

7 自力施工できる低コストなブドウ栽培用平棚の設計と実証

佐々木憲吾, 西川祐司*, 浜名洋司**, 須川 瞬**

Design and Experimental proof of self-made and low-cost horizontal grape trellis.

SASAKI Kengo, NISHIKAWA Yuji*, HAMANA Yoji** and SUGAWA Syun**

Grape is one of the important items of "2020 Hiroshima agriculture challenges plan". It is aimed for expanding the cultivation area 100ha. But this plan entails very high cost.

Therefore, we achieved 48% cost down of the horizontal grape trellis by using computer simulation.

キーワード：自力施工，ブドウ，棚，強度解析，低コスト化

1 結 言

ブドウは「2020 広島県農林水産業チャレンジプラン」の重点品目に指定されており 100ha の栽培面積の拡大が計画されている。

ブドウはつる性植物であるため，栽培には棚の設置が必要となる。棚の設置には約 207 万円/10a の資材費と工事費がかかるため，ブドウにおける棚の初期投資は，栽培面積の拡大の大きな障害となっており，生産現場からブドウ栽培用平棚の低コスト化が求められている。

本報では，作業の軽労化が図れる広島仕立ての棚構造¹⁾を基本として，従来の棚と同程度の強度を確保しつつ，新規就農者でも安全に自力施工できる構造とすることでコストを低減する棚の開発を目指した。自力施工できる果樹の棚としては他の報告²⁾もあるが，工業的評価手法を用いて既存の棚と比較された事例はモモの棚に関する報告³⁾のみである。

そこで，①強度解析による棚の構造の改良，②従来の棚資材と同等以上の曲げ強度を持つ安価な鋼管素材の選定，③安全かつ低コストな施工方法の考案という3つのアプローチにより，自力施工できる低コストなブドウ棚の開発を試みた。

2 研究内容，結果及び考察

2.1 強度解析による，構造の見直し

図1は，本研究で対象とした従来の広島仕立てのブドウ棚の端柱である。端柱は，メッシュ屋根を支える鉛直に配置された鋼管と，傾斜した鋼管と，それに締結された短い水平方向の鋼管から構成される。傾斜した鋼管の頂部は，地中に埋設したアンカとワイヤで締結されてい

る。ブドウの荷重は，傾斜した鋼管と水平の短い鋼管に印加されている。始めに，従来の端柱構造の応力分布を解析するため，ブドウが生育した場合を想定した重量の砂袋を実際の棚に垂下し，端柱に印加される荷重を求めた。図2は砂袋を垂下し，荷重を測定した状況である。



図1 従来の広島仕立ての端柱



図2 砂袋の垂下による荷重の測定状況

図3は，端柱の構造をコンピュータ内で3Dモデル化したものである。図中のとおり，斜め左下方向に印加された荷重を水平方向と垂直方向に分解し，端柱の下部は鋼管を地面に拘束した。鋼管は地面に埋設されているため完全拘束とし，ワイヤは回転方向の拘束はせず並進拘束のみとした。

* 西部農業技術指導所

** 農業技術センター果樹研究部

図4は、図3の構造での応力解析結果である。図4から、従来の端柱では傾斜配置した鋼管上部に最大応力115.0MPaが発生していることが分かる。

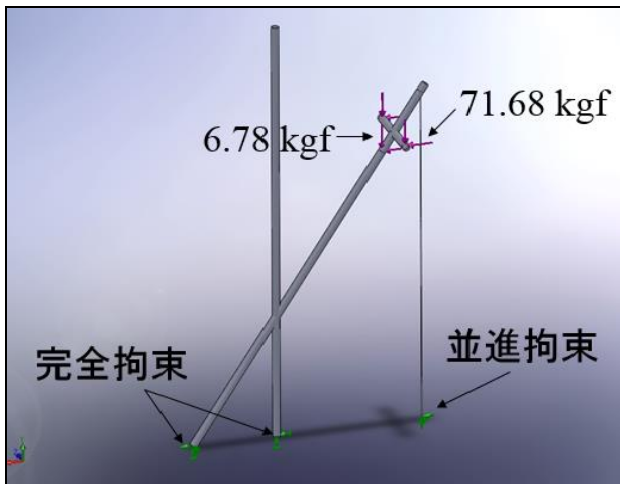


図3 従来の棚構造での応力解析結果
(© Dassault Systems 社 SolidWorks)

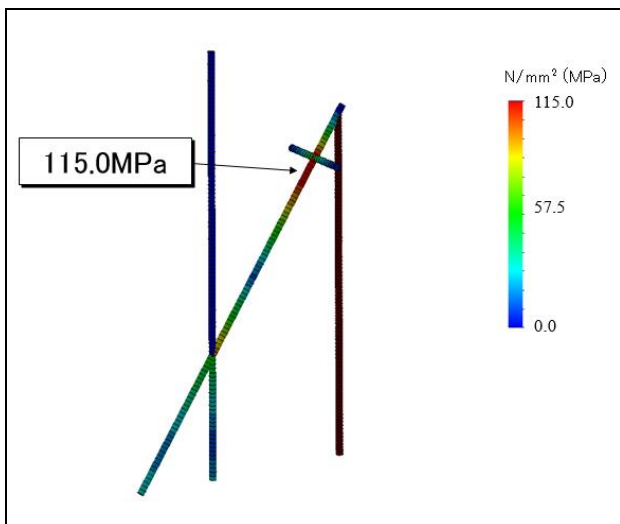


図4 従来の構造での解析結果

図4によると、鉛直に配置した鋼管には高い応力が発生していない。一方で傾斜配置した鋼管の一部とワイヤ全体には高い応力が発生している。

そこで、応力を分担していない鉛直配置した鋼管を、より最大応力が発生している方向に近付けるように構造を変更した。図5は、構造変更後の応力分布である。

図5によると、傾斜配置した鋼管に発生する最大応力が45.5MPaに減少している。さらに、ワイヤにはほとんど応力が発生しなくなったため、図5では解析上ワイヤを省略している。このように応力が減少したのは、鉛直配置した鋼管も応力を分担するようになったためであると考えられる。実際に図4と比較して、図5では鉛直配置した鋼管の応力発生部分が増加している。また、ワイヤを省略することは設置工程の短縮のみならず、地中に

埋設した高価なアンカも省略できることとなり、低コスト化に大きく寄与する。この構造の見直しにより、ワイヤとアンカが省略され、端柱1基につき約1,700円の低コスト化を達成することができた。

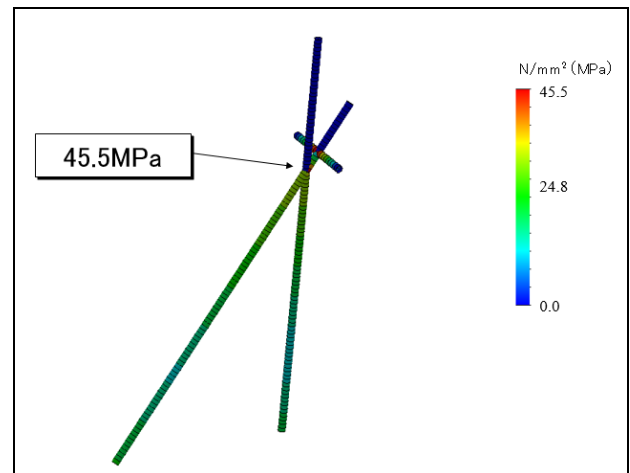


図5 構造変更後の応力分布

2.2 曲げ試験による、素材の見直し

棚構造の見直しに引き続き、棚素材の見直しを行った。従来の果樹棚に使われる鋼管は、JIS規格のSTK400である。一方ホームセンター等では、この資材より大幅に低単価の鋼管素材が市販されており、容易に入手できる。これらの低単価な鋼管素材が従来の棚資材の鋼管と同等の性能を保有する資材であれば、それをを用いて棚を作成することで、大幅な資材費の削減につながる。そこで、一般的に市販されている4種類の鋼管素材と従来の棚に用いられている鋼管の剛性と価格の比較を試みた。図6は素材の見直しに用いた鋼管、表1は図6の鋼管の諸元である。

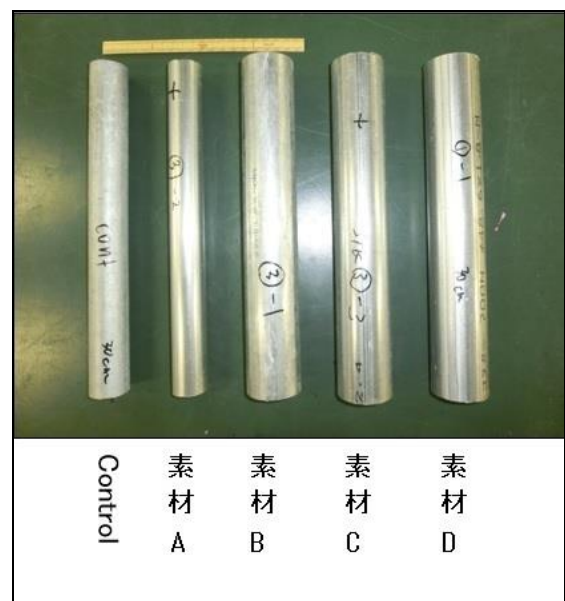


図6 素材の見直しに用いた鋼管

表 1 鋼管の諸元表 (mm)

名前	Control	素材 A	素材 B	素材 C	素材 D
直径	34.0	31.8	48.6	48.6	48.6
肉厚	2.3	1.3	2.0	2.4	1.8

図 7 は表 1 の直径および肉厚から算出した各鋼管の断面二次モーメントと 1m あたりの価格である。

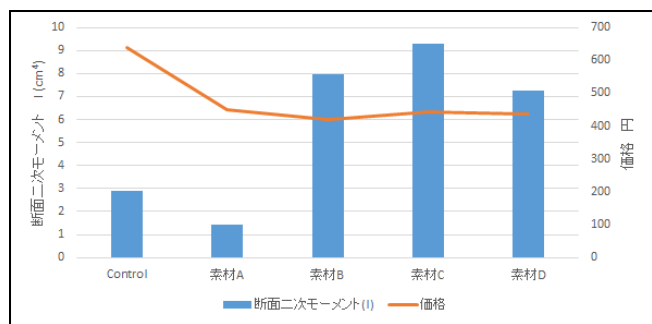


図 7 断面二次モーメントと 1m あたりの鋼管の価格

図 7 の断面二次モーメントの比較によると、素材 C が最も曲げモーメントに対して変形しにくいということになるが、確認のため、これらの鋼管に対し曲げ試験を行った。図 8 は曲げ試験の様子、図 9 は曲げ試験によるストロークと荷重の関係である。



図 8 曲げ試験の様子
(島津製作所製 UH-F500kNI)

図 9 より、破線で示した素材 C が最も曲げ荷重が大きい。図 7 の価格面を考慮しても素材 C は有用な素材である。そこで、本研究では素材 C を使い、低コスト化を図った。

この素材の見直しにより、端柱 1 基につき約 1,300 円の低コスト化を達成することができた。

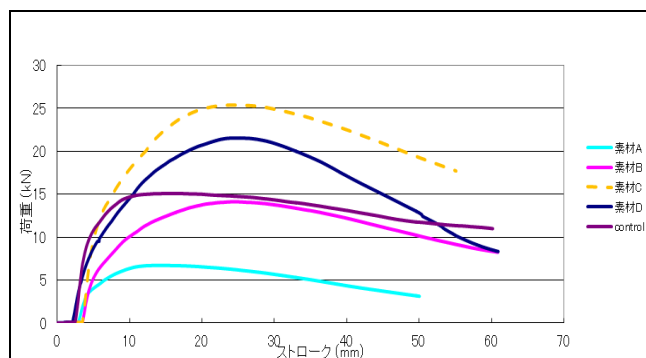


図 9 曲げ試験結果

2.3 実作業による、設置作業の見直し

これまでブドウ棚を自力施工する場合、人力もしくは専用の機械を用いて、鋼管を直接地面に打ち込む作業が必要であった。その際、鉛直に設置された鋼管の上端は高さ 3m にもなり、高所での作業を強いられていた。さらにその作業は不安定な圃場に置かれた脚立の上で行われ、非常に危険な作業であった。重い錘を持ち上げ、その落下エネルギーで鋼管を打ち込む作業も、錘と鋼管の間に指を挟み込む事例があり、極めて危険である。

そこで、安全性を考慮し、埋設式による鋼管の設置を検討した。埋設式とは、予め圃場に穴を掘って鋼管を埋め込む方式である。その際、鋼管の下部にモルタルやブロックを組合せた構造体を取り付けて埋め込み、その重さとアンカ効果により鋼管の抜けや傾きが発生しない構造とした。図 10、図 11 は、鋼管下部に取り付ける構造体を 6 種類提案し、鋼管に取り付けている様子である。

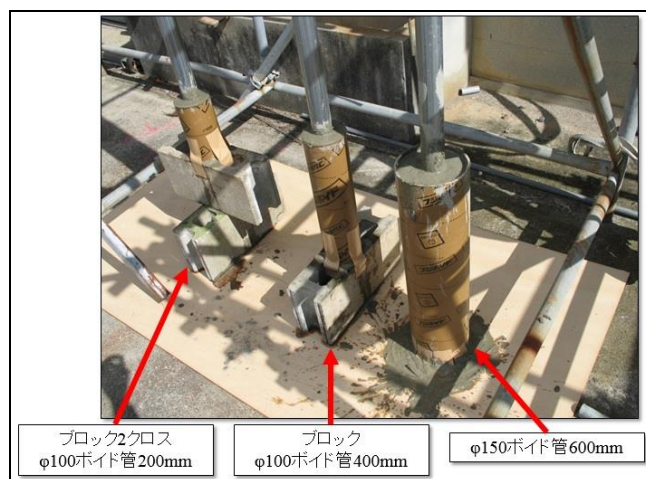


図 10 鋼管下部に取り付ける構造体案 1

鋼管下部に構造体を取り付けた場合、重い物では総重量が 1 本あたり 40kg に達した。重いことは埋設した鋼管の安定性には寄与するが、作業性が極めて悪い。図 12 は、各構造体による重量比較である。

3 結 言

端柱に適用した構造の見直しによる低コスト化と、素材の見直しによる低コスト化をまとめると、端柱 1 基に付き以下のとおりとなる。

- 構造の見直しによる低コスト化：約 1,700 円
- 素材の見直しによる低コスト化：約 1,300 円

一方で柱の設置手法を埋設式にしたことにより、構造体を付加した分杭打ち式と比較して約 200 円のコスト増となる。したがって、全体でのコスト削減は端柱 1 基に付き約 2,800 円となる。

以上の結果を 10a 当たりの資材費で試算すると、従来の棚が約 207 万円/10a であるのに対し、本報の設計では約 165 万円/10a となり、資材費だけで約 20%のコストが削減できる。自力施工できる利点を活かし工事費を試算に加えると、さらに大きな低コスト化が可能となる。

残された課題としては、一部適合する部材が市販されてないため自作であること、張力が大きい四隅の柱については、構造が未確認であることが挙げられる。

本研究結果に基づき設計した低コストブドウ棚は、現在農業技術センター果樹研究部に設置し、実証展示している。図 14 は、開発した低コストブドウ棚である。今後は、実際のブドウ栽培現場において実証が必要となる。

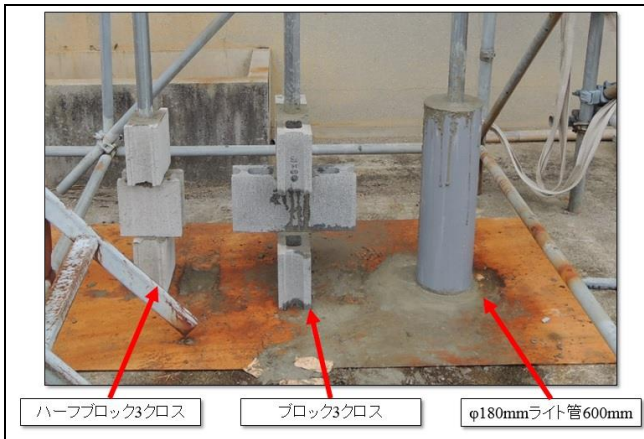


図 11 鋼管下部に取り付ける構造体案 2

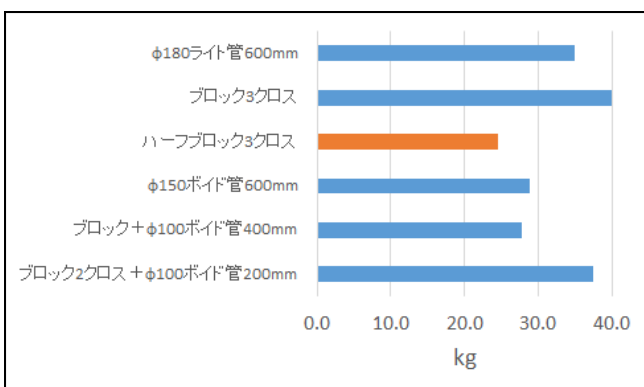


図 12 各構造体による重量比較

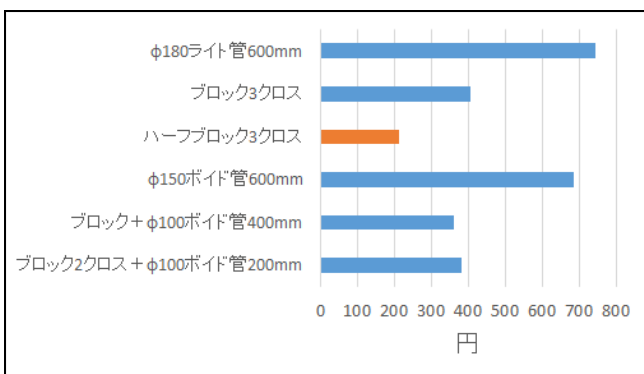


図 13 各構造体の価格比較

埋設方式を採用したことにより、杭打ち式と比較して構造体分のコストが上がる。そこで、各構造体の 1 本あたりの価格を比較した。図 13 は価格比較結果である。

図 12, 図 13 より、軽量・低コストのハーフブロック 3 段クロス型の構造体を採用した。ハーフブロック 3 段クロス型は最も軽量ではあるがそれでも約 25kg あり、ブロックを十字型に配置することにより、地中でのアンカ効果が期待できる。



図 14 開発した低コストブドウ棚

文 献

- 1) 加藤・今井他, ブドウの栽培管理作業の軽減をはかる改良棚‘一文字広島仕立て’の開発 J. ASEP Jpn. Vol. 11, No1 (2000), 15-21
- 2) Φ48.6mm足場パイプ低コストハウス・棚 (美咲型ハウス・棚) 建設マニュアル美咲ブドウ部会編(2005)
- 3) 須川・佐々木他, 構造解析によるモモの樹体ジョイント仕立て棚の開発 園芸学研究. 別冊, 園芸学会大会発表要旨 12. 2(2013), 123