

柔らかな頭と免震



明星大学 教授

立道 郁生

思いつくままの自省を込めての拙文であることをおことわりしたい。

初めて見る免震が3次元免震

2012年9月末に、当大学の学生11名ばかりを連れて、免震建物「知粹館」を見学させてもらった。(株)構造計画研究所殿のご厚意により実現した見学会で、学生に実に親切に説明をしていただき感謝している。ご存じのように、この建物は2012年日本免震構造協会賞、技術賞（特別賞）を受賞している。

免震ピット内のメカニクな、ある意味オタクな装置群を見て多くの学生は目を輝かせて感動していたが、ふと私が思ったことは、「この子たちにとって、これが免震構造の原体験となるんだな」ということだった。つまりいきなりスマートフォンの世界だ。学生は先入観がほとんどないので、感想文を書かせてみると、そのチャレンジ精神に素直に感動し、3次元免震装置をそのまま受けとめ、その技術の進展を切に願っている。

私は学生のまだ「柔らかな頭」をうらやましく思う。私などはこの建物を見るまでは3次元免震の技術的、コスト的困難さが頭の隅にあって、思考停止してしまっていた。協会賞の選評に「誰かが最初に壁を破らなければ新しい技術は進展しない」とあるが、その通りで、受賞者の頭の柔らかさと、しつこさに感銘を受けた次第である。

軽い屋根をなぜ免震に

同じく2003年に作品賞を受賞した山口県立きららスポーツ交流公園多目的ドームは、現在のところ空間構造物として唯一の受賞となっている。筆者はかつていくつかのドーム設計に関わり、また専門領域も近いので若干思うところを述べたい。

空間構造に限らず建築構造物に応答制御デバイス

を用いたのは、おそらく1964年の「国立代々木競技場第一体育館」が世界で初めてである。しかし、その次に空間構造の応答制御例が現れるのは1993年以降で、積層ゴムの空間構造への適用となると2000年以降と新しい。表1に免震デバイスを用いた空間構造物の実施例を示す。

なぜ、空間構造の構造設計者たちは軽量の屋根構造に免震構造を取り入れようとしたのだろうか。しかも基礎免震ではなく屋根支承部に。ドームなどの空間構造物では、水平入力による鉛直振動成分の励起が知られている。また大面積の屋根のもたらす下部構造への温度応力の影響は想像以上に大きい。このため、屋根支承部の条件（ピンカローラーかなど）は、常にトレードオフの条件下での頭の痛い問題であった。おそらく頭を柔らかくして考えた時、積層ゴムがひらめいたのだと想像される。筆者も「きらら元気ドーム」を見学した時に、積層ゴムを随分高いところに置いたなと思ったことや、その時の屋根の状態に従ってやや変形していた積層ゴムをみて、「合理的なローラー支承だな」と感じたことを思い出した。

新しい免震デバイスを考えること

おそらく、協会賞の技術賞（特に特別賞）は、新しい発想、すなわち柔らかな頭に対して授与されているのではないかと想像しているが、2008年の「ゲージ振り子の原理に基づく新しい転がり型免震装置の開発（東京大学川口健一教授）」もその一つであろう。これは従来転がり免震で必要とされた椀形の曲面加工を不要とするアイデアであった。

同じようにユニークなアイデアで、かつて私が相当驚いたのは川口衛法政大学名誉教授が発案した「パドル免震」である。免震の発展史に興味がある方は、1932年に岡隆一により提案、その後実

用化された転動振子の原理を利用した基礎免震をご存知だと思う。下端が大きな球面になった免震柱を設け、その上端を球形状のピン継ぎ手とするものである。

パドル免震は、この加工が難しい球面によるロッキング運動を、平面材による直交成分に分解し柱の上下端に分担させようというメカニズムである(図1)。ユニークな特徴の一つとして免震周期をパドルの曲率と柱の長さの組み合わせで決定できることがある。逆にいうと建築計画上の免震層の高さを自由に設定できる可能性がある(図2)。パドル免震が発案された2000年ころ、ある学会で小さな電動模型を川口先生が披露され、それを東京工業大学の和田章先生がうれしそうに見ておられたことを思い出す。その後、縁あってこの免震システムの開発のお手伝いをしているが、頭が固くしつこさが足りない自分に反省しきりである。

子供の頭の柔らかさ

2013年は日本免震構造協会創立20周年にあたる。さまざまな記念事業が予定されているが、前回の創立15周年の際には、「子ども絵画コンクール」が実施された。テーマは「地震災害のない未来、2050年のこんな家、こんなまちなみ、こんな暮らし」で、全国の小中学生から69作品の応募があった。筆者はコンペ部会委員長としてこの絵画コンクールを企画したが、応募作品を見て感じたことは、やはり子供の頭の柔らかさだった。

最優秀賞は小学三年生の「じしゃくの家」という作品である(図3)。磁石同士の反発力を利用することはリアモーターカーでも実用化されつつあるが、免震への利用となると大人はいろいろ知っているから、あまりまじめに考えようとしなない。この作品のすごいところは、しつこく考えて、免震が必要とする復元力のメカニズムも側方の磁石で解決しているところだと思う。さらに大切な自動車にも免震が!

革新的なアイデアは柔らかな頭から

こんなことをつらつらと考えていたとき、2012年11月9日の朝日新聞夕刊「人・脈・記」で東京大学名誉教授、宇佐美龍夫先生の言葉を見つけた。曰く「先入観は排除すべきである。いかなる分野でも、先入観があると、それにそぐわないものは無意識に排除され、一方では何を見ても裏打ちするものに見

えてくる。」

積層ゴムをはじめとする流通している免震デバイスやシステムは、それぞれ当時の先入観を排した、柔らかい頭から生み出されたものだと思う。でも次世代は? 私たちは思考停止に陥ることなく、しつこく、柔らかく考え続ける必要がある。

日本免震構造協会には、免震・制振に関して「違う道を走る人」のアイデアも、これまでと変わらず丹念に拾い上げ、光を当てていただきたいと思います。

表1 免震デバイスを用いた空間構造の事例

竣工年	建物名称	デバイス	制御対象
2000	さいたまスーパーアリーナ (さいたま市)	積層ゴム	地震
2000	アタチュルク国際空港・ターミナルビル (トルコ)	FPS	地震
2000	サンフランシスコ国際空港・新国際線ターミナルビル (米国サンフランシスコ)	FPS	地震
2001	きらら元気ドーム (山口県山口市)	積層ゴム	地震
2002	京都アクアリーナ (京都市右京区)	積層ゴム	地震・風
2002	シーホークス・フットボールスタジアム (米国シアトル)	FPS	地震
2003	ひらかドーム (青森県平川市)	積層ゴム	地震
2002	宿遷市体育館 (中国宿遷市)	積層ゴム	地震
2003	ピース&フレンドシップスタジアム (アテネギリシャ)		地震
2004	上海国際サーキット場・プレスセンター建物 (中国上海)	すべり支承+積層ゴム	地震・温度

FPS は friction-pendulum™ isolator



図1 パドル免震柱

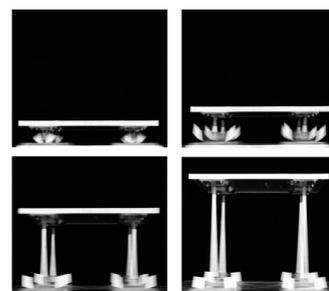


図2 いずれも同一周期



図3 創立15周年絵画コンクール最優秀作品