

鉄構技術 10

2022 October
VOL.35 No.413

特集

ダイナミックな架構を支える
ブレース材・トラス構造

↑
LIBRARY
CAFETERIA
ARENA
HALL

THE STEEL STRUCTURAL TECHNOLOGY 第35巻通巻413号
[088年02月20日第三種郵便物認可] 2022年(令和4年)09月28日発行(毎月28日発行)

軽量化、高剛性、コストダウンを実現する母屋工法

— 南木商店倉庫 —

重松 正幸 (株式会社 構造FACTORY 代表取締役)
田中 利基 (九州第一工業株式会社)

1. 建物概要

建物名	南木商店倉庫
所在地	佐賀県鹿島市大字中村字水深 2021番1, 2021番4, 2023番3
主要用途	倉庫業を営まない倉庫
建築主	南木商店
階数	地上1階
最高高さ	7.72m
建築面積	1,963.06m ²
延床面積	1,904.36m ²
構造種別	S造
基礎種別	杭基礎 (既製杭)
設計・監理	株式会社宙工房
構造	株式会社構造FACTORY
施工	株式会社上滝建設
鉄骨製作	九州第一工業株式会社
設計期間	2019年9月～2020年5月
施工期間	2020年7月～2020年12月

2. 建築概要

佐賀県鹿島市にある青果や農作物の販売を行う会社の倉庫兼事務所で、平面形状21.6×79.3mの鉄骨造平屋建ての建物である。

3. 構造計画及び設計概要

本建物は、格子母屋を採用したDi式スペースネット工法 (横補剛梁ブレース省

略母屋工法 BCJ評定-ST0279-01) を評定取得後に初めて採用した事例である。

意匠から提示された初期の図面では屋根形状が片流れの断面形状とされていたが、構造側から平面の偏心バランスを良くするため、切妻屋根への変更を提案した。

屋根形状 (片流れ、切妻) ごとで、Di式スペースネット工法、在来工法それぞれを採用した場合についてコスト比較し、Di式スペースネット工法の切妻形状が最もコストを抑えることができるという結論に至った。

4. Di式スペースネット工法概要

本工法は大梁上にブレースと母屋を兼用する格子母屋構造で、評定取得により横補剛機能が追加された工法である。大梁と格子母屋が溶接結合され大梁上フランジの横移動が拘束されることで、水平ブレース・小梁 (横補剛材) を省略することが可能となる。本物件においてもすべての小梁が省略可能であったが、1グリッドに1本のみ小梁を入れることで梁で囲われたグリッド形状を正方形に近い形とし、格子母屋の部材サイズを最適化した。

スパン計画は当初7.2mとされていたが、本工法の評定適用スパン以内となるように6.5mとした。柱数は増えるが、各

フレームの応力負担の減少及び本工法による大梁耐力向上の効果により部材サイズを落とすことができたため、総鋼材量が削減され、コストダウンにつながった。架構形式は張間方向を山形ラーメン構造、桁行方向をブレース付きラーメン構造とし、耐震計算ルート3とした。

評定工法の採用により、許容応力度計算では梁の許容曲げ応力度は $f_b = f_t$ とできるほか、格子母屋が母屋・ブレース・横補剛梁の3つの性能を兼用し横補剛材としての検討を省略できる。

また、保有水平耐力計算では、格子母屋が横補剛の役割を兼ねることから、断面寸法・部材長 (細長比) に応じて条件を満たせば、部材種別FDの梁をFCの梁として取り扱うことができ、梁の終局曲げ耐力を $M_u = M_p$ とすることも可能となる。

これらの評定条件を活用し、鋼材量を減らしつつ、靱性の高い鉄骨主フレームを構築することができた。

食品保管のためのプレファブ冷蔵庫を屋根架構で吊り支持している関係上、水平変形を抑えることに配慮し中地震時の層間変形角は、張間方向: 1/570、桁行方向: 1/1100に抑えている。

保有水平耐力比 Q_u/Q_n は、張間方向: 1.99 ($D_s = 0.30 \sim 0.35$)、桁行方向: 2.99



南木商店倉庫

撮影: 石井紀久



南木商店倉庫 夜景

撮影: 石井紀久

($D_s=0.4$) の性能となった。

今回の設計では格子母屋自体の面外曲げ剛性は大梁の剛性には見込んでいないが、今後、適切な剛性評価を行うことで、更なる性能の向上とコストダウンが期待される。

5. 産学連携実験とBCJ評定

また、本評定工法は福岡大学工学部との研究及び実験を行い、溶接によって繋がられる角形鋼管と繋ぎ鋼管で構成される仕口部分の耐力測定、構造性能を実験した。実験内容は軸方向力载荷並びにせん断曲げ载荷実験である。

結果としてどの実験方法でも鋼管が座屈するまで仕口部分の破壊は見受けられず、損傷なども一切見受けられなかった。つまるところ、溶接した仕口部分に亀裂などの破壊現象は発生することなく、最大耐力は角形鋼管の引張耐力あるいは局部座屈で決定される、ということが実験により明らかになった。これは軸方向力载荷でもせん断曲げ载荷においても同じ結果が現れており、溶接した仕口部分については保有耐力接合の条件を十分に満足する性能を有するとが証明できた。

また、東京工業大学との産学連携により横補剛効果をBCJ評定により証明し、母屋とブレースの効果に横補剛効果まで盛り込むことが可能となった。

6. 自動溶接ロボットの導入

さて、この工法における最も重要なポイントは接合方法がすべて溶接であるということであり、この溶接仕口部分のクオリティによって本工法の品質が良くも悪くも変わってしまう、という点である。



鉄骨建方状況



屋根の施工状況

そのようなことは容易に想像がつくだろうし、職人を雇用しマンパワーで解決したらいいじゃないかと思われるかも知れないが、本工法の溶接は誰でもできるような溶接ではなく、大規模な供給は難しいのが課題だった。格子母屋は様々な形に挑戦出来る工法であるがゆえに、経験豊富な熟練技能者のような安定的かつ高精度な溶接を様々な角度で求められる。

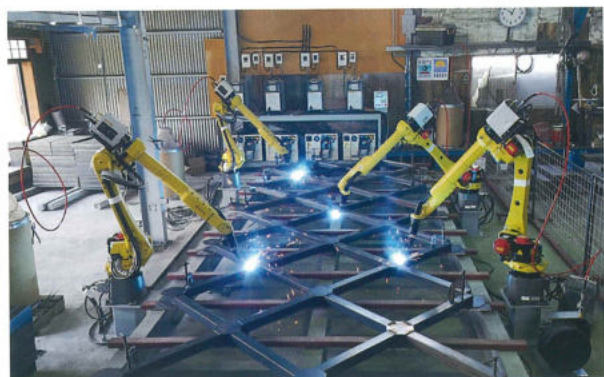
結果として、比較的大規模な建築物を手がける場合、極端に職人の負担が大きくなり、ヒューマンエラーや、キャパを超えた重労働で製作の能率、品質が落ちてしまうことが問題となっており、また職人不足の問題も日々深刻化していた。

このような問題を解決するため様々な方法を模索した結果、本工法では人海戦術的な発想でこの問題に対処するのは難しいと考え、自動溶接ロボットを導入した。ロボット溶接の運用方法は接合部の半自動溶接がメインになってくる。オペレーションを行う人が部材を定点に置き、ロボットに座標を入力、その後は都度溶接の衝撃やロボットの移動で起こる定点や座標のズレをロボット自体が調節しながら溶接を自動で行っていく。溶接の精

度も非常に高く、さらに品質はすべて均一化されているため、職人が溶接に失敗した場合のリスクが軽減され、より安全に、さらに時間効率化や品質の担保に成功した。納期なども概算が容易になり、社内外問わず様々な場所の効率化を押し進めることができた。

7. まとめ

今回は格子母屋を採用したDi式スペースネット工法を実際に採用した事例を踏まえながら紹介した。従来工法よりも軽量で強靱な構造であり、実験により座屈などに強く溶接した仕口部分において保有耐力接合であることなども証明できた。また、意匠的な面から言うと天井にボードなどを貼り付けたり、剥き出しにしたりと意匠意図に沿ってカスタマイズできる点もあり、幅広い応用が可能だ。工場では溶接ロボットの稼働も現在進行形で行われており、品質の担保も確実にできる。以上のことから本工法は様々な構造に活かすことのできる可能性に満ちた工法と言える。在来工法ではアプローチしにくい構造などを計画される際はぜひ検討していただけると幸いです。



ロボット溶接状況



天井の施工状況

撮影：石井紀久