

大空間コンバージョンにおける先進的施工技術の開発

大阪本店

PAG 尼崎 P5 工場改修工事作業所 板谷 真司

技術部 計画 1G 井上 崇

1. 序論

本プロジェクトは、2008年に竣工した松下 PDP 第5工場の大規模コンバージョンである。プラズマディスプレイの工場を物流倉庫へコンバージョンを行うにあたりトラックバース（48m×196m×5フロア）範囲の床段差の構築、及びランプウェイの新設を行う。先行して他社が計画を行っていたが、当社独自の5フロア一括ジャッキダウン案を提案し高い技術力を評価され受命に至った。過去に例のない大空間かつ総重量27,000トンの躯体のジャッキダウン計画を行い、実施工区においてはねらいの精度を達成させた。本稿では課題を解決するために開発した要素技術と実施施工計画及び施工結果について報告する。

2. 本論

工事概要

（ランプウェイ新設、トラックバース構築）

工事名称：(仮称) 尼崎 P5 改修計画

建築主：PASSAT 特定目的会社

建築地：兵庫県尼崎市扇町 4-1

建物用途：工場 物流倉庫

設計・施工：竹中工務店

工期：2016/5/02～2017/10/15

工期 17.5 ヶ月（工期率 89%）

建築高さ：59.8m

建築面積：48,624 m²

延床面積：281,559 m²

敷地面積：124,494 m²

階数：地上7階 塔屋2階

構造形式：S造（柱 CFT）



改修前



改修後

図 1. 全体パース

[大空間ジャッキダウン構造概要]

今回のトラックバース構築においては、既設床 195m×48m×5フロア範囲を1m降下させる。基準グリッド 16.2m×16.0mを構成するトラス架構（成 2.4m）をジャッキダウンする。ジャッキダウン工区は 48m×65mとして3工区としている。各工区約 9,000t に及ぶ本設躯体を仮設支保工にて支持し1m降下させる。

ジャッキダウン躯体数量：27,000t

【主要部材】

トラス（成 2.4m）

上・下弦材：H-400×400×13×21

～ H-300×305×15×15（SN490）

斜材：H-350×350×12×19

～ H-200×200×8×12（SN490）

柱材：H-350×350×12×19

～ H-200×200×8×12（SN490）



図 2. ジャッキダウン範囲

2.1 解決すべき課題

過去に例のない大空間かつ 2.7 万 t (195m × 48m × 5 フロア) という大きな躯体重量をどのように仮設で支持し安全にジャッキダウンしていくかが最大の課題であった。社内外有識者との工法検討会 (本社技術検討会) において仮受け及びジャッキダウン手順、鉄骨接合部の品質確保に向けた納まりなどについて課題の抽出と対策の立案をおこなった。これらの課題と計画上の対策を表 1 に示す。

表 1. 課題と計画上の対策

課題	計画上の対策	効果内容
短工期・大規模 (10ヶ月間で5フロア、27,000 t) ジャッキダウン	5層一括ジャッキダウン	D
トラス梁・床切断時の挙動制御方法	床・トラス一体支持する仮設フレーム	Q
最上階屋根の支持方法	吊補強による 屋根自立補強	S
1000 t / 柱の軸力支持方法	躯体利用をした反力確保	C
ジャッキダウン時の水平位置保持方法	水平ガイド機構の設置 ずれを考慮した鉄骨納まり・施工計画	Q
既存 C F T 柱への溶接 (コンクリートへの熱影響)	試験施工による溶接管理方法の確立	Q

2.2 達成すべき目標水準 (精度管理基準値)

表 2 目標水準

計測項目	数値根拠	設計値	1次管理値	2次管理値	実施時管理値 / 限界値
ジャッキ軸力	数値	端部 : 500t 中柱 : 1000t	500 t 1000 t	初期値からの 油圧変動 ± 10%	初期値からの 油圧変動 ± 10%
	根拠	B R A I N B R A I N	設計値 設計値	-	油圧システム誤差
1F 柱水平変位 (柱目違い)	数値	5mm	10mm	16mm	17.5mm
	根拠	解析値	設置クリアランス	1次管理値 + 解析値 × 1.25	1次管理値 + 解析値 × 1.5
大梁レベル	数値	-	10mm	13mm	16mm
	根拠	-	ジャッキ制御ピッチ	(1次管理値 + 限界値) / 2	スパン間の 1/1000
スパン間スラブレベル差異	数値	16mm	16mm	20mm	23mm
	根拠	解析値	解析値	(1次管理値 + 限界値) / 2	解析値 × 1.5

2.3 解決方策

2.3.1 全体方針・躯体支持計画 (課題)

ジャッキダウンは工期短縮のため各階毎に床のみを下げるのではなく、1F 部分にて各フロアを同時に降下させトラックバース部の階高を改変するような工法を考案した。(図 3)

機材転用及び溶接作業の平準化を考慮し、全体を 3 工区に分割し施工を行う計画としている。最後に中央部分を切断することで建物架構の安定性に配慮している。(図 4)

躯体切断時の仮受方法は既設スラブ・トラスを挟み込む形で仮設床補強梁を設置し、1F の油圧

ジャッキ直上から支柱を設置する形で躯体フレームを 5 層同時に支持する計画とした。(図 5) 仮設補強梁はスラブのたわみ及び躯体品質に影響を及ぼすため、本設部材接合納まり及びたわみを考慮した仮設部材選定を構造設計と協業し検討した。(図 6、7)

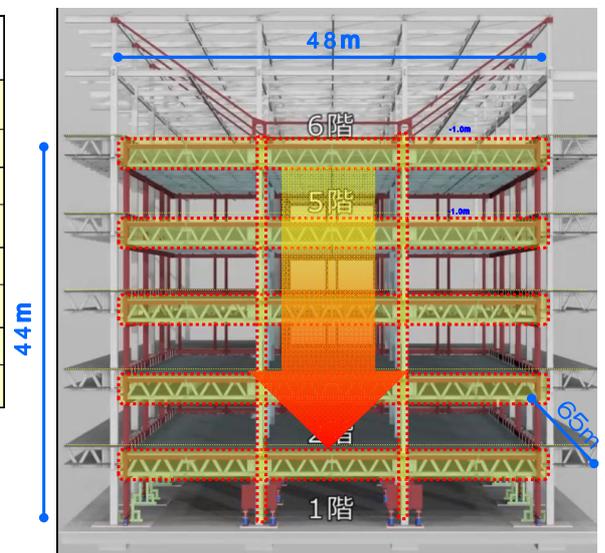


図 3. 全フロア同時ジャッキダウン

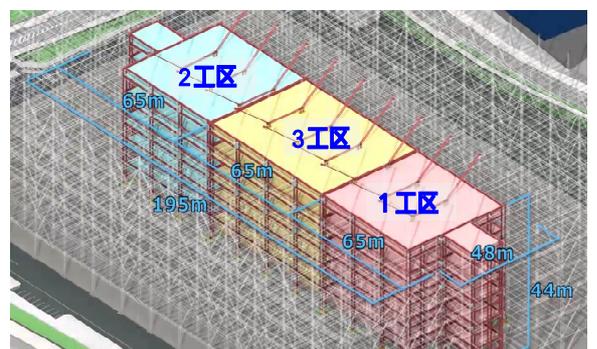


図 4. ジャッキダウン工区

スラブ切断は降下時にスラブの干渉が生じないように勾配をつけて切断を行った。また今回の1工区あたり8,300tの躯体重量に対する仮設支持鉄骨重量は1,030tである。

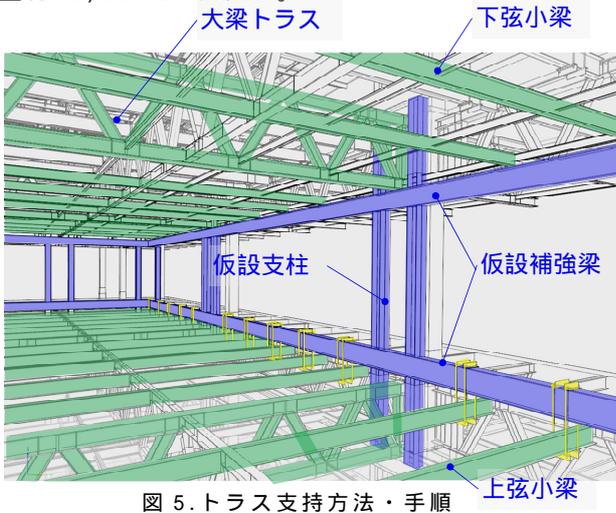


図5.トラス支持方法・手順

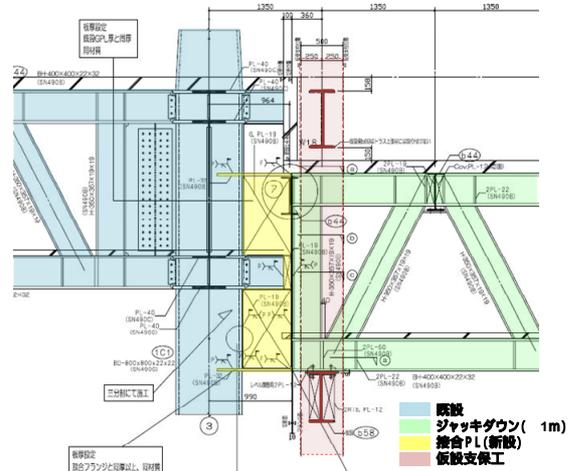


図6.本設鉄骨納まり詳細

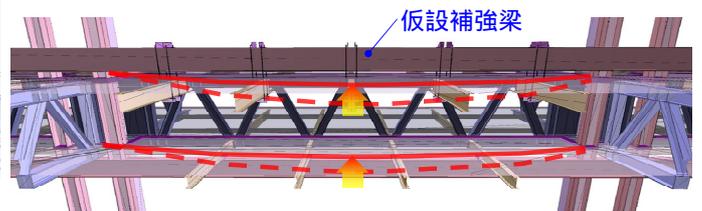


図7.仮設補強梁による床たわみ制御

2.3.2 反力確保及び既存建物保持計画（課題）

1Fにおいては1000t/柱における反力を本設構造体である基礎マットスラブの柱列帯(t=1400mm)を利用し強度上十分安全な支持方法とした。油圧ジャッキの選定は設計軸力1000t/柱に対して2倍の安全率で仕様を決定した。(図8)屋根については当初は1Fでジャッキダウンしながら6Fではジャッキアップを行う計画としていたが作業及びジャッキ制御が煩雑となるので上部架構からの吊補強を行う計画とした。(図9)尚、実施時は屋根架構のたわみ(32mm)を考慮し事前ジャッキアップを行った。

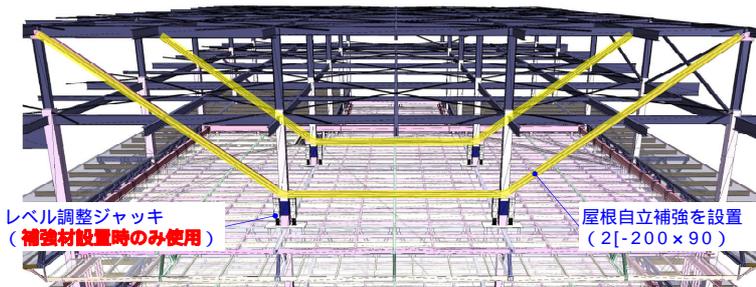


図9.屋根吊補強計画

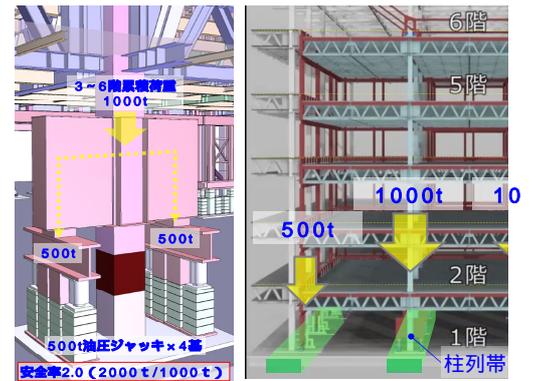


図8.1F 躯体支持計画

2.3.3 躯体品質を確保したジャッキダウン計画（課題）

ジャッキダウン前の梁切断については軸力を順に仮設支柱へ伝達するように下階から行う計画とした。また2,3階切断時に一度プレロードによる躯体自重が設計軸力と差異が無いか確認を行うフローとすることで、安全性の検証を行った。(図10)ジャッキダウン時の水平方向へ変位防止については水平ガイド(図11)を大梁トラス切断部へ設置しX-Y方向への変位を抑制すると共に地震時における安全性を確保した。(図12)

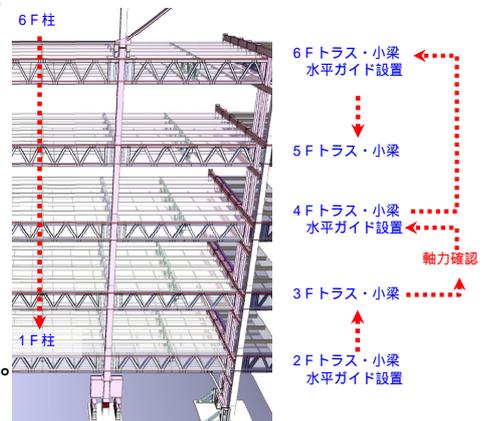


図10.トラス切断手順

水平ガイドで変位は制御し、加えて1F柱切断部において通しダイアフラム（ $t = 50\text{mm}$ ）を設置し水平方向への位置ずれへも対応できる計画とした。（図13）

CFT柱への溶接については試験体による溶接による熱伝達試験を行い、300 を超えるとコンクリート強度が低下することを踏まえ、コンクリート表面の温度が250 程度以下になるように溶接手順を決定した。（図14）

今回のジャッキダウンでは16か所（油圧ジャッキ72台）を同時に変位制御する必要があるため変位情報を油圧制御にフィードバックするシステムを採用した。（図15）
本システムはリニアエンコーダーで計測した変位を自動制御ユニット（AIユニット）にフィードバックし相対変位が2mm以内となるように制御を行う。

低摩擦ナイロン素材（MC901）
（ $0.3\text{m} \times 0.5\text{m}$ 、摩擦係数0.08）

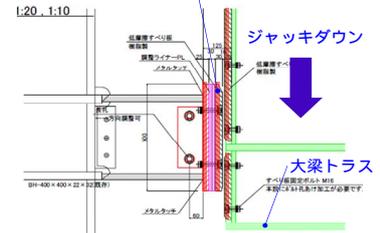


図11. 水平ガイド詳細

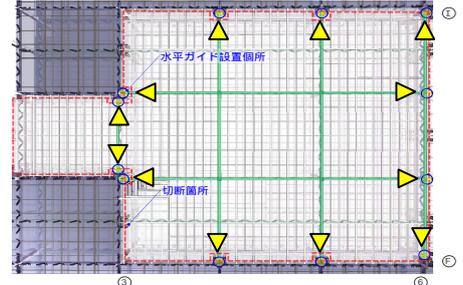


図12. 水平ガイド設置箇所

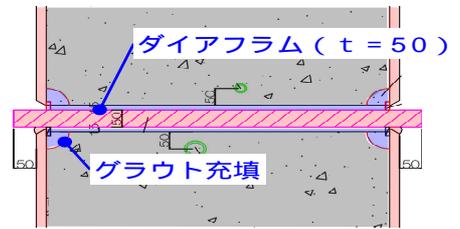


図13. 1F柱切断部納まり

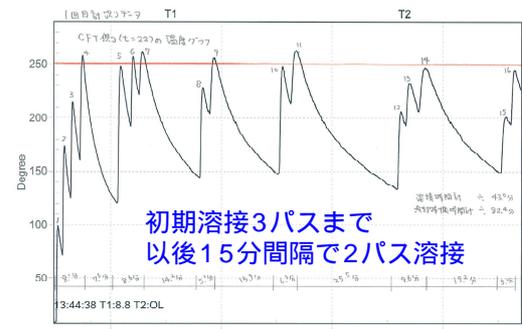


図14. 溶接試験結果（温度確認）

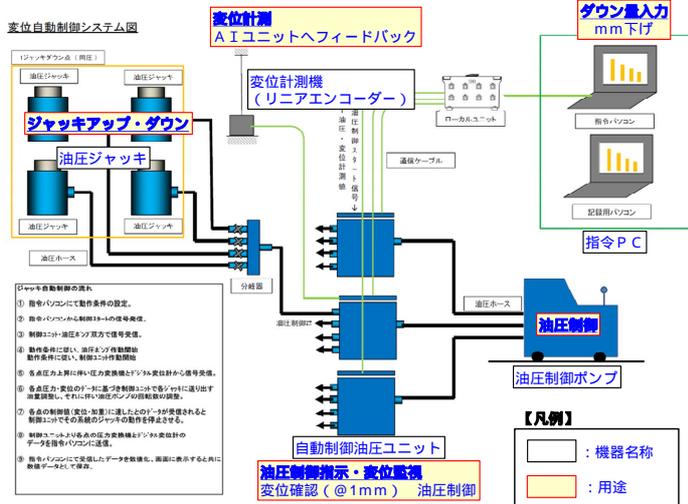


図15. 制御システム

2.3.4 ジャッキダウン実施状況

1工区ジャッキダウンについては6/2～6/3、6/6～6/9の6日間で実施を行った。1日目50mm、2日目100mm、3日目300mm、4日目200mm、5日目300mm、6日目50mmダウンを行った。監視員は合計57人/日の体制で実施した。

施工時は管理項目に合わせて常時計測、10mm毎、50mm毎、100mm毎に計測を分けた。特に50・100mm毎の計測については3次元測量による水平位置確認を行い次のジャッキ受替時の位置管理に反映することで水平精度管理することとした。（図16）

ジャッキストロークより100mm毎にジャッキ受替えを行い、調整材の盛り替えを行った。実施時のタイムスケジュールは1サイクル100mmとして、当初予定通り3.5時間/サイクルとなった。ジャッキダウン自体の時間は50分程度だが、調整材の盛り替えを行う時間が2時間程度必要となる。

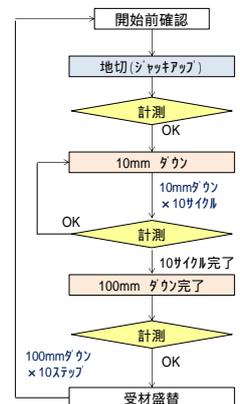


図16. 作業フロー



図 17. 柱切断状況

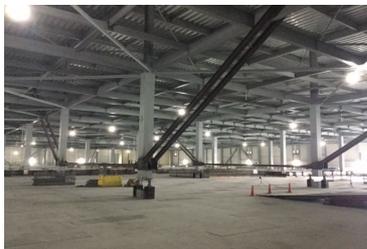


図 18. 屋根吊補強状況

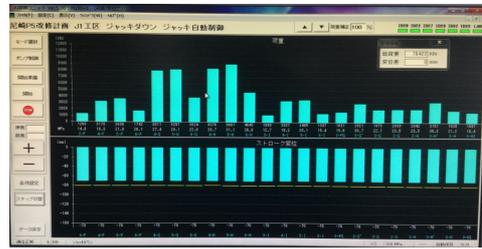


図 19. 制御システム管理モニター

2.4 実施結果及び効果の確認

今回実施した1工区目のジャッキダウンにおいて柱水平変位(目違い)は最大6.0mm、大梁レベルは最大15mm、スパン間床レベル差異は最大22mmとなりすべての項目において管理目標値を達成した。(表3)各階の大梁垂直レベルのばらつきについては平均で3.3mm、標準偏差8.1となり目標値の±16mm以下となっている。(図22)小梁についてはスラブ切断時のたわみがある為垂直レベルのばらつきについては平均で-5.9mm、標準偏差6.6となり目標値±23mm以下となっている。(図23)柱水平精度についても最大変位4.3mmで管理を行った。全体を通して計画通りのジャッキダウンを実施することができた。



図 20. 指令本部



図 21. ジャッキダウン完了

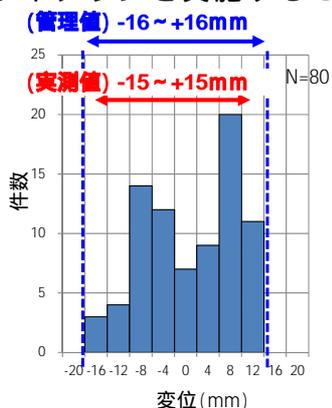


図 22. 大梁レベル

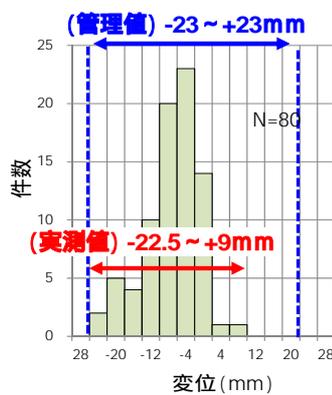


図 23. 床レベル

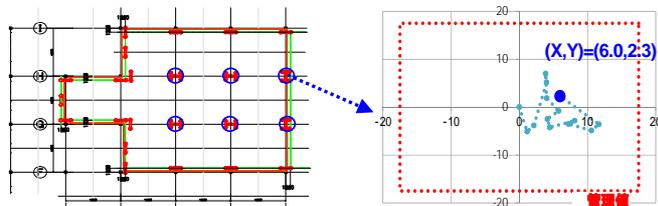


図 24. 柱水平変位計 (6-H)

2.5 結論・今後の水平展開

本工事において前例のない大空間コンバージョン施工技術の開発を行うことができた。残りの範囲でのジャッキダウンに向けて改善を図る。今回開発した躯体支持方法やジャッキダウン時の精度確保対策などの要素技術は、今後ニーズが高まると想定される工場から物流倉庫へのコンバージョンにおいて大いに水平展開でき、当社のソリューション力向上に大きく寄与するものである。

作業所 : 藤田邦裕、本田佳久、吉田智恵、松原拓平、構造設計: 西崎隆氏、野澤裕和、小島一高
 技術部 : 松田繁、中原洸二、三國昌則、清水芳樹、竹内誠一、田原修、三船浩太郎
 西日本機材センター: 内藤陽、生産本部: 木谷宗一、森田将史

表 3. 実施結果

	管理項目	目標値	実績最大値
1	油圧ジャッキ軸力	±10%以下	94~106%
2	柱水平変位	±17.5mm	-2.1~+6.0mm
3	大梁レベル	±16mm	-15~+15mm
4	スパン間床レベル差異	±23mm	-22~+9mm

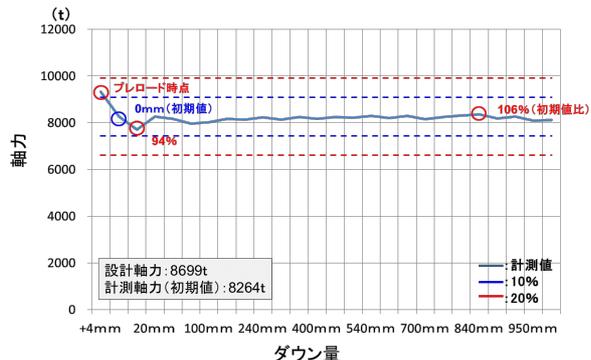


図 25. 油圧ジャッキ軸力推移