

6. 事業体制上の問題点

連絡デッキ崩落過程の起点は、第5.4節に記述したように入江側R21のPCa床版での斜材ロッド定着部の破壊と推定される。その後の崩落過程の主な原因もPCa床版にあるその他の斜材ロッド定着部の破壊と考えられる。その崩落原因と推定される斜材ロッド定着部の破壊が生じたのは 長期的荷重や短期的荷重に対する定着部設計耐力の不足が主因であり、また破壊に至る時間を促進したのが、更なる耐力低下の一因である 斜材定着部のU字形補強筋の配筋不具合であり、斜材定着部に損傷を与えた可能性のある 第1回目の安易なジャッキダウンと考えられる。以下には、設計耐力不足、U字形補強筋の配筋不具合および 安易なジャッキダウンを生み出した設計・工事監理・施工さらに発注上の問題点について述べる。

6.1 設計上の問題

(1) 斜材ロッド定着部の設計

構造物を構成する部材の接合部には、接合する部材よりも大きな耐力を保有させ、接合部は破壊させないという構造設計の考え方、すなわち保有耐力接合が一般的であり、望ましい設計の考え方である。本構造における斜材ロッド定着部は、連絡デッキの構造安全性を確保するために極めて重要な部分であり、斜材定着部には、設計荷重や部材耐力に対して十分な耐力を設定するとともに、その耐力の確保のために慎重な設計が必要である。

今回の場合、構造設計者は、斜材定着部をプレストレストコンクリート(PC)造と考え、高い許容せん断応力度を設定している。しかし斜材定着部には、偏心曲げモーメントおよびせん断力に対して有効なプレストレスは加えられていないため、斜材定着部は鉄筋コンクリート(RC)造として設計すべきである。また定着部の配筋等の設計においては、鉄筋相互の連結および鉄筋とコンクリートとの力の分担等を適切に考慮して、部材全体として外力に抵抗できるようにしなければならない。

構造計算書には、コンクリート、鉄筋および鋼管をソリッド+シェルモデルとした有限要素法(FEM)による弾性解析結果は示されている。しかし、その解析結果をどのように判断して、種々の荷重状態(積載荷重や雪荷重等の考慮、長期荷重時、短期荷重時、保有耐力時)に対して斜材ロッド定着部が十分な安全性を確保しているかは示されていない。

このような設計上の不適切さ(RC造をPC造とした。配筋方法が不適切である。)や検討不足(斜材ロッド定着部の安全性を弾性解析結果から確認す

る手順が示されていない。)等は設計者によるデザインレビュー(Design Review)や建築確認(計画通知)制度、施工者による再チェックなどにより見つけ出され、改善される場合が多いが、今回の場合には、竣工近くまで構造計算書の共有が構造設計者、工事監理者、施工者および発注者間でなされず、このような是正過程が有効に実施されなかったと考えられる。

(2) コンピュータによる構造設計

近年、構造設計においては、コンピュータを用いた立体フレーム解析、地震応答解析およびソリッドモデルやシェルモデル等の有限要素法(FEM)による解析が駆使されている。コンピュータを使うこと自体は間違いではないが、コンピュータを用いた計算による結果は構造物のモデル化や計算仮定に影響されるが、そのモデル化や計算仮定が間違っている間違った見逃され易く、結果のみが鵜呑みにされやすい傾向がある。そのため、コンピュータによる計算結果の妥当性を確認するためにも、略算的な検討や経験豊富な構造設計者による再チェック(デザインレビュー)が必要である。

連絡デッキの構造設計においては、連絡デッキ全体の立体フレーム解析やコンクリート、鉄筋および鋼管をソリッド+シェルモデルとした有限要素法(FEM)による斜材定着部の弾性解析が行われている。設計上、それらの弾性解析結果を用いる場合には、応力や応力度の大きさ、変形やひずみの大きさを見ながら、材料や部材の非弾性性(特に、コンクリートの非弾性性(ひび割れ、長期的応力の影響)や部材剛性の非弾性性(変形等による変化))の影響を考慮して、解析結果を判断する必要がある。

しかし連絡デッキ崩落の起点と推定されるPCa床版の斜材ロッド定着部の構造設計では、FEM弾性解析はなされているが、前述(1)のように、弾性解析による結果に対して、コンクリートの非弾性性状をどのように考慮して、そしてどのように検討して斜材定着部が安全であると判断したかについては構造計算書に述べられていない。そのため斜材ロッド定着部の構造設計書としては不備があると言わざるを得ない。このような不備をなくするための再チェック(デザインレビュー)がなされたかどうか疑問である。

(3) 構造の特殊性と施工の重要性

本連絡デッキは、PCa床版、PCロッド、型鋼を組み合わせた複合構造である。また構造設計者が「吊り型トラス構造」と呼ぶように、デッキのたわみ変形を抑制(制御)するために、通常のトラス構造の考えに加え、斜材であるPCロッドにプレストレスを導入した(斜材長の調整を行う)これまで採用例が少ない特殊な構造形式を有している。この斬新で軽快な構造の設計においては、完成後の状

態で安全性を確保するのは当然であるが、剛性が低くさらにたわみ変形を制御できるといふ特殊な構造であるので、完成に至るまでの施工段階を考慮した検討も必要である。そして構造設計者は、この構造の特殊性（長所と注意点）と施工の重要性を、発注者および施工者に説明するとともに共有しておく必要がある。

今回の場合には、本連絡デッキの構造に関する構想は平成12年4月ごろから県、榎事務所（構造設計担当：SDG）、福地事務所間で検討が進められていた。SDGは7月ごろから本構造形式の検討を進め、榎事務所とSDGは9月12日に県と福地事務所に提案している。そして県、榎事務所、福地事務所は本構造形式の採用を合意している。さらに11月29日に発注者である県、設計関係者である福地事務所、榎事務所、SDG、施工者である第一建設等が参加した連絡デッキ工程調整会議が開催された。この時に構造設計者は、この構造の特性を説明したとしているが、構造詳細やその構造計算書が提示されていないこの時点では、構造の注意点と施工手順の重要性が関係者間で共有されたとは考えにくい。その後の工事工程においても、構造設計者から施工者への指示は「そのつど」の指示が多く、施工手順の重要性が施工者に伝わっていたとは考えにくい。その結果、施工者による構造設計の妥当性のチェックおよび特殊な構造物の慎重な施工が行われず、本連絡デッキの構造安全性を損なうことにつながったと推察される。

このような状態を生じさせたのは、設計・施工監理・施工の期間にも問題はあつたが、構造設計者と施工者が直接、情報交換・共有できる体制と方策が構築できなかったことにあると考えられる。

6.2 工事監理上の問題

(1) 構造設計者による工事監理の重要性

この連絡デッキの特徴は意匠的な面よりも構造的な面にある。その構造は一般の建築構造物とは異なっており、通常の建築物の施工とは異なる施工方法が必要となる。そのため構造設計者（本構造の特殊性を熟知した技術者）による工事指導（工事監理）が必要不可欠と考えられる。

今回、崩落した連絡デッキ部分の工事監理は、福地事務所が行っているが、構造設計を直接実施した設計者ではない。そのためこの構造の特殊性（特に注意点）と施工の重要性、さらに工事監理の重要な点を十分に認識していたとは言い難い。本連絡デッキの構造設計者であるSDGは朱鷺メッセの本体工事の構造部門の工事監理を行っているため、必ずしも十分な工事監理がなされていなかった可能性がある。そのため構造設計者による工事監理という重要な部分が後手後手に回ったようである。

構造に関する工事監理が十分でなかったことは、6.3で述べる施工上の問題の発生にも影響している。

6.3 施工上の問題

(1) 施工手順と施工管理体制

施工者は、施工する構造物の構造的特徴（構造上の重要な点、施工上の注意点）をよく知っておく必要がある。また不具合を生じさせずに構造物を完成させるためには、どのようにして施工を進めていくかも十分に検討する必要がある。特に今回の連絡デッキは、剛性が低くさらにたわみ変形を制御できる、言い換えると大きく変形する可能性のある特殊な構造であるので、構造設計者（構造設計者による工事監理者）との共同による施工方法の検討が重要である。

今回の場合には、施工者は、完成に至るまでの施工が難しい構造であるとの認識があったとは思われるが、構造計算書を介した施工者と構造設計者との共同の検討が十分とは言えず、設計で考えたことが確実に達成できるような施工手順や施工管理体制が構築されなかったと考えられる。そのため1回目のジャッキダウン時に、大きなたわみ、部材の損傷が生じた。結果として連絡デッキの崩落につながる斜材ロッド定着部の破壊を早めたと考えられる。

(2) PCa部材製造

PCa部材は、施工管理者（元請業者）および工事監理者に承認された施工図に則って製造されるべきものである。しかし部材製造上困難な場合が間々ある。そのような場合には、変更施工図を提出し、施工管理者および工事監理者の承認を受けた後、製造する必要がある。

今回の場合、PCa床版の斜材ロッド定着部にはU字形補強筋を横から7本差し込む図面がSDGから工事監理者、施工者およびPCa部材製造者へファックスで送られた。PC工事下請業者は、U字形補強筋の向きが不明瞭な施工図を作成したが、PCa床版の最初の製造検査時には、SDGからの指示通りU字形補強筋は横から7本配筋されていた。しかし斜材ロッド定着部は配筋が密であり配筋しにくいということで、PCa部材製造者は斜材ロッド定着部のU字形補強筋の配筋方法の変更を申し出た。構造設計者から口頭による承認は受けたとされているが、最終的にどのように配筋するかは構造設計者、工事監理者、施工者およびPCa部材製造者間で合意していないし、また変更施工図として残されていない。これまでも述べたとおり斜材ロッド定着部は構造上重要な部分であるので、U字形補強筋の配筋方法の変更は変更施工図にして承認を受け、関係者間で共有すべきであった。共有することにより、複数の関係者による検討が入り、斜材ロッド定着部が

潜在的に保有する耐力の低下を防ぐことができた可能性がある。

6.4 発注上の問題

(1) 発注

発注者は、設計、工事監理、施工の適切な遂行に必要な期間や資源を提供する必要がある。さらに設計者、工事監理者、施工者間の共同体制の構築を阻害しないように発注すべきである。

本連絡デッキの構造に関する構想は県、榎事務所、SDGおよび組合（担当：福地事務所）の間で平成12年4月ごろから検討が進められ、7月ごろから本構造形式の検討を進めていた。設計契約期間は平成12年10月11日から平成13年1月25日であるが、これまで構造検討を進めてきた組合（担当：福地事務所、協力：榎事務所およびSDG）との随意契約であるため、設計期間が短いとは必ずしも言えない。ただし施工が3工区に分割され、さらに工期も平成12年度と平成14年度に分割された。また設計および工事監理の発注先は、実質上の設計者（意匠：榎事務所、構造：SDG）ではなく、組合（担当：福地事務所）である。そのため実際の設計者の立場（責任）が不明確になってしまい、工区の分割や年次別の施工とともに設計のそして施工的検討が不十分だった可能性がある。

このような複雑な発注形態が責任の不明瞭さを生み、設計、工事監理、施工間での共同作業が円滑に進まず、相互チェックという機能が働かなかつたと考えられる。発注者としての県は、発注形態による問題をなくすような調整・指示を積極的に行うべきであった。

(2) 発注者としての設計検討、工事監理

発注者である県は、本連絡デッキの構造はこれまで採用例が少ない特殊な構造形式であったため、構造安全性の検討は、朱鷺メッセ本体の構造設計者でもあるSDGに任せていた可能性がある。同様に構造に関する工事監理に関しても福地事務所（SDGの協力）に任せていた可能性がある。

設計業務および工事監理業務は委託発注しているので、発注者である県には不具合を見出しにくい立場にあったとも考えられる。しかしながら県としては、公的建築物の不具合を排除し、一般利用者の安全を確保する責務がある。また建築確認の特例（計画通知制度）が適用されているので、県は自ら、公的建築物の安全性の確認を行うことになる。そのため、この構造上特殊な連絡デッキの設計・施工に関しては、十分な技術力を持った設計者や施工者に発注するとともに、必要であれば専門家の意見等を聴取する等によりその設計および施工の妥当性を

確認すべきであった。

6.5 まとめ

連絡デッキ崩落のプロセスの起点およびその後の崩落プロセスの主な原因であるPCa床版斜材ロッド定着部の竣工後2年4ヶ月後における破壊の原因は、斜材ロッド定着部設計耐力の不足、斜材ロッド定着部U字形補強筋の配筋不具合、さらに安易な第1回目ジャッキダウンと考えられる。

またこのような原因を生み出した発注・設計・施工上の主な問題点を以下にまとめる。

- (1) PCa床版の斜材ロッド定着部の構造設計に不適切さがあった。
またこのような不適切さはデザインレビュー、施工者による再検討、県による再検討などにより見つけられ是正される場合が多いが、それらの是正行為が適切に行われず、設計の不適切さを是正できなかった。
- (2) この構造の特殊性(長所と注意点)と施工手順の重要性を設計者、工事監理者、施工者、そして県で十分に共有しておらず、特別の配慮を必要とする構造物であるという認識が関係者間で希薄だった。
- (3) 構造設計と施工が平行して行われ、最終的な構造設計図書が竣工近くまでなかった。そのため構造計算書の基づく施工手順の計画ができなかった。
- (4) 構造設計と施工が平行して行われ、設計変更等の情報が錯綜してしまった。そのため承認・承諾の手続きも含め、また責任の所在が不明確になった。