

集中制振構造の可能性



早稲田大学

早部 安弘

1 はじめに

表題の内容について書き始める前に、私と日本免震構造協会との関わりについて触れておきたい。私が当協会のWG活動に参加したのは結構古く、おそらく1994年であったかと記憶している。当時、私は前勤務先の建設会社に入社して5年目の若手社員であり、参加の契機は当時の上司の紹介であった。当協会の設立が1993年6月のことであるから、当時はまだ設立から1年くらいの時期であろう。事務局のあった東京建築研究所の打合せテーブルに集まり、「免震構造入門」の発刊に向けて、他の会社の方々と共に綿密な打合せを重ねていた。既に30年近く前のことなので、久しぶりに「免震構造入門」を開いてみると、委員会構成・執筆担当の頁の中の「ダンパーの性質および接合法」WGのメンバーの中に若き日の私の名前があった。私の今日までの構造設計の中で、免震構造や制振構造の実績はそれほど多くはないが、特に制振構造に強い思い入れをもって設計を行ってきたのは、当協会のダンパーWGへの参加が大きな影響を与えてきたのだと、今から振り返れば思い当たることになる。

阪神淡路大震災以降、免震建築物は飛躍的に増加してくるが、私が免震建築物を担当することになるのは比較的遅く、2004年竣工の「高松シンボルタワー」のホール棟が初めてであった。「高松シンボルタワー」はホール棟と共に高さ150mの高層棟から構成される複合施設である。特に高層棟はアスペクト比が約7といった極めてスレンダーなプロポーションのため、地震時の安全性のみならず風揺れによる居住性能を確保するという課題に直面した。私はこの時初めて、オイルダンパーを採用した制振構造の設計を行った。参考までに、風揺れの制御にはアクティブTMDも併用している。この時の制振構造の経験が、後の集中制振構造の展開へとつながっていくことになる。

2 ソフトファーストストーリー制振構造

「高松シンボルタワー」の設計の後、「銀座寿一会ビル」(2005年竣工)で再びアスペクト比7のペンシルビルの設計を担当することになった。高アスペクト比と辺長比1:1という建物形状ゆえに、ここでも地震時の安全性と風揺れによる居住性能を確保するという課題に直面した。アクティブ制御のTMDを採用するほどの予算はなく、かといってパッシブ制御のTMDでは付加減衰量が足りない。各階設置型のパッシブ型ダンパーでは再現期間1年の風荷重時の応答振幅が小さすぎて、ダンパーが有効に働かない。この時、私が思いついたのが「免震構造のような挙動をする制振構造」である。水平外力時の変形を特定層に集中させて、その層で積極的にエネルギー吸収を行うというものである。ここでも、「免震構造入門」でWGに参加していたことが役に立った。「免震構造入門」の「1-3 免震構造の歴史」の中で、アメリカにおける「ソフトファーストストーリー」の話が出てくる。これを応用できないかと考え、実施適用に取り組んだ。居住性が対象となる低速度領域で初期減衰係数を設定し、地震時応答の高速度領域では減衰係数が高くなるハードニングタイプのオイルダンパーをメーカーと相談しながら性能発注した。ここでは「高松シンボルタワー」の高層棟でオイルダンパーの初期減衰係数を高めて仕様設計した経験が生きてきた。これらの設計詳細を論文にまとめてSTESSA2006¹⁾で発表している。STESSA2006の内容が当協会の目に留まり、第14回世界地震工学会(14WCEE)での発表へとつながった。内容としては14WCEEの論文²⁾の方が充実しているので、興味のある方はこちらを参照していただきたい。

3 集中制振構造の展開

「銀座寿一会ビル」の発表後、他の設計事務所でも同様の設計思想をもって設計された建物が現れてくることになり、特定層をエネルギー吸収層とした「ソフトファーストストーリー制振構造」が次第に一般展開していくことに共感を覚えていた。

私自身はというと「銀座寿一会ビル」の設計以降、適用可能なプロジェクトに出会うまで10年くらい間をおいていた。2014年頃にテレビ局の新スタジオ棟のコンペがあり、スタジオの3層分の高さを利用した「集中制振構造」を提案し、設計者の指名を受けることができた。それが「日本テレビ番町スタジオ」(2018年竣工)である³⁾。照明やスピーカーといった吊り物の多い放送スタジオに対して、地震時の応答加速度を目的とした制振構造が、発注者からの放送局としての災害時事業継続性といった要求に応える形になった。また、建設地の有効利用のため、免震構造を採用できないことも、集中制振構造が採用された一因でもあると考える。この頃から、「ソフトファーストストーリー制振構造」という呼称に少なからず違和感を覚え始めていた。変形集中層の設定は、第1層だけとは限らず、このケースのように複数層になる場合もある。ゆえに「集中制振構造」と呼ぶのが適当ではないかと考えた。これならば「ソフトファーストストーリー制振構造」もその範疇に含まれることになるからである。

そして「The Okura Tokyo」(2019年竣工)となる。ホテルオークラの建替計画に私が参画したのは偶然に他ならないが、建築計画が進み、現在のプランとなったときから、このプロジェクトに「集中制振構造」を適用できないかと考えるようになった。高層階の高級ホテルと下層階の事務所の複合施設であり、巨大地震動時にホテル階の仕上材や調度品への損傷や被害を最小限に食い止める方法について考える中、ロの字型の客室配置計画を見ながら、内部廊下の内側にブレースを設置することに行き着いた。同時に下層階の主架構の損傷制御も考え合わせて、超高層ビルでの「集中制振構造」のスキームがまとまった。この設計内容については当協会の機関誌「MENSIN」⁴⁾において報告している。

4 学生、そして若手エンジニアに

免震構造に関して言えば、1質点系や2質点系に置換した理論的研究からデバイスの研究開発、あるいは応答性能評価手法といったものが免震構造の設計の

場に確実に反映している。一方、制振構造は設計する建物によって要求性能が様々であり、検討手法も混沌とした状況である。ダンパーの設置階にしても、建物の重量分布、剛性分布に応じて、個々に異なる。それでも、ここ数年の日本建築学会大会学塾講演梗概集を見ても「集中制振構造」を適用した高層ビルの報告事例が増えている。今後も高層ビルの損傷制御には制振構造の適用が重要なテーマであることに変わりはなく、諸条件によって免震構造が採用できない建物にも制振構造を適用して損傷制御を行う場合が多々出現してくるであろう。そう考えると、制振構造への研究はまだ課題が残されている。そして、私は今、活動の場を大学の研究室に移している。若き学生に免震構造・制振構造の考え方、可能性を教えながら、これまで個別に検討していた内容を一つの線につなげることで、集中制振構造のメリット・デメリットを明らかにし、制振構造の普及展開に貢献できたらと考えている。

また、今まで「集中制振構造」を実施適用した3つのプロジェクトを振り返ってみると、異なる規模や形状、用途に合わせて、それぞれに適した制振構造を設計してきた。その度毎に、制振構造の設計の難しさを感じている。それでも、制振構造に取り組んできたことの要因の一つはチャレンジ精神である。ダンパーを採用するにしても、既製の標準品の組合せではなく、建物個別の特性に合わせて仕様設計していくこと、そうした経験が次のプロジェクトに生きてくると信じている。特に、今、多くの免震・制振構造を担当している若手エンジニアが新しい免震・制振構造にチャレンジすることに期待したい。

【参考文献】

- 1) Y.Hayabe & Y.Watanabe, "Response control system with soft first story structure", Proceedings of The Fifth International Conference on Behavior of Steel Structures in Seismic Areas, 2006, pp.697-701
- 2) Y.Hayabe & Y.Watanabe, "Seismic Response Control of A Soft-first-story Building", The 14th World Conference on Earthquake Engineering, 2008, Beijing, China
- 3) 早部安弘、岡山真之介、「放送継続性を高めた制振TVスタジオソフトファーストストーリー制振構造」、鉄構技術、Vol.34、No.395、2021.4、株式会社鋼構造出版
- 4) 早部安弘、中島崇裕、安藤広隆、豊島裕樹、「The Okura Tokyo」、MENSIN No.107、2020.1、(一社)日本免震構造協会

注) 高松シンボルタワー、銀座寿一会ビル、日本テレビ番町スタジオ、The Okura Tokyoは私が大成建設株式会社設計本部に在籍時のものです。