

## 工学博士坪井善勝君の「曲面構造の研究と大空間建築構造への適用」に対する授賞審査要旨

坪井君は優れた数理解析の資質と、深い力学的洞察力を発揮して、早くから曲面構造の研究に専念し、その基本性を理論的に明らかにしたばかりでなく、これをシェル屋根、サスペンション屋根、エアドーム等の現実の新しい建築構造に適用して、わが国のこの分野における技術の発展の端緒を開くと同時にその隆盛へと導き、顕著な学術的業績を残した。

次に同君の主要な研究成果について述べる。

### (1) 曲面構造理論に関する先駆的研究

坪井君は一九四〇年以降、当時手薄であったこの分野の研究に着手し、先駆的研究者として各種の曲面構造に関する解析理論を確立し、多くの注目すべき成果を挙げた。

また、理論研究と併行して種々の形式の鉄筋コンクリートシェル構造に関して、数多くの模型実験を行い、弾性域におけるこれらの構造の挙動に関する理論解析の結果を実験的に検証した。これらの研究の多くは、海外においても発表され、極めて高い評価を得ている。

### (2) 大空間建築構造の設計

坪井君の世界的業績の中、特に強調されるべき今ひとつの事柄は、上述の曲面構造に関する研究が、基礎理論の分野にとどまらず、実際の建築構造への応用面において、世界に目を見張らせる見事な結果を生んだことである。建築構造は強くて安全であると同時に造形としての美しさをもつものでなければならぬとする同君の信念は、美的感覚に恵まれた建築家達との協働を通じて、多くの世界的に有名な建築作品を創り出す原動力となった。

建築曲面構造の代表的な分野であるシェル構造、サスペンション構造について、その著名な作品を挙げれば次の通りである。

#### A シェル構造

坪井君はその発達史からみて鉄筋コンクリートが慣用されているのに飽き足らず、世界に先立って鉄骨トラスシェルを開発した。その代表作品として東京貿易センター二号館がある。この建物は、平面の直径が一〇〇メートルを越える、我が国としては当時前例のない巨大空間構造であったばかりでなく、従来閉じた形で使われてきた曲面(球)を大胆に切断し、切断面を出入口及び採光面として活用したという点で、世界的にも期を画する新機軸であった。また、それまで主として鉄筋コンクリートのみで造られて来たシェル構造を鉄骨ラチス骨組で構成した手法、さらにその後世界的に普及を見たスペースフレームは彼の最大の業績として評価されている。

#### B サスペンション構造(吊屋根)

坪井君は、東京オリンピックのための、国立屋内総合競技場の構造設計に当たってサスペンション構造を提案し、曲面構造における知識と経験を傾注して、その遂行に専心し、美しい造形と、優れた構造のすばらしい融合の可能性

を世に問うた。

この設計に際して、同君は曲げ剛性を有する張力材で構成される曲面の、荷重支持の挙動を示す基礎微分方程式を誘導するなどの理論的成果を挙げるとともに、吊り橋など従来のサスペンション構造には存在しなかった、回転サドル、ユニバーサル・ジョイント、半剛性吊り材など、新しいアイデアとディテールを完成させ、さらに耐風性向上のためのオイルダンパーの採用など、建築のためのサスペンション構造の新しい設計方法を開拓した。

次に一九七〇年大阪万博におけるお祭り広場の大屋根（長さ二九一・六メートル、幅一〇八メートル、厚さ七・六三七メートル）の組方については彼の考案によるところが多く、また屋根防水には平面の大きさ一〇・八 $m^2$ の二重膜の間に空気を圧入したものを各格間に取付け極めて軽量の屋根防水を完成した。

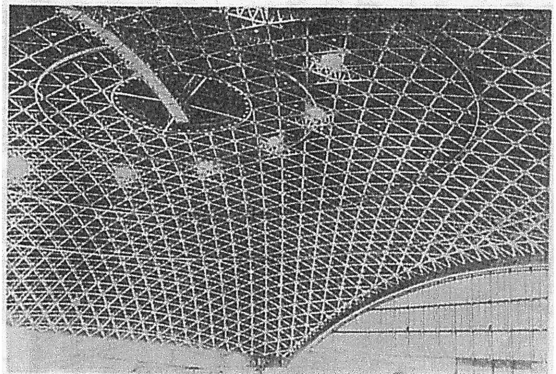
これらの業績に対する内外の評価は、同君に対する各種の授賞によっても知ることが出来る。即ち、国立屋内総合競技場の構造設計に対しては、一九六五年に日本建築学会特別賞及び文部大臣賞が授与された。更にお祭り広場大屋根構造の設計に対しては、一九六九年日本建築学会特別賞が与えられた。また、上述の理論的研究と構造設計を総合する業績に対して、一九七六年には、日本建築学会大賞が授与された。

世界的な評価としては、一九七六年に国際シエール・空間構造学会(IASS)よりエドワード・トロハ・メダルが、一九七六年には、スペシャル・パイオニア・アワードが授与された。これらのIASSに対する功績と、長年にわたる曲面構造の分野における優れた業績が評価され、一九八六年九月にはIASS五代会長に選任された。

以上を要するに、坪井君は曲面構造の基礎理論の開拓とその大空間建築構造への応用の両面において、常に世界を

リードする功績を挙げ、我が国及び世界の構造界に多大の貢献をなして来た。同君は、現在も同分野における第一線の研究者、構造設計者として、揺るぎない指導的地位を確保している。

1. 東京貿易センター2号館 (晴海)



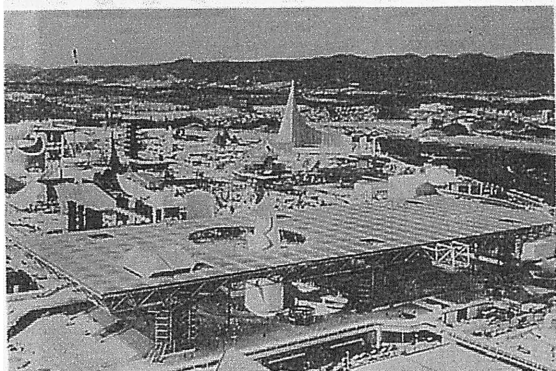
大空間を構成する鉄骨立体トラス

2. 東京オリンピック国立屋内競技場 (代々木)



美しい曲面から成る外観

3. 大阪万博お祭り広場大屋根



大屋根の外観

1. 曲面板基礎式の誘導, 日本応用力学会, 第4巻23号, 昭和26年8月.
2. 1次変換楕円殻の設計例及びその実施例, 建築学会関東支部, 第16回研究発表会, 昭和27年9月.
3. 殻構造について(その1~2), 建築学会論文報告集, 第21号, 昭和28年3月.
4. 変断面球殻の解(軸対称, 無荷重時)——断面の変化が函数で表わされる場合——, 建築学会論文報告集, 第48号, 昭和29年3月.
5. 殻の曲げ理論への階差方程式の適用に就いて——四隅支持の推動殻の場合——, 建築学会研究報告, 第28号, 昭和29年10月.
6. 裁断球殻に對する実験的研究, 建築学会研究報告, 第32号, 昭和30年5月.
7. "Design and Construction of Reinforced Concrete Shell Structure of Non-Uniform Thickness Supported on Roller System" Abh. Brocke. bau u. Hochbau, Bd. 15, Zürich.
8. H. P. シェルに對する研究(1), 建築学会論文報告集, 第57号, 昭和32年7月.
9. H. P. シェルに對する実験的研究, 建築学会論文報告集, 第60号, 昭和33年10月.
10. 球形殻の非対称曲げ理論(1)——曲げの微分方程式——, 建築学会論文報告集, 第60号, 昭和33年10月.
11. 球形殻の非対称曲げ理論(2)——Gegenbauer Function(超球函数)——, 建築学会論文報告集, 第60号, 昭和33年10月.
12. 球形殻の非対称曲げ理論(3)——超球函数の数值計算——, 建築学会論文報告集, 第63号, 昭和34年10月.
13. "Theory of Antisymmetrical Bending of Spherical Thin-Shell" Proc. of the Symposium on the Theory of Thin Elastic Shells. I.U.T.A.M. Deft. 昭和34年8月.
14. 球形殻非対称曲げ理論の近似解, 生産研究, 第12巻, 第11号, 昭和35年11月.

15. "General Bending Theory of Thin Shells-Part 1" Proc. of the 10th Japan National Congress for App. Mech. 昭和 35 年.
16. "Theories and Applications of Antisymmetrical Bending State for Spherical Shell and Cylindrical Shell" Report of the Institute of Industrial Science, Vol. 11, No. 2, Univ. of Tokyo. 昭和 36 年 9 月.
17. "An Approximate Solution for the Asymmetrical Bending Theory of Non-Shallow Spherical Shell" Report of the Institute of Industrial Science, Vol. 11, No. 3, Univ. of Tokyo. 昭和 39 年 9 月.
18. 扁平球殻の公式とその応用, 建築学会論文報告集, 第 69 号, 昭和 36 年 10 月.
19. "The Steel Framed Dome of the Tokyo International Trade Center", "Hanging Roofs", Proc. I.A.S.S., Colloquium on Hanging Roofs, Continuous Metallic Shell Roofs and Superficial Lattice Roofs. 昭和 37 年 7 月.
20. "Design of a Concrete Shell Roof Structure in the Shape of an Inverted Cylinder" Proc. World Conference on Shell Structures, San Francisco. 昭和 37 年 10 月.
21. "Die Stahlrippenkuppel auf dem Messegelände in Tokio", Der Stahlbau, Heft 10, Berlin. 昭和 37 年 10 月.
22. 東京オリソニック国立屋内総合競技場とその模型実験における写真測量の応用について, 生産研究, 第 15 巻, 第 8 号, 昭和 38 年 8 月.
23. 扁平球殻理論とその応用 (その 1~その 3), 建築学会論文報告集, 第 97 号~99 号, 昭和 39 年 4 月~6 月.
24. "Suspension Structure for the Tokyo Olympics" Proc. of the Symposium on the High-Rise and Long-Span Structures. 昭和 39 年 9 月.
25. 非閉鎖形円錐殻曲げ応力の近似解, 建築学会論文報告集, 第 103 号, 昭和 39 年 10 月.

26. 国立屋内総合競技場の構造設計(主体育館), 建築学会論文報告集, 第 108 号, 昭和 39 年 10 月.
27. 国立屋内総合競技場の構造設計(附属体育館), 建築学会論文報告集, 第 103 号, 昭和 39 年 10 月.
28. 扁平推動殻の応力解析(その 1), 建築学会論文報告集, 第 114 号, 昭和 40 年 8 月.
29. "Design Problems of a Suspension Roof Structure-Tokyo Olympic Swimming Pools" Report of the Institute of Industrial Science, Vol. 15, No. 2, Univ. of Tokyo. 昭和 40 年 11 月.
30. "Earthquake and Wind Resistant Design of a Suspension Roof Structure" Proc. 3rd World Conference of Earthquake Engineering. 昭和 40 年.
31. "Probleme beim Entwurf einer Hängedachkonstruktion anhand des Beispiels der Schwimmhalle für die Olympischen Spiele 1964 in Tokyo" Der Stahlbau Heft 3. Berlin. 昭和 41 年 3 月.
32. "The Design and Construction of a Suspension Structure—The Minor Gymnasium of the Tokyo Olympic Indoor Stadium—" International Conference on Shell Structures, Leningrad. 昭和 41 年.
33. "Hyperbolic Paraboloidal Shell Structure for Tokyo Roman Catholic Cathedral" Bull. I.A.S.S., No. 28. 昭和 41 年.
34. "Large Span Shell Structures in Japan", International Conference on Shell Structures, Leningrad. 昭和 41 年.
35. 殻体の応力関数と適合条件式, 第 17 回応力連合講演会, 昭和 42 年 10 月.
36. 殻体の解析的非線型基礎方程式, 第 17 回応力連合講演会, 昭和 42 年 10 月.
37. "Stress Analysis of Hyperbolic Paraboloidal Shell Supported at Four Corners" Proceedings of the Symposium of the High-Rise and Long-Span Structures. 昭和 42 年 12 月.
38. 平面および曲面問題の追究: 東京大学退官記念講演, 東京大学生産研究, 第 20 卷, 第 7 号, 昭和 43 年 7 月.



39. "Stress Analysis of A Hyperbolic Paraboloidal Shell Supported at Four Corners" Trans. of A.I.J. 昭和 44 年.
40. "Non-Linear Theory of Thin Elastic Shells—Fundamental Equations of Equilibrium and Constitutive Equations of Thin Elastic Shells", The Technology Reports of Tohoku University, Vol. 35, No. 2. 昭和 45 年 12 月.
41. "The Space Frame for the Symbol Zone of EXPO '70", Proceedings of 1971 IASS Symposium on Tension Structures and Space Frames. 昭和 47 年.
42. "Space Frame Structure of Half-rigid Beams", Proceedings of 1971 IASS Symposium on Tension Structures and Space Frames. 昭和 47 年.
43. ガラス曲率とシェル of 座屈 I~V, 日本建築学会論文報告集, 第 230 号~234 号, 昭和 50 年 4 月~8 月.
44. 曲面板の非線形理論 (その 1~2), 日本建築学会報告集, 第 235, 239 号, 昭和 50 年 9 月, 51 年 1 月.
45. 偏平 HP および EP シェルのフーリエ弾性解析——4 隅点支持および周辺固定境界問題——, 日本建築学会報告集, 第 318 号, 昭和 57 年 8 月.
46. トロイダルシェルに関する基礎的研究——Donnel 仮定: 座屈荷重の検討——, 日本建築学会報告集, 第 335 号, 昭和 59 年 1 月.

主要参考文献

1. 曲面構造——シェルの理論とその応用——, 丸善, 昭和 40 年 3 月.
2. スペーヌストラクチャーの解析, 鋼構造協会編集, 鹿島出版会, 昭和 46 年 8 月.
3. スペーヌストラクチャーの設計と実例, 鋼構造協会編集, 鹿島出版会, 昭和 46 年 8 月.

4. 吊構造, コロナ社, 昭和 50 年 11 月.
5. IASS "ANALYSIS, DESIGN & REALIZATION OF SPACE FRAMES" 昭和 59 年.
6. IASS "RECOMMENDATIONS FOR AIR-SUPPORTED STRUCTURES" 昭和 60 年.