

地震防災担当者のための 耐震設計の共通化に関する基礎的研究

ON STANDARDIZATION OF VARIOUS EARTHQUAKE RESISTANCE DESIGN
CODES FOR IMPROVING GOVERNMENT ENGINEERING ABILITY

堀 宗朗¹・市村 強²・寺田 賢二郎³

¹Ph.D. (応用力学) 東京大学教授 地震研究所 (E-mail: hori@eri.u-tokyo.ac.jp)

²Ph.D. (社会基盤工学) 東北大学大学院 工学系研究科 (E-mail: t-ichim@civil.t.tohoku.ac.jp)

³ Ph.D. (機械工学) 東北大学大学院 工学系研究科 (E-mail: tei@civil.t.tohoku.ac.jp)

地震防災担当者の技術力を向上することは地震被害の軽減に直結する。防災対策の立案・実施に高度な被害想定が可能となるからである。技術力の拠り所には各種構造物の耐震設計が最適であるが、さまざまな耐震設計を非専門家が理解することは容易ではない。本研究は、情報科学の手法を適用することで、各種耐震設計を共通の枠組みで再構築することを試みた。オブジェクトを使ってフローチャートの記述を変えることで再構築を行い、一般的な耐震設計や個々の耐震設計に対し、その概要・内容・計算の手順を構造的に示すことが可能となった。このような形で再構築された耐震設計は防災担当者の耐震設計の理解を支援することが期待される。

キーワード： 構造物の耐震設計，耐震設計の計算方法，概念と手法の共通化，オブジェクト，地震防災担当者

1. はじめに

地域の地震防災計画を立案・実施する地方自治体の防災担当者^{1,2)}は、地震防災を促進する上で大きな役割を果たしている。しかし、技術的な側面からみると防災担当者の実態は必ずしも理想的ではない。防災担当者は行政官であるため、地震や耐震に関して高度な理解を持つことは難しい。技術系の行政官であっても、構造物の設計・施工を経験することよりも、示方書等にしがって建設事業を認可することが主要な業務であり、設計・施工に関する経験は極めて限られている。一方、地震動は地域の地質・地盤構造に依存し、建物は地域に特有な特性を持つ。地震防災の立案にこの点を考慮することは重要な課題であり、技術的により高度な役割を果たすことが防災担当者に将来要求されると思われる。

現在・将来の役割を考えると、防災担当者の技術力の向上は重要である。技術力とは、防災計画の立案・実施を行うために、構造物の地震被害を適切な正しさで予測することであり、予見は、確からしさやばらつきを含めて専門家の被害予測を理解することを意味する。また、防災担当者の対象は多種多様の構造物であるため、深さが要求される専門家と比べると、浅くとも良いから広い知識を持つことが必要となる。

地震被害は人命にも関わる問題である。したがって技術力には確固たる裏付けが必要である。構造物の地震応答は物理現象であるため、地震応答メカニズムの理解が技術力の裏付けとなる。構造物の地震応答メカニズムは複雑であり全貌を理解することは決して容易ではないが、過去の知見は耐震設計に集約されている。すなわち、耐震設計を通して、各種構造物の被害に至る地震応答メカニズムと被害過程を理解することが技術力の裏付けとなると考えられる。

以上、耐震設計を通じた構造物の地震応答メカニズムの理解が防災担当者の技術力向上につながる結論された。しかし、耐震設計は元来構造物を造るために記述されたものである。構造物の専門家ではない防災担当者が理解すること、また、一つではなく多種多様の構造物の耐震設計を理解することは簡単なことではない。この二点を解決し技術力向上に貢献するため、本研究では共通化という方策を取り上げた。後述するが、共通化とは、各構造物の高度化に合わせて進化してきた耐震設計に対し、できるだけ共通の枠組みを与えることで、多種多様の耐震設計の理解を支援するものである。具体的な研究課題は、共通化を実現するための方法を吟味した上で、耐震設計の全般的な流れを見直し、土木・建築の代表的な耐震設計を取り上げて耐震設計の共通化の例を示

すことである。

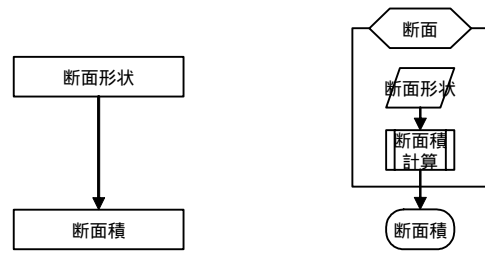
2. 共通化の方法

耐震設計の共通化は、その概念を理解することは容易ではあるが、共通化された耐震設計の具体像を描くことは難しい。また、防災担当者の技術力向上という必要性を理解することはできるが、実際に共通化を実現することが難しいということも予想される。これは、概念や必要性が認識されても実現が難しい技術的課題に共通する状況であり、具体像を描き実現させるための方法が未熟であることが主要な原因となっている。実際、耐震設計はもとより設計論に関して、研究者のレベルではさまざまな共通化が議論されている。これは、設計の体系を提示したり、抽象的ではあるがより高度な設計概念を構築したりするものである。しかし、実務のレベルでは、このような研究成果は活かされていない。

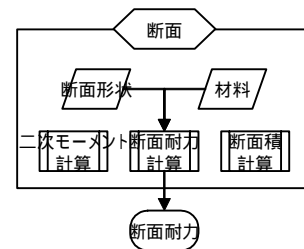
耐震設計の共通化を困難としている原因は、理論や計算方法の多様性にある。理論や計算方法が構造物に特化しており、統一して扱うことは簡単ではない。同様な状況は、プログラムコード³⁾にも見受けられる。対象とする計算は同じようなものでありながら、特定の種類の問題を効率的に解くことを目標としたため、プログラムのアルゴリズムや計算方法が特化したコードが作成される。このようなプログラムコードは専門家でも解読が容易ではない。計算言語を対象とする情報科学の分野では、オブジェクト指向プログラミング言語⁴⁻⁶⁾を開発することで、プログラムコードの問題の解決を図っている。オブジェクトとは、計算のデータや手順を抽象化したものであり、コードの見通しを良くするとともに、異なるコードで共有された場合には、そのコードの理解を格段に容易とするのである。

上記の点を考慮し、本研究は、オブジェクトを使った情報科学の手法を適用し、耐震設計の共有化を実現することを試みる。情報科学では、オブジェクトはプログラムコードの枠を超えて、事象や行為やデータを抽象化したものとしてデータベース等にも広く使われている。したがって、オブジェクトを適切に定義することで、多種多様な耐震設計に対し、その設計行為をオブジェクトとして表すことが可能となる。

情報科学ではUML(Unified Modeling Language)がプログラムコードやデータベースの構造や用法を記述するために標準的に使われている。耐震設計の共通化にUMLを用いることは十分検討に値する。このため本論文では、UMLに準拠した表現を試みる。しかし、現状で用いられているフローチャートの記述との対応を付けるため、一部の記号(特に矢印)は敢えてUMLとは異なる使い方を



a) 元のフローチャート b) オブジェクト断面



c) 複数のデータ・メソッドを持つオブジェクト

Fig. 1 オブジェクトを使ったフローチャートの再構成の例。

している。

3. 一般的な耐震設計の再構成

前述のように、耐震設計の共通化を妨げる原因は、構造特性や材料特性に応じて設計の理論や地震に対する応答の計算法が異なることである。しかし、そもそも地震動に対する応答に構造物独自のメカニズムがあるため、理論や計算方法が異なることは耐震設計の本質でもある。この点とは別に、耐震設計を表した示方書やガイドラインの記述様式も理解を妨げる原因となっていると考えられる。示方書やガイドラインは、専門家である設計者が合理的に構造物を設計するという目的で記述されており、専門家としての素養を前提としている。しかし、知識のレベルに応じた相応の理解ができるよう記述様式を工夫することはできる。さらに、このような記述様式を統一し、さまざまな耐震設計の理解を助けることも可能である。

上記の考察から、内容を変えずに記述様式を変えることが耐震設計の理解には有効であると結論される。本研究では、以下の方針で記述様式を変える。

構造物を設計するという本来の目的を離れ、被害想定を行うという観点から耐震設計の中で共通する概念を抽出し、種々の構造物に適用可能な体系として概念を再構成する。

再構成は、設計の専門家ではない防災担当者が耐震設計を理解するためのものであり、さらに、記述様式を変えても理解できる内容には限度があることを強調する。しかし、多種多様の耐震設計の理解は技術力向上に貢献することは期待できる。以下、上記の耐震設計の再構成を耐震設計の共通化と称する。

本研究は、共通化の例として耐震設計のフローチャートを取り上げ、情報科学の手法にならって共通化を実現する手法を検討した。これは、フローチャートをオブジェクトの流れとみなし、多種多様の耐震設計で共通するオブジェクトや流れを抽出・整理する、という手法である。オブジェクトは設計行為を抽象化したものであり、データとデータに対する作用であるメソッドから構成される。Fig. 1-a に示す断面形状から断面積を計算するというフローチャートを例に説明すると、Fig. 1-b に示すように、フローチャートは、断面形状というデータと断面積計算というメソッドから構成されるオブジェクト断面として表すことができる。オブジェクト断面に対し、メソッド断面積計算を選択すると、データ断面形状から所定のデータが抽出され断面積が出力されるのである。なお、オブジェクト断面には、材料というデータや、断面二次モーメントと断面耐力計算というメソッドを付け足すこともできる (Fig. 1-c 参照)。メソッド断面耐力計算を選択すると、データ断面形状とデータ材料から所定のデータが引き出され、断面耐力が出力される。

耐震設計の流れや設計計算は構造物によってさまざまに異なるが、大まかな流れはほぼ同一であり設計計算の

手法は共通している。この点を考慮して、最初に、一般的な耐震設計⁷⁾に対し、オブジェクトを使った再構成を試みる。Fig. 2-a にフローチャートを示す。これは「設計条件を考慮し、耐震計算法を選定し、必要があれば耐震解析を行い、詳細設計を行う」ものである。耐震計算と耐震解析は設計と照査に対応するが、設計計算であることを強調するためこの名称にしている。設計条件では構造・地盤と地震の条件が設定され、設計計算では耐震性が確保された構造物の設計が行われる。したがって、設計の条件を出力するオブジェクトと、耐震性が確保された設計変数を出力するオブジェクトを使うことでフローチャートが再構成される。その結果を Fig. 2-b に示す。設計条件が2つ、耐震計算が3つ、耐震解析と詳細設計が1つのオブジェクトを使っている。オブジェクトは分類とyes/no で結ばれている。

次に代表的な耐震計算である震度法と修正震度法の再構成を試みる。フローチャートを Fig. 3-a に示す。具体的な設計行為が逐次的に並んだ記述様式は使い易い。しかし、この様式は非専門家には細かすぎ、全体像や重要な点を理解することが難しい。概要は構造物の耐力と地震動による外力の比較である。耐力と外力は構造や地震動のデータを使って求められ、その設計計算のやや細かい内容もフローチャートに記載されている。オブジェクトを使ってこのフローチャートを Fig. 3-b-d のように再構成する。Fig. 3-b は、設計の概要が「オブジェクト耐力とオブジェクト外力を使った比較をするが、安全性の条件が満たされるまで比較を繰り返す」ことを示すフ

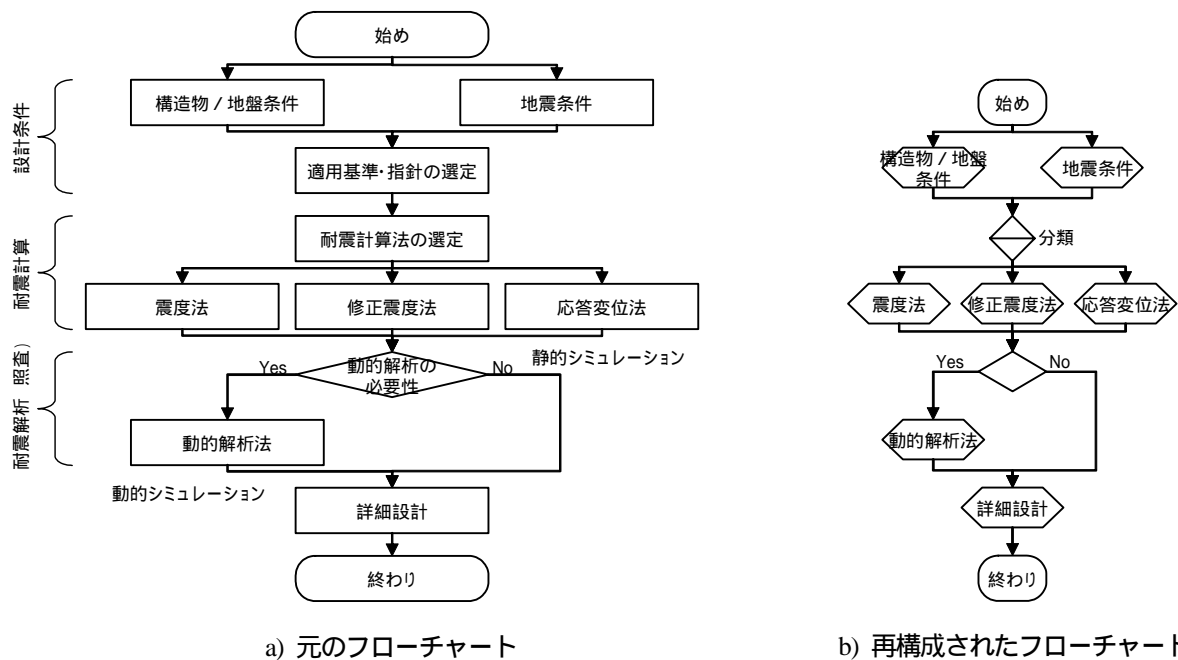
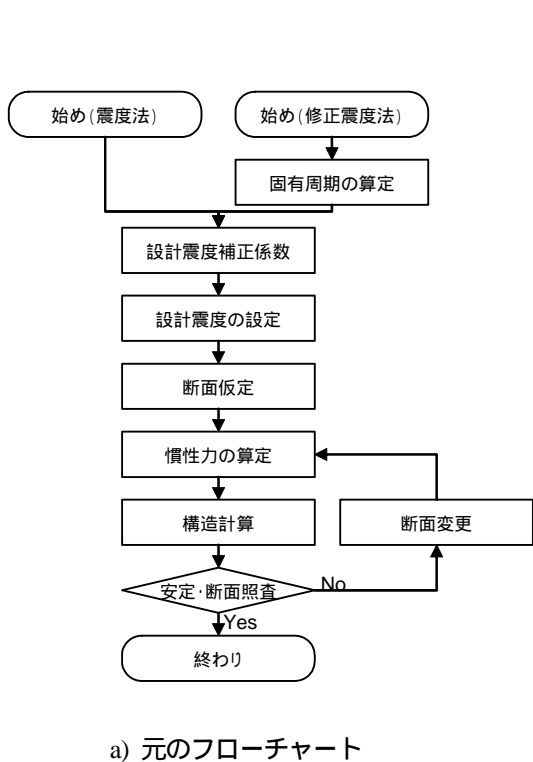


Fig. 2 耐震設計の流れを示すフローチャート

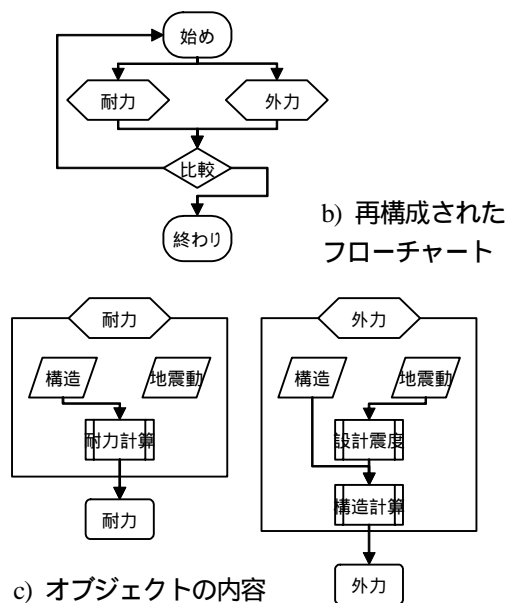
ローチャートである。Fig. 3-cは2つのオブジェクトの内容であり、「メソッド耐力計算とメソッド設計震度・構造計算を選択して耐力や外力を計算する」という設計の

手順を示す。具体的な設計計算がFig. 3-dに示されるメソッドの構成であり、元のフローチャートの計算に関わる主要部分がここに組み込まれている。以上、震度法と

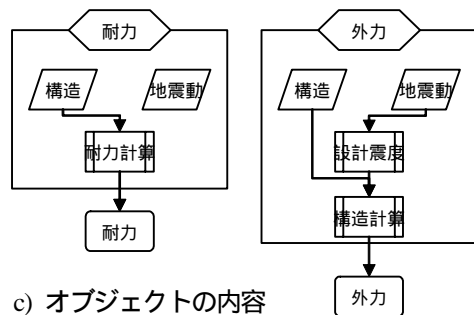


a) 元のフローチャート

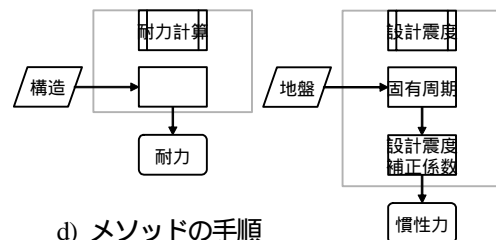
Fig. 3 震度法のフローチャート



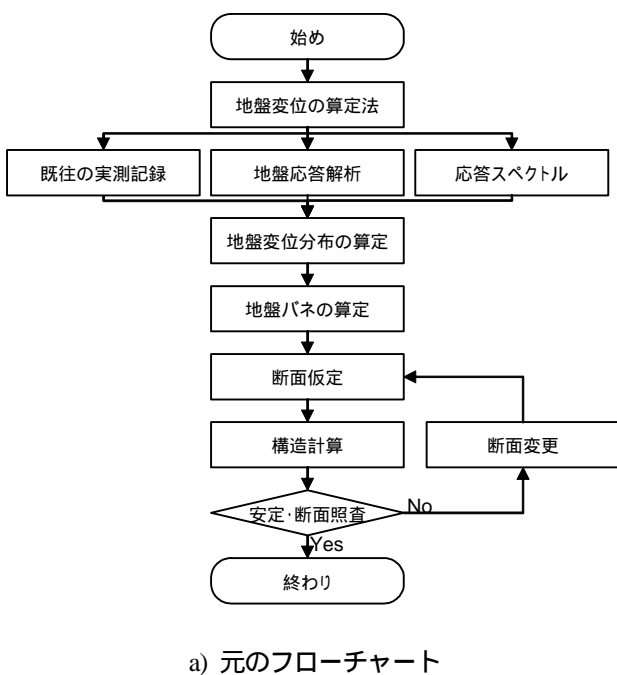
b) 再構成されたフローチャート



c) オブジェクトの内容

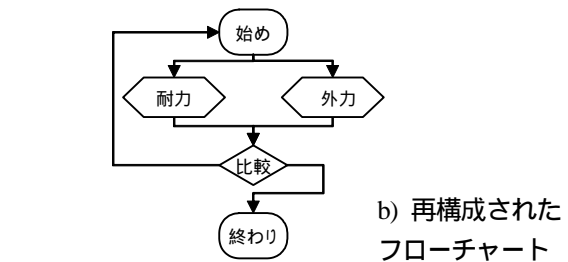


d) メソッドの手順

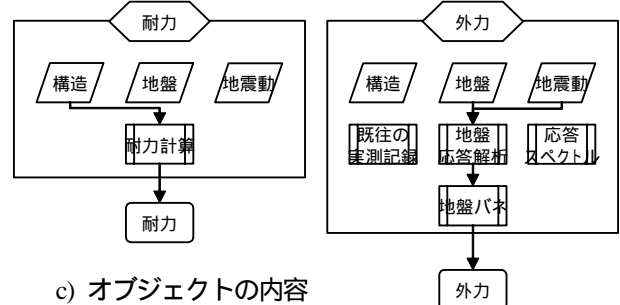


a) 元のフローチャート

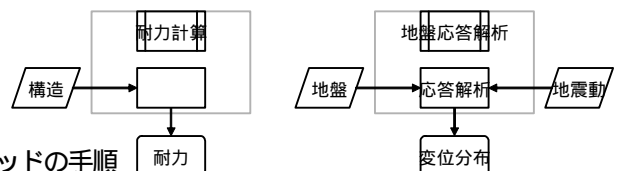
Fig. 4 応答変位法のフローチャート



b) 再構成されたフローチャート



c) オブジェクトの内容



d) メソッドの手順

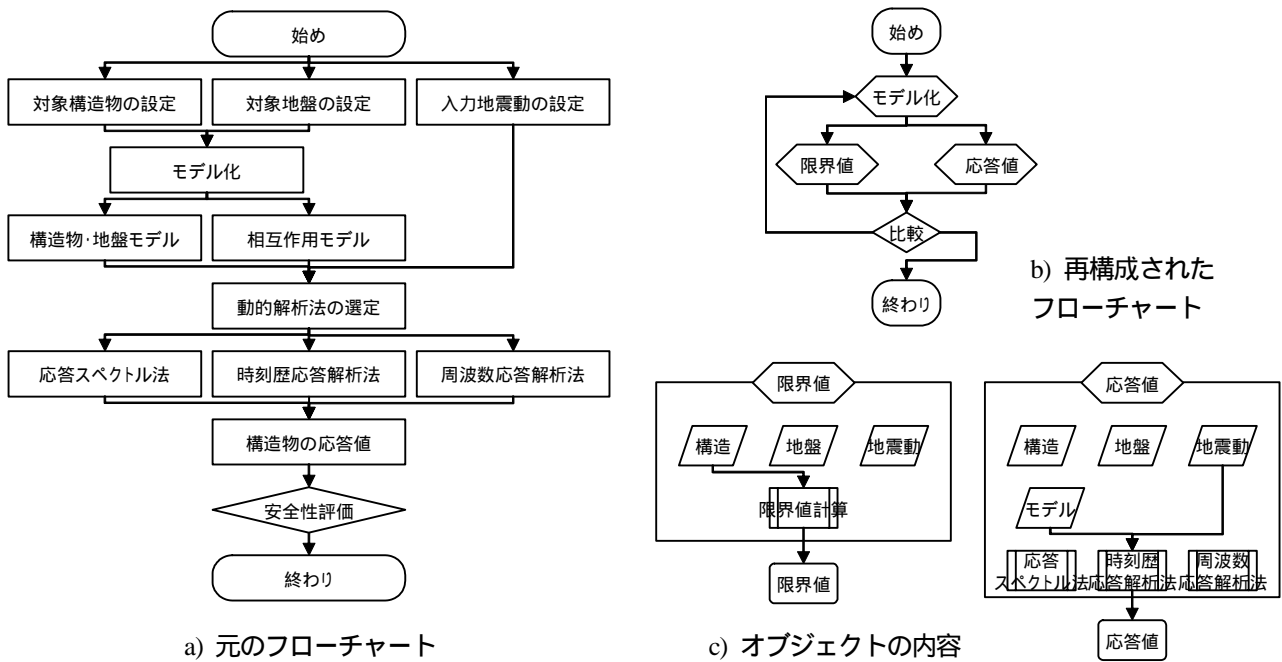


Fig. 5 動的解析法のフローチャート

修正震度法のフローチャートは、概要、手順、設計計算という3つのフェーズに分けられ、それぞれ、再構成されたフローチャート、オブジェクトの内容、メソッドの構成として再構成された。

同様に応答変位法の再構成を示す。Fig. 4-aがフローチャートである。概要、手順、設計計算という3つのフェーズに分けた再構成をFig. 4-b-dに示す。応答変位法の概要は耐力と外力の比較による安全性の確保であるため、Fig. 4-aはFig. 3-bと同一のフローチャートとして再構成される。しかし、Fig. 3-cとFig. 3-cや、Fig. 3-dとFig. 4-dの比較からわかるように、メソッドやデータが違うためにオブジェクトの内容も若干異なり、メソッドの構成は全く異なる。すなわち、応答変位法は震度法と共通のオブジェクトを使うこと、しかし、オブジェクトの内容は異なること、そして、メソッドの構成が応答変位法の特徴となることが見て取れる。

最後に耐震解析で用いられる動的解析法の再構成を示す。Fig. 5-aが元のフローチャートであり、再構成がFig. 5-bとFig. 5-cである。設計計算の詳細が元のフローチャートにないため、Fig. 5にはメソッドの構成が省略されており、概要と手順のみが示されている。Fig. 3-bとFig. 4-bは同一であるが、動的解析法のFig. 5-bの再構成されたフローチャートにはモデル化に対応したオブジェクトが含まれている。この点が動的解析法の複雑さを示している。また、動的解析法のオブジェクトにはメソッドが複数あり、構造・地盤・地震動に対する3つのデータが使われている。これは簡単な震度法のオブジェクトの内容とは異なっている。

Fig. 2-5に示された元のフローチャートは、一見似通った形式で記述されているものの、オブジェクトを使った分析によりその内容は異なっていることがわかる。再構成されたフローチャートでは、内容に対応してオブジェクトやメソッドを使い分け、記述様式が統一されている。この結果、耐震計算と耐震解析に使われる計算法の共通点や特徴を明示することができる。また、再構成されたフローチャートが、概要、手順、設計計算という3つのフェーズに区分されるため「非専門家である防災担当者がどのフェーズまで理解すべきか」を明確に示すことも可能となる。以上、複数の耐震設計を理解する際に、共通点や特徴、設計の重要点と細かい計算の区別等が容易となり、オブジェクトを使った記述様式は防災担当者を支援することが期待できる。

耐震設計や耐震解析の設計計算法は、Fig. 2では一つのオブジェクトであるが、Fig. 3-5ではオブジェクトの集合として表現されている。例えば、オブジェクト震度法はオブジェクト耐力とオブジェクト外力をメソッドとして持ち、オブジェクト震度法自体にはデータがない。オブジェクトのこのような関係は混乱を招く可能性があるが、設計という行為を抽象化するには、オブジェクトをメソッドないしデータとして一つのオブジェクトに組み込むことはむしろ都合が良い。これは、簡単なオブジェクトの集合として複雑なオブジェクトを表すと、内容は勿論、他の同様に複雑なオブジェクトとの共通点や特徴を抽出することが容易となるからである。

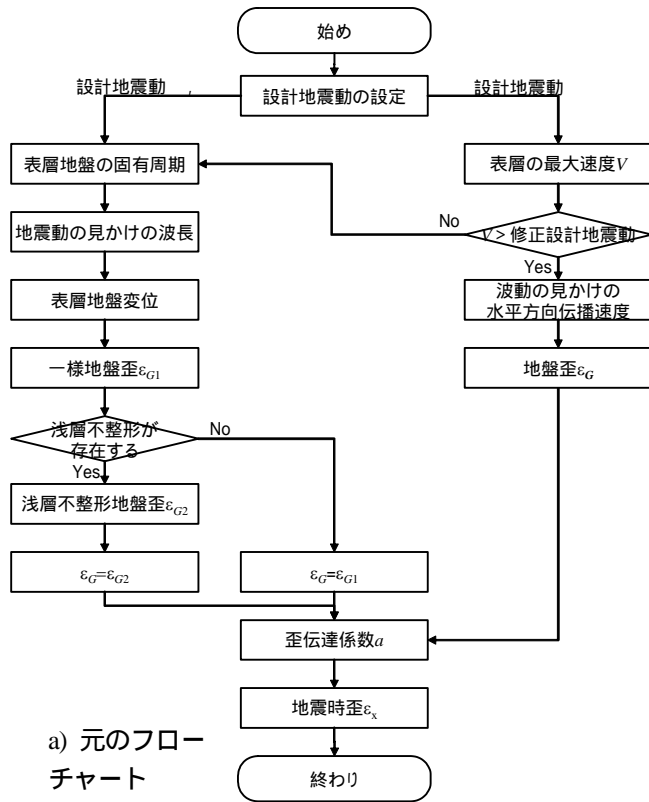
4. 実際の耐震設計の再構成と共通化

前章で検討されたオブジェクトを用いた再構成を実際の耐震設計のフローチャートに適用する。そしてオブジェクトのフローチャートや内容の共通点を調べ、耐震設計の共通化を試みる。

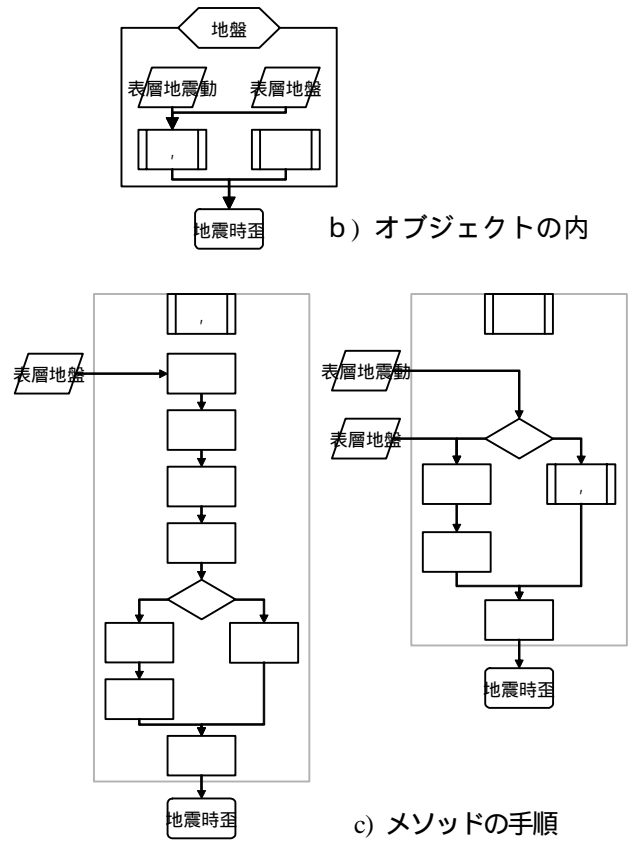
計の共通化を試みる。

4.1. 共通化

最初に、比較的簡単な高压ガス導管の耐震設計⁸⁾を取り上げる。Fig. 6-aに地震時の地盤歪を算定するフロー



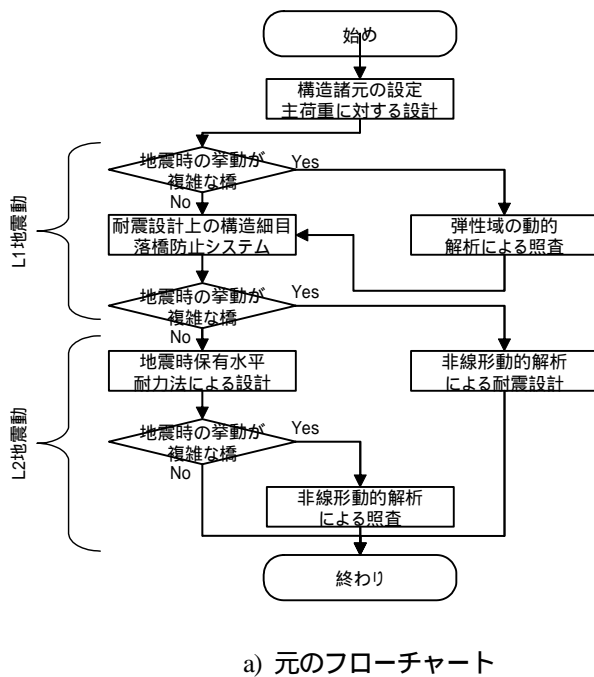
a) 元のフローチャート



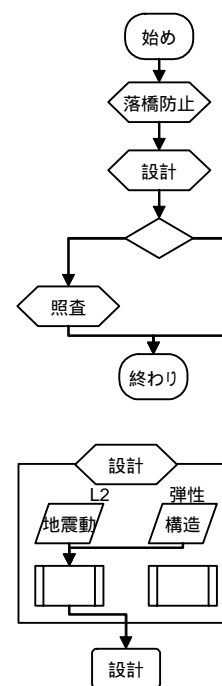
b) オブジェクトの内

c) メソッドの手順

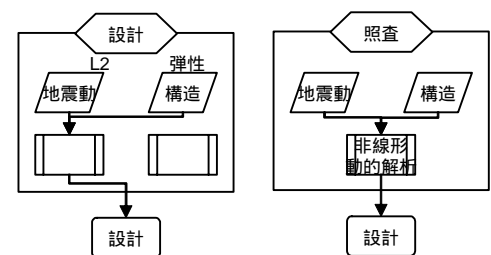
Fig. 6 ガス導管の耐震設計フローチャート.



a) 元のフローチャート



b) 再構成されたフローチャート



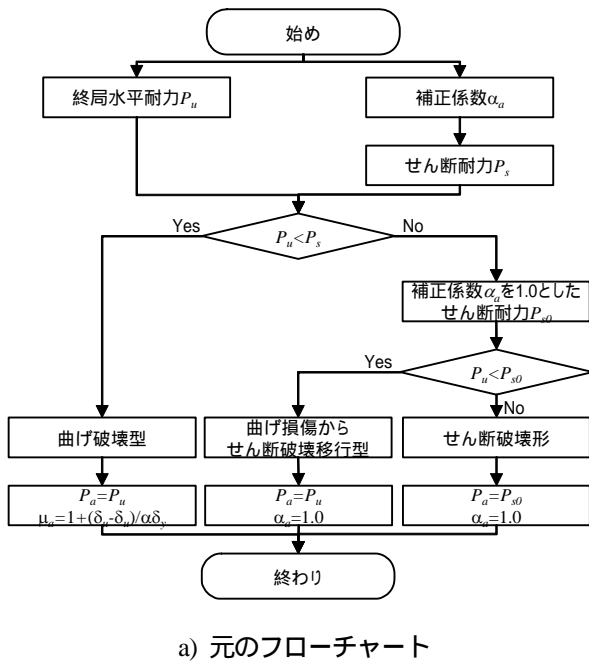
c) オブジェクトの内容

Fig. 7 コンクリート製橋脚の耐震設計ローチャート.

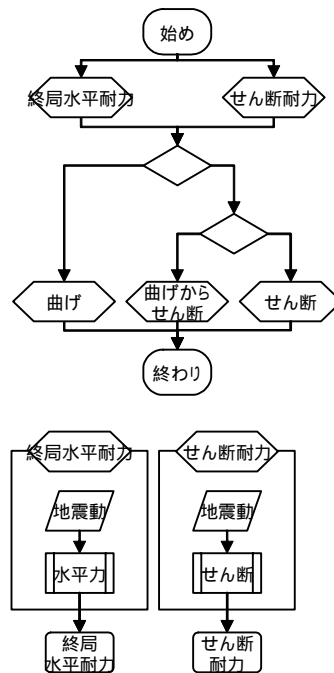
チャートを示す。これは設計手順を示すものであるため、Fig. 6-b に示すように、「オブジェクト地盤にメソッド設計地震動 I, II ないしメソッド設計地震動 III」を選択し、「データ表層地盤とデータ地震動を使って地震時歪を出力する」という内容として再構成される。各メソッドの構成を Fig. 6-c に示すが、これは元のフローチャートと一致する設計計算である。前述のように、Fig. 6-a の

フローチャートは逐次的に設計行為が並んでいるため設計者には使いやすい。しかしこれが非専門家の理解を妨げるため、手順に対応するオブジェクトの内容(Fig. 6-b)と、設計計算に対応するメソッドの構成(Fig. 6-c)を分離してフローチャートを再構成している。

次の例としてコンクリート橋脚^{9,10)}の耐震設計フローチャートを Fig. 7-a に示す。このフローチャートは概要



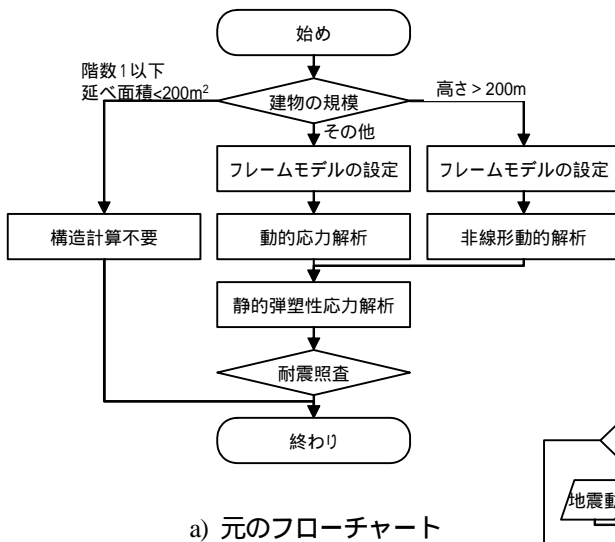
a) 元のフローチャート



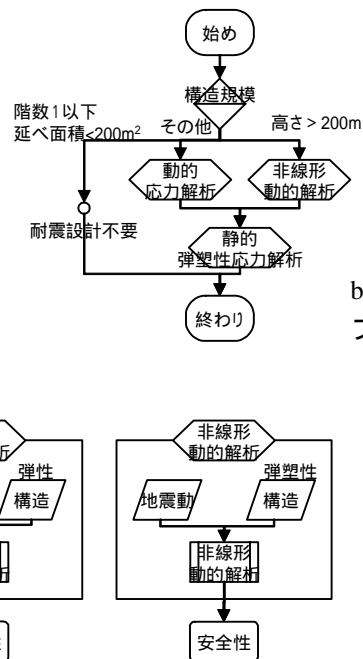
b) 再構成されたフローチャート

c) オブジェクトの内容

Fig. 8 鋼製橋脚の耐震設計フローチャート。



a) 元のフローチャート



b) 再構成されたフローチャート

c) オブジェクトの内容

Fig. 9 建築建物の耐震設計フローチャート。

と手順を示すものとして、落橋防止・設計・照査というオブジェクトを使った Fig. 7-b のフローチャート、そしてオブジェクトの内容を示す Fig. 7-c として再構成される。一般的な耐震設計とは異なり、橋梁に特有の落橋防止のオブジェクトが再構成されたフローチャートに含まれている。一方、オブジェクトには、弾性動的解析・地震時保有水平耐力法や非線形動的解析・非線形動的解析のメソッドが含まれているが、これは他の構造物にも使われる設計計算法である。元のフローチャートには記述されていないため図では省かれているが、メソッドの構成にはコンクリート橋脚特有の設計計算が含まれる。同様に鋼橋橋脚の耐震設計¹¹⁾のフローチャートを Fig. 8-a に示す。鋼製橋脚の破壊型(曲げ破壊からせん断破壊)に応じて耐震設計が異なった手順をとるため、Fig. 8-b に再構成されたフローチャートもこの点を明示する。コンクリート橋脚のフローチャートと比べると、オブジェクトの数は多くその流れも複雑である。しかし、コンクリート橋脚のメソッドと異なり、鋼製橋脚のメソッドに用いられるデータは一種類であり、オブジェクトの内容は簡単である(Fig. 8-c 参照)。

最後に建築構造物の耐震設計¹²⁾のフローチャートとその再構成を Fig. 9 と 10 に示す。Fig. 9-a では、建物の規模に応じて設計計算が場合分けされており、それに合わせた設計手順が記述されている。Fig. 9-b の再構成されたフローチャートは設計の概要として前者のみを示し、Fig. 9-c は設計の手順として後者を示す。これまでの例

と同様 設計の概要と手順を区分したのである。同様に、建築構造物の耐震照査のフローチャートとその再構成を Fig. 10 に示す。Fig. 10-b の再構成されたフローチャートには Fig. 9-b と同じオブジェクトが使われているが、流れが複雑になっており耐震照査が詳細な検討を必要とする点が明示されている。一方、Fig. 10-c に示されたオブジェクトの内容は、複数のデータを組み合わせる一つのメソッドで計算するというものであり、Fig. 9-c と同一である。

4.2. 継承を使った耐震設計の共通化

再構成されたフローチャートやそのオブジェクトの内容に対し共通点を抽出し、耐震設計のフローチャートの共通化を試みる。共通化されたフローチャートの骨子を Fig. 11 に示す。Fig. 2 に示すように、共通化された耐震設計のフローチャートは設計と照査に大別され (Fig. 11-a と b) , フローチャートに使われるオブジェクトは耐力・外力・応答に区分される (Fig. 11-c-e) 。各耐震設計の再構成されたフローチャート (Fig. 6~11) は、概ねこのフローチャートやオブジェクトの内容に似通っているものの、元のフローチャートの記述を引きずるところがあり、共通化されたフローチャートとは完全に一致していない。

共通点を抽出して作られたため、Fig. 11-c-e のオブジェクトの内容は最も簡単なものとなっている。共通点とは別に特化した点を加えることで、各耐震設計に固有

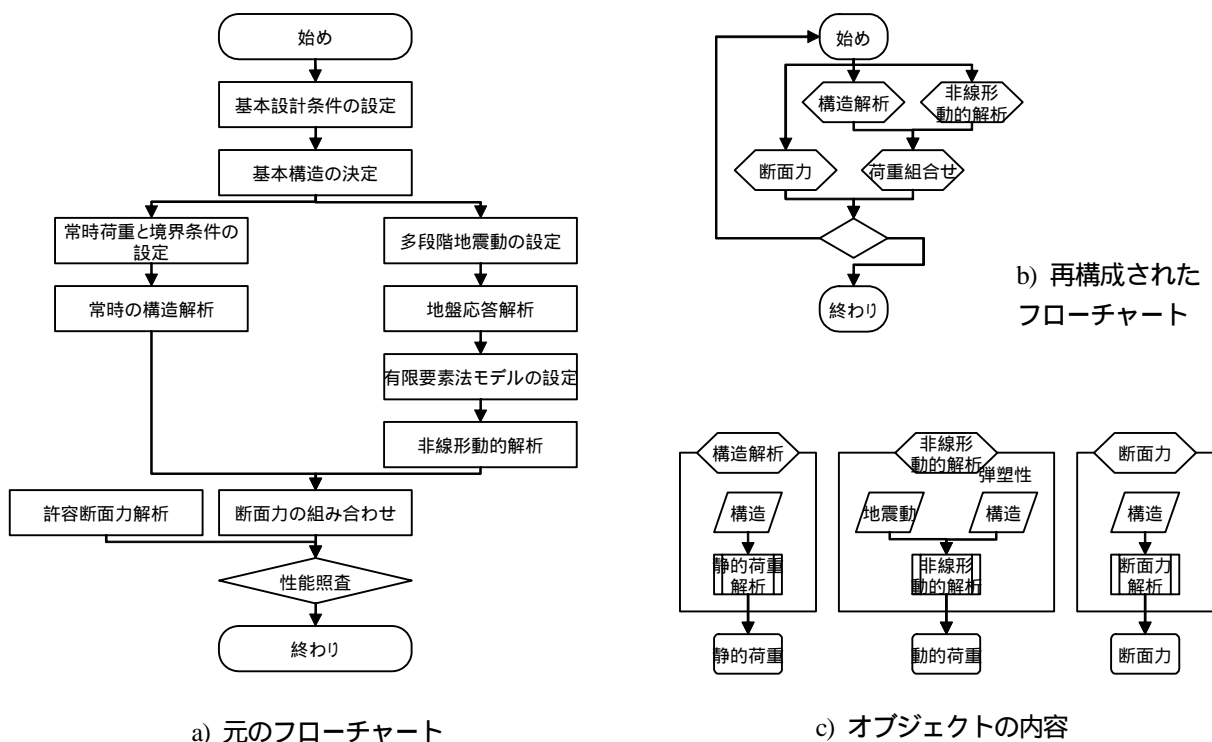


Fig. 10 建築建物の耐震照査設計フローチャート

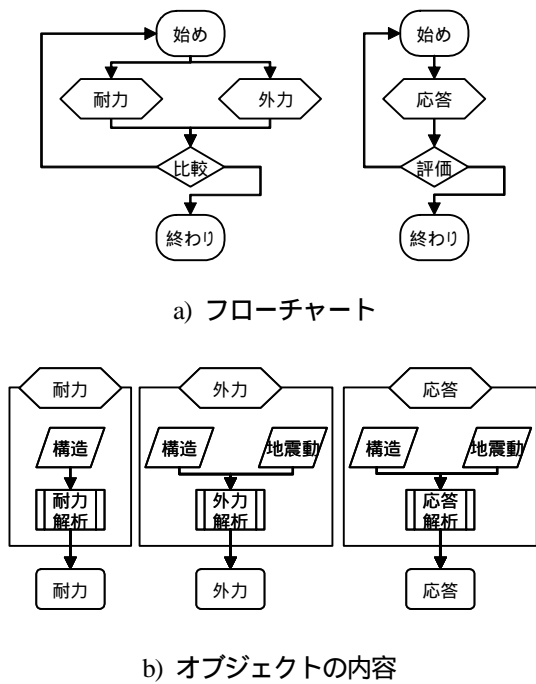


Fig. 11 共通化されたフローチャートの骨子 .

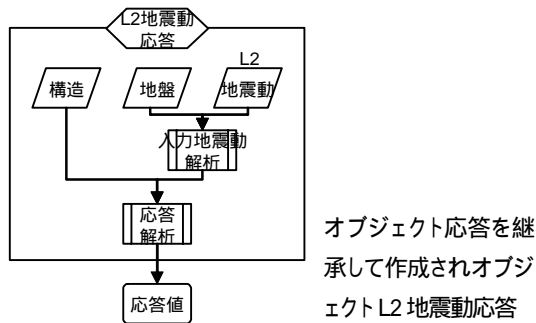


Fig. 12 オブジェクトの継承の例 .

のオブジェクトが作られる .これは継承^{5,6)}と呼ばれ, オブジェクトを使った再構成の一つの利点である .例えば, L2 地震動の解析を行うコンクリート橋脚の場合, 「オブジェクト応答にデータ地盤やメソッド入力地震動解析を加えることでオブジェクトL2 地震動応答」が作られる .これが継承である(Fig. 12 参照) .すなわち, オブジェクト応答の基本的な内容を引き継いでいるが, オブジェクト L2 地震動応答にはコンクリート橋脚に特化した内容が付加されているのである .継承を使うことで, 継承された部分と付加された部分, または共通点と特化した点を明確に示すことが容易となり, 防災担当者の理解を支援すると思われる .

Fig. 13 に, ガス導管 (GP) ・コンクリート橋脚 (CB) ・鋼製橋脚 (SB) ・建築構造物 (AB) の耐力と外力

のオブジェクトの内容を示す .例えば, ガス導管の場合にはオブジェクト GP 耐力とオブジェクト GP 外力のように表記している . Fig. 11-c と d のオブジェクト耐力とオブジェクト外力を継承しているため, 各構造物のオブジェクトには共通するデータやメソッドが含まれているが, それ以外に構造物に特化したデータやメソッドが含まれている .なお, 構造物を一つに絞った場合, Fig. 11 のフローチャートは設計の概要^{13,14)}を示すだけであり, 新規なものではないことは再度強調する .しかし, Fig. 13 に示されるように, 継承されたオブジェクトの内容を明示して, 多数の構造物に共通する点と個々の構造物に特化した点を示す記述様式は, 設計者ではない防災担当者が耐震設計を相応のレベルで理解するためには有効であると思われる .

再構成されたフローチャートと, 共通化されたフローチャートは若干異なっている .例えば建築構造物の耐震設計を例にすると, Fig. 9-b は Fig. 13-a と異なっている .動的応答解析は, 再構成されたフローチャート(Fig. 9-b)ではオブジェクトとして表現されていたが, 共通化によってフローチャートが同じ形になったため, 継承されたオブジェクト AB 外力(Fig. 13-a)ではメソッドとなっている .同様に, 構造物に応じて分類されていた他のオブジェクトも, オブジェクト AB 外力で選択されるメソッドに置き換わっている .このように, 元のフローチャートの同じ要素でも, メソッドないしオブジェクトとして設定することが可能である .共通化の観点からは Fig. 9 の再構成されたフローチャートとオブジェクトの内容よりも, Fig. 11 と 13 のフローチャートとオブジェクトの内容がわかりやすい記述となっていると思われる .しかし, 過度の共通化は誤った理解を引き起こすことも懸念される .建築構造物の場合, 分類が選択に代わったことは混乱を招くかもしれない .記述様式の変更による耐震設計の共通化はさらなる検討が必要である .

5. おわりに

耐震設計の共通化を実現するため, オブジェクトを使った記述を考案した .設計行為に対応するオブジェクトを使って耐震設計のフローチャートを再構成することで, 記述様式を統一し, 多種多様の耐震設計の理解を支援することが可能である .なお, 各種構造物の耐震設計の根底には耐震に関する共通の概念があることは技術者には周知の事実である .オブジェクトを使った共通化の枠組みでは, この事実は「同一種類のデータを使うがメソッドが異なるオブジェクトから耐震設計が構成される」ことに対応し, 非専門家には分かりやすいと思われる .共通化の方法が提示されたため, 次の段階として, 再構築

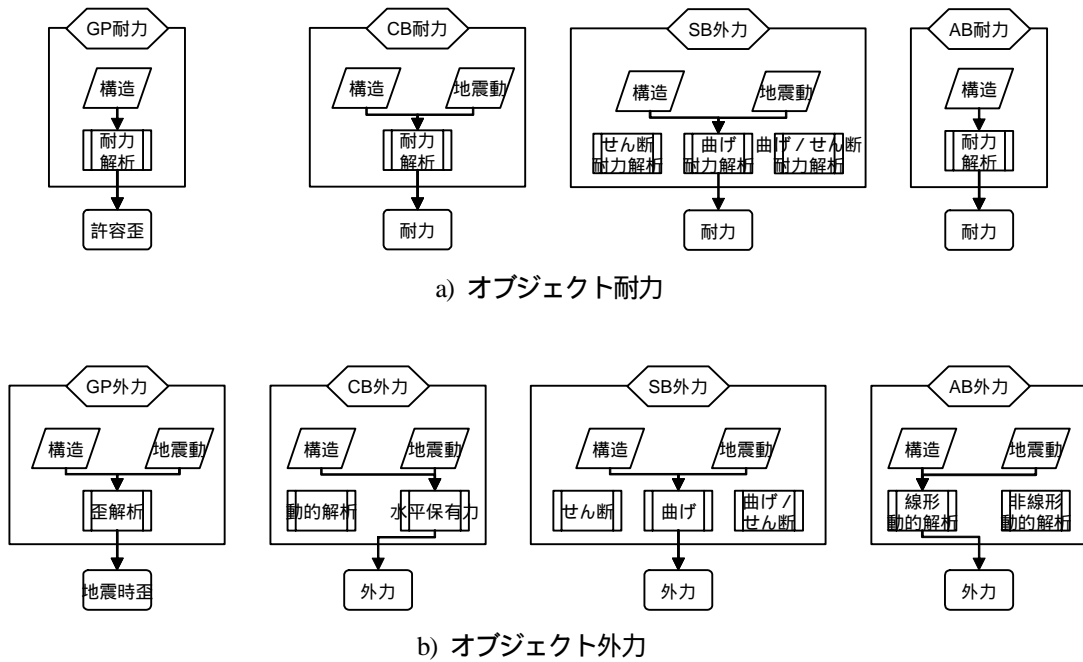


Fig. 13 共通化された耐震設計のオブジェクト .

された耐震設計をより効果的に表現する方法を工夫することが考えられる .

防災担当者の技術力向上のために耐震設計の共通化の方策を検討したが、耐震設計の共通化のみでは技術力向上には限界がある 構造物被害を見ることが重要である . 具体策として、耐震設計に使われている解析手法を利用した構造物被害過程のシミュレーションとその可視化や、現在建設が進められている E-Defense で行われる実大構造物の破壊模擬実験の見学が挙げられる . このようなシミュレーションや実験見学は地方自治体の防災担当者が技術力を向上させるトレーニングとして有効であると考えられる .

参考文献

- 1) 自治体危機管理研究会(2002) 『自治体職員のための危機管理読本』 都政新報社 .
- 2) 林春男(2003) 『いのちを守る地震防災学』, 岩波書店 .
- 3) 西尾章治郎・太田友一・横田一正・西田豊明・佐藤哲司(1999) 『情報の共有と統合』, 岩波書店 .
- 4) 長尾確(2000) 『エージェントテクノロジー最前線』, 共立出版 .
- 5) Muller, R.J. (荻部英司訳)(2002) 『オブジェクト指向設計法によるデータベース設計技法 UML によるデータ・モデリング』, 三元社 .
- 6) 矢川元基・関東康裕(1999) 『オブジェクト指向計算力学

入門』, 培風館 .

- 7) 鹿島建設土木設計本部編(1993) 『耐震設計法 / 限界状態設計法』, 鹿島出版会 .
- 8) 社団法人日本ガス協会(2001) 『高圧ガス導管液化耐震設計指針』, 社団法人日本ガス協会 .
- 9) 土木学会,コンクリート工学委員会(2002) 『コンクリート標準示方書[耐震性能照査編]』, 土木学会 .
- 10) 日本道路協会(1998) 『道路橋示方書・同解説, V 耐震設計編』, 日本道路協会 .
- 11) 土木学会地震工学委員会(2003) 『橋の動的耐震設計』, 土木学会 .
- 12) 日建設計東京オフィス構造設計室 (編)(2003) 『建築物の性能設計と検証法 耐震設計を中心として』 オーム社 .
- 13) 土木学会地震工学委員会(2001) 『実務の先輩たちが書いた土木構造物の耐震設計入門』, 土木学会 .
- 14) 土木学会地震工学委員会耐震基準小委員会(2001) 『土木構造物の耐震設計ガイドライン - 耐震基準作成のための手引き -』 土木学会 .
- 15) 日本機械学会編(1985) 『耐震設計と構造動力学』 日本工業出版 .
- 16) Hammer, J., Gracia-Monlina, H., Ireland, K., Papakonstantinou, Y., Uhlman, J. D. and Widom, J. (1995) Information translation, mediation, and mosaic-based browsing in the TSIMMIS system, in *Exhibits Program of the Proceedings of the ACM SIGMOD International conference on Management of Data*, 483, San Jose, California, June, 1995.
- 17) Uhlman, J. D.: Information Integration Using Logical Views, in

Proc. ICD'97, Springer LNCS 1186, 19-40, 1997.

- 18) 河野浩之・山田誠二・北村泰彦・高橋克巳(2002) 『インターネットの知的情報技術 情報検索とエージェント』東京電機大学出版局。

謝辞

本研究を実施するに当たり、土木学会地震工学委員会統合地震シミュレータ研究開発小委員会の委員より有益な助言・示唆をいただいた。ここに記して感謝の意を表する。

ON STANDARDIZATION OF VARIOUS EARTHQUAKE RESISTANCE DESIGN CODES FOR IMPROVING GOVERNMENT ENGINEERING ABILITY

Muneo HORI¹, Tsuyoshi ICHIMURA², and Kenjiro TERADA³

¹Ph.D. (Applied Mechanics) Professor, Earthquake Research Institute, University of Tokyo
(E-mail: hori@eri.u-tokyo.ac.jp)

²Ph.D. (Civil Engineering), Dept. of Civil Engineering, Tohoku University (E-mail: t-ichim@civil.t.tohoku.ac.jp)

³Ph.D. (Mechanical Engineering), Dept. of Civil Engineering, Tohoku University (E-mail: tei@civil.t.tohoku.ac.jp)

It will be an important task for local government officers to improve their engineering ability of foreseeing possible earthquake damages. To this end, this paper studies the standardization of earthquake resistance design codes of various structures. Taking advantage of informatics methodology, we reconstruct flowcharts of various design codes such that the earthquake resistance design can be described in a common framework. The usage of object to express each design procedure is effective in standardization. The resulting standard codes which are expressed in terms of common description are expected to help government officers understand the concepts and methods of various earthquake resistance design codes to some proper extent that is needed for them.

Key Words: *Seismic resistance design code, analysis methods of design code, standardization of concepts and methods, object, local government for earthquake disaster mitigation*