プレストレストコンクリート構造ボックスげた による築地中央卸売市場の施工

田 辺 恵 三*

概要 本稿に紹介する構造物は、築地中央卸売市場の改築において、20 t 大型トラックの人工地盤型駐車場として建設された。約 20 m 間隔の柱割、はりせい 1.5 m の条件のもとで、プレストレストコンクリート (P C) 構造を採用している。P C 構造の多径間連続ボックスげたを柱頭において水平スライドさせた後、柱の縦締め緊張を行って剛結し、ラーメン構造を可能としている。また、並列に形成された P C ボックスげたの中間部にはプレキャスト D T 床版を載荷し、その上に R C 床版をつくり、横締めケーブルによって合成床版とした、日本で初めての人工地盤型駐車場である。

キーワード: 人工地盤型駐車場構造物, プレストレストコンクリート (P C) 構造, P C ボックスげた, 水平スライド機構

1. はじめに

築地市場は、昭和 10 年開場以来、日本を代表する中央市場として、生鮮食料品流通の中心的機構を果たしてきた。大型冷凍施設、大型スーパーマーケットの出現や、農産物の一括集配が一般化し、さらに高度成長とともに大型化して、産地から市場への搬入は、ほとんどすべて大型トラック輸送となってきている。現在の施設の大半が老朽化しており、駐車施設が不足しているため、一般自動車は道路にあふれ、混雑してきている。これらに対処するため、東京都は、現在の市場を移転することなく、青果卸部の改造計画を行った。1 階を卸売市場に使用し、2 階は、20 t 大型トラックの駐車する人工地盤型駐車場としている。設計においては、将来 3 階に 8 t 駐車場が増設できるようにし、かつ既存建物と階高を合わせ、大空間を造ることが条件づけられた。

2. 概 要

2.1 工事概要

工事名称: 青果部屋上駐車場および仲卸売場等建設工事

工事場所: 東京都中央区築地 5 丁目 1 番 4 号

設 計: 東京都中央卸売市場管理部施設課

設計監理: 日新設計 (株)

施 工: 安藤建設 (株)

P C 施工: 黒沢建設 (株)

* 正会員 黒沢建設 (株) 設計部長

工事規模:

建築面積: 10 781.4 m²

床 面 積: 13 427.9 m²

構 造: 場所打ち R C ぐい (φ 1.4 m), 地下 1 階,
地上 3 階
R C 造, 1 階柱および 2 階駐車場部分は
すべて、プレストレストコンクリート
(P C) 構造

使用資材:

コンクリート 20 970 m³

[$F_c=210 \text{ kg/cm}^2$ 部分 13 580 m³, $F_c=350 \text{ kg/cm}^2$ (早強) 部分 6 390 m³, 同 (D T 版) 部分 1 000 m³]

鉄 筋 1 978 t

P C 鋼線 306 t

2.2 架構概要

1 階卸売市場は、既存建物の階高 6.0 m に有効高さ 4.5 m を必要とすることから、はりせいは 1.5 m, また柱間隔は、20 t トラックの全長が 9.22~11.97 m, その回転半径が 8.0~10.5 m もあることから 19.50 m とした。また、経済性を満足した上で塩害の影響をできるだけ少なくするため、水密性の高いコンクリートを使用することが条件づけられた。これらの条件を満足する最適な構造として、プレストレストコンクリート (P C) 構造が選定された。以下に、適用された P C 構造による架構工法について簡単に説明する。

まず、場所打ち R C ぐい基礎に完全固定された現場打

(1) 平面図

ち片持柱を形成する。このとき、可動端柱頭部分には水平スライド機構を施す(写真—1)。次に、場所打ちPCボックスげたを造り、所定強度 $F_c=300 \text{ kg/cm}^2$ の確認をした後、固定端柱の縦締め緊張を行ってPCボックスげたと剛結し、プレストレス導入によって生ずる弾性収縮の水平移動量の測定をしながらけた端よりプレストレス導入を行う。さらに、可動端柱の柱頭部の縦締め緊張

写真—1 柱頭部分水平スライド機構

(2) 断面図

図—1 建物概要図

CONSTRUCTION OF PRESTRESSED CONCRETE BOX-GIRDER IN TSUKIJI CENTRAL WHOLESALE MARKET BUILDING

By Keizo Tanabe

Concrete Journal, Vol. 20, No. 6, June 1982, pp. 39~46

Synopsis Tsukiji Central Wholesale Market Building was rebuilt with a large truck parking place called artificial ground. Provided grid span was about 20 meters and the depth of beam was 1.5 meters, the prestressed concrete structure was applied in the frame. The rigid frame due to the multispan-continuous Box Girder could be accomplished first in Japan by the method of sliding mechanism, which could slide freely the elastic shortening to be caused by prestress, and then the Box Girder was combined with the column by the posttensioned vertical tendons. After the topping concrete slab was cast in place on the precast DT-slab to be set between the Box Girders, the slab was compounded by the secondary prestress.

Keywords : PC Box Girder, artificial ground, sliding mechanism

図-2 架構概要図

写真-2 トレーラー運搬によるDT床版

写真-3 多径間PCボックスげた

を行って柱とはりの剛結を終了する。この多径間連続PCボックスげたラーメンを並列に形成してから、中間部分にプレキャストDT床版を載荷する。このDT床版は工場製品として、トレーラー運搬により現場に搬入され、レッカー車で架設した(写真-2)。次に、せん断筋付きのDT床版上にさらに配筋し、厚さ10cmのコンクリートを打設し、所定強度 $F_c=300 \text{ kg/cm}^2$ に達してから、DT床版内に埋設された横締めストランドにより、横締め緊張を行って、床版厚21cmのPC構造合成床版とし、一体構造にしている。ここに、日本で初めて建築において、水平スライド機構を応用した6径間連続PCボックスげたによる不静定ラーメン構造を可能とすることができた(写真-3, 4)。

写真-4 内部空間

2.3 PCボックスげたのプレストレス導入施工順序

PCボックスげたと柱との緊張順序を次に示す（図—3、4）。

- ① C通り柱の縦締め緊張により完全固定とする。
- ② B～D 間ボックスげたの両引緊張を行う。
- ③ B～D 間の軸直角方向（X方向）片持ばりの緊張。
- ④ B, D 通り柱の縦締め緊張を行い剛結する。
- ⑤ A～B 間ボックスげたのA通り側より片引緊張を行う。
- ⑥ A～B 間の軸直角方向（X方向）片持ばりの緊張。
- ⑦ A通り柱の縦締め緊張を行い剛結する。
- ⑧ 同様にして、D～E 間、E～G 間の順にプレストレス導入を行って、6 径間 PC ボックス連続げたのラーメン構造を形成した。

2.4 PC鋼材及び定着工法

本工事に採用されている緊張材定着工法は VSL 工法である。この VSL 工法は、スイスのロージンガー社が開発したポストテンション方式の定着工法である。1 テンドンで、小さな導入力から 1000 t 級まで範囲が広く設計できることから、数多くの種類の設計導入力に対し、無駄なく経済的に設計できることである。また、定着体（アンカーヘッド）の各孔に、ストランドが1本ごとにくさび定着されていることから、定着体の安全性

VSL-Eタイプ——緊張用定着装置

VSL-Pタイプ——埋込定着装置

VSL-Kタイプ——ケーブル接続装置

写真—5 VSL 工法定着装置

が高く、さらに強力ならせんフープをもって補強されている。また、段階施工におけるケーブルの接合金具のディテールが簡便で、安全性が高いこと等から本工法が採用された。

柱 : 12 C-12×12.7φ ストランド

端部導入力 $P=1885 \text{ t}$

ボックスげた : 29 C-12×12.7φ, 4 C-6×12.7φ
ストランド

端部導入力 $P=2971 \text{ t}$

図—3 PCボックスげたの施工順序

図—4 PCボックスげたケーブル配線図

表—1 コンクリート配合表

使用部分	設計強度 (kg/cm ²)	セメント の種類	水セメント比 (%)	スランプ (cm)	空気量 (%)	砂 率 (%)	単位水量 (kg/cm ³)	セメント (kg/cm ³)	細骨剤 (kg/cm ³)	粗骨剤 (kg/cm ³)	混和材* (kg/cm ³)
現場打ちPC	$F_{28}=350$	早 強	44.8	15	4	40.3	167	373	728	1097	0.933
DT 床版	$F_{28}=350$	普 通	42.0	8	4	41.0	153	364	744	1077	0.364

(注) * 現場打ちPC部分: ポンリス No. 5 L, DT版: チューボール EX

写真-6 DT床版型わく

写真-7 DT床版コンクリート打設

横 げ た : 6C-12×12.7φ ストランド
 端部導入力 $P=942.5\text{ t}$
 D T 床 版 : 6C-3×12.7φ ストランド
 端部導入力 $P=117.8\text{ t}$
 床 版 : 1C-1×12.7φ ストランド
 端部導入力 $P=13.09\text{ t}$

2.5 コンクリートの配合

柱およびボックスげたの現場打ち部分は、約1週間でプレストレス導入時のコンクリート強度 $F_t=300\text{ kg/cm}^2$ が得られるよう、早強コンクリートを使用した。表-1に、そのコンクリート配合を示す。DT床版は、普通コンクリートにより黒沢建設(株)の工場製作とした(写真-6, 7)。

3. 架構工法の特長と問題点

3.1 現場打ちPCボックスげたとプレキャストDT床版の組合せによる一体化

PC構造を広大な人工地盤に応用する場合、乾燥収縮、クリープや温度変化等による影響を避けるため、土木では、ある区間ごとにエキスパンションジョイントを設置して対処しているが、建築ではデザイン計画に制約が出てくることから、最近では120mくらいまでは考慮しないことが多い。エキスパンションジョイントを設け

ない場合は、施工ジョイント目地をとり、ブロック区間ごとにコンクリート打設を行って、乾燥収縮、クリープの軸変形を生じさせた後、ジョイント目地の打設を行うか、またはプレキャスト部材を載せるかの方法をとる必要がある。卸売市場の営業を続けながら施工可能で、かつ現場作業性の良いことからプレキャスト部材を採用している。プレキャストDT床版をけた間に使用する場合、20t車偏載荷量、およびO通り側の11mの片持ばりを受けること等によるねじれ応力が大きいことから、ねじれ剛性の高いボックスげたを採用している。施工段階中に、片側のDT床版がまだ載らない段階で大型トラックの駐車を行わねばならなかったが、その結果、ねじれによる異常なたわみ変形や振動等に全く安全であることの確証が得られた。

3.2 6径間PC連続げたの不静定ラーメン構造の水平スライド機構の適用

現場打ち一体式ラーメン構造において、けた長さが114mと長く、プレストレス導入によってボックスげたの材軸方向の弾性収縮の全変形量が約2.7cmと大きく、また、2層を支える最下階柱であり、しかもボックスげた方向と直角方向はすべて片持柱で設計されているため、脚柱は非常に剛性が高い。施工段階で、プレストレス導入によるせん断ひびわれが避けられないことから、柱頭部において水平スライド機構を適用した(図-5)。完成時には、柱頭完全固定を満足しなければならないため、ゴム支承、テフロン加工鉄板等を使用せずに、柱頭天端部およびボックスげた下端に、おのおのPC鋼材用トランペットシースと一体化になった鋼板を設置して、水平移動が可能ないようにしている。最初の第1工区段階において、ジャッキ緊張時に水平移動量を実測しながら慎重にプレストレス導入を行った結果、水平移動の測定から、鋼板の重ね合せのみでは摩擦抵抗が大きいことが確認された。

この摩擦抵抗は、材軸収縮方向に対する柱頭上部鋼板

図-5 柱頭部水平スライド機構図

取付け時の傾斜角および、けたの支点回転角等に大きく起因していると判断された。これを解決する方法として、1.2 mm 厚のステンレスにグリースを塗り、2枚重ねにした小片をその鋼板間にはさみ込み、クリアランスをとることで点支持による摩擦抵抗をなくした。その結果、すべてスムーズな水平移動ができ、実測では1径間当り 5 mm の移動量があった。なお、この埋込鋼板のコンクリートと面する側は、支承と同様にせん断ボルトをつけるとともに、柱頭側鋼板にはコンクリート打設時のエア孔を設け、柱頭部鋼板下側部分のコンクリートに対して注意を払った。さらに、垂直テンドンが水平移動に対して変形できるように、大型鋼管シーすを使用している。プレストレス導入段階の可動端柱は、ボックスげたの緊張導入が完了した後、垂直テンドンの緊張を行い、柱とボックスげたを完全固定にしてラーメン構造としている(図-6)。

3.3 20 t 大型トラック駐車に耐える合成床版

ボックス片持先端と、それに単純支持されたプレキャストDT床版の端部とのジョイント部は、動荷重による端部回転や材長変化等によって将来ひびわれを生じ、防水層に対して悪影響を及ぼすことを避けることから、RC構造で不静定構造にする必要があった。このため、

写真-8 プレキャストDT床版

図-7 合成床版端部詳細図

写真-9 PCボックスげたのジョイント部分

図-6 PCボックスげたの剛接合詳細図

せん断筋が埋設されたプレキャストDT床版(写真-8)上にあらかじめ鉄筋を 20 cm ピッチに配筋し、10 cm 厚のコンクリート現場打設を行い、 $F_c=300 \text{ kg/cm}^2$ の強度が出てから、このプレキャストDT床版内に 25 cm 間隔に埋設された横締め用ストランド(12.7φストランド)によりプレストレスを与えて、21 cm 厚の合成床版としている(図-7)。この合成床版は、20 t 車の繰返し集中荷重による疲労の影響を避けるため、RCではなく、PC構造床版としたものである。

3.4 段階施工にともなうテンドンのジョイント方法

(1) VSL-K タイプ接続装置

施工区分により、連続ボックスげたの中間にコンクリート区分が生じ、プレストレスの導入を一時的に完了し

① PC柱スライド部分

⑤ PCボックスげた完成

② PCボックスげた型わく及び配筋作業中

⑥ DT床版架設作業中

③ PCボックスげたケーブル配線状況

⑦ DT床版（せん断筋，横締めシース）の状況

④ 緊張作業中

⑧ PCボックスげた間のDT床版架設完了

図-12 PC構造ボックスげたによる人工地盤型駐車場の施工手順

写真-10 KTB 工法定着装置のグリース塗布

写真-11 増築柱の定着装置防錆保護

なければならなかった。このため打継部は、緊張完了した定着体に、さらに tendon を接続する定着装置を必要とし、ここに VSL-K タイプ接続装置を採用した。しかし、この接続装置のトランペットシース部は、コンクリートの断面欠損が大きく、コンクリートの打設も難しかったため、この部分のみボンドレスストランドとした。絶縁テープでアンボンドとし、らせん筋で補強した。この改良により、ジョイント部分に十分なコンクリートが打設可能となった（写真-9）。

（2） KTB 工法定着装置

柱の垂直 tendon は、2 階ボックスげた上部で剛結するため、定着させるとともに、将来増築の必要性が生じたときのため連結定着装置を必要とした。また、tendon の長さが短い場合、くさび定着の戻り量 (0.5 cm) によるプレストレスの損失量が大きくなり不経済となることから、くさび定着した後に、ここにねじ式アンカーヘッドによる再緊張を可能にした KTB 工法定着装置を採用している（図-6 参照）。この定着装置を使用することにより、将来の増築に備えた柱のカブラージョイントを可能にしている。この定着体は、特に防錆保護を図るため、ねじ部分にグリースを塗布して絶縁テープで巻き、この外周にはアンカープレートに溶接された保護鋼管内に無収縮モルタルの充填を行っている（写真-10、11）。

3.5 塩害の影響

築地市場は臨海地域にあり、塩害の影響は無視できない。特に柱脚部において、清掃用海水、生鮮食料品のくずの酸化の影響等が原因となって、コンクリートおよび鉄部の腐食が著しい。したがって、コンクリートはできるだけ水密性の高いコンクリートを使用する必要がある。また、鉄骨造の耐火被覆構法は、既存建物からわかるように、塩害腐食の進行が速く、ほこりやかびの原因を生じ、全く不衛生となっている。また、鉄骨鉄筋コンクリート (SRC) 構造においても塩害の影響は大きく、特に大ばり下フランジ部のコンクリート脱落があげられる。したがって、設計上においても、かぶり厚の割増しや防錆鉄筋等の考慮が必要と思われる。

4. おわりに

都市の発展とともに、重層住宅群、流通施設、都市公園等が広大な人工地盤型構造物を必要としてきている。この人工地盤は、土木的構造物に、建築的内外空間を満足しなければならない。構造的には、温度応力、乾燥収縮、クリープ等に対して考慮を払い、かつ耐震構造物にする必要がある。このような場合は、できるだけ現場打ちコンクリート部分を少なくしてプレキャスト化し、また、プレキャスト部材に鉄骨仕口を設けて建設中の安全性、施工性を持たせ、二次的プレストレス導入によって部材と部材を合成して一体化し、耐震性を図ることが、非常に優れた方法であると考えられる。

最後に、今回の工事に際し、土木構造と建築的内部空間とが一体に融合しえたことは、関係各位の努力と協力によって可能となったものである。また、ご指導いただいた建築研究所の岡本伸室長、日本女子大学の岡本剛先生、ならびに当社の黒沢亮平社長に、誌上を借りて感謝の意を申し上げる次第である。