

# 彼を知り己を知れば百戦殆うからず

Know your enemies and know yourself, and you shall win a hundred battles without loss

## はじめに●

古来より我が国は様々な自然災害に見舞われてきた。自然豊かな日本列島は、プレート運動による地殻変動と、アジアモンスーン地帯に位置するが故の風雨によって形成されてきた。

プレート運動によって海の生物の死骸が運ばれた付加体と、火山噴出物からできた地盤は脆い。居住に適す平地が河口周辺に限られるため、強い揺れ、液状化、津波、風水害、土砂災害などの災いを受けやすい。日本の自然は、慈母であると同時に厳父でもあり、その中で防災文化とも言える独特な日本文化を育み、防災の日常化を実践してきた。

現代人は、小規模災害を抑える建設技術を手にし、人工空間に居住するようになって、災害に対する当事者意識が弱体化した。経済性や効率、見栄えを優先したバリューエンジニアリングを尊ぶ社会となり、防災文化を失いつつある。そういった中、巨大地震や温暖化に伴う風水害の発生、人口減少や多大な債務などの難題を抱えている。過去の災害に学び現代を点検し将来に備えなければならない。見たくない現実を直視し、社会の災害病巣をあぶり出し、早期に病巣を切除・治癒し、災害を未然に防ぐ必要がある。

## 「確実」「甚大」「限界」「衰退」の南海トラフ地震●●

南海トラフ地震は、国難とも言える喫緊の課題である。この地震は、「確実」「甚大」「限界」「衰退」の4つのキーワードで語れる。

地震調査研究推進本部によれば、南海トラフ沿いでマグニチュード8～9の地震が発生する確率は、今後30年間に70～80%程度とされ、近い将来の発生が「確実」視されている。中央防災会議による予想被害量は、最悪、32万3千人の死者、240万棟の全壊家屋、3億トンの廃棄物、ストック被害170兆円・フロー被害45兆円の経済被害など「甚大」である。死者数は直接死のみであり関連死も含めるとさらに増大する。残念ながら、災害対応資源は圧倒的に不足し、公的な対応には「限界」がある。産業立国を支える製造業の多くが予想被災地域に立地するため、国家の「衰退」にもつながる。

全壊家屋数や瓦礫量は我が国の住宅着工戸数や廃棄物の数年分に相当し、経済被害は国内総生産の4割、国家予算の2倍を超える。1923年関東大震災の被害にも匹敵し、我が国の固定資産ストック約1,700兆円の10%、フロー資産(GDP)約500兆円の10%を失うことになる。関東大震災

後に、金融恐慌、5・15事件、満州事変、2・26事件、日中戦争、太平洋戦争と続き、戦争で310万人の犠牲者を出したことを思いだすと、背筋が寒くなる。

南海トラフ地震の被害量が過大との指摘もあるが、過去に大きな人的被害を出した1923年関東地震、1293年鎌倉大地震、1498年明応地震、1707年宝永地震の死者数を、当時と現代の人口比で換算すると、いずれも数十万人の死者になる。とくに関東地震は、東京や横浜の人口増を勘案すると80万人にも達する。前2者は相模トラフでの地震、後2者は南海トラフでの地震である。

南海トラフ地震の発生前後には西日本での地震活動が活発になる。このため過去は、戦乱の時代が終わるときの1605年慶長地震、元禄の時代が終焉する1707年宝永地震、幕末の1854年安政地震、戦中・戦後の1944/46年昭和地震と、歴史の転換期と重なる。宝永地震の4年前には元禄関東地震、安政地震の翌年には安政江戸地震、昭和地震の21年前には大正関東地震も発生している。

当時と比べ家屋の耐震性は増したが、災害危険度の高い場所にまちが広がり密集度が高まったため、脆弱度(Vulnerability)の減少とハザード(Hazard)・暴露(Exposure)の増大が相殺する。南海トラフ地震の予想被害量は、2011年東日本大震災の十倍を超えているが、震源域が陸域に近く被災人口が約十倍であることを考えれば、過大ではない。

## 直前予知から事前防災への施策転換●●●

昨年9月に中央防災会議の作業部会がまとめた「南海トラフ沿いの地震観測・評価に基づく防災対応のあり方について(報告)」では、「現時点においては、地震の発生時期や場所・規模を確度高く予測する科学的に確立した手法はない」と明記され、直前予知を前提とした地震対策は凍結された。昨年11月には、気象庁に「南海トラフ沿いの地震に関する評価検討会」が設置され、予想震源域で異常な現象が生じた場合には、「南海トラフ地震に関連する情報(臨時)」が発せられることになった。また、静岡県、高知県、中部経済界でモデル検討が行われ、これを受けて、本年4月に新たな作業部会が設置された。今後、南海トラフ沿いで異常な現象が観測された場合の防災対応の在り方や、防災対応を実行するに当たっての社会的な仕組み等について検討が行われる予定である。

予知の凍結により一層重要になったのは、耐震化などの



事前対策である。2013年に耐震改修促進法が改正され、不特定多数の者や避難弱者が利用する大規模建築物「要緊急安全確認大規模建築物」や、緊急輸送道路等の沿道建築物や防災拠点建築物「要安全確認計画記載建築物」の耐震診断結果の公表が義務付けられた。昨年以降、各自治体が公表しつつあるが、耐震化の進捗は芳しくはない。公共建物に比べて民間建築物の耐震化が遅滞している。耐震化のより一層の推進のため、建築界の積極的な関与が望まれる。

### 現行耐震基準の再点検●●●●

現行耐震基準にも課題は多い。建築基準法は、最低限の生存権を保障する(憲法25条)範囲で財産権(憲法29条)を制約した最低基準でしかない。多くの場合、「耐震」という言葉は、この基準を満足している場合に用いられている。しかし、許容応力度計算法では、ルート1とルート3とで「耐震」の意味は全く異なる。ルート1の設計では、2次設計レベルの地震力に対しても基本的に無損傷設計であり、繰り返す地震に対しても安全性を保障できる。一方、ルート3は構造部材の損傷を許容しており、地震後の建物の継続使用は難しい。

建物の堅さによっても安全性に差がある。標準せん断力係数 $C_0$ は、建物の平均応答の水平震度を意味し、地動や基礎応答ではない。建物が堅ければ応答増幅は小さく、柔ければ増幅は大きい。したがって、低層壁式構造では $C_0 \cdot g$ ( $g$ :重力加速度)程度の地動加速度を想定しているが、例えば応答増幅度が3倍程度の中高層建物では $C_0 \cdot g / 3$ の地動しか考えていない。すなわち、構造スリットの多用は、建物応答を増加させ(想定地動を減少させ)耐震的实力を低下させる懸念がある。

内力に相当する層せん断力の高さ方向の分布係数 $A_i$ から水平震度分布を逆算してモード形に変換すると、長周期建物の基礎応答は非常に小さい。これに加え、堅固な低層建物は地下逸散減衰や入力損失効果も大きく期待でき、直接基礎の場合には強震時に滑動して自然免震効果もある。固有周期 $T$ は建物高さのみで評価するため、本来短周期の壁式構造では、建物上部で $A_i$ を過大評価し、大きな地震荷重を考えている。

振動特性係数 $R_t$ にも問題がある。軟弱な地盤では長周期の揺れを大きく評価しているが、本来、長周期の揺れは波長が長いので、地盤の硬軟による増幅の差は無い。軟弱な地盤では短周期の揺れが強くなるはずなので、 $R_t$ は短周期

で大きくする( $C_0$ を増大させる)べきである。

地震動の加速度応答スペクトルは富士山型で、短周期で低減される。しかし、 $R_t$ は簡便のため短周期域を一定値としている。このため、短周期の建物は、自然現象に比べて大きな地動を考慮している。

このように、ルート1の設計法、建物の応答増幅、動的相互作用、固有周期評価、地盤の応答増幅、スペクトル形状などを勘案すると、硬質地盤上の低層壁式構造は、軟弱地盤上の中高層ラーメン構造に比べ、オーダーの異なる安全性があると推察される。過去の地震で低層壁式構造の地震被害がなかったことや、阪神・淡路大震災での建物被害の階数依存などが理解できる。同じ「耐震」と言っても、建物の耐震的实力が大きく異なることを自覚しておきたい。地震地域係数 $Z$ についても課題がある。過去の地震統計に基づいて評価された $Z$ は、千年程度の統計資料に基づいているため、発生間隔が長い活断層の地震は十分に考慮していない。いざ地震が発生したら極めて強い揺れとなる活断層集中地域の地震地域係数は小さく、市役所が損壊した熊本県宇土市の地震地域係数も0.8だった。地震後も業務継続が必要な庁舎に対してまで、現行の地震地域係数を適用することには問題がある。また、首都圏のように建物が密集する大都市では、建物被害の波及が大きく、他地域への影響も甚大である。建物が密集する地域の安全性を高める大都市地域係数の導入も検討すべきである。このように現行の耐震基準も再検討すべき点が多々ある。

巨大地震での長周期地震動の問題、活断層近傍での大変位パルスの問題など残された課題も多い。南海トラフ地震が切迫する中、目を背けずに現状の不具合を洗い出し、建築構造技術者から声を上げ、正すべき点を正し、建築物の安全性向上に勤めたい。

### おわりに●●●●

「彼を知り己を知れば百戦殆うからず」と言う。地震の揺れの本質を知れば、危険を避けることができ、「君子危うきに近寄らず」となる。建物の安全性を点検し耐震性を向上すれば「転ばぬ先の杖」である。さすれば、「備えあれば憂いなし」と、百戦殆うからずになり、「災い転じて福となす」ことができる。JSCAが主導して我が国の安全性を向上させ、併せて一人一人の建築構造技術者が率先市民として防災行動を実践していきたい。