



真崎雄一  
Yuichi Masaki  
(有)マサ建築構造設計室  
代表取締役

# ラーメン構造のダンパー付き倉庫 レピシエ配送センター

Warehouse with Dampers of a Rahmem Construction

## Summary

This building is a delivery center aiming at a warehouse and processing of the company which imports tea from the world and sells. The foundation conditions of the building site are good. Under the conditions, I attempted the following idea.

- ① Soil improvement by the reinforcement sandbag(SOLPACK)
- ② Beam-to-column joints using ready-made cast steel ring (HIBLADE).
- ③ Vibration control device using oil damper.(HIDAMPER)

## 1. はじめに

本建物は世界のお茶を輸入・販売する会社のお茶の倉庫・加工を目的とする配送センターである。建物敷地は工業団地として整備されたところで地盤条件もよく、敷地上の制約の無い場所に位置している。従って、妻行き60m、桁行き65m、高さ10mのほぼ方形の典型的な平屋建倉庫である。今回のような企画の趣旨でないと、作品とはなり難い地味なもののひとつである。そのような建物であるが、今回は次の工夫をしてみた。①補強土嚢(ソルパック)による地盤改良 ②角型鋼管柱とH鋼との接合に全て既製の外ダイヤフラム(ハイブレード)を使用 ③オイルダンパーによる制振補強、の3点である。

## 2. 補強土嚢による地盤改良

建物重量は $100\text{kN/m}^2$ の長期支持力を持つ砂混じり細砂層がGL-1.5mに存在するために、基礎梁下は連続布基礎で安定して支えられるが、問題は倉庫に設置される $1500\text{m}^2$ の移動式高層ラック棚が、土間スラブに長期的な精度を要求することである。土間下の地盤はボーリングデータでもGL-1.5mまでは埋め土であること。また、基礎梁の周辺は配筋、型枠作業のために余堀部の新規埋め土であり支持地盤確保が困難である。そのための解決法として補強土嚢による地盤改良を行った。補強土嚢置換工法は名古屋工業大学の松岡元教授の開発した工法である。砂礫、砂状の摩擦性材料を袋に入れることで土粒子間の接触力を増大させ、袋の破断張力の何十倍もの圧縮耐力を付与する、見掛けの粘着力を得る事が出来る原理を応用したものである。通常は内容物は砂利、碎石、現地排出土を使用することが多いが、現地の袋充填作業が人手と時間を要するために、本現場ではリサイクル品のガラスカレット(3mm径)をガラスリサイクル工場ですりつぶした補強土嚢2段積みを採用した。耐圧強度は試験場の試験結果によると最大 $1500\text{kN/m}^2$ であり、長期の要求支持力である $60\text{kN/m}^2$ を1/20以下でクリア

一する事を確認した。補強土嚢を敷く前の原地盤に振動ローラー(750kg級)で十分転圧した後に補強土嚢を敷き並べ、平ランマー(60kg級6往復)による締め固めを行った。締め固め性能の監理は動的平板試験を1層毎に採用した。結果は8000袋もの敷設を約4日の32人工で終える順調な作業であった。

## 3. 角型鋼管とH型梁の接合に既製外ダイヤフラムを採用

通常、平屋の大スパン倉庫等はH型鋼の柱梁を使用して、梁間はラーメン構造、桁行きは筋交構造が多い。今回は梁はH型鋼とし柱に角型鋼管を使用した関係で両方向共ラーメン構造とした。角型鋼管柱とH型鋼梁の溶接接合については現状では以下の問題がある。①兵庫県南部地震で脆性的破壊が報告され、冷間加工された柱コーナー部の曲げ応力が存在するために、コーナー部の溶接が問題視されている。②最近の望ましい崩壊形は柱崩壊でなく梁端部を塑性ヒンジさせることで建物の全体倒壊を免れる崩壊形が要求されている。③角柱鋼管柱ダイヤフラムとの溶接についてはダイヤフラムの材質が指定され、H型梁とダイヤフラムの溶接は目違いによる溶接代確保のために厚みに余裕が必要である。④既製のプレートをただ単にカットするだけのダイヤフラムは応力集中が生じ、スムーズな力の流れには元々形状的限界があり、仕口の重要性から流線を考慮した形状が望まれている。今回は上記の問題を解決するために鑄鋼製外ダイヤフラム(ハイブレード工法)を採用した。鑄鋼製外ダイヤフラムは上記の設計サイドの要求を満足させる他、鉄骨製作工場での柱の切断加工数の低減、溶接量の低減、ウェブボルト接合とすることで、袖梁が無くなり輸送効率が向上する等のメリットがある。構造設計・監理者としては現場の建て方時の不安解消が何にも増してあり難い。実際に使用してみての製品検査時、建て方時の感想は柱脚も鑄鋼ベースとあって巨大なロボットの関節を見ようような力強い安心感を得た。

#### 4. オイルダンパーによる制振補強

本建物は梁間Xフレームが10フレームの@30m×2スパンに、桁行きYフレームが3フレームの@7.2m×9スパンである。屋根面はタスキの水平ブレース24φを全面に配置している。

耐力構面は左右の妻面X1、X10フレームと、X2、X3フレームの中2階が5mを階高とする2層のラーメン構造、他の通りは単層の山型フレームで構成されている。

通常、屋根構面の水平剛床仮定に不安がある場合は単純に構面を柔床と仮定し単層の山型フレームの負担荷重のみで解析し断面を算定することが安全側として便宜的に行われる。

静的解析で、剛床仮定では妻面X10フレーム（2層のラーメン構造）頭部変形が5.2cmとなり、中通りX6フレーム（単層山型ラーメン）頭部変形の4.3cmに対して1.2倍の変形が偏心により生じた。ゾーニング仮定では、妻面X1フレームの3cmに対して中通りX6フレームが18cmと6倍の変形が生じた。

今回、剛床と柔床の真に近い解を確かめるべく、弾塑性の柔床の立体解析を時刻歴地震応答解析で試みた。その結果はエルセントロ波の1次レベルで妻面X10フレーム（2層のラーメン構造）頭部が変形15cmとなり、中通りX6フレーム（単層山型ラーメン）頭部の12cmに対して1.25倍の変形が偏心により生じた。この結果は静的解析と近い倍率であることから、水平ブレース24φが許容応力度以内の弾性範囲では十分に完全剛床に近い役目を果たしているといえる。他方、ゾーニング解析では妻面X1フレーム頭部が6cmに対して中通りX6フレームが10cmと静的解析より少ない1.5倍の変形が生じた。

丸鋼ブレースによる完全剛床は1次レベルでは成立しても、2次レベルの地震では丸剛材の塑性化により最後まで剛床仮定を保持する確証が得られない。このためにゾーニング解析で変形の大きな中通りX5、X6フレームに方杖タイプのオイルダンパー（ハイダンパー）を入れることで、大地震時における建物性能の向上を意図した。時刻歴地震応答解析の結果はダンパー（容量設定125kN:15kine）が4ヶ所と少ない事もあって剛床の一体解析ではそのダンパー

効果は顕著ではないが、ゾーニング解析では15%の効果が見られた。

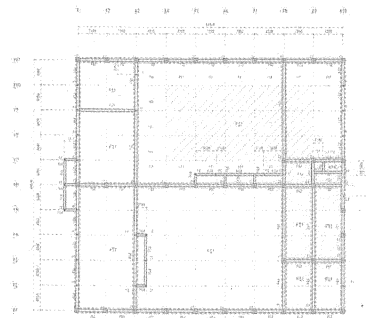


図1 1階基礎、柱伏図  
Fig.1 Ground floor plan

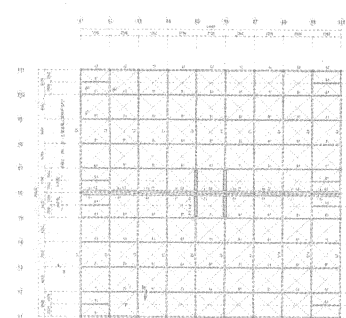


図2 屋根伏図  
Fig.2 Roof floor plan

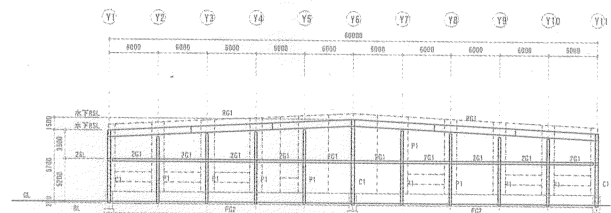


図3 X1通り軸組図  
Fig.3 X1 section framing

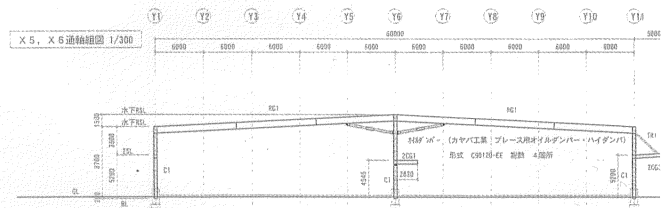


図4 X5、X6通り軸組図  
Fig.4 X5、X6 section framing

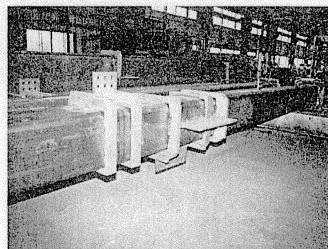


写真3 既製の外ダイヤフラム柱中間部  
Photo 3 External stiffener rings of column



写真4 既製の外ダイヤフラム柱頭部  
Photo 4 External stiffener rings of column head



写真1 建物正面外観  
Photo 1 Front elevation

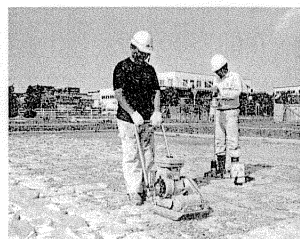


写真2 補強土嚢の締め風景  
Photo 2 Compaction work of reinforcement sandbag

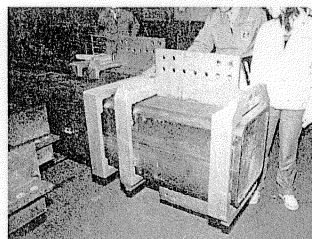


写真5 既製の外ダイヤフラム柱、梁取り合い部  
Photo 5 External stiffener rings of connection joint



写真6 方杖式オイルダンパー設置状況  
Photo 6 Knee brace oil damper