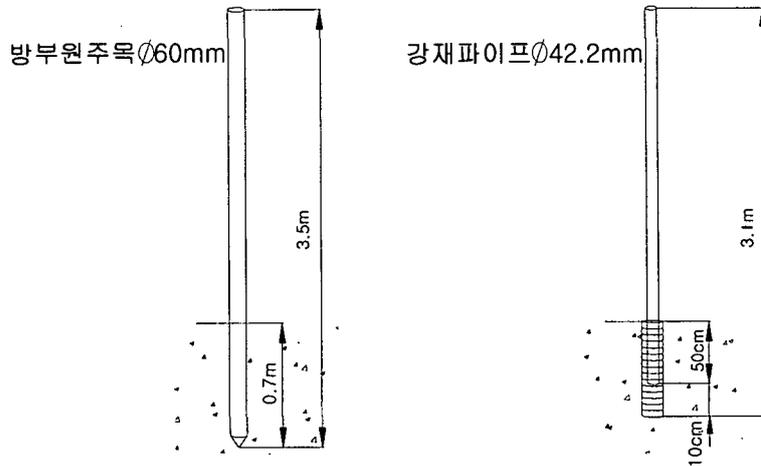


그림 2-3. 개별지주의 설치 모델. 각 나무의 북쪽 10cm 거리에 지주를 세운다. 강재파이프의 경우 Ø100mm의 THP파이프와 콘크리트로 보강을 하고 세워 주어야 안전하다.

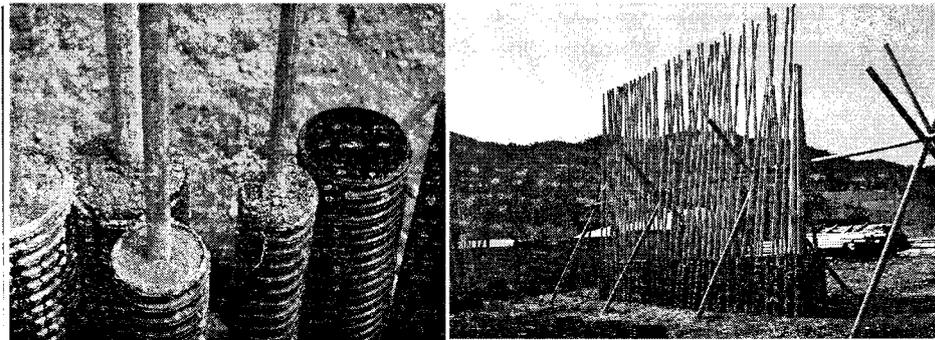


사진 2-4. 강재 파이프 지주 설치시 지지력 향상을 위한 THP파이프와 콘크리트를 이용한 매몰부 보강방법

2. 울타리식 지주

가. 가장자리지주의 설치

가장자리 지주는 가장 힘을 많이 받으므로 충분히 튼튼하게 고정하여야 한다. 가장자리 지주는 바깥으로 기울어지게 세우고 버팀돌에 당겨 묶는 방식과 바로 세우고 안쪽에 버팀대를 세워 안쪽으로 당기지 않도록 받쳐주는 두가지 방식이 있다.

사립식으로 세울 경우 바깥쪽으로 약 70도로 기울어지게 1m 깊이로 묻은 다음, 지주 바깥 1.5m 위치에 버팀돌을 1m 깊이로 묻고 Ø6mm 와이어로 당겨 잡아 묶는다. 이 때 턴버클이나 철선조임쇠를 끼워 넣어 추후 철선이 늘어났을 경우 당겨 감을 수 있게 한다. 와이어의 끝은 와이어 클립을 이용하여 묶는다.



사진 2-5. 가장자리지주를 기울어지게 세우고 버팀돌에 당겨 묶은 모습.

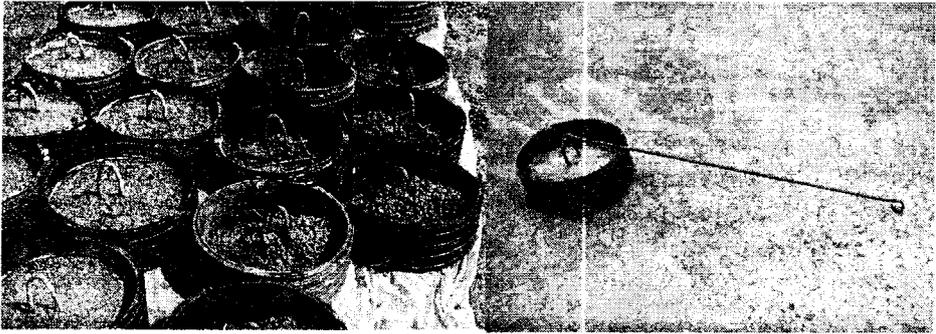


사진 2-6. THP파이프를 이용하여 직접 버팀돌을 제작할 수도 있다.

버팀대를 세워 가장자리지주의 지지력을 높이고자 하는 경우, 지주를 직각으로 세워 1m 깊이로 묻은 다음 안쪽에 같은 길이의 지주를 그림과 같이 지주 3/4 높이에 비스듬히 세워 받치고 하단에는 20~30 × 20~30cm의 받침판을 대어 버팀대가 밀리지 않도록 한다.

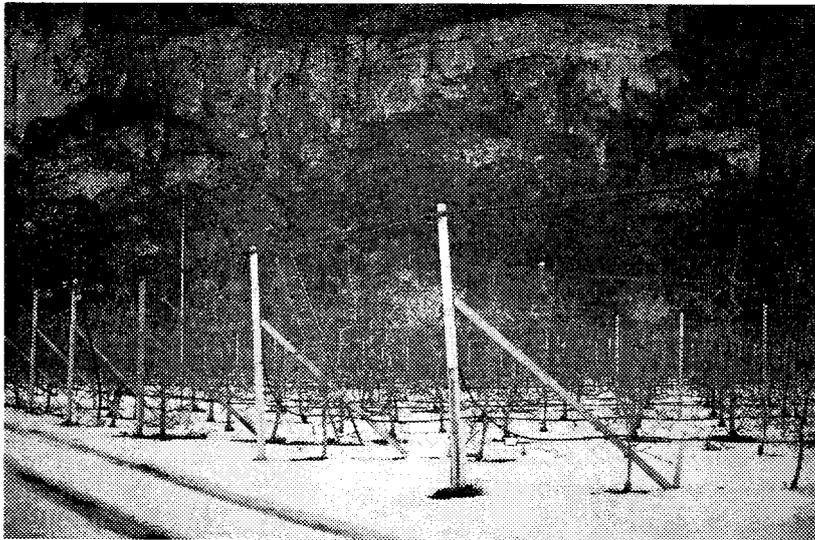


사진 2-7. 가장자리지주를 바로 세우고 버팀대를 댄 모습

강재파이프의 경우 개별지주에서와 같은 방법으로 Ø150mm THP 플라스틱 파이프를 0.8m 길이로 잘라 시멘트를 채워 넣고 지주를 박아 굳힌 다음(사진

2-4) 지주를 세워야 하고, 콘크리트 지주의 경우 힘을 받아 지주가 내려가지 않도록 받침판이나 벽돌을 두고 그 위에 세우도록 한다. 나무지주의 경우 흙과의 접착력이 좋아 별다른 조치를 취하지 않아도 되나 모래땅일 경우 가볍게 콘크리트를 치는 것이 좋다.



사진 2-8. 가장자리지주나 버팀대의 경우 아래로 내려앉거나 밀리지 않도록 받침판을 대도록 한다.

나. 사이지주의 설치

사이지주 설치 간격은 6m를 넘지 않도록 한다. 가장자리 지주에 비해 받는 힘이 적으므로 콘크리트지주나 나무지주의 경우 깊이 70cm 정도로 포크레인을 이용해 박아 넣으면 된다. 강재 파이프인 경우 개별지주 설치시에서와 같이 Ø100mm THP파이프를 60cm로 잘라 시멘트를 비벼 넣고 파이프를 꽂아 굳혀서 묻도록 한다.

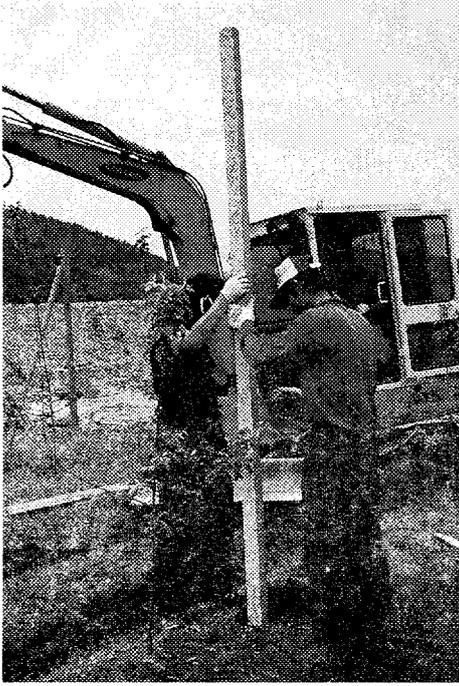


사진 2-9 사이지주의 설치모습

다. 철선의 설치

철선이 꼬이지 않도록 회전 원판위에 철선 다발을 얹어 돌려가면서 철선을 풀어 나간다. 가장자리 지주에는 매 철선마다 지주고정형 조임쇠(tensioner, stretcher)를 달고 철선을 치도록 한다. 강제 파이프 지주의 경우 철선을 치는 높이에 미리 $\text{Ø}6\sim 8\text{mm}$ 뚫고 이리로 철선을 통과시키도록 한다. 아연도금 철선의 경우 구멍에 끼우고 당길 때 철선의 아연도금이 벗겨져 쉽게 녹슬 수 있는 문제점이 있다. 이를 피하기 위해서는 상단 철선은 $\text{Ø}5\text{mm}$, 하단 철선은 $\text{Ø}4\text{mm}$ 피복 와이어를 사용하여도 좋다. 콘크리트 지주의 경우 철선을 칠 높이마다 4mm의 아연도금 철선으로 8형 고리를 만들던가 너트를 잡아 묶고 이리로 철선을 통과시키거나 강선으로 만든 지주고정고리로 철선과 지주를 고정시킬 수 있다. 목재지주의 경우 콘크리트 지주에서와 같이 고리를 만들어 묶을 수도 있고 U자형 못을 박고 그쪽으로 철선을 통과시켜도 된다.

철선 올타리식의 경우 지정된 높이에 따라 철선을 치면 되고(그림 2-1), 개별 지지대와 철선 조합식 올타리 지주의 경우 1선 또는 2선을 지정된 높이

개별 지지대와 철선 조합식 울타리 지주의 경우 1선 또는 2선을 지정된 높이에 천 다음, 각 나무마다 길이 2.7m의 대나무(또는 다른 재료의 지지대)를 20cm 깊이로 박아 세우고 철선에 고정쇠를 이용해서 고정시켜주도록 한다(그림 2-2).

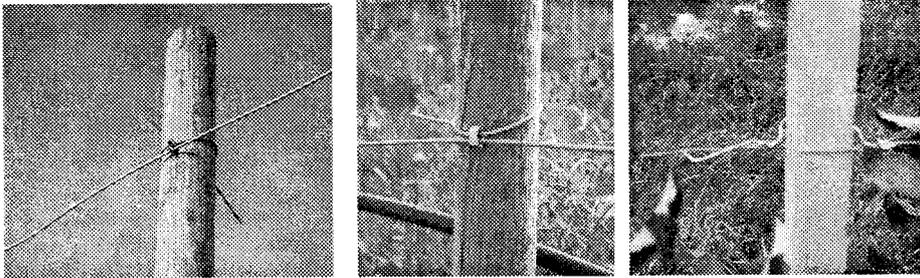


사진 2-10. 사이지주에서의 철선 설치방법

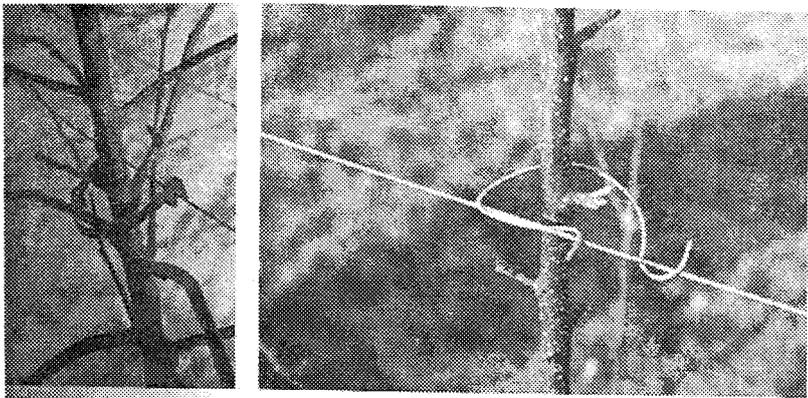


사진 2-11. 철선 울타리식 지주에서의 사과나무 고정방법

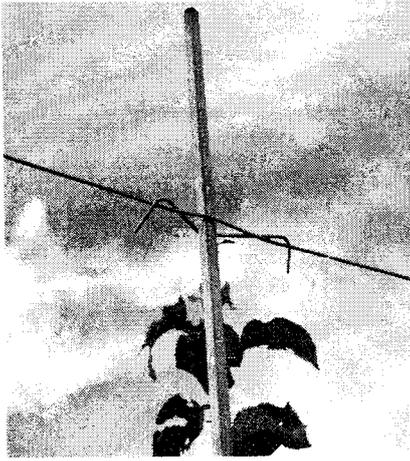


사진 2-12. 개별지지대를 철선에 고정시킨 모습

성과기 태풍에 대비해 매 두 번째 사이지주(12m 간격)에 $\varnothing 4\text{mm}$ 와이어를 횡으로 치고 버팀들에 묶어주면 더욱 안전하다.

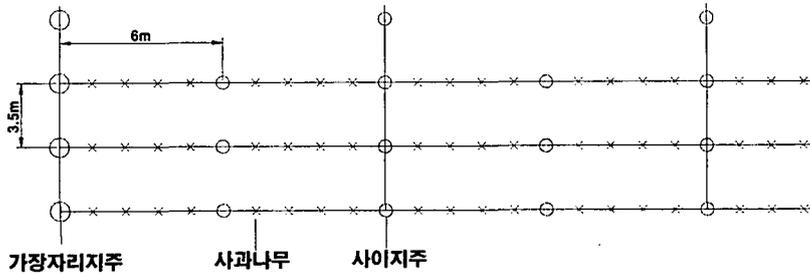


그림 2-4. 태풍의 피해를 막기 위해서는 가장자리지주와 매 두 번째 사이지주를(12m 간격) 와이어로 횡으로 당겨 버팀들에 묶는 보강장치를 해주는 것이 안전하다.

라. 조임쇠(stretcher)의 설치

열의 길이가 100m 이내라면 가장자리지주에 고정식으로 설치한 조임쇠 하나이면 충분하나 그 이상이라면 다른 쪽 가장자리지주에 조임쇠를 하나 더 달아야 한다. 철선을 친 다음 조임쇠를 감아 철선이 충분한 장력을 받도록 하고, 결실기의 여름철에는 철선이 늘어나는 정도에 따라 수시로 감아 일정한 수준의 장력을 유지하도록 하여야 넘어지지 않는다. 철선의 늘어남이 심하여 가장자리지주에 고정된 조임쇠만으로 충분한 당김이 어려울 경우 철선 중간에 끼워 감는 조임쇠를 이용하여 철선을 감아 주도록 한다.

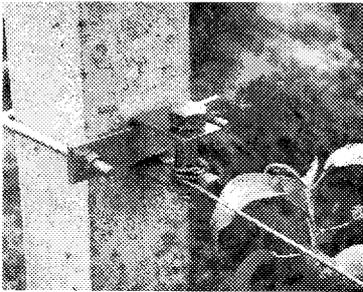


사진 2-13. 매 철선마다 조임쇠를 달아주어야 한다.

마. 받침 철선의 설치

유인작업과 수관 하부의 제초작업을 손쉽게 하고, 결실시 하단 가지가 쳐지는 것을 막기 위하여 각 지주마다 L형 또는 O형 가로막대를 U볼트 또는 클램프로 고정시킨 다음 양끝에 받침철선을 치면 좋다. 받침철선의 높이는 하단지의 높이에 따라 다르나 하단지 보다 다소 낮게 하는 것이 좋다. 즉, 하단지 높이가 60cm라면 50cm에, 70cm라면 60cm정도가 알맞다. 가로철선의 폭은 재식거리와 수폭에 따라 수폭이 1.5m라면 1m, 수폭이 1m라면 0.8m가 알맞다. 철선은 $\varnothing 3.2\text{mm}$ 아연도 연선이나 $\varnothing 2\text{mm}$ 아연도 강선이면 충분하다.



사진 2-14. 받침철선을 친 모습

3. 방조망의 설치

앞에서 제시한 지주 설치방식으로 지주를 세우되 매 2열째의(3.5m의 경우 7m) 가장자리지주와 매 2번째 사이지주(12m 간격)는 방조망 설치용으로 지면 3m 높이의 지주를 세운다. 방조용 지주의 상단에는 와이어를 가로, 세로로 칠 수 있도록 +형 홈을 갖는 플라스틱 캡을 조정시킨다. 가로 세로로 $\varnothing 4\text{mm}$ 피복 와이어를 치고 방조망을 씌워 고정시킨다. 가장자리열의 각 방조망 지주에는 열과 직각을 이루면서 바깥으로 1.5m 기울어지게 보조지주를 추가로 세우고 방조망을 씌우도록 한다.

이미 개별지주나 울타리식 지주가 설치된 과원에서 추가로 방조망을 설치할 경우 $\varnothing 48\text{mm}$, t 3mm, 길이 4m의 건축용 강재파이프를 열간 7m, 주간 12m 간격으로 기존 지주에 맞붙여 1m 깊이로 박아 넣고 0.5m와 2.0m 높이에 잡아매어 고정시키고 그물을 치면 된다.

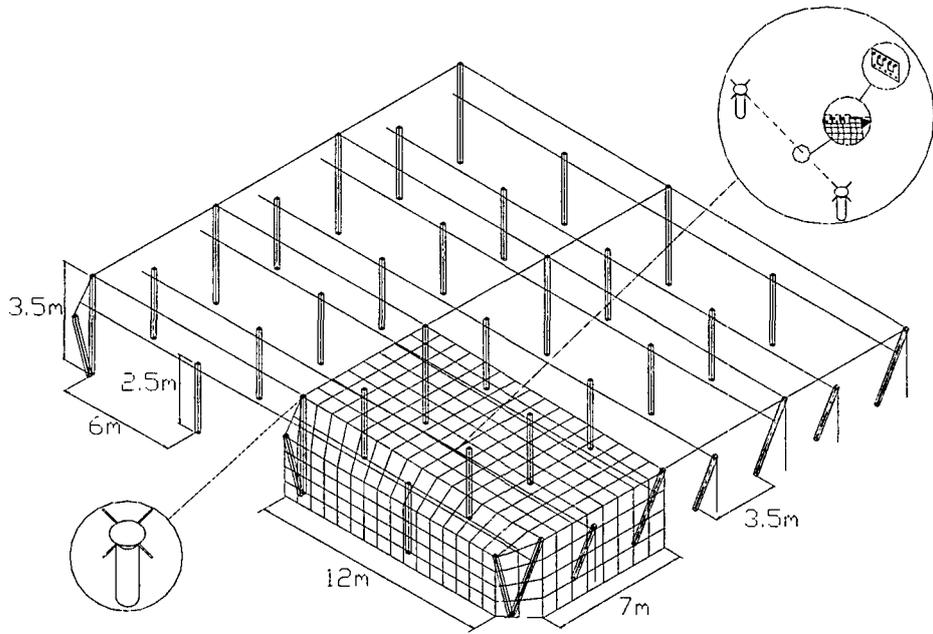
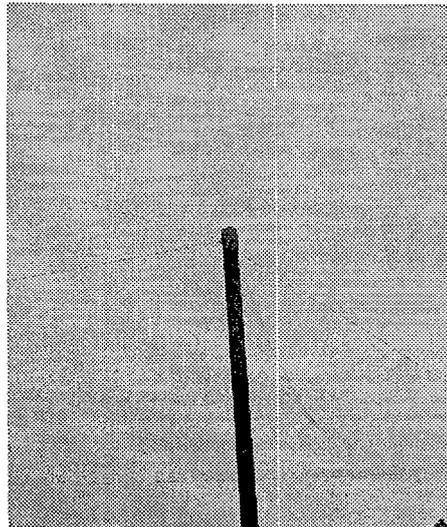


그림 2-5. 방조망 설치 도면

사진 2-15. 플라스틱 캡을 씌우고 방조망을 친 모습



4. 우박피해 방지망 설치

목재 지주의 경우 가장자리지주는 적어도 $\varnothing 90\sim 110\text{mm}$, 사이지주는 $\varnothing 80\sim 100\text{mm}$, 강재 파이프의 경우 가장자리지주는 적어도 $\varnothing 60\text{mm}$, t 3.2mm, 사이지주는 $\varnothing 48\text{mm}$, t 3mm는 되어야 한다. 콘크리트 지주의 경우 가장자리지주 $90\times 90\text{mm}$, 사이지주 $70\times 70\text{mm}$ 의 지주를 사용한다. 지주의 길이는 4.0~4.5m가 되어야 한다. 지주의 설치 방법은 기본적으로 지주 설치시에서와 같이 하되 매물 깊이는 1m가 되게 한다. 각 지주마다 2m 거리에 버팀돌(anchor)을 박고 6mm 와이어로 당겨 묶는다. 각 지주의 상단에는 +형 홈을 갖는 캡을 씌운 다음, 재식열을 따라서는 $\varnothing 5\text{mm}$ 피복 와이어를, 가로로는 4mm 피복와이어를 치도록 한다. 각 열 사이의 중간에는 낙수용 중간 철선을 친다. 가장자리 지주의 가로 철선에 길이 3.2m, $\varnothing 25\text{mm}$ 의 그물 고정봉을 연결고리를 이용해 고정을 시킨다.

우박피해 방지용 그물은 우박이 빠지지 않을 정도의 눈금인 $3\sim 4\times 7\sim 10\text{mm}$, 내구력은 4-5년 정도 되어야 한다. 그물의 폭은 열간거리와 같은 3.5m~3.6m가 알맞다.

그물은 와이어선 위에 펼쳐 치고 가장자리에 설치된 그물 고정봉에 감아 묶은 다음, 재식열의 용마루에 해당하는 와이어에 2m 간격으로 고정용 플라스틱 끼움판을 끼워 그물을 고정시킨다. 양쪽 끝에 2m 간격으로 고리가 달린 플라스틱 끼움판을 끼워 낙수용 중간 철선에 걸어주면 된다.

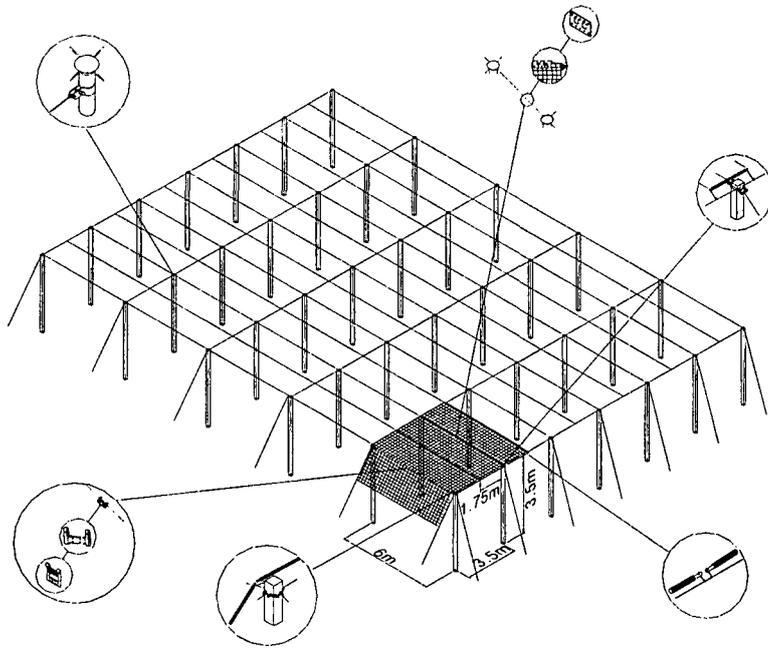


그림 2-6. 우박피해 방지망 설치 도면



사진 2-15. 우박피해방지 망을 씌운 모습

제 6 절 지주재료 및 설치방식에 따른 비용비교

1. 개별지주

개별지주의 경우 현재 손쉽게 이용할 수 있는 자재는 건축용으로 쓰이는 아연도 강재 파이프와 임업협동조합 여주임산물가공공장에서 생산되는 방부처리 원주목이다.

Ø42mm 강재 파이프에서는 지지력 보강을 위한 조치가 불가피 한데 파이프 외에 THP파이프와 콘크리트 비용을 포함해서 3.5×1.5m로 100평에 64주를 심을 경우 약 370천원의 자재비가 든다. THP파이프와 시멘트를 이용한 보강작업에 하루정도의 추가 노력이 필요하다.

Ø60mm 방부처리 원주목의 경우 사질토가 아니면 별도의 보강을 하지 않아도 되는 장점이 있는데 현재로는 약 320천원 자재비만 소요되어 강재파이프에 비해 유리하다. 다만 원주목에 큰 웅이가 있을 경우 부러지기 쉬우므로 원주목 선정에 유의를 할 필요가 있다. 숲가꾸기 사업의 일환으로 간벌되는 원주목을 대량으로 수집하여 가공한다면 가격이 더 내려갈 여지는 있다고 판단된다.

울타리식 지주설치가 어려운 굴곡지, 소규모 사과원에서 10당 190주를 심고 개별지주를 세울 경우, Ø42mm 강재 파이프를 이용하면 10당 1,064천원, 태풍 피해의 우려가 적은 지역에서 다소 약한 Ø32mm 강재 파이프를 지주로 이용하면 675천원, Ø60mm 방부처리 원주목을 이용하면 950천원의 자재비가 필요한 것으로 나타났다.

표 2-5. 96m 재식시 지주자재에 따른 개별지주의 소요비용(3.5×1.5m로 64주 재식, 100평)

자재	규격	단가	소요량	금액	비고
아연도 강재파이프	강재 Ø42mm, t3mm, L3m	4,750원	64개	304,000원	지지력을 높이기 위하여 THP파이프와 시멘트로 보강
	THP Ø100mm, L60cm	700	64개	44,800	
	콘크리트 4.7L	150	300L	9,600	
	계			358,400	
방부 원주목	강재 Ø32mm, t1.5mm, L3.3m	2,700원	64개	172,800원	
	THP Ø100mm, L60cm	700	64개	44,800	
	콘크리트 4.7L	150	300L	9,600	
	계			227,200	
방부 원주목	Ø60mm, L3.2~3.5m	5,000	64개	320,000	

註) 단가는 본 연구 수행중의 실 구매 가격을 적용하였음

2. 울타리식 지주체계

울타리식 지주의 경우 국내에서 구입하여 설치할 수 있는 자재는 강재 파이프, 임협 여주임산물가공공장에서 생산하는 방부처리 원주목, 최근 경북 영주시의 한국과원지주시스템에서 생산하는 콘크리트 지주등이 있다.

울타리식 지주를 철선식으로 하느냐 지지대+철선 조합 울타리식으로 하느냐에 따라 다소 재료비의 차이가 있다. 가장자리지주를 Ø60mm, t3.2mm, 사이지주를 L3m, Ø48mm, t3mm, L3m로 하고, Ø150mm, 길이 0.8m의 THP파이프와 콘크리트로 매몰부 보강을 하는 강재 파이프의 경우, 지지대+2단 철선 조합식이 100평당 약 127천원, 4단 철선식이 약 143천원의 자재비가 든다. 이 차이는 철선을 치기 위해 8~10mm의 구멍을 뚫는데 추가 비용이 들기 때문이다. 아울러 강재지주의 콘크리트 보강작업에 하루정도의 노력이 추가로 소요된다.

콘크리트지주의 경우 138천원(지지대+2선 조합) 또는 149천원의 재료비가 소요되나 다른 지주와는 달리 운송비가 포함되지 않은 가격이다. 지주자체의 무게가 무겁기 때문에 타 자재에 비해 다루기가 힘들고 수송에 어려운 단점이 있다. 콘크리트 지주회사(한국과원지주시스템)에 따르면 수송거리 100km의 경우, 수송과 하차비에 지주비용의 5-7.5%에 해당하는 추가비용이 필요하다고 한다.

방부처리 원주목의 경우 156천원의 재료비가 들어 철선을 치기 위한 8자

고리를 별도로 만드는 노력이 포함되어 있지 않음에도 현재로는 가장 비싼 가격을 보이고 있다. 그러나 제시된 가격은 다른 용도로 공급되는 원주목을 별도로 구입한 경우이므로 수요가 많고 임협에서 대량으로 공급할 경우 가격하락의 여지는 있을 것으로 추정된다.

강재 파이프나 방부처리 원주목에 비해 콘크리트지주의 경우 내구성이 현저히 길어 2대에 걸친 사과재배에도 견딜 수 있다고 판단되므로 현재로는 가격면에서 가장 유리한 지주소재로 평가된다.

지주비용을 제외한 울타리식 지주의 형태별 소요자재 비용은 표 2-7에서와 같다. 4선 울타리식의 경우 약 118천원, 대나무 지지대+2단 철선 조합식의 경우 54천원의 자재비가 소요되어 철선식에 비해 조합식의 비용부담이 현저히 낮다. 유럽의 경우 대나무의 가격이 높아 조합식보다 철선 울타리식이 비용이 적게 든다고 하나 우리 나라는 대나무의 가격이 싼 반면 철선 울타리식의 경우 각 단의 철선에 사과나무를 고정시키는 클립의 비용부담이 높아 조합식에 비해 약 2배나 재료비가 높은 것으로 나타났다. 그러므로 경영적인 측면에서 철선 울타리식에 비해 개별지지대+철선 조합형의 울타리 지주를 설치하는 것이 유리하다 할 수 있다.

울타리식 지주의 경우, 완벽하게 지주를 설치하는데 소요되는 비용이 4단 철선형에 비해 대나무 지지대 + 철선 조합형이 현저하게 적었다. 지주소재의 종류별로는 콘크리트 보강 강재파이프를 이용한 경우나 콘크리트 지주를 이용한 경우나 비슷하여 지지대 + 2단 철선 조합형의 경우 10a당 각각 약 542천원과 577천원이었고 4단 철선형의 경우 각각 약 781천원과 약 800천원 이었다. 그러나 내구성을 감안한다면 콘크리트 지주가 현저히 유리한 것으로 판단된다. 단, 콘크리트지주는 무겁기 때문에 수송비와 하차비를 별도로 부담하여야 한다. 주문량과 수송거리에 따라 차이가 있기는 하나 수송거리 100km을 기준으로 하면 지주가격의 5-7,5%의 추가 비용이 든다고 한다. 반면에 방부 처리 원주목의 경우, 지지대 + 2단 철선 조합형이 10a당 630천원, 4단 철선형 울타리 지주가 821천원으로 가장 높은 것으로 나타났다. 본 결과는 자재종류간 설치방식간의 자재비를 상대적으로 비교할 목적으로 연구수행중의 실경비를 기준으로 산출하였으므로 구매량이나 구입처에 따라 다소 다를 수가 있다.

표 2-6. 96m 재식시 4선 철선 울타리 지주의 자재별 소요비용(3.5×1.5m로 64

주 재식, 100평)

자재	구분	규격	단가	소요량	금액	비고
강재 파이프 지주	가장자리지주	강재Ø60mm, t3.2mm, L3m	11,000원	2	22,000원	
		THPØ150mm, L0.8m 콘크리트 14L	1,000 440	2 28L	2,000 880	
	사이지주	지주 구멍내기	500	4 8	2,000 4,000	2선 식 4선 식
		Ø48mm, t3mm, L3m THPØ100mm, 0.8m 콘크리트 6.3L	5,250 700 180	14 14 88L	73,500 9,800 2,520	
		지주 구멍내기	500	28 56	14,000 28,000	2선 식 4선 식
	계				126,700 142,700	2선 식 4선 식
	콘크리트 지주	가장자리지주	90×90mm, 3.5m	10,890	2	21,780
지주받침대		80×260×260mm	2,178	2	4,356	
사이지주		70×70mm, 3.2m	7,260	14	101,640	
철선연결고리		90×90×70mm	1,815	2 4	3,630 7,260	2선 식 4선 식
사이지주 고정 고리		Ø3mm	250	28 56	7,000 14,000	2선 식 4선 식
계					138,406 149,036	2선 식 4선 식
방부 원주목	가장자리지주	Ø100mm, 3.5m	15,000	2	30,000	임협 여주공장
	사이지주	Ø80mm, 3.3m	9,000	14	126,000	
	계				156,000	

註) 단가는 본 연구 수행중의 실 구매 가격을 적용하였고 콘크리트 지주의 경우 수송비를 제외한 가격임.

표 2-7. 96m 재식시 4선 철선 울타리 지주와 지지대 + 철선 조합식 울타리 지주 설치시 지주를 제외한 소요 자재의 비용(3.5×1.5m로 64주 재식, 100평)

방식	구분	규격	단가	소요량	금액	비고
4선 울타리식	버팀돌 및 연결쇠	Ø300~500mm t10, 1.5m	3,000원 1,573	2개 2	6,000원 3,146	추정가
	와이어 및 클립	Ø5mm 5mm-용	600 400	4m 8개	2,400 3,200	
	턴버클	Ø9mm	1,500	2	3,000	
	철선	Ø4mm, Ø3.2mm	88 55	100m 300m	8,800 16,500	
	나무고정 클립	Ø3mm	250	264	66,000	
	조임쇠		2,200	4	8,800	
	계				117,846	
지지대 + 철선 조합 울타리식	버팀돌 및 연결쇠	Ø300-500mm t10, 1.5m	3,000 1,573	2 2	6,000 3,146	추정가
	와이어 및 클립	Ø5mm 5mm-용	600 400	4m 8개	2,400 3,200	
	턴버클	Ø9mm	1,500	2	3,000	
	철선	Ø4mm Ø3.2mm	88 55	100m 100m	8,800 5,500	
	조임쇠		2,200	1	2,200	
	대나무 및 고정고리	Ø25-4mm, 2.7 m Ø3mm	200 50	66 132	13,200 6,600	
	계				54,046	

註) 단가는 본 연구 수행중의 실 구매 가격을 적용하였고 콘크리트 지주의 경우 수송비를 제외한 가격임

참 고 문 헌

- 1) Barritt B. H. 1992. Intensive Orchard Management. p211. Good Fruit Grower, Yakima, WA
- 2) Kellerhals M., W. Müller, L. Bertschinger, C. Darbellay, W. Pfammatter. 1997. Obstbau. p370. Verlag Landwirtschaftliche Lehrmittelzentrale, Wädenswil, Switzland.
- 3) Keppel, H., K. Pieber, J. Weiss and A. Hiebler. 1991. Obstbau. p596. Leopold Socker Verlag, Wien
- 4) Meyer. 1997. Erfahrungen bei der Erstellung von Drahtgerüsten. Mitteilungen des Obstbauversuchsrings des Alten Landes 51(1): 21-23
- 5) Oberhofer H. (윤태명 역). 1997. 사과나무 세장방추형의 전정방법. p95. 안동대학교 농업과학기술연구소
- 6) Österreicher, J., P. Tappeiner, B. Torggler, J. Tscholl and H. Weis. (윤태명 역). 1996. 왜성사과초밀식 재배에 있어서의 유목원 관리 - 개원설계, 재식, 초기관리 -. p75. 안동대학교 농업과학기술연구소
- 7) Südtiroler Beratungsring für Obst und Weinbau. 1991. Handbuch zur Pflege von Obst- und Rebanlagen. p154.
- 8) Torggler, B. 1994. Beim Stützgerüst darf nicht gespart werden. Obstbau Weinbau 31(2): 39-30
- 9) Torggler, B. 1994. Welche Art von Stützgerüst wählen? Obstbau Weinbau 31(3): 67-69
- 10) Torggler, B. 1996. Beim Stützgerüst darf nicht gespart werden. Obstbau Weinbau 33(2): 43-44
- 11) Torggler, B. 1997. Hagelnetze sollten stabil und sicher sein. Obstbau Weinbau 34(1): 14-16
- 12) Winter F., H. Janssen, W. Kennel, H. Link, F. Scherr, R. Silbereisen, J. Strief. 1992. Lucas' Anleitung zum Obstbau. p415. Verlag Eugen Ulmer, Germany

- 13) 세계화에 대비하는 아오모리현의 사과생산현안과 과제. p. 316. 1995. 경상북도.
- 14) 農業技術大系 果樹編 1 りんご. p. 401-402. 1992. 農山漁村文化協會
- 15) 김규래, 김용구, 변재균, 김정배, 윤태명. 1996. 한국의 밀식재배 현황과 발전방향. 신 경북형 사과생산체계 확립을 위한 대토론회 p.49-53. 경상북도.

제 3 장 지주 시제품 설계 및 강도 특성 평가

제 1 절 서 설

저수고 고밀식 재배는 기존의 재배방식에 비하여 경제성과 효율성이 우수하다고 평가되고 있다⁽¹⁾. 그러나 저수고 고밀식 재배방식에서는 과수의 높이가 낮은 것과 비례하여 뿌리의 깊이도 얇게 되는 것이 문제이다. 이것은 태풍도래시 강풍 등에 의해 과수가 전복될 가능성이 매우 크다는 것을 의미하며, 국내에서 이러한 재배방식의 성공을 위해서는 먼저 수형의 구성과 지지를 위한 지주설치 문제가 반드시 해결되어야 한다.⁽²⁾

국내에서는 아직까지 보급초기 단계인 관계로 지주체계 목적으로 설계, 제작된 자재가 없고, 농가의 필요에 따라 주문 제작하여 사용하는 실정이어서 지주설치에 따른 경제적 측면뿐만 아니라 강풍도래시 지지 안전성 확보 측면에서도 체계적인 연구가 필요하다. 그러므로 저수고 고밀식 과수 재배기술의 확산을 위해서는 빠른 시일 내에 국내 재배환경에 적합한 지주체계의 모델과 설치 지침이 확립되어 견고하면서도 경량인 지주의 경제적인 생산 공급이 이루어져야 한다. 이를 위해서는 역학적 해석에 기초한 설계가 요구된다.

본 장은 지주 시제품 설계 및 강도 특성 평가분야 세부과제로, 국내에서 채택이 예상되는 울타리식 지주체계(Vertical Axe Tree Training System)에 대하여, 강선의 처짐 이론을 사용하여 설차에 필요한 초기장력, 태풍도래시와 성과기의 과수가 지주에 작용하는 하중을 계산하였다. 산정된 하중 및 장력을 바탕으로 강선, 보조강선 및 보조대를 고려하여 울타리식 지주의 적정 단면계수와 형상을 설계하고, 실제 사용에 적합한 지주체계를 개발하는데 그 목적이 있다. 아울러 대상 지주재료에 대하여 시제품 및 사판의 재료에 대하여 강도 평가 시험을 실시하여 그 선정 기준을 마련하고자 하였다.

제 2 절 지주재료

과수원 지주체계에 필요한 재료 중, 울타리식 지주체계의 경우에는 기본체계를 구성하는 것이 가장자리지주와 사이지주이고, 과수 열간을 연결하는 강선과 이에 과수를 고정하기 위한 부속재료를 들 수 있다. 이중 적절한 지주와 강선을 선택하기 위해서는 각 재료의 기계적 성질과 증량, 경제성 등을 함께 고려하여야 한다.

1. 지주

과수원용 지주재료로 현재 국내외에서 사용되고 있거나, 사용이 예상되는 재료로는, 방부처리한 목재(국내의 경우 경제성 측면에서 간벌목), 콘크리트, 강선 강화 콘크리트(프리스트레스트 콘크리트), 성형 강재 및 강재 파이프 등을 들 수 있다. 이들 지주용 재료의 여러 가지 기계적 성질들 중 가장 중요한 것은 굽힘강도이다. 지주로서의 기능을 수행하기 위해서는 굽힘에 대한 저항능력이 적정수준을 만족해야 한다. 따라서 강도가 낮은 재료의 경우 단면계수가 큰 형상이 요구되며, 이 경우 단위 길이 당 증량이 커질 뿐만 아니라, 해당 재료에 대한 지주의 단가, 운반 등 취급에 좋지 않은 영향을 미치게 되고 설치시 불편함을 초래한다.

표 3-1 지주재료의 기계적 특성

지주재료	밀도 (g/cm ³)	탄성계수 (GPa)	극한강도 (MPa)	비강도 (강도/밀도)
간벌목(강송)	0.5	6	52 (휨강도기준)	90
콘크리트	2.32	35*	25* (*압축강도기준)	11*
프리스트레스트 콘크리트	2.33	27	45 (휨강도기준)	17
강재(SS41)	7.8	210	400 (인장강도기준)	51

표 3-1로부터 각 재료의 극한강도에 대하여 안전계수(1.5-3)를 사용하여 계산하면 허용강도를 구할 수 있다. 이 표로부터 구한 비강도는 단위밀도 당 강도를 나타내며,

표 3-1로부터 각 재료의 극한강도에 대하여 안전계수(1.5-3)를 사용하여 계산하면 허용강도를 구할 수 있다. 이 표로부터 구한 비강도는 단위밀도 당 강도를 나타내며, 지주재료로는 간벌목과 강재가 다른 재료보다 훨씬 큰 비강도(specific strength)를 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 더욱이 강재의 경우는 성형 등의 가공공정을 통한 대량생산이 용이한 이점이 있다. 따라서 본 연구에서는 강재 지주를 사용할 경우를 중심으로 울타리식 지주체계에 대해서 설계하고자 한다.

2. 강선

현재 국내에서 생산되고 있는 강선(steel wire) 중, 키 작은 사과원 지주체계에서 열간 장력을 지지하기 위한 검토 대상인 강선은 크게 세 종류이다. 보통철선(low carbon steel: KS-D-3552), 경강선(Hard drawn steel wire: KS-D-3510) 그리고 스텐레스 강선(Stainless steel wires: KS-D-3703)을 들 수 있다. 여기서 보통철선과 경강선의 경우는 방식처리가 필요하고, 이 경우 아연도금한 아연도철선(Zinc coated low carbon steel wire) 혹은 아연도금 강선(Zinc-coated steel wire), 또는 강의 표면을 검게 소둔처리한 것(일명 흑선)을 생각할 수 있다.

울타리식 지주체계에서 과수의 열을 연결하기 위해 사용하는 선재의 선택에 있어서는 강도와 연신율이 중요한 특성치 이다. 본 연구에서는 선재가 견딜 수 있는 극한장력을 기준으로 하여 설계가 이루어지므로 적절한 특성을 갖는 선재의 선택은 중요하다. 표 3-2는 시판되고 있는 보통철선, 스텐레스 강선과 아연도금 강선, 플라스틱피복 강선 등에 대한 인장시험을 통해 얻어진 강선의 기계적 물성치를 나타낸다.

표 2-2 각종 시판 강선의 인장시험 결과

선재의 직경 (mm)		최대장력(kN)	인장강도(MPa)	연신율(%)
보통철선 (연강선)	2.6	2.5	473	11
	3.2	3.3	410	14.5
	4.0	5.1	408	12
스텐레스강선	2.0	3.0	950	12.5
경강선	2.5	3.9	790	11.5
	3.0	5.6	795	11.0
플라스틱피복선	3.5	5.5	570	3.5
	4.0	6.3	502	3.0

표 3-2에서 최대장력과 연신율은 다음 절에서 계산될 초기 설치시 처짐량(중앙부 2cm이내), 태풍시의 순간 최대풍속(30m/s), 성과기 하중(40kgf)에 의해 발생하는 장력의 계산에 고려된다.

제 3 절 지주시스템의 역학적 해석

1. 강선에 걸리는 최대장력 계산

가. 강선의 자중에 의한 초기장력

강선의 자중에 의한 등분포하중을 받는 강선은 그림 3-1과 같이 일반화할 수 있다.

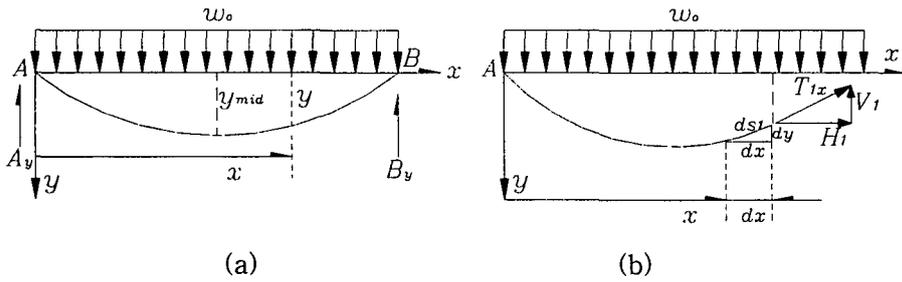


그림 3-1 자중에 의한 강선의 처짐곡선

1) 반력계산

지점 A와 B에서 반력의 수직성분은 크기가 같고 방향이 반대이며, 그림 3-1(b)에 표시된 방향을 (+) 방향이라고 가정한다. 수평반력 H_1 은 케이블의 임의의 단면에서의 장력 T_1 의 수평성분이기도 하면서 어느 단면에서도 일정한 값이다. B점에 관한 모멘트 평형식을 쓰면 식 (3-1)과 같고 A_y 와 B_y 의 크기는 같다.

$$A_y L - w_0 L \left(\frac{L}{2} \right) = 0 \quad (3-1)$$

$$A_y = B_y = \frac{1}{2} w_0 L$$

그리고 강선은 모멘트에 대한 저항능력이 없으므로 케이블의 일반정리⁽³⁾에 의해 A점에서 x 만큼 떨어진 임의의 점 m 에서의 왼쪽부분에 관하여 모멘트의 평형식을 취하면 식 (3-2)와 같다.

$$H_1 y = \frac{w_0 L}{2} x - \frac{w_0}{2} x^2 \quad (3-2)$$

이 식에서 $x=L/2$ 인 지점에서 y 는 최대값 y_{mid} 를 갖고, 이 조건과 식 (3-2)로부터 H_1 을 y_{mid} 의 함수로 표시할 수 있다.

$$H_1 = \frac{w_0 L^2}{8 y_{mid}} \quad (3-3)$$

따라서, 지주사이의 가운데 지점에 수평방향으로 작용하는 수평장력 H_1 은 y_{mid} 가 작을수록 초기 설치에는 큰 장력이 필요함을 알 수 있다. 이것은 설계시 허용 y_{mid} 를 어떻게 설정하느냐에 따라서 장력의 수평성분 H_1 이 결정된다는 것을 의미한다.

2) 강선의 처짐곡선

강선의 처짐곡선은, 식 (3-2)에 식 (3-3)을 대입하여 얻을 수 있다.

$$y = \frac{4 y_{mid}}{L^2} (L-x)x \quad (3-4)$$

3) 강선의 장력

그림 3-1 (b)에 보인바와 같이 지점 A로부터 거리 x 인 곳에 위치한 강선의 미소길이 ds_1 은 식 (3-5)로 표시된다. 그러므로 (3-6)식에 처짐곡선을 미분한 것을 대입하여 강선의 자중에 의해 발생하는 장력 T_{1x} 의 일반식 (3-7)을 얻을 수 있다.

$$ds_1 = \sqrt{(dx^2 + dy^2)} = dx \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} \quad (3-5)$$

$$\frac{dy}{dx} = \frac{4 y_{mid}}{L^2} (L - 2x)$$

$$T_{1x} = H_1 \frac{ds_1}{dx} = H_1 \sqrt{1 + \left(\frac{dy}{dx}\right)^2} \quad (3-6)$$

$$\begin{aligned} T_{1x} &= H_1 \sqrt{1 + \left(\frac{4 y_{mid}}{L} - \frac{8 y_{mid}}{L^2} x\right)^2} \\ &= \frac{w_0 L^2}{8 y_{mid}} \sqrt{1 + \left(\frac{4 y_{mid}}{L} - \frac{8 y_{mid}}{L^2} x\right)^2} \end{aligned} \quad (3-7)$$

결국 최대장력 T_{1max} 는 x 가 0 또는 L 인 지점에서 발생한다.

$$T_{1max} = \frac{w_0 L^2}{8 y_{mid}} \sqrt{1 + \frac{16 y_{mid}^2}{L^2}} \quad (at \ x=0, \ x=L) \quad (3-8)$$

이 식에서도 T_{1max} 은 y_{mid} 와 밀접한 관계가 있어 지주 사이의 거리 L 과 강선이 결정되면 T_{1max} 에 영향을 주는 요소는 y_{mid} 뿐이다.

그림 3-2는 지주간 거리가 $L = 6m$ 인 지주에서 y_{mid} 값에 따른 T_{1max} 의 변화를 강선

($\rho=7.8 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$)의 직경별로 나타낸 것이다. 강선 설치시 이 그림을 이용하여 자중에 의해 발생하는 최대장력을 설계하게 된다. 강선의 자중에 의한 처짐 y_{mid} 를 2cm 이내로 허용하는 경우, 직경이 2.5mm인 경우는 $T_{1max}=85\text{N}$, 직경이 3mm인 경우는 $T_{1max}=121\text{N}$ 정도의 크기를 갖는다. 여기서 강선의 밀도를 ρ , 강선의 직경을 $d(\text{mm})$ 라고 하면, 단위 길이당 중량은 다음과 같이 주어진다.

$$w_o = \rho g A = 6.12 \times 10^{-3} d^2 \quad (\text{kg/m})$$

$$241 \times 10^{-3} \text{N/m} (\text{직경 } 2.0\text{mm} \text{ 강선}),$$

$$377 \times 10^{-3} \text{N/m} (\text{직경 } 2.5\text{mm} \text{ 강선}),$$

$$540 \times 10^{-3} \text{N/m} (\text{직경 } 3.0\text{mm} \text{ 강선}).$$

따라서 직경 3mm 강선의 초기 설치 장력은,

$$T_{1max} = \frac{(540 \times 10^{-3}) \times 6^2}{8 \times 0.02} \sqrt{1 + \left(\frac{4 \times 0.02}{6}\right)^2} \approx 121 \text{ N} \quad (3-9)$$

직경 2mm 강선의 경우; $T_{1max} = 54.2\text{N}$

직경 2.5mm 강선의 경우; $T_{1max} = 84.8\text{N}$ 로 각각 주어진다.

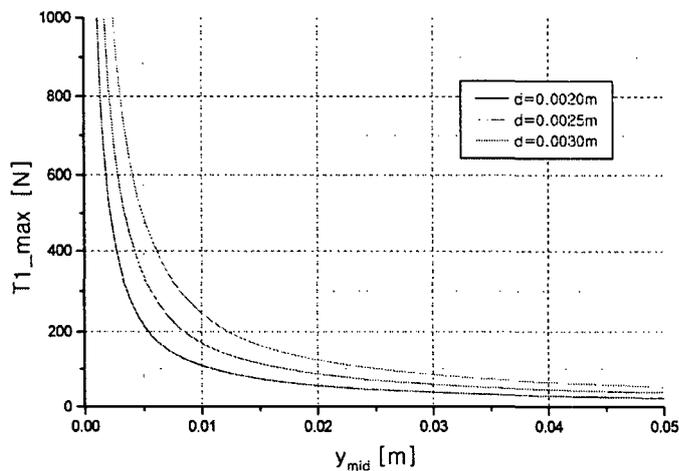


그림 2-2 중앙부 처짐량에 따른 초기 설치장력의 변화

나. 강풍에 의해 강선에 걸리는 장력

바람이 불 때 나무가 강선에 전달하는 힘 D 를 그림 3-3에 나타내었다. 일정한 간격을 갖는 5그루의 사과나무가 강선에 고정된 각 지점에 작용하는 힘이 모두 같다고 가정한다. 이때 D 에 의해 강선이 처지는 방향은 지면과 평행한 z 방향이 된다.

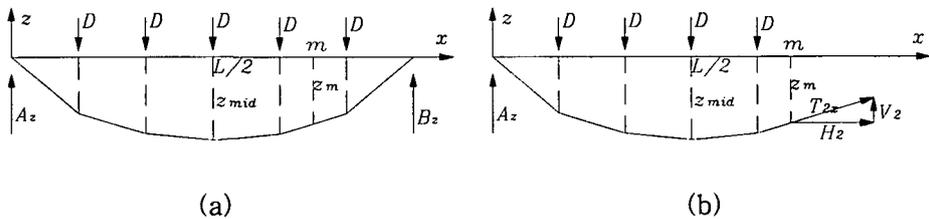


그림 3-3 바람에 의한 강선의 처짐곡선

1) 지지점의 반력

강풍에 의해 강선에 전달하는 힘 D 의 작용에 의해 양쪽 지주에 걸리는 반력 A_z 와 B_z 의 크기는 $5D/2$ 임을 알 수 있고, 케이블에 대한 일반 정리는 여기서도 사용할 수 있다. 그러나 앞 결과 같은 분포하중이 작용할 때와는 달리, 여기서는 여러 개의 집중하중이 작용하기 때문에 구간을 나누어 평형방정식을 고려하여야 한다. 케이블의 일반정리에 의해 그림 3-3 (b)와 같이 A에서 x 만큼 떨어진 임의의 점 m 에 관하여 모멘트 평형식을 취하면 식 (3-10)와 같이 된다.

$$H_2 z_m - A_z x + M_D = 0 \quad (2-10)$$

여기서 z_m 은 A점에서 z 방향으로의 처짐량이고, M_D 는 그림에서 임의점 m 보다 왼쪽에 있는 모든 D 에 의한 모멘트의 합이다. x 가 $L/2$ 일때, M_D 는 $DL/2$ 이고, 이점에서 $z_m = z_{mid}$ 이다. H_2 는 장력의 강선방향 성분으로 구간 AB에 걸쳐서는 일정한 값을 갖는다. 따라서 강선의 최대처짐이 일어나는 중앙부($x=L/2$)에서의 처짐량을 z_{mid} 라고 하면 식 (2-9)로부터 바람의 영향으로 발생하는 장력 T_2 의 수평성분 H_2 가 결정된다.

$$M_D = D \frac{L}{6} + D \frac{2L}{6} = D \frac{L}{2}$$

$$H_2 = \frac{3}{4} \frac{DL}{z_{mid}} \quad (3-11)$$

2) 강선의 처짐곡선

식 (3-9)와 (3-11)을 이용하여 z_{mid} 와 M_D 를 사용하여 z_w 를 구하고 정리하면 바람에 의한 강선의 처짐곡선 (3-12)이 얻어진다.

$$z = \frac{4 z_{mid}}{3L} \left(\frac{M_D}{D} - \frac{5}{2} x \right) \quad (3-12)$$

여기서 M_D 는 x 의 위치에 따라 다른 값을 갖는데, 고려할 구간은 좌우 대칭구조이므로 세 개가 된다. 각 구간에 대한 처짐 곡선은 다음과 같다.

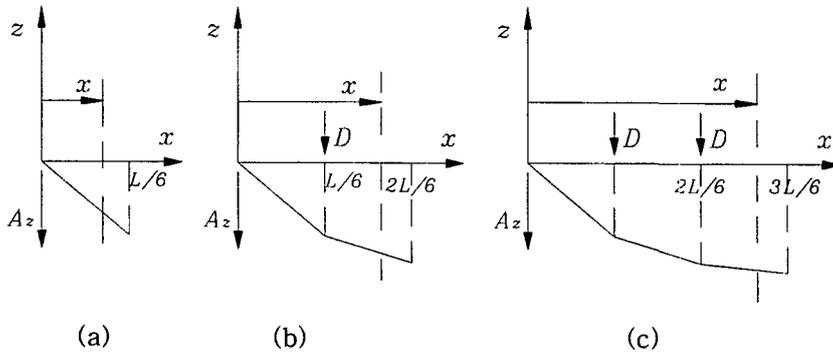


그림 2-4 구간별 자유물체도

$$0 \leq x \leq \frac{L}{6} \quad M_D = 0, \quad z = -\frac{10 z_{mid}}{3L} x \quad (3-13a)$$

$$\frac{L}{6} \leq x \leq \frac{2L}{6} \quad M_D = D \left(x - \frac{L}{6} \right)$$

$$z = -\frac{4z_{mid}}{3L} \left(\frac{3}{2}x + \frac{L}{6} \right) \quad (3-13b)$$

$$\frac{2L}{6} \leq x \leq \frac{3L}{6} \quad M_D = D \left(2x - \frac{3L}{6} \right)$$

$$z = -\frac{2z_{mid}}{3L} (x + L) \quad (3-13c)$$

3) 강선의 장력

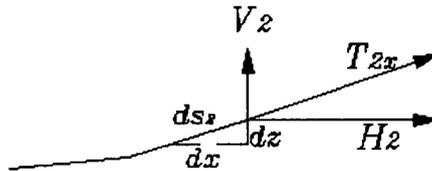


그림 3-5 강선에 작용하는 장력선도

그림 3-5와 같이 원점으로부터 거리 x 에 위치한 강선의 미소길이 ds_2 를 고려하여 보면 식 (3-5)의 관계를 알 수 있다. 자중에 의한 장력계산에서의 같은 방법으로 바람에 의해 발생하는 장력의 일반식 T_{2x} 를 구하게 되는데, 구간별로 처짐곡선식이 다르기 때문에 여기서도 세 구간으로 나누어 생각한다.

$$ds_2 = \sqrt{(dx^2 + dz^2)} = dx \sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2} \quad (3-14)$$

$$T_{2x} = H_2 \frac{ds_2}{dx} = H_2 \frac{1}{dx} \left(dx \sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2} \right) \quad (3-15)$$

$$T_{2x} = \frac{3}{4} \frac{DL}{z_{mid}} \sqrt{1 + \left(\frac{dz}{dx}\right)^2} \quad (3-16)$$

과수가 강선에 미치는 힘이 작용하는 각각의 구간에 대하여 처짐곡선식이 다르므로 장력 또한 구간으로 나누어 고려해야 한다.

$$i) \quad 0 \leq x \leq \frac{L}{6} \quad \frac{dz}{dx} = \frac{10z_{mid}}{3L}$$

$$T_{2x} = \frac{3}{4} \frac{DL}{z_{mid}} \sqrt{1 + \left(\frac{10z_{mid}}{3L}\right)^2} \quad (3-17a)$$

$$\text{ii) } \frac{L}{6} \leq x \leq \frac{2L}{6} \quad \frac{dz}{dx} = \frac{2z_{mid}}{L}$$

$$T_{2x} = \frac{3}{4} \frac{DL}{z_{mid}} \sqrt{1 + \left(\frac{2z_{mid}}{L}\right)^2} \quad (3-17b)$$

$$\text{iii) } \frac{2L}{6} \leq x \leq \frac{3L}{6} \quad \frac{dz}{dx} = \frac{2z_{mid}}{3L}$$

$$T_{2x} = \frac{3}{4} \frac{DL}{z_{mid}} \sqrt{1 + \left(-\frac{2z_{mid}}{3L}\right)^2} \quad (3-17c)$$

위의 (3-17)식을 살펴보면, T_{2x} 는 D , L , z_{mid} 의 크기에 의해서 결정되고 z_{mid} 가 적을 수록 큰 값을 갖는다. 결국 바람에 의해 발생하는 최대장력 T_{2max} 는 x 가 0부터 $L/6$ 까지 구간과, 이에 대칭인 $5L/6$ 부터 L 까지 구간에서 발생하며 그 크기는 식 (3-18)과 같이 주어진다.

$$T_{2max} = \frac{3}{4} \frac{DL}{z_{mid}} \sqrt{1 + \frac{100z_{mid}^2}{9L^2}} \quad (3-18)$$

여기서 강풍에 의하여 강선에 걸리는 힘 D 를 구하기 위하여 유체유동에 노출된 물체에 작용하는 항력⁽⁴⁾의 개념을 도입했다.

$$F_R = \eta C_D \frac{\rho}{2} U_\infty^2 S \quad (3-19)$$

식 (3-19)에서 항력계수 C_D 는 물체의 형상과 치수에 의존하는 무차원수이고 S 는 공기의 유동방향에 대한 물체의 투영 단면적, ρ 와 U_∞ 는 공기의 밀도(20°C 에서 $1.2\text{kg}/\text{m}^3$)와 유동속도이다. 여기서 공기의 밀도는 통상 태풍도래시는 평상시보다 습기를 많이 품은 다습한 공기가 불어올 것으로 예상되어 밀도에 고려되어여 하나, 현재로서는 이 들에 대한 조사자료가 불충분하고 또한 밀폐율 등 다른 인자에서 여유를 두고 있어서 건공기로 가정하여 계산하였다. 금후 이에 대한 검토 또한 체적설계를 위하여

필요하다. U_{∞} 는 안동을 중심으로 국내 사과 재배면적의 대부분을 차지하는 경북 북부 지방에서 관측한 순간최대풍속(26m/s)를 참고하여 그보다 큰 값인 30m/s로 고려하였다. 한편 본 연구에서는 항력계수 C_D 를 얻기 위하여, 실제 과수 수형인 원추형에 대한 엄밀한 값을 얻을 수 없는 관계로, 수형을 편의상 유한원주로 가정하였고, 그 경우 약 0.74의 값을 얻었다. 또한 과수목의 경우, 잎이 무성한 성과기에도 가지 사이로 공기 누설을 무시할 수 없는 바 투영단면적 계산시 완전한 벽체로 취급하면 너무 과도한 항력을 발생시키게 되어 본 연구에서는 이러한 누설 손실인 밀폐도를, $\eta=0.5$ 로 가정하였다(일본의 경우, 방풍림의 이상적인 밀폐도를 70~80%로 하는 것을 참고하였다). 따라서 울타리식 과수원에서 과수 형상에 대한 정확한 항력계수 산정을 위해서는 풍동 실험 및 실장실험을 통한 연구가 앞으로 더 필요하다. 투영 단면적은 수형을 고려하여 지면으로부터 0.5m높이에서부터 밑변 1m, 높이 2.5의 원뿔로 가정하여, $1.25m^2(1/2 \times 1 \times 2.5)$ 로 하였다. 그 결과 (3-19)식에 의해 계산된 항력은, $F_R = 250N$ 을 계산에 사용하였다. 이 값은 과수가 받는 전체 항력을 나타내며, 뿌리로 지지되어 있는 경우에는 250N이 과수목에는 분포항력으로 작용하게 된다. 따라서 2.5m 높이의 강선에 작용하는 등가하중으로 다시 계산하면, $D=134N$ 을 미치게 된다.

다. 성과시 하중 불균형에 의해 발생하는 장력

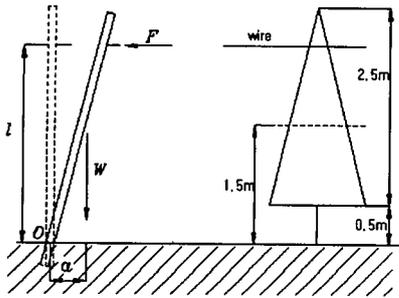


그림 3-6 성과기의 과수경사에 따른 물체도

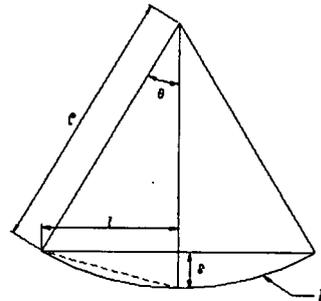


그림 3-7

과수에 열매가 열리게 되면 과일의 무게(ρ)에 의한 하중의 불균일한 분포, 바람에

의한 나무의 경사 등에 의하여 편심 하중이 생길 수 있다. 이 경우 과수를 지지해 주는 강선은 그림 3-6과 같이 추가적인 힘(F)을 받게 된다. F 를 구하기 위하여 모멘트 평형을 이용한다. 평균적으로 사과 한 그루에 열리는 사과의 총 중량(W)은 약 40kgf (400N)이고, 이것이 지면으로부터의 강선의 높이(l) 2.5m 중 약 1.5m 부근에 집중하중으로 작용한다고 가정하면, W 의 무게중심 높이에서의 편심량(a)를 계산할 수 있다. 여기서 강선이 파단되지 않고 처질 수 있는 최대값을 근사화 하기 위해 강선의 처짐곡선을 원호로 가정하고 강선의 허용 연신율을 5%로 하면, 그림 3-7과 식 (3-20)를 이용하여 δ_{mid} 의 최대값 0.828m 를 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} \rho^2 &= (\rho - \delta)^2 + l^2 \\ \sin \theta &= \frac{l}{\rho} \\ \rho \theta &= l' \end{aligned} \quad (3-20)$$

따라서 강선이 지주 사이의 가운데위치($x=L/2$)에서 처질 수 있는 최대 처짐($\delta_{mid} < 0.828\text{m}$)을 고려하여 a 를 0.5m 로 가정하면 F 는 약 80N 으로 계산된다. 여기서 과수목의 허용최대 경사각을 12도 이내로 하면, 지주 사이의 가운데 위치($x=L/2$)에서 최대처짐을 0.5m 로 가정하면, a 는 0.3m 가 되어 F 는 약 48N 으로 계산된다. 여기서 힘 F 는 과일의 무게(W)가 나무를 통해서 강선에 전달하는 힘이다. 힘 F 는 작용하는 위치와 방향이 D 의 경우와 같기 때문에 강선에 대하여 나무의 축직각방향(z)으로 작용한다. 따라서 앞에서 계산된 바람에 의해 발생하는 힘 D 와 중첩되어 고려되어야 하며 강선이 부담해야 하는 바람과 성과에 의한 최대장력 $T_{2,3}$ 는 다음과 같다.

$$T_{(2+3)\max} = \frac{3}{4} \frac{(D+F)L}{z_{mid}} \sqrt{1 + \frac{100z_{mid}^2}{9L^2}} \quad (3-21)$$

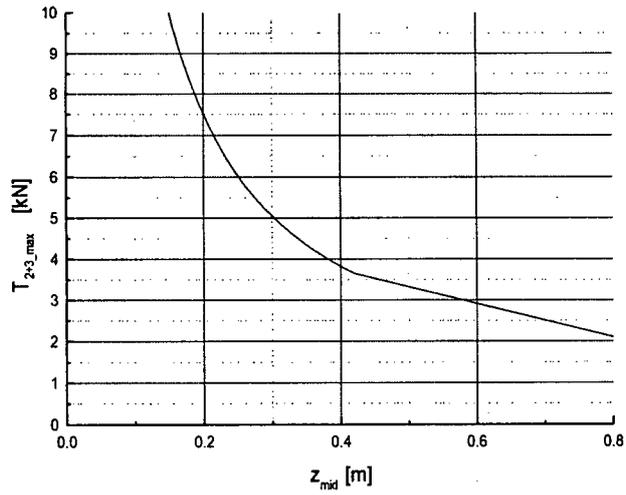


그림 3-8 강선의 중앙부 허용 최대 처짐량과 장력의 관계

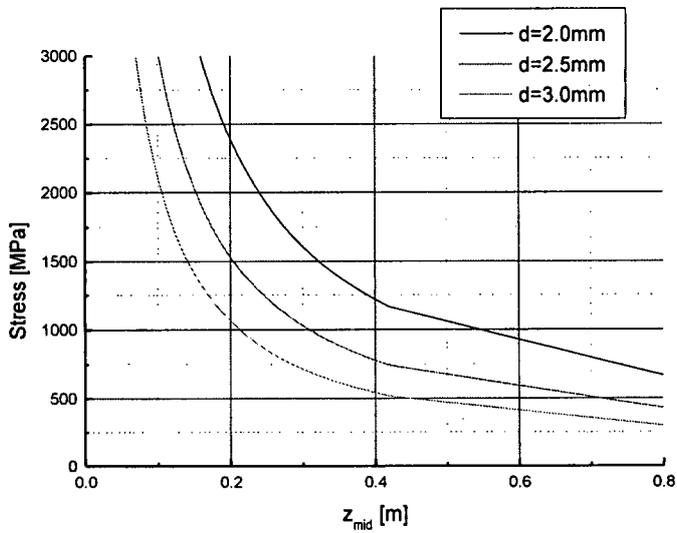


그림 3-9 강선의 중앙부 허용 최대 처짐량과 요구 인장강도의 관계

그림 3-9는 $D+F=(134+48=)182\text{N}$ 을 식 (3-21)에 대입하여 간격 L 이 6m 인 두 개의 지주 사이에서 z_{mid} 값에 따른 $T_{(2\cdot3)max}$ 의 변화를 나타낸 것이다.

그림에서, 중앙부 처짐량을 어떻게 규정하느냐에 따라서, i) 탄성허용범위 즉 $z_{mid}=32\text{cm}$ 로 한정하면 $T_{(2\cdot3)max}=2.6\text{kN}$ 을, ii) 강선을 5%까지 소성변형을 허용한 경우인 $z_{mid}=80\text{cm}$ 대해서는 $T_{(2\cdot3)max}=1.12\text{kN}$ 을 얻을 수 있었다. 여기서 과수의 최대 경사허용각을 12도 이내로 허용하면, 이것은 $z_{mid}=50\text{cm}$ 해당하고, 이때 $T_{(2\cdot3)max}=1.7\text{kN}$ 을 얻을 수 있다. 따라서 설치장력을 고려하면, $T_{max}=T_{(1\cdot2\cdot3)}=1.78\text{kN}$ 이 되고, 여기에 안전율 1.5를 적용하면, $T_{max}=2.67\text{kN}$ 이 강풍 및 성과시 강선에 작용하는 최대장력임을 알 수 있다. 이 값은 처짐범위를 탄성허용범위로 처짐을 제한한 경우보다 큰 값이어서 나무의 경사를 고려하더라도 충분하다고 할 수 있다.

따라서 $T_{max}=2.67\text{kN}$ 과 2절의 표 3-2에서 인장시험으로 얻어진 각종 강선의 인장강도를 기준으로 하여 강선의 직경을 선정하면, 보통철선의 경우 직경 3.2mm이상이, 스텐레스강선의 경우는 직경 2.0mm이상이, 경강선의 경우는 직경 2.2mm이상이 이에 해당함을 알 수 있다.

아울러 최상부 장력 지탱용 강선과 더불어 그 아래로 가지의 유인 등의 목적으로 다수의 강선을 20~30cm 간격으로 설치하는 경우가 있는데, 이때는 장력이 크게 문제가 되지 않고 장력 지탱용 강선보다 한 단계 낮은 직경의 강선을 채택하면 된다.

2. 보조강선의 설치 및 점성토의 지지력 산정

성과시 강풍에 의해 강선에 작용하는 장력은 지주로 전달되면서 지주에는 급힘하중으로 작용한다. 따라서 지주는 급힘하중을 감당할 수 있도록 높은 강도를 갖는 재료가면서 충분한 단면계수를 가져야 한다.

가장자리 지주의 경우, 강선 방향으로 작용하는 장력에 의한 급힘 하중을 감소시킬 목적으로 보조강선이나 보조대를 설치하는 것이 일반적이다. 지주는 토목 구조물에서 다루는 말뚝과 유사한 형상으로 일정한 깊이 만큼 땅 속에 매립되어 있고 대부분이 지상에 노출되어 장력을 지지하는 구조를 하고 있다. 여기에 보조강선을 설치하게 되면 강풍도래시 발생하는 장력에 의하여 가장자리 지주는 땅속에 박히는 방향으로 힘을 받게 된다. 이때 토양도 지주에 대하여 같은 크기의 반력을 가진다. 그러므로 지주 및 보조강선용 기초의 거동을 해석하기 위해서는 토양의 지지력 및 전단력을 알 필요가

있다. 참고로 경사보조대의 설치도 보조강선과 같은 기능을 하는데, 이때는 토양의 지지력이 지주가 아니라 보조대에 주로 작용한다는 점이 보조강선을 설치한 경우와 다르다. 본 연구에서는 보조강선을 갖는 지주체계에 대하여 고려하고자 한다.

가. 가장자리 지주에 대한 보조강선 설계

가장자리 지주에 보조강선의 설치는 강풍도래시 강선 방향으로 걸리는 장력와는 반대방향 대항력으로 작용하는 힘의 발생을 필요로 하고, 이것은 지주에 걸리는 급힘하중을 저감시키는데 있다.

한편 지주체계에는 강선방향의 장력과 더불어, 강풍시 및 성과시 수목의 경사에 의해 하중이 강선에 작용함으로 인해 양단의 가장자리 및 사이 지주에는 강선 방향에 직각으로 지면에 평행하게 급힘하중이 걸리게 된다. 이들 하중의 최대값은 $R=5x(D+F)/2=0.45kN$ 이 되고, 사이지주의 경우는 양쪽에서 작용하게 되므로, 그 두 배인 $0.9kN$ 이 걸리게 된다. 이 하중은 각 사이지주에는 강선을 중심으로 한 급힘모멘트로 작용한다. 따라서 각 지주는 최소한 이 급힘모멘트에 견딜 수 있는 단면형상(또는 단면계수)를 가져야 한다. 필요한 소요 단면계수의 계산 예는 뒤 절에서 보여주게 되는데, 여기서는 그 값을 사용하여, 이 급힘하중 작용시 사이 지주($\phi 57 \times t 3.5$)를 외팔보로 가정한 경우 강선 높이에서 발생하는 급힘변형량을 계산하였다. 약 10cm의 탄성변형이 발생함을 알 수 있다.

$$\delta = \frac{PL^3}{3EI} = \frac{0.9 \times 10^3 \times 2.5^3}{3 \times 210 \times 10^9 \times 2.11 \times 10^{-7}} = 10.6 \text{ cm} \quad (3-22)$$

한편 앞에서 계산한 강선을 통하여 가장자리 지주에 작용하는 최대하중은 $T=2.67kN$ 으로, 앞의 급힘하중 $R=0.45kN$ 보다 훨씬 큰 값이다. 이 하중을 가장자리 지주만으로 지지하기 위해서는 엄청나게 큰 단면계수를 갖는 지주 재료가 필요하게 된다. 사이지주의 경우는 양쪽에서 동일한 크기의 장력이 작용하므로 장력의 영향이 상쇄되지만, 가장자리 지주의 경우는 장력이 지주에 전부 급힘모멘트로 걸리게 된다. 따라서 경제적이고 합리적인 지주 설계를 위해서

는 가장자리 지주에 보조강선 또는 보조대를 설치하여, 사이 지주에 걸리는 굽힘하중을 능가하는 분의 장력을 보조강선이 상쇄시키도록 하는 것이 필요하다.

이 경우 보조강선의 설치로 지주에 작용하는 장력의 반대방향으로 1.77kN (2.67kN- 0.9kN=1.77kN) 이상의 상쇄하중이 발생하도록 하여야만 강풍도래시에도 가장자리 지주는 과도한 굽힘변형이나 도괴없이 과수목을 지지해 줄 수 있게 된다. 이 때 보조강선은 강선과는 달리, 영구변형(소성변형)을 허용하지 않고 탄성변형범위 내에서 변형이 일어나도록 설계되어야 한다. 따라서 경강선의 항복강도인 550MPa을 사용하여 보조강선의 유효단면적을 계산하였다. 이 경우에는 안전계수(S.F.)를 2로 하여 최대장력을 설정하였다.

$$A_{eff} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{P \times SF}{\sigma} \quad d = \sqrt{\frac{4P \times SF}{\pi \sigma}} \quad (3-23)$$

여기서 A_{eff} 와 d 는 보조강선의 유효단면적과 직경을 나타내고, P 는 보조강선에 걸리는 장력값, 그리고 σ 는 경강선의 항복강도를 나타낸다.

보조강선은 지면과 이루는 설치각도에 따라서 소요길이, 걸리는 최대장력, 보조강선의 필요직경, 최대장력작용시 변형량 등이 변화하게 된다. 그러나 변형량은 경사각의 차에도 불구하고 1cm 전후의 값을 나타내, 가장자리 지주의 탄성보로서의 변형량과 비교하면 대단히 작아서 지주의 탄성굽힘변형시에도 충분한 상쇄하중을 발생시키게 된다.

보조강선 설치시 요구되는 상쇄 하중이 1.77kN이므로, 보조강선이 지면과 이루는 경사각 θ 에 따라서 보조선의 소요길이 l , 보조강선에 걸리는 최대하중 P , 그리고 강선의 유효직경 d 는, 각각 아래의 식과 같이 표시된다. 여기서 SF는 안전계수를 나타낸다.

$$l = \frac{(2.5 + \text{매몰부깊이})}{\cos \theta} \quad (\text{m})$$

$$P = \frac{1.77 \times SF}{\cos \theta} \quad (\text{kN})$$

$$d = \left(\frac{4P \times SF}{\pi \sigma} \right)^{1/2} = \frac{2.863}{\cos \theta^{1/2}} \quad (\text{mm}) \quad (3-24)$$

지면과 보조강선이 이루는 각 θ 에 따른 변화를 그림 3-11과 3-12에 각각 나타내었다.

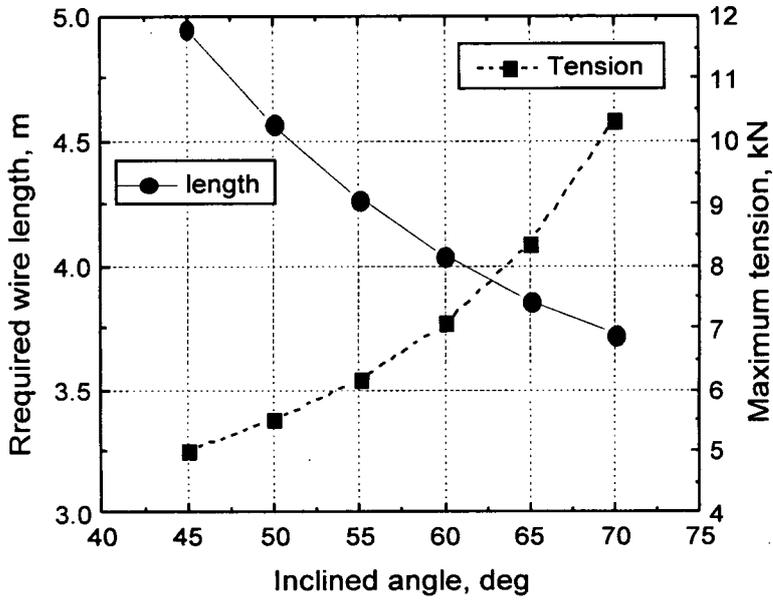


그림 3-11 경사각에 따른 보조강선 길이 및 최대장력의 변화

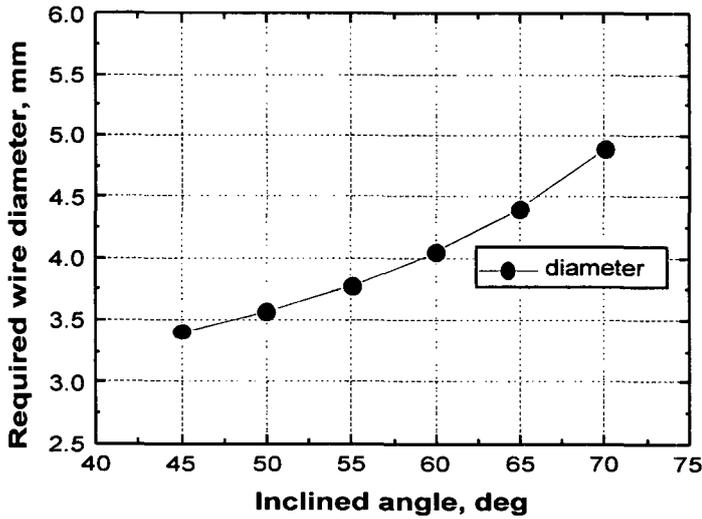


그림 3-12 지면과 이루는 경사각에 따른 보조강선 직경의 변화

보조강선의 경사각이 클수록 보조선 설치에 따른 과수원 불용면적이 감소한다는 잇점은 있지만, 보조강선에는 큰 장력이 발생하고 이를 감당하기 위한 보조강선의 직경 및 매몰부 지지면적이 증가하게 된다.

지면과 이루는 경사각이 70도인 경우, 그림 3-11과 3-12로부터, 각 보조강선의 소요길이는 4.2m이며, 10.5kN의 상쇄장력이 필요하다. 이를 감당하기 위기 위해서는 직경 약 4.8mm이상의 경강선이 필요하게 됨을 알 수 있다.

따라서 보조강선을 설치한 경우 Ø60xt3.5mm 강관 가장자리 지주에 강풍 도래시 최대굽힘모멘트를 발생시키는데 걸리는 장력은 0.9kN으로, 보조선이 없는 경우에 비하여 35%정도까지 낮출 수 있음을 알 수 있다. 보조대를 사용하는 경우에도 비슷한 결과를 얻을 수 있으며, 결국 보조강선이나 보조대의 사용은 지주에 걸리는 굽힘하중의 저감을 가져와 소요지주의 단면적을 현저하게 낮추어 결국은 재료비 절감 및 경량화에 크게 이바지하게 된다.

나. 과수원 토양의 지지력 산정 및 지지력 강화 방안

그림 3-13과 같이 가장자리 지주에 보조강선의 설치로 인하여 보조강선에 걸리는 장력은 크게 나누어져 가장자리 지주를 연직방향으로 침하시킬려는 힘과 보조강선의 고정판을 위로 손구치게 할려는 힘을 발생시키게 된다. 따라서 이들을 지지하기 위해서는 토양의 지지력 내지는 전단강도의 평가가 필요하다. 그러나 이들 토양특성치의 획득은 용이하지 않아서, 현장 지지력시험에 의하여 경험적으로 판단하는 것이 필요하다. 지금까지 보고된 경험식에 의거하여 토양의 지지력을 구해 보면, 지주의 연직지지력을 $Q_d^{(5)}$ 로 정의하면 Q_d 는 식 (3-25)과 같이 나타내어진다.

$$Q_d = Q_p + Q_f = q_d A_p + q_d A_f \quad (3-25)$$

여기서 Q_d 는 말뚝의 극한 연직방향 지지력의 합, Q_p 는 말뚝의 극한 선단지지력, Q_f 는 말뚝의 극한 주면마찰력이고, q_d 는 말뚝 상단부 지반의 극한 단위 지지력, q_f 는 말뚝

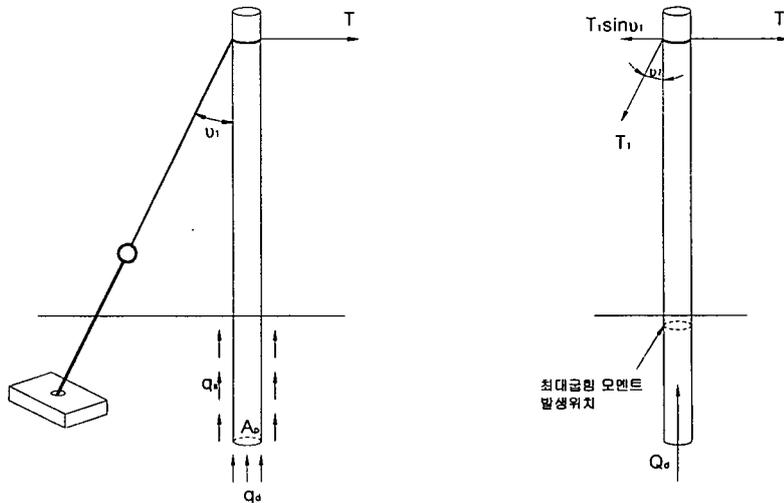


그림 3-13 보조선을 설치한 가장자리 지주 및 자유물체도

주면의 평균 극한 단위 마찰력, A_p 는 말뚝선단면적, A_f 는 지반에 접해있는 말뚝 주면의 면적이다. 말뚝의 선단지지력과 주면마찰력은 표준관입시험⁽⁶⁾(SPM: Standard Penetration Test)을 통해 얻게 된다. 과수원 지주의 경우, 토양에 대한 관입깊이가

깊지 않기 때문에 마찰력의 영향이 작아서⁽⁷⁾ Q_r 항은 무시할 수 있고 그 영향은 안전계수(SF=2)의 고려로 충분하다. 따라서 (3-22)식을 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

$$Q_d = Q_p = q_d A_p = \frac{q_d A_p}{SF} \quad (3-26)$$

그러나 식 (3-26)를 사용하기 위해서는 q_d 를 구해야 하는데 그 과정이 상당히 복잡하고, 통상 현장실험을 통하여 이루어진다. 그래서 q_d 를 얻는 방법으로 Meyerhof의 수직지지력 결정법에 관한 제안⁽⁸⁾을 이용하였다.

$$q_d = P_v' N_q \leq q_t, \quad q_t = 44N \quad (3-27)$$

N 은 표준관입시험의 결과로서 이 값을 알면 식 (3-27)을 이용하여 토양의 지지력을 쉽게 얻을 수 있다. 이때 q_t 의 단위는 t_f/m^2 이다. 그러나 Meyerhof의 수직지지력 결정법에 관한 제안은 사질토에 대해서만 근사값을 보장한다. 과수원의 토질은 사질토와 점성토의 중간정도라고 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는 이를 보정하기 위하여 사질토와 점성토에 대한 표준관입시험 결과의 통계치를 고려하여 계산을 수행하였으며, 이에 따른 N 값은 10 정도가 유효하다고 판단하였다. 따라서 과수원 토양의 연직지지력에 대한 식은 다음과 같이 주어지게 된다.

$$Q_d = \frac{q_d A_p}{SF} = 220 A_p \quad (3-28)$$

따라서 직경이 60mm인 원형관의 경우, 유효단면적 $A_p=2.8 \times 10^{-3} m^2$ 임으로 연직방향지지력은 $Q_d=6.2kN$ 에 상당하였다. 따라서 강풍도래시 보조강선에 최대 상쇄장력 $T_1=5.5kN$ 이 걸려 그 연직방향분력은 5.2kN이 되어, 이 하중이 지주에 작용하여도 가장자리지주의 하방 침하는 일어나지 않는다는 것을 알 수 있다.

그러나 과수원 토양의 경우 사질토에 가까운 경우도 있고, 상부 표층은 다져져 있지 않은 경우가 많아, 반드시 표준관입시험의 결과로만 지지력을 평가

하는 것은 무리가 있다. 그래서 지지력의 강화 및 안정된 역할을 위하여, 가장자리 지주의 몰입부 하단에 막대형 또는 삼각형 형상을 한 날개판(그림 3-14 a, b)으로 보강함하거나 콘크리트를 거꾸집 형태로 하여 보강하므로써 연직지지력 뿐만 아니라 굽힘모멘트 작용시 지지 안정성 확보가 가능하리라 생각된다.

또한 보조강선 고정판의 크기를 확정하기 위해서는 사질토양에 대한 전단응력을 측정할 필요가 있는바 이것은 현장지지력 시험결과를 바탕으로 추후 산정코자 한다.

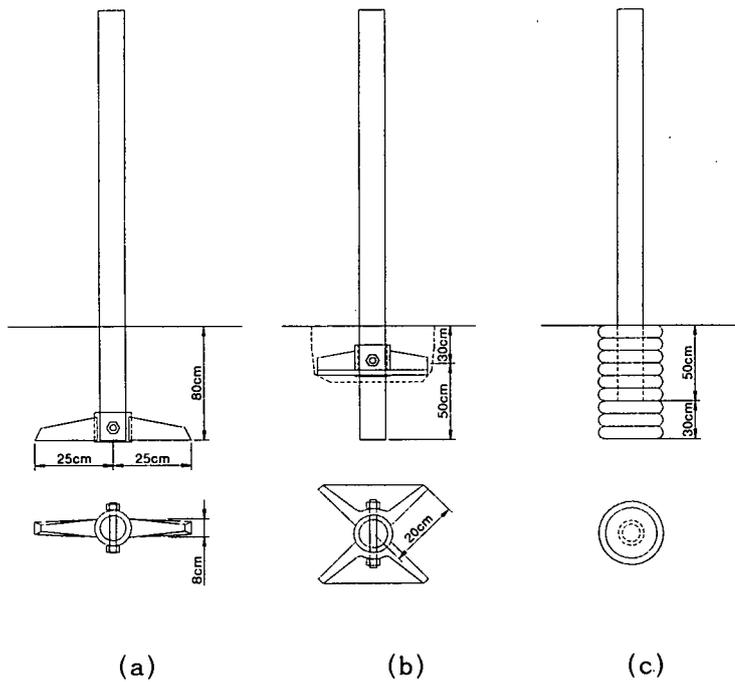


그림 3-14 가장자리 지주 매설부 보강용 날개판 및 거꾸집 설치 예

3. 강재 지주에 대한 최적 지주단면 설계

가. 가장자리 지주

울타리식 지주에서는 강선의 직경과 더불어 굽힘하중을 받는 지주의 굽힘강도와 단

면형상의 설정이 중요하다. 따라서 적정 단면계수를 갖는 단면형상의 설계가 필요하다. 먼저 앞절에서 계산한 굽힘하중을 사용하여 필요한 단면계수를 계산하였다. 강제 지주의 경우, 최소의 단면적을 가지면서도 굽힘하중이 작용하는 특정 방향으로서는 큰 단면계수를 갖는 단면형상의 고안이 가능하다는 특성을 이용하였다.

울타리식 지주체계에서 가장자리 지주의 요구 단면계수를 구하기 위해서는 강선의 최대장력을 기준으로 보조강선의 설치를 고려하여 계산이 이루어졌다. 이는 최악의 경우 강선이 끊어지기 전에 지주가 굽힘에 의해 심하게 휘거나 파괴되지 않는 범위에서의 최적 단면계수를 설계하기 위함이다.

한편 지주체계에는 앞 절에서 언급한 바와 같이, 강선방향으로 작용하는 장력과 더불어, 양단의 가장자리 및 사이 지주에는 지면에 평행하면서 강선에 직각인 굽힘하중이 걸리게 된다. 이들 굽힘하중의 크기는 사이지주에서 최대 $R=0.9kN$ 이 된다. 이 반력은 각 지주의 지면에 대한 굽힘모멘트로 작용한다. 따라서 각 지주는 최소한 이 굽힘모멘트에 견딜 수 있는 단면계수(단면형상)를 가져야 한다.

여기서 가장자리 지주의 단면에 굽힘모멘트로 작용하는 하중을 P 로 정의하면, P 는 P_x 와 R 의 합으로 이루어진다. P_x 는 최대장력 T 에 보조강선 설치로 상쇄되는 하중을 제한 값으로 나타낼 수 있다.

$$P_x = T - T_1 \cos \theta = 2.67 - 1.77 = 0.9kN$$

$$P = \sqrt{P_x^2 + R^2} = \sqrt{0.9^2 + 0.45^2} = 1kN \quad (3-29)$$

여기서 T_1 은 보조강선에 걸리는 장력을, θ 는 지면과 보조강선이 이루는 경사각을 의미하고, $T_1 \cos \theta$ 는 보조강선에 의한 장력반대방향 상쇄하중을 나타낸다. 따라서 P 가 작용하는 위치로부터 최대굽힘 모멘트가 작용하는 위치까지의 거리를 $l(=2.5m)$ 이라고 하면, 가장자리 지주에 필요한 단면계수 Z 는 식 (3-30)으로 주어진다. 가장자리 지주의 경우, 최대굽힘하중의 작용방향은 바람의 작용방향에 따라서 변화하게 되고, 이것에 대응하기 위해서는 모든 방향으로 동가의 단면계수를 갖는 원형단면 형상이 바람직하다.

$$Z = \frac{Pl}{\sigma} \quad (3-30)$$

이 식에서 σ 는 재료의 굽힘허용응력으로, 강재지주(SS41) 경우 뒷절에서 굽힘시험 결과를 사용하면, 400MPa을 적용할 수 있다. 식(3-30)으로부터

$$Z = \frac{Pl}{\sigma} = \frac{1 \times 10^3 \times 2.5}{400 \times 10^6} = 6.25 \times 10^3 \text{mm}^3 \text{이다. 이를 만족하는 단면형상을 계산하}$$

면,

i) 원형관일 경우, $d_i = \left(d_o^4 - \frac{32d_o Z}{\pi} \right)^{1/4}$ 으로부터, 내경과 외경을 구하면

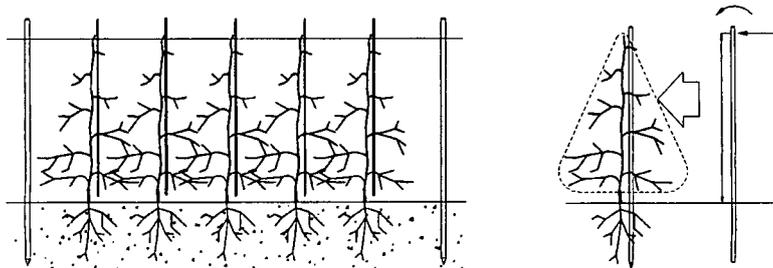
$$\text{Ø}60 \times \text{t}3.0\text{mm} \quad (3-31)$$

ii) 사각형관일 경우, $Z = \frac{b_o h_o^3 - b_i h_i^3}{6h_o}$ 로부터,

$$b_o \times h_o \times t = 50 \times 50 \times \text{t}2.3\text{mm} \quad (3-32)$$

의 단면이 이에 해당한다. 여기서 첨자 o는 단면의 외곽치수를 i는 중공부의 내부 치수를 각각 나타낸다.

나. 사이지주



위 그림은 사이지주에 대하여 횡방향으로 작용하는 힘에 의한 역학관계를

보여준다. 나무가 강선에 전달하는 힘은 2.5m의 높이에서 사이지주에 대하여 굽힘하중(P)으로 작용하고, 사이지주는 이 힘에 의한 굽힘모멘트(M)를 견딜 수 있어야 한다. 굽힘과 지주의 단면치수의 관계는 다음식으로 표현할 수 있다.

$$Z = \frac{M}{\sigma} = \frac{P \cdot l}{\sigma}$$

이때 나무 한 그루가 강선에 전달하는 힘은 앞에서 계산한 바와 같이 140N 이고, 각 사이지주 사이에 다섯그루의 과수를 심을 경우 한 개의 지주가 견디어야 하는 굽힘하중(P)은 700N(140N×5)이다.

굽힘하중: $P = 700N (140N \times 5)$

요구되는 단면계수: $Z = \frac{M}{\sigma} = \frac{700 \cdot 2.5}{\sigma}$

상기의 식으로부터 계산된 사이지주의 규격은

- i) 원형 강관 일때 : $\varnothing 48.6 \times 3.0mm$
- ii) 사각형강일 때 : $55 \times 30 \times 10 t2.0$
- iii) 목재의 경우 : $\varnothing 80$ 이상이면 각각 가능하다.

한편 동일한 굽힘하중을 받는 RC 콘크리트 지주의 경우는, 최소요구 단면적이 가장 자리지주의 경우 허용굽힘강도를 25MPa로 한 경우, $b \times h = 75 \times 90mm$ 이고, 그 하중이 55kg에 달하여 동일한 굽힘 하중에 대한 강재지주 사용시보다 중량이 약 3배이상 커 과수농가에서 운반, 설치시 많은 어려움이 예상된다.

표 3-3은 강도해석 결과와 굽힘실험을 통해서 얻은 허용강도치를 사용하여 각종 지주재료에 대한 소요 단면계수와 단면적 그리고 밀도를 적용한 단위길이당 중량을 계산하여 나타내었다. 이 표를 이용하면, 울타리식 지주체계에 적용할 가장자리 지주 및 사이지주의 단면형상 선정 및 중량 계산이 가능하다.

한편 주간간격도 크게 영향을 미친다. 과수의 주간이 1.5m인 경우, 강선에 걸리는 장력도 줄어들 뿐만 아니라 사이지주에 걸리는 하중이 줄어들게 된다. 이 것을 식(3-10)에서 식(3-20)까지와, 그리고 식(3-21)에 적용하면, 강선에 걸리는 최대장력은

$T_{max} = 1.85\text{kN}$ 으로 줄어들게 되고, 이때 가장자리 지주에는 보조강선 설치로 굽힘하중으로 작용하는 하중을 0.9kN 으로 줄일 수 있다. 또한 이때 사이지주에는 0.73kN 의 하중이 굽힘하중으로 작용하게 된다.

표 3-3-1 강도해석결과에 바탕을 둔 지주 단면 설계(주간 간격 1m의 경우)

재료명 (허용굽힘강도)	지주명		소요단면 계수 (mm^3)	치수 (mm)	단면적/ (중량/m)
간벌목 (35MPa)	가장자리 지주	강송	7.24×10^4	d=90	6.36×10^3 (3.2kg)
	사이지주		5.0×10^4	d=80	5.02×10^3 (2.5kg)
프리스트레스트 콘크리트 빔 (25MPa)	가장자리 지주	사각빔 (직경3mm 강선3선 포임x4조)	1.0×10^5	75x90	6.75×10^3 (15.7kg)
	사이지주		7.0×10^4	72x78	5.6×10^3 (13.1kg)
강재빔 (400MPa)	가장자리 지주	원형강관	6.25×10^3	$\phi 60 \times t3.0$	537(4.2kg)
		사각형강		50x50xt2.3	439(3.5kg)
	사이지주	원형강관	4.4×10^3	$\phi 48.6 \times t3.0$	417(3.3kg)
		C-형강		t2.0x 55x30x10	254(2.0kg)

제 4 절 지주용 시제품 재료의 굽힘 강도특성 평가

1. 시제품 지주의 굽힘시험법과 시제품 사양

각종 지주용 재료의 굽힘강도를 평가하기 위하여 그림 3-16에 보인 바와 같은 長 스펠(1,500mm이상)을 갖는 3점 굽힘시험용 치구를 자체 설계, 제작하였다. 굽힘시험에는 유압식 만능시험기(시험기 모델: INSTRON 8516, 하중용량 100kN)를 사용하였다. 상부 치구를 시험기의 로더셀에 연결된 상부그립에 연

결하였고, 하부치구를 시험기의 액추에이터에 각각 결합하였다. 그 사이에 시험편을 두어서, 액추에이터가 상승함에 따라서 시험편에 굽힘모멘트가 작용하게 되는 전형적인 3점 굽힘시험 구조이다. 이때 시험편에 작용하는 하중 F 와 액추에이터의 이동변위를 측정하여 굽힘시험시의 하중-변위선도를 얻을 수 있었다. 이 선도로부터 간벌목재와 프리스트레스트 콘크리트빔의 경우는 파괴하중과 굽힘탄성계수를, 강재 빔에서 변형개시에 해당하는 항복하중과 극한하중을 구할 수 있었다.

그림 3-17은 강재 빔의 굽힘시험 광경을 나타내고 있다. 상부치구는 하중 작용부에서 집중하중으로 인한 지지재료의 국부적인 변형을 줄이기 위해서 반경 50mm의 곡률반경을 갖는 실린더를, 하부에는 직경 50mm의 롤러를 치부하였다.

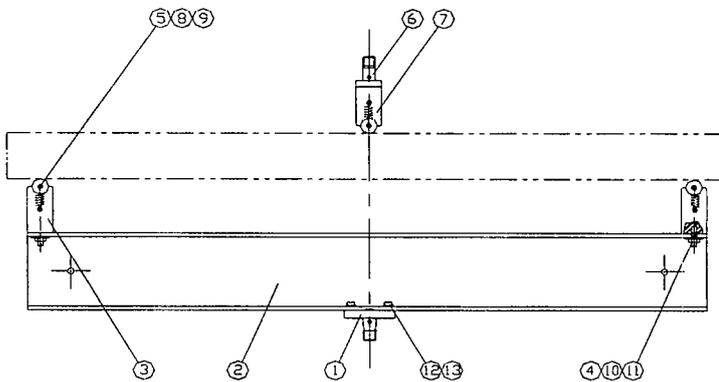


그림 3-16 장 스패를 갖는 3점 굽힘시험용 치구의 조립도



그림 3-17 형강 빔의 3점 굽힘 시험 광경

굽힘시험에 사용한 시제품지주용 재료의 사양을 표 3-4에 나타내었다. 앞서 제시된 이론해석결과에서는 가장자리 지주의 경우, 원형 강관 $\varnothing 60 \times t 3.0$ 사이 지지주의 경우 $\varnothing 48 \times t 3.0$ 이 각각 적합한 것으로 나왔으니 시중 똑 같은규격을 구입할 수 없어 한 치수 큰 원형 강관 $\varnothing 60 \times t 3.5$ 사이 지지주의 $\varnothing 48 \times t 3.2$ 를 각각 선택하여 실험 하였다.

3점 굽힘시험의 경우 최대굽힘모멘트가 시험편의 중앙부에서 발생하고, 이 때 시험편에 발생하는 최대 굽힘모멘트 M_{max} 는 최대하중 F_{max} 와 시험스팬 L 로 부터 구할 수 있다.

$$M_{max} = \frac{F_{max} \times L}{4} \quad (3-27)$$

또한 각 재료의 최대굽힘응력 σ_{max} 은 식 (3-28)로부터 계산할 수 있다.

$$\sigma_{max} = \frac{M_{max}}{Z} \quad (3-28)$$

여기서, Z 는 각 재료의 단면계수를 나타낸다. 굽힘시험 결과 각 재료에서 얻어진 최대굽힘 모멘트값을 사용하여, 실제 울타리식 지주체계에서 지면으로부터 강선까지의 높이가 $2.5m (=L_a)$ 이므로, 지주에 허용할 수 있는 실제 최대 하중 $F_{actural}$ 을 식(3-29)를 사용하여 계산할 수 있다. 이때 허용하중의 산출을 위해 안전계수를 각 재질별로 달리 고려하였다. 간벌목의 경우는 $SF=1.5$, 강화

콘크리트빔의 경우는 SF=2, 그리고 강재빔의 경우는 SF=1.2를 적용하였다.

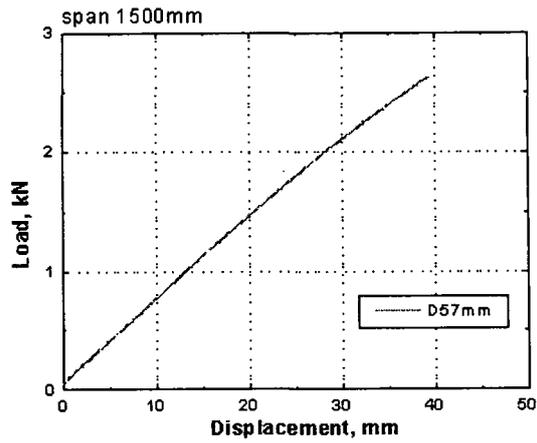
$$F_{actual} = \frac{M_{max}}{SF \times L_a} = \frac{F_{max} \times L}{SF \times L_a} = \frac{F_{max} \times L}{SF \times 2.5} \quad (\text{kN}) \quad (3-29)$$

표 3-4 굽힘강도 평가 시험에 사용된 지주 재료의 사양

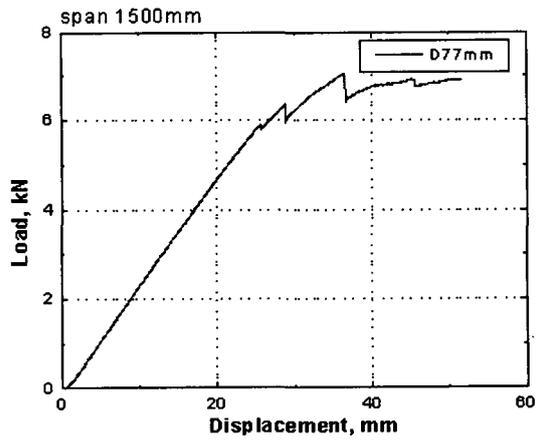
재료명	재 원	밀도 (Mg/m ³)	시험스팬 (m)	비고
간벌목	직경 57mm	0.5	1.5	강송
	직경 77mm	0.5	1.5	강송
프리스트레스트 콘크리트 빔	60x70xh70	2.34	1.5	직경 3mm강선 3선포임x4조
	80x85xh90	2.34	1.5	직경 3mm강선 3선포임x4조
강재빔	원형 강관 Ø60xt2.0, t3.5	7.85	1.5	시판
	원형 강관 Ø48xt2.0, t3.2	7.85	1.5	시판
	원형 강관 Ø43xt2.5, t3.0	7.85	1.5	시판
	원형 강관 Ø34xt2.0, t3.2	7.85	1.5	시판
	원형 강관 Ø27xt2.0, t2.5	7.85	1.5	시판

2. 시제품의 굽힘강도 평가 결과 및 지지하중 계산

그림 3-18, 그림 3-19, 그림 3-20은 각각 간벌목(낙엽송), 프리스트레스트 콘크리트 빔 그리고 강재빔에 대한 굽힘시험결과 얻어진 하중-변위선도의 대표적인 예를 나타내고 있다.



(a) d=57mm의 경우



(b) d=77mm의 경우

그림 3-18 간벌목에 대한 3점 굽힘시험결과 (하중-변위선도)

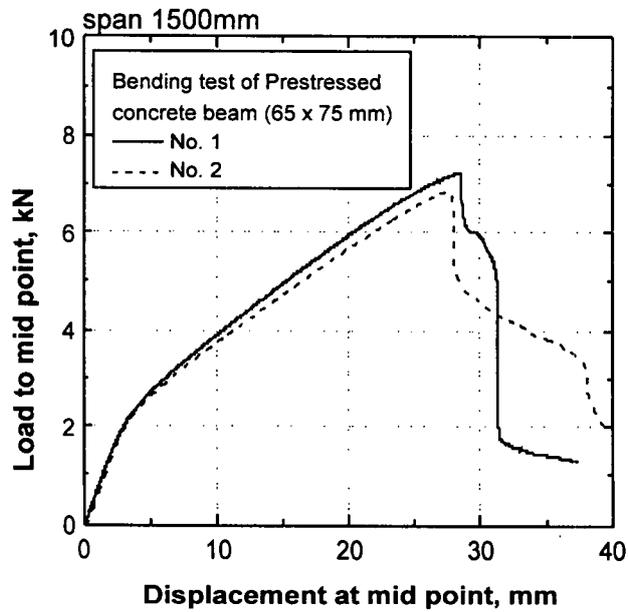
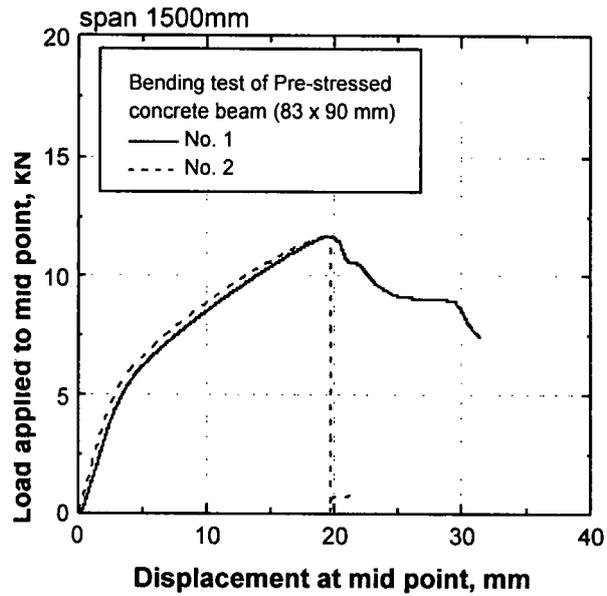
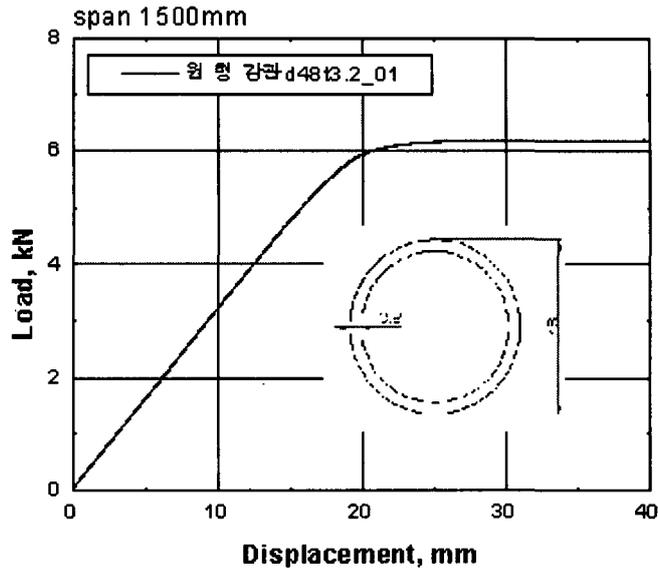
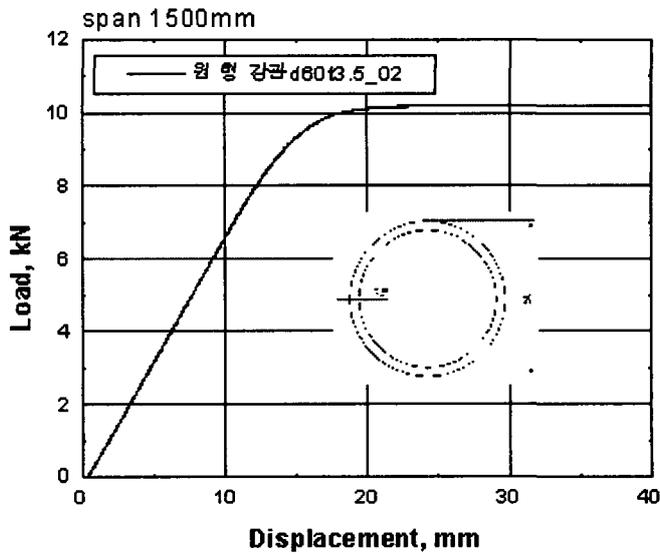


그림 3-19 프리스트레스트 콘크리트에 대한 3점 굽힘시험결과
(하중-변위선도)



(a) 원형강관 d=48mm, t=3.2mm



(b) 원형강관 d=60mm, t=3.5mm

그림 3-20 원형강관에 대한 3점 굽힘시험결과 (하중-변위선도)

그림 3-18에서 간벌목의 경우는, 초기에는 거의 선형적인 변형거동을 나타내다가, 도중에 갈라짐(splitting)이 일어나면서 선형관계에서 벗어나 하중의 저하를 나타내었고 최종파단시까지 하중은 증가하였다. 한편 그림 3-19의 프리스트레스트 콘크리트의 경우는 초기에는 콘크리트 특유의 높은 탄성계수를 나타내면서 증가하다가, 5kN(83x90mm단면의 경우), 혹은 2.1kN(65x75mm단면의 경우)을 넘어서면서 기울기는 저하를 나타내 콘크리트에 손상이 발생하였음을 알 수 있었고, 최고 하중점을 지나면 하중의 급격한 저하를 나타내었다. 이들은 강화용 강선에 기인한 것으로 강도계산시 이에 대한 고려가 필요하다. 특히 인장부에서 파손이 최대하중의 1/2이하에서 일어났고, 탄성변형의 범위는 다른 지주재료에 비교하여 극히 작은 값을 나타내었다.

그림 3-20의 원형 강관에 대한 굽힘시험결과, 선형적인 관계에서 벗어나면 서부터 항복을 나타내었고, 더 이상의 하중의 증가없이 굽힘변형이 진행됨을 보여주었다. 대부분의 강제 빔의 굽힘시험 결과, 항복하중과 최대굽힘하중간에는 큰 차이가 없었다. 즉 항복후 변형에 따른 가공경화는 거의 일어나지 않았다. 특히 같은 외형치수를 갖는데도 불구하고 두께에 얇은 경우가 낮은 강도를 나타내, 자재별 규격에 대한 확인이 필요하다. 여기서는 KS규격제인 두께가 두꺼운 경우를 기준으로 허용강도를 산출하였다. 간벌목의 경우는 강제 빔 및 콘크리트빔과는 달리 낮은 굽힘강성계수를 나타내면서 파단시에는 큰 굽힘변형을 수반하는 것을 알 수 있다. 강제빔의 경우는 항복점을 지난 후 유동응력의 큰 증가없이 거의 일정한 소성변형거동을 나타내었다

이들 시제품 지주에 대한 굽힘시험결과를 표 3-5, 표 3-6 그리고 표 3-7에 정리하였다.

표 5-5 간벌목의 굽힘시험 결과

시험 편 번호	간벌목의 재원			스 팬 (mm)	굽힘시험결과(평균치)				2.5m높이 허용하중 (S.F.=1.5 적용시*) (kN)
	직경 (mm)	단면적 (mm ²)	단면계수 (mm ³)		굽힘 하중 (kN)	최대하중점 변위량 (mm)	극한 굽힘강도 (MPa)	탄성 계수 (GPa)	
1	57	2,552	1.82x10 ⁴	1,500	2.6	40.2	54.2	5.7	0.26
2	77	4,656	4.48x10 ⁴	1,500	7.1	35.8	59.1	5.7	0.71

* 굽힘시험을 통해 얻은 최대굽힘하중을 사용하였기 때문에, 2.5m높이 지주에 걸리는 허용하중 계산에 안전계수 1.5를 사용하였다.

표 3-6 강화 콘크리트 빔의 굽힘시험 결과

시험 편 번호	강화 콘크리트의 재원			스 팬 (mm)	굽힘시험결과(평균치)				2.5m높이 허용하중 (S.F.=2 적용시**) (kN)
	호칭 (mm)	단면적 (mm ²)	단면계수 (mm ³)		굽힘 하중 (kN)	최대하중점 변위량 (mm)	극한 굽힘강도 (MPa)	탄성 계수 (GPa)	
1	65x70 3선	4,550	5.16x10 ⁴	1,500	7.1	27.5	51.6	27	0.53
2	83x90 3선	7,425	1.10x10 ⁵	1,500	11.6	19.0	39.5	27.6	0.87

** 굽힘시험을 통해 얻은 최대굽힘하중과 항복하중사이의 차가 크서 2.5m 지주에 걸리는 허용하중 계산에 안전계수 2를 고려하였다.

표 2-7 강제 빔의 급힘시험 결과

번호	강제 빔의 재원			스팬 (mm)	급힘시험결과(평균치)				2.5m높이 허용하중 (S.F.=1.2 적용시*) (kN)
	호칭 (mm)	단면적 (mm ²)	단면계수 (mm ³)		급힘 하중 (kN)	최대하중점 변위량 (mm)	극한 급힘강도 (MPa)	탄성 계수 (GPa)	
1	Ø60 t2.0	364	5.11x10 ³	1,500	4.8	14.5	352	210	0.6
2	Ø60 t3.5	621	8.30x10 ³	1,500	10.1	17	456	-	1.26
3	Ø48 t2.0	289	3.19x10 ³	1,500	3.5	18	411	-	0.44
4	Ø48 t3.2	450	4.73x10 ³	1,500	6.1	20	483	-	0.76
5	Ø43 t2.5	318	3.05x10 ³	1,500	2.9	28	356	-	0.36
6	Ø43 t3.0	377	3.53x10 ³	1,500	4.4	51	467	-	0.55
7	Ø34 t2.0	201	1.52x10 ³	1,500	1.7	24	420	-	0.21
8	Ø34 t3.0	292	2.08x10 ³	1,500	3.0	32	541	-	0.38
9	Ø27 t2.0	157	0.91x10 ³	1,500	1.3	45	536	-	0.16
10	Ø27 t2.5	192	1.08x10 ³	1,500	1.7	48	590	-	0.21

* 강제빔의 경우, 최대급힘하중과 항복하중 사이에 큰 차가 없었기 때문에 2.5m 지주에 걸리는 허용하중계산에 안전계수 1.2를 고려하였다.

3. 지주의 방식성 검토 결과

가. 강제 지주의 방식성(防蝕性) 검토

사과원 울타리식 지주체계에 강재(鋼材)지주 적용을 위한 검토와 관련하여, 매설부위에 대한 방식(防蝕)유형 검토 및 내부식성 관련 자료조사를 실시하였다.

토양의 부식조건조사 결과, 국내 토양중 사양토와 양토가 36% 및 50%를점유하고 있고, 토양내 수분함량은 20~25%, 토양의 평균 pH는 5.5~6.1, 평균 전기비저항은 3,500~5,000 Ω -cm, 그리고 Cl이온농도는 10~20ppm의 범위에 속하였다. 그러나 현재도 계속적인 과수재배와 화학비료 사용으로 인해 산성 토양화 경향을 나타내고 있다.

이러한 국내 토양의 부식조건을 바탕으로, 내구수명 요구 조건에 따른 아연도금량을 산정하였다. 상기 국내 토양환경하에서 평균 0.03mm/년의 강관 두께 감육을 가져온다고 보고되고 있다. 따라서 1.6mm두께 강관의 경우, 부식에 따른 예측수명은 33.5년(pH 5.1에서)에서 96.3년(pH 7.3에서)걸쳐 있는 것으로 보고되었다. (POSCO 기술보고서/한국표면공학회지 1994년 8월호). 또한 아연 용융도금 또는 폴리머피복 같은 부가적인 피복처리는 더욱 강재의 수명을 연장시킨다. 특히 감육에 따라 예상되는 부하단면적의 저하는 크게 문제가 되지 않는다.

일반적으로 과수원의 경우, 지주 매몰부위 중 특히 최대굽힘모멘트가 작용하는 접지점 부근에서 보다 심한 부식환경이 예상되므로, 개원기간을 20년으로 가정하였을 때, 0.6mm이상의 감육을 예상할 수 있다.

국내의 건자재에 대한 용융 아연도금량 조사결과 (RIST 건자재팀 자료)에 따르면, 토양 중에 매몰되는 비계관이나 수도관의 경우, 180g/m²의 아연도금이 일반적인 도금조건이다. 따라서 외부 환경에 노출되어 있는 지주의 경우, 산도가 높은 토양에서는 보다 두꺼운 도금이 요구된다. 그러나 아연 도금층이 너무 두꺼우면 작업 중 표면에 크랙이 발생할 수 있어, 지주용 강재에 적당한 도금량으로는 180~275g/m²가 적정하다.

그 결과, 사과원 지주체계에 아연도금한 강재를 사용하면, 개원에서 폐원시까지 부식에 의한 감육따른 강도저하없이 폐원시 설계 장력에 견딜수 있는 부재의 단면적 유지가 가능하다고 판단된다.

나. 간벌목 내구성 강화 공정 개발관련 조사 결과

간벌목을 지주로 사용할 경우, 매몰부위에서 부식을 초래하게 되어, 이를 막기 위해서 방부처리가 필요하다. 이를 위하여 국내 방부처리제의 품질규정 관련 KS규격 및 국내 목재(간벌목) 방부처리 업체를 조사하였다.

그 결과, 국내 토양환경에 맞는 간벌목 방부처리 실시 업체(여주 임산물 가공 협동조합)를 수배하였고, 낙엽송 간벌목에는 CCA(크롬-구리-비소화합물계 목재 방부제)로 방부 처리가 가능하다는 것을 알았다.

간벌목의 내구성 처리공정은, 국내의 방부처리 업체를 개발하여 이들 업체에서 기존의 목재 방부처리에 적용하는 공정을 지주용 간벌목의 방부처리에 적용토록 하였다.

제 5 절 강선 선정을 위한 강도평가 결과

앞 절에서 주간간격이 1m인 경우의 울타리식 지주체계의 설치 강선에 걸리는 역학적 해석을 통하여 구하였다. 장력의 해석결과로부터 사용될 강선은 최대 장력이 2.67kN, 연신율이 5%이상을 필요로 한다는 것을 알 수 있었다. 이를 바탕으로 과수원 지주체계에 사용되는 강선을 결정할 수 있다.

강선 선정시 고려해야 할 요소로는 1) 장력(인장강도), 2) 연신율, 3) 자중부담(직경) 및 4) 코스트를 들 수 있다. 선정에는 KS규격에 제시된 물성치 중 인장강도와 연신율을 사용하게 되고, 보다 규격의 상세한 사항은 해당 KS규격서를 참고하기 바란다. 또한 시중에는 비규격 자재도 유통되고 있어서 주의가 요망된다.

현재 국내에서 생산되는 강선 중 울타리식 사과원 지주체계에 검토할 수 있는 것은 크게 세가지이다. 보통철선(low carbon steel; KS-D-3552), 경강선(hard drawn steel wire; KS-D-3510), 그리고 스텐레스 강선(stainless steel wire; KS-D-3703)을 들 수 있다. 여기서 보통철선과 경강선의 경우는 방식처리가 필요하고, 따라서 아연도금한 아연도철선(Zinc coated low carbon steel wire) 혹은 아연도강선(Zinc coated drwn steel wire), 플라스틱피복 강(연)선, 또는 강의 표면을 검게 소둔처리한 것(일명 흑선)의 형태로 사용되고 있다.

보통철선은 연강선재를 상온에서 신선가공한 것으로, 아연도철선은 상온에

서 伸線 가공한 보통철선에 아연(Zn)도금을 실시한 것으로, 1,2 종은 도금표면에 광택이 있고, 3~7종은 광택을 갖지 않는다. 아연도강선은 상온에서 선한 경강선에 Zn도금한 것으로 인장강도에 따라, F, D로 구분한다.

인장강도 측면을 보면, 보통철선의 경우 인장강도가 탄소함량에 따라서 다소 변화하나, 400MPa 전후의 낮은 값을 갖는 반면 8%이상의 높은 연신율과 40회이상의 비틀림특성을 나타내, 변형특성이 우수하여 지주용 강선으로 유리한 조건을 갖고 있다. 탄소함량이 높은 경우 가공조건에 따라서는 1000MPa까지 인장강도가 증가하는 경우도 있다. 경강선의 상온에서 냉간가공으로 인해 철선보다 훨씬 높은 인장강도 (F종: 1,230MPa이상)를 갖는 반면 연신율(직경 1.6mm~3.5mm의 경우 3%이상)과 비틀림특성회수(16회 이상)가 낮다는 단점이 있다. 한편 스텔레스강선의 경우는 인장강도(1,000MPa이상)가 보통철선보다는 높고, 연신율로 크게 문제가 되지 않고, 외관이 미려하고 방식성이 우수한 것이 특징이나 가격부담이 있다.

한편 본 연구과제에서는 시판되고 있는 각종 철선과 강선에 대한 인장시험을 실시하였고, 그 결과를 표 3-2에 나타내었다. 표에서 볼 수 있듯이 경강선 외는 거의 기계적 특성치가 KS규격에서 정한 범위내에 들고 있다. 그러나 경강선의 경우는 획득시 사양이 명확치 않았던 관계로 790MPa의 인장강도와 10%를 넘는 연신율을 나타내고 있어서 규격의 범위를 벗어나고 있다.

강도 해석결과 및 인장시험결과로부터, 적합한 장력조건을 만족하는 강선으로, 1) 보통철선(아연도철선)의 경우는 다소 탄소함량을 갖는 SWM-N 또는 SWM-F종(SWMMGH_1, -2종)으로 직경 3.2mm이상인 것, 2) 아연도강선의 경우는 SWGF-1, -2, -3종으로 800MPa 이상의 인장강도를 갖는 직경이 2.2mm이상인 것, 그리고 3) 스텔레스강선의 경우는 STS304(1/4H)종의 경우, 인장강도가 $1,000 \pm 50$ MPa을 나타내, 직경2mm이상인 것으로 선정할 수 있다. 이 경우도 구간간격이 달라지면 다소의 변화가 있다.

표 3-2 각종 시판 강선의 기계적 물성치

선재의 직경 (mm)	최대장력(kN)	인장강도(MPa)	연신율(%)	
연강선	2.6	2.5	473	11
	3.2	3.3	410	14.5
	4.0	5.1	408	12
스텐레스강선	2.0	3.0	950	12.5
경강선	2.5	3.9	790	11.5
	3.0	5.6	795	11.0
플라스틱 피복선	3.5	5.5	570	3.5
	4.0	6.3	502	3.0

그러나 재료에 따라서 강선 가격이 크게 차이가 있어 이를 고려한 검토가 필요하다. 표 3-8은 시판 강선류의 단위중량당 길이 및 단가를 나타내고 있다. 이 표를 바탕으로 100m 기준 재료비를 추정하면,

- 경강선 $\phi 2.2\text{mm}$: $(100/33.5) \times 1,490 = 4,450\text{원}$
- 스텐레스강선 $\phi 2.0\text{mm}$: $(100/40.5) \times 4,180 = 10,320\text{원}$

로 나타나, 경강선, 아연도철선 그리고 스텐레스강선의 순임을 알 수 있다. 아연도강선에서는 다소 가격이 높아지리라 생각되나 실제로는 인장강도가 1,300MPa이상이므로 단위중량당 길이가 현재보다 증가하게 되므로 상대적인 순위에는 크게 변동이 없게 된다.

표 3-8 시판 강선류의 참고용 가격표
(건설자재 정보로부터 2000년 10월초 기준)

선번 (#)	직경 (mm)	단위중량 당 길이 (m/kg)	kg당 단가 (원)			
			보통철선	아연도철선	경강선	스텐레스강선
6	4.8	6.8	500	700	1,300	3,850(4.5mm)
8	4.0	10.1	500	700	1,300	3,960
10	3.2	15.8	510	720	1,330	4,070(3.0mm)
12	2.6	24.0	520	740	1,370	-
14	2.0	40.5	520	790	1,490	4,180
16	1.6	63.3	550	850	1,590	4,400

제 6 절 토양의 지주 지지력 측정 결과

울타리식 지주체계에 사용되는 지주는 관입깊이가 그다지 깊지 않아서 토목 구조물에서 취급하고 있는 깊은 말뚝과는 달리 얕은 말뚝에 가까운 거동을 나타낸다. 이때 지주에 걸리는 굽힘모멘트에 저항하는 얕은 말뚝에 대한 토양의 수평지지력에 대해서는 아직 충분한 검토가 이루어지지 않은 상태이고 토목공학에서 제시된 기초이론식을 근거로 하여 토양의 지지력은 3.2 절에서 언급한 바와 같이 지지력시험에 의한 경험적 판단을 필요로 한다. 표 3-9는 유럽지역에서 적용되고 있는 지주높이와 토양의 매몰깊이 관계를 제시한 것이다.

표 3-9 지주 높이와 매몰깊이 관계(유럽지역 , 단위 cm)

총 지주길이	140	160	180	200	220	230	240	250	260	270
지주매몰깊이	45	45	50	50	55	60	65	70	75	80

본 연구과제에서는 토양중 강재지주를 사용하여 토양에 대한 지지력 측정을

위한 실장시험을 실시하였다.

그림 3-21는 지지력 시험을 위하여 매몰 처리중인 지주형태를 제시한 것이며, 그림 3-22 는 과수 현장에서 매몰 처리하는 과정을 제시한 것이다

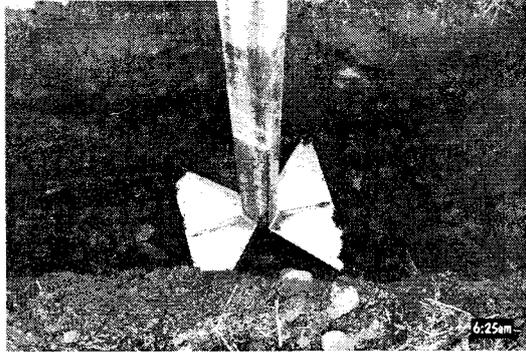


그림 3-21 매몰 처리중인 지주형태



그림 3-22 과수 현장 매몰 작업

이때 토양 매몰부에는 지주의 지지력 고양을 위한 방안으로 앞절 그림 3-14 (b)에 보인 삼각형상 날개(200x200x3.2mm)를 지주의 매몰부에 설치하였다. 시험에는 2종류의 증공 장방형 단면을 갖는 강재지주를 매몰 깊이를 80cm로

하여, 날개부착 높이를 지주의 밑면으로부터 h=0cm, 20cm, 30cm 그리고 50cm 의 네 조건으로 달리하였고, 중공 원형단면의 경우도 2 종류에 대하여 날개부착 없이 깊이 80cm로 매몰처리 하였다.

그림 3-23은 각 지주의 토양 중 매몰 조건을 나타내고 있다. 1차 지지력 실장시험을 위해 매몰조건이 다른 14개의 지주를 99년 12월 15일 - 2000년 4월 말까지 실제 과수원(사양토)에 설치하였다. 그러나 冬期에 설치한 관계로 토양이 동결하였고, 설치기간 중 경북 북부지방에는 강우량이 전무하여 지주 매몰부 주변의 토양이 충분히 다져지지 않아 지지력을 갖지 못한 상태였으나, 과수원 작업일정 관계로 부득이 1차 지지력 시험을 실시하였다

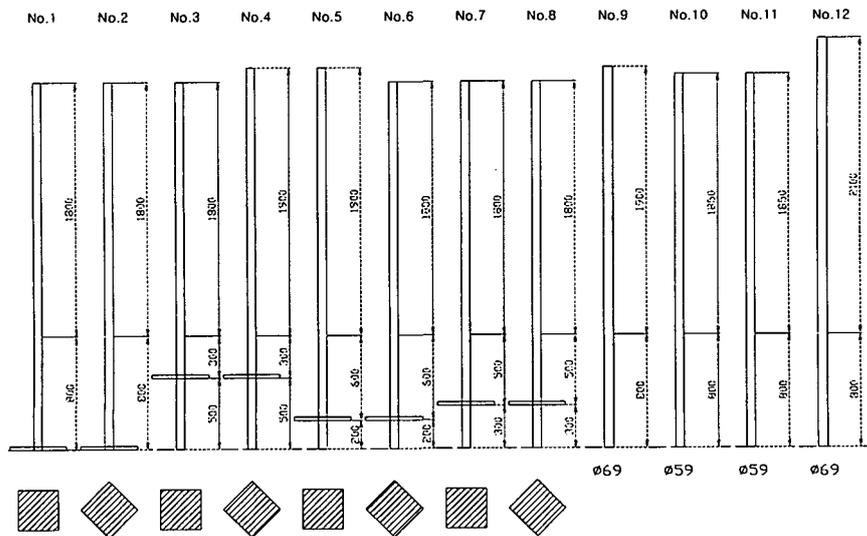


그림 3-23 토양의 지지력 시험을 강제지주의 매몰조건

그림 3-24는 토양의 지지력 실장시험시 부가되는 하중을 측정하기 위한 로더 셀(카스전자: 용량 1톤)을 사용하는 계측시스템을 도시한 것이며, 그림 3-25는 시험 장면을 제시한 한 것이다. 그림 3-26은 시험결과들을 제시한 것이다.

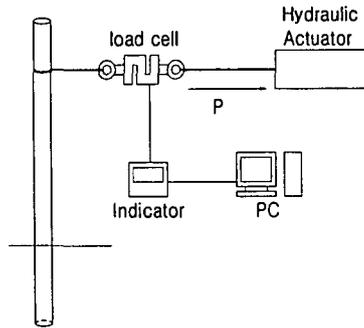


그림 3-24 시험 계측시스템의 개략도

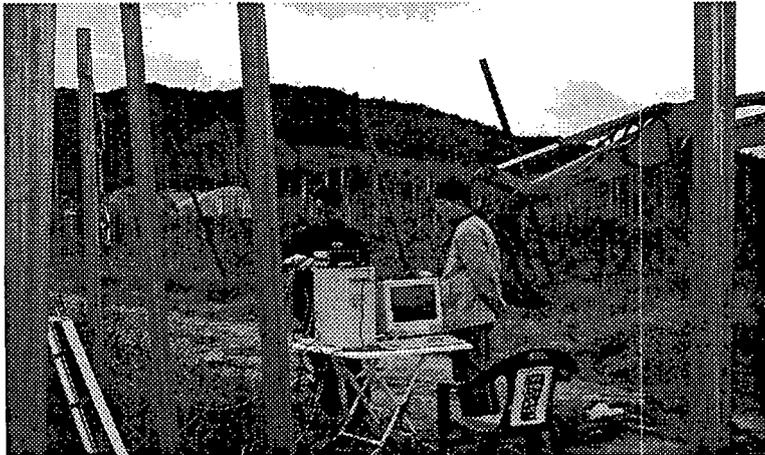
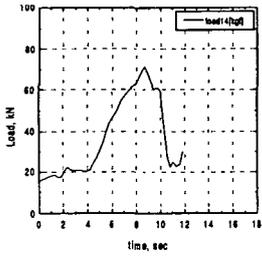
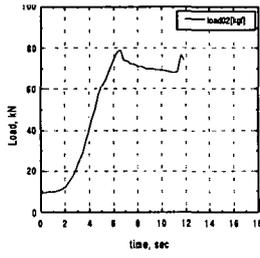


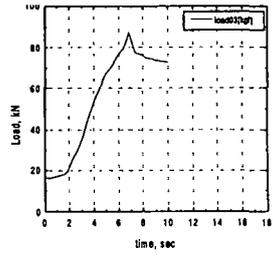
그림 3-25 시험 장면



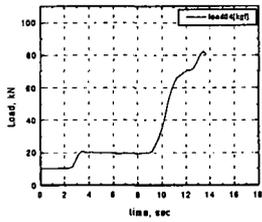
시험번호 01



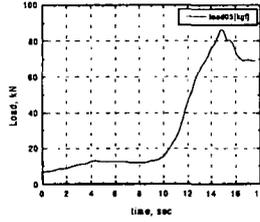
시험번호 02



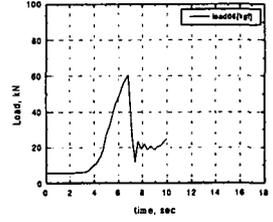
시험번호 03



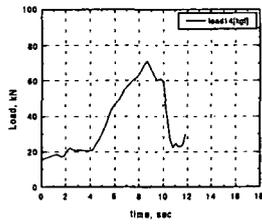
시험번호 04



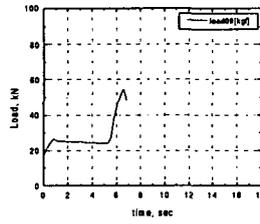
시험번호 05



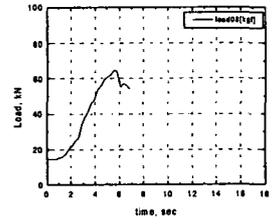
시험번호 06



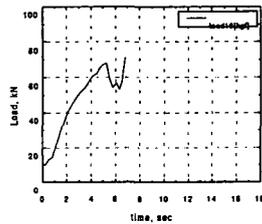
시험번호 07



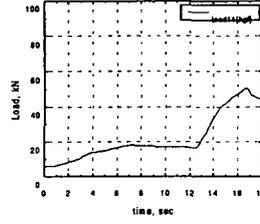
시험번호 08



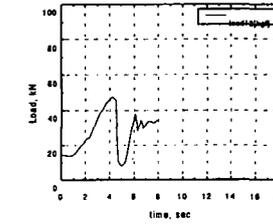
시험번호 09



시험번호 10



시험번호 11



시험번호 12

그림 3-26 시험결과들

시험 결과는 토양의 다져짐 상태가 불충분하여 강재지주의 굽힘강도 평가가 가능한 하중레벨까지 부하가 불가능하였고, 지주에는 전혀 굽힘 등의 변형이 일어나지 않았다. 또한 다양한 매몰조건에 따른 지지력의 차를 구하기가 어려웠다. 전체적으로 1kN 미만의 지지하중을 나타내었지만, 날개를 부착한 경우가 부착하지 않은 경우보다 높은 하중에 견뎌서, 지지면적 증가에 따른 효과를 볼 수 있었다. 토양이 다져지면 강풍으로 인한 장력에 견딜 충분한 지지력을 갖을 것으로 사려된다. 현재 2차 지지력 시험을 위한 지주 설치를 완료하고 토양(점토질)이 어느 정도 다져진 후 2차 시험을 계획하고 있다.

한편 외국의 저수고 과수원의 경우(미국 미시간주), 울타리식 지주에서는 매몰깊이를 90cm 이상을 권장하고 있고, 배수처리가 잘되는 토양에서는 75cm까지는 토양의 동결/해빙에 따른 용기에도 문제가 없다고 보고되어 있다. 국내의 토양과 다르고 기상 조건도 다르기 때문에 실장시험결과에 바탕을 평가가 필요하다.

따라서 지주의 적정 매몰깊이로는 토양에 따라서 다소 차가 예상되나, 가장자리지주의 경우는 80~100cm, 중간지주의 경우는 80cm 정도가 강풍도래시도 안전하게 지지력을 제공하게 된다고 판단된다.

제 7 절 결 론

울타리식 지주체계에서 처짐곡선을 이용하여 해석한 결과, 지주간 간격 6m, 주간간격을 1m로 하였을 경우, 초기 강선 설치시 처짐량 2cm 이내, 예상 최대 풍속 30m/s, 성과시의 과수 증량 40kgf의 조건에서 울타리식 지주용 강선에 걸리는 최대 장력은 2.67kN으로 계산되었다. 이 장력에 견딜 수 있는 과수 고정용 강선으로는 직경이 3.2mm 이상의 아연도금철선, 직경 2.2mm 이상 아연도강선, 그리고 직경 2mm 이상의 스텐레스강선이 적합함을 알았다. 또한 이때 사이지주에는 과수열에 직각으로 최대 0.9kN의 굽힘하중이 작용하였고, 이를 지지하기 위해서는 하중의 작용방향으로 큰 단면계수를 갖는 형강 지주를 사용하는 것이 바람직하다는 것을 알았고, 단면형상을 제시하였다. 각각의 지주재료에 대하여, 소요 단면계수와 단면형상 그리고 단위길이 당 하중을 제시하였다.

가장자리지주에는 강선에 작용하는 장력을 상쇄하기 위해 보조강선의 설치가 필요하

였고, 이들 경우에 대하여 보조강선의 설치 각도에 따른 소요자재 및 강선의 직경을 제시하였다. 이때 보조강선에는 지면과 이루는 경사각이 70도인 경우 직경 5mm의 경강선이 필요하였다. 보조강선을 사용했을 때 지주에 작용하는 굽힘 하중의 부담은 보조강선이 없는 경우와 비교하여 약 65%이상 줄어든다는 것을 알 수 있었다.

지주 시제품 및 시판품에 대하여 강도평가를 실시하였고, 그 결과를 해석결과와 비교 검토하였다. 지주재료의 방식처리와 관련한 조사결과, 개원기간중 강재의 감옥염이 사용하기 위해서는 $180\sim 275\text{g}/\text{m}^2$ 의 아연도금량이 적정함을 알 수 있었다.

지주의 토양지지력 1차 시험 결과, 토양 다져짐이 부족하여 충분한 시험이 불가하였으나 매몰부에 삼각형 날개와 같은 판의 부착은 지지력 고양에 도움이 됨을 알았고, 가장자리 지주의 경우 80~100cm의 매몰깊이가, 사이지주의 경우 80cm내외의 매몰깊이가 필요하다고 판단되었다. 2차 지지력시험을 통해 이의 확인이 필요하다.

참고문헌

- (1) J. Osterreicher, P. Tappeirer, B. Torggler 등, 1996, “왜성사과 초밀식 재배에 있어서의 유목원 관리”, 개원 설계·재식·농기관리, 안동대학교 농업과학 기술 연구소, pp. 76
- (2) H. Oberhofer, 1997, 사과나무 세장방추형 전정방법, 안동대학교 농업과학 기술 연구소, pp96
- (3) 양창현, 1995, “구조 역학”, pp. 113~127.
- (4) John A. Roberson, Clayton T. Crowe, 1997, “Engineering Fluid Mechanics”, pp. 426~457.
- (5) 장효완, 주성문, “말뚝기초설계편람”, pp. 96.
- (6) 이상덕, 1996, “토질시험”, pp. 353~361.
- (7) POSCO 기술보고서
- (8) 한국표면공학회지 1994년 8월호
- (9) RIST 전자재팀 자료

제 4 장. 지주 및 지주부속품 개발과 양산공정 개발

제 1 절. 서 설

지주의 개발을 위한 기초 연구결과 에서 지주로써 갖추어야할 여러 가지 조건들을 검토한 바 있다. 저수고 고밀식 사과원 체제 구축 사업이 진행되고 있는 현시점에서 이 사업이 원활하게 추진되기 위해서는 무엇보다 내구성이 있고 경제성이 있는 지주와 그 부속품들(이하 “지주시스템”)이 개발공급 되어야 한다. 현재 공급되고 있는 지주시스템들도 과수 농가에 공급되기 앞서 이들 자재들에 대한 내구성 검토와 경제성분석이 선행되어야 하는데 국내에서는 지금까지 이러한 연구가 수행된 바 없다.

본 장에서는 현재 보급되고 있는 자재들에 대한 내구성과 경제성 검토 분석함으로써 지주시스템의 적용에 대한 적정성을 검정하고 이를 토대로 하여 새로운 지주형태와 그 부속품들의 개발과 개발제품들에 대한 양산공정을 검토하고자 한다.

제 2 절. 지주시스템 개발의 개발방향 검토

저수고 고밀도 사과원에 대한 경제성 있는 지주체제의 구축을 위해서는 단순히 경제성 있는 지주시스템에 대한 단제품 개발로 끝나는 것이 아니라, 지주시스템의 생산기반시설, 유통문제, 설치작업 등에서 발생하는 비용 문제도 동시에 검토되어야 한다. 다시 말하면 값이 저렴한 지주시스템을 개발했다고 해도 이들 자재들을 제작하기 위한 시설투자 비용이 많이 소요된다거나 무게가 무거워 유통 비용이 많이 소요되거나, 작업의 용이성을 확보하지 못해 설치비용이 많이 소요되면 지주체제를 구축하는 최종적인 결과에서는 결국 경제성이 떨어진다. 이와 같이 지주시스템의 개발은 많은 개발 변수를 동시에 검토해야 한다.

지주시스템들에 대한 내구성 검토는 현재까지 적용되고 있는 자료나 테스트 장비로써 가능하다. 경제성 검토는 복잡하고 예상할 수 없는 변수들이 많기 때문에 상당히 어려운 문제이다. 본 장의 주제인 지주 및 부속품 시제품 개발과 개발제품의 양산공정 개발이란 주제하에서 경제성 검토라는 복잡하고 어려운 과제를 추가로 언급하는 하는 것은 단순히 개발 결과만으로 끝날 경우 농가 보급차원에서는 의미가 없는 결과가 될 수 있기 때문이다.

따라서 내구성과 경제성 있는 지주 시스템 구축을 위해서 현재 적용되고 있는 지주자재들과 개발될 지주자재들을 원점에서 다시 검토하여야 한다. 이러한 검토를 위해서는 앞장에서 언급된 내용들을 다시 부연 설명될 필요가 있다.

지주 체제 구축이란 차원에서 자재의 선정, 개발, 생산, 공급 그리고 설치까지의 전과정을 지주으로써 가능한 모든 자재에 대하여 원점에서 비교·검토하였다. 이러한 비교·검토를 위한 제반과정을 다시 정리하면 아래와 같다.

자재선정 검토 ⇒ 개발연구 ⇒ 예비설계 ⇒ 자재선정 ⇒ 시제품제작 ⇒ 수정·보완 재설계 ⇒ 생산 공정개발 ⇒ 설계 ⇒ 금형 및 생산 시스템 설계 ⇒ 금형 제작 및 생산시스템 구축 ⇒ 제품생산 ⇒ 유통 ⇒ 설치.....(1)

지주의 경우는 지주 시스템의 소비처인 과수원에 설치완료 할 때까지 소요되는 최종 구축원가를 고려해야 하는데, 유통비용 + 설치비용이 추가된다. 여기서 유통비용은 주로 자재의 부피와 중량에 관계되며, 설치비용은 지주의 무게, 각 부품들의 설치작업의 용이성 등에 따라 인건비 상승 요인이 생기기 때문에 지주 시스템의 개발 초기단계에서 이러한 문제까지 동시에 고려해야 한다. 결국 최소의 비용이 투자될 수 있는 개별 과정의 검토와 이들 자료로부터 총체적 검토가 이루어져야 한다. 즉 총 투자비용 측면에서 원가가 최소가 되는 쪽으로 최적화 해야 한다. 그러나 지주시스템으로써 변함없는 요구조건은 내구연수가 적절한 강도에서 최소 15년 이상은 견디어야 한다는 것이다. 이러한 내구 연수는 사과원 교체 연수를 최소 15년으로 보고 저수고 사과원 지주의 특성상 한번 설치된 지주시스템은 일부 부품을 제외하고는 내구연수 기간 동안 교체가 매우 어렵기 때문이다.

이상의 검토 결과에서 나타난 바와 같이 많은 변수를 고려하여 새로운 제품을

제시한다는 것은 매우 어려운 일이다. 따라서 우선 외국의 사례를 검토하고, 여기에 국내의 여건을 고찰하기로 하였다.

1. 지주자재의 선정 검토

지주시스템의 개발접근은 시스템에서 중심이 되는 지주에서부터 시작하기로 하였다. 지주는 사과나무에 부가되는 외력에 대한 최종 버팀목의 역할을 할뿐만 아니라 비용면에서도 가장 많은 부분을 차지하기 때문이다. 외국의 경우 지주으로써 활용되고 있는 자재는, 목재, 콘크리트, 강재 및 플라스틱 4종류의 지주가 생산되고 있었다. 현지를 답사하여 분석한 결과 목재와 콘크리트 지주가 주종을 이루고 있으며, 모두 자국에서 값싸게 구입할 수 있는 자재를 선택하고, 이들 자재에 적절한 제조공법을 개발하여 적용하고 있었다. 예를 들면, 이태리 티놀 지방은 콘크리트, 독일의 요크 지방은 목재를 활용하고 있었다. 플라스틱과 강재 지주가 전시회장에 전시되고 있었으나 현장 적용은 아직 미비한 것 같았다.

이러한 4 종류의 자재는 현재 국내에서도 지주으로써 가능한 모든 것이라 할 수 있다. 따라서 우선 지주 자재의 선정에 대한 고찰을 위해 이 4가지 자재에 대해 검토하였다.

가. 플라스틱류

플라스틱류는 우선 가볍고 가격이 저렴하고 부식이 발생하지 않기 때문에 일부 건축용이나 농자재로 활용되고 있다. 강도면 특히 굽힘강도면에서 약한 면이 있으나 적절한 현상설계로 이 부분은 극복할 수 있다. 그러나 자외선(UV)에 치명적이어서 내구성에 약하여 과원 지주으로써는 부적합한 것으로 판단하였다. 그러나 금년 봄 유럽 현지 답사 결과 유럽에서는 플라스틱류 과수원 지주가 생산되고 있었고 샘플을 가지고 와서, 국내 우수 화학 연구소 및 생산업체와 논의한 결과 현재 국내 기술으로써는 10년 이상의 내구성은 보장할 수 없으며, 특수 복합 재료나 강재와 복합하는 형태인 경우는 15년 이상의 내구성은 가능하나 생산단가 높아 개발 자재에서 제외하였다.

나. 목재

목재의 경우는 옛날부터 건축자재로써 많이 활용되고 있는 자재이다. 그러나 가공된 원자재를 그대로 과수원과 같은 환경에 적용할 경우 단기간에 부식하기 때문에 지주로서의 가치가 없다. 아카시아나 참나무의 경우 방부처리 없이도 상당기간 견디겠지만 소나무나 낙엽송 등 침엽수의 경우 충분히 건조시키고 방부처리를 하여야 지주로 이용할 수 있다. 건축용으로 유통되고 있는 각목은 고가이고 방부처리를 따로 해야하기 때문에 실용성이 없다. 그러나 최근 숲가꾸기 사업으로 침엽수 중 직경 12cm 이하의 경우 경제성이 없어 버려지는 경우가 대부분인데 이를 모아 박피·건조한 후 방부처리하면 지주로 활용할 수 있을 것이다.

다. 콘크리트

콘크리트지주는 무엇보다 튼튼하면서 부식이 발생하지 않기 때문에 장기간 사용이 가능하다. 일반적인 수명은 30년 이상 가능하나, 지주로서 가장 중요한 요소 중 하나가 전단강도인데, 콘크리트는 이것이 약하기 때문에 이를 보강하는 제조공법이 필요하다. 또한 부피를 줄이고 강도를 강화 할 수 있는 제조공법도 필요하다. 이러한 공법은 강선의 초기 장력상태, 재료의 배합비율과 혼합정도, 양생조건, 콘크리트 내부 강선의 위치등에 따라 강도차이가 많이 날 수 있어 콘크리트의 품질은 생산품질관리에 좌우 될 수 있다. 현재까지 국내에서는 사과원 지주에 적합한 콘크리트지주를 생산하는 곳은 없었지만, 경북 영주의 한 업체가 본 연구진과 긴밀히 협조하여 사과원 전용의 강화 콘크리트 지주개발에 성공하여 양산 시스템을 구축하고 있는 중이어서 조만간 농가 보급이 가능하리라 생각된다.

라. 강재

강재는 다른 지주에 비해 탄성영역이 크고 헐사리 뿌러지지 않기 때문에 지주으로써 많은 강점을 가지고 있다. 시중에는 배관용과 더불어 건축용등 다양한 규격의 각형 또는 원형파이프가 비교적 저렴하게 공급되고 있어서 구입이 용이한 자재이다. 이러한 강점으로 인하여 현재 농가에서 가장 많이 활용되고 있는 지주 자재이다. 단점은 부식에 약하여 내구연수 15년을 보장하기 어렵

다. 부식을 고려하여 강재의 두께를 크게 할 경우 자재비용이 상승된다.

2. 지주자재의 생산기반시설 검토

지주으로써 개발 가능한 자재에 대하여 농가에 대량으로 공급될 수 있는 국내 생산·기반시설을 검토하였다. 이러한 생산·기반시설의 검토는 자재가공 공법의 적절성과 개발지주가 저렴한 가격으로 농가에 지속적으로 공급이 가능한 체제인지를 검토하는데 중요한 요인이 되기 때문이다. 앞서 검토된 플라스틱류는 생산기반시설 검토대상에서 제외하였다.

가. 목재

목재의 경우, 지주으로써 사용함에 있어 현재 더 이상의 가공공정이 필요치 않으며, 기존의 생산시설을 보완하거나 새로운 제조공법을 개발할 필요없이 목재지주를 생산할 수 있는 것으로 검토되었다. 현재 임업협동조합 여주 임산물 유통센터와 몇몇 민간업체에서 간벌 원주목을 방부처리하고 있어, 주문 구입할 수 있다. 다만 원가를 줄이기 위하여 간벌목을 싼값으로 수집하고 지속적으로 공급할 수 있는 체제를 구축하는 것이 필요하였다.

나. 콘크리트

콘크리트는 시중에 쉽게 조달할 수 있는 자재지만, 전단력에 약하고 무게 많이 나가기 때문에, 부피와 무게를 줄이면서 제품을 만들기 위해서는 특수한 공법이 필요하다. 앞서 언급한 바와 같이 영주의 한 업체가 본 연구진과 긴밀히 협조하면서 이러한 공법을 개발하여 일부 지주를 현장에 설치한 바 있으며, 강화콘크리트 생산공장을 짓고 있으므로 조만간 공급이 가능하리라 생각된다.

다. 강재

강재의 경우 현재 사용되고 있는 파이프는 따로 공정을 개발할 필요도 없이 손쉽게 구할 수 있는 일반적인 자재이다. 그러나 앞서 언급된 바와 같이 현재의 파이프 도금방법으로는 부식에 대한 안정성을 확신할 수 없다. 따라서

파이프의 내부식성을 강화하기 위해서는 자재 생산시 기존의 방법 아닌 용융도금 공정이 도입되어야 할 것으로 사료된다.

또한 절단공정에서 6m와 9m로 생산되고 있는 현재 공정에서 3.5m와 7m로 생산할 수 있는 공정개발이 필요하다. 이상의 분석으로 보아 지주으로써 현재 사용할 가능한 자재는 강재 뿐이다. 그러나 콘크리트의 경우는 양산 공정이 개발되어 조만간 시판이 가능하고, 목재도 수요 창출만 되면 시판이 가능한 상태이다. 세 자재에 대한 양산 공정과 대량 생산 체제에는 문제가 없다. 다만 강재의 경우 현재 파이프 생산라인에서는 용융도금공정과 새로운 절단공정이 필요한 상태이다.

3. 지주자재 적정 규격선정과 농가 적용 현황분석

제 3장에서 제시된 바와 같이 지주으로써 가능한 크기는 목재의 경우, 울타리식 사이지주는 80-100(mm), 가장자리 지주는 100-120(mm)라면 지주으로써 활용이 가능하다. 파이프의 경우는 사이지주는 $\Phi 48.6\text{mm}$ 3.0t(시중에서는 통칭 48mm임), 가장자리 지주의 경우 $\Phi 62\text{mm}$ 3.2t 이상이면 가능하다.

콘크리트의 경우 현재 시제품을 기준으로 할 경우, 사이지주는 70-80-70(mm)와 가장자리 지주는 90-100-90(mm)가 적합한 것으로 사료된다.

현재 농가의 적용 현황을 보면 대부분 강재 파이프이며, 콘크리트인 경우는 이제 시작단계이며, 목재의 경우는 시범농장 이외는 설치된 곳이 없다.

상기에서 제시된 적정 규격은 이론 계산치를 기준으로 한 것이어서 지역 환경(풍속, 과수원의 위치 등)에 따라 적용 규격에 차이가 있을 수 있다.

유럽의 경우 풍속 27 m/sec을 기준으로 지주철선 2.2mm를 사용하고 있는 것을 보면 본 연구진이 풍속 30m/sec를 기준으로 하여 계산한 결과는 2.2 - 2.5mm 지주철선이 필요하였다.

이상의 연구결과로 볼 때 본 연구진의 지주강도 해석결과는 타당성이 있다고 사료된다.

따라서 현재 농가에서 사용되고 있는 $\Phi 48.6\text{mm}$ 1.9-2.0t의 파이프는 내구연수(15년)의 검증이 필요하다. 또한 농가에서 가격이 싼 관계로 파이프 여분을 용접한 파이프나, 규격 파이프가 아닌 것, 기준미달의 건축용 파이프 등을 사

용하고 있는데 이러한 파이프들은 지금 현재로서는 문제가 없지만 부식의 발전과 결함에 의한 파괴로 사과원이 도괴될 우려가 있다.

이러한 도괴 피해는 사과원의 성숙단계에서 일어날 수 있는 사항이므로 그 피해가 클 수 있다.

4. 지주자재의 지주시스템 적용시 장. 단점 비교

목재, 파이프, 콘크리트에 대한 위와 같은 분석결과를 토대로 하여 각 재료를 사과원 지주 시스템으로 적용했을 때 경제적 측면에서 각 자재에 대한 장단점을 비교해 보면 표 4-1과 같다. 앞서 제2장에서 제시된 소요부품과 설치비용의 분석은 실제 설치과정에서 투입된 비용이며 본장에서 제시된 비용은 개발결과에서 선정된 결과를 제시한 것이며, 각 지주형태에 같은 비용으로 소요되는 부속품은 제외 하였다.

분석대상은 지주부속품이 많이 소요되는 울타리식 지주체제로 하였고, 제시된 지주와 그 부속품들의 가격은 현재 시판되고 있거나 개발제품에 대한 예상단가 들이다.

표 4-11 각 재료의 지주 시스템 적용시 경제적 장·단점 비교

	목재	파이프	콘크리트	비고
지주자재의 단가	13,000(원)/3.5m (φ 80,)	7,900(원)/3.5m (φ 48.6mm,3.2t,)	7,000(원) / 3.5m (70x70x80,)	생산지나 중도매상 의 구입가임 유통비용은 제외
지주유통비용	86.205(N), 8.62(kg _f)/1개	121.27(N), 12.127(kg _f)/1개	419.57(N), 41.957(kg _f)/1개	콘크리트의 무게 파 이프 무게의 3.5배
지주설치비용	*현재증장비작업 기사의 1인 필요 *굴착기 개발시 1인 설치 가능	*현재증장비작업 기사의 1인 필요 *굴착기 개발시 1인 설치 가능	*현재증장비작업 기사의 2인 필요 *굴착기개발해도 2인 필요	과수 현장의 작업시 콘크리트는 한 사람 작업이 불 가능
지주 내구성	<p>* 콘크리트</p> <p>장점: 제조공법개발과 품질 관리가 완벽하면 3 자재중 내구성 가장우수</p> <p>단점: 균열이 발생한 상태에서 일정한 힘이 부가되면 콘크리트가 부러지게 되는데, 이 경우 콘크리트 자중이 사과나무에 오히려 큰 하중을 가하게 됨</p> <p>* 파이프</p> <p>장점 : 부러져서 붕괴되는 현상이 없고, 지속적 하중에도 내구력이 강함</p> <p>단점 : 부식에 약함</p> <p>* 목재 (방수처리)</p> <p>장·단점 : 일정 힘에 내구력이 있으나, 취성 파괴에 약함, 강도에 대한 재료의 균질성 없다</p>			
철선 고정방법	구멍가공 혹은 부속품	구멍 가공 혹은 부속품	부속품 500원/개당	현재는 부속품 설치비용이 더 많음
철선설치비용	<p>* 구멍에 통과시켜 철선을 설치하는 작업일 경우 ; 철선 100m 1줄을 설치하는데 4명이 1시간 소요.</p> <p>* 부속품을 사용할 경우 ; 100m 1줄을 설치하는데 3명이 1시간 소요.</p>			
부 속 품	지주받침대 (지하)	필요치 않음	필요	필요치 않음
	지주고정 철선조임쇠	단순(700원/개)	단순(700원/개)	복잡(1,900/개)

표 4-1. 의 분석결과는 현재 각 지주 시스템들의 개발이 진행 중이기 때문에 명확한 투자비용 비교는 어렵다. 또한 비용으로는 산출하기 어려운 작업의 용이성 등이 있었을 수 있다. 그러나 현재까지의 결과로 예상 될 수 있는 부분을 분석한 것이다.

비교대상은 기초 연구결과에서 사이지주로 가능한 규격을 기준으로 하였으며 목재는 직경80mm , 파이프는 직경48.6mm, 두께 3.2t, 콘크리트는 70x70x80, 길이는 모두 3.5m에 대하여 검토 되었다.

위의 분석 결과에서 어떤 자재를 선정하여 지주시스템을 구축할 때 각 지주자재의 특성상 콘크리트 지주시스템은 지주자재 원가가 싼 반면 부속품이나 설치비용이 많이 들고, 강재 파이프 지주시스템은 지주자재는 비싼 반면 부대비용이 적게 소요된다.

제 3 절. 기능성 지주의 개발

1. 기능성 지주 개발의 필요성

이상의 분석에서 보면 지주로서 가능한 자재는 목재, 콘크리트 및 강재이다. 이들 자재를 이용하여 지주시스템을 구축하는 데는 별 문제가 없어 보인다. 그러나 현재 사용되고 있는 자재는 대부분 강재이며 직경48.6mm에 두께 2.0-2.3mm 파이프들이 활용되고 있다. 이러한 파이프들은 강도와 내부식성에 대한 검정이 없는 상태에서 사용되고 있기 때문에 문제점이 있다. 안정성 확보를 위하여 현재 유통되고 있는 두께 3.2mm 이상의 파이프를 사용할 경우는 자재값 상승이 뒤따른다. 현재 판매되고 있는 파이프의 표준 단위 길이는 6m, 9m이며 3.5m의 지주를 만들 경우는 원 파이프의 여분을 버려야 하므로 손실이 크다. 또한 파이프를 구입해서 와이어를 끼우기 위해서는 구멍을 내는 작업을 따로 해야 한다.

따라서 상기의 문제점을 해소하기 위하여 본 연구진은 새로운 강재 지주를 개발하기로 하였다. 개발될 강재지주에 기능성을 부여하여 지주설치 작업의 용이성을 확보함으로써 설치인건비를 절약할 수 있게 하고, 부차적으로 지주 시스템 구축의 초기 단계에서 다양한 지주 형태를 제시 함으로서 지주개발의 가

능성을 넓게 확보하기 위하여 기능성 강재지주 개발을 시도 하기로 하였다.

2. 기능성 지주 개발의 방향

강재로 기능성 지주를 개발하고자 하는 것은 앞서 논의한 바와 같이 대량 생산이 가능하고 취급하기가 용이하며 손쉽게 구할 수 있는 이점이 있기 때문이다. 단점은 가격이 비싸고 부식 문제를 해결해야 된다는 것이다. 따라서 강재를 이용한 지주의 개발방향은 현재 강재 파이프를 이용할 경우 보다 적은 비용으로 지주 시스템을 구축할 수 있는 방법과 내부식성을 강화하는 공정을 포함해야 한다. 강재 지주 시스템의 구축비용 절감은 자재의 원가 개념을 벗어나서, 앞서 분석된 전체시스템 측면에서 구축원가를 절약할 수 있는 방법을 생각해야 한다. 이러한 방법은 두 가지 측면에서 접근할 수 있다
첫째, 원자재를 가공할 때 기능성이 부여된 지주를 개발함으로써 시스템 구축 시 소요되는 부속품을 줄이거나 저가로 개발할 수 있는 여지를 살리고, 둘째는 지주시스템 구축 작업의 용이성을 부여함으로써 노동력을 절감할 수 있다면 결과적으로 전체 지주시스템을 구축하는데 필요한 투자비용을 줄일 수 있다.

3. 개발과정

다음과 같은 절차에 따라 기능성 지주를 개발하였다. 개발대상은 울타리식에서 사이지주로 하였다. 개별식 지주체제인 경우는 기능성 지주가 의미가 없기 때문이다.

①기초 연구로부터 단면계수 확보 ⇒ ② 단순모형의 제작 과 강도 테스트⇒
③기능성을 부여한 모형 개발 ⇒ ④설계 ⇒ ⑤시제품 제작 ⇒⑥ 강도 테스트

여기서 ②의 과정은 기능성 지주에 대한 시제품을 곧 바로 제작할 경우 시제품 금형 개발비용이 크기 때문에 반복실험을 할 수가 없다. 따라서 우선 단순모형의 Roll Forming제품을 제작하여 테스트를 함으로써 기능성지주의 가능

성을 예비 점검하는 성격의 단계이다.

가. 단면계수값

지주자재를 인장강도 400Mpa인 구조강으로 사용할 경우 앞서 연구결과에서 제시된 바와 같이 가장자리 지주로서 요구되는 단면계수는 $Z=6250\text{mm}^3$ 이고 사이지주로서 요구되는 단면계수는 $Z=4400\text{mm}^3$ 이다. 이를 만족하는 형상을 찾기 위하여 모형을 검토하고 이 모형에 대한 면적대비 단면계수값을 CAD의 sub 프로그램으로 계산하였다. 그림 4-1은 이러한 이러한 계산 과정을 통하여 사이지주에 적합한 모형을 찾아가는 과정을 도시한 것이다

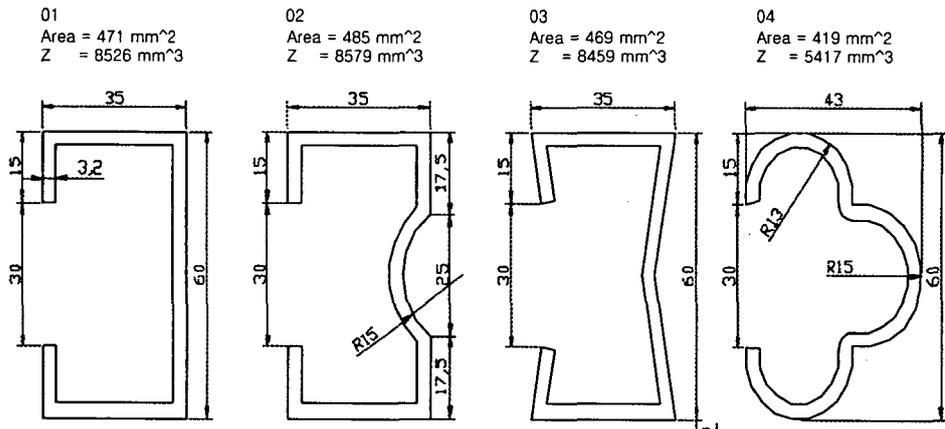


그림 4-1 단면계수에 의한 단순모형 지주의 단면형상 설계 예

나. 단순모형 제작과 강도테스트

일반적으로 지주의 단면계수 값을 크게 할수록 외력에 대한 지주의 항력이 커진다. 따라서 기능성 지주설계의 최종목표는 같은 단면적, 즉 같은 량의 재료로써 단면계수가 최대가 되고 동시에 기능성이 부가된 모형을 고안하는 것이다. 그러나 시제품 개발 측면에서 보면 단면계수가 큰 복잡한 형상을 고안하여 바로 시제품 제작을 시도할 경우, 개발비용 낭비를 초래할 수 있다. 따라서 개발비용 낭비를 줄이기 위해 우선 단순한 모형부터 제작하여 이들의 강

도성을 평가한 후, 결과 자료를 토대로 하여 기능성 지주를 설계·제작하기로 하였다. photo. 4-1는 설계된 모형 그림4-1를 개량하여 Roll Forming으로 제작한 시제품이다. 제작된 시제품의 강도를 테스트하기 위하여 제 3장에서 사용된 시험기로 같은 방법으로 굽힘 강도 시험을 하였다. 실험자재 길이는 1,500cm이며, 테스트 값의 신뢰성을 위해 5개 시편을 테스트하여 평균값을 취하였다. 그림 4-2는 그 결과를 제시한 것이다.

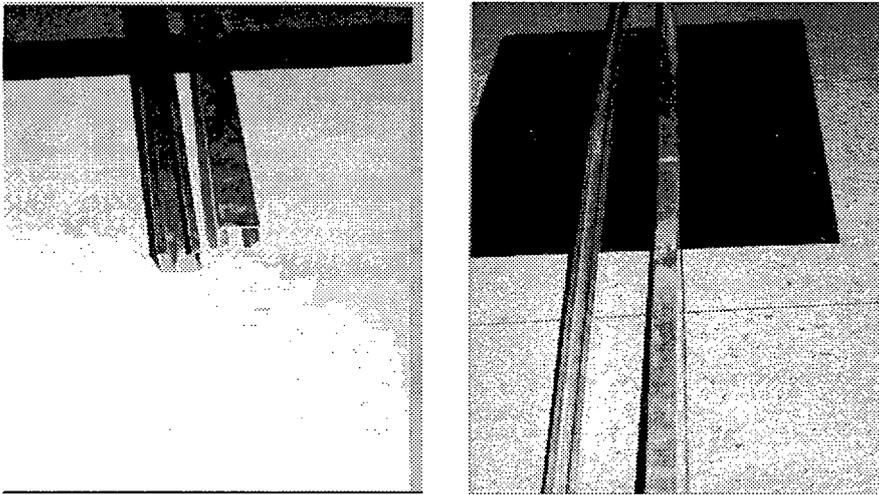


Photo. 4-1 단순형태의 Roll Forming 시작품.

Roll Forming 자재와 다른 지주자재들과의 강도를 비교하기 위하여 앞서 제시된 결과들을 함께 제시하였다. 표 4-2은 이들 결과를 정리한 것이다. 그래프와 표 4-2의 2, 5 그리고 6번에서 보면 파이프 $\varnothing 48 \times 2.0$ 의 단면적은 289mm^2 이고, $\varnothing 43 \times 2.5$ 의 단면적은 318mm^2 이고, 그리고 U자형 $43 \times 40 \times 2.5$ 는 308mm^2 이다(시험결과 그래프에서는 40×40 으로 표기. 실제형상에서 끝단 마감처리 제외 한 수치임).

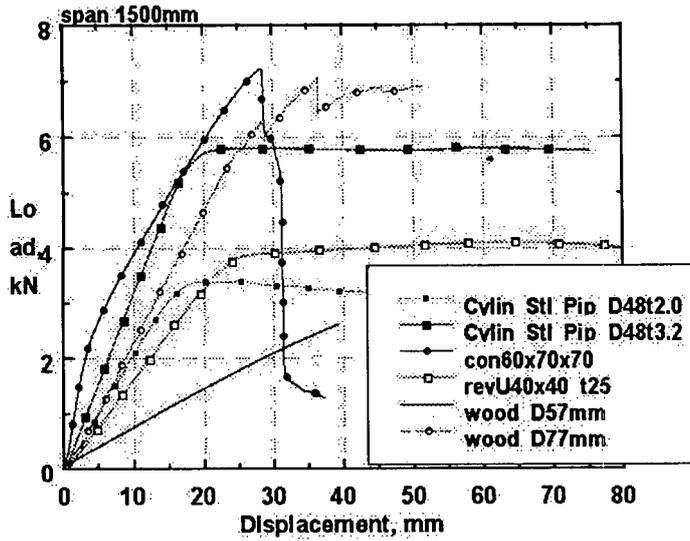


그림4-2: 단순형태의 Roll Forming 시작품 테스트 결과

허용 하중은 파이프 $\varnothing 48 \times 2.0$ 가 0.44kN이며, $\varnothing 43 \times 2.5$ 이 0.36kN, U자형강 $43 \times 40 \times 2.5$ 이 0.51kN으로 경우에 따라서는 단면적이 큰 파이프 보다는 Roll Forming 제품이 강도가 강하다. 이것은 재료의 강도가 서로 다른 이유로 차이가 날 수도 있지만, 두 파이프와 Roll Forming U자형강 $43 \times 40 \times 2.5$ 를 제작하는 원가가 비슷하다는 것이 중요하다, 즉 비슷한 생산원가로 Roll Forming 공정으로 강도가 높은 지주를 만들 수 있다는 가능성을 보여주고 있다

표 4-2 단순형태 Roll Forming재의 굽힘시험 결과

번호	강재 빔의 재원			스팬 (mm)	굽힘시험결과(평균치)				2.5m높이 허용하중 (S.F.=1.2 적용시*) (kN)
	호칭 (mm)	단면적 (mm ²)	단면계수 (mm ³)		굽힘 하중 (kN)	최대하중점 변위량 (mm)	극한 굽힘강도 (MPa)	탄성 계수 (GPa)	
1	Ø60 t2.0	364	5.11x10 ³	1,500	4.8	14.5	352	210	0.6
2	Ø60 t3.5	621	8.30x10 ³	1,500	10.1	17	456	-	1.26
3	Ø48 t2.0	289	3.19x10 ³	1,500	3.5	18	411	-	0.44
4	Ø48 t3.2	450	4.73x10 ³	1,500	6.1	20	483	-	0.76
5	Ø43 t2.5	318	3.05x10 ³	1,500	2.9	28	356	-	0.36
6	I자형 43x40xt2.5	308	3.50x10 ³	1,500	4.1	60	439	-	0.51

다. 기능성 지주의 설계와 시제품개발

상기의 결과로부터 기능성 지주의 개발 가능성을 검토하고, 외국의 사례와 또한 단순모델 설계와 테스트 결과를 기초로 하여 그림4-3A과 같은 기능성 지주를 설계하였다. 그림4-1의 형상에서 단면계수를 증가시키기 위하여 굴곡 면수를 많이 만들었고, 이러한 결과는 굽힘 모멘트에 대한 항력을 증가시킬 수 있다. 지주의 측면에 슬롯구멍들을 만들어 철선과 같은 지주 부속품들의 설치작업이 용이하도록 기능성을 부과하였다.

설계된 지주와 같은 시제품을 만들기 위해서는 Roll Forming을 위한 금형 개발이 필요하지만 개발비용이 비싸기 때문에 절곡가공으로 제작하여 시험 테스트하기로 하였다.

Photo. 4-2는 절곡가공에 의하여 만들어진 기능성 지주의 시제품이다.

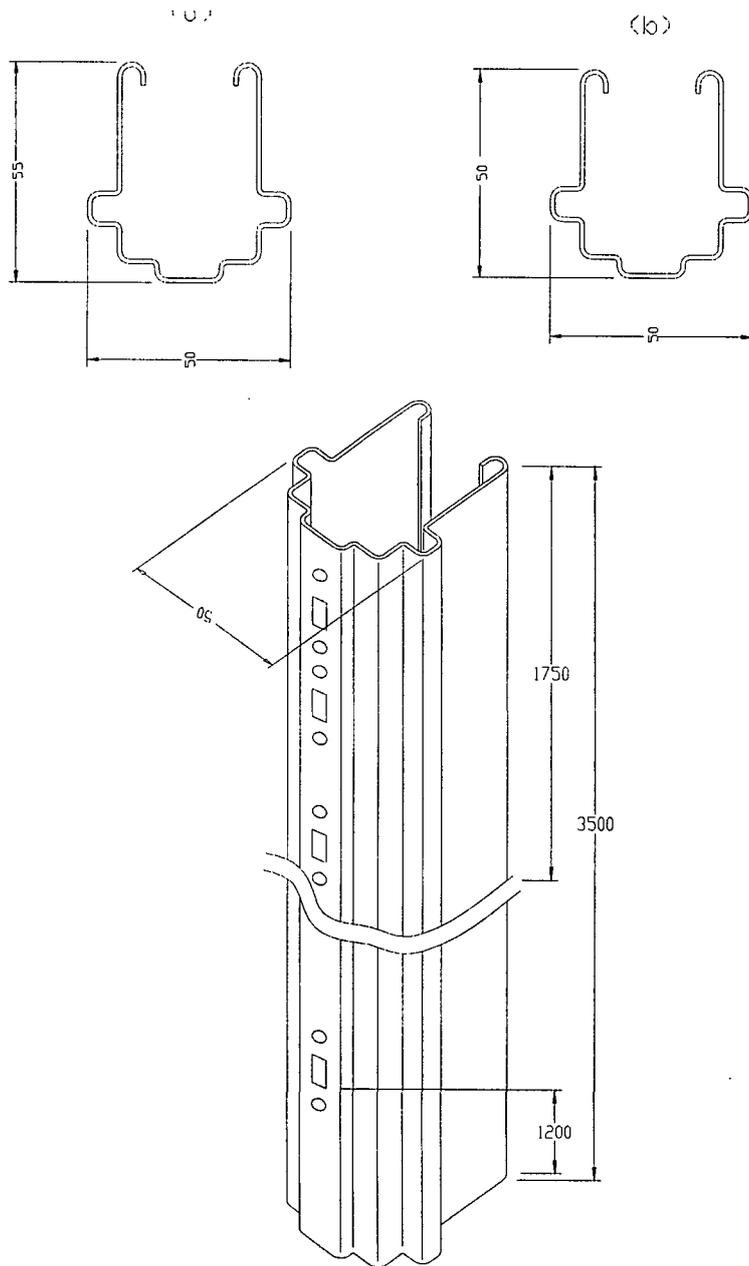
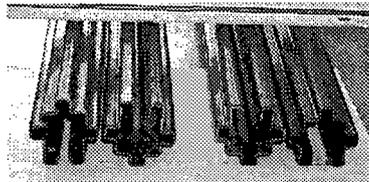
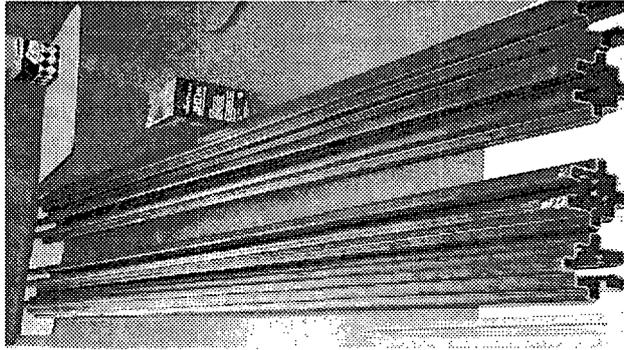


그림4-3A 개발 기능성 지주의 설계도면



(a) (b)

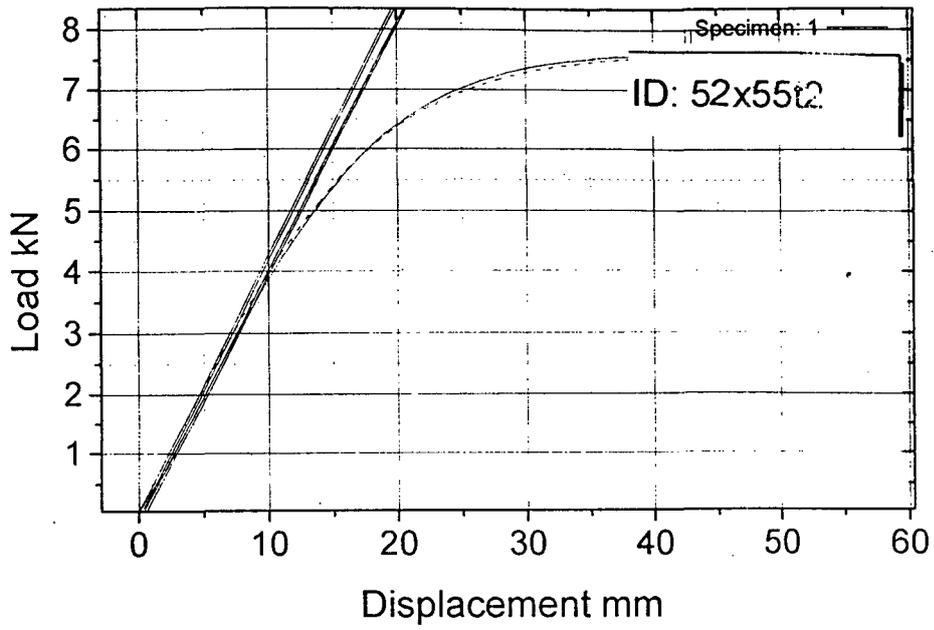
Photo. 4-2 기능성 지주의 시작품

라. 시제품 기능지주와 다른 지주의 강도 테스트 비교

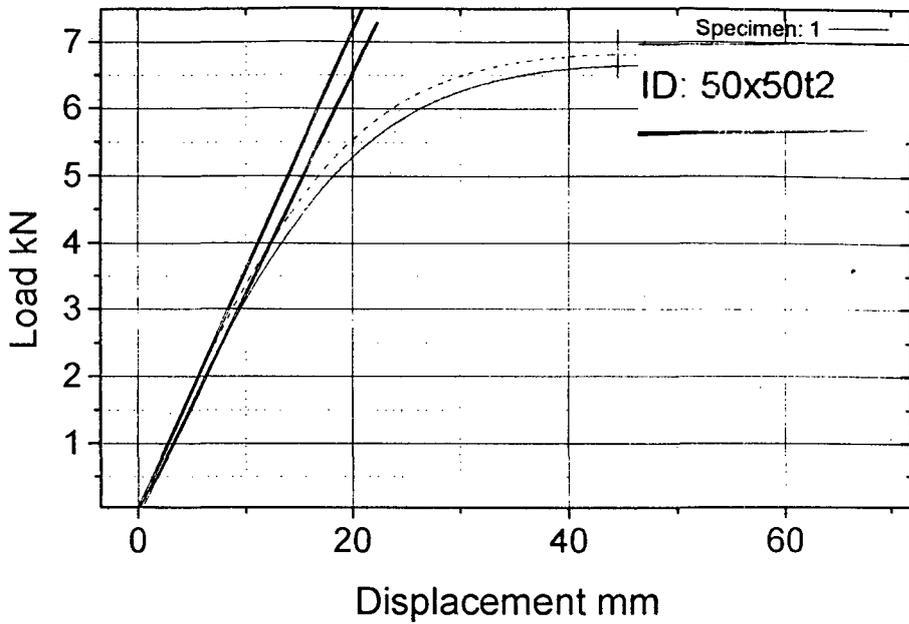
Photo. 4-2(a)는 외부 규격이 50x55x2.5t이고, Photo. 4-2(b)는 외부규격이 50x50x2.5t인 시제품이다. 시제품의 굽힘 강도를 알아보기 위하여 굽힘 시험을 하였다. 그림4-3B는 그 결과를 제시한 것이다.

그림4-3B(a)은 Photo. 4-2(a)와 같은 단면 형상의 결과이고, 그림4-3B(b)은 Photo. 4-2(b)와 같은 단면 형상 결과이다.

표4-3은 개발 기능성 지주 및 각종 지주 자재의 물성치와 강도 테스트 결과를 정리한 것이다. 시험결과 그래프 나타난 결과와 표 4-3에 정리된 사이지주 로써 적합한 3번의 파이프와 기능성지주 결과인 8,9번을 비교해 보면 1500mm에서의 허용하중이 각각 7.6KN, 6.7KN이고, 지주의 지상 높이 2500mm로 환산했을 때 안전계수 1.2로 하였을 때 0.82KN 0.73KN 값이 된다. 이는 강재 파이프 $\phi 48$ t3.2의 값 0.76KN에 근접한 값이다. 개발된 2개의 기능성 지주중 규격이 작은 크기에도 강도면에서는 문제가 없다고 볼 수 있다.



(a)



(b)

그림 4-3B 개발 기능성 지주의 강도 테스트 결과

표 4-3 개발 기능성지주와 각종 지주자재의 물성치 및 강도 테스트 결과

번호	강재 빔의 재원			스팬 (mm)	굽힘시험결과(평균치)				2.5m높이 허용하중 (S.F.=1.2 적용시*) (kN)
	호칭 (mm)	단면적 (mm ²)	단면계수 (mm ³)		굽힘 하중 (kN)	최대하중점 변위량 (mm)	극한 굽힘강도 (MPa)	탄성 계수 (GPa)	
1	Ø60 t3.5	621	8.30x10 ³	1,500	10.1	17	456	-	1.26
2	Ø48 t2.0	289	3.19x10 ³	1,500	3.5	18	411	-	0.44
3	Ø48 t3.2	450	4.73x10 ³	1,500	6.1	20	483	-	0.76
4	Ø43 t2.5	318	3.05x10 ³	1,500	2.9	28	356	-	0.36
5	Ø43 t3.0	377	3.53x10 ³	1,500	4.4	51	467	-	0.55
6	Ø34 t2.0	201	1.52x10 ³	1,500	1.7	24	420	-	0.21
7	Ø34 t3.0	292	2.08x10 ³	1,500	3.0	32	541	-	0.38
8	기능성 50h55t2.5	479	4.41x10 ³	1,500	7.6	43	560	-	0.82
9	기능성 50h50t2.5	454	3.62x10 ³	1,500	6.7	46	601	-	0.73
10	U자형 43x40xt2.5	308	3.50x10 ³	1,500	4.1	60	439	-	0.51

마. 기능성지주의 경제성 분석

표 4-4는 대량 생산 체제를 구축했을 때 예상할 수 있는 기능성 지주의 생산 단가와 각종 지주들의 시스템 구축시 경제성을 비교·검토한 것이다. 각 지주시스템에 공통으로 같은비용으로 소요되는 부속품은 비교에서 제외하였다. 기능성 지주시스템과 파이프지주 시스템을 비교 해 볼 때, 지주의 단가는 기능성 지주가 개당 1,600원 정도 비싸지만, 기능성 지주는 철선 고정을

위한 구멍작업이나 부속품이 필요 없으며, 철선 설치 작업도 용이하여 설치인건비를 절약할 수 있다. 따라서 지주 하나 당 철선 고정부품이 4개가 소요된다고 했을 때 2000원 정도이며, 기능성지주의 경우는 이 금액만큼 절감이 가능하며, 만약 파이프에 부속품을 사용하지 않고 구멍을 4개를 가공할 경우는 명확 계산하기는 어렵지만 가공비가 소요된다. 따라서 기능성지주가 현 파이프지주 보다 경제성이 있다고 볼 수 있다.

콘크리트 지주시스템의 경우 지주자재는 저렴하지만 자중이 무거운 관계로 지주의 소요 개수를 300개/(3000평)로 잡을 때 콘크리트 무게는 약 12,000kgf가 되고 강재의 경우는 2,840kgf가 되어 유통비용과 설치비용이 기능성지주보다 많이 소요되며, 부속품 값도 추가로 소요된다.

이상의 결과에서 개발 기능성 지주가 지주으로써 경제성이 충분히 있다고 사료된다.

표4-4 개발 기능성 지주와 각종 지주시스템 구축시 경제성 비교·검토

	목재	파이프	콘크리트	기능성지주	비고	
지주자재의단가	13,000(원)/3.5m (Φ 80)	7,900(원)/3.5m (Φ 48.6mm, 3.2)	7,000(원)/3.5m (70x70x80)	9,500원/3.5m 52h55t2.5	생산지나 중도매 상의 구입가임 유통비용은 제외	
지주유통비용	8.62(kg _f)/개	12.13(kg _f)/개	41.95(kg _f)/개	15.17(kg _f)/개	콘크리트의 무게 파이프 무게의 3.5배	
지주설치비용	*현재증장비작업 기사의 1인 필요 *굴착기 개발시 1인 설치 가능	*현재증장비작업 기사와 1인 필요 *굴착기 개발시 1인 설치 가능	*현재증장비작업 기사와 2인 필요 *굴착기개발해도 2인 필요	*현재증장비작업 기사와 1인 필요 *굴착기 개발시 1인 설치 가능	과수 현장의 작 업시 콘크리트는 한 사람 작업이 불가능	
지주 내구성	<p>* 콘크리트</p> <p>장점: 제조공법개발과 품질 관리가 완벽하면 3 자재중 내구성 가장우수</p> <p>단점: 균열이 발생한 상태에서 일정한 힘이 부가되면 콘크리트가 부러지게 되는데, 이 경우 콘크리트 자중이 사과나무에 오히려 큰 하중을 가하게 됨</p> <p>* 파이프</p> <p>장점 : 부러져서 붕괴되는 현상이 없고, 지속적 하중에도 내구력이 강함</p> <p>단점 : 부식에 약함</p> <p>* 목재 (방수처리)</p> <p>장·단점 : 일정 힘에 내구력이 있으나, 취성 파괴에 약함 강도에 대한 재료의 균질성 없다</p>					
철선 고정방법	구멍가공 혹은 부속품	구멍 가공 혹은 부속품	부속품 500원/개당	구멍가공, 부속품 필요없음		
철선설치비용	<p>* 구멍에 통과시켜 철선을 설치하는 작업일 경우 ; 철선 100m 1줄을 설치하는데 4명이 1시간 소요.</p> <p>* 부속품을 사용할 경우 ; 100m 1줄을 설치하는데 3명이 1시간 소요</p> <p>* 기능성 지주의 경우 : 100m 1줄을 설치하는데 2명이 40분 소요</p>					
부속품	지주받침대 (지하)	필요치 않음	필요 (700원/개)	필요치 않음	필요 (700원/개)	
	지주고정 철선조임쇠	단순(700원/개)	단순(700원/개)	복잡(1,900/개)	단순(700원/개)	

4. 기능성 지주의 양산공정 검토

기능성 지주를 생산함에 있어 새로운 생산시설을 갖추지 않고 대량생산으로 생산 할 수 있는 기반시설이 국내에서 가능하면 원가 절감이 더욱 가능할 것이다.

이러한 기능성 지주를 만들 수 있는 가공공정은 Roll Forming 공정이다. 이 공정은 일정 형상의 지주를 연속작업에 의한 대량생산이 가능하며 성형가공 과정에서 생기는 가공경화 현상에 의한 재료의 강도증가도 기대할 수 있다. 따라서 콘크리트와 강재를 비교할 때 자재 값은 강재가 비싸지만 이러한 대량 생산에 의한 원가를 줄일 수 있는 이점이 있다.

이와 같은 공정은 성형용량에 따라 설비규모가 차이가 있으며 설비형태에 따라 생산하는 가공품의 범주가 결정된다. 예컨대 대용량의 설비로 소성형의 제품을 생산할 경우 경제성이 없으며 소용량의 설비인 경우, 일정 성형용량 이상의 제품은 생산이 불가능하다. 따라서 만약 국내에서 개발 기능성 지주를 생산할 수 있는 적합한 설비시설이 없다면 새로운 생산설비를 구축해야 하기 때문에 투자비용이 많이 들어 초기 공급단계에서 생산업체에서 투자하기가 어려운 품목이다.

따라서 생산 환경을 검토하기 위해 산업 현장을 조사한 결과 새로운 시설 투자 없이 금형 개발이 이루어지면 기능성 지주개발이 가능한 업체들이 있었다. Photo.4-3은 현재 경북 구미 지역의 모업체에서 운영하고 Roll Forming 공정 시설로서 개발 기능성지주의 생산이 가능한 용량의 설비이다.

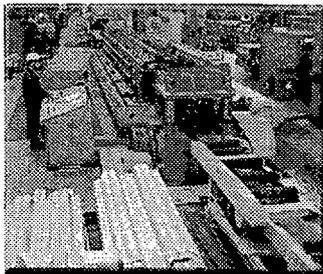


Photo.4-3 개발 기능성 지주의 양산 설비(Roll Forming 공정)

제 4 절. 지주 부속품 시제품 개발과 양산공정 검토

1. 사과나무 고정재 개발과 양산공정

사과나무 고정재는 사과나무를 지주 철선에 고정하는 지주 부속품으로써 현재 철선과 플라스틱류로 제작되어 사용되고 있다. 그림 4-4는 본 연구진에서 고안한 사과나무 고정재의 설계도면을 제시한 것이다. 도면에서 보는 바와 같이 2종류의 고정재를 고안하였다. 긴 것은 다단용이며 짧은 것은 1회용으로 고안되었다. photo. 4-4는 설계도면에 의해 플라스틱(P·P)으로 제작된 시제품을 제시한 것이다. 본 고안품의 특징은 사과나무를 철선지주에 고정할 때 사과나무에 접촉하는 고정재 부위의 면적이 넓기 때문에 철선과는 달리 사과나무에 주는 상처를 줄일 수 있고 그림4-4에 제시된 바와 같이 개발 고정재의 양끝과 중앙에 있는 머리부분에 서로 다른 크기(2.4, 4mm)의 홈을 만든 것은 굵기가 다른 철선에서도 하나의 고정재로 적용할 수 있도록 고안한 것이다. 즉 지주 철선은 강선 2.5mm이나 연선 4mm를 쓸 수 있는데 어느 경우이던 이 고정재 하나로 사용할 수 있게 하였다. 또한 그림4-4에서 보시는 바와 같이 긴 고정재는 하나의 고정재로 3단까지 사용할 수 있도록 고안된 것이다. 이러한 기능은 외국의 모델을 참고하였다. 처음 사과나무가 적을 때 그림4-5(a)와 같이 1단계를 사용하고 사과나무가 커지면 원목이 비대해지므로 그림4-5(b)와 같이 2단계를 사용하며 그 이상은 그림4-5(c)와 같이 3단계를 사용할 수 있도록 고안된 것이다. 즉 사과나무의 성장과 원목의 굵기에 맞추어 하나의 고정재로 적정크기의 고정재를 사용할 수 있도록 고안하였다.

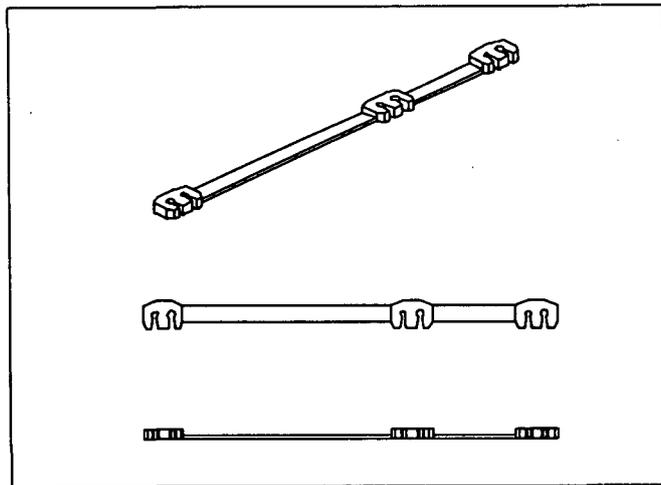
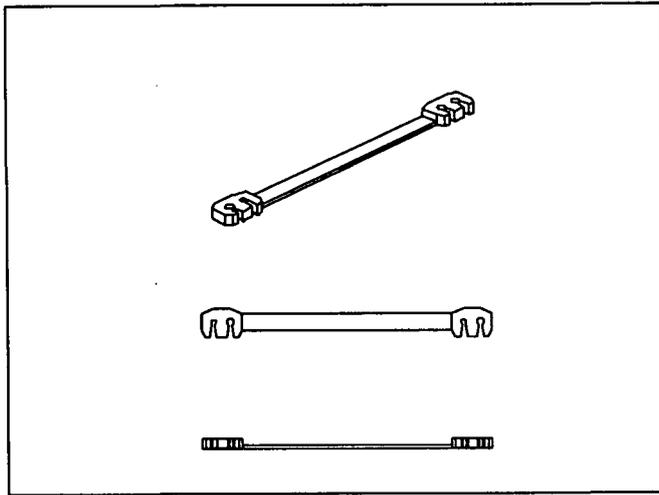


그림 4-4 개발 고정재의 설계도면

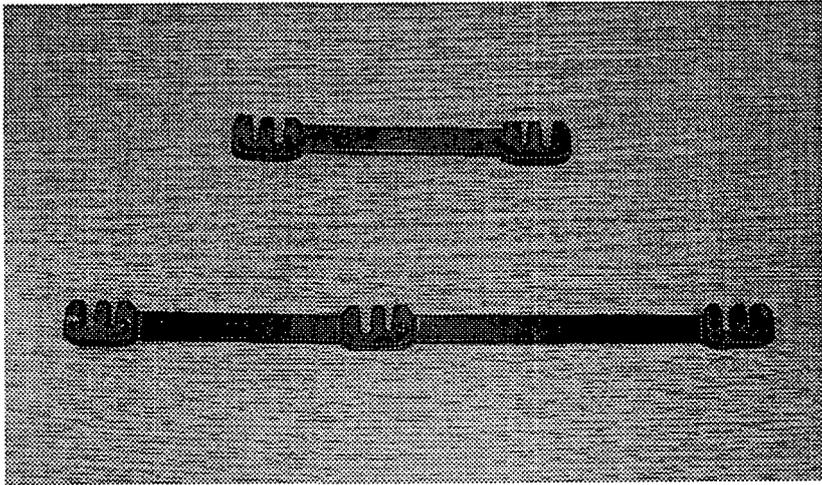


Photo. 4-4 개발고정재의 시제품

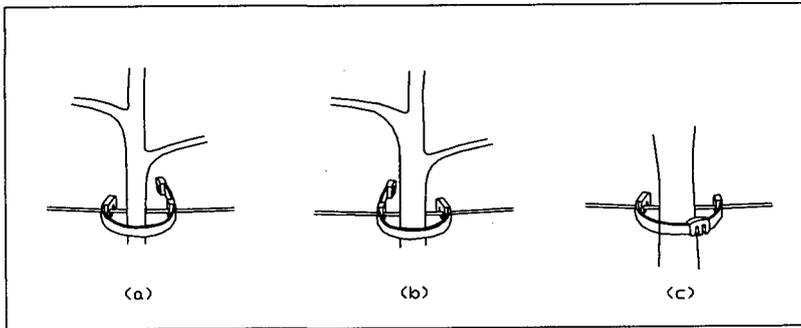


그림4-5 개발 고정재의 적용예시

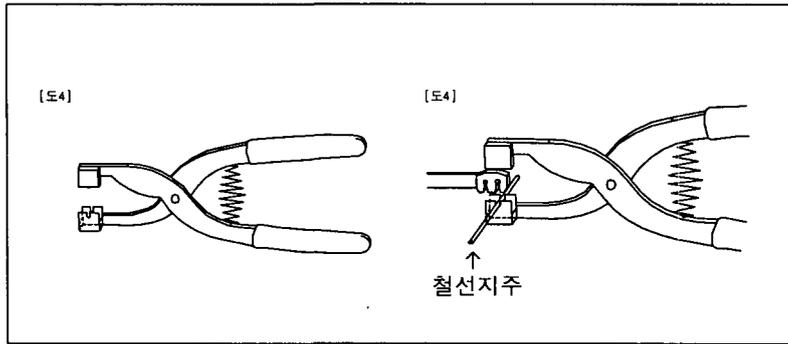


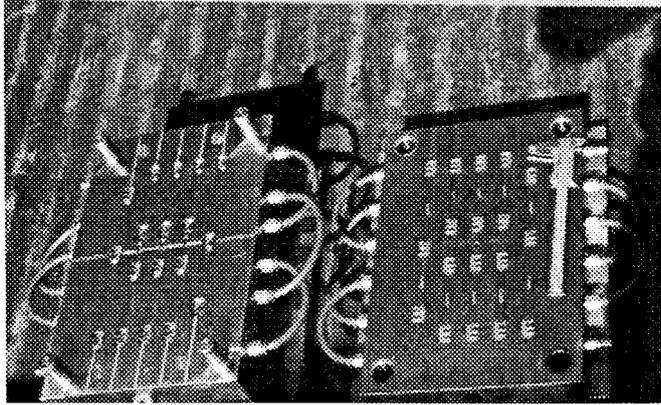
그림4-6 전용공구와 사용 예시

그림4-6은 철선지주와 개발 고정재를 쉽게 결합할 수 있도록 사용되는 전용공구를 제시한 것이다. 전용공구는 전지가위의 끝부분에 홈이 파인 사각형을 날 끝에 붙여서 제작한 것이다. 그림과 같이 전용공구의 사각홈에 철선을 끼운 후 철선 위에 고정재의 홈을 일치시키고 전용공구를 누르면 철선과 고정재가 체결된다.

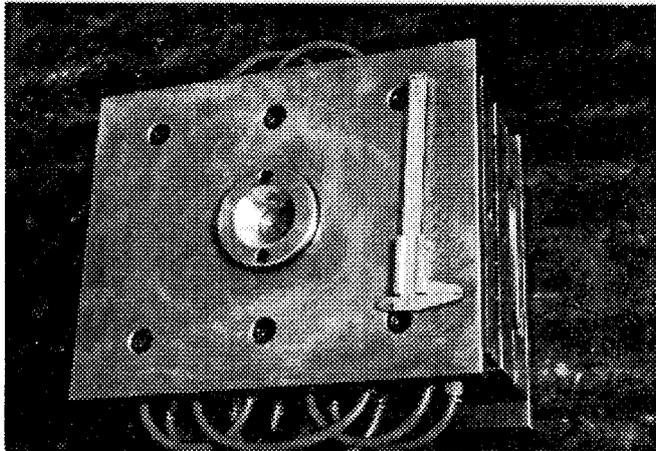
Photo. 4-5는 고안 고정재를 사출성형공법으로 양산하기 위해 개발·제작된 금형을 제시한 것이다.

Photo. 4-5(a)는 금형이 열려진 상태를 보여주고 있으며 Photo. 4-5(b)는 고정재 생산시 재료(P·P) 투입을 위하여 결합된 상태를 보여주고 있다. 이 금형으로 제작된 시작품이 Photo. 4-4에 제시된 것이며, 현재 제품생산이 가능한 상태이다.

이 밖에 현재 국내 유통되고 있는 고정재와 외국 생산재를 소개하면 Photo. 4-6과 같다. 이들 고정재들의 선택시 유의사항으로 불량제품들은 고정재 설치 후 얼마간은 이상이 나타나지 않으나 직사광선에 노출되어 몇 일이 지나면 부러지는 현상이 나타난다. 따라서 고정재 선정에 유의를 해야한다.



(a)



(b)

Photo. 4-5 고정재 양산을 위한 개발금형

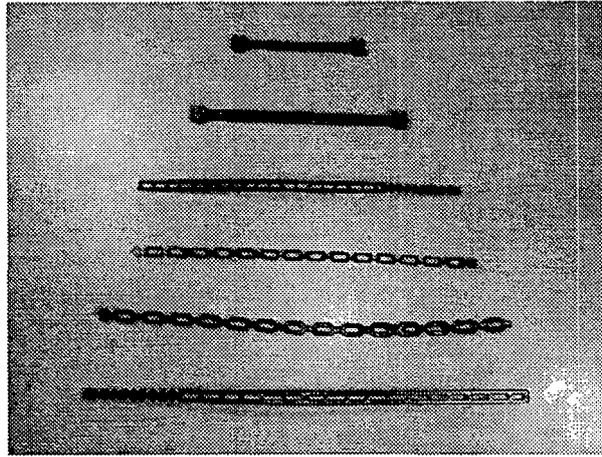


Photo. 4-6 기타 고정재들

2. 철선 조임쇠 개발과 양산공정

철선조임쇠는 지주고정형 조임쇠와 철선 부착형 조임쇠로 나눌 수 있다. 지주 고정형 조임쇠는 지주에 부착 또는 고정하여 철선 조임을 하는 것이고 철선 부착형은 지주 철선의 임의 지점에 설치하여 국내 과수원에 사용되고 있는 조임쇠는 지주 고정형 조임쇠 뿐이다.

본 연구진은 현재 상용되고 있는 조임쇠보다 생산원가를 줄일 수 있고, 설치 작업을 보다 쉽게 할 수 있는 2가지 조임쇠를 개발하였다. 기존의 철선 조임쇠는 Photo.4-7과 같이 구조가 복잡하여 생산단가도 비싸며 설치 작업시 시간도 많이 소요된다.

Photo.4-8은 본 연구진이 고안한 지주 고정형 철선 조임쇠이다. 본 고안품은 사진에서 보시는 바와 같이 구조가 간단하여 생산단가도 기존의 조임쇠의 1/3정도면 생산이 가능하다. 설치작업도 기존의 조임쇠같이 체결작업을 할 필요 없이 그림 4-7(a),(b)와 같이 철선을 구멍에 끼우고 감아서 풀림 방지형

∩자형 막대기를 꽂으면 된다.

외국에도 유사한 모델이 있으나 외국의 경우는 철선 풀림을 방지하는 막대가 일직선으로 되어있어 환봉이나 면적이 작은 면에 설치할 경우 풀림 방지를 할 수 없다.

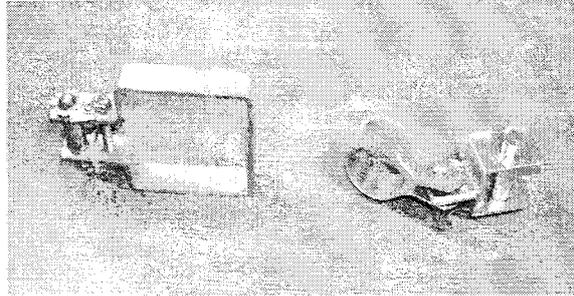


Photo. 4-7 기존의 철선 조임쇠

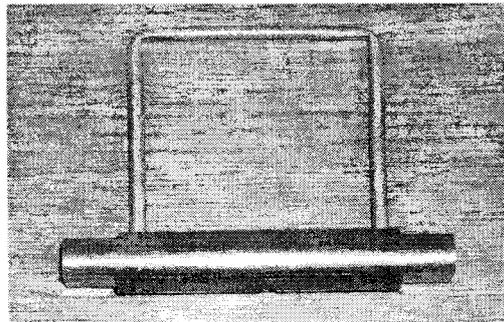
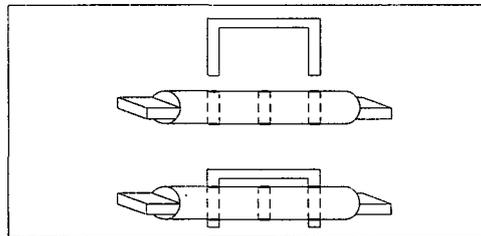


Photo. 4-8 개발 지주고정형 철선 조임쇠의 설계도면과 시제품

그러나 본 고안품은 플립 방지 막대를 \cap 자형으로 함으로써 구멍을 낼 수 있는 지주라면 어느 형태이던 적용이 가능하고, 특히 기능성 지주 개발을 예상하고, 이에 적합하도록 고안한 것이다. Photo.4-10은 본 개발품을 현장지주에 적용한 사례를 제시한 것이다.

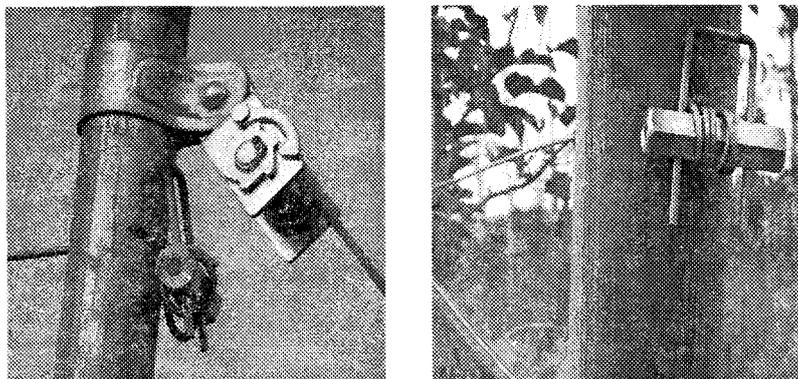


Photo.4-9 개발 철선 조임쇠 현장 적용사례

3. 파이프 지주의 매설지지대 개발과 양산공정

현재 사이지주를 사용되고 있는 강제 파이프는 구입과 취급이 용이하여 가장 많이 사용되고 있는 자재이다. 그러나 직경이 작아 목재나 콘크리트보다 지반(땅)과 접촉면이 작기 때문에 콘크리트, 목재에 비하여 지반에 지지력이 약하다. 이를 보완하기 위해 본 연구진은 앞서 제시된바와 같이 Photo.4-10과 같이 일반 시중에서 값싸게 구할 수 있는 외경 100-170mm인 T.H.P관을 750mm 씩 잘라서 그 관의 중앙에 $\varnothing 48$ mm 파이프를 넣고, 관과 파이프사이에 콘크리트를 채우고 굳어진 후 매설하는 것을 농가에 제안하였다. T.H.P관을 사용한 이유는 T.H.P관이 요철(U \cap)형이어서 지면에 접촉하는 면이 다른 곧은 관보다 크기 때문에 지지력이 크게 나오리라 예측했기 때문이다. 실제 농가 설치 1년 후, 위와 같이 매설한 경우와 파이프만 매설한 경우에 대하여 지지력을 테스트해 보았다. 테스트 방법은 앞서 지반 지주 지지력 테스트방법과 동일한 방법으로 하였다. Photo.4-11(a)는 테스트 전 T.H.P와 콘크리트로 보강된 지주의 사진이며 Photo.4-12(a)는 테스트전의 파이프만 매설한 경우의 사진이다.

Photo. 4-11(b)와 Photo. 4-12(b)는 테스트 후의 결과를 제시한 사진이다

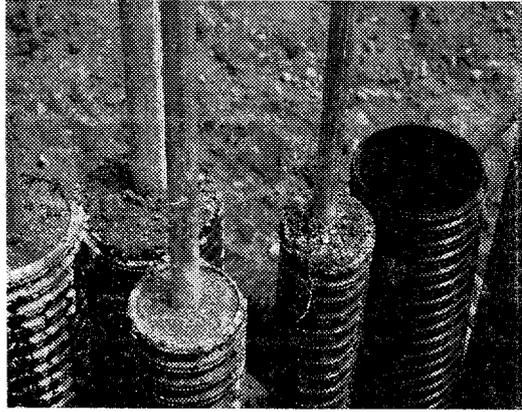
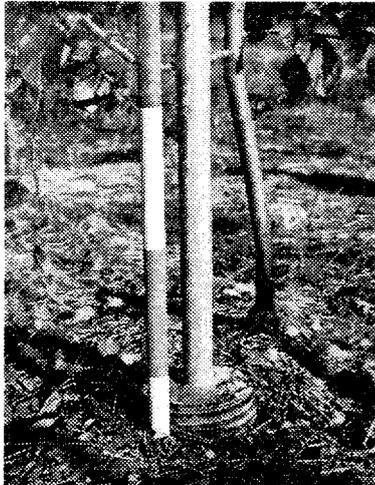
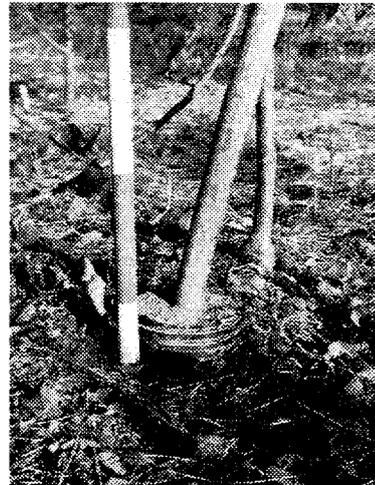


Photo. 4-10 T.H.P 관 콘크리트 파이프 보강재

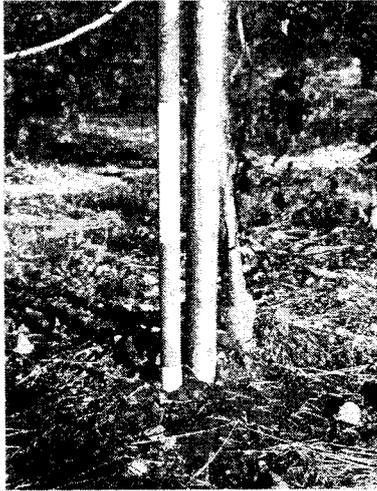


(a) 테스트 전



(b) 테스트 후

Photo. 4-11 T·H·P관과 콘크리트로 보강된 지주

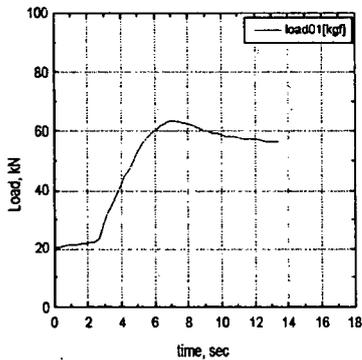


(a) 테스트 전

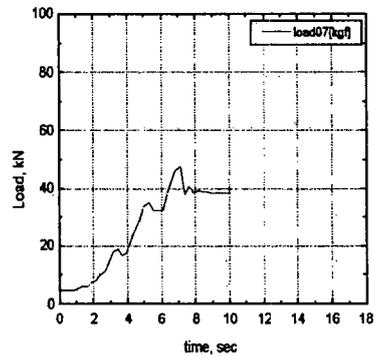


(b) 테스트 후

Photo. 4-12 파이프만 매설된 경우



(a) T.H.P 관 보강



(b) 파이프

그림. 4-8 급침하중 테스트 결과

그림4-8은 이들 지주들이 급침하중을 나타내는 그래프이다. 그래프에서 볼 수 있듯이 T.H.P 콘크리트 보강 파이프가 견디는 하중이 높게 나타나고 있다. 그림.4-8(a)의 그래프 성향은 강제에서 나타날 수 있는 전형적인 급침하중곡선이다. 이는 매몰된 지주부분이 흔들림 없이 파이프만 변형이 일어나는 것을

의미 한다 또한 Photo.4-11(b)에서 보시는 바와 같이 파이프가 하중을 견디지 못해 굽힘이 일어나도 매설된 부위는 전혀 요동이 없지만, Photo.4-12(b)와 같이 파이프만 매설된 경우는 파이프와 지면 부위를 보면, 파이프에 굽힘 현상이 없는데도 지반이 부서지는 현상을 볼 수 있다. 이상의 결과는 보강재 역할이 대단히 중요하다는 것을 보여주고 있으며, 실험결과에서 나타난 바와 같이 T.H.P관으로 보강할 경우 현재의 매설 길이(75cm)보다 적게 매설해도 지주가 지지력을 확보할 수 있다는 것을 보여주고 있다. 지주의 매설 깊이는 사과원 개원시 노동력 투여와 사과원 투자비용과 관계되므로 차후 좀더 세밀한 연구가 필요한 부분이다. 실험결과는 지주를 강재파이프로 사용할 경우 보강재가 필요하다는 결론을 얻었다.

상기의 결과와 앞서 제 2절 3)의 농가 적용현황 분석에서도 언급한 바와 같이 강재 파이프를 지주로 사용할 경우 보강재가 필요함을 알 수 있다. 그러나 현재의 방법으로 보강재를 설치할 경우 가격도 만만치 않으며 우선 보강재를 만드는 방법이 상당히 어렵다. 보강재를 만들 때 콘크리트를 T·H·P 관과 강재 파이프 사이에 채우는 작업이 어려우며, 콘크리트가 굳어질 때까지 파이프를 수직으로 고정할 수 있는 보조 장치가 요구되는 등 작업이 어렵다. 또한 T·H·P 관을 사용하지 않고 다른 방법으로 보강재를 만드는 방법은 강재 파이프 매설시 짐블럭 2개를 놓고, 블럭의 가운데 홈에 강재 파이프를 끼우고 몰타르를 채운 후 매설하는 방법도 시도하지만 이 모두 많은 노동력을 필요로 한다. 본 연구진은 이러한 문제를 해결하기 위하여 파이프 지주 매설 보강재를 개발하였다. 그림4-9는 개발 보강재의 설계도면을 제시한 것이다. Photo. 4-13은 매설 보강재의 시제품을 제시한 것이다.

그림4-10은 매설 파이프 보강재와 결합된 파이프를 매설하는 방법을 나타낸 것이다. 먼저, 그림4-10(a)과 같이 위 받침대를 파이프의 적당한 위치에 끼우고 다음은 파이프 하단에 하단 받침대를 끼운다. 이때 위 받침대는 매설 작업이 용이하도록 충분한 위치에 놓는다. 그리고 하단 받침대를 매설하고 매설 후가 매설 파이프 3/4정도 채워졌을 때 위 받침대를 내리고 그 위에 흙을 덮어 그림4-10(b)과 같이 매설을 하면, 파이프의 침하도 막고, 지지력도 확보할 수 있다. 이들 받침대의 재질은 값싼 플라스틱류로 제작되었으므로 값이 저렴

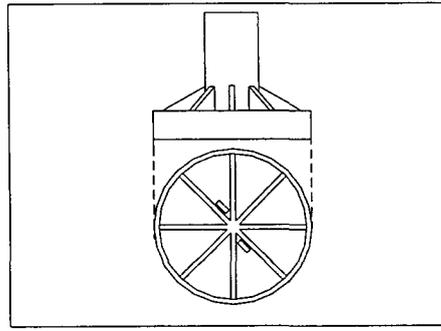
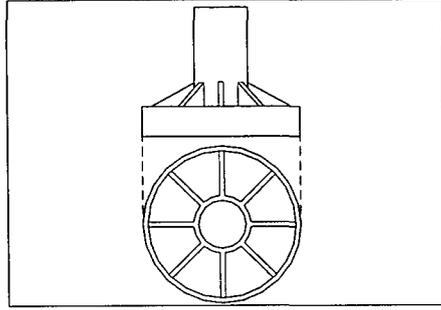


그림 4-9 개발 지주매설 보강재 설계도면

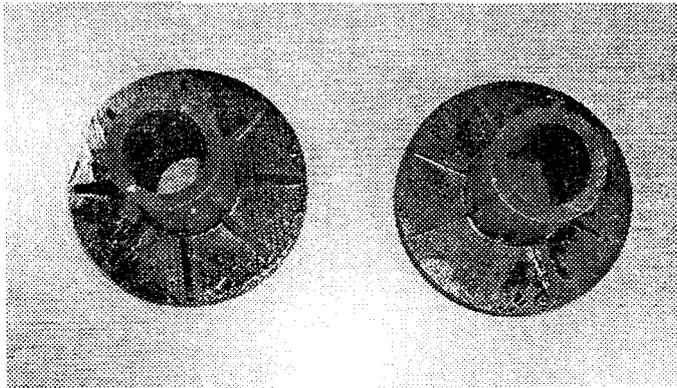


Photo. 4-13 개발 지주매설 보강재 시제품

하며, 지하 매설시 반영구적이다. 또한 충분한 강도에 견디도록 설계하였으므로, 굽힘 파괴는 일어나지 않는다. 사출성형으로 제작할 수 있게 금형개발이 완료된 상태이다.

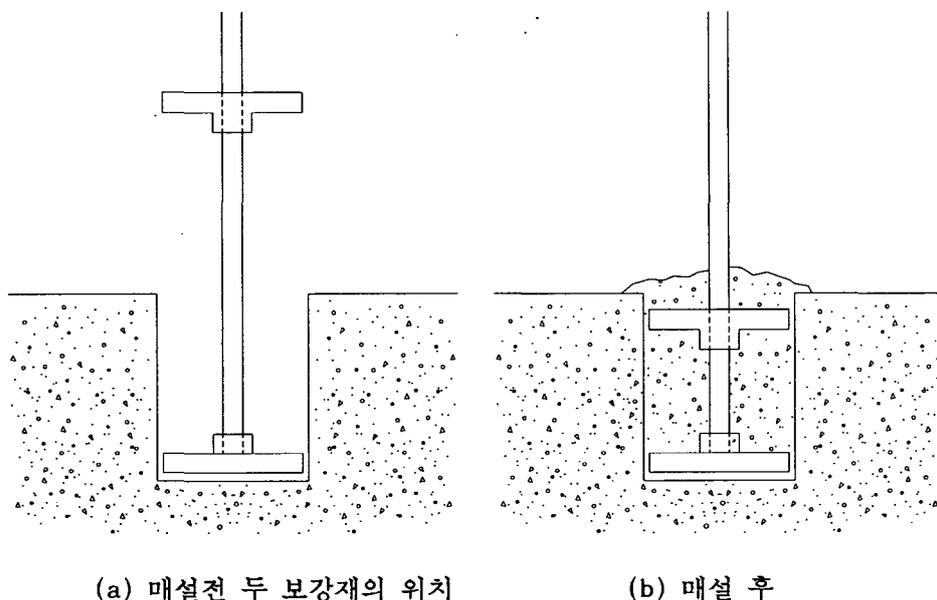


그림 4-10. 개발 매설 보강재의 매설방법

4. 방조망, 우박 방지용 철선 고정캡 개발

현재 과수 농가에서는 조류와 우박에 의한 피해가 증가하고 있다. 이를 방지하기 위하여 방조망과 우박방지망을 과수원에 설치하고 있다. 이들 망을 설치하는 방법은 우선 지주 상단에 철선을 종과 횡으로 치고 철선 위에 망을 두르고 고정한다. 이 과정에서 철선을 지주에 고정하는 작업이 상당히 어렵다. 이러한 어려운 작업공정을 해결하기 위해 현재 철선 고정 캡들이 제작 판매되고 있지만 기능에 비해 고가이다. 따라서 본 연구진은 값이 저렴하고 설치 작업이 용이한 철선 고정캡을 개발하게 되었다.

그림4-11은 철선 고정캡의 부품 설계 도면을 제시한 것이다. 고안 품의 부품은 고정캡, U볼트, 고정판 그리고 덮개로 구성 되어 있다. Photo.4-14는 시제품 결과를 제시한 것이다. 본 고안품의 특징은 건축 파이프를 지주로 이용함으로써 기존의 철선 고정캡과 같이 캡 설치를 위하여 파이프에 구멍을 내는 작업을 하는데, 이 작업을 할 필요 없이 파이프에 바로 고정 설치할 수 있다는 것이다. 그림.4-12 는 본 고안품 설치 방법을 도시한 것이다. 그림4-12(a)와 같이 파이프 안쪽에 연결막대가 설치된 건축용 파이프에 그림4-12(b)와 같이 U볼트를 설치하고 여기에 고안된 고정캡을 그림(c)과 같이 설치하고 (d)와 같이 여유있게 볼트를 체결한 후 (e)와 같이 고정캡에 망을 고정할 철선을 키운다. 그리고 (f)와 같이 고정판을 키우고 (g)와 같이 볼트를 조여서 고정한다. 그리고 망 설치시 볼트와 캡에 망이 걸리지 않도록 (h)와 같이 덮개 고정시킨다.

제품의 재질은 나일론과 PP로 제작하였으며, 제작 공정은 사출성형 방법으로 양산할 수 있다.

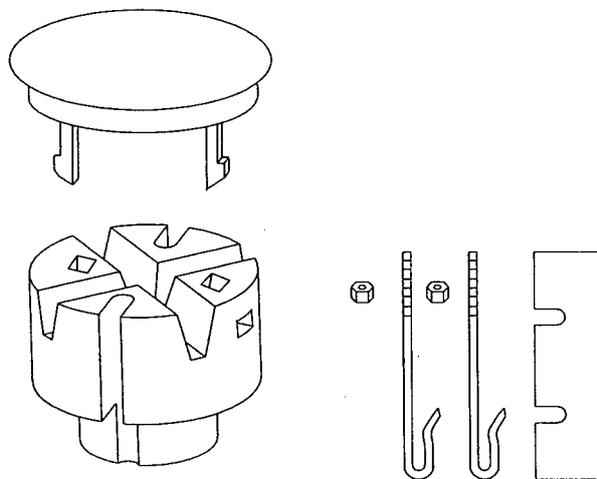


그림 4-11. 개발 철선 고정캡 부품 설계도면

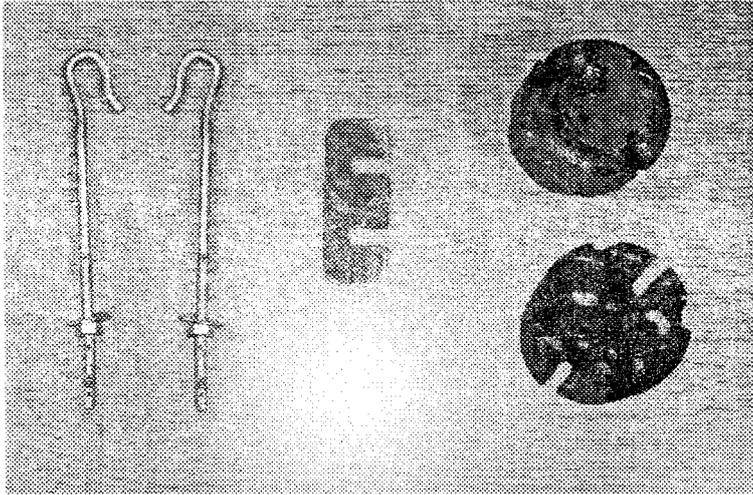


Photo. 4-14. 개발 철선 고정캡 시제품

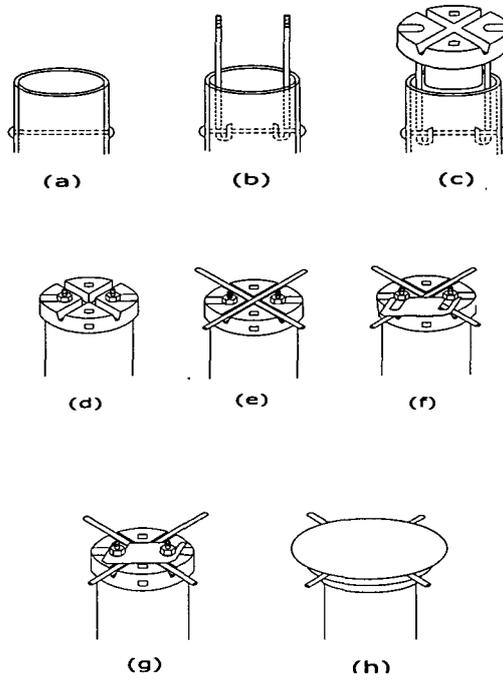


그림 4-12 고정캡 설치 과정

5. 지주시스템에 필요한 소요 부속품 소개

가. 철선 및 와이어

상단 철선의 경우 아연도 연선 $\varnothing 4\text{mm}$ 또는 아연도 강선 $\varnothing 2.5\text{mm}$ 를 쓰고 그 외 철선의 경우 아연도 연선 $\varnothing 3.2\text{mm}$, 아연도 강선 $\varnothing 2.0\text{mm}$ 이면 된다. 철선대신 와이어를 사용할 경우 부식을 고려하여 피복된 와이어를 사용하되 상단의 경우 5mm, 하단의 경우 4mm 피복와이어를 사용하도록 한다.

가장자리 지주를 버팀돌(anchor)에 당겨 묶어줄 때 사용하는 와이어는 $\varnothing 5\sim 6\text{mm}$ 가 좋다.

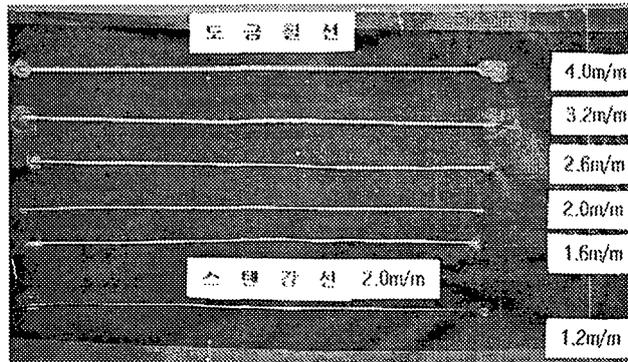


Photo. 4-15. 철선 및 강선

나. 지주설치에 필요한 소요 부속품

지주설치에 필요한 소요 부속품을 소개하면 아래와 같다.

아래에 소개된 부속품들은 국내에서 생산되고 있거나 외국에서 생산되고 있는 제품들을 소개하였다.

- 1) 턴 버클(turn buckle) : 가장자리지주를 와이어로 버팀돌(anchor)에 당겨 묶을 때 와이어의 장력을 유지하게 하는데 사용한다.
- 2) 와이어 클립(wire clip) : 와이어 끝을 묶는데 사용한다.
- 3) 강재 파이프 지주용 클램프(clamp) : 강재 파이프를 서로 연결할때 사용한다.

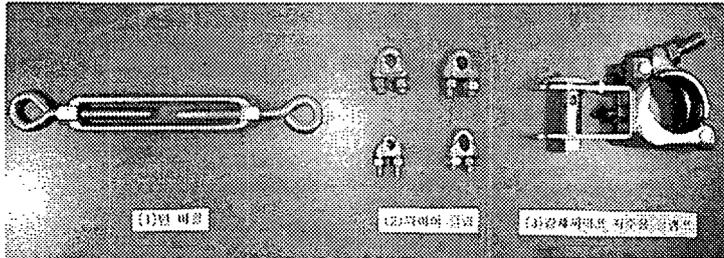


Photo.4-16. 턴버클, 와이어 클립, 강제 파이프 클램프

- 4) 콘크리트 지주용 클램프(clamp) : 콘크리트 지주에서 가장자리지주와 버팀대를 연결하는 기능을 한다.
- 5) 콘크리트 사이지주 고정 고리(rowpost fix clasp) : 철선을 콘크리트 사이지주에 고정시키는데 사용되는 고리
- 6) 지지대 고정 고리(bamboo fix clasp) : 대나무를 철선에 고정시켜주는 강철로 만든 고리
- 7) 가로막대(transverse bar) : 유인을 손쉽게 하고 결실시 하단지가 늘어지는 것을 막아주는 역할을 한다. 지주에 고정할 때는 U볼트나 파이프 클램프를 이용하면 된다.

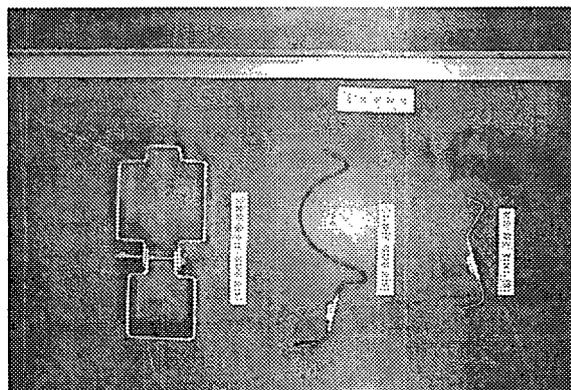


Photo.4-17. 콘크리트 지주용 클램프, 콘크리트 사이지주 고정 고리, 지지대 고정 고리, 가로막대(사진 위)

- 8) 철선 조임쇠(wire stretcher or tensioner) : 철선이 일정한 장력하에 있도록 잡아주는 부품으로 지주에 고정시키고 돌려 감는 방식과 철선에 끼워 돌려 감는 방식이 있다.

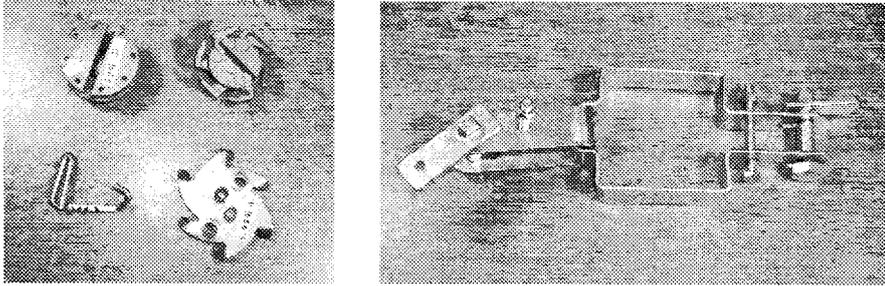


Photo. 4-18 철선 중간 설치용 조임쇠들, 지주고정형 철선 조임쇠

- 9) 버팀돌(anchor) : 가장자리 지주를 당겨 묶어 줌으로써 울타리 지주에 충분한 장력이 작용하게 하여 지지력을 높여 주는 역할을 한다. 시멘트로 자체 제작하거나 전문회사에서 제작된 것을 이용할 수 있다. 직경 30cm이상 또는 30×30cm이상에 두께 10cm 정도가 좋다.
- 10) 버팀돌 당김쇠(anchor pole) : 버팀돌과 와이어를 연결해 주는 역할을 한다.

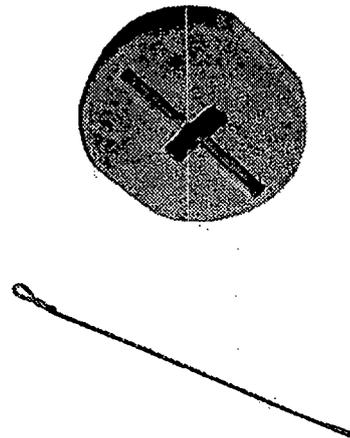
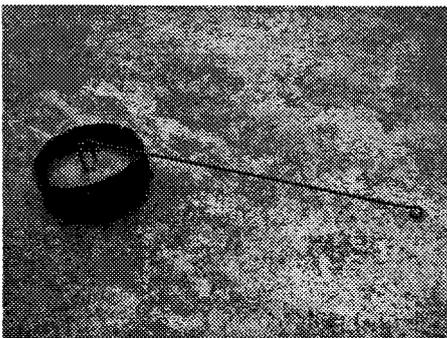


Photo. 4-19 버팀돌, 버팀돌 당김쇠

다. 나무의 고정과 유인에 필요한 부속품

- 1) 나무 고정 철선클립(tree-fix clip) : 철선에 나무를 직접 고정시켜 곧게 자라고 흔들리지 않게 하는 고리
- 2) 플라스틱 유인 고리(astfix) : 당년지의 각도를 넓혀 유인할 수 있는 고리

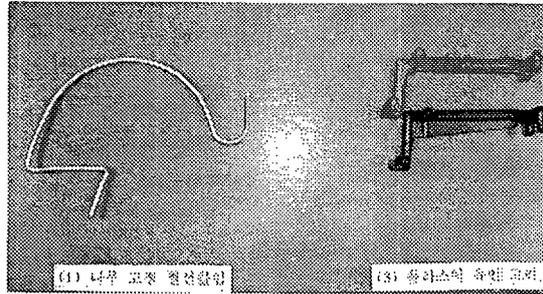


Photo. 4-20 나무 고정 철선클립, 플라스틱 유인고리

- 3) 나무 고정 플라스틱 밴드(tree-fix plastic band) : 철선에 나무를 직접 고정시켜 곧게 자라고 흔들리지 않게 하는 고리

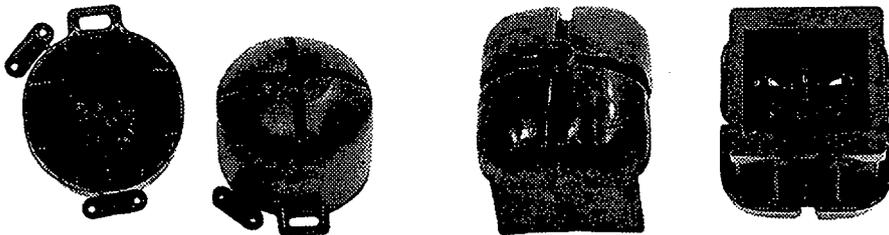
(Photo 4-6. 참조)

- 4) 나무 묶음용 플라스틱 밴드 : 지주나 대나무 지지대에 사과나무를 묶는데 사용하는 플라스틱 밴드

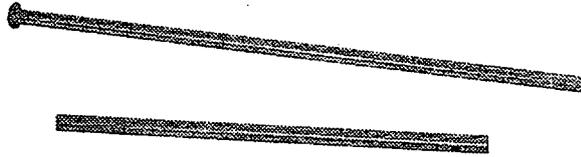
(Photo 4-6. 참조)

4. 방조망 또는 우박피해 방지망 설치에 필요한 부품

- (1) 방조망 및 우박피해 방지망 철선 고정 캡(cap) : 방조망 및 우박피해 방지망을 설치하기 위해 치는 철선을 고정시켜주는 역할을 한다.



(2) 그물 고정봉 : 가장자리지주에 열간 길이와 같은 봉을 달고 여기에 우박피해 방지 그물을 고정시킨다. 이 봉을 감아주면 그물이 팽팽하게 된다.



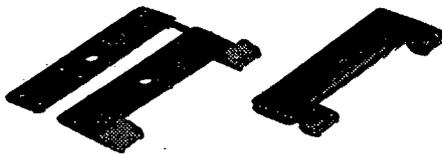
(3) 그물 고정봉 연결고리 : 그물 고정봉을 가장자리에 친 가로 와이어에 고정시키는 데 사용한다.



(4) 그물망 고정용 플라스틱 끼움판(Plaketten) : 방조망이나 우박피해 방지망을 철선에 고정시켜 바람이나 하중에 의해 움직이는 것을 막는 역할을 하는데 사용한다.



(5) 그물망 고정용 고리달린 플라스틱 끼움판(Plaketten mit Haken) : 우박 피해 방지망을 처마 철선에 걸어주는데 사용하는 핀



제 5 절: 결 론

지주 및 부속품의 시제품 개발과 개발제품의 양산공정 개발의 연구결과에서 다음과 결과를 얻었다.

현재 우리나라에서 지주로써 가능한 자재를 검토하고 이들 자재의 생산 기반과 농가 적용시 문제점을 분석하여 각 지주자재에 대한 적정 규격을 제시하였으며, 이들 지주자재들로써 지주체제를 구축 할 때 소요되는 비용이나 노동력 투입 등을 비교 분석함으로써 사과원 개원에 대한 참고자료로 활용할 수 있게 하였다.

또한 기능성지주를 개발하여 지주에 대한 선택의 폭을 넓히고 고밀식 저수고 사과원 개원시 투자비용을 절감할 수 있는 가능성을 확보하였다.

그리고 사과나무 고정재, 철선조임쇠, 파이프 지주의 지지대, 방조망 및 우박 방지용 철선 고정캡을 개발하고 양산공정체제 확립함으로써 농가에 보다 저렴한 지주와 그 부속품을 공급할 수 있게 되었다. 본 연구결과로 실용신안 3건이 등록된 상태이며 1 건은 출원 중에 있다.

참고문헌

- (1) J. Osterreicher, P. Tappeirer, B. Torggler 등, 1996, “왜성사과 초밀식 재배에 있어서의 유목원 관리”, 개원 설계·재식·농기관리, 안동대학교 농업과학 기술 연구소, pp. 76
- (2) H. Oberhofer, 1997, 사과나무 세장방추형 전정방법, 안동대학교 농업과학 기술 연구소, pp96
- (3) 양창현, 1995, “구조 역학”, pp. 113~127.
- (4) John A. Roberson, Clayton T. Crowe, 1997, “Engineering Fluid Mechanics”, pp. 426~457.
- (5) 장효완, 주성문, “말뚝기초설계편람”, pp. 96.

- (6) 이상덕, 1996, “토질시험”, pp. 353~361
- (7) POSCO 기술보고서
- (8) 한국표면공학회지 1994년 8월호
- (9) RIST 전자재팀 자료