建設プロジェクトのリスクマネジメントの観点から設計 プロセスにおける課題と対策について ー 発電プラント建設プロジェクト事故例からの検討 ー

岩原廣彦¹・白木渡²・井面仁志³・長谷川修一⁴

¹フェロー 香川大学客員教授 危機管理研究センター (〒761-0396 香川県高松市林町2217-20)
E-mail:iwahara@eng.kagawa-u.ac.jp

²フェロー 香川大学特任教授・危機管理研究センター (〒761-0396 香川県高松市林町2217-20)
E-mail:shiraki@eng.kagawa-u.ac.jp

³正会員 香川大学教授 工学部信頼性情報システム工学科 (〒761-0396 香川県高松市林町2217-20)
E-mail:inomo@eng.kagawa-u.ac.jp

⁴正会員 香川大学教授 工学部安全システム工学科 (〒761-0396 香川県高松市林町2217-20)
E-mail:hasegawa@eng.kagawa-u.ac.jp

発電プラントの建設は、基礎工事、プラント設備工事など多種多様な工事を土木、電気など異なる工学分野の技術者が、構造物の設計条件について、連携しながら実施する総合的な建設プロジェクトである。しかし、設計条件に関する情報共有や意見交換による連携が十分でない場合、総合的に取り組むメリットが発揮されず、建設プロジェクトとしては不十分なものとなる。その結果、建設プロジェクトのイニシャルコスト及びランニングコストを含めたトータルコストが増加したり、事故の発生要因となることとなる。

従来の研究は、プラント設備工事、基礎工事等個々の工事の安全管理やリスクに関するものが多かった。本稿では、これら個別の工事が相互に連携する規模の大きい発電プラント建設を例に、建設プロジェクトのリスク管理の観点から、①「建設プロジェクトの発注方式の課題と対応策」、②「実際に起きた変電所基礎変位事故」において、設計条件連携の重要性を検証すると共に、③「建設プロジェクト発注機関が実施する工事範囲とリスクコントロール」において、リスクの変化について検討を行い、これら全体を通して建設プロジェクトの設計プロセスにおける課題と対策について述べる。

Key Words : construction project, risk management, design process, problems and measures, the accident cases of the power plant

1. はじめに

原子力・火力等発電プラントの建設は、基礎工事、プラント設備工事、建築工事、付帯設備工事など多種多様な工事を土木・建築、電気・機械など異なる工学分野の技術者が、関連する構造物の設計条件について、緊密に情報連携しながら実施する規模の大きい総合的な建設プロジェクトである。しかし、設計プロセスにおいて異分野の工学技術者間で設計条件に関する情報共有や意見交換による連携が十分でない場合、建設プロジェクトとして最適な設計条件のもとで構造物が建設されているとはいえないことがある。例えば、プラント設備工事側から基礎工事側にローディングデータ等が提示される場合、プラント設備には安全率で余裕代を持たせた設計条件を

基礎工事側に提示することがある。その結果、建設プロジェクト全体から見れば、オーバースペックとなり、建設プロジェクト終了後のイニシャルコストを含めたトータルコストが増加したり、過度な設計条件の要求により事故の発生要因となることとなる。

従来の研究は、プラント設備工事、基礎工事等個々の工事の安全管理やリスクに関するものが多かった。本稿では、発電プラント建設を例に、これら個別の工事が相互に連携する規模の大きい建設プロジェクトのリスク管理の観点から発注機関の視点で、①「建設プロジェクトの発注方式の課題と対応策」、②「実際に起きた変電所基礎変位事故」において、異なる工学分野間での設計条件に関する連携の重要性を検討するとともに、③「建設プロジェクト発注機関が実施する工事範囲とリスクコン

トロール」について、建設プロジェクト発注機関がプラント敷地造成段階から設計に関わることができるか否かで、自然災害（地震）に対するリスクコントロールの効果を検討すると共に、これら全体を通して建設プロジェクトの設計プロセスにおける課題と対策について述べる。

2. 建設プロジェクトの発注方式の課題と対応策

(1) 発電プラント建設プロジェクトの特徴と設計プロセス

発電プラント建設プロジェクト（以下「建設プロジェクト」という）の特徴を表-1に示す。表-1から、建設プロジェクトは、相互に関連する工事種別が非常に多く、設計、施工に携わる関係機関も多数になることなどが挙げられる。建設マネジメントプロセスの中で設計プロセスは、施工時における施工不良の発生防止や事故防止、さらに完成後の長期にわたる稼働条件を考慮したリスク対応策を講じるなど、建設プロジェクトの成否に大きく影響する最も重要なイベントである。また、建設プロジェクトの成否は、表-2に示すように、要求される品質と性能の確保、維持管理の容易性と管理費の低減、耐久性の確保、トータルコストの低減、巨大地震など自然災害発生時におけるレジリエンスを有する軽微な被害への抑制など、俯瞰かつ長期的な評価項目から総合的に判断される。

わが国では、建設プロジェクトの実施において、発注機関組織内でプラント発注担当部門（原子力、火力部門）と、基礎構造物発注担当部門（土木・建築部門）とで業務が分担され、それぞれの部門からプラントメーカー及び建設会社（ゼネコン）に分割発注されることが多い。発注機関組織内では、発注に先駆け、プラント発注担当部門から基礎構造物発注担当部門に、基礎設計に必要なローディングデータ（荷重、許容変位量など）の設計条件が提示される。この設計条件が、建設プロジェクト全体として、最適な条件であるか否かが建設プロジェクトの成否に重要なものとなる。

一方、石油・石炭火力等の発電プラントが建設される場所は、石油、石炭、天然ガス等燃料供給の利便性から、沿岸部の埋立地が多い。また、多くの場合、発電プラント発注機関は、地元対策の関係から行政が埋立て造成した工業団地など、広大な土地を購入する機会が多い。これら埋立て造成の際に用いられる埋立て材料の多くは、同一の均質な材料が用いられることは少なく、公共工事で発生した海底浚渫土や陸上の建設残土、山土、一般廃棄物など様々である。このため、完成した造成地の地盤支持力や地震時の液化化抵抗性は、場所によって大きく変わることになり、発電プラント建設地盤として最適でないことになる。すなわち、発電プラント建設発注機関

表-1 発電プラント建設プロジェクトの特徴

<ul style="list-style-type: none"> ・多様な工種の複合工事 ・発注機関内の関連技術部門が多い（火力部門・原子力部門・送電部門・建設部門等） ・受注機関も多種多様の業者が関連する ・受注機関（上部プラントメーカー）からの設計条件の提示がある ・設計プロセスは、プラント建設のイニシャルコスト及びランニングコストに大きく影響する重要な建設プロセス ・建設は基礎工事から始まり、順次上部工事に移行し工期が長い ・地震被害は概ね基礎部の良否に影響されることが多い

表-2 発電プラント建設プロジェクトの評価項目

項 目	評 価 内 容
建設工事期間	<ul style="list-style-type: none"> ・品質・性能の確保（保証） ・無事故（安全管理の徹底） ・工期の確保（遅延した場合はペナルティ）
プラント稼働期間	<ul style="list-style-type: none"> ・性能の維持 ・ランニングコスト ・適正な維持管理とコスト
自然災害（地震）	<ul style="list-style-type: none"> ・設計外力に耐える ・軽微な被害に抑える（レジリエンス）

が、敷地造成段階の設計に関わることができないため、その後の建設プロジェクトの設計プロセスにおける自然災害（地震）に対する基礎地盤リスク対策は大きく変わることになる。これについては、4. 建設発注機関が実施する工事範囲とリスクコントロールで詳述する。

(2) 建設プロジェクトの発注方式の課題と対応策

建設プロジェクトの発注方式としては、一般に設計・施工分割発注方式かフル・ターンキー発注方式のいずれかで行われることが多い。これら発注方式の違いによる、建設プロジェクトの設計プロセスにおける設計条件連携の重要性について検証する。

1) 設計・施工分割発注方式の課題

建設プロジェクトの発注は、プラントの製造・据付と敷地造成工事、プラント基礎工事、建築工事ごとに分割発注することが一般的に多い。設計・施工分割発注方式は、工事の種別・段階毎に、設計・機器の調達・据付・試運転・管理などを個別に分割して発注する方式である。図-1に設計・施工分割発注方式の概念を示す。この発注方式の場合、発注機関ではプラント発注担当技術者から、基礎工事発注担当技術者に、基礎構造物設計に必要な上部プラント設備からのローディングデータの提示が行われる。また、図-2に示すように、この発注方式の

図-1 設計・施工分割発注方式の概念

場合、一般論として、発注機関が保有するリスク期間が長いという指摘があるが、これは江戸時代から現在に至るまでの歴史の変遷による発注機関の技術者の技術力低下を要因とする推論であり（図-3 設計・施工一括発注が生まれた背景参照）¹⁾、発注機関が高い技術力を有する場合においては、逆に発注機関がプロジェクト全体のリスクをコントロールできるとともに、建設プロジェクトの重要プロセスである設計プロセスを発注機関が実施できるというメリットがあると考えられる。

また、この発注方式において、発注機関のプラント発注担当技術者から、基礎工事発注担当技術者に、自らが精査した基礎構造物設計に必要なローディングデータが提示されればよいのであるが、著者らの調査によれば^{2,3)}、提示するローディングデータの多くが、受注機関であるプラントメーカーから発注機関のプラント発注担当技術者に提示されたものであり、発注機関の担当技術者が、プラントメーカーに依存している実態がある。その原因は、複雑な構造の発電プラントの設計・施工は、それを専門とする受注メーカーで多くの実務経験を積んだ専門技術者でなければ、プラント設備から各基礎にかかる荷重、許容変位量などの基礎構造物設計に必要なローディングデータを算定できないことにあると思われる。

著者らがこの発注方式で実施した建設プロジェクトについて調査した中から、沿岸部の埋立て造成地における建設プロジェクトの事例を述べる。このプロジェクトでは、発注機関のプラント発注担当技術者から基礎工事発注担当技術者に、基礎構造物の許容変位量 $\pm 10\text{mm}$ という条件が提示された。この値は基礎工事担当側にすれば非常に厳しい設計条件であるといえる。沿岸部の埋立て造成地盤での基礎構造物設計・施工において、許容変位量 $\pm 10\text{mm}$ の設計・施工は、内陸部の岩盤掘削造成地盤と異なり、海底堆積粘性土層における施工の割合が多く、埋立て地盤の長期的な圧密沈下や、施工中の気象・海象などの自然環境の影響を大きく受け、技術・コスト面で大きな負担となるものである。

この事例での最大の問題は、基礎構造物の許容変位量 $\pm 10\text{mm}$ という数値について、プラント発注担当技術者と基礎工事発注担当技術者間で、当該プロジェクトとして、基礎構造物側の設計条件として対応した方がよいのか、プラント側の設計で対応した方がよいのかという、プロジェクト全体を俯瞰した、設備の信頼性とトータルコスト低減などに関する十分な議論がされずに、安易にプラント側から基礎側に設計条件の受け渡しだけで済ましていたことである。建設プロジェクト完了後に発注機関が精査した結果、プラント側で $\pm 10\text{mm}$ を吸収するとした場合の構造変更費用は、基礎工事で実施した対策費用の約70%で対応できたということが分かった。

図-2 設計・施工分割発注の場合のリスク分担

図-3 設計・施工一括発注が生まれた背景

この事例から、設計プロセスにおいて、建設プロジェクト全体を俯瞰し、プラント側の設計で対応するのか、基礎工事側の設計で対応するのかといった設計条件について双方向での議論の重要性が明らかとなった。

2) フル・ターンキー発注方式の課題

建設プロジェクトの発注において、発注機関の技術力が不足している場合や、技術的に高度で複雑なプラント建設などの場合に、責任の明確化、プロジェクト管理の簡素化、契約管理の単純化、工期の短縮化が図れるとの利点から、フル・ターンキー方式で発注される場合がある⁴⁾。図-4にフル・ターンキー発注方式の概念図を示す。この方式では、一般論として、設計の一元管理および情報連携がスムーズになるといわれている。すなわち、受注機関のプラント担当技術者と基礎工事担当技術者とで十分な議論が行なわれるため、設計・施工分割発注方式に比べ、建設プロジェクトとして最適な設計条件でプラ

図-4 フル・ターンキー発注方式の概念図

ントが構築できるとされている。

しかし、著者らがこの発注方式で実施した建設プロジェクトについて調査した結果³⁾においては、受注機関のプラント担当技術者と基礎工事担当技術者とで、建設プロジェクトを俯瞰した設計条件や許容変位量などについて十分な議論は行われていなかった。この方式では、受注機関である商社から、プラントメーカーと建設会社（ゼネコン）に業務が割当てられるが、建設会社は商社を頂点とする受注体制の末端の川下に位置づけされる。当然のことながら、川下はコスト面では厳しい条件で業務を行うことになる。また、建設会社は、複数の専門工事会社で構成される重層構造からなる施工体制で工事を実施するため、施工時における品質・安全管理体制の不備などに起因した、基礎構造物の品質・性能の低下、事故が発生する可能性がある。

この方式における発注機関にとって最大の不安要因は、建設プロジェクトの重要プロセスである設計（仕様決定：設計・仮設計・施工計画・数量計算）のイベントを受注機関が行うことにより、建設プロジェクト全体のリスクが潜在化することである（図-5）。このことは、建設プロジェクトの特徴で述べたように、発注機関が完成後の長期にわたるプラント稼動中に事故が発生するリスクを保有し続けることになるのである。また、欧米ではスタンダードなこの発注方式が、わが国のような複雑な地盤・地質、厳しい気象・海象条件、さらには、建設業界の複雑な受注構造や、専門性に特化した施工体制に適合しているかについては疑問の余地がある。先に述べた、設計・施工分割発注方式における設計条件の連携という課題を、フル・ターンキー発注方式においても解決できないと考える。

3) 課題対応策としての組織内CM組織の構築と建設プロジェクトリスクマネジメント能力保有人材の育成

設計・施工分割発注方式、フル・ターンキー発注方式双方それぞれにおいて課題が残ることが明らかとなった。この課題対応策として、以前から発注機関と受注機関と分離独立した第三者機関による建設プロジェクトの事業管理を行うCM（Construction Management）発注方式が、これまでに数多く議論されているが、我が国では未だ定着するには至っていない。この理由として、外部の第三者機関に依頼することによって、別途経費がかかることや、CMを担う機関の技術レベルの問題、機密保持の問題が底流にある。

そこでこれを解決する方法として、著者らは、発注機関組織及び受注機関組織内部に自前の組織内CMチームを設置し、インハウスエンジニア間で、異分野の設計条件などについて相互連携を行い、建設プロジェクト全

図-5 フル・ターンキー発注方式におけるリスク分担

図-6 組織内CM組織の概念

図-7 現状組織のプロジェクトグループ

体を俯瞰した最適な設計条件や、トータルコスト低減、工期短縮に関する検討とチェックを行う場のプラットフォーム的組織（以下CM組織という）の構築を提案する（図-6）。この組織は図-7に示すように、従来、各部の傘下にあった建設プロジェクトグループを別組織として統合したものである。この方式であれば、それぞれの組織のインハウスエンジニアによるCM組織となり、経費面や機密の保持の面でも不安要因がなくなることで、より普及しやすくなると考える。この場合、重要なことはこのCM組織の技術者は、既存の部門組織から完全に独立した指揮命令体制下に置かれ、既存の縦割り組織の風通しの悪さを継承しないこととすることである。

また、CM組織の建設プロジェクト総括マネージャー（CM発注方式におけるCMR：コンストラクションマネージャー）⁵⁾⁶⁾⁷⁾には、建設プロジェクト全体を俯瞰し

ながら課題の発見と対策, コストミニマムとなる設計条件の選定, 異なる工学分野間との相互情報連携をコーディネートする建設プロジェクトリスクマネジメント能力を有することが求められる。しかしながら, これらの人材は, 拙速に育成できるものではない。本来は, 建設プロジェクトの機会毎に, 徐々に育成することが望ましいが, 建設プロジェクトが少ない場合や, 短い期間で人材を育成するためには, 組織を退職した建設プロジェクト経験者にマンツーマンで人材を育成してもらう体制(建設プロジェクト顧問や建設プロジェクトフェローとして雇用する方法)が必要である。これは, 高齢化社会を迎え, 健康で経験豊富なシニアエンジニアの活用拡大と, 彼らの経験に裏打ちされた貴重なコンストラクションマネジメント力の海外流出防止にもなるものと考えられる。

3. 実際に起きた変電所基礎変位事故からの知見

設計・施工分割発注方式で実施された建設プロジェクトにおいて, 異なる工学分野の技術者間で設計条件に関して情報共有や意見交換がなされず, 十分な連携が実施されなかったことにより発生した事故から, 設計プロセスにおける設計条件の相互連携の重要性を述べる。

四国東部の三波川帯に位置する変電所構内の切土岩盤上に, 直接設置したコンクリート基礎が, 変電プラント完成後 7 年間に約 70mm 隆起する事故が発生した。建設プロジェクトは既に完了していたが, その後の定期点検結果を整理・分析した際に基礎の変位異常が確認された(図-8)⁸⁾⁹⁾。

当初の設計段階で, 変電プラントメーカー側から基礎構造物側に提示された基礎の許容変位量は, $\pm 0\text{mm}$ であった。このため, 基礎の隆起発覚後, 基礎構造物担当部門は, 送電停止, 感電事故等重大事故の発生に備え様々な対応策について, 変電プラントメーカー側と協議を進めた。変電プラントは稼働中であるため, 運転に支障がないように慎重な対応が求められた。しかし, 変位量が +70mm を超えても変電プラントに特段の機能支障は発生しなかった。この理由は, 変電プラントメーカー側が, 基礎構造物側には $\pm 0\text{mm}$ という許容変位量を要求しながら, 変電プラント設備の変位量に余裕代を持って設計していたのではないかと考えられた。このため発注機関は, 変電プラントメーカー側に対し, 基礎構造物側に提示した許容変位量について聞き取り調査を実施した。調査の結果, 変電プラントメーカー側からの回答は, 「変電プラント側としては $\pm 100\text{mm}$ の基礎構造物変異に対応可能な設計構造としていた。また, 基礎構造物側に提示した許容変位量は, 変電プラントの長期稼働における性能保証をするための必要量であり, 過剰性能ではない」と

四国の三波川帯に位置する切土岩盤上に, 直接設置したコンクリート基礎が, プラント完成後 7 年間に約 70mm 隆起する事例が発生した。工事は既に完了していたが, 定期点検で異常が発見された。

図-8 実際に発生した基礎変位事例⁸⁾

の回答であった。しかし, 本来, 性能保証とは, 発注機関と受注機関とで相互に承諾した条件で, その性能を保証するものであり, それ以外の条件まで保証する責任はなく, この事故例のように基礎変位が設計条件を満足でなくなった時点で, 変電プラントに何らかの支障が生じて, 変電プラントメーカー側が瑕疵担保責任を問われることはないのである。むしろ, 基礎の許容変位量 $\pm 0\text{mm}$ に対して, これを大幅に超える +70mm の変位が生じたのであるから, 変電プラントに何らかの不具合が生じる方が通常であると考えられる。

この事故例から明らかとなったことは, 変電プラントメーカー側が, 基礎構造物側に提示した許容変位量 $\pm 0\text{mm}$ という値が, 最終的には建設プロジェクト全体のコストアップに繋がったということである。本来, 変電プラントメーカーが設備設計の際, 性能保証のために織り込むべき許容変位量の考え方と, 基礎構造物側に求めた許容変位量について建設プロジェクト全体(プラント本体と基礎構造)で, 設計条件の統一を図らなければならないが, 変電プラントメーカー側は, 担当するプラント設備のみの過大な性能保証を考えたものであった。

複数の異なった工学分野が関連する規模の大きい建設プロジェクトの場合, それぞれが担当する構造物・機器における設計思想や, 考え方などについて, 担当部門相互に連携した双方向での議論が, 建設プロジェクトの成否を左右するのである。この変電プラント基礎変位事故例は, その原因究明が行われたことで, 変電プラント設計者と基礎構造物設計者間で互いのテリトリーを越えて設計条件や安全率の考え方について, 連携することの重要性があらためて認識された稀な事例といえる。

4. 建設プロジェクト発注機関が実施する工事範囲とリスクコントロール

建設プロジェクト実施機関自らがプラント敷地造成の設計に関わることができるか否かで自然災害(地震)リスクがどのように変化するかについて述べる。

この事例のように、建設プロジェクト実施機関が敷地

The flowchart illustrates the process for creating a construction plan for a floating offshore wind farm, starting from the design and construction planning stage.

- 敷地造成（設計・施工計画立案）プロセス** (Site Creation (Design & Construction Planning) Process)
- 海底地盤調査、埋立材料の選定・液状化対策・沈下対策・支持力確保（地震時条件含む）等** (Seabed ground investigation, selection of fill material, liquefaction countermeasures, settlement countermeasures, ensuring bearing capacity (including seismic conditions), etc.)
- 建設プロジェクト実施機関発注機関** (Construction Project Implementation Organization / Ordering Organization)
- 受注機関** (Ordering Organization)
- 完成検査・引渡** (Completion Inspection / Handover)
- 現地施工・据付** (On-site Construction / Installation)
- 基礎構造物への設計条件提示** (Design condition presentation to the foundation structure)
- 仕様書設計図書** (Specification Design Documents)
- 基礎構造物への条件提示** (Condition presentation to the foundation structure)
- プラント発注担当技術者** (Plant ordering technical staff)
- 基礎構造物発注担当技術者（地盤調査・基礎設計）** (Foundation structure ordering technical staff (Ground investigation, Foundation design))
- プラントメーカー** (Plant Manufacturer)
- 建設会社（ゼネコン）** (Construction Company (General Contractor))

Figure 1 consists of two diagrams illustrating the construction method of the sand mat.

The top diagram is a cross-section showing the sand mat being laid on the seabed. It includes labels for the conveyor system (簡易フローティングベルトコンベア), the sand mat (サンドマット), and the sand drains (サンドドレーン). The width of the mat is indicated as $B=2.0\text{m}$ and the height as $H=1.0\text{m}$. The management level (管理基準) is noted as (設計厚: $+1.0\text{m} \sim -0.5\text{m}$).

The bottom diagram is a plan view showing the layout of the sand mat and the locations of the sand drains. It includes labels for the conveyor system (簡易フローティングベルトコンベア), the sand mat (サンドマット), and the sand drains (サンドドレーン). The construction length (施工 延長) is indicated as 110m. The plan view also shows the locations of the sand drains (サンドドレーン) and the sand mat (サンドマット) relative to the seabed (海底面). The plan view includes labels for the sand mat (サンドマット), the sand drains (サンドドレーン), and the sand mat (サンドマット). The plan view also shows the locations of the sand drains (サンドドレーン) and the sand mat (サンドマット) relative to the seabed (海底面). The plan view includes labels for the sand mat (サンドマット), the sand drains (サンドドレーン), and the sand mat (サンドマット).

造成計画段階から地震対策を実施することは、その後構築するプラント、配管などの附属設備、建築物、道路な

ど各種構造物の地震対策コスト軽減となり、建設プロジェクト全体でみたトータルコストの低減と地震対策の信頼性向上等のリスクコントロールができることに繋がると考える。ちなみに、T 発電所の敷地は竣工後 19 年を経過するが、地盤の不等沈下など通常の埋立て造成地盤にみられる敷地の変状は全く認められていない。

一方、建設プロジェクト実施機関が、敷地造成計画段階（設計・施工計画立案）から関与することがなく、行政などが造成した敷地を購入し、プラントを建設する場合は、地盤がどのような状況であるかを確認するため、詳細な地盤調査を実施する必要がある。しかし、このような造成地盤は、元々造成後に構築される構造物がどのようなものかを考慮し、設計、施工されたものではないことから、所定の品質を持った均一な地盤ではないという大きな問題がある。この造成地盤に構築する基礎構造物設計においては、地盤条件、荷重条件、工期など様々な要因に対応したオーダーメイドの対策が必要となる。敷地造成後の調査をいくらかきめ細かく実施しても、広大な敷地全体を正確に網羅することは難しく、この結果地盤改良もプラントの重要構造物にとどまり、配管ルートなどの付帯設備までは実施されることは少なく、プラント完成後において地震時における基礎地盤のリスクは、潜在化することになり、建設プロジェクト実施機関は将来にわたりリスクを負うことになると思う。

5. おわりに

建設プロジェクトのリスクマネジメントの観点から「建設プロジェクトの発注方式の課題と対応策」および、「実際に起きた変電所基礎変位事故」ならびに、「建設プロジェクト発注機関が実施する工事範囲とリスクコントロール」におけるプロジェクトリスクについて分析を行い、建設プロジェクトの設計プロセスにおける課題と対策について検討を行った。以下にその結果を示す。

- (1) 多数の異なった工学分野が緊密に連携しながら実施する総合的な建設プロジェクトにおいては、発注方式にかかわらず、プロジェクト全体を俯瞰した、関係部門間での設計条件や、安全率についての考え方について、双方向での議論と共通認識が重要である。
- (2) このため、発注機関及び受注機関組織内部に自前の組織内 CM チームを設置し、インハウスエンジニア間で、異分野の設計条件などについて相互連携を行い、建設プロジェクト全体を俯瞰した最適な設計条件や、トータルコスト低減、工期短縮に関する検討とチェックを行う場のプラットフォーム構築を提案した。この場合重要なことは、この CM 組織の技術者を、既存の部門組織

から独立した指揮命令体制下に置き、既存の縦割り組織の風通しの悪さを継承しないようにすることである。

- (3) 組織内 CM チームにおいては、建設プロジェクト全体を俯瞰しながら課題の発見と対策、コストミニマムとなる設計条件の選定、異なる工学分野間との相互情報連携をコーディネートする人材（CMR）が必要となる。しかし、この人材は、拙速に育成できるものではないため、組織を退職したプロジェクト経験者にマンツーマンで人材を育成してもらう体制（建設プロジェクト顧問や建設プロジェクトフェローとして雇用する方法）の整備が必要である。
- (4) 発電プラントの地震対策として、建設プロジェクト全体を考えた場合、建設プロジェクト実施機関が、設計プロセス（敷地造成計画：設計、施工計画）段階から関わることで、プロジェクト全体の品質・信頼性、耐久性、トータルコストの低減、地震対策の信頼性向上等のリスクコントロールを図ることができると思う。
- (5) 建設プロジェクト実施機関が、設計プロセス（敷地造成計画：設計、施工計画）から関わる事が出来ない場合は、出来る限り敷地造成地盤データを精査し、地震力の伝達などきめ細かな検討と必要な対策を講じる必要がある。しかし、広大な敷地全体の調査を実施し状況を正確に網羅することは難しく、プラント完成後においても地震時における基礎地盤リスクは、潜在化することになり、建設プロジェクト実施機関は将来にわたりリスクを負うことになる。

わが国の建設業界を取り巻く社会環境は、国内公共工事の減少、海外進出プロジェクトにおける様々なトラブル、新規入職者の減少、労働者の高齢化など依然と厳しい状況にある。このような状況のなか、建設プロジェクトのリスクマネジメントの重要な課題としては、上記で述べた以外にも、ファイナンス計画の問題、複数の受注組織間のコンベンショナルな上下関係の解消策、受注・発注組織間のインハウスエンジニアの技術力・マネジメント能力の向上策など様々なものがある。今後、これらの課題についても実例を調査分析し、解決に向けた研究を進めていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 玉野 達：設計施工一括契約による社会資本整備の遂行に関する研究，平成 25 年 3 月 高知工科大学大学院 修士論文，
<http://www.kochitech.ac.jp/library/ron/2012/g25/M/1157004.pdf>
- 2) 岩原廣彦：発電プラントと地震対策，安全工学会研究発表

- 会講演予稿集, 安全工学会, pL135-L138(2013)
- 3) 岩原廣彦: 発電プラント建設におけるリスクマネジメントの視点から, 安全工学, 安全工学会, Vol.53, No1, pL14-L20(2014)
 - 4) 2007年度土木学会建設マネジメント委員会: DB導入に向けて, デザインビルド導入研究小委員会(2007.8), <http://www.jsce.or.jp/committee/cm/kmks/presen/2007/20070810-04.pdf>
 - 5) 国土交通省: CM方式活用ガイドラインー日本型CM方式の導入に向けてー平成14年2月6日
<http://www.mlit.go.jp/sogoseisaku/const/sinko/kikaku/cm/cmguide1.htm>
 - 6) 国土技術政策総合研究所: 発注者支援型CM方式について
http://www.nilim.go.jp/lab/peg/siryu/hatyusha/hinshitu/5-2_shiryu.pdf
 - 7) 国土交通省: 多様な入札・契約方式の実施状況等
<http://www.mlit.go.jp/singikai/kensetsugyou/wg/070221/shiryu12.pdf>
 - 8) 田村栄治, 浄内明, 松崎伸一, 長谷川修一: 結晶片岩中のスメクタイト含有破砕帯の膨潤特性と隆起メカニズム, 応用地質, 応用地質学会, 第48巻, 第2号, pL80-L89(2007)
 - 9) 田村栄治・浄内 明・松崎伸一・萩原英樹: スメクタイト含有破砕帯の膨潤特性と隆起予測, 日本応用地質学会平成14年度研究発表会講演論文集, pp. 83- 86. (2002)
 - 10) 「設計・施工一括及び詳細設計付工事発注方式実施マニュアル(案)」(平成21年3月国土交通省直轄事業の建設生産システムにおける発注者責任に関する懇談会・品質確保専門部会), <http://www.mlit.go.jp/common/001068239.pdf>

(2015.7.10 受付)

ISSUES AND MEASURES IN THE DESIGN PROCESS FROM THE PERSPECTIVE OF RISK MANAGEMENT OF CONSTRUCTION PROJECTS — STUDY OF POWER PLANT CONSTRUCTION PROJECTS ACCIDENT CASES —

Hirohiko IWAHARA, Wataru SHIRAKI, Hitoshi INOMO and Syuichi HASEGAWA

Construction of power plants, foundation work, consisting of a wide variety of construction work, such as plant equipment work. And, civil engineering, technician electrical such as different engineering field, is a comprehensive construction project that works for the design conditions of the structure. However, if the cooperation design conditions is not sufficient, as a construction project, the optimal structures may not be said to have been built. As a result, total cost or increased, including the initial cost of the end construction projects, it is be a cause of the accident.

Previous studies, plant equipment construction, is related to safety management and risk of foundation work such as individual construction were many. In this paper, as an example the power plant construction, and performs the following discussion from the point of view of risk management of large-scale construction projects that these individual construction work together with each other. The importance of design conditions cooperation, ① "Challenges and countermeasures of ordering method of construction projects", to verify from the ② "actually happened substation foundation displacement accident". And on whether or not the construction project order institutions can be involved in the design from the site preparation stage, we study ③ for "construction work scope and risk control the construction project ordering institutions to implement" the risk to the natural disaster (earthquake). From these, we describe the challenges and measures in the construction project of the design process.