

思わぬ事態を招かぬために

東京大学 中埜良昭

地震被害調査をはじめ経験してからかれこれ20年以上になる。その間国内外の多くの地震被害を調査する機会を得た。特にこの10年ほどの間は、学術的な調査による基礎データの収集に加えて、被災地域の復旧支援に携わることも多い。このような活動に積極的に関わるようになったきっかけは1992年にトルコ東部の地方都市エルジンジャン市を襲った地震被害の調査である。被害が生じた原因は理解し説明できたが、被災建物がどの程度の余力を持つか、どのように修復すればよいか、については経験不足でなかなか的確な答えが見出せなかった。復旧に直接的に役立つような活動の重要性を強く感じ、爾来、機会が許す限り復旧支援に関与できるような被害調査やそれを意識した調査活動を行うように心がけている。

昨年の5月12日に四川省を襲った地震では、死者・行方不明者を含めて8万人以上の犠牲者を出す大震災となった。復旧はまだ途についたばかりで、被災地にはまだガレキが積み上げられ、また被災した建物も一部が取り壊されたものの、その大半はまだ手付かずの状態である。この地震災害に際しても、土木学会や建築学会などの関連5学会(後に8学会)が「四川大地震復旧技術支援連絡会議」を設立し、国内の関連学会が横断的に連携し、被災地域の復旧・復興に協力する目的で地震直後から活動をはじめ、筆者もその活動の一環として現地を数回訪れた。6月には実在する被災建物を例題に、具体的な復旧方法の提案をいくつか行い、その実現可能性について中国側の研究者や実務者と議論を行い、復旧に当たっての問題点の抽出やその解決方法などを議論した。例題として選定した建物は世界遺産に指定された水利施設で有名な都江堰市に建つ6階建てのRC造集合住宅(平面寸法:20m×50m程度で地震当時は建設途中で躯体のみ完成)である。本建物には地震により1階の駐車場部分に部材角1/10程度の大きな残留変形が生じる被害が生じた(写真参照)。我々か

らは、残留変形の原因となる1階柱の柱頭・柱脚部の曲げ圧壊箇所の補修と既存柱のRC巻き立てやささらに鉄板巻きを想定した案、そで壁や耐震壁の増設を想定した案、など複数案を提示した。その後9月に再訪した際に聞いたところ、我々の提案はその建物に隣接する別の建物に適用されることになり、大きな残留変形が生じた当の建物は免震工法を採用して復旧することになりそうだ、とのことであった。理由は、既にこの集合住宅を地震前に購入していた(将来の)居住者から、免震復旧により将来の地震に対する安全性を確保したいという強い希望が出たためであるとのこと。設計者も将来の居住者も免震工法による復旧に極めて大きな期待をかけていることに驚かされたが、同時に「本当に大丈夫かな?」と正直なところ心配になった。

通常の耐震改修に用いられる免震工法はいわゆる震前対策としての改修のためのものであり、いろいろ周辺に尋ねてみても、建て替え等を除けば被災建物そのものの復旧に免震装置を利用した事例は数少ないようである。私自身が知る例では1989年ロマ・プリエータ地震で被災したサンフランシスコのマリーナ地区にある木造集合住宅(これ



写真 復旧工法の議論のために選定した例題建物
(都江堰市の6階建てRC造集合住宅)

も1階で大きな残留変形が生じ、建物の引き起こしとともに免震装置を利用した復旧がなされていた)くらいで、確かにあまり例は見ない。そもそも残留変形の残る建物を建て起こすのは、例題建物の規模が小さくないだけに必ずしも容易ではない。しかも曲げ圧壊した柱頭・柱脚部分を補修・補強し、適切に免震装置を設置することはより大きな困難を伴うであろうし、何よりも施工中の安全対策はどうするのか、など難問山積のように思われる。通常免震改修の際の留意事項などを一通り紹介した上で、震災復旧の場合に予想される困難をいくつか指摘したが、果たしてこれで本当に所期の性能が実現されるかどうか。免震工法であれば大丈夫、といった気楽に太鼓判をおしているように感じられなくもない状況に危惧を感じた。一旦補修した部材に免震装置を取り付けて、所期の性能が発揮されるかどうかなどの確認実験や、それを目的とした研究事例はほとんど無いのが実情で、もしも本気でそのような工法を採用するのであれば、まずはこのあたりから攻め始めなければなるまい。

心配といえば、日本においても「大丈夫かな?」と思う事例に出くわすことがある。1980年代初頭に免震工法による建物が建設されはじめてから既に多くの免震建物が世に現れている。特に1995年兵庫県南部地震以降はその数が急増していることは皆さんも良くご存知の通りである。この間、多くの経験を積み、設計法・施工法が洗練されてきたが、一方で慣れてきたがゆえにふと忘れられてしまっているものはないだろうか。

そもそもその設計時において建設場所で想定されている地震動のレベルや特性は、将来の地震の姿を保証するものではない。しかし精緻な計算手法に基づき評価された模擬地震動は、ややもするとその波が、しかも3方向成分いずれも、その通りやって来るものと設計者が思い込んでいるのではないかと感じられることもある。そのような都合の良いことがおきるわけではなく、精解は正解ではなく常に不確定さを考慮したうえで安全性の確保を目指さねばならないことは当然のことである。昨今話題に上ることの多い長周期地震動も然りである。

また上部構造はいわゆる降伏変形領域には到達せず一般に上部構造が問題となることはないため、その応答算定上の解析仮定についてはあまり気にすることなく「いつもの耐震設計時と同じ仮定」で素通りされていることもあるようだ。しかしながら上部構造は弾性領域での挙動が主となり、またしたがって通常の耐震設計時よりも長期応力の影響が大きくなるはずである。そのため実特性との間に大きなばらつきが生じがちな弾性剛性やひび割れ特性点の特定、相対的に大きな比重を占めることになる長期荷重による応力分布の履歴特性仮定に与える影響、など「いつも」のモデル化をそのまま準用してよいか吟味しておくことも重要なはずである。

また昨今は分業が進んだせいも、躯体側の配筋と免震装置からの取り付けアンカー部分がそれぞれ別々の図面で表現されていることも多い。筆者などは複雑な図面を頭の中で瞬時に組み合わせるのに苦労し、両者がどのように「絡んで」いるかがなかなかわからないことが多い。改めて両者をひとつの図面として用意してもらおうと、アンカー部分のディテールに不安が残ることがわかることもある。

あらかじめ気になってチェックしたところは多少の「はずれ」があったとしても致命傷にはなかなかなりにくい、さらっと「流した」ところには落とし穴があり、落ちれば思わぬ(が本当は事前に想定しておかなければならなかった)事態を招きかねない。

まだ経験していないことに対する謙虚な気持ち(もちろんチャレンジ精神は大事であるが)を大切に、(本当はわからないのに)わかったつもりになっていることはないか、根本に立ち返って考えるべき事項の抜けはないか、流れ作業的に対応した箇所はないか、など今一度考えてみるのが重要であろう。油断大敵、技術が定着した(正確には、定着したように見える)今こそ、落とし穴に落ちないように点検すべきと感じている。

冒頭で紹介した復旧事例の建物についても、拙速に復旧するのではなく、損傷部位の修復およびその近傍への免震装置設置後に期待される性能の確認など、基礎的な検討に十分時間をかけて実施されることを願っている。