

設計用荷重決定方法についての一考察

工学博士 藤田金一郎

(1)

リミット・デザインの設計目標について少くも二つの問題がある。その一つは構造の変形なり、破壊段階の許容限度をどの程度とし、又どの様に規定するかと言う問題である。龜裂や歪みや、彎曲や撓みをどの程度許容するかと言うことである。これは建物使用上や耐用命数の上からの註文等によつて左右させられる。他の一つは設計荷重をどの程度にするかと言う問題であつて、床積載荷重については、用途変更をどの程度豫想するか、又、床積載荷重の管理がどの程度出来るかと言うことを考えなくてはならないし、地震、風、雪等の非常時荷重についてはそれが十数年に一回起る確率のものをとるのか、数十年に一回、数百年に一回と言う確率の大きい荷重をとるのかと言うことがある。そしてその目標を決定する鍵となるものは保安上の限界()がある他、その建物の性質に対応する経済的適正地が最大要素となるであらう。

今、私は上記二つの内の後者の問題について、兼ねてからの考えを述べる。そしてそれは主として構造物の経済の問題として考えようとするものである。

(2)

リミット・デザインはある豫想した荷重に対して龜裂又は破壊に関する明確な限度を条件として責任を持つ設計であるところにその意味があるのであつて、豫想荷重の取り方は本質的にはリミット・デザインによつて、ただ「与えられたる前提条件」にすぎないのであり、荷重はいかなる値にこれを決定しても、これを超過するものが起りうるという性質のものであるから設計用荷重の決定は結局、経済的考慮がある決め手になるより他にないと思われる。

いかにしてこれを決定するか、その一つの考え方を(2)に後述する。即ち、経済の問題として設計荷重を決定するのであるが、他の面より見れば、これはその構造物の安全性を規定し、格付けすることになるのであつて、従来の漠然たる「安全率」の内容の一部分を暗になしていた所のものであるが、これが分離され、明確な形で考えられる様になる。この明確化は、リミットデザインによる力学的操作の合理化明確化と並んで設計荷重計画の合理化、経済化によつて構造計算の合理化、経済化が出来るとの意味に於て重要なポイントであると思われる。

(3)

その具体的な方角を茲に考察する。

設計荷重を大きくするほど、建物は堅固になるが、建設費を増す。例えば数十年に一度しか起らない大きい地震力や風力に耐える建物は十数年に一度と言う程度のそれに耐える程度に設計された建物より大きい建設費を要する。

そこで次のように仮定する。

- (I) その建築は建造後、第 n 年目非常的な外力(地震とか風で構造上使用に耐えぬほど破損するものと見做す。
- (II) その建築の構造工費を n 年間、毎年同額宛償却するものとし、償却は n 年間に完了するものとする。(建築の構造体の使用価値は n 年間不変であると思ふ、従つて、 n 年間同一金額だけ年々償却することが合理的であると考えたわけである。この建物を使用する事業体が構造体の利用によりこの償却全額に相当するだけの利用利益を年々あげると見做す。

或意味で家賃と考えてよい。構造工費に対する此償却金の年比率を P とする。

(Ⅲ) 上記の年々の償却金は年利 r (%) の率で運用せられるものとする。(此場合は、此構造物の利用によつてこの年利が得られるものと考えてもよい。)

(Ⅳ) n 年間の上記の償却金(建物構造物利用によつて生じた事業体の利益、即ち家賃的のもの、又、建物利用価値)とその複利計算による利子の合計を C とし、 C が最初の構造費と同額になるように定額年償却金を決める。

(Ⅴ) 構造費、即ち C は構造の程度によつて異なるべきは当然であり、設計用外力($2n$ 年間に一回即ち n 年目に来ることが最も期待せられる様な大きい震力、風力) が大きいほど C は大きくなる。従つて C は n の函数であつて、外力が震力、風力と言うものである限り、 n が大きいほど C が大きくなる性質を持つてゐる。

所謂「償却基金法」 Sinking fund method が上記の場合に適用せられる。この計算法によると、年償却金額 K は次式で示され、第一図にこれを図示した。(Ⅳ)の考え方により、 $K = CP = 0.01 Cr / \{ (1 + 0.01 r)^n - 1 \}$

この式は n が大きくなるほど、 P 又は K は小となり、又 n がある程度以上大きい範囲においては、 P 又は K の変化は少くなる。(即ち年償却率 P 値は横いする。)

ここで注目すべきこととしては、

(a) n が大きく K 値の変動が少ない範囲においては、年償却費 K より以外の要素、例えば建物が旧式化すること等が建物構造物の経済年限を決定する要素となるであろう。

(b) 生命財産の保安上の見地からは、設計用外力の許容最小限乃至 n の許容下限がある。但し、この許容下限は国民の経済水準、即ち民度等を考えて決定さるべきであろう。

茲に例えば、ビルの設計において、75年に1回だけ統計的に豫想せられる震度を150ガルとし、100年に一回の震度を300ガルとする。又、震度300ガルに耐える構造の工費は150ガルに対するその1.5倍とする。(即ち、 $100/2 = 50$ 年に一回という地震に耐える構造の工費は75年/2 = 38年に対するその1.5倍(概算)となる。)この点を考慮した $K = CP$ を第1図の点線で示したのを参照されたい。この場合には此等の点線は $n = 40 \sim 60$ 年で殆んど水平であつてはつきりとした最小値を見出すことは困難であつて、かかる場合は、経済的な(K を最小ならしめるような) n の値乃至経済的設計用荷重値は構造の考朽又は旧式化によつて決められていることになるであろう。

上記の考え方は、ビルやアパートの設計用震力やテレビ塔の設計用風圧力の経済的決定に役立つと思われる。

但し、これがためには、全国各地点別の震度及び風圧の強度別頻度調査の完備が必要となる所以であり、著者等が昭和24年度以来、調査を推進している災害統計調査が必要である所以である。

(4) 第1回の説明

(1) 耐久年数、即ち、此場合、償却年数が増す程、年償却率又は年償却金額(此場合、構造工費に対する家賃とも言える。)が少くて済むことは当然である。

(2) この毎年の定額償却金額 CP はこれをその建物を用うる企業に運用して得らるべき利益率 r (建物運用利益率) が大きい程小さくて済むわけである。

尚、点線は、設計耐震力150 gal (37.5年寿命) に対し300 gal (50年寿命) とする場合は構造費が1.5倍(大略、一般的推算による)になるものとし、其他

の寿命に対する構造費はインポレートするものとして、寿命37.5年(150gal)に對比してmodifyして描いた曲線である。

- (3) 又、建物を運用して得られる利益又は価値の低い建物の場合(r小)よりも、此運用価値の高い建物の場合(r大)の方が、曲線の横いりが早期に現れる。即ち、建物運用利益率rの大なる建物(商工業建物の如き)の方が毎年償却率P(或る意味での家賃の工費に対する比)は小さく且つ、より短かい耐久命数(償却年限)でPの最小値に近くなる。即ち運用利潤大なる建物程、耐久命数は小さくても(即ち、非常時荷重を小さくとも)、償却率を最小に近くなし得る(即ち、経済的にし得る)傾向にあることが判る。
- (4) 以上は建物破壊による人命や貴重収蔵物に加わる損害は計算に入れていない議論であつて、その危害を考えれば、その建物の公共性や収蔵物品に応じて、上記とは別個に、或最低限の強度を保持すべき保安上課せられることに併せ考えるべきである。この限度は荷重基準と同じ見解のものである。
- (5) 他方、耐久年数を大きくする程、その建物の耐用期間の後半期は旧式化して実質的使用利潤が減るし、又改装するとすれば、改装工費が初工費に加算されねばならず、これ又、実質的使用利潤は減少する。結局はn年間の実質的平均償却率は増大することになるから、第一図の各曲線の右の方の部分は描いたものより上昇することになり、反曲点又は最小値の位置(最小値を与える耐用年限、或は償却年数)は旧式化速度又は要改造期限の大小によつて異なるわけであつて、旧式化の速かな商工業建物では償却年限の小さい所(第一図の比較的左方の点)に来る傾向にある。
- (6) 以上は破壊又は老朽化等による除却工費は考えに入れていない。

