

課題情報シート

テーマ名 :	溶接構造物の製作 (スカイツリー®編)				
担当指導員名 :	長谷川宏幸	実施年度 :	24 年度		
施設名 :	東北職業能力開発大学校青森校				
課程名 :	専門課程	訓練科名 :	生産技術科		
課題の区分 :	総合制作実習課題	学生数 :	3	時間 :	12 単位 (216h)

課題制作・開発のポイント

【開発（制作）のポイント】

東京スカイツリー®のミニチュア版を、授業で習得した溶接技術を用いて製作することを目標としました。

また、鉄骨部の複雑な構造を理解し、ゼロから全て手造りで製作することで、ものづくりに対する意識や溶接技術の向上を目指すことを目的としました。

課題制作のためには寸法が必要となりますが、実物の図面等は入手困難でした。そのためミニチュア版のプラモデルを参考に部品1つ1つを採寸し、各パーツの寸法を確定しました。その結果をまとめ、製作するサイズでの3次元図面化を行いました。

課題制作にあたり、鉄骨部の材質と溶接法の検討を行い、実際に試作して選択しました。

また、本構造物は特殊な形状をしており、溶接の際の作業性向上のため、ジグを準備する必要性がありました。そこで、ジグの設計から制作までを検討しました。

更に本課題は、展望台など一部機械加工部分も含まれており、メンバー中、機械加工に習熟した学生が担当しました。

【訓練（指導）のポイント】

東京スカイツリー®は、溶接構造物としては非常に参考になるものです。実物は、高い接合技術が用いられていますが、学生が授業で習得した技術を用いて制作し、更に接合技術の向上につなげてゆくことができました。

様々な選択肢から鉄骨部の材質と溶接法の検討を行い、実際に試作することで、溶接性の観点から最適な材質や溶接法を確認させることができました。

またジグを準備するに当たり、作業性向上の観点から、学生自らの創意工夫により、設計・制作しました。制作の過程で、レーザー加工機やプレスブレーキ、TIG 溶接機の取り扱いについても習得させることができました。

課題に関する問い合わせ先

施設名 : 東北職業能力開発大学校附属青森職業能力開発短期大学校
住所 : 〒037-0002 青森県五所川原市大字飯詰字狐野 171-2
電話番号 : 0173-37-3201 (代表)
施設 Web アドレス : <http://www3.jeed.or.jp/aomori/college/>

課題制作・開発の「予稿」および「テーマ設定シート」

次のページ以降に、本課題の「予稿」および「テーマ設定シート」を掲載しています。

溶接構造物の製作

—スカイツリー®編—

東北職業能力開発大学校附属青森職業能力開発短期大学校
生産技術科 学生3名
指導教員 長谷川宏幸

1. はじめに

誰でも知っている構造物であるスカイツリー®ミニチュア版を、授業で習得した溶接技術を用いて制作することを目標とする。

本構造物は、溶接構造物としては、非常に参考になるもので、製作することで、溶接技術のスキルアップにつながる。

また、非常に複雑な構造であるが、その構造を理解し、ゼロから全て手造りで製作することで、ものづくりに対する意識や接合技術の向上を目指すことを目的とした。本報告は、この結果をまとめたものである。

2. 制作の課題、検討事項とその対策

本構造物制作のためには寸法が必要となるが、実物は、図面等は入手困難である。そのためミニチュア版のプラモデルを参考に部品1つ1つを採寸し、各パーツの寸法を確定した。次に総合制作で取り組むため、大きすぎず小さすぎない構造物サイズとする。実物のスカイツリーは、全高634mである。プラモデルの寸法も参考に、原寸の1/350にし、制作課題の全高は、1.81mとした。

3. 課題の設計



図1 ワイヤーフレームモデル

プラモデルの各部を採寸し、構造物製作のためのイメージ化、各パーツの寸法を決定するため、ワイヤーフレームモデルを製作した。

4. 構造物の製作

4.1 鉄骨部の材質と溶接法の検討と選択

4.1.1 材質の検討

腐食しにくい材料を検討し、アルミニウム材又は、ステンレス鋼材とした。

(1)アルミニウム材 (A5083)

アルミサッシの材料として溶接では一般的に使用されている。軽量で扱いやすい。

(2)ステンレス鋼材 (SUS304)

耐食性材料として広い用途で使用されており、溶接でも広く使用されている。

4.1.2 溶接法の検討

(1)TIG溶接

電気溶接において、上記のような特殊材料の溶接には、TIG溶接が一般的

(2)ガス溶接 (銀ろう付け)

接合実習にて、ガス溶接は習得済みであり、扱いやすい。

4.1.3 材質、溶接法の選択

上記を実際に試行し、作業性を考えて以下のように決定した。

(1)材質

アルミは軽量で取り扱い易いが、実際に溶接を試してみたところ、融点が660℃と低く、制作課題の鉄骨寸法 (直径2.6~5mm)だと溶け易く溶接が非常に難しい。SUS304の融点は1450℃と、SS400などの鉄鋼材料 (1580℃)に近い。よって、ステンレス鋼を採用した。

(2)溶接法

TIG 溶接の場合、アークの温度は 6000℃あり、今回の鉄骨を溶接するには入熱量が大きすぎ、溶け過ぎてしまう。ガス溶接の場合、火炎の温度は、3000℃とアークの半分程である。よってガス溶接を採用した。また、母材を溶かさない銀ロウ付けとすることで、作業性の向上を狙った。

4.2 溶接ジグの検討

4.2.1 鉄骨部溶接ジグの設計・制作

(1)目的

スカイツリー®の断面は、底辺が正三角形で、上部に行くに従い円形になる。つまり段階的に半径が変化してゆく。溶接作業を行うに当たり、部材の位置決めが非常に難しい。そこで、安定した溶接作業を行うために、ジグを設計・制作した。

(2)設計

① 形状・寸法・材質の検討

- ・形状は、鉄骨部を横から支える形式にし、溶接に支障の無い位置を支えるようにした。
- ・材質は耐腐食性・加工性を考え、SUS304 板厚 1.0mmとし、溶接作業による消耗を考慮し、交換可能な構造とした

② 図面の作成

プラモデルを採寸し、図面の作成を行った。

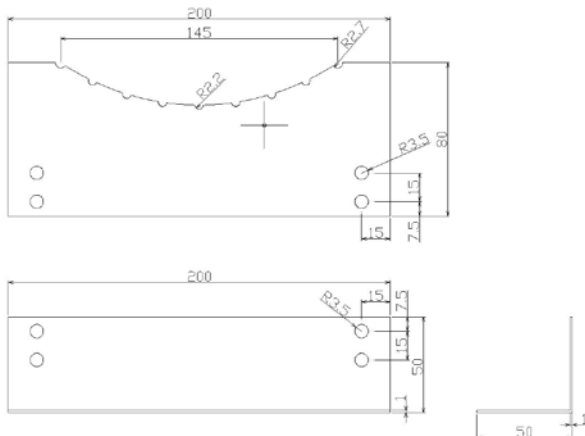


図2 ジグ図面

(3)制作

① 材料取り

複雑な形状であるため、レーザー加工にて材料取りを行った。

② 曲げ、溶接

ジグとしての機能を付加するため、曲げ加

工・溶接作業を行った。曲げ加工は、プレスブレーキにて行い、溶接作業は、TIG 溶接にて行った。



図3 ジグ完成図

4.3 横・斜め鉄骨部のR曲げ加工方法の検討

4.3.1 形状・寸法の検討

鉄骨部の下側は曲げRが大きく、上に進むにつれ小さくなっている。そのため、曲げRの違う多数の材料が必要になり、3本ローラーを使用し曲げ加工することとした。しかし、一つ一つの寸法を調べる方法がなかった。

4.3.2 加工

部品点数が非常に多く全ての部品の曲げRが違うため、まとめて加工を行うことができない。1部品ずつ曲げRを調整しながら、棒材を円形に曲げる、3本ローラーを用いて曲げ加工を行った。

4.4 鉄骨部パーツの溶接

4.1、4.2にて準備した溶接法、材料、ジグを用いて鉄骨部の溶接を行った。完成品は、組立てを考慮して、3分の1に分けた。工夫として銀ろうが流れやすく、密着する面積が広がるよう溝をつけた。

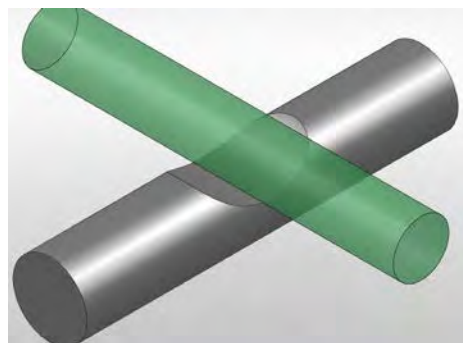


図4 溝の形状



図5 溶接作業(鉄骨部)



図6 溶接作業(組み立て)

工してしまうと、細すぎて加工中材料が飛ぶ危険性があるため、本来の約2倍の寸法にしておき、そして最後に寸法通りに仕上げる順序とした。切削条件は加工実習や技能検定の練習で習得した条件を参考にした。

4.5.2 加工

(1)加工工程

検討した加工順序で問題なく加工することが出来た。

(2)切削条件

回転数が材料の直径に対して速すぎたため切り粉が長くなりチャックや材料に絡まり、危険だった。そこで回転数を下げることで切り粉が短く途切れるようになり安全な作業が出来た。



図7 旋盤加工作業

4.5 展望台の設計と製作

4.5.1 寸法採寸と図面作成

(1)形状、材質の検討

形状はCADデータを参考に図面を作成した。材質は軽量化を図るためアルミニウム材(A5052)を使用した。

(2)図面の作成

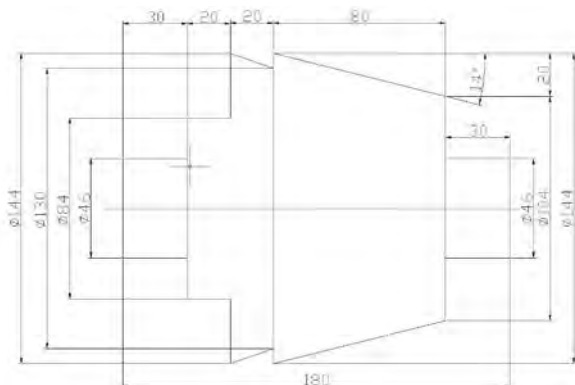


図6 第一展望台の図面

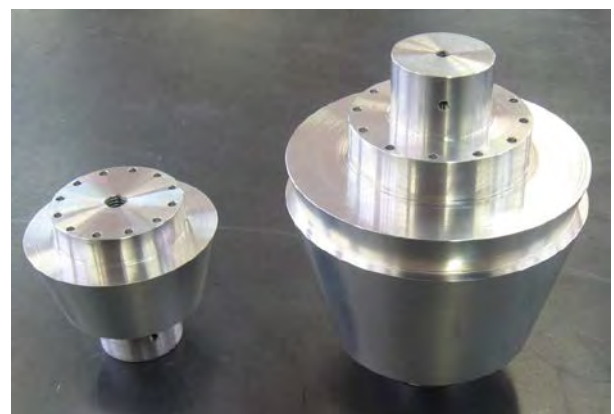


図8 完成した展望台

(3)加工条件の検討

加工順序は左端部の直径を寸法通りに切削加

5. 組み立て方法の検討

5.1 心柱について

スカイツリー®は、超高層建築物であるため、地震や強風の揺れに対し、いかに安心・安全な建築物とするか試行錯誤の末、日本の伝統的な塔である「五重塔」を参考にした心柱を採用し

ている。

(1)材料と寸法

本構造物もこれを表現するため、アルミ製 (A5083)のパイプを用い、これを柱とすることにした。寸法は、プラモデルから寸法を割り出し、縮尺を考慮し、外径 50mm×肉厚 2mmとした。

(2)連結方法

心柱をパイプ形状にした理由は、展望台の突起部に差し込むことで、直立時の展望台との固定を容易にするためと垂直度を保つためである。更に側面に穴をあけ、展望台にボルト固定するようにし、更なる固定と分解・組立てを容易にすることを狙った。

展望台のボルト固定



図9 パイプと展望台の固定部



図10 ゲイン塔のねじ込み部



図11 完成したスカイツリー®

5.2 鉄骨部の組立て

(1)鉄骨部パーツの一体化

パーツ溶接時、3分の1に分けた鉄骨部を直立させた状態で完成状態で溶接するため、ジグを使って、3つのパーツを1体に溶接した。

(2)台座、展望台との固定

台座、展望台に鉄骨端部が収まるように、穴あけ加工を行った。これにより組立てと固定が容易になる。

5.3 ゲイン塔の組立て

(1)材料と寸法

ゲイン塔部は、鉄骨部との溶接を考慮し鉄骨部と同じ SUS304 とした。材料は長さを調節できるように太さの違う 2 本のパイプを使用した。寸法は、プラモデルから割り出し、370mmとした。

(2)展望台との固定

展望台への固定・分解が容易になるように、ねじ込み式とした。

6. おわりに

今回制作を通して、全く何もない状態からの制作だったので溶接作業では分品数が多く、慣れない作業で気が遠くなるような大変さでした。旋盤作業では普段加工することがない大きさの材料を使い、切削条件や加工工程に苦労しました。ですが全員で協力し、期間内に完成させることが出来てよかったです。来年度は未完成な部分を中心により本物に近い物になるよう期待しています。

最後に、ご指導いただいた先生方、特に旋盤加工の協力をしてくださった勝田先生に感謝申し上げます。

参考文献

ホームページ

大林組

<http://www.skytree-obayashi.com>

日建設計

<http://www.nikken.co.jp>

課題実習「テーマ設定シート」

作成日： 8月21日

科名：生産技術科

教科の科目		実習テーマ名	
総合制作実習		溶接構造物の製作（スカイツリー®編）	
担当教員		担当学生	
生産技術科 長谷川 宏幸			
課題実習の技能・技術習得目標			
溶接構造物の製作を通して、設計、製作及び組立て・調整技術等の総合的な実践力を身につけるとともに、鉄骨部の製作を通して、構造設計、材料選択、機器選定、溶接施工方法等、接合技術の総合的な能力を身に付けます。また製作に係るコストの算出、製作スケジュールの計画、役割分担といった管理能力から、情報の共有や協調性などのチームワーク力・コミュニケーション力についても身に付けます。			
実習テーマの設定背景・取組目標			
実習テーマの設定背景			
今年度、東京スカイツリーが開業しました。本構造物は、様々な最新技術が導入されていますが、その中でも電波塔として世界一の高さを誇る鉄塔を支える骨組みである鉄骨は、この構造物のメインであり、また非常に複雑で高度な接合技術が導入されています。本実習では、それを模した溶接構造物を製作します。この課題をテーマとして取り上げることによって、「ものづくり」に対する興味を持ち、学生自身がグループワークの中で創意工夫することで総合的な能力を身に付けます。			
実習テーマの特徴・概要			
スカイツリーの実際の構造物の図面等は、公開されておりませんが、様々な情報を収集することにより、溶接構造を理解します。また、収集データから構造設計を行います。それを元に、溶接構造物の基本構造となっている鉄骨部分の継手構造を検討します。溶接構造物の製作に当たっては、実際と同じ工法はできなくとも、現状で対応可能な接合技術や、適正な溶接材料選択、溶接機器の検討と選定、的確な溶接施工方法の検討を行い、東京スカイツリーの縮尺版の構造物を製作してゆきます。			
No	取組目標		
①	溶接構造物の設計図書（構造図）を作成し、溶接構造の詳細を習得します。		
②	製作課題を設計・製作する際に品質、コスト及び納期をバランス良く調和させます。		
③	溶接構造部を設計する際、独自性を持って創意工夫をします。		
④	製作課題を設計製作する際、理論と現場の技能・技術を複合して取り組みます。		
⑤	課題を解決するために必要な情報を収集し、分析・評価して合理的な手順や方法を提案します。		
⑥	工程・日程・人材・他部門との関係・予算・リスク等の観点から計画を立て、進捗を調整します。		
⑦	グループメンバーの意見に耳を傾け、課題解決に向けた目的や目標及び手順や方法について共通の認識持ちます。		
⑧	各自が与えられた役割を果たし、グループメンバーをフォローし合って、製作物を完成させます。		
⑨	図や表を効率的に利用した分かり易い報告書や発表会予稿原稿を作成し、発表会では制限時間内に伝えたい内容を説明します。		
⑩	5S（整理、整頓、清掃、清潔、躰）の実現に努め、安全衛生活動を行います。		