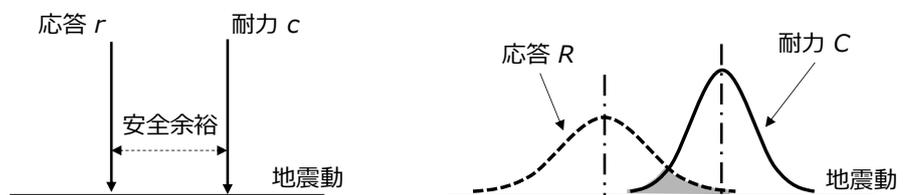


信頼性設計：

構造物の耐震設計では、構造物が持つ耐力が地震外力（作用地震動あるいは構造物の応答）を上回ることを確認します。これを模式的に示したのが図1(a)です。この場合、耐力  $c$  が地震動による応答  $r$  を上回れば ( $r \leq c$  とすれば) 安全は確保できたと判断します。 $r$  と  $c$  の隔たりは安全余裕になりますが、安全余裕を設けるのは予定の耐力を下回る可能性や想定以上の地震動が作用する可能性を否定できないからです。つまり、耐力や外力にはバラツキ（不確実性）があるため、これを見込んだ一定の安全余裕が必要になるわけです。一方、耐力や外力の不確実性を積極的に取入れた設計方法があります。いわゆる信頼性設計です。図1(b)に示すように、応答と耐力はバラツキをもった確率変数  $R$ 、 $C$  と置き、 $R \leq C$  となる確率（これを破壊確率や損傷確率と呼ぶ）を計算します。そして、損傷確率が許容値以下になることを照査し、安全を確認します。このため、安全の概念は「破壊確率や損傷確率は受容できる程、十分小さい」となり、安全に対し絶対を求めないことが前提となります。信頼性設計が導入されると、設計者のみならず構造物の利用

者も「安全に絶対はない」といった発想の転換が求められます。



リスク規範設計：

地震外力が、構造物が持つ耐力を超えたとき、何が起き、何が困るのか。このような地震によって引起される損害を併せて確認するのがリスク規範設計です。具体的には、 $\text{リスク} = \text{損傷確率} \times \text{損害}$ 、と表し、リスクの値が許容値以下であることを確認します。損害は直接損害額（修復費）に加え、構造物が機能しないことによる経済的な損害額も含まれます。人命の貨幣価値を含める場合もあります。リスクが許容値を超える場合、損傷確率を低くしなければならず、その結果、構造物の耐力は上昇します。また、代替の機能を持たせる、機能の回復を早期化させるなど、損害額を減らすことも有効な対策になります。

リスクに初期コスト（建設費）を加えたものを期待総費用と呼び、この方法を用いると経済的な設計ができるようになります。図2に示すように、期待総費用が最小となる耐力が最も経済的となります。この方法では、構造物の役割や機能、社会的影響度など、構造物の経済的貢献度を加味した最適な設計が可能となりますが、経済的な損害額や人命の貨幣価値を過大、あるいは過小に評価するなど、恣意性が入りやすい欠点があります。一方、ISO2394の改訂版<sup>1)</sup>には、リスクに基づく意思決定行為そのものが、構造物の安全性や信頼性に関する規制や標準化に際し、根幹的・基本的な考え方であると、明記されています。信頼性設計やリスク規範設計が設計実務に生かされるのも、そう遠くない将来と考えられます。

1) ISO : ISO2394 General principles on reliability for structures, Fourth edition, P.111, 2015

(a) 従来の設計法 (b) 信頼性設計法 図1 設計における安全性の確認

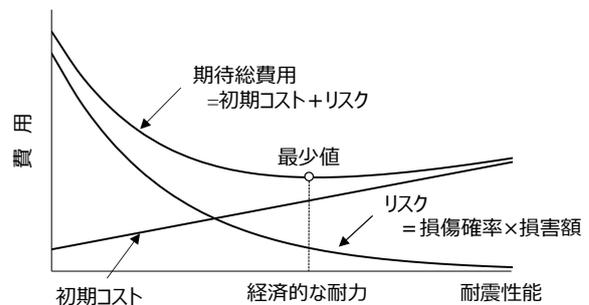


図2 期待総費用最小化