

# 地震被害をみて思うこと

岸本一蔵\*

## 1. はじめに

本講座は、構造技術者でない一般技術者や大学、高専の学生の方々をも対象としているが、前回までは構造のディテールに踏み込んだやや「深い」話であった。本稿では少し指向を変えて、私が過去の地震被害から構造的に考えておかなければならないと感じた点について記述してみる。

## 2. 非構造体の損傷と落下

耐震という観点からすれば、一般には梁や柱そして壁等の耐震構造体の被害抑制という点に焦点が集まる。言うまでもないが、これらの主構造部材に大きな損傷が発生すれば、地震後の建物の使用に大きな支障がでるだけでなく、最悪の場合多くの人命を失うことになる。一方、例えば昨年東北地方太平洋沖地震で九段会館の天井落下により死傷者が発生した件からもわかるように主要構造以外の損傷、特に落下物について配慮することも極めて重要である。しかしながらこれらについては規準等のガイドラインがあるものもあるが、詳細に検討するとすれば対象が多岐にわたり、また数が膨大なためその対策が十分なされているとは言えないのが現状である。

写真1, 2は海外における建物の被害例である。これらの写真では、非耐震部材であるレンガ造の壁が崩壊して大きな被害を出している。言うまでもないが建物からの落下物は場合によっては人命を失う可能性がありその危険性はより身近なものである。日本ではレンガが補強なしで使われる例は歴史的建造物など一部であるが、補強筋（引張材）が配されていない、或いは長期の使用により鋼材が腐食して欠損しているブロック造などはより身近でしかも類似の被害を受けると考えられる。また、古い学校建築では意匠的な要素や簡易な境界設置の目的でブロックが使用される場合があるが、耐震診断や改修ではこれらの設置物の撤去などが示唆、実施される場合もある。また、これは直接構造の範疇にはいるものではないが、写真3に示すように窓ガラスの破損と落下も危惧すべき危険の一つといえよう。写真4は2009年イタリア、ラクイラ地震時の様子であるが、教会外壁に取り付けられた装飾物の落下を示している。日本では外壁に装飾物を取り付ける建物は少ないと思われるが、看板等の表示器具や空調の室外機の取り付けは比較的良好に見受けられる。



写真1:ホテルの間仕切り壁(レンガ造)の損傷



写真2:外壁(レンガ造)の崩落



写真3: 損傷したガラスの落下状況



写真4: 装飾物の落下

### 3. 主筋の過鉄筋

RC 部材の曲げ耐力は主筋量で決まることはご存じの通りであるが、これは断面内の力の釣合を考えた場合、圧縮力を負担するコンクリートの「勢力」が引張力を負担する鉄筋の「勢力」よりも優勢であり、引張鉄筋が圧縮側コンクリートに先んじて限界（例えば降伏強度）に達する場合に正しい。通常、RC 梁の設計では釣合鉄筋比以下で設計することで上記の範囲を守るになっている。

これが逆転、すなわち引張鉄筋の勢力がコンクリートのそれを上回る状態（過鉄筋）では何が問題なのか？ 教科書的には「脆性的な破壊となるため危険」という説明になるのだが、ここでは実際の被害の例を挙げながらも少し詳しくみる。写真5（インドネシアスマトラ沖地震 2009）は3層の骨組み建物の一階部分の柱がせん断破壊した写真である。明らかに主筋量が多くせん断補強筋が少ない。この写真ではわかりにくいですが、柱は下側半分が完全に無くなっており、コンクリートは粉々である。一方、写真6（インドネシアスマトラ沖地震 2009）はせん断補強筋が少ないが、主筋も少ない場合の柱の被災状況である。柱の上下端にはせん断ひびわれが発生しているものの変形角は1/5に近い。このような状態では水平力に抵抗する耐力はほとんど失われていると思われるが、写真5のような軸力保持が不能な状況には至っていない。また、写真7、8は中国、四川地震（2008）で被害を受けた5層骨組み建物の1階の様子である。柱の柱頭・柱脚が全てヒンジとなっている。この建物もやはりせん断補強筋、主筋量ともに少ない。感性的な話になってしまうが、上記のような地震被害をみていると柱部材に曲げヒンジが形成されるような建物では例え曲げ耐力が小さくとも建物が倒壊に至るような被害を受けることは希ではないかと思う。



写真5: 主筋量の多い柱の損傷



写真7: 柱頭、柱脚にヒンジが形成された建物



写真6: 主筋量の少ない柱の損傷



写真8: 柱頭の損傷状況

逆に、主筋が多く曲げ耐力が大きい部材では相応のせん断補強筋が配置される場合でも、耐力が上昇する分コンクリートが「しんどい」思いをしており、想定外の外力作用やそれに伴う損傷が発生する場合には、「安全性に対する余力が小さくなる」ことを念頭におく必要があると感じる。

また主筋量が多くなると鉄筋とコンクリート間の付着が厳しくなることを認識しておくことも重要である。**写真9, 10**は台湾集集地震（1999）で倒壊した事務所ビルである。本建物では柱の主筋が（適切な表現とは言えないが）見事に抜け出している（**写真10**）。台湾地震では多くの高層建物が倒壊したことが大きな特徴だが、これは**写真11**に示されるように小さい柱断面に多くの鉄筋が配置され、重ね継ぎ手位置で鉄筋-コンクリート間の付着が十分にとれなかったことによる。**写真12**（2009 インドネシア スマトラ沖地震）は柱主筋が接合部で“もがれて抜け出している”状態である。梁主筋は接合部内折り曲げ定着されており損傷を受けていない。一方、柱主筋は接合部内に直線定着されていたが、接合部のかぶりコンクリートの剥落とともに付着力を失い抜け出したものと推察される。

鉄筋コンクリートは鉄筋とコンクリートが一体になって初めて性能を発揮する構造体であり、コンクリートはひび割れにより簡単に一体性を失う材料である。従ってなるべくコンクリートには余力を残して設計することが安全確保の基本であると改めて思う。



写真9: 倒壊した12層の事務所ビル



写真10: 抜け出した主筋

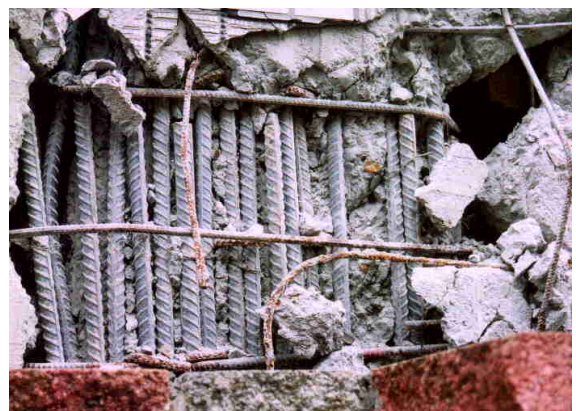


写真11: 重ね継ぎ手



写真12: 柱主筋の接合部からの抜けだし