

もうひとつの道 — コンドル先生と耐震構造 —



首都大学東京 教授

北山和宏

コンドル先生は本郷にある東京大学・工学部一号館の前に立っておられる。颯爽として右手にはチョークを持っておいでである。130年前の造家学科の教室では、四人の日本の若者（辰野金吾、片山東熊、曾禰達蔵そして佐立七次郎）をまえにしてキングス・イングリッシュで講義をされていたのだろう。その後、日本最初の建築家となる若者達にとって、たいして歳の違わないコンドル先生はどんな教師だったのだろうか。

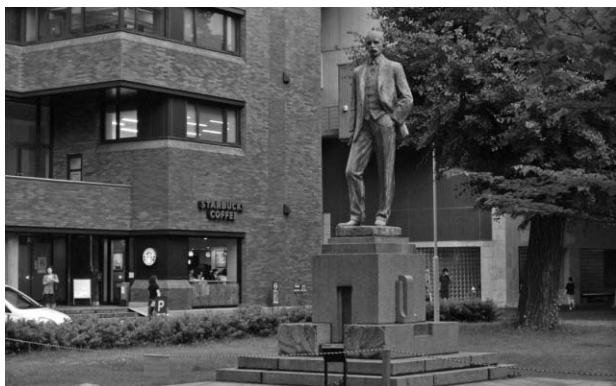


写真1 コンドル先生銅像（東京大学工学部）

ジョサイア・コンドル（Josiah Conder）先生は、明治維新後の日本に学問としての建築学を教授するために日本政府に雇われて明治10〔1877〕年来日され、工部大学校造家学科の唯一の教授として日本の建築界を産み出し、育てた恩人である。しかしそれから百年後、同じ学び舎で建築学を勉強していた私は、この銅像のジェントルマンが何者であるかということに気が留めることはほとんどなかった。製図室に泊まり込んで設計していた頃、黎明に疲れ果てて一号館の玄関から外に出ると、ひんやりとした空気の中にぽつんとコンドル先生が立っておられた姿をなぜか憶えている。

私は卒業して紆余曲折の末に東京都立大学に籍を

得て、教養の授業を担当することになった。講義名は『建築と文化』である。私のように工学を学ぶものが「文化」を論ずるなど笑止であると思ったが、日本における耐震構造の発展史なら興味もあるし、ひとに教えることも出来そうだと、というふうに関心を感じ、そのための資料を作り始めた。ここではじめてコンドル先生について調べてみてはどうかと思うようになった。そこで、建築史を専門とする山田幸正先生（本学教授）からいろいろな書籍をお借りして調べたりしたが、残念ながら深く調べる時間はなかった。コンドル先生が地震国日本に来てから、耐震構造をどのように考えて実践されたのか知りたいとは思っていたが、多忙にかまけてその調査に着手できないでいた。

ところがやがて、日本の耐震構造の発展にコンドル先生が残した足跡を調べる研究に、ある卒論生が取り組んでくれることになった¹⁾。そのときに私が一番注目したのは、コンドル先生が煉瓦造建物を鉄材で補強する方法を考え、実践したという事実である。

小野木重勝先生による既往の研究²⁾にはコンドル先生の書簡（明治15〔1882〕年）が紹介されており、そのなかに煉瓦の壁体に水平および鉛直の鉄材を挿入して補強するという手法、およびそのときの煉瓦目地（石灰モルタル）の水平強度および水平鉄材（鍛鉄）の引張り強度が具体的に記されている。これをもとにコンドル先生が暗黙のうちに想定したであろう水平震度（ $k=Q/W$ ）を具体的に求めることはできないか、と考えた。幾つか仮定を設けざるを得なかったが、その結果得られた水平震度は1程度であり、結構大きな数字となった。すなわち、重力加速度と同程度の水平加速度が地震時に煉瓦造建物に作用しても壊れないくらいの強度を想定していたことになる。

ただしコンドル先生は、現代で言うところの保有水平耐力を考えていた訳ではなさそうである。先生の書簡によると、建物内の諸々の部位がその質量に依存して様々な周期で振動することから、壁体の連層開口の上下の横架材(短スパン梁に相当する部分)のように左右の重量物に挟まれた部位には大きな引張り力が作用するので、この部分に水平鉄材を挿入して補強すればよいと考えた。すなわち、純粋な引張り補強である。

現代に生きるわれわれは水平力を受ける煉瓦や鉄筋コンクリートの壁部材がせん断破壊する、という現象を知っているが、19世紀のコンドル先生はそんなことはご存じなかった、と思われる。地震のない英国では基本的には軸力に対して建物を設計すればよかったので、日本において地震対策を考えたときにも軸力だけに対処すればよい、とお考えになったのではなかろうか。その証拠にコンドル先生は、煉瓦造の壁体に挿入した鉛直鉄材は鉛直地震動による引張り力のみを受ける、と述べている。水平力にとまって生じる曲げモーメントに起因する軸力については触れていないのである。

しかし当時は地震動によって建物がどのように振動するのか誰も知らなかったし、鉄組補強煉瓦造どころか鉄筋コンクリート(RC)構造の力学挙動についても未解明であっただろう(RC構造が誕生したのは1867年である)から、コンドル先生がこのように考えたのもやむぬるかな、であろう。しかしコンドル先生は同じ書簡で、煉瓦壁体内の鉛直および水平鉄材がフレームを形成して各煉瓦ブロックを拘束するのに役立つ、とも述べており、煉瓦と鉄材とが協同して外力に抵抗する効果を想定していたとも思われる。

コンドル先生の時代には建物の構造力学が未成熟だったために、地震動に対して安全な建物を構築するための耐震構造を科学的に考えるには、まだ早過ぎた。結局、煉瓦という脆性材料を鉄材で補強するという一点において、その後の我が国における鉄筋コンクリート構造の導入を円滑にするのに役立った、ということであろうか。なお煉瓦造を鉄材で補強するという考え方にはいくつかの系譜があった³⁾ようだが、そのことについてはここでは触れない。

この後、明治24[1891]年に直下型地震である濃尾地震が発生して、煉瓦造の建物が甚大な被害を受けた。コンドル先生は、鉱山学者で日本地震学会を

設立したジョン・ミルン先生とともにその被害調査に出向いている(ついでだが、日本最初の全RC造建物を横浜に建設した建築家・遠藤於菟も、帝国大学学生としてこの調査行に参加した)。そのときミルン先生が残した写真集が『The Great Earthquake of Japan 1891』であり、煉瓦造建物の地震被害の様子が写っている。

この経験によって煉瓦造の建物が耐震構造には不向きであることが広く認識されるようになり、赤坂離宮(片山東熊設計、明治42[1909]年)や東京駅(辰野金吾設計、大正3[1914]年)などに鉄骨で補強された煉瓦造が大規模に使われたものの、やがて日本での煉瓦造の使用は急速に廃れていった。もうひとつの耐震構造として発展するはずだった鉄組補強煉瓦造は静かに消えたのである。

さらに時代は下って、佐野利器先生が『家屋耐震構造論』において世界最初の耐震設計法である震度法を提案したのは、20世紀に入った大正5[1916]年のことであった。

----- . ----- . -----

最後にもう一度、先生の銅像に戻ろう。コンドル先生の背後にあるタイル貼りの建物は工学部11号館で、ここに建築学科の構造系の研究室が居を構えている。この1階には数年前にスターバックスコーヒーが開店して、雰囲気も随分変わった。

ちなみにコンドル先生の下の方座は伊東忠太の設計である。その台座の脚部には地震鬼が彫られていて、コンドル先生の足下に踏みつぶされている。これは、コンドル先生が日本において耐震構造の種をまき、それが発展した結果、地震を征服できたという功績を表わしているようだ。ところでこの銅像が建てられたのは1923年の春である。そうである、この年の秋に関東大地震が発生したのである。踏みつけられた地震鬼の強烈な逆襲を喰らって、冥界のコンドル先生もさぞや御無念であったことだろう。自然に対しては常に謙虚であれという教訓であると私は勝手に解している。

文献

- 1) 宮木香那：ジョサイア・コンドルの日本の耐震設計における技術的貢献に関する研究、首都大学東京建築都市コース2009年度卒業論文、2010年3月。
- 2) 小野木重勝：基礎仕様と耐震壁構法(コンドルの謁見所計画・IV)、日本建築学会論文報告集、第173号、昭和45年7月、pp.89-96。
- 3) 堀勇良：100年前の耐震技術、日本建築学会、建築雑誌、Vol.101、No.1242、1986年1月号、pp.34-37。