

9. 海外製鉄骨を使用する事例の紹介 Introduction of a Case of Using Overseas Steel Frame

梁川 拓哉*¹ 蟹江 麦*¹ 山口 克彦*²

要 旨

本件は、郊外に立地する鉄骨造 3F 建ての倉庫である。受注時は、東京五輪の影響で国内 FAB が繁忙期であった。柱材 (BCR325) の納期待ちが 1 年以上を要し、工程に乗らなかった。設計部・購買 G の提案により柱材をロール鋼管から四面ボックス (以下 B.Box) 鋼管へ変更した。通常、溶接線が長くなるとコストは高くなる。納期・コストの問題を解決するために海外 FAB (韓国) で鉄骨を製作した。本報では、海外製鉄骨の採用事例を紹介する。

キーワード：海外製鉄骨／海外 FAB／冷間成形角形鋼管／溶接組立てボックス柱 (B.Box)

1. はじめに

本物件は、郊外に立地する冷凍倉庫である。事業主は、過去 3 物件完工し、現在 2 物件施工中の継続顧客である。倉庫建築は近年の巨大化傾向にあり、本物件も S 造 3 階建て、延床面積が約 3 万 m²あり、かつ 1 階から屋根まで高さが約 28m の巨大吹抜け空間 (別途工事、自動倉庫収納) を有する物件である。

設計施工物件であり、担当部署は過去に同事業主の増築工事で実績がある名古屋支店設計部と東京本店建築部で実施した。

受注時の問題点は材料納期と鉄骨工場が東京五輪の影響を受け、繁忙で見つからないことであった。そこで、鉄骨納期を間に合わせるべく海外製作を行うことにした。海外製作工場は、韓国の K テックへ依頼した。K テックは、日本では S 建設との取引が多く、日本の H グレードの認定も受けている。工場選定にあたり、鉄骨の柱材の仕様を変更した。主要柱の角形鋼管 BCP325 は納期が工程に間に合わないため、ロール成形ではなく BCP325 規格の板材を 4 面溶接して製作するビルトアップボックスへ変更した。溶接線が長くなっても韓国の工場は、溶接コストが日本より安く購買可能であった。

本報告では海外製作鉄骨 (韓国製) の事例を紹介し、施工上の留意点や課題の報告をする。

2. 概要

2.1 工事概要

工 事 名 称：(省略)

工 事 場 所：(省略)

工 期：2019 年 2 月 1 日～2020 年 8 月 31 日 (19 ヶ月)

請 負 金 額：(省略)

発 注 者：(省略)

設計・監修：(省略)

設計・監理：株式会社浅沼組名古屋支店建築事務所

主 要 用 途：倉庫業の用に供する倉庫 (特別流通業務施設)

構造・階数：鉄骨造 地上 3 階 (鉄骨 3,415t)

敷 地 面 積：19,443.05 m²

建 築 面 積：9,910.63 m²

延 床 面 積：29,981.33 m²

最 高 高 さ：GL+28.145m

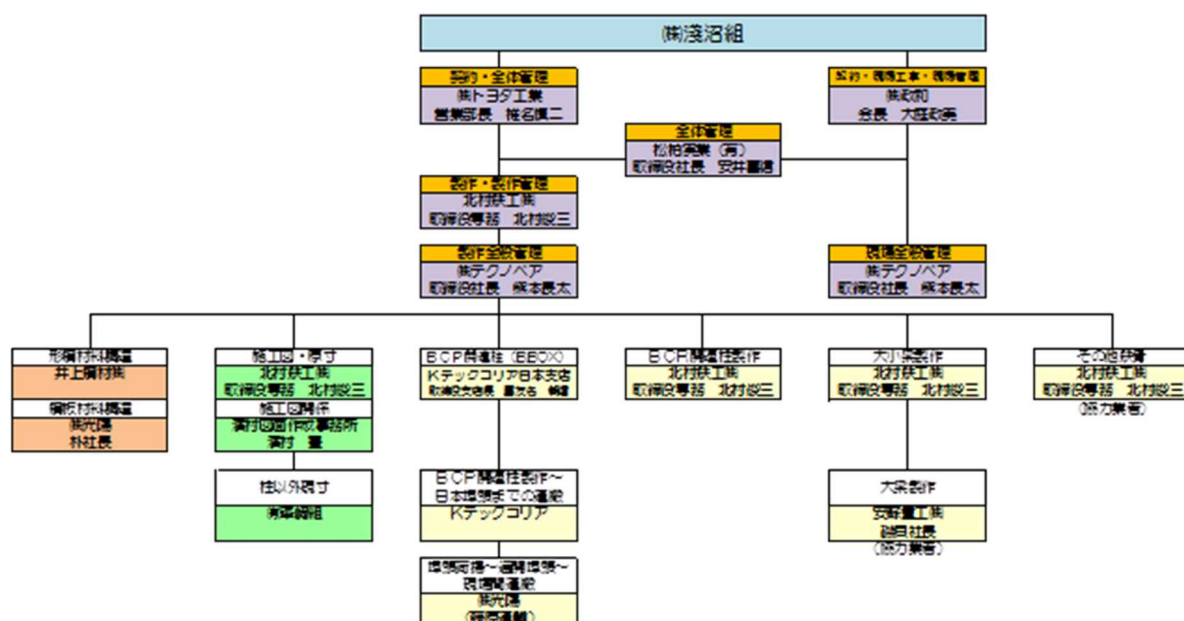


写真-1 竣工時建物

2.2 編成・組織

鉄骨工事施工体制、各種鉄骨図面割振りを図-1、表-1に示す。

*¹ 東京本店建築部 *² 東京本店建築部兼技術研究所 (執筆時の所属)



圖一1 鉄骨工事施工体制図

表一1 各種鉄骨図面割振り

種別	一般図	詳細図	現寸図	製作会社※ ¹⁾	備考
全体一般図	濱村図面製作			北村鉄工(株)	全体調整・不具合対応はテクノバアと協力
BCP関係柱（ボックス）		濱村図面製作	Kテックコリア	Kテックコリア	搬入車両については日本側にて手配
BCR関係柱		北村鉄工(株)	北村鉄工(株)	北村鉄工(株)	
大梁		北村鉄工(株)	北村鉄工(株)	北村鉄工(株)・安蘇重工(株)	
小梁		濱村図面製作	㈲峯崎組	北村鉄工(株)	
間柱他付帯鉄骨		濱村図面製作	㈲峯崎組	北村鉄工(株)	
胴縁	北村鉄工(株)	北村鉄工(株)	胴縁業者	胴縁業者	現場搬入まで
底		濱村図面製作	北村鉄工(株)	北村鉄工(株)	メッキ施工含む

※1) 製作要領書・溶接基準含む

3. 設計・材料発注での懸念事項

3.1 角形鋼管の違い（図-2 参照）

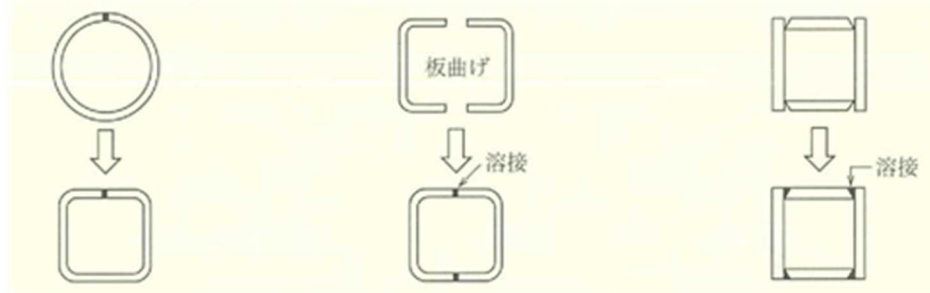
(a)の冷間ロール成形角形鋼管（BCR）は、鋼帯を一度、円形に成形し、シーム部を溶接したものを角形に成形する。したがって、平坦部も冷間加工されている。(b)の冷間プレス成形角形鋼管（BCP）は、厚板の鋼管の角になる部分をプレス成形し、シーム部を溶接する。両者は、コーナー部の曲率半径も異なる。さらに告示により設計法も異なっているので、同じ径・板厚であっても両者を取り替えて使用することはできない。

(c)の溶接組立てボックス柱 (B.Box) は、主に高層の建造物に適用される。鋼板の4面を角溶接して製作する。

3.2 B.Box の製作方法

K テックにおける B.Box の製作方法を写真-2 に示す。

- ① フレームプレーナーにより大板を切断する。
- ② 角溶接（SAW）用の開先加工を行う。
- ③ ボックス柱の仮組立作業を行う。
- ④ 可搬型溶接ロボットにより角継手溶接を行う。
- ⑤ 修正後、ダイアフラムを取付け、柱幹材を組立、溶接を行い完成させた上で、ブラケット材を取付け、横向きで溶接し柱としている。



(a)冷間（ロール）成形角形鋼管(BCR) (b)冷間（プレス）成形角形鋼管(BCP) (c)溶接組立て（ビルトアップ）ボックス柱

図-2 角形鋼管の製造法



プレート切断



形維持板を入れてBOX組立



BOX溶接



B-BOXコラム素材製作完了

写真-2 ボックスの生産工程

3.3 設計及び材料の使用範囲

角形鋼管柱を大臣認定品から B.Box に変更しても断面性能の諸数値が多少変わるくらいで大差はない。B.Box の材料は韓国ポスコ材である。柱に付帯するブラケット材は材料設計時に大梁の横補剛をなくすために鉄骨梁横座屈補剛工法（㈱新日鉄住金）を採用しているため、同社の製品を使用しないとイケない。以上から B.Box、仕口及び梁ブラケットを韓国で製作することとした。品質管理上、国内だと BH 材は溶接長が増えないように、ロール材、HY 材を使用する傾向にある。K テックでは、全自動溶接による品質向上を 24 時間操業によって低コスト化を図っている。日本の S 建設は運搬を考慮し、B.Box のみ K テックで製作し、仕口は国内で製作している事例が多い。また、韓国で入手できない板材(SN490C 材・TMCP 材)の他、ハイベース・コラムピース・梁貫通補強材等は全て日本から輸出し、加工を依頼した。

4. 製作スケジュール

発注段階のスケジュールを下記に示す。

2019 年 2 月	材料ロール
2019 年 3 月	材料入荷
2019 年 4 月～5 月	板組ボックス柱加工
2019 年 5 月～6 月	柱製作
2019 年 6 月中旬	工場出荷
2019 年 7 月	鉄骨建て方開始

最終的に事前手続き、確認申請や開発工事等により鉄骨建て方開始は 2019 年 9 月となった。主だった計画と実施を上段と下段に示した鉄骨製作スケジュールを表-2 に示す。

鉄骨建て方から逆算すると、4 月 3 週目の船便締め切りが本工事のマイルストーンとなる。



図-3 K テックコリア認定書

表-2 鉄骨製作スケジュール

自 2019年 2月 1日 至 2021年 8月 31日			工事名		2019年 3月 26日 作成 2020年 3月 13日 更新																														
		月 週	3月				4月				5月				6月				7月				8月				9月		10月		11月		12月		備考
			1週目	2週目	3週目	4週目	1週目	2週目	3週目	4週目	1週目	2週目	3週目	4週目	1週目	2週目	3週目	4週目	1週目	2週目	3週目	4週目	1週目	2週目	1週目	2週目	1週目	2週目							
鉄骨G	1	ハイベース図	計画																												センクシア製作				
		実施																													センクシア製作				
		鉄骨一般図	計画																																
		実施																																	
	2	鉄骨素管図	計画																												Kテックコリア製作				
		実施																													Kテックコリア製作				
		鉄骨詳細図	計画																												北村鉄工製作				
		実施																													北村鉄工製作				
	3	鉄骨スリーブ図	計画																												北村鉄工製作				
		実施																													北村鉄工製作				
4	デッキ割付図	計画																												日栄鋼材製作					
	実施																													日栄鋼材製作					
5	建て方仮設図	計画																																	
	実施																																		
外装・屋根G	6	断縁割付図																																	
		7 外壁ALC割付図	計画																																
		実施																																	
		8 アルミ製建具図	計画																												9月中旬工事開始				
		実施																													9月中旬工事開始				
建具G		9 折板屋根基盤図	計画																												10月初旬工事開始				
		実施																													10月初旬工事開始				
		10 ルーフファン製作図	計画																																
		実施																																	
		11 シャッター図	計画																												11月中旬工事開始				
その他		12 スチール製建具図	計画																											9月中旬工事開始					
		実施																												9月中旬工事開始					
		13 内壁ALC割付図	計画																											9月中旬工事開始					
		実施																												9月中旬工事開始					
工場検査		14 LSD建具図	計画																											10月下旬工事開始					
		実施																																	
その他		工場検査	計画																																
		実施																																	

5. 製作

5.1 図面、要領書

製作に必要な図面は一般図と部材図である。

日本語で通常通り作図して、K テックへ支給する。K テックにて韓国語へ翻訳作業を行う。製品の検査表には韓国語の図面が添付される。

日本側作図の業務が遅延し、かつ設計変更（床断熱の変更に伴う床段差の変更）の対応により一般図が遅れた。製作の遅延を回避するため、素管図（板材の切断寸法記載）を作図した。素管図により、B.Box の加工に着手した。作図チェック業務は通常と変わらなかった。

製作要領書をチェックしたところ、工場グレードにおける板厚と使用溶接棒の認定の不備が確認された。また、工場においてパス間温度・入熱量の管理をどのようにしているか不明であった。前者については工場から見解が報告されたが、後者についての報告はなかった。

5.2 鉄骨製作工場

K テックコリアは経営者である山本学社長が過去に日本で溶接工として働いた経験があるため、日本の事情に通じており、日本式の労働環境を採用している。また、これまでに S 建設の工事や、N 設計等の大手設計事務所

の指導を受けて、日本向けの鉄骨を多く手掛けている実績がある。

K テックコリアの製作工場は、韓国の南部の光州である（図-4）。製品は工場から釜山へ陸路を移動し、釜山から船便で4～8日を要す。



図-4 K テックコリアまでのアクセス

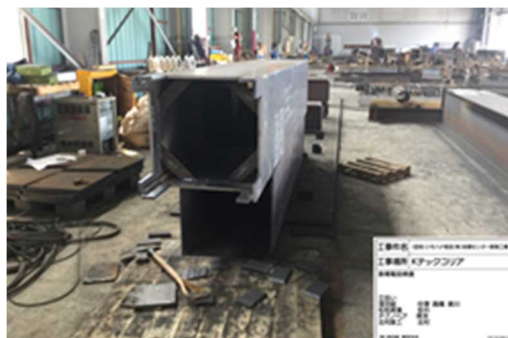
5.3 工場検査

2019年6月20日に第1回製品検査を行った。日本と同様に日本語で検査する。検査状況を写真－3～7に示す。

所見として、一次加工の組立・溶接・切断・穿孔・ショット・開先等の加工にほぼ日本製の機械を使用し、製作を行っていた。塗装専用の工場棟もあり作業環境は良好に感じられた。溶接技能者も45名全てがJIS資格を取得していた。その上AW工場溶接（鋼製タブ12名・代替タブ6名）も数多く取得していることに品質に対する意気込みを感じた。ただし、材料の管理体制は日本と異なり、日本では板材に端部色を施し、材質確認を行うのが通常である。日本からの輸送材については処置がしてあったが、工場内の韓国ポスコ産の板材に端部色はなく、端部色による分類を示した掲示板なども見当たらなかった。

検査の項目も日本と同様に行い、書類・対物検査をした。寸法・外観・材質（スチールチェッカー）・UT試験でも特に問題はなく、合格となった。UT検査の自主検査記録を見ると“全て合格”と記載されていた。まったく“NG”的な記録がないので、検査用紙だけ整備したように感じられ、逆に疑わしかった。ボックスは全て内ダイアフラムと溶接が難しいため、各箇所は溶接後、第三者UT検査をすることとした。

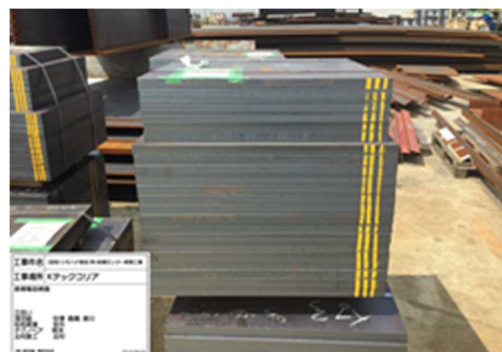
検査会社は、現地にて3工事施工中の日本の検査会社である(株)アディックの韓国支店とした。塗料は危険物としてみなされ、輸出入に大変な困難を伴うため、韓国の“KCI マリン PR (JEVISCO 社)”をJIS K 5674 同等品として、監理者の承認を得た。また、鉄骨の防錆塗料は、KIS（韓国版 JIS）規格品を採用した。



写真－4 B. Box 組立て確認



写真－5 資格証確認（AW 検定工場溶接）



写真－6 国内輸送材（SM490C）確認



写真－3 書類検査状況



写真－7 錆止め塗料（KCI マリン RR）

5.4 運搬

- ・支給品を輸送する際にも船便を使用するので、スケジュール管理が大変である。入荷は船便（7～10日）だが

台風の影響で出港できず、遅延することが多々あった。

- ・船便であるために、養生をしていても柱内に水がたまってしまう。揚重時に水抜きが必要。
- ・荷受検査時、加工間違いや仮設ピースの未取り付け、防錆塗料の塗り忘れ等があった。書類上、検査長は合格としており、溶接以外の検査体制に甘さを感じた。送り返す訳にもいかず、加工間違いの修正は国内で行わないといけない。
- ・陸送と船便のため、積替えが多く、摩擦面のキズ、めくれ等が散見された。

5.5 建て方

- ・BCP325 柱に比べ、ボックスは溶接用当て板などの付属材料が多く、大幅に重量が増えるため揚重計画の見直しが必要となった。
- ・柱の四隅がピン角形状なので、ゴムバンドを利用した柱昇降梯子取付金具（イーゾークライマー：日本セイフティー㈱）は適用できず、受けピースを柱に取り付ける仮設材（ライズトラップ：恵産業㈱）を採用した。
- ・国内の仮設リースに対応した仮設ピースが国外で調達できるか検証する必要がある。

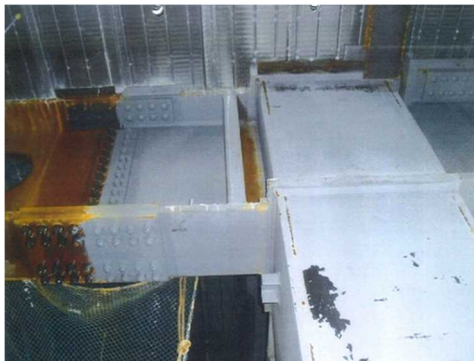


写真-8 荷受検査時の不合格状況

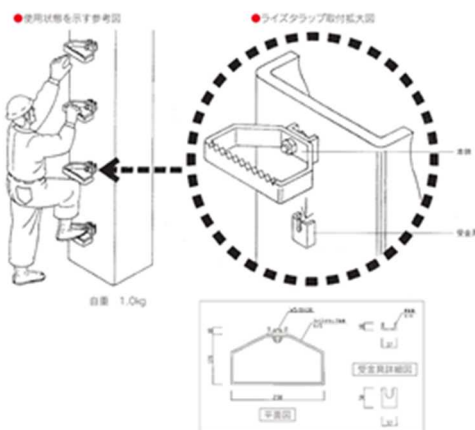


図-6 ライズトラップ（恵産業㈱）

5.6 コスト

2018 年当時、鉄骨製作本体で 300,000 円/t 以上で発注したものが、海外製の鉄骨を使用することで 270,000 円/t に収めることができた。

6. 課題

今回の経験を元に、海外製の鉄骨を使用する上での課題を下記に示した。

<製作図>

①翻訳をする期間が必要となり、早い段階で工場へ支給を要する。

<材料・支給品>

②SN490C 材や TMCP 材は日本から支給するのが一般的ということであったが、B.Box を製作する板材に支給品を減らして、韓国製（POSCO JAPAN 材）材料を現地で調達すればコスト、納期のメリットが大きい。梁ブラケット材は日本国内にて BH 加工した上で、韓国に支給する必要があることを考えると国内特許工法のスペックインは足枷となる。

③ハイベース、梁貫通補強材や国内リース材の取付けピースなどは、仕様、調達を初期段階で決める（製作開始までに一度に船便で送る）。

<製作工場>

④溶接技術は国内と変わらない。ただし、付帯部材の取付けや設計変更対応の管理が難しい。他社ゼネコンは工場に常駐管理者を置く事例もあるとのこと。

⑤建て方が不可能な製品エラーがあった場合、海外で再加工する時間が取れないため、国内で加工する段取りを事前に取決めする必要がある。

<鉄骨製品・運搬>

⑥鉄骨製品の検査表にチェックされていても現物が間違っているなど検査体制が甘い。

⑦船舶輸送のため、天候による出入港の可否が建て方工程を左右する。一時保管する場所や大きさの事前検討が必要である。



写真-9 鉄骨建て方状況（ボックス）



写真-10 鉄骨建て方状況①



写真-11 鉄骨建て方状況②



写真-12 鉄骨建て方状況③



写真-13 鉄骨建て方状況④ (2019.9)

7. 注意点の整理

(1) 設計・材料調達 の注意点

- ・韓国工場の製作技術が、日本の H グレード相当で、かつ溶接の品質管理体制が日本の検査レベルを満足するのか。
- ・韓国製の板材 BCP325 が日本の規格と同等で、性能を満足するのか。
- ・2次製品（ハイベース、梁貫通補強、仮設ピース）など現地調達できない部材の製造工程への輸送管理
- ・倉庫内空間を広くするため補剛材省略の特許工法（新日鉄）を採用しており、コア部分の板材の一部を日本から輸送しなければならなかった。

(2) 製作・施工上の注意点

- ・製作要領書のパス間温度の管理が工場認定取得時の規定と異なっており訂正を依頼。
- ・B・BOX は、板材を溶接して成型するため、組立用部材が必要となり、製品重量がロール材に比べて増す。建方重機の選定を変更しなければならない。
- ・2次製品の部材輸送が、鉄骨製造の初期に必要なため、通常工程より図面を速めた。
- ・防錆塗料が KIS 規格（韓国）のため、確認機関へ日本の JIS 同等品の承諾を得た。
- ・溶接の第三者検査のため、日本の検査会社を韓国へ派遣する必要がある。
- ・FAB の溶接以外の検査体制が甘い（仮設ピース付忘れ、傷、塗装間違いなど）。
- ・間違っている製品は、修正を国内で行わなければならない（送り返せない）。
- ・船便の輸送遅延回避（工期）と、早期搬入による港の保管料増大（コスト）の綱引きで、ジャストタイムによる納品管理が難しい。

8. おわりに

国内 FAB の繁忙期を避け、海外（韓国 FAB）で製作することにより、契約工期を守ることができた。本件の経験より今後の課題を以下に示す。

- ・特許を避け、材料の現地調達比率を上げた方が、コスト・製作工程にメリットが多い。
- ・作図、製造管理を遠隔で行うことは困難。現地へ常駐管理者を配置したほうがよい。
- ・輸送が天候に左右されるため、工程管理が煩雑。この点は海外 FAB ならではの課題。

今回の経験を通じて海外（韓国）製鉄骨の事例を紹介

した。品質・納期やコスト面で良否があるものの、大規模物件で十分採用は可能であった。今後、大阪万博を控えており、国内の鉄鋼需要が高まり、海外調達を検討する際にはこの事例を材料として欲しい。

【参考文献】

- 1) 日本建築学会:「建築工事標準仕様書 JASS6 鉄骨工事 2018」
- 2) 日本建築学会:「鉄骨工事技術指針・工場製作編 2018」
- 3) 社団法人日本建築構造技術者協会編:「S 建築構造の設計」

本報告は、社内の第 13 回技術発表会において発表された内容を編集したものです。