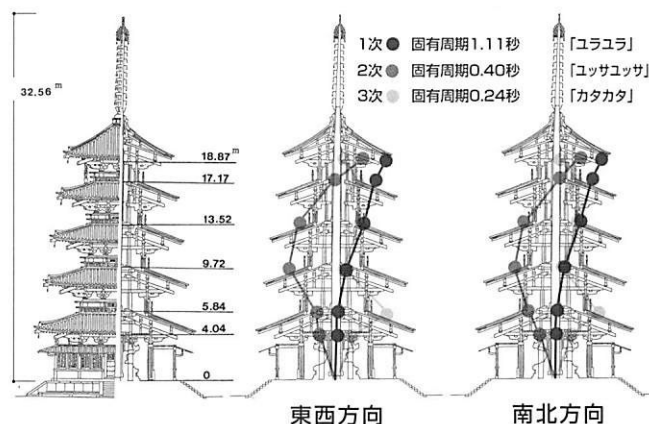


古建築構造の 非破壊診断方法

非破壊診断の背景 我が国には国宝・重要文化財に指定されている建造物のほか、多数の伝統的木造建築が現存する。これらの古建築は古来工匠の流儀・経験・知恵が集積された経験則によって建造されており、地震や台風に対する構造の安定性については不明な点が多い。また、古建築構造について定量的な解析に視点を据えた研究の蓄積も乏しく、保存にあたり数値として安全性を評価しがたい現状にある。古建築はかけがえのない貴重な文化財でもあり、その構造を診断するに当たっては、当然建物に実験的な振動や損傷を与えることのない、非破壊による診断方法が要求される。建物の耐震性を定量的に論ずるためには、固有周期・振動モード・減衰などの振動性状を把握することが不可欠となる。これらの諸性状を把握する方法として、建物に測定機器の設置が比較的簡単に行える「常時微動測定法」がある。

常時微動測定法 建物は人為的に揺らさなくても、常時、ごく小さな地面の揺れを拾うなどして、僅かに振動している。揺れ幅は建物の重さや強さによって異なるが、木造建築の場合、数ミクロンの単位である。この日常的な揺れを「常時微動」と呼び、それを微動計で測定することにより、建物がどのように揺れるか、その揺れる形（振動モード）と、1回揺れるのに要する時間（固有周期）を求めることができる。常時微動測定は、建物に生じている微小振動を測定し、これを数値的に解析処理することにより、その振動特性を推定する方法である。国宝を初めとする重要文化財建造物では、実際に建物を揺らしたり、いつ発生するかわからない地震に合わせての測定は行い難く、また十分な構造実験もできない。そこで、人間に例えると、人間ドックなどで心電図をとって日頃の健康診断を行う方法を採用することになる。

古建築の常時微動測定調査 平成6年度から科研基盤研究(B)により、「常時微動測定による古建築の構造安定性に関する研究」(代表者・内田昭人)として、建設省建築研究所・職業能力開発大学校と共同研究を行っている。これまでに、法隆寺建物4棟・薬師寺建物3棟・東大寺建物1棟などについて常時微動測定を行い、この方法の有効性について検討を進めている。ここでは一例として



法隆寺五重塔の振動モード

法隆寺五重塔の測定結果から得られた知見を報告したい。

常時微動を測定すると、建物は固有の何通りかの揺れ方が混ざった揺れ方をしていることがわかる。一番大きく揺れやすい成分を1次モード、言葉で表現すると「ユラユラ」次に2次「ユッサユッサ」3次「カタカタ」の順となる。五重塔本体は1.11秒かかって各層が同じ方向に揺れながら、同時に0.2秒から0.4秒の固有周期で弓形にになる動きをしていた。これに対して地盤の揺れを直接受ける基壇で測った卓越周期は0.2~0.5秒。ここに塔本体と基壇の固有周期の間には最大5倍以上の差があることがわかった。

従って超高層ビル(数秒に1回揺れる「ユラユラ」と同様で、地震の際の地面の揺れ方と建物固有の揺れ方がうまく合わずにズレができる。つまり、ブランコに乗ろうとして上手にこげない状態に似て、「共振」が起こらず揺れ幅が一定以上大きくならない状態になる。ちなみに、薬師寺東塔は固有周期1.16秒、西塔は0.95秒であり、地面の揺れ方と建物の揺れ方が一致しない、すなわち最も揺れやすい成分から逃れて共振が起きない構造となっており、ここに木塔の耐震性の本質を窺うことができる。一方、戦後間もなく建てられた住宅(1次固有周期0.2~0.5秒)の場合は、地盤の揺れと共振を起こしやすかったと考えられ、阪神・淡路大震災での被害の甚大さがそれを示している。

今後はさらに古建築の常時微動測定を継続しながら有効性を検討し、解析を深めるとともに、データを蓄積して文化財建造物の耐震補強のマニュアル作成に還元したい。

(内田昭人/埋文センター)