

構造設計指針の概要

—設計指針作成WG—

勅使川原 正臣*1・町田 重美*2

1. まえがき

性能に基づく設計の必要性、意義、設計の原則が、建設省の総合技術開発プロジェクト「新構造体系の開発」(以下、新構造総プロという)により提案され、また、1998年には建築基準法への性能規定化の導入も決定された。基準法への性能規定化導入の詳細は未定であるが、新構造総プロでは、「使用性」、「修復性」、「安全性」の3つの基本構造性能を設定し、応答値(荷重・外力)が限界値を上回らないことを確認する性能評価法の原則を示している。

本プレストレスト部材を用いた鉄筋コンクリート造建築物の構造設計指針(以下、PC構造設計指針という)は、建築基準法の性能規定化の導入に抵抗なく対応できるように、新構造総プロで提案された性能評価の原則に則った評価法(設計法)を採用した。

すでにPC構造の設計は、施行令第80条の2、および第81条ただし書きに基づく告示により終局強度設計を行っており、常時、風、雪に対する安全性設計は総プロでの原則から大きくはずれるものではない。しかし、地震に対する設計では、その部材の組合せおよびその使用部位が表-1に示す組合せのように多岐にわたり、典型的な履歴減衰の傾向も異なる(図-1)ため、告示の方法ですべてのPC構造の地震に対する安全性が合理的に確保されるかどうかには疑問がある。さらに、31mを超えるPC建築物を設計するための構造特性係数の設定は困難である。そこで、プレストレスト力にもよるが、非線形領域でも弾性的な挙動を示し、履歴減衰も比較的安定したものとして求めることができるPC構造の特徴を利用した方法により地震動に対する応答値を算定する設計法を提案した。一つの方法として各次のモードに分解して線形応答に関連づける等価線形化手法を採用している。

本指針の適用範囲は、常時において曲げひび割れを発生させないことを目標とするフルプレストレスト構造、でき

る限り曲げ引張応力を小さく抑えるパーシャルプレストレスト構造、曲げひび割れを制御するプレストレス鉄筋コンクリート造(PRC)構造としている。また、適用できる架橋形式は、純ラーメン、連層耐力壁としている。アウトケープルによるPC部材は、本指針の作成プロジェクトにおいてその構造性能を十分に検討していないため適用外とする。また、アンボンド部材は耐震部材に用いないこととする。

2. 目標構造性能

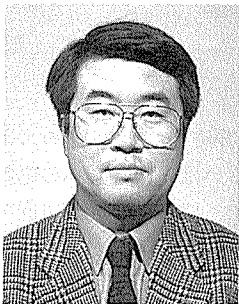
本指針は、「設定された建築物の各限界状態が、対応する荷重・外力に対し、確保されていることを検証し、建築物の有する性能を明らかにする」という性能評価型の構造設計体系に基づいている。本体系では、まず、「性能評価項目を設定し、各性能評価項目ごとに目標とする構造性能の水準を設定する」という目標構造性能の設定を行う必要がある。ここで、性能評価項目とは、人命の保護を目的とする「安全性」、財産の保全を目的とする「修復性」、機能および居住性の確保を目的とする「使用性」の3つの基本構造性能と、構造骨組み、建築部材(構造部材、内外装材)、設備機器、什器、地盤の5つの評価対象の組合せをいう。

「安全性」を要求する目的は、建築物の内外の人命に直接及ぼす危険を回避すること(人命の保護)であり、評価の内容は、各評価対象について人命の保護が損なわれないように破壊等を適切に防止できているかどうかを評価することである。

「修復性」を要求する目的は、建築物が外部からの刺激によって受ける損傷に対する修復のしやすさを確保すること(財産の保全)であり、評価の内容は、各評価対象について財産の保全が損なわれないように劣化や損傷を修復のしやすさの観点(構造性能の回復性、修復工事の難易度、修復に関する経済的損失など)から設定した範囲内に適切に制御できているかどうかを評価することがその内容である。

「使用性」を要求する目的は、建築物の使いやすさ、住みやすさを確保すること(機能および居住性の確保)であり、評価の内容は、各評価対象について機能および居住性の確保が損なわれないように機能障害や感覚障害を適切に排除できているかどうかを評価することである。

構造性能の水準は、安全性、修復性、使用性に関する尺度を示すものであり、それは、建築主の要求を満足する一方で、社会的な制約を考慮のうえ、文化的・経済的状況を踏まえて、建築主と設計者の合意のもとに設定することが望ましい。建築基準法は、技術水準に応じて社会的な制約を反映し、必要に応じて構造性能の性能評価項目に対して最低水準を規定しており、個々の建築の構造性能の水準はそれを下回らないものでなければならない。構造性能の水



*1 Masaomi TESHIGAWARA

建設省 建築研究所 第3研究部 室長



*2 Shigemi MACHIDA

(株)東京建築研究所 取締役副社長

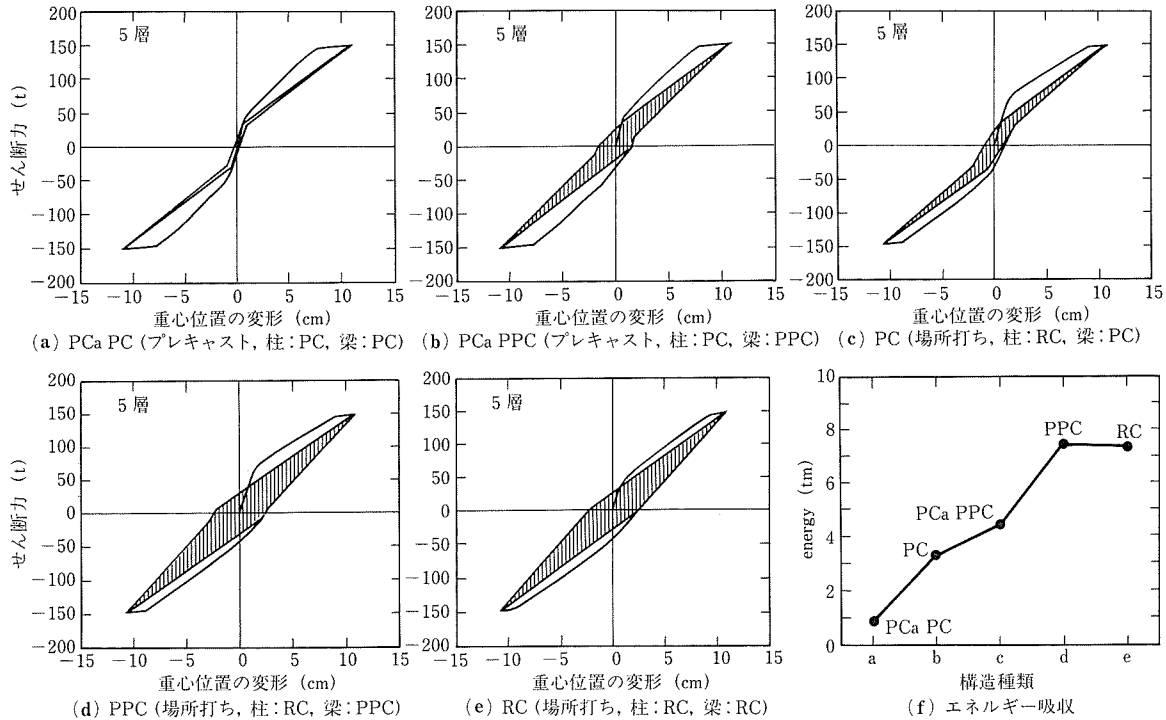


図-1 5層モデルのエネルギー消費 (1/120)

表-1 各設計種別の部材の組合せの例

架構名	構造と設計種別	柱	梁	接合方法
1	PCa PC	プレキャストPC造	PCa PC	PC圧着接合
2	PC	場所打ちPC造	PC	場所打ち造
3	PCa PPC	プレキャストPPC造	PCa PPC	PC圧着接合
4	PPC	場所打ちPPC造	PPC	場所打ち造
5	RC	場所打ちRC造	RC	場所打ち造

準の設定は建築主が行うことが原則であろうが、設計者は建築主よりも通常は、はるかに多くの建築構造技術や性能に関する情報を有しており、構造性能水準の設定にあたっては、主体的な役割を果たすべきである。さらに、建築主が水準の設定にあたり判断できるだけの十分な情報を開示すべきである。設計者は、構造性能水準の設定のために、経験的手法や確率的手法などにより水準を決定する要因や尺度を適切に考慮する必要がある。

本指針では、構造骨組みおよび建築部材の常時・積雪時・暴風時、および地震時に対する使用性、安全性を構造性能の項目として取り上げているが、必要に応じてこれ以外の評価対象（設備機器、什器、地盤）や荷重および外力の種類（地盤に起因する外力、温度による荷重、人間の行動や機械・設備に起因する荷重など）修復性についても評価を行う必要がある。

3. 設計のフロー

上記の性能を検証するため、常時、暴風時および積雪時に対する許容応力度設計、および終局強度設計を行う。許容応力度設計が使用性の確認に、終局強度設計が安全性の確認に対応している。また、地震動に対しては、中小地震動時に部材の未降伏を確認する使用限界設計(使用性の検証に対応、使用限界設計時)を行うこと、および安全限界設計

(安全性の検証に対応、安全限界設計時)として極大地震動時における建築物の変形能と耐力の確認を行う。また、必要に応じ修復限界設計(修復性の検証に対応、修復限界設計時)として大地震動における修復性の確認を行う。

基礎構造および地下階の構造部分には十分な剛性と強度を付与し、常時や使用限界設計時ならびに暴風時や積雪時において、上部構造ならびに基礎構造に通常の使用に支障が生じないようにするとともに、過大な変形や沈下ならびに傾斜や滑動が生じないようにする。

また、基礎構造は上記荷重時のほか、終局限界設計時においても、上部構造からの鉛直力および水平荷重を安全に地盤に伝達できる構造とする。

本指針で想定している設計の流れを図-2の設計のフローに示す。常時、風、雪に対する設計は告示の方法を踏襲している。地震に対しては地震応答値を求めその時点で崩壊・倒壊しないことを確かめる方法をとっている。設計フローのなかで設定しているクライテリアを表-2にまとめて示す。ここで応答値は図-3に示す応答変位と応答水平力の関係(建築物の減衰性を考慮した応答スペクトル)と、建築物を代表する(等価1自由度系の)荷重変形曲線の交点として求まる。

4. 部材の設計

部材の設計は、架構全体の応答値を1.5倍以上のエネルギーを確保できる変形時点、あるいは、架構全体の応答平均部材角以上を確保するなどして、建築物の高さ方向の変形分布のばらつきを考慮した部材設計用応力・変形に対して行う。架構全体の応答と各層、各部材の応答の関係は、荷重増分非線形解析によることを原則としている。解析プログラムの開発を依頼している。

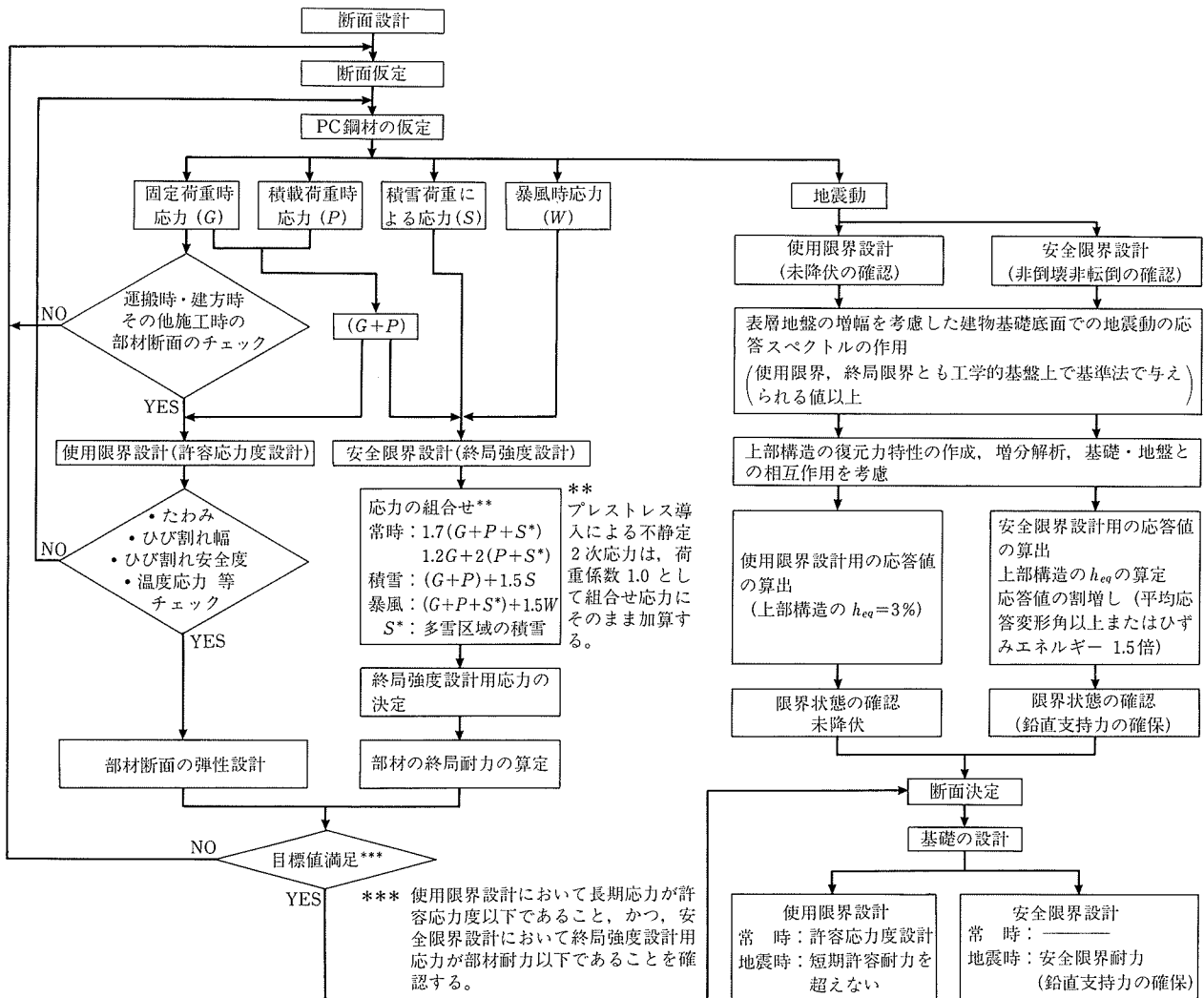


図-2 設計のフロー

表-2 設計のクライテリア

	使用性		修復性		安全性		G: 固定荷重による応力, P: 積載荷重による応力, S: 雪荷重による応力, W: 風荷重による応力, 中地震: 複数回の遭遇を想定した地震動, 大地震動: 建築物の耐用期間中に1度以上の遭遇を想定した地震動, 極大地震動: 建設地域で想定すべき最大級の地震動で基準法で定められる以上のものとする。S, W, 中地震は建築基準法の短期荷重時のものを最低限設定する。-: 本指針では、具体的なクライテリアを定めていない。
	荷重	限界値	荷重	限界値	荷重	限界値	
常時	$G+P+S$	ひび割れ, たわみなど	-	-	$1.7(G+P+S)$ $1.2G+2(P+S)$	崩壊形を形成しない	
風	-	-	-	-	$(G+P+S)+1.5W$	崩壊形を形成しない	
雪	-	-	-	-	$(G+P+S)+1.5S$	崩壊形を形成しない	
地震	中小地震	部材が降伏しない	大地震	使用限界と安全限界の間で適宜設定する	極大地震	鉛直支持能力の確保	

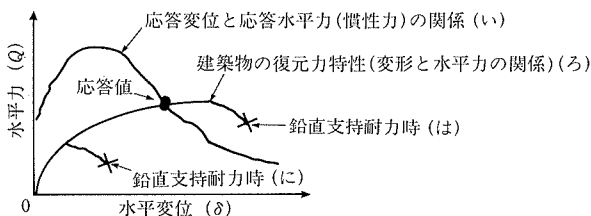


図-3 建築物の減衰性を考慮した応答スペクトルと、建築物を代表する(等価1自由度系の)荷重変形曲線の交点の交点として求まる建築物の応答値

部材強度・変形能を確保する方法は原則として使用材料の特性を用いて、応力の釣合い、変形(ひずみ)の適合条件に基づき算定する。

5. 設計例の概要

設計例1は、図-4に示すセンターコア型事務所、本試設計のテーマは経済性である。階数は10階(軒高41m)、架構形式としては純ラーメンとした。構造形式は、大梁は経済性等を考慮して桁行き方向(スパン7.5m)はRC構造、スパン方向はPPC (PRC) 構造、柱はRC構造とした。床につい

てはPC合成床板を用いて小梁なしとした。部材断面は、柱が1 000×1 000程度、大梁が500～600×1 100～1 200程度である。建物の保有水平耐力は、ベースシア係数でX方向約0.32、Y方向約0.33である。

設計例2は、図-5に示すダブルサイドコア型事務所で、本試設計のテーマは合成構造である。階数は11階（軒高45m）、架構形式としてはX方向純ラーメン、Y方向はコア部分に連層耐震壁を有するラーメン構造とした。構造形式は、X方向（スパン6m）はRC構造、Y方向のロングスパン梁（18m）はPC構造、それ以外の梁はRC構造、柱はRC構造である。部材断面は、柱が900×900程度、大梁が400～600×1 000程度である。建物の保有水平耐力は、ベースシア係数でX方向約0.30、Y方向約0.35である。

設計例3は、図-6に示すボイド型集合住宅で、本試設計のテーマは工業化・高プレキャスト化である。階数は20階

（軒高60m）、架構形式は純ラーメンとした。構造形式は、大梁はハーフプレキャストPC造、柱はプレキャストPC造とし、接合は圧着接合とした。部材断面は、柱が750～1 000×750～1 000程度、大梁が450～700×900程度である。建物の保有水平耐力は、ベースシア係数で約0.31である。

試設計により高さ60m程度までは、本指針により十分にPC構造で設計できることが確認された。



図-4 センターコア型事務所



図-6 ボイド型集合住宅



図-5 ダブルサイドコア型事務所

6. あとがき

構造物の性能を設定し、それに応じた設計が可能な道筋を示すことができた。本指針を幅広く運用していくには、より合理的な限界値、安全率の設定等まだまだ検討すべき点は多数残っている。本指針は今後開発されるであろうさまざまな評価法を無理なく反映できるものである。今後、さらに充実したものとしていくためのご協力をお願いしたい。

謝 辞

本報告は、「設計指針作成WG」で検討されたものをまとめたものである。WG委員に謝意を表する次第である。

【1999年4月12日受付】