

6. 耐震基準における性能設計（大塚）

6.1 国際規格制定に関する背景

1995年1月に発足したWTO（世界貿易機構）の世界貿易機関を設立する協定（WTO協定）にある政府調達協定によれば、加盟国の政府によって調達される土木構造物は国際規格に基づいた技術基準等によらなければ国際協定違反とされることになる¹⁾。この政府調達協定の第6条（技術仕様）には、技術仕様が国際貿易に障害をもたらす効果を有してはならないことと、技術仕様は性能を基準とすることがうたわれている。

ここで、国際規格に基づいた技術基準とは、ISO（国際標準化機構）で制定された規格を指すと考えなくてはならない。ISO規格は1995年現在、約10,000あると言われており、このうち、品質管理システムを規定した9000シリーズと、環境監査システムを規定した14000シリーズは、土木分野でもよく知られている。

さて、ISOではTC（専門委員会）で規格案が作成され、全メンバー国による投票で規格が決定されるという手順を踏んでいるので、TCの活動は非常に重要である。土木に関する45個のTCのうち、設計・施工に関わる規格を審議している代表的なTCには、コンクリート・RC・PCのTC71、構造物の設計の基本を取り扱っているTC98（Bases for Design of Structures）、鉄骨構造およびアルミニウム合金構造のTC167、土質基礎構造のTC182がある。

本論に最も関係の深い耐震基準に関しては、TC98直属のWG1で、構造物への地震作用を規定したISO3010の改訂作業が日本の建築分野の方々を中心に行われている状況である。前述の政府調達協定の条文において、技術仕様は性能を基準とすることがうたわれているため、ISO3010も性能規定となっている。

さらに注意を要するのは、TC98にある3つの分科会のうち、分科会2（SC2）では構造物の信頼性を論議しており、既に構造物の信頼性に関する一般原則がISO2394として出されており、信頼性理論を基調とした設計規範が規定されていることである。従ってISO3010もISO2394と整合性のある規定でなくてはならない。

6.2 耐震基準における性能設計

従来の仕様設計は、使用材料や解析法をこと細かく規定し、技術の進歩に応じ難い内容となっていたので、非関税障壁を撤廃するための新しい国際規格が、性能設計化し、国際競争がやり易い環境となることは当然の方向である。このような状況に対応した技術者を養成するためにも、国内基準が国際規格と整合のとれた性能保証型の設計基準となることが望ましく、新しい国内基準は徐々にではあるが、性能設計基準へと衣替えをしている状況にある。本論では、耐震基準における性能設計のあり方を考察して行くが、先ず性能設計の基本概念を整理し、その後で性能設計を標榜する各種基準類の実際を紹介する。さらに、基礎構造に関する現在の論議の一端を紹介する。

1) 性能設計の基本概念

性能設計とは、与えられた外的条件（荷重）に対して、で規定された目標性能を満足するように行われる設計行為であると位置づけられる。従って、性能設計型の基準とするためには、表1に示すような設計のパーツが準備されなくてはならない。

先ず第1に荷重の規定であるが、地震荷重の場合、対象とする地震の規模や地震荷重を

定義する位置（地表面か基盤か）、与え方（時刻歴波形か応答スペクトルか）、確定論的にか確率論的にかなど、対象とする構造物・解析法によって荷重の規定に幅がでてくる。次に構造物の重要度であるが、この概念の導入は最近の地震被害を経験して一般に受け入れやすい状況になってきている。さて目標性能は、荷重や重要物と関連づけて定義されるものであるが、これを基準の中で明示することが性能設計の本質であるといえる。機能保持・使用性・健全性・人命の安全性などをどの荷重に対して保証していくかが規定されることになる。これまでの設計では、目標性能の明示が不十分で、作る側はいかなる場合にも安全であることを主張し、使用者もそれを鵜呑みにさせられていたといえ、性能設計になればその点が大きく改善されることが期待される。

目標性能を満足するためには構造物をどの状態にとどめておくべきかを表示することが求められる。例えば、機能が完全に保持されるためには、構造物は無損傷にとどめておくべきであるとか、人命の安全性を保証するには、補強を必要とするような損傷までは許容されるとかの判断である。目標性能およびその表示は、一般の人にもわかる表現でなくてはならない。人々は普通の言葉でこれを理解をし、その妥当性を判断していくのである。

次に、表示された性能を満足しているか否かの判断を行うための評価項目とその具体的値を決める必要がある。例えば、補修は必要であるが補強を要しない程度の損傷という表示性能を評価する評価項目と、その値である。表 6.1 に示すように、この評価項目には、変位、残留変位、応力、ひずみ、ひび割れ、降伏、耐力、座屈、安定など、構造物の種類によって多様な評価項目が用意されよう。具体的な評価値は、最新の研究成果を踏まえて、合理性をもって決められなくてはならない。ただし、現在の研究・技術レベルで、全ての表示性能に対して評価項目の的確な評価値が決定できるとはいえない。これからの積極的な研究が待たれる。

評価項目を算出するための評価方法（解析手法）、解析モデルの選択である。評価項目に対して、静的・動的解析、線形・等価線形・非線形解析法のいずれを用いるか、モデル化をどうするかを決めて、与えられた地震荷重に対して、評価項目の具体的数値を予測していくことが必要である。最後に、材料物性値等であるが、解析にあたって必要な材料物性値、構成則、履歴特性など、必要な数値が多くある。その数値の精度を理解して解析手法・解析モデルを選択することが必要である。

図 6.1 に性能設計の流れを示す。基準としてどこまでが準備され、どこからが設計者

表 6.1 性能設計において必要とされる設計のパーツ

荷重の種類と与え方	構造物の重要度	目標性能	性能の表示	評価項目・評価値	評価方法 解析モデル	材料物性値
極めて希 希 1 回程度 数回程度 直下・プレート境界地震 地表面・地盤 波形・応答スペクトル	極めて重要 重要 一般 重要性低い	機能保持 健全性 人命に対する影響 機能停止	無損傷 補修不要 補修必要 補強必要 短期復旧 長期復旧 崩壊しない	変位 残留変位 応力 ひずみ ひび割れ 降伏 耐力 座屈 安定	静的・動的解析 線形・等価線形 ・非線形解析 応答変位法 質点系・FEM 系	ヤング率 ポアソン比 せん断弾性係数 減衰定数 スケルトンヒステリシス

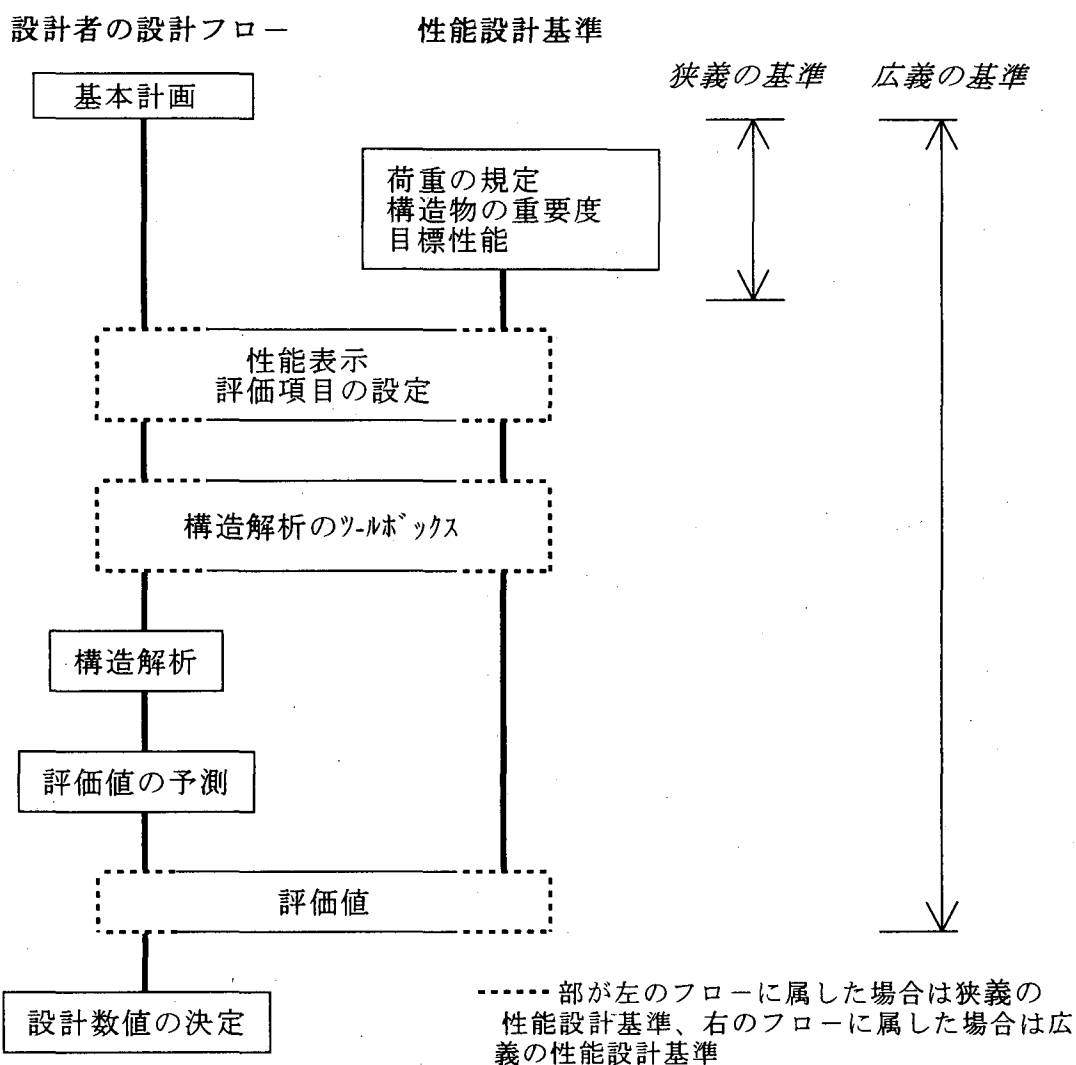


図 6.2 性能設計における設計フロー概念図

の自由な判断によるのかは、まだはっきりしない。ただし、性能設計型基準に適合する仕様設計型基準がある場合、それは例示仕様として生き残る可能性がある（補遺 2 参照）。

2) 各国基準・指針類に見る性能設計

本項では、日本、米国、ISO の耐震基準・指針類から、性能設計に関わる記述を取り出し比較してみる。性能設計表示の基準はそれほど多くはなく、著者の知る範囲で以下の代表的基準類を取り上げた。日本の基準類としては、道路橋示方書耐震設計編（1996.12）、鉄道施設－耐震設計標準（案）（1998.5 ドラフト）、土木学会鋼橋の耐震設計指針案（1996.7）、土木学会コンクリート標準示方書耐震設計編（1996 制定）、土木学会原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震設計に関する安全性照査マニュアル（1992.9）、米国の文献では ATC 32(Improved Seismic Design Criteria for California Bridges, Provisional Recommendations, Applied Technology Council 1996)、Vision 2000(Performance Based Seismic Engineering of Bridges, Structural Engineers Association of California, 1995.4)、及び国際基準としての前述の ISO 3010(fourth draft, 1998.3)である。これらの基準類に関し、地震荷重の設定、構造物の重要度と目標性能、表示性能、評価項目、評価手法について以下のようにまとめた。

(1) 地震荷重

対象とする地震によって、地震荷重は大きく異なってくる。表 6.2 に見られるように、多くの基準で少なくとも2種類の荷重を規定しているが、ビジョン 2000 のように4種類もの地震を想定している案もある。各基準類とも、中程度の地震動と大規模地震動を考慮しており、前者は構造物の供用期間中に1回以上発生する確率が高い地震動、後者は供用期間中に発生する確率は小さいが、考慮すべき地震動と位置づけられる。

表 6.2 地震荷重

道 路	(1)橋の供用期間中に発生する確率が高い地震動： 応答スペクトルで最高 300gal(Ⅲ種地盤に対し) (2)橋の供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度をもつ地震動： タイプⅠの地震動（プレート境界型の大規模な地震） 応答スペクトルで最高 1000gal(Ⅲ種地盤に対し) タイプⅡの地震動（兵庫県南部地震のような内陸直下型地震）： 応答スペクトルで最高 2000gal(Ⅰ種地盤に対し)
鉄 道	L1 地震動：構造物の設計耐用期間内に数回程度発生する大きさの地震動 設計基盤地震動の加速度応答スペクトル 最大値 250gal L2 地震動：構造物の設計耐用期間内に発生する確率は小さいが非常に強い地震動 設計基盤地震動の加速度応答スペクトル スペクトルⅠ（断層解析により算定） スペクトルⅡ（断層直上、設定） 最大値 1700gal スペクトルⅢ（海洋型地震） 最大値 1100gal
鋼構造	L1（中地震）： 道路(1)に対応 L2a（海洋型大地震）： 道路(2)のタイプⅠに対応 L2b（内陸型直下大地震）： 道路(2)のタイプⅡに対応
コン標	レベル1地震動： 標準の水平応答加速度で0.2g程度 レベル2地震動： 基盤岩において設定する。活断層による地震と大規模プレート境界地震のうち影響の大きい方
原子力	基準地震動 S1： 原子力発電所の敷地周辺の過去の地震または活動度の高い活断層による地震（設計用最強地震）により敷地の解放基盤表面に想定する基準地震動 基準地震動 S2： S1を上回るもので、活動度の低い活断層、地震地体構造および直下地震(M6.5)による地震（設計用限界地震）により敷地の解放基盤表面に想定する基準地震動
ビジョン 2000	度々： 再現期間 43年 超過確率 30年に50% 時々： 再現期間 72年 超過確率 50年に50% 希： 再現期間 475年 超過確率 50年に10% 極めて希： 再現期間 970年 超過確率 100年に10%
ATC32	機能評価用地震動： 確率論的に評価された地震動（供用期間中の非超過確率が60%） 安全性評価用地震動： 確定論的に最大可能地震、または確率論的には1000 - 2000年の再現期間を持つ地震動
ISO 3010	そのサイトで発生する可能性のある巨大地震 構造物の供用期間中にそのサイトで発生することが期待される中規模の地震

(2) 重要度と目標性能

表 6.3 に示されるように、与えられた地震荷重に対して構造物が満足すべき目標性能が規定されている。その際構造物の重要度ランクを規定した基準類とそうでない基準類が併

存する。最近の大地震を経験してからは、構造物の重要度を明確にして、目標性能を差別化しても許されると判断する人が多いようである。

目標性能には、低いレベルの地震動に対して使用性、高いレベルの地震動に対して損傷

表 6.3 構造物の重要度と地震荷重に対する目標性能

道 路	特に重要度が高い橋 重要度が標準的な橋	地震動(1) 健全性を損なわない 健全性を損なわない	地震動(2) 限定された損傷にとどめる 致命的な破壊を防止する	
鉄 道	重要度の高い構造物 その他の構造物	L1 地震動 耐震性能 I 耐震性能 I	L2 地震動 耐震性能 II 耐震性能 III	
	耐震性能 I : 地震後にも機能は健全で、補修しないで使用可能であり、地震時に列車の走行性を確保できる 耐震性能 II : 地震後に機能が短時間で回復でき、適度な補修を必要とする 耐震性能 III : 地震によって構造物全体系が崩壊しない			
鋼構造物	最重要路線にある構造物 重要路線にある構造物 その他の構造物	中地震 D D D	海洋型の大地震 C C B A	
	D : 損傷がほとんどない。、目視点検後、すぐに通常の交通が可能状態。 C : 数日以内の補修で復旧可能な程度の損傷で、例えば伸縮継手の損傷。または、補修しながら普通車両を通せる程度の損傷。 B : 最低限の機能を維持している程度の損傷。災害復旧用、人命救助用の緊急車両のみ通せる程度の損傷で、例えば、支承などの損傷により路面に段差が生じた場合や路面に隙間が生じた場合など。普通車両を通すためには、2週間～2カ月程度の期間を有する。 A : 崩壊はしていないが、橋としての機能を失っている状態。補修をすれば再利用が可能だが長期間（2カ月以上）を要する。 As : 崩壊と見なされる程度の損傷、骨組線の変化が極端に大きく、車両通過が不可能な程度の損傷、撤去・立て替えが必要。			
コン標	コンクリート構造物	レベル1 地震動 耐震性能 1	レベル2 地震動 耐震性能 2 または 3	
	耐震性能 1 : 地震後にも機能は健全で、補修をしないで使用可能 耐震性能 2 : 地震後に機能が短時間で回復でき、補強を必要としない 耐震性能 3 : 地震によって、構造物全体系が崩壊しない			
原子力	常時 S1 地震動 S2 地震動	屋外重要土木構造物に対する要求機能 供用時荷重に対して構造物の健全性を確保できる。 配管・機器に発生する応力が弾性範囲を超えない。 非常時に構造物に必要なとされる機能が維持・確保できる。		
ビジョン 2000	地震の頻度 最も安全性が要求される施設 災害に対して重要な施設 一般的な施設	度々 機能完全 機能完全 機能完全	時々 機能完全 機能完全 機能維持	希に 機能完全 機能維持 人命安全
		極希に 機能維持 人命安全 崩壊に近い		
ATC32	重要な橋梁 普通の橋梁	機能評価用地震動 供用は直ちに、最小の損傷 供用は直ちに、修復可能な損傷	安全性評価用地震動 供用は直ちに、修復可能な損傷 供用は制限される、重大な損傷	
ISO 3010	中規模地震 : 構造被害がなく、非構造要素の損傷が許容範囲内 巨大地震 : 構造物が破壊したり、人命を損なわないこと（終局限界状態）			

注 : 地震動の定義は、表 6.2 を参照のこと

・補修の必要性・崩壊の有無に言及にしたものが多い。ただし、記述が細かすぎると設計がそれに対応できるかという技術的な問題が生じる。図6.2は荷重変位曲線上と表示性能の対応を示した概念図であるが、表示性能をどの変位状態に位置づけるかは難しいことが理解されよう。

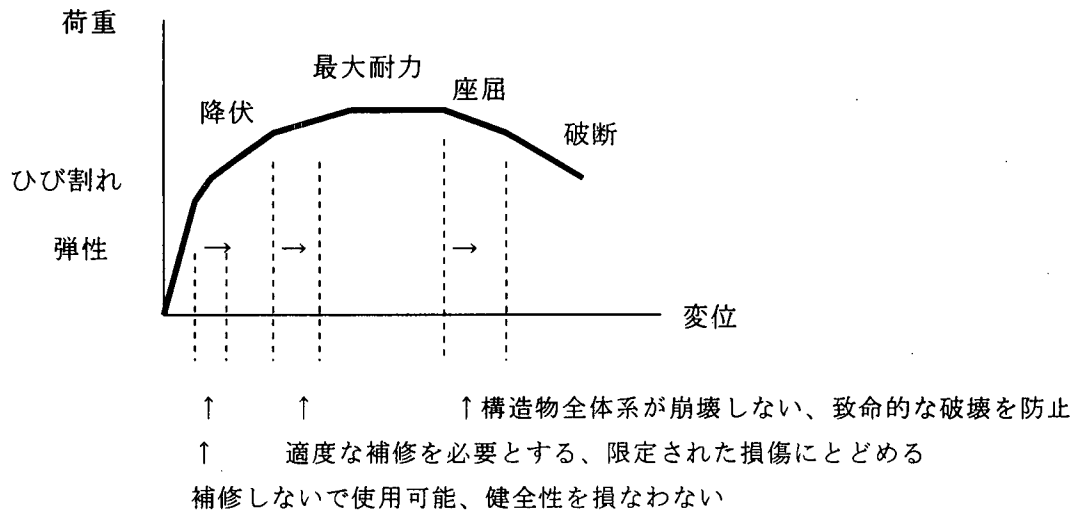


図6.2 荷重変位曲線と表示性能のイメージ

(3) 評価項目

目標性能を達成するために、力学的な評価を何によって行うかを規定しなくてはならない。例えば、許容応力度設計法であれば部材応力度が許容応力度以内であることを証明する

表6.4 主な評価項目

道路	地震動(1)：許容応力度、許容支持力、許容変位 地震動(2)：地震時保有水平耐力、許容塑性率、残留変位
鉄道	L1地震動：損傷レベル（降伏耐力）、安定 L2地震動：損傷レベル（最大耐力、降伏耐力維持）、 応答塑性率、最大応答変位、残留変位、安定、
鋼構造	L1：最大応答水平変位、残留変位 L2a,b：最大応答水平変位、残留変位
コン標	耐震性能1（レベル1地震動）：応力度 耐震性能2（レベル2地震動）：応答変位、残留変位
原子力	常時：耐力、ひび割れ幅、かぶり等 基準地震動S1：変形の復元性、鉄筋応力度、せん断耐力 基準地震動S2：せん断耐力、曲げ耐力、地盤局部破壊
ビジョン 2000	機能維持：ひび割れ、降伏、局部座屈、面外変形 人命安全：コンクリートの剥離、せん断ひび割れ、塑性ヒンジの 形成、崩壊に近い：塑性ヒンジ形成
ATC32	応力、断面力、耐荷力、たわみ、疲労、付着、せん断力 支持力、アップリフト、地盤の安定、
ISO 3010	強度、靱性、座屈、付着強度、せん断破壊、接合部・要素破壊 層間変形、水平変位

ことになる。性能設計において規定された性能を満足するための評価項目は表 6.4 に示すように多岐にわたる。すなわち、応力度の他に、耐力・支持力、変位・残留変位、コンクリートのひび割れ・剥離、座屈などの不安定現象などがあり、これらを的確に評価できる解析手法の整備が必要となる。

(4) 評価手法

構造解析手法として整備されてきた手法が、各基準で積極的に使用されるようになってきた。損傷以前の状態をチェックする場合には、静的弾性解析でよいが、地震時の挙動が複雑であることが予測される場合には、動的弾性解析が必要とされる。大地震に対しては、非線形解析が必要とされ、その場合にも動的挙動の複雑さにより、静的解析でよい場合と動的解析が必要とされる場合とがある。これまでの解析手法は力をベースにした解析方

表 6.5 評価手法

道 路	地震動(1)：震度法、動的解析法（挙動が複雑な橋） 地震動(2)：地震時保有水平耐力法（エネルギー一定則）、動的解析法（挙動が複雑な橋） 動的解析法は、時刻歴応答解析法か応答スペクトル法				
鉄 道	L1 地震動、L2 地震動の如何を問わず、地上構造物および地中構造物に対し、 動的解析法（逐次積分法、等価線形化法） 簡易動的解析法（所要降伏震度スペクトル法、1次モード卓越・塑性ヒンジ発生箇所明確） 応答変位法（深く根入れされた基礎） 静的解析法（抗土圧構造物など）				
鋼構造	L1：震度法 L2a：保有水平耐力照査法・機能保持照査法またはそれに変わる方法 L2b：動的解析法またはそれに変わる方法				
コン標	レベル1地震動：震度法、応答変位法（地中構造物） レベル2地震動：時刻歴応答解析法、エネルギー一定則等				
原子力	動的解析法または動的解析法に準ずる近似解析法（基準地震動に基づいた応答変位法、FEMによる静的連成解析法）				
ビジョン 2000	地震の頻度	機能完全	機能維持	人命安全	崩壊に近い
	度々	A	×	×	×
	時々	B	A	×	×
	希に	C	B	A	×
	極希に	—	C	B	A
	A(一般的な施設) における設計手法：CD, DB, EB, F/S, SF/S, PD B(災害に対して重要な施設) における設計手法：CD, DB, EB, F/S, SF/S C(最も安全が要求される施設) における設計手法：CD, DB, EB, F/S ここに、CDは確率論的限界状態設計法、DBは変位を基本とした解析法、EBはエネルギーを基本とした解析法、F/Sは一般の力/強度設計、SF/Sは簡易な力/強度設計、PDは規範設計				
ATC32	普通の橋(タイプ I)	普通の橋(タイプ II)	重要な橋(タイプ I)	重要な橋(タイプ II)	
	機能評価	要求なし	要求なし	AまたはB	
	安全性評価	AまたはB	B	AまたはB	
	タイプ I は単純な橋、タイプ II は複雑な橋、 A は等価な静的解析、B は弾性動的解析、C は非弾性静的解析または非弾性動的解析				
ISO 3010	動的解析：高層建築物、形状・質量分布・剛性分布に偏りのある構造、新構造、新素材を用いた構造、地盤が特殊、重要構造物 等価な静的解析：通常の規則的な建物 崩壊メカニズムは塑性極限解析、フッシュオーバー解析によることができる。				

法が主であるが、ビジョン 2000 に提案があるように、変位を基本にした解析法、エネルギーを基本にした解析法などの合理性も指摘されだしており、今後、これらの解析手法を用いた耐震設計法の確立が望まれよう。図 6.3 は構造物の挙動と解析手法の概念図を示す。

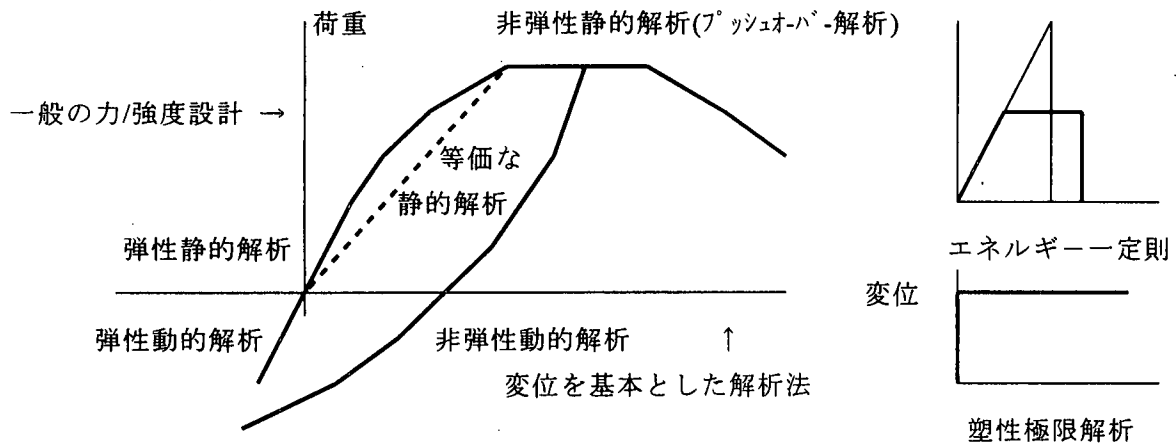


図 6.3 構造物の挙動と解析手法の概念図

6.3 基礎構造物の性能設計

兵庫県南部地震以後、基礎構造物の耐震設計の重要性が再認識されだした。これは、橋脚や上部工が震災後速やかに被災調査が行われるのに対して、基礎構造物の調査は地盤掘削を伴う大がかりなものになるため、震災後の混乱した状態を考えると、予算的にも工期的にも被災調査や復旧工事ははなはだ困難であることが認識されたからである。したがって、特別な場合を除き、基礎には補強を必要とされる損傷が生じないように設計することが求められよう。しかも、基礎構造自身の損傷とは別に、上部工の機能保持が困難となるような変状を上部工に与えてはならないことが課せられる。こう考えると、基礎の目標性能は、地上構造物より 1 ランク厳しい制約が課せられることが必要であろう。表 6.6 は基礎構造に要求される目標性能をまとめたものであるが、このように地上構造物より厳しい耐震設計が要求されよう。

このような目標性能に関して、上部工への影響を考えた場合、基礎・フーチング自身、

表 6.6 杭基礎に対する性能レベルごとの要求性能

		性能レベル I	性能レベル II	性能レベル III
要求性能	設計の精神	無被害又は軽微な被害	継続使用可能	人命安全又は空間確保
	限界状態	使用限界	損傷限界	終局限界
	予測する被害の状態	<ul style="list-style-type: none"> 橋梁の機能（支障、伸縮継ぎ手などを含む）や使用性に支障を生じさせない状態に、地盤および基礎の応力と変形をとどめる。基本的に全て弾性内。 	<ul style="list-style-type: none"> 原則として下部工躯体は補修をして再使用が可能となり、機能や使用性が回復する。 地盤の塑性化は許容するが、上部工は弾性状態。 	<ul style="list-style-type: none"> 塑性領域での変形性能に期待する。 過大な基礎の変位・変形や支持力の喪失、基礎部材の力の伝達機構の喪失による崩壊（落橋）を防止する。

表 6.7 杭基礎における評価項目

		性能レベル I	性能レベル II	性能レベル III
基礎・地盤に関して	上部工への影響を考えた評価項目	<ul style="list-style-type: none"> 全沈下量 基礎間の相対沈下量と傾斜 水平変位 回転移動量 橋脚天端・基礎の残留変位 上部構造と下部構造の相対変位 		
	基礎、フーチングの評価項目	<ul style="list-style-type: none"> 鉛直支持力 部材の応力度 部材のひび割れ・ひずみ・変形 	<ul style="list-style-type: none"> 基礎天端の水平変位、鉛直変位、回転量 部材のせん断力 部材の曲げ耐力 部材の塑性率 残留変位 	<ul style="list-style-type: none"> 支持力の保持限界 杭基礎の 2 点ヒンジ フーチングのせん断力 杭頭結合部の破壊
	地盤の評価項目	<ul style="list-style-type: none"> 地盤の安定 応力度 	<ul style="list-style-type: none"> 地盤の液状化 地盤の側方流動 地盤の水平・鉛直変位量 残留変位 地盤の応力度 	<ul style="list-style-type: none"> 地盤全体の安定

地盤のそれぞれに対して、評価項目を考えた場合、表 6.7 のような項目が列挙できる。上部工への影響を考えた評価項目では、全ての性能レベルに対して沈下量、変位量に関し適切な制限値を決定することが必要であり。性能レベル II 以上に対しては、その他に、橋脚天端や基礎の残留変位などが制限されて損傷限界、あるいは終局限界における目標性能が満足される必要がある。基礎・フーチング自身の評価項目に関しては、鉛直支持力、基礎天端の水平・鉛直変位、回転量は全ての性能レベルに共通した項目であるが、強度に関しては、応力から、耐力、不安定現象へと評価項目が変化する。地盤の評価項目については、地盤の安定性・液状化・側放流動は各性能レベル共通であり、性能レベルが上がるに連れて応力から変位、全体安定へと評価項目が変化する。

以上の評価項目に関する値を的確に推定する解析手法とモデル化に関しては、表 6.8 のようにまとめることが出来よう。図 6.4 は橋脚・基礎構造の一体モデルと抵抗特性の概念図を示す。

表 6.8 解析モデルと必要な材料定数

	性能レベル 1	性能レベル 2	性能レベル 3
解析モデル	2次元ラーメン構造 線形弾性ばね 弾性杭・剛フーチング	2次元ラーメン構造 弾完全塑性ばね 非線形杭・剛フーチング	下部工・基礎・地盤一体型 弾完全塑性ばね 非線形橋脚・杭・フーチング
解析手法	静的弾性解析	静的非線形解析 動的非線形解析	動的非線形解析 静的非線形解析
材料特性	<ul style="list-style-type: none"> 地盤定数 (N 値、c、ϕ、γ) 杭体の材料強度 材料の非線形特性 		<ul style="list-style-type: none"> フーチングの材料強度

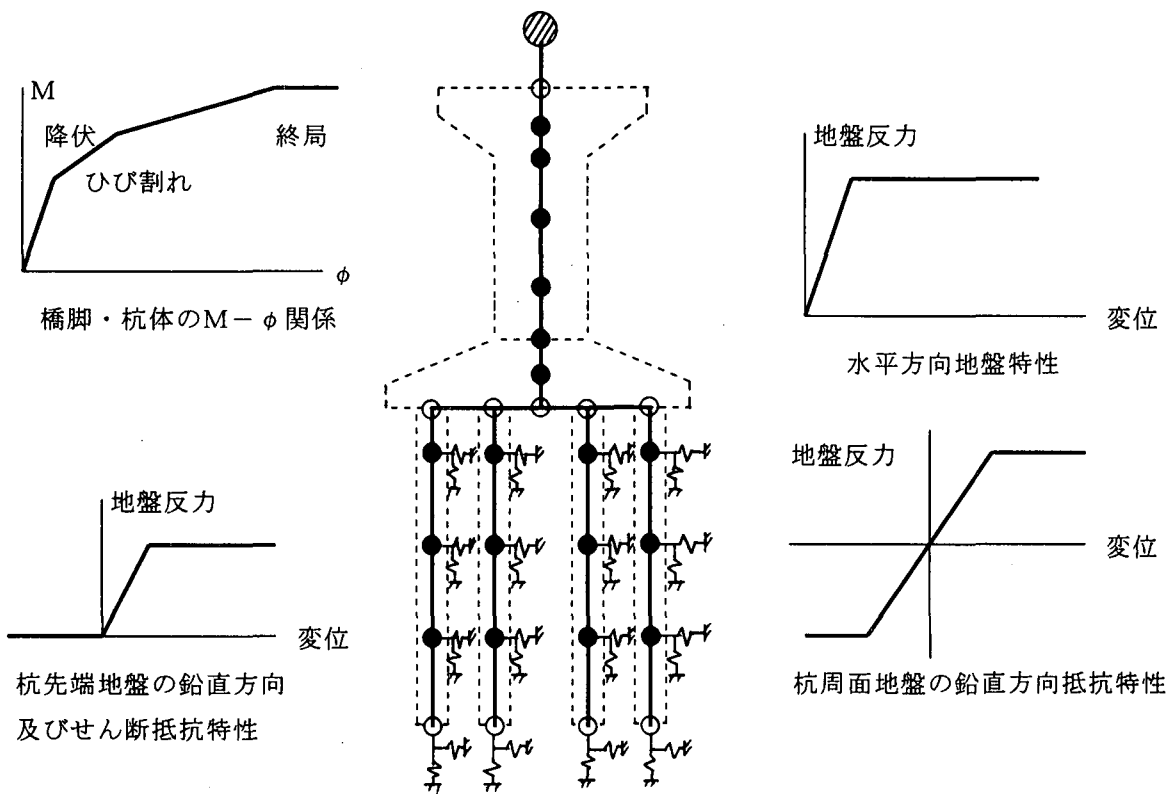


図 6.4 橋脚・基礎構造の一体モデルと抵抗特性

6.4 性能設計の確立のために必要なこと

本章では、国際基準として採用されることが確実視される性能保証型の設計基準について、特に耐震設計基準として規定される場合のあり方の概要を、類似基準類を参考にしながら見てきた。性能設計に対する両極端の対応として、例示仕様によれば今までと全く変わらずに設計できるとする意見と、規定された性能を満足すれば、例示仕様に縛られずに自由な設計が可能になるとする意見に分かれる。どちらも正しいといえるが、日本全体として、あるいは会社レベル、個人レベルでどう対応していくかが問われることになり、国際的な競争の中で、日本の技術力が正当に評価されるための対応が望まれる。

また、性能設計を実行するためには、まだまだ明らかにしておかなければならない技術的課題があることも理解される。本文では述べなかったが、性能設計はいわゆる限界状態設計法をベースにして構築されるはずである (ISO3010 ドラフト参照)。限界状態設計法には、確率論的な概念が導入されていること、各種限界状態を考慮しており目標性能との対応が付きやすいこと、さらには ISO 基準の原案を作成している主要国の国内基準が限界状態設計法に移行しているか移行しつつあることなどがその理由として考えられる。我が国の技術者の多くは、この方面の勉強も必要となろう。

補遺 1： 本章 1 節においては、国際規格との対応において性能設計を論じてきたが、日米両国において性能設計への移行を促進している要因には、両国における最近の地震被害による教訓があげられる。すなわち、例えば建築物において大地震に対しても安全であるという認識は、構造設計者においては構造の崩壊を阻止した人命の安全を意味しているのに対し、建築物の利用者においては、財産の安全を期待していたというように、認識のずれがあった。このことから、構造物も一般工業製品と同じように、保証性能を明確にして製造者と使用者の合意の基に生産行為が行われるべきで

あるとの認識が国民に急速に広がって行き、前述の国際規格による外圧もあって、性能設計への移行が促進されたと考えられる。

補遺 2：新しい建築基準法の性能設計化

改正建築基準法が今通常国会で成立し、6月12日に公布された。改正の内容は大別して、建築確認等手続きの合理化、建築規制内容の合理化、建築規制の実効性の確保の3つに分けられる。このうち、建築規制内容の合理化に建築基準の性能規定化等基準体系の見直しが含まれている。その背景は、建築物の設計の自由度の拡大や建築生産での高コスト構造の是正が必要であること、従って、規制項目の見直し、技術革新や海外資材の導入の円滑化を可能にする建築基準体系の導入が課題とされたことである。改正のポイントとしては、一定の性能さえ満たせば多様な材料、設備、構造方法を採用できる規制方式（性能規定）を導入し、あわせて、建築物単体の規制項目の見直しを行うことにある。具体的な手順としては、

- (1) 性能項目、性能基準を明示するとともに、それを検証するための試験方法や計算方法を提示する。（具体の基準は政令による）
- (2) 性能規定化に対応した、申請者の負担軽減、確認審査の効率化の措置を講じる。
- (3) 従来の仕様規定は性能基準を満たす例示仕様として政令・告示で位置づける。
性能項目としては、防火性能、地震等に対する構造安全性能、遮音性能 等 (政令)
性能基準としては、梁・柱等の主要構造部の部位別の耐震性能基準 (政令)
検証方法としては、例えば耐震設計法 (政令・告示)
例示仕様としては、性能基準を満たす従来の仕様規定 (政令・告示)

参考文献

- 1)長瀧重義：ISO規格と国際技術競争、JSCE、Vol.82、pp.42-44、1997年9月
- 2)三橋博三：ISO/TC98 専門委員会における構造物の設計の基本に関する検討、コンクリート工学、Vol.34、No.3、1996.3、pp.56-58
- 2)日本道路協会：道路橋示方書耐震設計編、1996年12月
- 3)鉄道総合技術研究所：鉄道施設－耐震設計標準（案）、1998年5月、ドラフト
- 4)土木学会鋼構造委員会：鋼橋の耐震設計指針案、1996年7月
- 5)土木学会コンクリート委員会：コンクリート標準示方書耐震設計編、1996年制定
- 6)土木学会原子力委員会：原子力発電所屋外重要土木構造物の耐震設計に関する安全性照査マニュアル、1992年9月
- 7) Applied Technology Council：ATC 32(Improved Seismic Design Criteria for California Bridges, Provisional Recommendations)、1996年
- 8) Structural Engineers Association of California：Vision 2000(Performance Based Seismic Engineering of Buildings, 1995.4
- 9) International Standard Organizations: ISO 3010(Seismic actions on structures), fourth draft, 1998.3
- 10)小林勝巳：基礎構造設計における要求性能、建築技術、1997. 3、pp.108-119
- 11)建築学会：性能規定と構造設計、建築雑誌、Vol.113、No.1418、1998. 2
- 12)日本鋼構造協会：建築基準法の一部を改正する法律案の要点、JSSC、No.28、1998、pp.11- 16
- 13)大塚・五瀬・石塚：米国における橋梁耐震設計の考え方の概要と地震時断面力の算出例、橋梁と基礎、Vol.32、NO.3、1998.3、pp.45-50
- 14)大塚久哲監修：基礎の限界状態設計法入門、九州大学出版会、1989.8