

笹子トンネル事故と頻発する天井落下事故

——国民の安全を蝕むものは何か——

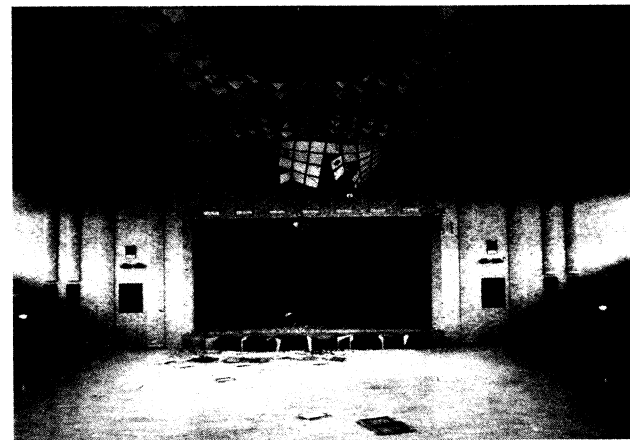
東京大学生産技術研究所 教授

川 口 健 一

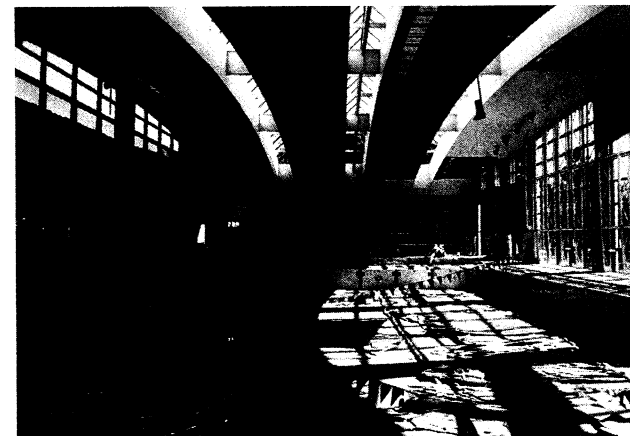
安全なシェルターだと思い込んでいた場所が、ある日突然、逃げ場のない修羅場と化し、大勢の人々を巻き込んだ大惨事を引き起こす。「杞憂」という言葉は、杞の国の人が「天が落ちると」心配したという中国故事に因むが、建造物内部の「天井」落下事故は「杞憂」どころではない現実の大問題となっている。

筆者は、1995年の阪神大震災以来、多くの人々が集まる場所（大規模集客施設）での天井落下が大きな問題となると警告してきた。大変残念ながらその指摘の通り、2011年3月の東日本大震災でも天井落下で多くの死傷者が発生した（写真—1、写真—2）。そして、2012年12月には笹子トンネルでの天井落下の悲劇が発生した。その後さまざまな場所で天井落下事故は続いている。

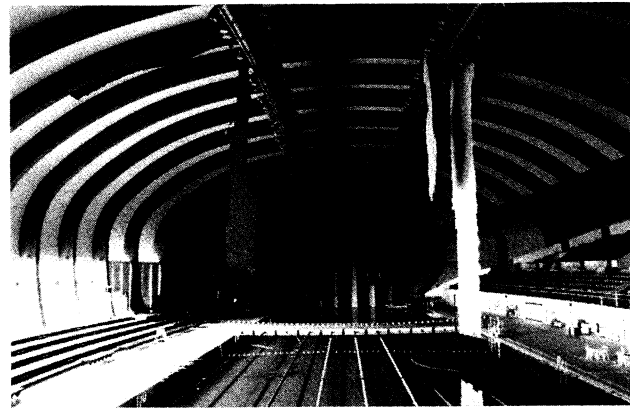
読者の中には、「トンネルは土木構造物であり、建築物とでは規模も工法も材料も違う」あるいは「笹子トンネルは、あと施工アンカーの問題だ」という意見もあるかもしれない。しかし、高所におかれた重量物に対する危険認識の甘さが招く惨事という点で、その根は全く同じである。確実に防がなければならない大事故を、目視や打音検査などの不確実な方法で予防できると考えていること自体に、大きな問題がある。そして、その



写真—1 阪神大震災時の大規模集客施設内天井落下事故の例 (撮影：筆者)



写真—2 東日本大震災時の天井落下事故の例 (撮影：筆者)



写真一3 非地震時の天井落下事故の例 (撮影：筆者)

認識の甘さを改めない限り、同様の落下事故は今後も続くのである。

建築関係者には天井落下事故は地震時にのみ発生する、という先入観を持っている人も多い。しかし、天井落下は平時から頻繁に発生している。昨年(2013年)7月には静岡県の公共プールで幅5m長さ60m、重さ3トン以上にも及ぶ天井が突然落下した(写真一3)。同年12月19日にはロンドンのアポロシアターで上演中に石膏製の天井が崩れ、70名以上が負傷した。天井落下事故は世界中で発生している。インターネット上のニュースを見ると天井落下事故は大体2週間に1回程度の頻度で報道されている。報道されないものを含めれば、毎日どこかで天井落下事故が発生していると考えてよい。天井を地面に叩き付ける外力は当然のことながら「重力」である。「地震力」はきっかけを作る1つの原因にすぎない。きっかけとなる原因には他にも「経年劣化」「水分」「振動」「疲労」「温度」「風圧」「施工不良」などが多岐に存在する。

人命保護と機能実現

天井は建造物の内部空間の上面に下向きに設置されている面で、非構造材と呼ばれる部材である。非構造材という名の示すとおり、構造材ではないので、外力に耐えたり他の部分の重量を支えたりするような役割は期待されていない。しかし一方で、美観や空調、換気、照明、断熱、音響といった建造物内部の環境を整えるための多くの機

能を果たしている。つまり、力学的には構造材ほどの注意を払われずに設置される場合が多いが、それ以外には多くの機能の実現を期待されている部材である。だからこそ、天井を設置する場合は、以下の2つの基本的な性能に対して特別な注意が必要となる。

① 確実な人命保護

② 機能実現

当然のことだが、この順番は絶対を守る必要がある。機能実現にばかり目が行き、人命保護がおろそかになると大惨事を招く。決してやってはならないことは、この2つの順番を入れ替えることである。確実な人命保護が実現されていないような天井は、機能が実現できても絶対に供用してはいけないのである。逆に言えば、重大な天井の落下事故は、人命保護が不確実なまま機能実現を優先してしまった場合に発生するのである。

人命保護の実現方法

それでは、「確実な人命保護」とはどのように達成できるのであろうか。天井落下事故に関して言えばそれは大して難しいことではない。何故なら前述のように、落下事故を発生する力は「重力」であり、これは「鉛直下向きに1G」(重力加速度)であって、地球上どこでも常に一定、最も性質の良い外力で、予測も対処も容易だからだ。

表一1は筆者が自動車事故における人的被害の防止方法に倣って、天井落下事故に対する人命保護の実現方法をまとめたものである。常にすべての方法が適用可能というわけではないが、確実な人命保護の実現にはさまざまなアプローチがあることが分かる。以下に例示を含めて簡単に説明する。

上段は予防安全であり、天井落下そのものが起こらないようにする方法である。(1)の暴露コントロールは天井と利用者が同じ時空を共有しないようにするので、もっとも確実な方法だが、利用者は天井によって実現されるさまざまな機能を楽しむことができない。(2)は建造物本体が倒壊するまで天井は絶対に落下することがないようにする、という方法である。これには2つのアプロー

表一1 天井落下事故に対する人命保護の方法

安全	概念	実現方法	具体例
予防安全	(1)暴露コントロール	事前の行動制御で事故に遭遇する危険を低減する。高所に危険な天井材を設置しない。	室内に入らない天井材撤去
	(2)損傷防止	あらゆる外乱に対し天井材及び下地材を損傷させない。	準構造
事後安全	(3)落下防止	利用者の活動領域に至る落下を防ぐ。	落下防止ネット 崩壊形の制御
	(4)損傷コントロール	目に見える形でゆっくり損傷を進ませることで確実に利用者避難や天井撤去の対策が行えるようにする。	塑性変形や崩壊形を利用した損傷設計
	(5)傷害コントロール	落下発生時に傷害程度を低減させる。	軽量柔軟材料
	(6)行動の変更	事後の行動で事故に遭遇する危険を低減する。	安全な場所へ移動する机の下へ潜る

準構造：構造材としての役割はないが、構造材と同じ材料を用い、構造材と全く同様のクライテリアで設計・監理・施工したものの。

チがある。1つは天井全体を構造躯体と同じ材料で構造部材として設計施工し、構造躯体と全く同じ品質と強度を実現するという方法である。徹底して行うことが重要で、中途半端に行くと弱点が発生し非常に危険になる。もう1つのアプローチについては(5)で後述する。

下段は事後安全である。天井落下につながる何らかの損傷が発生してしまった場合の人命保護の方法であり、大きな意味でのフェイルセーフの概念である。(3)は天井とは別に落下防止ネットなどを設けて、天井が利用者の活動領域に落ちてこないようにする方法である。これを狭義にフェイルセーフと呼ぶ場合もある。

(4)は天井のシステムそのものにリダンダンシーをもたせ、損傷や落下が目に見える形で段階的にあるいは緩慢に進行するように制御する方法である。落下そのものを防止できなくとも、利用者が避難するための十分な時間を稼ぐという方法である。

(5)は天井材が落下して人体に接触したとしても危害を加えることがない、柔軟で軽量な材料を用いるという方法である。天井の存在が無視できるほど軽量であると考えれば、(1)の次に安全な方法であり、同時に天井の機能も享受することができる方法である。このアプローチでも(2)の絶対損傷しない天井を実現することが可能である(原理的にはHe風船などを用いた、浮力を有して落下しない天井も可能である)。

(6)は天井側の対策ではなく、利用者側の行動によって人的傷害を防ぐ方法であり、地震時に机の

下に潜るなど、利用者の教育が重要になる。

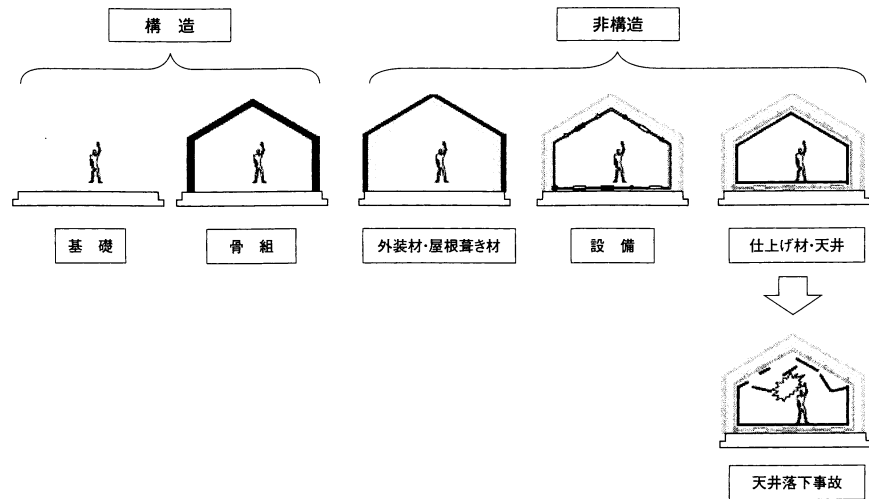
自動車事故の場合はさらに(7)として「受傷後の管理」という項目があり、受傷後の適切かつ速やかな救助・治療により傷害の人命への影響度合いを少なくするという考え方があるが、防止策ではないのでこの表では取り上げていない。

笹子トンネルの事故は(2)のアプローチでありながら、それが不完全であった場合に相当する。中途半端な予防安全が如何に恐ろしい事故につながるかを教えている例である。笹子トンネルの天井の場合、取り得た対策は、(1)の天井撤去か(3)か(4)の対策である。非常に重たい材料であったから、(3)の落下防止は難しかったかもしれないが(4)の方法は、適切な部材を追加することで適用が可能であったと考えられる。

非構造材の耐用年数

表一1を活用するにあたって注意することがある。それは特に(2)(3)(4)のアプローチにおいては、そこに用いられる部材が健全に性能を発揮することが前提となっている点である。建造物本体の耐用年数は、主に構造材によって決まる場合が多い。これに対して、非構造材はもともと構造材と役割が違うため、建造物の供用期間中に何度か更新されることを期待されて設計施工されている場合が多い。建築物の場合は例えば、建物の供用期間を50年程度と考えても、非構造材によっては耐用年数を10~15年程度と考えているものも多い。

一方、施設の所有者は、費用や手間のかかる更新を先延ばしにする傾向があり、非構造材に対しても何らかの点検によって安全性を確認し、供用期間を延長したいと考える。人命に影響のない部分であれば、このようなことも大した問題にはならない。しかし、利用者の頭上の高所に設置された重量物の場合は、このような考え方は非常に危険



図一 建築物における構造材と非構造材として天井落下事故

だ。特に、高所設置の非構造材の場合は、確実な点検というものがほとんど不可能に近いことが分かる。目視や打音検査といった方法がオーソライズされている場合もあるが、多くの場合それらは「絵に描いた餅」であり「責任回避のための免罪符」にしかすぎない。広大で検査条件の悪い天井に対して、目視や打音検査などの「不確実な方法に頼って施設の使用を続ける」ということは「落下事故が発生するまで待つ」ということとほとんど同じ危険を冒していることになるのである。

笹子トンネルの事故の場合は、さまざまな対策の議論をするよりも、もし適切な耐用年数に関する認識があったとすれば、目視や打音検査で30年以上も使い続けるということなく、もっと早い時点で表一1の(1)の天井材撤去に踏み切ることが最も順当であったと考えられる。「あと施工アンカー」の問題ではない。何故なら、仮にあと施工アンカーが健全であったとしても、このような不確実な方法に頼って対策を先延ばしにて使い続けていけば、いつかは別の弱い場所が壊れて落下に至るからである。確実な安全確認ができない場合は、適切な耐用年数を決め、それを超えたら確実に安全なものへ改修するという方針を徹底する必要がある。

建築分野で起きていること

冒頭に述べたように、東日本大震災では多くの

建築物内部で天井落下被害が発生した。これを受けて、昨年8月に建築基準法の新しい告示が發布された。満を持して公布された基準法告示。表題は「建築物の天井脱落対策」となっているが、その内容はなぜか「耐震補強」を強制する、地震対策偏重の内容となっている。これでは「確実な人命保護」は図れない。

脱落対策であれば、外力は重力、即ち加速度1Gの鉛直力であることは中学生でもわかる。しかし新しい基準法では、なぜか地震力(水平力)0.5G~2.2Gに耐えよ、となっている。対策すべき外力である「重力」はそっちのけで、耐える必要のない「水平力」に耐えよ、というのである。地震力は最も予測困難な外力である。さらに建物から吊られた天井となれば、その設計用外力を予測することは至難の業だ。また、補強すればするほど天井は重たくなり、重力や地震力をさらに呼び込む、イタチごっこが始まるだけである。結局、新しい告示には「中地震(震度5程度)で損傷しないこと。これにより、中地震を超える一定の地震においても脱落の低減を図る」という説明がつけられている。つまり「震度6になったら損傷脱落するものがあっても仕方がない」という意味である。建築基準法の冒頭には「国民の生命、健康及び財産の保護を図り、もつて公共の福祉の増進に資することを目的とする」とうたっている。それがなぜ、国民の生命を護るどころか、逆に傷つけかねない見当違いの方法を強制する法律に墮落してしまうのか。真剣に考える時が来ている。

本当の問題

以上述べてきたように、天井の落下対策自体は全く難しいことではない。小中学生でもわかる至極簡単なことである。

・落下事故を起こす主たる外力は重力である。→

地震力やその他の力ではない。

- ・確実な人命保護が最も重要→不確実な方法では実現できない。
- ・落下事故に対する人命保護にはさまざまなアプローチがある→表一1の活用など。

そもそも高速道路に大型の落下物があれば大事故になることは小学生でも容易にわかる。絶対に確実に防がなくてはならない大事故を、なぜ打音検査や目視などの不確実な方法で防げると考えるのであろうか。

あるいは、天井は重力で落ちるのに、なぜ地震の時の力を計算せよという法律ができるのであろうか。小学生でも首をかしげるのであろう。ところが、現代は、このように簡単なことを正しく解決し実践するために途方もない遠回りを余儀なくされているのが実態である。なぜこのような公的機関によるミスリーディングが公然と行われるのであろうか。

2011年の東日本大震災で発生した「福島第一原発の事故」。人類史上最も危険な物質を扱う原子力で「想定外」という稚拙な言い訳が出てくることに、開いた口がふさがらなかった人も多いのではないだろうか。日本の最高峰の英知が、官民一体となって莫大な予算をかけて守ってきたはずの安全が、なぜ、このようなお粗末な結果になってしまったのだろうか。

国会の事故調査委員会は、このような異常な事態を招いた原因として「規制の虜」の問題を鋭く指摘している。専門性の高い分野においては規制する当局側と規制される業界側の立場が逆転し、特別な関係に陥った結果、業界側の利益に有利な行動をとることになる、というものである。ノーベル経済学賞受賞者のジョージ・スティグラーが指摘した問題点である。

国民の安全に直結する問題の解決を国民から委託された立法行政側の官僚は、限られた人手で次から次へと新しい問題に対処することは難しい。その結果、学者や業界の技術者からなる専門委員会や省庁の外郭にある許認可団体等の専門家に頼ることとなる。許認可団体には、そこからお小遣

いをもらっている有名大学の名誉教授などを中心とした学閥や門閥による固定的なグループが随所に構成されている。ところが、このエリート集団は問題を正しく解くことよりも、グループの利益を最大にし、自己保全を図っていくことに関心がある。国民の安全よりもグループの利益が重要と考える人々が、官僚に強い影響力を行使し、ついには国民の安全の実現を阻んでいるといわざるを得ない状況を生んでいるのである。

20世紀。右肩上がりの時代にはそのような矛盾も社会全体の余裕が吸収していた。しかし、現在の日本にはもう遠回りをしていない余裕はない。今までにないスピードで社会が変わり、新しい問題を正しく解決していかなければならないのである。笹子トンネルに代表される、社会ストックと国民の安全の問題はその典型ともいえるであろう。

本当の問題は、技術の問題ではない。20世紀の旧弊から抜け出すことのできない、「人」の問題である。国や行政機関は国民の安全すら正しく護ることはできないようになってきている。21世紀の日本が真に新しい一步を踏み出すためには、ここから変えていく必要があるのである。

追記

建築内における天井落下事故の防止に関しては、筆者等は日本建築学会に特別研究会を立ち上げ「人命保護」を正しく実現することを目指したガイドラインを公表している⁽⁵⁾。

参考文献

- [1] 『阪神・淡路大震災調査報告 建築編—3, シェル・空間構造』, 日本建築学会他, 丸善, 1997年。
- [2] 石川浩一郎, 川口健一, 田川健吾, 酒井達矢, 「兵庫県南部地震による学校体育館及び公共スポーツホール等の被害調査報告」, 『日本建築学会技術報告集第5巻』, pp.96-101, 1997年12月。
- [3] 川口健一, 「危険をはらむ大規模施設の非構造材」, 『建築ジャーナル』, No.1095, pp.68-70, 2005.12。
- [4] 朝日新聞(平成25年6月29日)「私の視点 天井の落下 耐震補強では防げない」。
- [5] 「天井等の非構造材の落下事故防止ガイドライン」(2013年3月4日版), 非構造材の安全性評価及び落下事故防止に関する特別調査委員会, 日本建築学会。