

# 性能設計の発展型としての Evidence-Based Design の提案と その実現に向けた課題

## “EVIDENCE-BASED DESIGN” – ITS DEFINITION AND RELATED PROBLEMS

野津 厚<sup>1)</sup>、一井康二<sup>2)</sup>  
Atsushi NOZU<sup>1</sup>, Koji ICHII<sup>2</sup>

1) 独立行政法人港湾空港技術研究所、チームリーダー 工博

<sup>1</sup> Head of Engineering Seismology Division, Port and Airport Research Institute, Dr. Eng.

e-mail : nozu@pari.go.jp

2) 広島大学大学院、准教授 工博

<sup>2</sup> Associate Professor, Hiroshima University, Dr. Eng.

e-mail : ichiikoji@hiroshima-u.ac.jp

**ABSTRACT:** A new concept of seismic design called “evidence-based design” is introduced as an extension of “performance-based design”, referring to the concept of “evidence-based medicine”. The concept involves two important features. 1) The performance of each alternative encountered in seismic design is evaluated objectively and quantitatively by a third party, *etc.*, based on evidences such as case histories. 2) In principle, the practitioners choose the alternative with the best performance in the era. Problems that might be encountered in the implementation of the concept are discussed.

**キーワード:** Evidence-based design、性能設計、耐震設計、性能照査、被災事例

### 1. はじめに

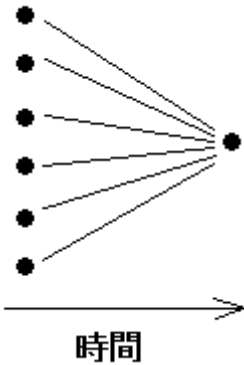
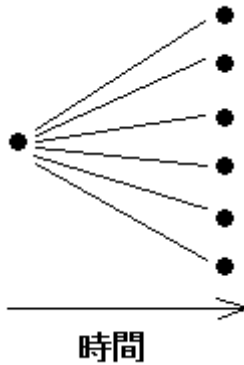
構造物の耐震設計は、設計コードで規定された仕様を満足するように設計する仕様規定型設計の時代から、設計コードで規定された性能を満足するように設計する性能設計の時代へと大きく移り変わろうとしている。仕様規定型設計<sup>例えは1)</sup>の時代には、規定を満足するように設計された構造物が、東南海・南海地震や内陸活断層地震のような実際に想定される地震に対してどのようなパフォーマンスを示すのか明らかでなかった。しかし、性能設計<sup>例えは2)</sup>の時代になると、それが（現状の技術の範囲内ではあるが）専門家以外の人にもわかるように示されることになるので、自治体による避難計画の立案や民間企業によるBCPの策定にその情報が活用されることになる。このように、性能設計の導入により、地震動予測技術や構造物の被害予測技術がこれまで以上に社会に貢献できるようになることが期待される。

さて、性能設計においては、構造物の仕様はもはや設計コードによって規定されるものではなく、性能を満足するような仕様を設計者が独自に考案することもできる。また、同時に、性能照査の手法についても、設計コードが規定するのではなく、設計者自身が選定し、その妥当性に対して個々の設計者が責任を負うという形をとることができる<sup>例えは2)</sup>。従って、性能設計の体系の下では、個々の設計者の技術的信念の違いにより、多数の手法が混在する時代となることが想定される。

このような耐震設計の分野における動きの一方で、医療の分野におけるがんの治療に目を向けてみると、医師個人の経験による独自の治療が無数に存在した時代から、臨床試験の結果等の証拠（evidence）に基づいてその時代で最も成績の良い治療を学会等が「標準治療」として選定し、全国の医師が原則としてこれを用いるEBM（evidence-based medicine）の時代へという流れが、この20年ほど存在しているようである<sup>3),4)</sup>。このように、耐震設計の分野と医療の分野とで、一見相反するかのような流れがあること

は、著者らにはたいへん興味深く感じられた。そこで、医療を構成する諸要素と、耐震設計を構成する諸要素との間の対応関係について考えてみると、表-1に示す通りとなる。

表-1 医療の分野と耐震設計の分野における諸要素の対応関係

	医療	耐震設計
サービスを提供する人	臨床医	技術者
サービスを受ける人	患者	ユーザー（構造物利用者）
迫られる選択	治療法の選択	1) 地震動評価手法の選択 2) 地盤改良工法の選択 3) 構造形式の選択 4) 性能照査手法の選択
選択に際して参照されるドキュメント	診療ガイドライン	技術基準
最近のトレンド	<p>医師個人の経験による独自の治療が無数に存在した時代から、その時代で最も成績の良い治療を学会等が「標準治療」として選定し、全国の医師が原則としてこれを用いる EBM の時代へ。</p>  <p style="text-align: center;">時間</p>	<p>技術基準に従って設計計算を行っていた時代から、性能設計の導入により、個々の設計者の技術的信念の違いにより、多数の照査手法が混在する時代へ。</p>  <p style="text-align: center;">時間</p>

医療の分野におけるEBMへの動きの背景には「すべての患者にその時代の最善の治療を施す」という患者本位の考え方がある。このことを踏まえ、同じようにユーザー（構造物利用者）本位の立場から耐震設計の体系を見直してみると、必ずしも性能設計が最終到達点ではなく、さらなる改善の余地があるように思われる。

そこで、本稿では、まず医療の分野におけるEBMをめぐる状況について整理を行う。次に、これを踏まえ、耐震設計の分野におけるevidence-based designという概念を新たに提案する。これは、原理的には構造形式の選択や性能照査手法の選択など耐震設計のあらゆる局面に適用可能な概念である。本稿では、その中でも特に性能照査手法の選択にこの概念を適用することについて詳しく検討し、その実現に向けた課題を抽出することを試みる。

## 2. 医療の分野における状況

医療の分野におけるEBMをめぐる状況については文献4) に詳しい。ここでは耐震設計との関わりにおいて重要と考えられる事柄について述べる。

EBM (Evidence-based medicine : 根拠に基づく医療) は1991年、臨床疫学者Guyatt<sup>5)</sup>により提唱され、「個々の患者の医療判断の決定に、最新で最善の根拠 (evidence) を良心的かつ明確に、思慮深く利用

すること」と定義されている<sup>6)</sup>。ただし、医療の分野におけるevidenceという言葉の使われ方を理解しない限り、この定義だけからEBMについて具体的イメージを描くことは難しい。医療の分野におけるevidenceとは、臨床試験や疫学研究のような、人間集団を対象とした研究の成果のことである<sup>4)</sup>。ある治療の有効性は、メカニズムではなく、結果（アウトカム）によって証明されていなければならない<sup>7)</sup>。試験管やマウスを用いた研究結果は、それがいかに学術的にすぐれたものであっても、人間に対する医療のevidenceとはならない<sup>7)</sup>。医療の分野ではevidenceという言葉がこのようになり厳格な意味を帯びている。従って、EBMの定義における「最新で最善の根拠（evidence）を利用すること」とは、端的に言えば、その時代における最も治癒率の高い治療法を採用するということである。

例えば、治癒率40%の治療法Aと治癒率50%の治療法Bがある場合、全国のすべての病院で治療法Bを適用することが、少しでも多くの患者を救うためには最も良い方法である。ある病院で治療法Aを選択するという臨床決断を下した場合、結果的に患者は治癒するかもしれないが、その一人の患者が治癒したからといって、その臨床決断は正当化されない<sup>8)</sup>。多数の患者を治療していけば、結果として治療法Bを採用した方が治癒する患者の割合は多くなるからである。

ただし、EBMの下では、臨床医は単にevidenceだけをもとに判断を下すことが求められているのではない。治癒率の高い治療法でも患者の体質に合わない場合があるかも知れないし、患者側の宗教上の理由により特定の治療法が採用できない場合もあるかも知れない。個々の患者の状況を踏まえて最終判断を下すのは臨床医の役割であると考えられている。文献<sup>4)</sup>では「限られた資源」の下で「患者の病態とおかれた環境」「患者の価値観と行動」そして「evidence」を統合して、患者にとって最も望ましい医療を提供するために意思決定を行うことが「臨床医の専門的スキル」であると位置付けられている。

Evidenceは文献の中に存在しているので、EBMを実践するためには、系統的な文献検索とその批判的吟味が必要である。EBM誕生後しばらくの間は、個々の医師がPubMedに代表される医学文献データベースを用いて文献検索を行い、個々の臨床状況に適用可能かどうか検討を行ってきた。最近、個々の医師によるEBMの実践を支援するためのツールとして「根拠に基づく診療ガイドライン」が登場してきている。これは、多忙な臨床医に代わって文献の系統的な検索を行い、その批判的吟味を行った上で、特定の臨床状況において推奨される治療法等を示したものである。わが国では1998年度の厚生省（当時）の「医療技術評価推進検討会」において根拠に基づく診療ガイドラインの国の予算（厚生科学研究費）による作成の優先順位が決定され、その後、各学会が主導する形で根拠に基づく診療ガイドラインの作成が進められてきている<sup>4)</sup>。米国では政府系機関や学会によって根拠に基づく診療ガイドラインの作成が進められている。

診療ガイドラインは個々の臨床判断への直接の拘束力はない<sup>4)</sup>。しかし、個々の医師は、診療ガイドラインに従わない場合、その理由を患者および他の医師に対して説明できることが求められている。独善に陥る危険のある臨床行為は診療ガイドラインによって縮減されることが期待されている。その意味で、診療ガイドラインは間接的には医師の判断に規制的影響を与えると考えられている<sup>4)</sup>。

### 3. 耐震設計におけるEvidence-Based Designの提案

以上のように、医療の分野においては、「すべての患者にその時代の最善の治療を施す」という患者本位の考え方の下に、EBMの導入が図られている状況がある。このことを踏まえ、同じようにユーザー（構造物利用者）本位の立場から耐震設計の体系を見直してみると、必ずしも性能設計が最終到達点とは言えず、さらなる改善の余地があるように思われる。例えば、性能設計の体系において、性能照査手法を選択するという問題を考えてみると、個々の設計者の技術的信念の違いにより、今後は、多数の照査手法が混在する時代となることが想定される。しかし、仮に客観的立場からその時代における最も「良い」手法を選定できるとすれば、その同じ手法を全国の技術者が用いた方が、わが国全体として構造物の設計の信頼性が向上し、構造物利用者の利益につながるはずである。これは、治癒率40%の治療法Aと治癒率50%の治療法Bがある場合、全国のすべての病院で治療法Bを適用するのが最善の策であるという医療分野における事情と同じである。

このことを踏まえ、ここでは、地震工学の分野におけるevidence-based designという概念を新たに提案する。これは次のような考え方である。

- 1) 耐震設計の過程で遭遇する様々な選択に関して、個々の選択肢の「良さ」を学会等の第三者機関が

evidenceに基づいて公平かつ定量的に評価し、その時代における「最も良い」選択肢は何かを明らかにする。そして、医療の分野における「根拠に基づく診療ガイドライン」に相当するドキュメントを作成して周知を図る。

- 2) これを凌駕する選択肢が現れるまでは、全国の技術者は原則としてこれを用いる。ただし、医療の場合と同様、その時代におけるもっとも良い選択肢が個別のケースに適用可能であるかは、最終的には技術者が判断する。

ここで、耐震設計の過程で遭遇する選択とは、例えば①地震動評価手法の選択、②地盤改良工法の選択、③構造形式の選択、④性能照査手法の選択などである。Evidence-based designの概念は、その実現に向けたハードルの高さはともかくとして、原理的には、①～④のすべてに適用可能である。

さて、医療の分野におけるevidenceとは、臨床試験や疫学研究のような、人間集団を対象とした研究の成果のことであった。試験管やマウスを用いた研究結果は、それがいかに学術的にすぐれたものであってもevidenceとはならないことは既に述べた通りである。同様に、耐震設計におけるevidenceとは、あくまでも実現象によってその妥当性が確認されているということではなければならない。上記の①～④の各々についてevidenceとは何かを整理すると表-2のようになる。

表-2 医療におけるevidence-based medicineと耐震設計におけるevidence-based designの比較

	医療	耐震設計			
遭遇する問題	複数の治療法から最善のものを選ぶという問題	複数の地震動評価手法から最善のものを選ぶという問題	複数の地盤改良工法から最善のものを選ぶという問題	複数の構造形式から最善のものを選ぶという問題	複数の性能照査手法から最善のものを選ぶという問題
Evidenceとは	臨床試験や疫学研究など人間集団を対象とした研究の成果	特定の地震動評価手法により推定された地震動と実際の地震動との比較結果	実際に施工された改良地盤の地震時挙動	実構造物の地震時挙動	特定の性能照査手法により推定された被災程度と実際の被災程度との比較結果
Evidenceを得るために行うべきこと	臨床試験や疫学研究	強震観測、および、観測記録が得られている地震に関する強震動シミュレーション	実際に施工された改良地盤の地震時挙動に関する情報の収集あるいは試験施工	実構造物の地震時挙動に関する情報の収集あるいは試験施工	被災事例／無被災事例の収集とそれに関する解析
各々の選択肢の「良さ」を評価するために用いられる指標	治癒率	例えば、推定された地震動と観測された地震動との残差の小ささ	実際に施工された改良地盤の被害の小ささ(あるいは無被災率)	実構造物の被害の小ささ(あるいは無被災率)	例えば、推定された被災程度と実際の被災程度との残差の小ささ
Evidenceではないが参考になる情報	試験管やマウスを用いた研究結果		模型振動実験の結果	模型振動実験の結果	模型振動実験の結果
実現可能性	すでに実現	工夫次第で実現可能	実現までに長い道のりが必要?	実現までに長い道のりが必要?	工夫次第で実現可能

まず、複数の地盤改良工法から最善のものを選ぶという問題を考えてみる。この場合のevidenceとなるものは、実際に施工された改良地盤の地震時挙動である。従って、Evidenceを得るために行うべきことは、（その実現性はひとまずおいて原理に即して言えば）実際に施工された改良地盤の地震時挙動に関する情報の収集あるいは試験施工である。各々の選択肢の「良さ」を評価するために用いられる指標、すなわち、医療の分野における治癒率にあたるものとしては、実際に施工された改良地盤の被害の小ささ（あるいは無被災率）を採用することができるだろう。ただし、医療の分野における治癒率は5年程度の期間があれば求まるのに対して、実際に施工された改良地盤の地震時挙動に関する十分な数のデータを得るためには、大地震が低頻度の現象であるためにかなり長期間を要すると考えられる。従って、この分野でevidence-based designを実現するためには長期的な取り組みが必要である。複数の構造形式から最善のものを選ぶという問題に対しても、同様のことが言える。また、補足すると、例えば新工法などの採用において、施工実績があるということが一種のevidenceとして設計判断に取り入れられることが現状では多い。しかし、施工実績は、施工性の観点ではevidenceになりえるが、耐震性等の検証がなされているわけではなく、本来はevidenceとして考えるべき項目ではない。

次に、複数の性能照査手法から最善のものを選ぶという問題を考えてみる。この場合にevidenceとなるものは、特定の性能照査手法により推定された被災程度と実際の被災程度との比較結果である。従って、Evidenceを得るために行うべきことは、被災事例／無被災事例<sup>例えは<sup>9)</sup></sup>の収集とそれに関する解析である。各々の選択肢の「良さ」を評価するために用いられる指標としては、例えば、各々の手法により推定される被災程度と実際の被災程度との残差の小ささを採用することができると思われる。

さらに、複数の地震動評価手法から最善のものを選ぶという問題を考えてみる。この場合のevidenceとなるものは、特定の地震動評価手法により推定された地震動と実際の地震動との比較結果である。従って、Evidenceを得るために行うべきことは、強震観測、および、観測記録が得られている地震に関する強震動シミュレーションである。各々の選択肢の「良さ」を評価するために用いられる指標としては、例えば、推定された地震動と観測された地震動との残差の小ささを採用することが考えられる。ただし、設計のための地震動の評価という観点で見た場合、特に震源に関する不確実性を考えると、若干過小評価気味の予測よりは若干過大評価気味の予測の方が好ましいと考える専門家は多いと思われる。このことを考えると、単に推定地震動と観測地震動との残差の小ささを指標とすることには疑問があり、過大評価の場合と過小評価の場合で残差に重み付けをするなどの工夫も必要である。

さて、上記の2)で「その時代におけるもっとも良い選択肢が個別のケースに適用可能であるかは、最終的には技術者が判断する」としたが、これは具体的には次のようなことである。例えば、過去における岸壁の被災事例を、最も少ない残差をもって再現できる有効応力解析手法が存在するような場合を考える。このような場合でも、解析対象に特殊土が含まれる場合や、構造形式が特殊な場合には、必ずしも当該手法を適用することが適切では無いかも知れない。なぜなら、Evidenceとされた過去の被災事例の中に、特殊土や特殊な構造形式が含まれない可能性が極めて高いからである。従って、このような場合に、当該手法を適用することが適切であるかどうかは、個別に判断する必要がある。すなわち、EBMにおける臨床医の役割とのアナロジーで技術者の役割・設計行為を規定すると「限られた資源」の下で、「構造物のおかれる環境」「構造物の目的・役割」そして「evidence」を統合して、関係者にとって最も望ましい設計判断を行うことが技術者の専門的スキルとして位置付けられる。そして、性能設計では、上記の項目のうちevidenceを除く他の項目は既に配慮されているが、設計判断においてevidenceも重視すべきであるという点が著者らの主張である。

既に述べたように、仕様規定型設計から性能設計への移行は、多数の手法が混在する時代をもたらすと考えられるが、Evidence-based designの時代になると、これが再び収斂に向かうものと考えられる（図-1）。しかし、このことをもって、evidence-based designへの移行は仕様規定型設計への回帰であると捉えるべきではない。Evidence-based designは性能を満足する構造物を設計するという目標抜きには成立しないものであるから、evidence-based designと仕様規定型設計は相容れないものであり、evidence-based designは仕様規定型設計から性能設計への流れの延長上にあると捉えるべきである。また、evidence-based designの下では手法が再び収斂すると述べたが、その収斂先は、仕様規定型設計の時代に採用されていた手法とは全く別なものとなる可能性が高い。なぜなら、仕様規定型設計の時代に採用されていた手法の多くは、設計コードで規定されていることを唯一の根拠として用いられていたものであって、それが

他の手法と比較してどの程度「良い」のかについては不明確であった。それに対して、Evidence-based designの最大の特徴は、個々の手法の「良さ」が客観的かつ定量的に評価されていることである。従って、この場合の収斂先は、仕様規定型設計の時代に採用されていた手法とは一般には一致しないことになる。以上を踏まえ、仕様規定型設計、性能設計、evidence-based designの三者について特徴を整理すると表-3のようになる。

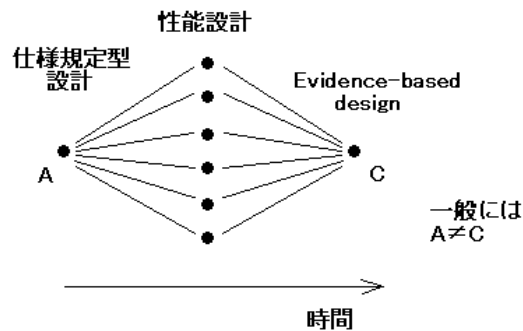


図-1 再び収斂に向かう？

表-3 仕様規定型設計、性能設計、evidence-based designの三者の特徴

	仕様規定型設計	性能設計	Evidence-based design
要求性能	不明確	明確	明確
各手法の「良さ」の第三者機関による定量化	なし	なし	有り
採用される手法	設計コードに規定されている手法. その手法がどの程度「良い」ものであるかに関する定量的評価はなし.	個々の設計者の技術的信念に基づく多様な手法	原則としてその時代の「最も良い」手法
ユーザー（構造物利用者）の受ける便益	小	中	大

#### 4. Evidence-Based Designの利点として考えられること

ここではEvidence-Based Designの利点として考えられることをまとめておく。

第一に、当然ではあるが、その時代における最も成績の良い手法を用いるということであるから、全体として耐震設計の精度の向上や耐震性そのものの向上が期待できる。

第二に、新手法を提案する側にとっては、越えるべきハードルが明確になるという利点がある(図-2)。耐震設計において新手法を導入しようとする場合に、新手法に問題がないことを示すように要求される場合がある(著者の知る範囲では、建築における入力地震動の評価方法をめぐってこうした状況がある)。しかし、どのような手法であれ、完全無欠の手法は存在しないから、新手法に100点満点を求める限り、新手法の導入はできないことになる。これは技術の進歩を促すという観点からは不合理なことである。仮に新手法が100点満点で50点であるとしても、既存の手法が100点満点で40点ならば、新手法を導入すべきである。医療の分野では、この点は非常に明快であり、既存の治療法による治癒率が40%しかない病気に対して、新たに治癒率が50%の治療法が開発されれば、これが標準治療となる。このような明快さは耐震設計の分野にも導入することが望ましい。Evidence-Based Designの時代になれば、既存の手法自体がevidenceによって評価されているので、新手法の提案にあたって越えるべきハードルが明確になり、不当に高い

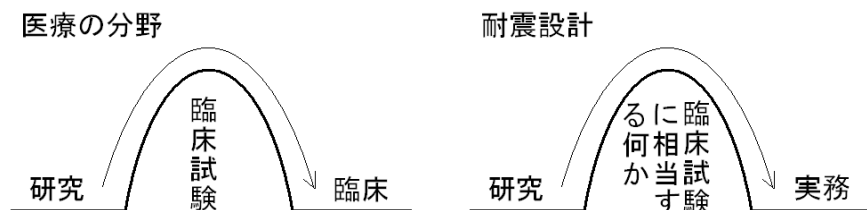


図-2 越えるべきハードルが明確になる

ハードルが課されるという心配がなくなる。

第三に、理論偏重の風潮が改められるという点を、Evidence-Based Designの利点として挙げておきたい。医療の分野では、理論上良い結果を招くことが期待された治療法であっても、臨床試験では期待したほどの成果が得られないということはしばしばある。一方、地震工学の分野では「この方法は良い結果をもたらすことが理論上期待される手法である...よって実務に適用した場合に良い結果を招来するはずである」といった類の論理の飛躍を目にすることが少なくない。研究と実務の間に適切なハードルを設けることによって(図-2)、こうした風潮は是正されると考えられる。

## 5. Evidence-Based Designの具体的イメージ — 重力式岸壁の耐震性能照査手法の選択

ここまでの議論はやや抽象的であるので、重力式岸壁の耐震性能照査手法の選択という問題を例にとることにより、evidence-based designのもう少し具体的なイメージを描いてみることにする。

Evidence-based designではevidenceが存在することが前提となる。そこで、医療の分野における臨床試験に該当するものが必要となる。ここではこれを単に「審査」と呼ぶことにする。審査の主催者はあらかじめかなり多数の被災事例を用意しておく。著者らのイメージではおよそ100程度の被災事例である。過去の地震による重力式岸壁の被災事例については既往の文献(例えば<sup>9)</sup>)を参照することができる。審査の主催者は、各々の被災事例に対して、地盤条件も同時に用意しておく必要がある。地盤条件は詳しいほど良いが、少なくともN値、細粒分含有率、一軸圧縮強度などが必要と考えられる。また、審査の主催者は各々の被災事例に対して入力地震動を用意しておく必要がある。入力地震動の信頼性は、審査そのものの信頼性とも関わってくるので特に重要である。この場合、対象地点におけるサイト特性をかなり厳密な形で考慮することができ、かつ、震源モデルの構築というプロセスを経る必要がない文献<sup>10)</sup>の方法は有効な方法の一つであると考えられる。審査を受けようとする人は、審査の場に提案法を持ち込むことになる。持ち込まれる耐震性能照査手法の多くは有効応力解析になると考えられるが、これに限られる必要はない。審査を受けようとする人は、提案しようとする解析プログラムのみならず、解析パラメタの設定方法をセットで示すことが求められる。審査の主催者は、提案された方法に基づいて個々の被災事例に対する解析を行い、被災事例との残差の大きさを評価する。残差の大きさを評価するための指標としてどのようなものを導入するかは、あらかじめよく議論しておく必要があるが、例えば「被災事例による残留水平変位と計算結果の残留水平変位の差の自乗をすべての被災事例に対して加えたもの」を指標とすることが考えられる。ただし、安全側に外れるのと危険側にはずれのものを同列に扱って良いかという問題なども今後検討していく必要がある。このようにして評価された残差がもしも既存の手法を下回れば、審査の主催者は提案法を新しい「標準手法」として認定する。ただし、ここで認定対象とするのは、商品としての解析プログラムではなく、構成則+アルゴリズム+パラメタ設定法の組み合わせに対して認定を行うことが望ましい。商品名を用いないのは、プログラム開発業者の新規参入への障壁を設けないための配慮である。なお、医療の分野でも、薬を診療ガイドラインに記述するとき、一般名がよいか商品名が良いかが問題となることがあり、一つの方針は決められていないという現状が紹介されている<sup>4)</sup>。また、このときパラメタ設定法が明確に記述されていなければ、解析結果にばらつきが生じ、手法の優劣が比較できないので、パラメタ設定法をセットで示すことになるが、技術者による判断のばらつきなどを、例えば文献<sup>11)</sup>のような方法で検討していくことも必要となる。

個々の技術者は重力式岸壁の耐震性能照査を行う場合には原則として標準手法を用いる。ただし、「標準手法」が個別のケースに適用可能かの最終判断は、前述の通り、個々の技術者が行う。現実的には、種々の地盤改良を含む断面であったり、複合構造物が対象であったり、判断に悩む場合も多いと思われる。また、地震動の特性や地盤物性の特性、断面の違いにより手法の優劣が入れ替わる場合も考えられる。したがって、どの程度まで普遍的な比較ができるかどうかは重要な検討項目である。

このような審査は、技術の停滞を避ける上では、できるだけ高い頻度で開催されることが望ましい。医療の分野では診療ガイドラインの改定は3年ごとが望ましいとされている<sup>4)</sup>。

## 6. Evidence-Based Designの導入に向けた課題

ここではevidence-based designの導入に向け、今後解決すべき課題について述べる。

まず、evidence-based designの実現に向けて誰がイニシアチブをとるべきか、その実現に向けて誰が費

用を負担するべきかという課題がある。この点については今後様々な議論があり得るが、医療の分野での状況を参考にすると、国および学会にそれぞれ果たすべき役割があることは間違いないと考えられる。

5. で述べたような審査を実施する場合、審査の公平性をいかに確保するかは決定的に重要な課題である。医療の分野では、例えば二重盲検法（投与する薬が本物かどうか医師にも患者にもわからない状態で臨床試験を行う方法）<sup>7)</sup>のように、臨床試験を公平に実施するためのテクニック自体が一つの研究テーマとなっている。同様に、地震工学の分野においても、evidence-based designのための審査をいかに公正に実施するかということ自体が今後研究テーマとなりうる。例えば、ある有効応力解析プログラムの開発に携わった人が審査員として審査に参加する場合、審査結果が当該プログラムに対して有利となるように入力パラメタの微調整を行うことがあり得ないとは言えない。実際、種々のブラインドプレディクションにおいて、事前の予測は大きくばらつくのに対し、事後の解析はどのプログラムもよい結果を示すことが多いという事実は、入力パラメタの微調整が結果に大きな影響を及ぼす場合も大きいことを示唆しているといえる。極端な話、こうしたことを防止して公正な比較を行うためには、自分がどのプログラムを審査しているかわからない状態で作業できるように、審査員と審査対象プログラムとの間にインタフェースプログラムを介在されることなども検討する必要があるかも知れない。先に紹介した「安全側に外れるのと危険側にはずれるのを同列に扱って良いか」という問題も含め、審査の具体的方法は今後の大きな研究テーマである。

## 7. おわりに—Evidence-Based Design実現に向けて

本稿では、医療の分野におけるevidence-based medicineを参考に、地震工学の分野におけるevidence-based designという概念を新たに提案し、仕様規定型設計や性能設計と比較した場合の特徴をとりまとめた。医療の分野では、組織的かつ着実に臨床試験や疫学調査が行われ、evidence-based medicineは現実のものとなっている。それに対して、地震工学の分野ではevidenceの蓄積は十分であるとは言えない。これは一つには大地震が低頻度の現象であるため、実物の挙動に関するデータの蓄積には時間を要するという事情がある。しかし、evidence-based designはユーザー（構造物利用者）に対して大きな便益をもたらすものと考えられるので、今後、その実現に向けた努力が必要である。また、強震観測および被災事例／無被災事例の収集が、evidence-based designの実現のためには必須であり、これらを継続的に実施していくことの必要性が改めて確認された。Evidence-based designの具体的イメージについては、重力式岸壁の耐震性能照査手法の選定という問題を例に若干の議論を行ったが、十分に具体的なものとはなっていない。医療の分野において臨床試験を公平に実施するためのテクニック自体が一つの研究テーマとなっているように、地震工学の分野においても、evidence-based designのための審査をいかに公正に実施するかということ自体が一つの研究テーマとなりうるという点を強調したい。

## 参考文献

- 1) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，1999年。
- 2) 日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説，2007年。
- 3) 中川恵一：「標準治療」の確立と「余命告知」，がんの練習帳，週刊新潮4月15日号，2010年，pp.63.
- 4) 中山健夫：EBMを用いた診療ガイドライン作成・活用ガイド，金原出版，2004年。
- 5) Guyatt, G.: Evidence-based medicine, *ACP Journal Club*, Vol.114, 1991, A16.
- 6) Sackett, D.L., Straus, S.E., Richardson, W.S., Rosenberg, W. and Haynes, R.B.: *Evidence-based medicine: How to practice and teach EBM*, 2<sup>nd</sup> edition, Churchill Livingstone, 2000.
- 7) 船渡川伊久子，中尾睦宏，矢野栄二：EBM医学統計学，篠原出版新社，2009年。
- 8) 森實敏夫：入門医療統計学—Evidenceを見いだすために—，東京図書，2004年。
- 9) 稲富隆昌他：1995年兵庫県南部地震による港湾施設等被害報告，港湾技研資料，No.857，1997年。
- 10) 秦吉弥，一井康二，野津厚：経験的サイト増幅・位相特性を考慮した八戸市箕子渡における強震動の推定，地盤と建設，Vol.27，2009年，pp.23-31.
- 11) 一井康二，秦吉弥：耐震性検討のための地盤調査と調査結果の解釈についての課題，土木学会論文集C，Vol.65，2009年，pp.456-466.