

(財) 溶接接合工学振興会・特別講演会

主催 (財) 溶接接合工学振興会

共催 (財) 国民工業振興会

後援 (社)溶接学会 (社)日本溶接協会 (社)日本高圧力技術協会
(社)日本技術士会

日時：平成21年12月8日(火) 14:00～16:00

場所：ニューオータニイン東京 4階「相生の間」

「原子力発電所・超高層建築の耐震問題」

首都大学東京 名誉教授

西川孝夫 氏

(講演会開催の趣旨)

2007年の新潟県中越沖地震で、柏崎・刈羽原子力発電所は、我が国に原子力発電所が出来て以来、初めて、ほぼ直下の激震に見舞われた。また、発生が危惧されている東海地震等海洋型の巨大地震による長周期成分を多く含んだ地震動(長周期地震動)に対する超高層建築の耐震問題が、マスコミでもしばしば話題に取り上げられている。日本の高度経済成長の申し子であり、現代社会の象徴でもある原子力発電所、超高層建築は、今まで大きな地震に遭遇することは殆どなかったし、地震被害の経験にも乏しい。激震に見舞われた柏崎・刈羽原子力発電所の耐震性はどうかであったのか。また、一般に原発の耐震設計はどうか。将来的にもこのままでいいのか。同様に超高層建築の耐震問題はどこにあるのか、それを解決するにはどうすればいいのか。地震国日本において安全な社会を作っていくためには是非、みんなで考えなければならない問題である。

(司会) 野本敏治 東大名誉教授



(財)溶接接合工学振興会理事長の野本先生の司会で講演を開始した。講演前には講演者の紹介を詳しくされ、更に講演後には講演を聞かれた感想を詳細に述べられた。

(講演概要)

西川先生は、建築学を専門とされ、(社)日本建築学会の理事、構造本委員会委員長、地震防災総合特別研究委員会委員長、兵庫県南部地震特別研究委員会幹事長、東海地震等巨大災害への対応特別調査委員会構造物委員会委員長等を歴任され、現在は、(社)日本免震構造協会会長、国土交通省関係の多くの委員会の委員を務めておられる。そのご経験から、「原子力発電所・超高層建築の耐震問題」についてご講演を頂いた。



地震に関して「マグニチュード」という用語は、地震が放出するエネルギーの大きさ(規模)を表しその数値が1増加するとエネルギーは約32倍になり、「震度」は地震が起こった際のある地点での揺れの大きさを表す。地震の規模をしめすマグニチュードが大きくなると揺れの範囲は広がるが、ある地点での揺れの大きさをしめす震度には必ずしも比例しない。21世紀に入って多くの地震が発生しているが、高度成長期には大地震が殆ど無く、低成長期に入って大きな地震が頻発している。今後30年以内に巨大地震が発生する確率は、宮城県沖が99%、東海地震は86%で単独での発生の可能性は低いと考えられている。

一般建築物の耐震設計は、建築基準法により一次設計と二次設計の二段階設計が採用されており、二次設計では、想定地震動 300～400 ガル(ガル; 地震による地盤、建物の揺れの大きさを表す加速度の単位で、建物等にどの程度の力が加わるかを示す。) の関東大震災級の極めてまれにしか起こらない大地震に対しても建物に重大な損傷が無く倒壊しないことを前提として設計されている。

これに対して、原子力発電施設の耐震設計については、動的地震力(基準地震動 S_s)、静的地震力(C_i)で設計し、静的設計では一般建築物の 3 倍の水平力に堪えるように設計する。動的設計では S_d (弾性設計用地震動)または静的地震力に対しては許容応力、基準地震動(S_s)に対しては「止める、冷やす、閉じこめる」の状態を確保する段階設計をしている。

耐震設計上の重要度分類の S クラス(A_s 、A クラス)では、機能喪失により放射能物質を外部に放散する可能性のあるもの、及びこれらの事態を防止するために必要なもの、並びにこれらの事故発生時に外部に放散される放射能物資による影響を低減させるために必要なものであって、その影響、効果の大きいものは、「止める、冷やす、閉じこめる」状態を確保するものとされている。設計で想定すべき基準地震動には、基準地震動(S_s)、弾性設計用地震動(S_d)、鉛直地震動があり、建物・構造物、機器・配管別に許容限界応力が決められている。

大型原子力発電所の耐震設計については、我が国最初の東海第一原子力発電所(設置許可申請昭和 34 年 3 月)では、静的震度法を主とし、動的解析による方法は従として、施設の重要度に応じて設計震度を決めており、現在の原子力発電所の耐震設計法の骨格が作られた。初期の BWR、PWR の耐震設計である敦賀原子力発電所(BWR、設置許可申請昭和 40 年 10 月)では、東海発電所の静的震度法を最低限として保証し、動的解析を取り入れて本格的な動的設計時代の幕開けとなった。昭和 53 年以降、旧審査指針により、人工地震波による動的解析を用いた本格的な動的設計法が原子力発電所に用いられることになった。旧指針の制定以後、原子力発電所の耐震設計法に関する各種の試験が実施され、1984～1990 年日本電気学会の原子力発電耐震設計特別調査委員会で、耐震設計法の高度化・標準化が図られた。新耐震指針では、鉛直地震動による動的設計が採用され、水平・鉛直の両方向で動的設計が行われ、動的設計が全面的に採用されることになった。平成 18 年以降、新指針では、大間原子力発電所が建設中である。

新潟県中越地震による柏崎・刈羽原子力発電所に対する原子力安全委員会の見解は、1) 緊急時に要求される「止める、冷やす、閉じこめる」という原子炉の安全性を守るための重要な安全機能は維持されている、2) 放射性物質に係わる事象は、いずれも環境への影響が懸念されるものではない、3) B、C クラスの建物、構築物についても、地盤支持機能の確認やこれを踏まえた必要な補強等の措置を講じること、であった。同原子力発電所では、設計用地震加速度が大幅に超えていた可能性があるが重要構造物、部位に被害が無かった。しかしながら実際の耐震的实力、余裕度を確認する必要があり、また、地盤災害をどうするか、至急対策が必要である。

将来の原子力発電所の耐震設計技術に関する方向性としては、免震構造の導入、制震装置の導入、SC 構造(鋼板・コンクリート構造)の採用、地震 PSA(地震に対する確率論的安全性評価)の評価等の導入等、更なる安全性を目指して努力する必要がある。

近代社会を支えてきた超高層建築は、1963 年にホテルニュータニができたのが最初で、1982～1991 が最も建設数が多く、1992 年以降には免震設計のビルも登場している。日本に 100m 以上の超高層建物が 400 棟程度、60m 以上の高層建築物は 2,000 棟以上あり、60m 以上の超高層建築物では動的設計を行い国土交通大臣の認定が必要である。年度別の高層建築物の高さ分類、用途別(ホテル・病院、住居系等)の変遷が BCL((財)日本建築センター)

評定・性能評価件数として報告されており、近年、住宅系が増加している。

BCL 設立以前(1965 年以前)の超高層建築物として、ホテルニューオータニ、霞ヶ関ビル、1970 年代の 200m 級高層建築物では新宿住友ビル(210m)、新宿三井ビル(225m)、サンシャイン 60(226m)、1990 年代の超高層建築物では東京都庁(240m)、横浜ランドマークタワー(296m)等の例が示された。建造方式が技術の変遷で替わり、RC 造(鉄筋コンクリート造)のザ・シーン城北、CFT(コンクリートを充填した鋼管)構造の川口エルザタワー、超高層免震第 1 号の仙台MTビル、積層ゴム、鉛ダンパー、鋼棒ダンパーを設備した六本木ヒルズレジデンス D 棟、中間層免震の汐留住友ビル、低降伏点鋼ダンパーによる王子製紙本社ビル、低降伏点鋼ダンパーによる鴨川グランドタワー、低降伏点鋼と座屈補剛材、補剛ブレースの東京宝塚ビル、オイルダンパーの六本木森タワー、粘性体ダンパー(壁体)による PCP 丸の内 1 丁目計画等各種の免震方式の開発が進められた。

免震構造とは、構造物の下に特殊な支承を設け地盤から切り離し、系全体を長周期化し、構造物への入力を減らすもので、地盤が硬く、建物が剛なほど有効なシステムである。各種免震構造には、耐震構造、基礎免震構造、中間層免震構造があり、それぞれ特徴がある。

兵庫県南部地震の直下型地震は、キラーパルスと呼ばれ、1~2 秒程度の地震が大きな振幅で継続するもので、十勝沖地震では長周期地震動で、ブロードバンドと呼ばれ 10 秒以上の成分も含まれている。この現象が判って、従来長周期であることを武器に設計されていた建物の耐震安全性の照査の必要性が表面化している。

課題としては、設計技術では、モニタリング技術の必要性が大きい。また、性能型設計では、目的、対象、条件が満足されれば、どのような設計法でも良く、どのような材料を使っても良いが、そのためには、性能の客観的表示が可能か、外乱(特に地震動)をどう考えるか、安全性についての国民の合意形成が必要である。また、設計・施工の一貫性が必須で、第三者検査の透明性、非破壊検査技術の向上とその信頼性の確保が重要である。

講演後、活発な質疑応答が行われた。



西川先生のご講演を拝聴する聴講者