

世界貿易センタービルの崩壊

和田章

世界貿易センタービル崩壊特別調査委員会委員長
東京工業大学教授

西暦2001年は21世紀の始まりの年であると同時に新しい千年紀の始まりの年でもあった。長い歴史のなか、人々は明るい未来を信じ、平和で豊かな生活を目指して科学技術を発展させてきた。それと同時に、悲惨なことが多いとわかっていながら、人類はたくさんの戦争をしてきた。残念なことではあるが、科学技術は戦争に強い国づくりを目的に進んで来たとも言える。人間が決めただけの節目の年、2001年の9月11日朝に、同時多発テロは起きた。人類は平和を願うより、戦うために地球上に生まれてきたのかと考えさせられる。

18世紀にヨーロッパで産業革命は始まり、20世紀末に限界を迎えたように思える文明社会は石炭・石油の化石燃料、原子力をエネルギー源として成り立っている。鉄鉱石から鋼を生産する過程、超高層ビルを建設するために多くの建設資材を揚重する過程、完成したビルを定常的に使う際にも照明、空調、エレベーターの運転などすべてに、エネルギーが必要である。旅客機は離陸時100トンを超えるケロシンを給油し、時速数百キロで1万mの高さを飛ぶ。このたびの事件は、多量のエネルギー消費で成り立つ現代文明の二つの象徴、ジェット旅客機による超高層建築への故意の衝突であり、その結果として世界貿易センタービルは崩壊した。

地球が宇宙の一点に誕生してから今までの数十億年を一年のスケールにのせると、産業革命以降の2百数十年は除夜の鐘の最後の一突きに相当するという。元旦から除夜の鐘の百七突きまでの長い間にふりそそぎ、蓄積された太陽のエネルギーを、現代のわれわれは瞬間的に消費しているといえる。もちろん旅客機を使った自爆テロは許されないことである。しかし、神様は人間の手が届かないほど進んでしまった科学技術、大量のエネルギー消費、人間のおごりに警告を告げているのかもしれない。

世界貿易センター

世界貿易センターは国際貿易にかかわる民間会社、公共機関の活動をひとつに集め、ニューヨーク・マンハッタン島の南部に建設された建築群の総称である。ここには2棟の110階建ての超高層ビル、広場があり、広場の周りに8階建てから22階建ての4棟のビルがある。道路を隔てたところの47階建てのビルを含めて合計7棟のビルにより成り立っている。地下は6階までである。着工は1966年、竣工は1973年である。建築設計はMinoru Yamasaki、構造設計はシアトルに事務所があった Skilling, Helle, Christiansen and Robertson であり、最終的には Leslie Robertson が設計をまとめた。建設中には、日本から多くの建築

関係者が見学に行き、わが国の超高層建築の設計、構造技術などに大きな影響を与えた建築である。竣工してから約30年間、文明社会の象徴として、多くの人々の憧れの建築であったといえる。

9月11日

午前8時45分にアメリカン航空11便(ボーイング767)がハイジャックされ、北棟の94階から99階の間に北側からほぼ水平に激突した。18分後、ユナイテッド航空175便(ボーイング767)が南棟の78階から84階の間の南面の東寄りに斜めに激突した。午前9時50分に南棟の衝突階より上部が傾き、その直後破壊が上層から下層に向けて進行し、全体が崩壊した。午前10時28分に、北棟の上部のアンテナが沈み込むように見えたあと、破壊が上層から下層に進行し、全体が崩壊した。この崩壊により、この区域のビルだけでなく、さらにその周辺の建物にも被害が及んだ。

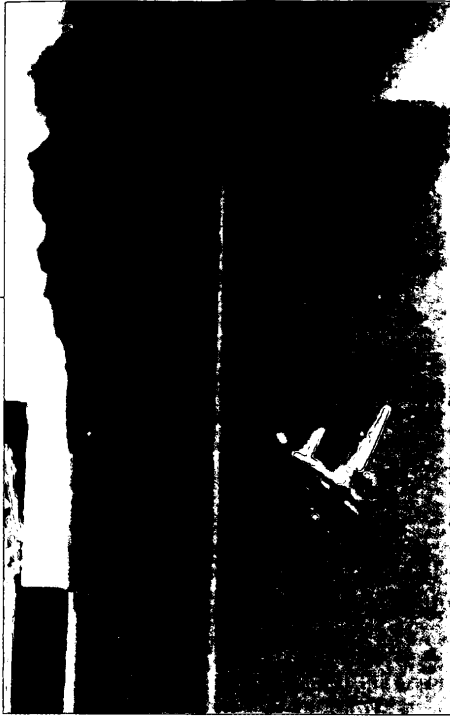
崩壊原因

米国政府の調査報告書では、ジェット燃料は衝突後数分で燃え尽きたが、下階に流れた燃料と火により、多層階に同時火災が発生し、これらの階にあった家具、什器、書類などの長時間に及ぶ火災が構造物の崩壊の直接原因になったとしている。第一に衝突による外周柱およびコア柱の破壊、同時に床構造の物理的破壊、第二に山形鋼を弦材、丸鋼を斜材とするトラス梁が膨張し、次にカテナリー状に大きいたわみ、崩落を始めた。第三にコア柱、外周柱ともに、高温下におかれ、ヤング係数、降伏強度が低下していった。第四に、床スラブによる水平補剛で安定性を保っていた柱が、床スラブの破壊によってその補剛を失い座屈長が長くなり、鉛直荷重の支持力を失った。第五に衝突階の上層部が数メートル落下し、これに抵抗できない下階が順次、進行崩壊を起こした。前提条件として、この二つの超高層建築には頂部の6層にアウトリガートラスと呼ばれる剛強なトラス構造が各方向に4構面組み込まれており、外周架構とコア架構の一体性を高めていた。推察ではあるが、外周架構が非常に密なラーメン構造を形成していたこと、およびこのアウトリガートラスの効果により、衝突直後に生じた部分破壊から全体破壊までの時間を延ばしたと思われる。

道を隔てたところにあるWTC7は、建物の低層階に発電装置、燃料、変電設備を有しており、ビル火災と同時にこれらが燃え出したこと、火災が発生してから約7時間の間、消火活動が行われなかったことなどが重なり、最終的に全体が倒壊した。発電施設を囲む架構は大空間になっており、上層部の柱を大きな梁が支

◆炎上するWTC1と、WTC2へ向う旅客機 AP/Wide World Photos

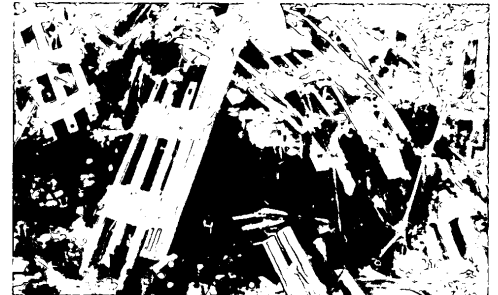
◆激突直後のWTC2 AP/Wide World Photos



◆工事中のWTC1とWTC2(1970)
『TWIN TOWERS REMEMBERED』
PRINCETON ARCHITECTURAL PRESS

◆WTC地区の航空写真 MCEER

◆崩壊後のWTC MCEER



える構造になっており、長時間高温にさらされたこの架構が支持力を失い、全体の崩壊につながったと言われている。

指摘

前述の報告書では次のようにいくつかの重要な指摘を行っている。

「鋼構造のロバストネスとリダンダンシーが重要」「非常誘導灯の設置された避難階段」「テナントに対する緊急避難訓練の実施」「避難経路の周囲に設置された衝撃抵抗壁」「突風や衝撃、構造物の変形に抵抗できる耐火被覆」「避難階段を建物の中心に集めず分散させる」「スプリンクラーに対し余裕のある給水能力」「衝撃、火災を受けたときの鋼構造物の接後部の性能を確認」「火災時の構造物の挙動について、構造体の温度上昇、応答を予測する設計法の開発」「構造技術者と耐火技術者の両者へ互いの技術教育」「火災時の延焼の予測手法の開発」「燃焼時の部材の性能に関するデータベースの整備」「非常時に移動困難になった人、消防隊へのエレベータの使用許可」「鋼構造の火災に関する消防隊員の教育」「現場の緊急時の判断を適切にするため、消防隊員と工学的な専門家の連携作業を援助」。

世界貿易センターのなかで、もっとも大きな被害を受けた二本の超高層ビルと長時間の火災の後崩壊したWTC7について技

術的な説明を行った。構造設計を行ったRobertsonおよび米国の報告書においても、旅客機が激突しても壊れない建築を作るべきとは言っていない。Robertsonは都市に旅客機が飛び込んでこないような航空システムを作るべきと言っている。さらに問題を離れて観察すると次のような考察もできるように思う。

弱冠30才のとき、ローマ・クラブの『成長の限界』の筆頭著者をつとめたDonella H. Meadowsが書いた“A Village of 100 People Representing the World”はインターネットを通して世界に広がり、我が国では『世界がもし100人の村だったら』として訳されている。このなかに「もし冷蔵庫に食料があり、着る服があり、頭の上に屋根があり、寝る場所があるのなら……あなたは世界の75%の人達より裕福で恵まれています」「もしあなたが戦いの危険や、投獄される孤独や、獄門の苦悩、あるいは餓えの悲痛を一度も経験したことがないのなら……世界の5億人の人たちより恵まれています」などの文章がある。このように極端なアンバランスが地球上には存在する。これを軍備で保持しようとするところに無理があるのかもしれない。

わだあきら

1946年岡山県生まれ/東京工業大学卒業/
同大学院修士課程修了/建築構造/工学博士/
共著に『建築の耐震耐風入門』『鋼構造技術総覧』『建築物の振動制御設計』/
1995年学会賞(論文)受賞ほか