

豊洲市場の施設建物の構造安全性

平成 29 年 8 月 10 日

専門委員

森高 英夫

1 はじめに

(1) 市場問題プロジェクトチーム専門委員への就任の経緯

豊洲市場移転延期に伴い、改めて市場の在り方に関する情報を公開するため、関係者からの意見を聴くとともに、専門的見地からの知見の集約を行うため、市場問題プロジェクトチーム（以下、PT）が設置された。

平成 28 年 9 月 12 日に東京都から（一社）日本建築構造技術者協会（以下、JSCA）に対して、豊洲市場の施設建物の構造安全性、とりわけ耐震安全性について第三者的な立場で所見等を述べる事ができる建築構造の専門家を PT に派遣するよう強い要請があった。そのため、筆者が JSCA の代表として PT 専門委員就任に応じた。

(2) 検討課題とその検討手順

第 1 回 PT 会議が平成 28 年 9 月 29 日（木）に都庁第 1 本庁舎 7 階大会議室で開催され、PT 会議での検討課題とその検討手順について議論された。このなかで、豊洲市場の施設建物について構造安全性の問題がメディア等を通じて喧伝され、市場関係者および都民等の不安が拡大しているということで、10 月 25 日開催予定の第 2 回 PT 会議の議題は、「建物の構造計算」（後に「豊洲市場の建物の構造安全性について」の議題名に変更）として、関係者からヒアリングし構造安全性の妥当性について議論することになった。

2 第2回PT会議までの経緯

平成28年9月29日時点での構造安全性に関する課題は下記の3点であった。

- ① 4階荷捌きスペース（水産仲卸売場棟）の防水押えコンクリートの厚み
⇒構造計算書と図面の食い違い
- ② 床設計用積載荷重 700 kg/m^2 (6900 N/m^2) の根拠・妥当性
- ③ 基礎ピットを構造設計上の階として評価するかどうか？

上記の課題を念頭に、10月6日（木）豊洲市場の管理事務所において、青果棟（5街区）、水産仲卸売場棟（6街区）および水産卸売場棟（7街区）の設計資料（計画通知完了後の構造計算書、設計図および質疑回答書【計画通知および構造計算適合性判定の指摘事項に対する回答書】）を調査した。

資料調査の後、構造計画および構造設計の方針および構造計算のモデル化等、また施工にあたっての品質管理等について設計者・監理者である（株）日建設計および発注者・監理者である東京都中央卸売市場のそれぞれの担当者にヒアリングし、調査で気づいた点について質疑等を行った。設計資料の調査および質疑回答等の結果、構造設計上、特に懸念されるような事項はないという結論が調査者の総合的な所見として確認された。

さらに10月11日（火）豊洲市場の施設建物を現地確認した。特に、設計図で確認が必要であった基礎外周廻りの詳細、荷捌きスペース、1階床下の基礎ピットの状況等を中心に調査した。併せて、地下水管理システム、売場施設の構造、連絡ブリッジおよびスロープ等の状況を確認した。設計図との照合において特に懸念される問題はないことが確認された。

同日の午前中、築地市場の建物施設の現状について、東京都中央卸売市場の担当者の案内で調査した。全般的な外観調査からの判断として、建物の構造体だけでなく、屋根・壁等の仕上げ材および什器・設備機器等について地震被害軽減のための対策が必要ではないかという印象を持った。特に、約10年前に実施された耐震診断により $I_s=0.6$ を満足するよう建物構造体の耐震補強が講じられている建物がある一方で、所要の耐震補強工事が未了の建物もある。近い将来、発生が懸念されている首都直下地震等による強い揺れに対して、市場建物が倒壊等の危険な状態にある中で営業が続けられており、少なくとも不特定多数の見学者が立ち入っている状況に対しては、立ち入り禁止等の対応策を早急に講じる必要があるのではないかと考える。

因みに、 $I_s=0.6$ は「大地震時に建物が大破・崩壊しない」ことを目標とした数値であり、地震時の防火・避難あるいは地震後の事業継続等に対する地震リスクマネジメントについても大きな課題があると感じた。

図 3.1 に施設建物の配置図および図 3.2 に水産仲卸売場棟の代表的な構造断面図を示す。構造方式 (X, Y 方向共に純ラーメン構造方式) および図 3.3 に示すような構造種別 (柱: 鉄骨鉄筋コンクリート造、梁: 鉄骨造) は、各棟ともに概ね同様となっている。基礎は鉄筋コンクリート造の独立フーチング基礎となっており、杭は鋼管杭が採用され杭先端は AP-約 36m 以深の固い支持層に設置されている。鋼管杭上部の地層は液状化対策として地盤改良が施されている。

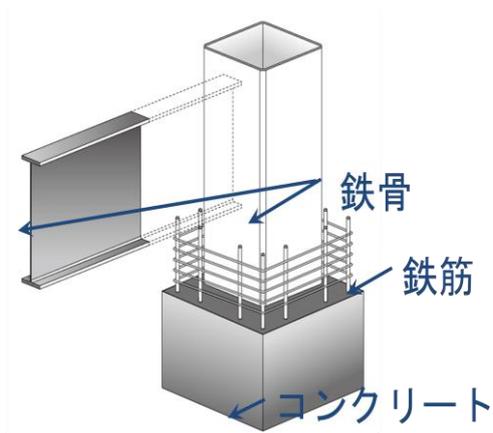


図 3.3 構造種別 (柱: 鉄骨鉄筋コンクリート造+梁: 鉄骨造)
(日建設計プレゼンテーション資料より)

施設建物の一つである水産仲卸売場棟の建物規模は、地上 5 階建 (2 階床が 3 階床からの吊り構造となっているので、実質は 4 層建て) で、建築面積: 55,182 m²、延面積: 158,428 m² および軒高: 22.655m である (構造計算書の記載内容より)。柱間隔は、X 方向が 12m および Y 方向は最大 14m のスパンとなっている。

4 第2回PT会議

(1) 会議の概要について

議題は、「豊洲市場の建物の構造安全性について」として主に以下の3つの論点を中心に議論された。

- ① 防水押えコンクリートの厚み
※水産仲卸売場棟の構造計算書（厚 10 mm）と設計図面（厚 150 mm）の齟齬
- ② 床用積載荷重（水産仲卸売場の $700\text{kg}/\text{m}^2$ ）の妥当性
- ③ 基礎（地下）ピット部の耐震設計上の評価について
- ④ その他

会議は、冒頭、座長から構造安全性の問題について概要説明があり、続いて森高専門委員から、当初の議題「建物の構造計算」は、一般の方に“構造計算＝構造設計業務”という誤解を与えかねないとして、「豊洲市場の建物の構造安全性について」に議題名を変更したことが報告された。また、構造設計本来の業務について、図 4.1 に示すスライドを用いて簡単な紹介があった。

構造設計者の仕事

- ・ 建築物の屋台骨を担う
→構造計画、詳細設計、構造計算、構造設計図書
- ・ 構造計画とは？
→様々な条件を考慮して最適な骨組を設計する基本方針
→建築主の要望（予算、工期）、用途、デザイン、地盤、気候、材料、耐震性、耐火性、居住性、環境等
- ・ 構造計算とは？
→構造計画で考えた骨組の強度・安全性を確認
- ・ 構造設計図書の作成
- ・ 確認申請・審査
- ・ 工事監理
→構造設計者が監理に関わることが重要

構造計算による安全性の確認

- ・ **構造計算とは**
→構造計画（架構システム：基礎構造・骨組形式）の立案
→計画案の妥当性・安全性の確認
→構造計算により安全性を検証（コンピューター利用）
※複雑な建築骨組を単純な線材にモデル化
- ・ **構造計算の種類**
 - 1 許容応力度等計算（保有水平耐力計算）
 - 2 時刻応答解析（60m超建物、免・制震建物）
 - 3 その他
- ・ **耐震設計の考え方**
 - 中地震（震度5弱）
建物の損傷が生じない
 - 大地震（震度6強）
建物が大破・崩壊しない
※一部壊壊は止むを得ない
 - 保有水平耐力（耐震強度）
大地震（震度6強）に対して大破・崩壊の可否を判定

図 4.1 構造設計業務の概要

続いて、豊洲市場建物の構造設計の内容に疑義等があるとして問題提起してきた高野一樹氏から、課題についての意見陳述および質疑等があり、その後、設計者である日建設計から課題に対する説明および質疑回答等があった。最後に、高野氏、日建設計および各専門委員を交えて討論に入った。詳しくは、公開議事録（第2回市場問題プロジェクトチーム会議、平成28年10月25日）を参照されたい。

討論の結果、課題に対する設計者の説明内容の妥当性については概ね問題なしとの結論に至ったものの、③については、高野氏が納得するに至らず、後日、高野氏と日建設計それぞれによる追加検討等の結果を踏まえて第3回PT会議で結果報告することになった。

それを受けて、第2回PT会議の後、森高専門委員から高野氏に③に関連した解析の諸元及び原データの追加資料等の提供を、また、日建設計にはフルモデル解析（「上部架構+基礎+杭」架構のフルモデル）による追加検討を依頼した。それらの追加資料および検討結果等の分析結果を踏まえて専門委員としての所見をまとめることにした。

(2) 課題の概要

① 防水押えコンクリートの厚み

水産仲卸売場棟 4階の荷捌床、設計図では防水仕様として押えコンクリートの厚みが150mmとなっているところが、構造計算書の仕上げ荷重では10mmと記載されており実態と異なっている。構造上の問題としては以下の二つである。

- ・ 構造体スラブの耐荷重安全性
- ・ 設計地震力への影響度

概要については、図4.2のスライドに示す。

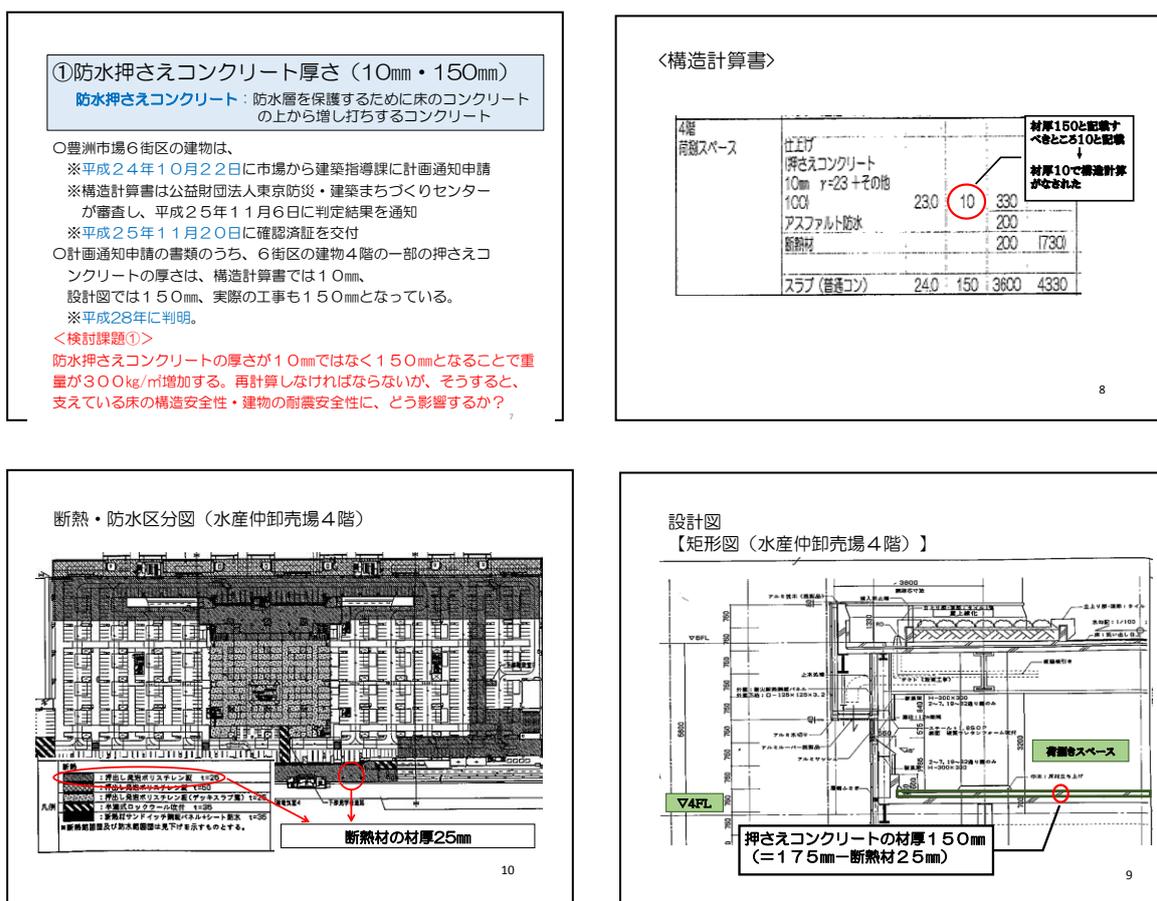


図4.2 防水押えコンクリートの厚み
 (構造計算書と図面の食い違い)

② 水産仲卸売場棟の1階売場の床用積載荷重（700kg/m²）の妥当性

水槽やターレなどの重量物を扱う用途として、床用積載荷重を 700kg/m² と設定しているが、不十分ではないかという疑問を提起されている。この数値の妥当性について確認する必要がある（図 4.3 参照）

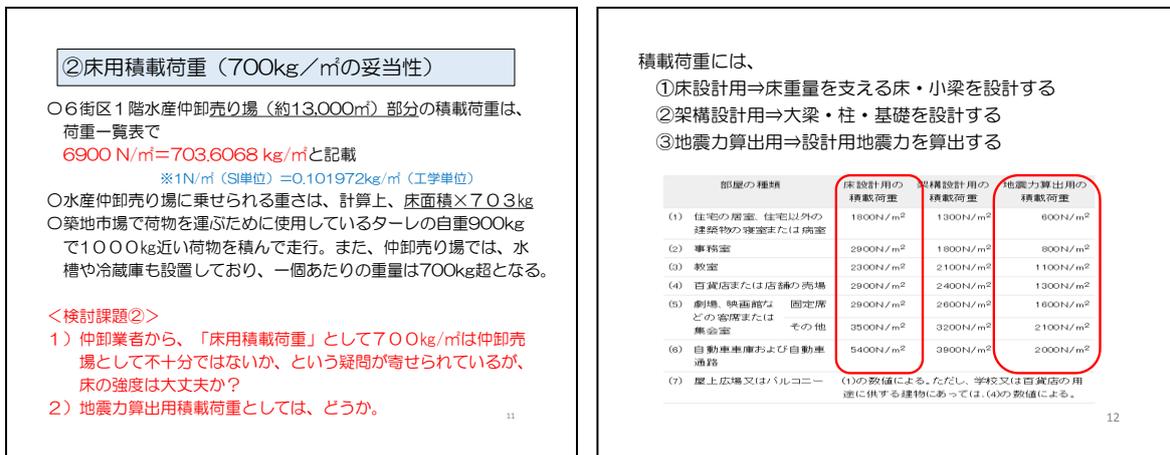


図 4.3 床用積載荷重の妥当性

③ 基礎（地下）ピット部の耐震設計上の評価について

建物基礎部分はピット空間（以下、基礎ピット）となっており、1階床下から約 4.5m の高さがある。

高野氏の主張は、“耐震設計用地震力の算定においては、基礎ピットを1階とみなしてベースシア0.2以上としなければならない”としている。一方、日建設計は、“基礎ピットは地下であり、かつ地下と同等の高い剛性を有しているため、地上レベルである1階の層せん断力をベースシアとして求めることで良い”との設計者判断を示している（図 4.4）。

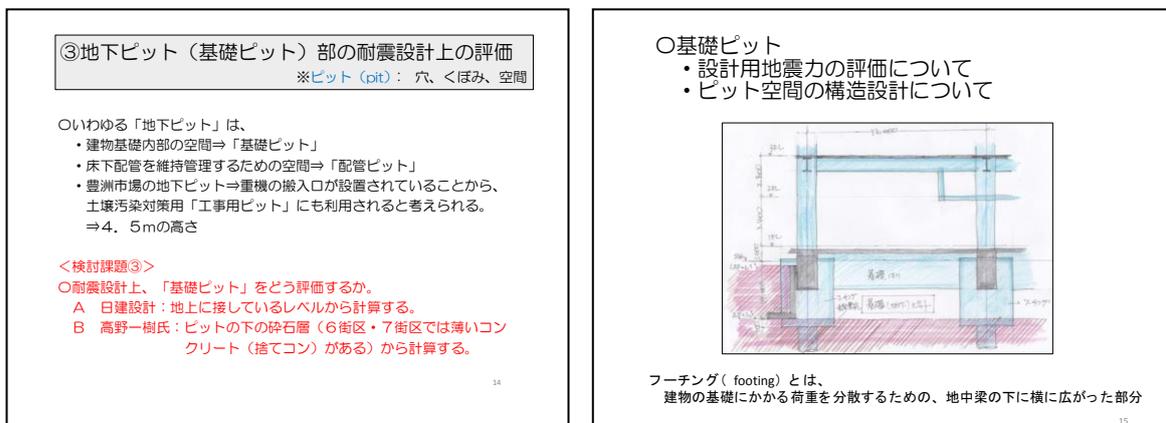


図 4.4 基礎ピットの地震力の評価について

(3) 高野氏からの質疑と説明

高野氏から提示された質疑は下記の3点である。

ア) 4階・仕上げコンクリート厚さの齟齬 (1 cm→15 cm)

イ) 積載荷重の設定関連 (耐荷重 700 kg/m²-1.0t/m²)

ウ) 地下ピットの構造解析上の扱い (構造検討モデル)

上記について図 4.5 (高野氏のプレゼンテーション資料から抜粋) のスライドによる説明があった。

資料3 株式会社アトエーラウクレ(高野氏)提出資料

仕上げコンクリート(押さえコン)厚さの齟齬

◎図面との齟齬があります。(計算書荷重表では1cm図面から求まる厚さは15cm)

本案の15cmに修正すべき範囲を示した上、具体的増加分を算出し、構造耐力への影響に対する所見を求めます。

資料3 株式会社アトエーラウクレ(高野氏)提出資料

仲卸棟の積載荷重の設定は正しい?

◎床設計用の積載荷重の質問

- 卸売と比較して仲卸の積載荷重(700kg/m²)は極端に少ないのではないですか?
- 卸売棟の「活魚」スペースでは、固定荷重に水槽重量600kg/m²を見た上に、積載荷重も1トン/m²を見えています。

資料3 株式会社アトエーラウクレ(高野氏)提出資料

地震力算出用の積載荷重は過小?

- 地震時の積載荷重も過小に思われます。
- 比較参考として、例えば見学者通路でさえ210kg/m²であるのに対して、多くの物品、移動機器(ターレ等)が行き交うはずの荷動き室が250kg/m²、各階の積込場が220kg/m²と、同程度の重量設定になっています。
- 成人の体重で考えると4人分にしかなりませんが、どのような根拠に基づく設定なのでしょう?
- ちなみに倉庫に準じて考えるとすれば、通常地震時の積載荷重は400kg/m²になるのではないのでしょうか?

資料3 株式会社アトエーラウクレ(高野氏)提出資料

集中的、動的な効果を見込んだ積載荷重ですか?

- ターレやフォークリフト等の可動物の車輪による集中的な荷重状態は適切に評価されていますか?(床・小梁)
- 大地震時の上下動がある場合、床(小梁)のみならず、スパンの大きい架構(12~14m)への影響も考慮されていますか?

※地震時の積載荷重・固定荷重には+1G(常時の荷重と合計すると2G)かかることも考えられます。

資料3 株式会社アトエーラウクレ(高野氏)提出資料

地下ピットの問題(構造モデルのとらえ方)

- 空隙や発砲スチロールで構造的に完全に縁が切れているピットの壁(設計図では擁壁)を介して、建物規模に比べて浅く、また固まっているとは言えない外周の埋戻土のみで拘束されているとしてよいのでしょうか?
- 左右に行き来する地震の力により、ピット壁が外側に押し出されたあとは、1階床下の基礎梁は直接地盤には押えられなくなるのであるから、水の溜まっている捨てコンのレベルが実際の地盤面となるのではないのでしょうか?
- 結果的に一層分高い建物となるのではないですか?
- ピット底に構造的な強い底盤スラブがないことも考え合わせると、地盤に地震の力を分散させることは期待しにくいことから、今回の「地下ピット」部の検討において、慣例的に地下震度k=0.1を適用するのはそもそも無理があるのではないですか?

資料3 株式会社アトエーラウクレ(高野氏)提出資料

豊洲市場6街区仲卸売場棟建物と地盤の関係

↑ 左図: 日建設計の設定。実際は間接的・局部的な接触しかない。これで60%も拘束に有効な接地面積があるといえるのか?

↑ 右図: 鉛直部材水平断面の接地面積は建築面積の15%程度しかない。(概算)

資料3 株式会社アトエーラウクレ(高野氏)提出資料

- 杭・フーチング(太い柱状に見えている部分、いわゆる基礎)・1階床下の梁(設計図では基礎梁)の形状・剛性(変形のしにくさ)までを適切に評価してモデルに組み入れるべきではないのでしょうか?
- 結果、元の1階から5階までを、元の地震力で考えても、骨組み(上部架構)の変形や発生する力(応力)は増加すると思われます。
- 地下ピットも実質的な地上階扱いになり、算出される地震力は大幅に増加すると思われます。

※検証計算は後述のTIS提供の資料による

そもそも建築としての高さ(平均地盤面等)の算出も、合っているといえるのでしょうか?

資料3 株式会社アトエーラウクレ(高野氏)提出資料

- 杭の検討においても、剛床が成立しない(砕石や捨てコンは緩い)ピット底面では、配置される場所によりフーチングの大きさ、基礎梁の連結の仕方が異なるので、剛性(骨組みの強さ)差から、各杭が分担する地震力は一律均等ではないはずですが、杭の耐力は現状のもので満足できますか?

資料3 株式会社アトエーラウクレ(高野氏)提出資料

図 4.5 高野氏のプレゼンテーション資料 (抜粋)

さらに、高野氏の主張に基づいた解析モデル（基礎ピットを考慮したモデル）と日建設計の設計時モデル（基礎ピットをモデル化していない）との比較検討結果が示され、数値に違いがあるとの説明があった（図 4.6）。

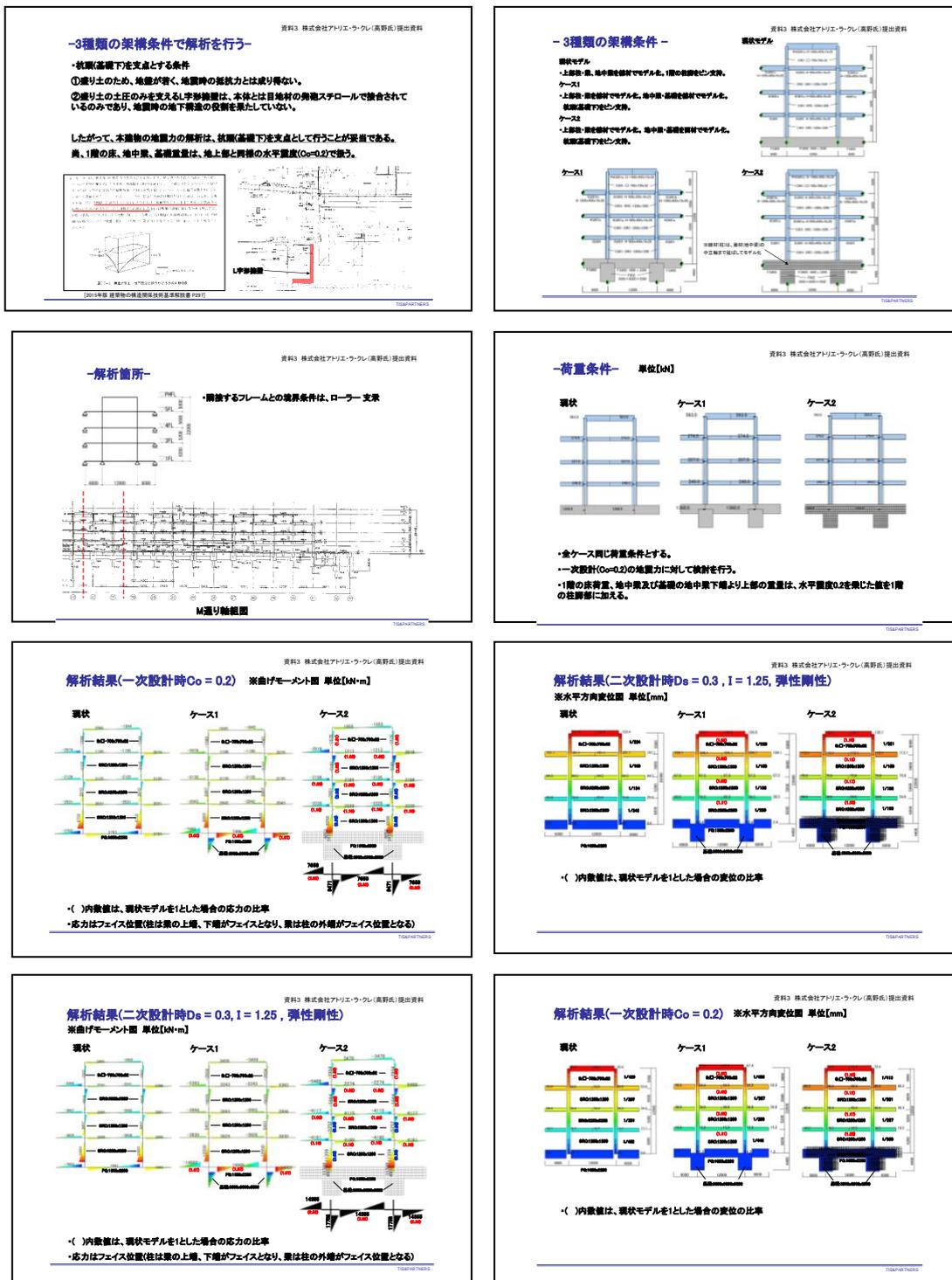


図 4.6 高野氏提示の解析結果

(4) 日建設計からの回答および説明

高野氏から示された三つの質疑・論点に対して、設計者である日建設計からの回答および説明があり、設計の考え方および結果について問題がないとの見解が示された。

① 防水押えコンクリートの厚み（水産仲卸売場棟の構造計算書（厚 10 mm）と設計図面（厚 150 mm）の齟齬）

水産仲卸売場の荷捌き床の一部において防水押えコンクリートの厚みが食い違っている範囲の床および梁の強度は、構造計算において 15 cm の重量を見込んで設計していたので問題はない。また、防水コンクリートの重量増が 1,200t になるが、地上建物全体の重量が 213,000t あり、地震力の増加率は 0.6% となり影響度は極めて軽微である。

因みに、建物の保有水平耐力（耐震強度）は法令で定められている基準の 1.25 倍とするよう東京都から求められた。設計の結果、1.34 倍の安全が確保されている（図 4.7）。

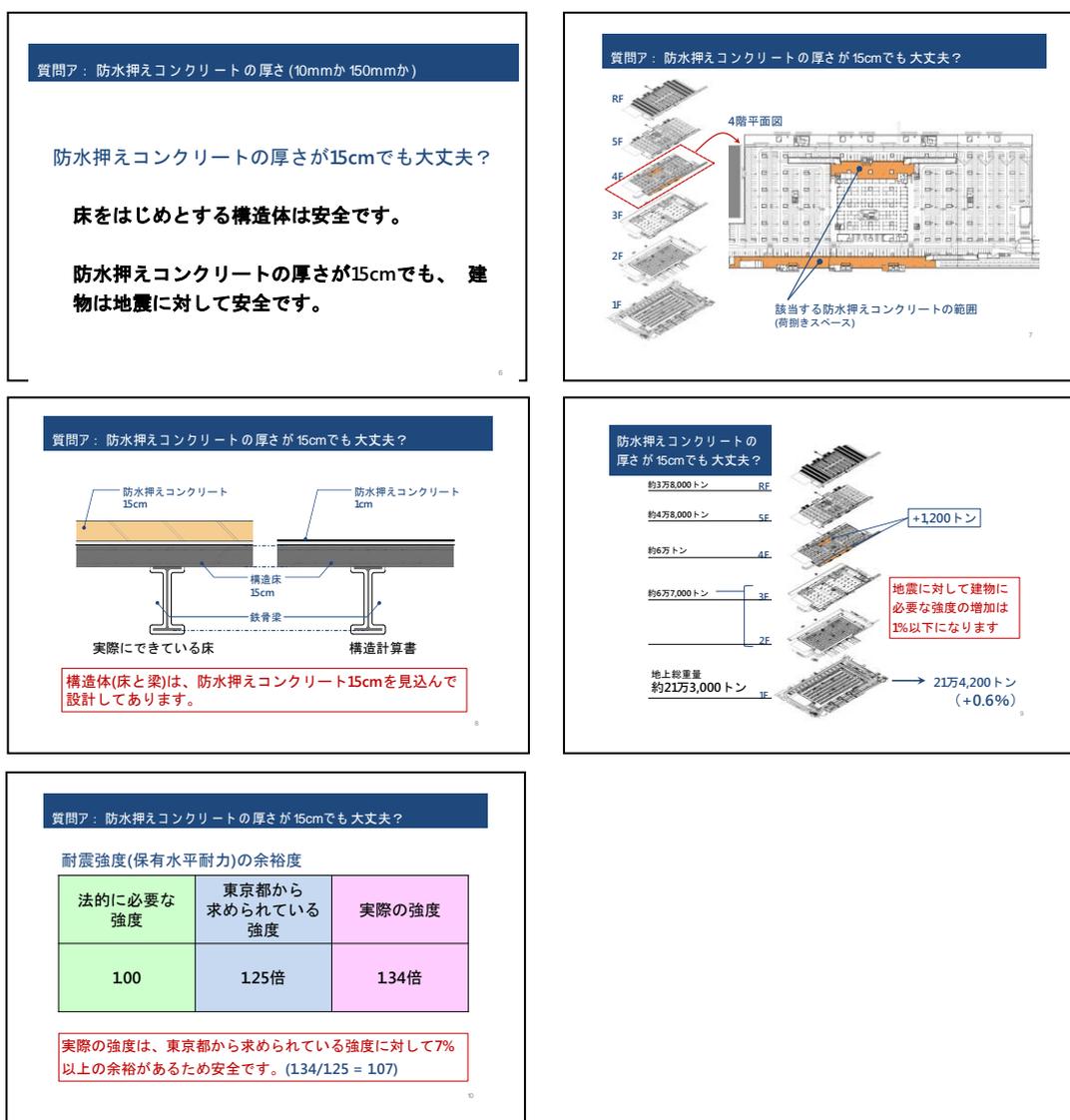


図 4.7 防水コンクリートの厚みの齟齬
(日建設計プレゼンテーション資料の抜粋)

② 床設計用積載荷重 700 kg/m² (6900N/m²) の根拠・妥当性

水産仲卸売場の床用および地震用積載荷重の設定数値の妥当性について、図 4.8 に示すスライドを使って根拠となる考え方および数値を提示し、その妥当性について問題がないとの見解が示された。

質問イ：積載荷重(700kg/m²)の妥当性

水産仲卸売場の積載荷重700kg/m²で十分か？
積載荷重は、実際の使い方想定される荷重に対して十分なゆとりがあります。

水産仲卸売場にターレやフォークリフトが走行しても大丈夫か？
車輪に集まる力や走行時の衝撃を考慮しても安全です。

荷捌きや通路の地震用積載荷重は、品物や機器等を十分に考慮しているのか？
地震の時でも安全な積載荷重を設定しています。

質問イ：水産仲卸売場の積載荷重700kg/m²で十分か？

積載荷重：東京都からの提示内容(参考資料) (kg/m²)

		床用	小梁用	架橋用	地震用
駐車場	T2(乗用車・軽トラック)	400	350	300	150
	T5(2t車)	550	475	400	200
	T8(4t車)	800	650	500	220
	T12(6t車)	1500	1000	750	250
	T20(10t車)	2000	1800	1000	300
	25t車対応	1250	1000	700	400
卸売場・荷捌場(青果・水産)	20t車対応	1000	850	600	350
	10t車対応	850	700	550	300
	その他	700	600	450	250
仲卸売場	店舗・通路	700	600	450	250
	青果・水産物	700	600	450	250
倉庫・冷蔵庫	青果・水産物	700	600	450	250
	青果・水産物(ラック式)	1000	850	600	350

質問イ：水産仲卸売場の積載荷重700kg/m²で十分か？

質問イ：水産仲卸売場の積載荷重700kg/m²で十分か？

重量の大きい水槽や冷蔵庫、商品を置いても安全です

重量：8.5トン → 700kg/m²
 重量：4.8トン → 390 kg/m²
 重量：4.9トン → 400 kg/m²
 重量：3.3トン → 270 kg/m²

質問イ：水産仲卸売場の積載荷重700kg/m²で十分か？

積載荷重：2トン

ターレ (3.05m × 1.1m)

車両重量	995kg
積載	2000kg
人	65kg
合計	3060kg

衝撃係数：1.2
 対象面積：1.6m × 4.05m
約570kg/m² < 700kg/m²

荷を満載したターレが密集して走行したとしても安全です

質問イ：荷捌きスペースの積載荷重700kg/m²で十分か？

荷捌きスペースに最大限荷を置いても安全です

荷捌きスペースCG

対象面積：4m × 6m
 1トン × 10ユニット = 10トン (420kg/m²)
 各通路にターレ1台(積載2トン想定、総重量3トン)を考慮する。
 10トン + 3トン × 1台 = 13トン
540kg/m² < 700kg/m²

1ユニット1トン
 荷が満載された箱 10段積想定
 高さ1.8m

質問イ：水産仲卸売場にターレやフォークリフトが走行しても大丈夫か？

集中荷重(車輪荷重)

1.5トンフォークリフト
 車両総重量：4.39トン
 最大積載時前輪荷重：3.89トン(2輪分)

ターレ
 車両総重量：約3トン(積載2トン)
 (フォークリフトよりも軽い)

フォークリフト、ターレとも、車輪に集中する荷重に衝撃係数1.2を掛けて安全性を確認しています

車輪に集まる力や走行時の衝撃荷重を十分に下回っている。

質問イ：荷捌きや通路の地震用積載荷重は品物や機器等を十分に考慮しているのか？

通路部分に、1日に来る全ての品物や機器重量を同時に置いても安全です

売場に運ばれる全てのもの	805トン
売場を通過中のもの	290トン × 2
パッケージ・氷水を考慮	→ 1900トン
ターレ(1トン/台)	1900トン
合計	3800トン

950トン (9500kg/m²)

平均的な積載荷重：
180kg/m² < 250kg/m²

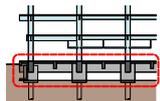
設計で採用した地震用積載荷重を十分に下回っている。

図 4.8 積載荷重の設定数値の根拠
 (日建設計プレゼンテーション資料の抜粋)

③ 基礎（地下）ピット部の耐震設計上の評価について

設計地震力の算定において、基礎ピットを地上階として評価する必要はないことを図4.9に示すスライドを使って、その根拠となる考え方および数値の提示があった。土の拘束効果を無視したモーダル解析による検証結果から、基礎ピット部を考慮してもしなくても、1階以上の上部構造の振動モードは同じなので、地震力設定において1階以上を地上部と評価する考え方は妥当である旨の見解が示された。

質問ウ：基礎ピット



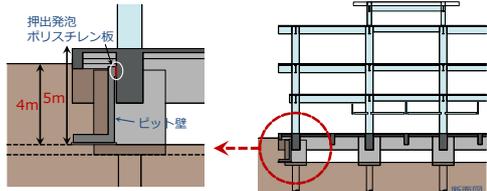
基礎ピット側面は直接土に接していないのに、土の拘束効果(地震力低減効果)を前提として良いのか？
基礎ピットの外周は大部分が土に接していますが、土の拘束効果(地震力低減効果)を前提としていません。

土の拘束効果がないのであれば、構造的には4階建ではなく5階建とみなして設計するべきではないか？
拘束効果を考慮しなくても、基礎ピットを十分頑丈に設計しているため、5階建とみなす必要はありません。

基礎の大きさ、剛性を考慮して杭の設計を行うべきではないか？
基礎の大きさ、剛性を考慮しても、杭は地震時に安全です。

27

質問ウ：基礎ピット側面は直接土に接していないのに、土の拘束効果(地震力低減効果)を前提として良いのか？

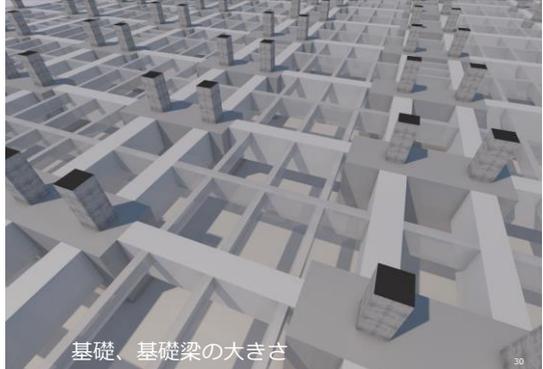


押出発泡ポリスチレン板
 4m 5m
 ピット壁

**基礎ピット部は高さ5mのうち4m(4/5)が地中に埋まっており、法令上地上とみなせません
 土による拘束効果は前提としていません**

基礎 基礎梁 ピット内
 ピット壁を上から見た図

28

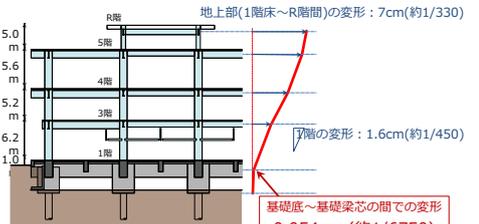


基礎、基礎梁の大きさ

30

質問ウ：土の拘束効果がないのであれば、構造的には4階建ではなく5階建とみなして設計するべきではないか？

基礎ピット部分は、頑丈で地震時にほとんど変形しないため、階とみなす必要はありません。



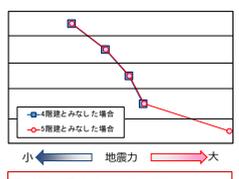
地上部(1階床～R階間)の変形：7cm(約1/330)
 7階の変形：1.6cm(約1/450)
 基礎底～基礎梁芯の間の変形：0.054cm(約1/6750)

※中央ブロックX方向地震時の重心位置での変形量

31

質問ウ：土の拘束効果がないのであれば、構造的には4階建ではなく5階建とみなして設計するべきではないか？

日本建築学会「建築物荷重指針・同解説」のモーダルアナリシスによって4階建と5階建とみなした場合の地震力の比較を精密に行いました



4階建とみなした場合 5階建とみなした場合

5階建とみなした場合でも、地上部の地震力は変わりません

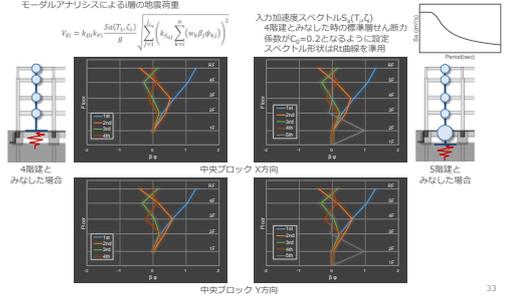
32

質問ウ：土の拘束効果がないのであれば、構造的には4階建ではなく5階建とみなして設計するべきではないか？

モーダルアナリシスによる階の地震荷重

$$V_{ik} = k_{ik} \frac{S_d(T_i, L_i)}{g} \left(\sum_{j=1}^n k_{ij} \sum_{l=1}^n (m_{il} \phi_{il}) \right)^2$$

入力加速度スペクトル $S_d(T, L)$
 4階建とみなした場合の質量層せん断力係数が $C_d=0.2$ となるように設定
 スペクトル形状はRd曲線を採用



4階建とみなした場合 中央ブロック X方向 5階建とみなした場合
 中央ブロック Y方向

33

図 4.9 設計地震力設定において基礎ピット部を地上階として評価する必要がない根拠 (日建設計プレゼンテーション資料の抜粋)

(5) 専門委員を交えた討論

まず、各専門委員から論点①～③に関連した質疑・コメント等があった。

①に関しては「構造安全性について問題ない」という結論になったが、一部計算が違った件の申請上の扱いについて、建築基準法第12条5項の軽微変更で良いのかどうかという議論があった。手続上のことなので、建築指導課との協議中とのことであった。

②に関しては積載荷重 700kg/m² 設定の根拠については理解が得られたが、設定の経緯についての質疑があり、日建設計から“東京都からの条件提示を受け、日建設計独自で築地の現状を調査して最終的に条件どおりの数値を採用した”との回答があった。また、“フォークリフトの走行は想定されているのか？”という質疑に対して、“1.5 トンフォークリフト（車両総重量 4.39 トン）走行は想定している”とのことであった。

③に関しては、時松専門委員から“基礎ピットのモデル化を考慮してもしなくても、上部構造の応答の違いはないことは理解したが、基礎、とくに杭の耐震設計はしっかりと対応されているか？”の質疑があった。日建設計の回答は“問題なし”であった。

この後、基礎ピットのモデル化等の是非について議論があった。

■高野氏の意見の概要を以下に示す。

- ・ 基礎ピット外周廻りの盛土は拘束効果が期待できないという条件であるならば、基礎ピットの変形も考慮した解析モデルで検討するべきである。
- ・ 併せて、基礎ピットは1階としての設計地震力算定用のベースシア係数 $C_0=0.2$ を採用するべきである。
- ・ 基礎ピット構造体は外周の擁壁と一体となっていないので、周辺の盛土とは直接、接していない。よって、基礎ピットは地下とみなせないから、地下の設計地震力算定用の震度 0.1 は採用できない。

■日建設計の説明の概要を以下に示す。

- ・ 基礎ピットの外周の大部分は土に接しているが、“その拘束効果で基礎・杭の耐震設計のための地震力低減は行っていない”という趣旨で、“盛土の拘束効果は期待しない”前提にしている。
- ・ また、拘束効果を期待しない基礎ピットはその上の上部構造に比べて、極めて水平剛性が高いので、基礎ピットも層とした5階建てとみなす必要はない。
- ・ モーダルアナリシスによる検討結果においても、基礎ピットを考慮してもしなくても、上部構造の振動性状に差がみられない。よって、1階以上を地上部としてベースシア係数 0.2 を採用して設計地震力を算定することは妥当である。
- ・ 基礎ピットと擁壁は押出發泡ポリスチレン板を介して接しており、基礎ピット高さの約 80%が土の中に埋まっているので、法令上は地下とみなせる。

以上のように基礎ピットを“地上と考えるか”あるいは“地下と考えるか”という構造計算における入り口部分で相違があり、これが議論のすれ違いの原因となっている。どちらの考え方も法令上問題はないが、構造設計上、どちらの考え方が合理的かということが専門的な課題として残った。

第2回 PT 会議後、高野氏に当該 PT 会議に提出された解析の諸元及び原データの追加資料等の提供を、また日建設計にフルモデル解析（「上部架構＋基礎＋杭」架構のフルモデル）による追加検討を依頼した。その内容を検証・吟味して次回の PT 会議で報告することになった。

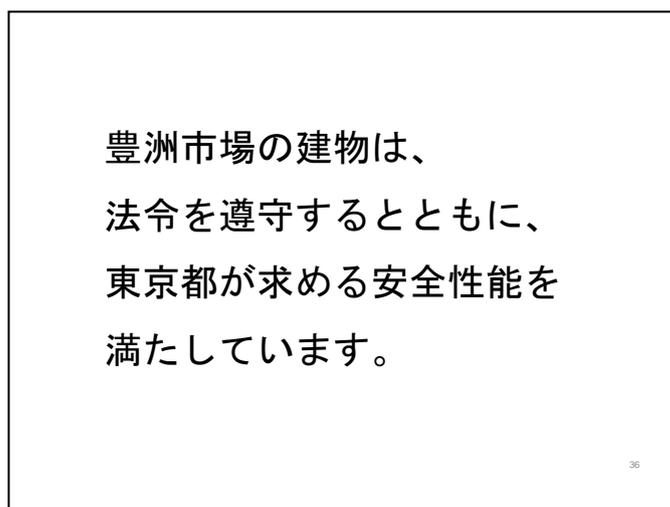


図 4.10 日建設計プレゼンテーション資料より

最後に、日建設計から“法令を遵守して東京都が求めている構造安全性を確保している”との発言があった（図 4.10）。この発言に対して、PT 会議では特に異論がなかった。

5 第3回PT会議

(1) はじめに

基礎ピットを“地上と考えるか”あるいは“地下と考えるか”という構造計算における入り口部分について、高野氏と日建設計の考え方に相違があるが、どちらの考え方も法令上問題はないことは第2回PT会議で確認された。

しかし、構造設計上、どちらの考え方が合理的かつ妥当性があるかということが専門的な課題として残った。特に、設計時の構造解析モデルの考え方の妥当性について検証する必要があると判断し、第2回PT会議の後、高野氏に当該PT会議に提出された解析の諸元及び原データの追加資料等の提供を、また日建設計にフルモデル解析（「上部架構+基礎+杭」架構のフルモデル）による追加検討を依頼した。

(2) 追加検討資料結果による報告

提出された追加検討資料を検証した結果について図5.1のスライドを用いて、森高専門委員から説明および報告があった。

- ・ 日建設計が行った「上部構造+基礎+杭」一体の構造解析モデル（フルモデル）と設計時モデル（上部構造と杭・基礎を分離した解析モデル）の比較検討の結果、上部構造の応力の差は1%および水平変形の差は3%であった。
- ・ 上記の検証結果から、設計時モデルは妥当であると判断できる
- ・ 高野氏が主張している基礎ピットも階としてモデル化しなければならないとして、基礎ピットを考慮した「上部構造+基礎ピット」モデル、ケース1とケース2のモデルが提案され（提案モデル）、この結果と設計時モデルの比較について検証した。
- ・ ケース1は上部構造の柱・梁および基礎を線材に置換したモデル、ケース2は基礎のみ面材（有限要素）に置換したモデルである。
- ・ ケース1の提案モデルと設計時モデルの比較検討の結果、上部構造の応力の差は0.6%、水平変形の差はほぼ同じであった。
- ・ ケース2については、面材置換したモデルと線材置換した柱材との境界部の設定に疑問がある結果となった。
- ・ まとめとして、下記の報告を行った。
 1. 『基礎ピットをモデル化すると上部構造に影響を与える』との見解が高野氏から示されたが、「上部構造+基礎+杭」モデル（フルモデル）による追加検証の結果から、上部構造に与える影響はないと判断する。
 2. 高野氏提案の基礎ピットをモデル化した「ケース1」モデルも、日建設計の設計時モデルと地上部の応力・層間変位（角）はほぼ同じであることから、設計時のモデル化は妥当であると判断する。
 3. したがって、基礎ピットをモデル化することによる地上部への影響は極めて軽微であり、設計時の構造安全性は確保されている。

(3) 専門委員および日建設計を交えた議論

構造設計上、基礎ピットを地下とみなすか、地上とみなすかについて、専門委員と設計者である日建設計との間で下記の議論があった。

- ・ 基礎ピットは巨大なラーメン構造とみなせるので、硬い（水平剛性が高い）から地下とみなせるということが理解できない（専門委員）。
- ・ 振動性状の観点から基礎ピットは地震力に対して増幅しないことをモーダル解析で検証している。すなわち1階以上のフレームのように変形していない。法令上、「地階」に該当するかどうかは、振動性状から判断する必要があるとされている（日建設計）
- ・ また、基礎の75%以上が土に埋まっていれば地下とみなして良いと「2015年版建築物の構造関係技術基準解説書」に記載されている。

上記に関連する内容については、すでに計画通知および構造計算適合性判定で設計者の考え方が妥当と判断されている。

なお、平成28年12月27日の「平成28年豊洲市場移転問題特別委員会」の質疑応答の速記録（抜粋）を参考に転載する（参考資料①）。

豊洲市場移転問題特別委員会速記録第五号（抜粋）

○酒井委員 ただいまのご答弁で、できたもの、できなかったものについてのお話を伺いました。（中略）

次に、第二回会議の課題整理の結果報告についてということで、森高専門委員から、基礎ピットをモデル化することによる地上部への影響は極めて軽微であり、設計時の構造安全性は確保されているとの報告があったということで、先ほども質疑がございましたけれども、この報告の文言だけを見ると、余りにもざっくりとした報告でございます。具体的に構造計算の結果等、数値としてどの程度軽微であったのか示してほしいと思います。

○池上総務局都政改革担当部長 第二回市場問題プロジェクトチーム会議におきまして、日建設計の構造解析モデル、これはいわゆる構造案のことですが、その妥当性について専門的な見地から追加検証をすることとなったものでございます。

設計時の日建設計のモデルは、建物の上部構造と基礎くいを分離したモデルでありましたので、森高専門委員から日建設計に対して、上部構造と基礎くいを一体にしたフルモデルの解析を追加で依頼いたしました。

あわせて、この解析には、第二回会議に出席した高野氏が会議に提出した検討モデルのバックデータも必要なため、その提出を高野氏に依頼いたしました。

その検証の結果、地上部各部の応力ー応力とは力がかかったときの抵抗力のことですけれどもーその応力が設計時のモデルに対して、最大でプラス・マイナスー%の変化であり、ほぼ同一の応力状態であることなどから、日建設計の設計時のモデル化は妥当であると判断したとのことでございます。

また、高野氏が第二回会議に提出した、基礎の下に支点を設けるという高野氏のモデルについて検証した結果、柱の応力は日建設計の設計時のモデルに対して、一階部分で〇・六%減でしかなく、地上部への影響は微小であることが判明いたしました。

これらの検証結果を踏まえ、委員のご質問にございましたとおり、森高専門委員からは、設計時の構造安全性は確保されているという報告があったものでございます。