木造重要文化財建造物の耐震補強における意思決定プロセスに関する研究 —構造設計者の役割を中心として—

A STUDY ON THE DECISION MAKING PROCESS OF SEISMIC STRENGTHENING OF WOODEN IMPORTANT CULTURAL PROPERTIES

—Focusing on the role of structural engineers—

角 陸 順 香*, 清 家 剛**, 藤 田 香 織***, 宇 野 繕 晴****

Yorika KADORIKU, Tsuyoshi SEIKE, Kaori FUJITA
and Yoshiharu UNO

The purpose of this paper is to reveal the decision making process during the seismic strengthening work of important cultural properties. The authors interviewed structural engineers who were involved in the seismic strengthening of wooden important cultural properties after the Great Hanshin-Awaji Earthquake in 1995. Through analyzing:

1. The principle and decision making process of the structural engineer.
2. The demands from other parties to the structural engineer and derivative issues.

the general process and problems of seismic strengthening are clarified. In conclusion an ideal methodology of the seismic strengthening process of wooden important cultural properties is proposed.

Keywords: wooden structure, important cultural properties, seismic strengthening, structural design, decision making process

木造, 重要文化財, 耐震補強, 構造設計, 意思決定プロセス

1. 研究の背景と目的

文化財建造物の保存修理とは、その建物の文化財的価値を後世に残すために、一般には建設当初の形への復元を目指すものである。しかし平成7年の阪神淡路大震災以後、文化財といえども人が立ち入る以上、人命の保護が必要であるとの認識がより強まり、本格的な耐震補強が行われるようになってきた。文化庁でも、「重要文化財（建造物）耐震診断指針」（平成12年）^{a)}及び同参考資料集^{b)}を発行し、特に安全性確保についての指針を示している。

重要文化財建造物の耐震補強設計における意思決定は、通常の建築における改修の場合とは異なり特有な形態を持つ。なぜなら文化財的価値を損なわず、可能な限り安全性を確保せねばならないためである。そこには設計監理者をはじめ、構造設計者、所有者、構造や歴史の有識者など異なる価値観を持った人々が関わり、これら様々な主体^{c)}間での意思疎通はどのように行われ、どんな問題点が生じるのかを把握し、各主体が耐震補強に対してどう臨むべきであるかを明らかにすることは重要である。なかでも建物の力学的特性や構造に関する知識、技術を提供する構造設計者は、耐震補強工事の意思決定プロセスにおいて中心的な役割を担っている。なぜなら、国宝・重要文化財建造物は建築基準法第3条によりその摘要除外を受けているため、満たすべき構造性能の目標値は当該建造物の用途、文化財としての価値、使用頻度等を鑑みて個別に判断できると同時に判断が必要になるが、これには高度かつ専門的な構造設計の知識が要求されるからである。以上より、各意思決定主体がどう構造設計者と関わっているのかを明らかにする事により、耐震補強工事の進め方や各段階で検討すべき事柄が明確になると考えられる。

歴史的な建物の保存に関する研究はこれまで広く行われているが、文化財建造物の耐震補強に関連する既往研究は、材料・部材、接合部、組物、構面、または建物全体に関する実験的研究など構造的特性に着目したものが多く^{d) e) f) g)}、この分野での研究は着実に蓄積されてきていると言える。その中において、阪神淡路大震災による文化財建造物の被害の状況と復旧の実態を調査した研究^{h)}があるが、主に補強技術や助成制度に目が向けられており、耐震性の向上とオーセンティシティの尊重の兼ね合いについて触れてはいるが、各専門家間の意思決定プロセスにおける関わり方については具体的に述べられていない。このように、本研究のような意思決定プロセスに着目した研究は未だなされていない。

筆者等はこれまで、阪神淡路大震災以降、平成12年までに耐震診断の依頼を受けた国指定木造重要文化財建造物で文化財建造物保存技術協会（以下、文建協）が設計監理を行った33事例についてデータシートの作成を行い、さらにデータベースに基づいた構造設計者に対するヒアリング調査により、構造設計者から見た耐震補強の意思決定に関する調査を行った。^{i) j) k) l) m)}また、継続して意思決定プロセスにおいて生じる要望や問題点について整理し分析を行った。^{n) o)}

本研究では、木造重要文化財建造物の耐震補強事例についての構造設計者に対するヒアリング調査を基に①構造設計者の立場からの耐震補強に対する考え方や意思決定のプロセス、生じた要望や問題点等を明らかにして耐震補強全体の流れを捉える事②耐震性能の点から耐震補強設計の現状を分析して、今後の課題を明らかにする事、③全体を通しての諸問題を分析することによって、今後の木造文化財建造物の耐震補強設計の在り方を提案する事を目的としている。

* 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻
博士課程・修士(環境学)
** 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境学専攻
助教授・博士(工学)
*** 東京都立大学大学院工学研究科建築学専攻
講師・博士(工学)
**** ㈱三菱地所設計 修士(環境学)

Graduate School of Frontier Sciences, the Univ. of Tokyo, M. Eng.

Assoc. Prof., Graduate School of Frontier Sciences, the Univ. of Tokyo, Dr. Eng.

Assist. Prof., Department of Eng., Tokyo Metropolitan Univ., Dr. Eng.

Graduate School of Frontier Sciences, the Univ. of Tokyo, M. Eng.

2. 調査対象・方法

調査の対象は、前述の33事例である（表1）。

これらの事例について、耐震診断・構造設計を手がけた構造設計事務所11社の協力を得て、耐震補強設計の過程における構造設計者の考え方や取り組み方、生じた問題点や他の主体からの要望を中心に、ヒアリング調査（期間：平成13年9月～11月）を行った。

3. 各段階での検討内容の分析

調査結果をもとに、耐震補強における意思決定において生じるプロセスを全てまとめると、およそ下の図1に示すような流れであることがわかった。ここでのプロセスとは「実際におこる依頼、調査、設計、工事の流れ全体」をさす。実際の意思決定においては様々な変更や修正、フィードバックが生じており、各事例のプロセスは個別性が高く複雑なものであったが、図1では、意思決定の流れを出来るだけわかり易くする事を目的として、ポイントとなる項目をあげ、大まかな基本となるパターンとしてまとめている。調査では、全事例においてそれぞれのプロセスに関して変更等を含め、各段階における要望や問題点を中心に整理した概略図を作成した。

また、本論で焦点を当てている耐震補強は、あくまで文化財の修理工事の一環である。基本的には、経年劣化により修復が必要となった事例から、震災による倒壊などの被害を受けた建物の事例も含めて、本来の文化財修理工事全体の流れの中での構造補強、という位置付けであるので、修理工事全体の進行と関連づけて論述するべきであるが、本論は構造設計者からの視点を中心に、という立場をとっていること、また耐震補強は通常の修理工事で扱われる、非構造部材以外のおおかたの項目（屋根、柱、壁等）を含んでいること、文化財の修理工事に関する情報の蓄積はある程度為されて来ているが耐震補強の急増は近年の動きで、まだ知識や技術、手法が確立されていないことなどの理由により、まずは耐震補強のプロセスに絞って論を進めることとする。しかし、補強方針を定める上で何が重文指定を受けているのか、によって採用しうる工法が決定する場合があるなど、修理工事全体と耐震補強の進行の関連は重要であるので、今後継続して調査を深めたい。

図1 耐震補強における意思決定の基本的な流れ

表1 調査対象一覧表

件名	都道府県	種別	構造設計	納品年月
1 旧五十嵐家住宅	福島	民家	A社	
2 慈眼寺庫裏	山梨	寺院	A社	
3 山田大王神社拜殿・神供所	熊本	神社	A社	
4 旧三戸部家住宅	北海道	住居建築	A社	
5 小林家住宅	兵庫	住居建築	B社	8年 3月
6 旧札幌農学校時計台	北海道	学校建築	F社	3月
7 本興寺方丈	兵庫	寺院	D社	7月
8 長遠寺本堂	兵庫	寺院	C社	7月
9 吉原家住宅納屋	広島	民家	A社	11月
10 天徳寺山門	秋田	寺院	A社	11月
11 天徳寺総門	秋田	寺院	A社	11月
12 専修寺如来堂	栃木	寺院	A社	12月
13 専修寺総門	栃木	寺院	A社	12月
14 旧トーマス住宅	兵庫	住居建築	B社	9年 3月
15 旧神戸居留地十五番館	兵庫	商業・業務	B社	3月
16 大安寺本堂	大阪	寺院	C社	7月
17 旧藤山家住宅	広島	民家	G社	8月
18 旧岡田家住宅店舗	兵庫	民家	E社	10月
19 旧岡田家住宅酒蔵	兵庫	民家	E社	10月
20 彦部家住宅主屋	群馬	民家	D社	10月
21 八千代座	熊本	文化施設	H社/I社	10年 2月
22 財賀寺仁王門	愛知	寺院	J社	2月
23 吉田家住宅	埼玉	民家	C社	2月
24 地蔵院本堂	三重	寺院	B社	3月
25 地蔵院鐘楼	三重	寺院	B社	3月
26 正法寺庫裏	岩手	寺院	A社	3月
27 彦部家住宅冬住み	群馬	民家	D社	11年 3月
28 旧高野家住宅文庫蔵	山梨	民家	E社	11月
29 旧高野家住宅小屋	山梨	民家	E社	11月
30 切幡寺大塔	徳島	寺院	C社	12月
31 南宗寺山門	大阪	寺院	D社	12月
32 自由学園明日館	東京	学校建築	K社	12年 3月
33 旧恵利家住宅	香川	民家	C社	6月

耐震補強における意思決定の基本的な流れは図1に示したように13の段階に分けることができると考えた。以下に、検討が行われる7つの段階で、対象事例において行われた内容の分析について述べる。

3-1. 基本設計段階（①～⑨段階）

②段階

まず、耐震診断の依頼に伴い、診断を行うに当たっての要望が生じていた。ここでは、「当初の姿に戻して欲しい」、「外観を残して欲しい」など補強の概要に関わるものが中心となっていて、保存修理工事全体における基本コンセプトを設定する段階であるといえる。ここに挙げている項目は、初期の段階において、各主体がそれぞれの要望を提示するもので、様々な技術要件をふまえた総合的な表現となっている。（表2）

※（ ）内は事例数

表2 ②段階での要望のうち、補強の概要に関するもの
(要望のあった事例数:16、要望総数:20)

要望内容	該当数
当初の姿に戻す	6
外観を残す	4
できるだけ手を加えない	2
全体を残す	1
雰囲気を残す	1
内観を残す	1
文化財としての価値を残す	1
全体の構造強度のレベルを上げる	1
大規模な補強にしない	1
震災復興のシンボルにする〔神戸市〕	1
本物にする	1

④段階

耐震診断ののちに、耐震性能の不足するものは補強案の検討へ、概ね耐震性能の認められたものは、この段階で補強なしと決まっていた。調査対象33件のうち、最終的に補強を行わなかった事例は6件あるが、うち5件はこの段階で決定していた。

補強案を作成するに当たっては各種の要望があり、一般的には、補強に対する基本方針を考え、耐震性能の目標値を設定し、それに従って案を作成する流れとなっていた。ここで補強案の検討を行った28件について方針として考慮した点を調査し整理した。(表3)

表3 補強方針 (総数:28)

方針の内容	該当数
人命を保護する	22
文化財的価値を損なわないようにする	21
補強部材・部品が見えないようにする	23
補強部材を取り外し可能にする	18
既存部材を使用する	17
既存部材を傷めない	14
建物の工法を保存する	14
建物の力学系を変えない	6

また、補強方針及び補強の有無に大きく影響する項目としては、建物の使用条件が挙げられていた。建物の使用条件のレベル設定を行って整理すると、33件中26件と殆どの建物で常時人の利用があることを想定しており(表4)、このことも補強方針を定める上で「人命の保護」を重要視する理由となっていると考えられる。

表4 建物の使用条件 (総数:33)

使用条件のレベル	該当数
常時人の利用がある	26
使用する人もしくは使用する時期が限られている	4
公開しない、人の使用する頻度は極めて少ない	3

しかし、表3に挙げた方針を全て満たすような補強は、文化財建造物の場合は容易ではなく、個々の建物について何を優先させるのかを十分に検討しなければならない。その過程では、これらの方針に従うことのできない部分もあり、優先度の低い項目に関しては、やむをえずあきらめるという判断も生じていた。また、この段階での要望はこれらの方針に関わるものが主となっていた(表5)。

表5 ④段階での要望のうち、補強方針に対するもの
(要望のあった事例数:7、要望総数:11)

要望内容	該当数
補強が見えないように	4
既存部材を傷めないように	2
構造体の入れ替えをしないように	2
将来全解体せずに撤去できるように	1
人が入ることを考慮するように	1
本物になるように	1

⑥段階

補強案を複数提案した場合には、そこから1つに絞り込む段階があり、ここでは基本的には上記の方針として定めたものに反する案、例えば「補強が見えてしまう」「既存部材を傷めてしまう」といった案が不採用となっていた。(表6)

表6 ⑥段階での不採用案の理由で補強方針に関するもの (事例数:8、総数:11)

不採用の理由	該当数
補強が見えてしまう	4
既存部材を傷める	3
在来工法を損なう	1
構造体の入れ替えを行っている	1
必要最低限の補強のため	1
システムが変わりすぎる	1

⑧段階

ここではさらに具体的な「取り外しのできる工法を」「できるだけ旧材を用いる」といった補強方針への要望(表7)や、「耐力の不足」「壁量の不足」のような耐震目標に関わる問題点(表8)が挙げられており、補強方針や耐震目標に反している部分は、それらを満足できるように修正されて、最終決定案に至っていた。

表7 ⑧段階での要望のうち、補強方針に関するもの
(要望のあった事例数:7、要望総数:11)

要望内容	該当数
補強が見えないように	3
取り外しのできる工法を	2
必要最低限の補強を	1
後からわかるような補強を	1
取り付け位置は公開しない部分に	1
補強緩和の要望(鉄骨フレームの形状)	1
できるだけ旧材を用いる	1
公開部に補強が露出しないように	1

表8 ⑧段階での問題点のうち、耐震目標に関するもの
(問題のあった事例数:7、問題点総数:7)

問題点	該当数
実験による耐力不足(土壁)	1
重量不足(免震化のため)	1
解体後、基礎のレベルが下がっている事がわかる	1
ねじれによる崩壊の防止の必要性	1
地盤固定補強支柱の応力集中	1
耐力の不足	1
壁量の不足	1

3-2. 実施設計段階 (⑨～⑬段階)

⑩段階

最終決定案を実際に施工する為には、「配管・配線が納まらない」「柱端部が浮き上がる」などの問題が生じ(表9)ディテールを中心とした変更を行う段階を経て、実施案が決まっていた。

表9 ⑩段階での補強方法に関する問題点 (問題のあった事例数:5、問題点総数:10)

問題点	該当数
配管・配線の納まりの問題	2
柱端部の浮き上がり問題	1
結露の問題	1
冬期積雪荷重の問題	1
免震層が50cm動く	1
免震ゴムの性質上の問題	1
壁厚が厚くなってしまう	1
納まらない部分の調整	1
免震層活用方法の問題	1

⑫段階

実施決定案を施工するに当たって、現場で細かい部分の調整等を行っていた。ここでは「部材の分割が必要」「部材の置き場所の確保」「必要なサイズの合板を輸入」「遺跡に当たっていた」などといった個別性の高い問題点が多かったが、下記に挙げるような事前に検討可能な項目も多いといえる。

〈事前に検討可能な項目〉

a. 接合部材の変更	e. 部材搬入の問題
b. 接合法（ボルト／溶接など）	f. 地中埋蔵物の確認
c. 部材の置き場所	g. 結露対策
d. 部材のサイズの確認	

⑬段階

施工中には、「文化財建造物の工事に慣れていない施工業者に対する技術指導が必要になる」「部材や接合部に問題が発生」などといった施工上の問題や、「現場に持ち込むのに苦労」「現場組立に困難を伴う」などの搬入上の問題が生じることがあった。（表10）

表10 ⑬段階での問題点（問題のあった事例数：6、問題点総数：8）

問題点		該当数
施工上の問題	施工業者の技術指導	3
	パネルにたわみ発生、調整	1
	溶接長さが足りない部分あり、調整	1
	現場溶接、注意が必要	1
搬入上の問題	現場に持ち込むのに苦労	1
	現場で組む時に困難を伴う	1

実際に施工となる⑫段階、⑬段階では、接合部や部材搬入などの共通する問題も含め、もっと早い段階で検討しておけば、生じる問題を極力軽減できる項目も多いことがわかった。これらの問題をどの段階で検討すべきか整理しておくことが必要であると考えられる。

3-3. 各段階検討内容の分析のまとめ

事例により、あまり問題もなく順調に進行していたものもあれば、そうでないものも多くある。個々の事例によってその背景等は様々であり、文化財の耐震補強においては、それぞれの事例においてどういった背景があったのが重要である。

この章では、意思決定の流れにおける各段階（全13段階）における要望・問題点を洗い出した。その結果、問題点として挙げられた項目の中には、もっと早い段階で検討可能な問題も多いことがわかった。これらをもとに、生じうる問題を極力減らす為に、事前に確認しておくべき項目、検討すべき項目をまとめておく必要がある。

また、できるだけ早い段階で様々な問題点を検討できるようにする為に、多くの主体間で文化財に対する意見をより広く議論する場を作ることが大切であり、その際に各主体がどのような姿勢で耐震補強に臨むべきであるか、を整理しておくことも必要である。

4. 耐震性能について

4-1. 耐震診断と構造解析の手法

各事例における耐震診断の方法は以下の3種類であった。

- ・ 壁量による診断
- ・ 外力と構成部材の耐力による診断
- ・ 変形量による診断

壁量による診断は、他の2つに比べると簡便な方法と言えるが、単独で用いられる事はなく、必ず他の手法と併用されていた。このことから、壁量による検討のみでは、耐震性能の検討には十分ではないと考えられていることがわかる。他の2つはコンピュータによる立体構造解析であった。

可能な限りこれらの全てについて検討する事が望ましいが、建物の構造上適さない場合もあるので、その建物に合わせた手法の選択が重要である。今回の調査においては、後者2つのどちらかの手法は必ず用いられていた。このことから、コンピュータを使用した立体構造解析が中心となっていることがわかる。

4-2. 耐震性能の目標値

重要文化財建造物は建築基準法の適用除外となるが、できる限りこれを満足することが望ましいと考えるのが一般的であろう。しかし伝統的木造建築においては、基準法の定める変形制限の1/120という層間変形角値を満足させることは難しい。補強案の検討を行った28事例中、変形量による検討を行った建物は20件あり、変形角の許容値としては1/50や1/60といった値を設定していた場合がほとんどであった。1/120を設定した建物は4件に留まり、そのうち概ね補強案が1/120以内を満たしたものは3件であった。

これらの結果より、基準法と同等の耐震性能を確保することは、容易ではないことがわかる。目標値の設定については、個々の事例において十分な検討が必要である。

また、設定した許容値を大きく上回る結果となった事例もあった。特に震災後間もない時期の事例では、まだ文化財建造物の耐震補強が一般的でなかったという背景もあり、補強可能部位には出来る限りの補強を施した結果、過剰な補強となってしまったものもあった。許容値を設定する目的は、最低限の補強で十分な強度を確保することにあるので、大幅な耐力アップを図ることによって、文化財的な価値を大きく損なうことがあってはならない、という点に留意した構造設計が必要であるといえる。

さらに、変形角の許容値という具体的な数字よりは、「人身事故の防止」「物的損傷の防止」「経年劣化の防止」「重量の軽量化」「二次災害の防止」といった事柄が、耐震性能の目標を定めるに当たってより重要視されていた。

4-3. 補強を行っていない事例

今回調査を行った事例の中で、最終的に補強を行わなかったという事例は全33件中6件あった。そのうち基準法の許容値を満たしていたものは2件に留まった。また、基準法の定める1/120以内は満たしていないが目標値は満足していたものは3件あり、目標値は満たしていないが、様々な条件に基づいた判断と研究実験の一環であるという背景により補強はしないことになった事例も1件あった。

このことから、文化財の耐震補強においては、最大応答変位の予測値が、建築基準法における限界変形を超えないという点のみで判断するのではなく、文化財的な価値の維持と活用時の安全性確保の観点に基づき、専門家の意見を採り入れて、地震災害時に許容される被災程度によって判断することが要求されると言える。

4-4. 各事例における補強の方法

補強方法としては主に6種類あり（表7）、基本的には「耐震要素の増設」を目的としていた。次いで、「部材の補強」「部材接合部の補強」「重量の軽量化」「柱を地盤に固定」「地盤改良」等がみられた。

表7 補強の方法（対象事例：27）

補強の方法	該当数
耐震要素の増設	25
部材の補強	8
部材接合部の補強	8
重量の軽量化	6
柱を地盤に固定する	5
地盤改良	1

4-5. 実験に対する考え方

実験を伴った事例は7件で、その内容について整理した。(表8)

表8 実験内容と試験体の有無、実験時期(対象事例:7)

実験内容	試験体	時期
既存の下見板の耐力試験	×	—
炭素繊維による仕口部分の補強効果の確認試験	○	⑧
新旧材・木材強度試験	○	⑧
土壁強度実験	○	⑧
事前調査	—	②
アンカーの埋め込み長さ試験	○	⑧
地盤調査・常時微動計測	—	②
振動実験	—	⑧
煉瓦強度試験	○	③

実験時期: 1 3段階に分けたプロセスのどの時期に当たるか

実験に関して重要なのは、「試験体の提供」「実験時期」であった。試験体といえども文化財である、という理由で提供されない場合もあるようだが、その後のほかの事例においては試験体の提供を受けていた事がわかった。この調査から構造設計者の多くは早い時期に実験や強度試験を行っておきたいと考えている事が明らかになった。

また、構造設計者が事前調査に自ら関わっている事例もあり、必然的に現場に行く回数も増えて、現状把握や意思疎通などを十分に行うことができていた。特に事前調査が可能であると、現状把握をする上で非常に有利となるので、構造設計者がこのような細部の段階まで関わるができるのが理想的といえる。

一方、実験の時期が遅く、構造設計者としてはもっと早い時期にやってもらえると検討がし易かったという事例もいくつか見られた。構造設計者の中には、実際に強度試験等を行ってみたいと考えていた人も多く、また、自分の設計した補強の効果を確認する意味でも、補強前後の常時微動測定に対する熱心な要望もみられた。

4-6. 伝統構法の性能

伝統構法を用いた文化財の構造解析には様々な困難が伴い、その都度様々な仮定を用いなければならないのが現状である。構造設計者としても、仮定にはどの程度の信頼性があるのか疑問であるので、実際に実験をしてみたいといった意見も挙がっていた。

伝統木造建築にはまだ不明な点は多く、解決していくべき問題は非常に多いと言える。今後は、伝統構法の材料や部分に関するデータなど様々な情報を蓄積していくことが必要であり、加えてそれらを構造設計者が共有できる体制を構築していくことが必要であろう。

5. 全体を通しての諸問題

意思決定における流れの中において、構造設計者が設計を進めていく上で重要なポイントとなる点が、調査によって明らかになった。それらを以下に挙げ、検討を加える。

5-1. 解体前調査の有無

耐震診断を行うに当たり、どの構造設計者もまず解体前の建物を見たいと考えていた。実際に建物の建っている状態を見ることから得られる情報は、解体後に比べてはるかに多く、継ぎ手・仕口などの部材の実際に組まれている状態を見なければわからない、といったことも多いからである。

しかし、建物の解体には時間がかかってしまうため、設計の発注と実際の設計との間には時間的差異が生じることになり、必ずしも構造設計者が解体前の状態を見ることが出来るとは限らない、ということがわかった。

調査結果によると、全33件のうち解体前に見ることができなかったものは9件であった。そのうち、解体中であったものは2件で、逆に解体部材の様子さえも見ることができなかったものは3件、現地に行っていないというものが1件であった。解体前に見ることのできなかったものは震災直後の事例に多く、最近の事例ではこの点についての発注者、構造設計者ともに意識が高くなってきており、改善傾向が見られることがわかった。

表13 解体前調査の問題点(対象事例:33、該当事例:9)

問題点	該当数
解体前に建物を見ていない	9
解体途中から建物を見た	2
解体部材の様子を見ていない	3
現地を見ていない	1

5-2. 現場打ち合わせ回数

各事例において、各構造設計者が現場で打ち合わせを行った回数を調査したところ、事例によって様々であることがわかった。また、回数とその理由には、およその傾向があることがわかった(表9)。

表9 現場打ち合わせ回数と主な理由(対象事例:33)

回数	件数	主な理由
0~3回	11	震災後間もない、施工監理に携わっていない
4~6回	9	現場まで遠いなど回数が限られている
10回~	13	できる限り行っている

この結果より、現場が遠いために、ある程度行く回数が限られてしまうという事例も多くあることがわかった。現場が遠いという背景は、「文化財建造物の耐震補強」という特殊な経験のある事務所がまだ少ないことも一因となっており、これから解決していくべき問題のひとつである。

調査結果より、構造設計者が実際に現場へ足を運ぶことには重要な意義があると考えられる。それらは大別すると次の2点である。

<建物の現状把握>

図面に表れる情報はごく一部なので、現場を見ることが最もよい方法であり、工事における各段階で、タイミングよく構造設計者が建物の状態を見ることが大切である。

<各主体間の意思疎通>

施工関係者と現場でよくコミュニケーションをとることが重要である。また、実際に現場を見ながら各主体と検討することによって、より密な検討が可能となるので、各主体間での意識の差異を埋めるという点でも、現場を見ながらの検討が一番よい方法である。

以上のこれらの点から、構造設計者も可能な限り現場へ足を運ぶことが望ましいといえる。

5-3. 補強案の提案数

各事例における補強提案数を整理した(表10)。部位別にそれぞれ提案数が違うものもあったので、それらは別々に分類した。

表10 補強提案数(対象事例:28、パターン数:30)

提案数	1案	2案	3案	4案	5案
事例数	17	2	8	2	1

この結果より、提案数が1案のみであったもの(17例)と複数案のもの(13例)とではほぼ半数ずつとなっていた事がわかった。しかし、事例が新しくなるほど、補強提案数が1案のみのものが多くなってきている傾向が見られた。一方で、構造設計者としてはできる限り多くの案を出したい、という意見も挙がっていた。

補強案の提案数が1案のみであったものの背景には何があるのか、調査結果をもとにまとめると以下になる。

＜問題点がはっきりしていた＞

- ・「何を残したいのか」などの明確な提示が事前にあったことによって選択肢が限られていた
- ・設計監理側からはっきりとした問題点の提示があった
- ・その方法でしか補強案が考えられなかった

＜構造設計者が文化財の耐震補強に慣れてきた＞

- ・どういった補強をすればどの程度の効果があるのか、ということに、ある程度予測がつくようになった
- ・設計監理側との意思疎通方法が円滑になったことによって、事前に案が絞られた

特に、構造設計者が慣れてきたことで、様々な主体間での検討を行う前に「事前に案が絞られた」ことによって、提案数が1案のみになってしまうことがあるという点については、必ずしもよいとはいえない。なぜなら、補強案の検討については、一度関係者を広く集めた場での検討があった方が、様々な要望や助言を受けられるからである。こういった場において複数案を検討することによって、より良い補強案を作成でき、さらに、後に生じる可能性のある問題を少しでも回避できることになる。補強方法決定までのプロセスを円滑にすることも大切であるが、ある程度の段階での広く議論を行う場を設けることも必要であるといえる。

構造設計者の立場からみても、やむを得ない理由から他の補強案を考えることが出来ないような場合を除いては、出来る限り複数案の提案を行い、それぞれの事例によって様々な可能性の検討を行うことが望ましいと考える。

5-4. 施工後に生じた問題点

施工後に生じた問題点としては以下の2点が挙げられる。

- ・設計監理側の図面に間違いがあり変更箇所を構造設計者が知らないまま設計を行った結果、補強が一部見えてしまっていた
- ・所有者が文化財の補強部分に関してあまり気に留めておらず、むしろ「立派になった」という意識があったこと、一般公開する予定だった部屋は日常使う部屋なので展示したくなく、公開しないはずの、鉄骨補強が露出している物置を見学者に公開してしまっていた

これらの問題点は、特に歴史有識者達にとっては大問題であり、主として各主体間の意思疎通の不足に原因があったと考えられる。これより、他の主体との意識の違いや意思疎通の難しさを窺うことができる。

5-5. 意思決定の進行における各主体の関わり

これまでの調査で、構造設計者がどのような主体と関わりがあったのかは、意思決定に大きく影響してくる重要なポイントであることが明らかになった。ここでは、構造設計者が実際に検討する場を持った主体との関わりを整理し、右の図2に示す。

＜有識者＞

構造専門家や歴史専門家等の有識者からの有益な助言によって、補強案に影響のあった事例も多く見られた。

＜所有者＞

所有者は、個人・団体である場合と、市町村などの行政機関である場合があった。特に、所有者が個人である場合については、今回扱った事例では、ほとんどの場合で何らかの要望が生じていた。結果として、それらの要望を優先させる形で補強案が決まっていたことから、所有者の要望の重要性が窺える。

図2 各主体から構造設計者への関わり

＜施工関係者＞

施工会社をはじめとして各種工事業主や現場の職人と検討の場を持った例もいくつかあった。施工段階での問題点も多くあったことから、これらの主体との積極的な関わりも重要であることがわかる。

5-6. 各主体間の意識の差

構造設計者とは異なった価値観を持つ各主体との間には、意識の差異が生じることがあった。意識の違いの例を、以下に挙げる。

＜構造設計の立場と歴史・保存の立場の間＞

- ・文化財でない部分の扱い（構造的に残したい⇔撤去したい）
- ・試験体の提供（提供して欲しい⇔提供できない）
- ・材料の信頼性（効果はある⇔信頼性が薄い）

＜構造設計の立場と施工関係者の立場の間＞

- ・接合方法（ボルトは避けたい⇔確実な方法で）
- ・文化財建造物の施工に対する意識（高い⇔あまり高くない）

＜歴史・保存の立場と所有者の立場の間＞

- ・補強部の公開（公開したくない⇔気に留めていない）

これらの例より、構造設計者が設計監理者と意思疎通を図ることはもちろんであるが、その他の主体との関わりも重要であることがわかった。前述したように、構造設計者と、所有者や施工関係者といった主体との意識の差異が問題となった事例もあることから、これらの主体も含めて、耐震補強について広く議論する場を設けるようにしていくことが今後必要であるといえよう。

ここまでにかかったプロセス上のポイントを次の図3に示す。

図3 プロセス上のポイント

6. 結論

分析結果より、もっと早い段階で検討可能であった問題等を中心として、事前に検討しておくべき項目が明らかになった。それらをもとに、各段階における検討事項、参加すべき主体、各主体の役割等について、木造文化財建造物の耐震補強工事をする上で生じる問題を極力減らす為に構造設計者が他の主体と各工程において行っていくべき検討項目をプロセスの流れに沿って提案する。(表16)

施工中や施工後に生じる問題は極力避けたい。また、それらの問題は事前に対策可能なものが殆どであるため、ここでは調査によって明らかになった問題点は、問題が生じていたより前の段階での検討項目に組み込んである。

【3-2. 実施設計段階の⑩段階で挙げた〈事前に検討可能な項目〉】について、例えば、a, b の接合部の問題は、補強案を1案に絞り込む⑥段階で具体的工法を決定する際に検討しておくこと、より良い方法を選択でき、実際の施工時に作業が円滑になる。また、c, d, e, f の部材の大きさの問題と地中埋蔵物の問題は、初期の現状把握をする②段階で、周辺環境を把握する時に確認しておける事柄である。部材の規模や置場に関しては、補強案が決定しないと確認し得ない事柄であり、その段階での確認は当然為されるという前提で、ここでは逆に、早い段階で部材置場の大きさと状況や、どのくらいの規模の補強材や仮設資材、または施工機械等が搬入可能か、という事はある程度確認・把握しておくことによって補強計画を立てる上での目安となるので、②段階での確認を提案している。実際に、工事が始まってから部材が現場に運び込めずやむなく切断して搬入したり、既に決定した工法や補強方法を施工開始後に変更したりした例が4件あった。さらにgの結露の発生する可能性のある部位の対策については、⑥段階の、補強方法や、その具体的工法を決定する時に、共に検討しておける事項であろう。

さらに【5-5. 意思決定の進行における各主体の関わり】と【5-6. 各主体間の意識の差】の中で述べた事柄の中で、基本コンセプトに関する各主体間で話し合うべき項目は②段階の検討項目3に、また、材料・部位レベルでの各主体間での検討すべき項目は④段階の検討項目7に組み込んだ。

逆に、補強部に文字が書かれてあったり見えない部分の基礎レベルが下がっていたりといった、建物解体後はじめて明らかになる事柄もある。さらに、最終的な「あきらめる」という判断を行う、決定した方法を施工業者が本当に施工できるのか確認する、材料サイズの最終的な確認をする等といった項目を⑧段階の検討項目10に組み込んだ。遅くともこの段階までには、建物の解体を始めつつ、その状況をもとに最終補強案を決定する方法が望ましい。

また、リスト上の⑩段階の「現場でのコミュニケーション」とは、調査を進めて必要性が高いと感じた事柄である。構造設計者も可能な限り施工監理まで携わることが望ましく、なぜなら施工関係者に直接自分の設計の意図をはっきりと伝えることができるという意義があるからである。施工側から見ても、文化財の修理・補強工事の経験があまり無いことが原因で生じる意識の差異を埋めるためにも必要なことであると言える。

7. 今後の課題

今回、震災直後のものから最近のものに至るまで多くの事例について調査を行った結果、各事例における様々な背景や、各事務所において徐々に確立されつつある文化財建造物の耐震補強設計の進め方が明らかになった。ただし、本研究は構造設計者からの視点を中心として進めてきたので、耐震補強に関わる他の主体からの視点について述べるものではなく、その意味で限界があると言える。

また、文化財の耐震補強に対する考え方は各構造設計者によって様々で、それぞれの特徴が解析手法、目標値の設定、取り組み方等に表れていた。「文化財を護りたい」という気持ちは共通しているが、その表れ方がそれぞれ違うのである。技術面でも、今後は構造設計者が考え方や技術を共有していくことが重要で、新たに耐震補強を手がける主体のためにも必要なことである。

これまでの分析で明らかになった今後への課題を以下にまとめる。

＜設計監理側に関わる課題＞

- ・ 伝統構法における様々なデータの蓄積・共有化
- ・ 各主体が広く議論できる体制を作ること

＜構造設計者に関わる課題＞

- ・ 耐震性能の目標値についての十分な検討
- ・ 解体前には必ず建物の状態を見ること
- ・ できる限り現場へ足を運ぶこと
- ・ 複数案の提案/様々な可能性の検討

＜謝辞＞

本研究は、科学研究補助金(課題番号12878096)の助成を受けました。また本調査の実施にあたって、多くの企業・団体等の関係者の方々に、資料提供、ヒアリング等、多大なご協力とご助言を頂きました。ここに記して深謝申し上げます。

＜注釈＞

注1) 本稿における「主体」とは、重要文化財建造物の耐震補強設計に関わる設計監理者、構造設計者、所有者、構造・歴史の有識者等の関係者を指すこととする。

＜関連研究＞

- 1) 園田雄飛, 角陸順香, 藤田香織, 清家剛: 木造重要文化財建造物の構造補強工事における意思決定プロセスに関する研究, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp. 683-684, 2001.9
- 2) 宇野緒晴: 木造重要文化財建造物の耐震補強に関する研究—構造設計者へのヒアリング調査を中心として—, 2001年度東京大学工学部建築学科卒業論文, 2002.3
- 3) 角陸順香, 清家剛, 藤田香織, 宇野緒晴: 木造重要文化財建造物の耐震補強に関する研究—その1 各段階での検討内容の分析—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp. 597-598, 2002.8
- 4) 宇野緒晴, 清家剛, 藤田香織, 角陸順香: 木造重要文化財建造物の耐震補強に関する研究—その2 耐震性能および諸問題の分析—, 日本建築学会大会学術講演梗概集, E-1, pp. 599-600, 2002.8
- 5) 清家剛: 耐震性を考慮した歴史的建造物の保存・再生における意思決定プロセス研究, 2000-2002 科学研究補助金研究成果報告書, 2003.3
- 6) 角陸順香, 清家剛, 藤田香織, 宇野緒晴: 木造重要文化財建造物の耐震補強に関する研究—その1 各段階での検討内容の分析—, 日本建築学会関東支部研究報告集II, pp. 57-60, 2003.3
- 7) 角陸順香, 清家剛, 藤田香織, 宇野緒晴: 木造重要文化財建造物の耐震補強に関する研究—その2 耐震性能および諸問題の分析—, 日本建築学会関東支部研究報告集II, pp. 61-64, 2003.3

＜参考文献＞

- a) 文化庁文化財保護部: 重要文化財(建造物)耐震診断指針, 2000.3
- b) 文化庁文化財保護部: 重要文化財(建造物)耐震診断指針 参考資料集, 2003.3
- c) 安田一男, 藤田香織, 木村正彦他: 伝統的木造建築の壁体に関する振動台実験その1~3, 日本建築学会大会梗概集, pp. 147-152, 1997.9
- d) 坂本功, 木村正彦他: 伝統的木造建築の組物の振動台実験その1, 2, 日本建築学会関東支部研究報告集, pp. 37-44, 1998.3
- e) 藤田香織, 木村正彦, 他: 伝統的木造建築の組物の振動台実験その3~7, 日本建築学会大会梗概集, pp. 263-266/159-160/147-148/171-172, 1998.9~2001.9
- f) 前川秀幸他: 文化財建造物の常時微動測定と古民家の構造特性, 重要文化財(建造物)耐震診断指針 参考資料集, pp. 17-30, 2000.3
- g) 西澤英和他: 実台茶室の振動実験, 重要文化財(建造物)耐震診断指針 参考資料集, pp. 67-75, 2000.3
- h) 加藤邦男他: 文化財建造物の耐震の保存方法に関する研究, 1997.3
- i) 坂本功: 木造建築を見直す, 岩波書店, 2000.5
- j) 財団法人文化財建造物保存技術協会: 修復の手帖, 文化財保護法50周年記念協賛事業実行委員会 2002.8
- k) 木村勉: 近代建築解体新書—修復の計画と技術—, 中央公論美術出版, 1994.3

表 16 木造重要文化財建造物 耐震補強チェックリスト

プロセスの流れ		各工程の検討項目等		具体的内容																					
①段階	依頼																								
②段階	事前調査・現状把握	構造部材等の現状を把握（現状の木材強度、仕口の破損状態など）しつつ、実験や常時微動計測、地盤調査などを行う		■検討項目1																					
	保存修復に関する基本コンセプトの設定	■検討項目1-1 建物の使用条件- 特にこれらの項目では、所有者との密な打合せが必要である		<table><tr><th>検討項目</th><th>内容</th></tr><tr><td>使用用途</td><td>一般公開／行事／居住</td></tr><tr><td>使用者の種類</td><td>所有者／関係者／不特定多数</td></tr><tr><td>使用時期</td><td>使用する時期／時間</td></tr><tr><td>使用レベル</td><td>1. 常時人の利用がある 2. 使用する人もしくは使用する時期が限られている 3. 公開しない、人の使用する頻度は極めて少ない</td></tr><tr><td>使用部分の明確化</td><td>どの部分を使用する／使用しない</td></tr><tr><td>公開部分の明確化</td><td>どの部分を公開する／公開しない</td></tr></table>		検討項目	内容	使用用途	一般公開／行事／居住	使用者の種類	所有者／関係者／不特定多数	使用時期	使用する時期／時間	使用レベル	1. 常時人の利用がある 2. 使用する人もしくは使用する時期が限られている 3. 公開しない、人の使用する頻度は極めて少ない	使用部分の明確化	どの部分を使用する／使用しない	公開部分の明確化	どの部分を公開する／公開しない						
検討項目	内容																								
使用用途	一般公開／行事／居住																								
使用者の種類	所有者／関係者／不特定多数																								
使用時期	使用する時期／時間																								
使用レベル	1. 常時人の利用がある 2. 使用する人もしくは使用する時期が限られている 3. 公開しない、人の使用する頻度は極めて少ない																								
使用部分の明確化	どの部分を使用する／使用しない																								
公開部分の明確化	どの部分を公開する／公開しない																								
		■検討項目2-周辺環境の把握-		■検討項目2																					
		■検討項目3-各主体間の話し合い- 文化財的価値のはっきりしているものなど、具体的要求がこの段階できるとよい		<table><tr><th>検討項目</th><th>内容</th></tr><tr><td>2次災害を引き起こす危険性はないか</td><td>周辺建物の状況把握</td></tr><tr><td>部材の置き場所の確認</td><td>スペースはどの程度であるか どの程度の材料の保管が可能であるか</td></tr><tr><td>搬入可能性の確認</td><td>補強材の規模 仮設資材の規模 施工機械等の規模</td></tr><tr><td>施工時間の確認</td><td>周辺建物の状況把握</td></tr></table>		検討項目	内容	2次災害を引き起こす危険性はないか	周辺建物の状況把握	部材の置き場所の確認	スペースはどの程度であるか どの程度の材料の保管が可能であるか	搬入可能性の確認	補強材の規模 仮設資材の規模 施工機械等の規模	施工時間の確認	周辺建物の状況把握										
検討項目	内容																								
2次災害を引き起こす危険性はないか	周辺建物の状況把握																								
部材の置き場所の確認	スペースはどの程度であるか どの程度の材料の保管が可能であるか																								
搬入可能性の確認	補強材の規模 仮設資材の規模 施工機械等の規模																								
施工時間の確認	周辺建物の状況把握																								
		●構造設計者：必要な情報を明確に提示 ●設計監理者：情報の提供 ●文化庁：文化財としての価値を提示 ●所有者／利用者：使用上の問題点を提示 ●構造有識者：力学的提示 ●歴史有識者：文化財的提示		■検討項目3																					
				<table><tr><th>検討項目</th><th>内容</th></tr><tr><td>その建物にとって何が大切なのか</td><td>全体／外観／内観</td></tr><tr><td>文化財的価値の高い特定の部位の確認</td><td></td></tr><tr><td>手を加えてはいけない部分の確認</td><td>使用者の意見を尊重する形である程度の優先順位付け</td></tr><tr><td>手を加えてもよい部分の確認</td><td></td></tr><tr><td>どの程度の安全性の確保が必要か</td><td>耐震診断における許容値の設定</td></tr><tr><td>期間についての要求</td><td>工事期間の特別な要求はないか</td></tr></table>		検討項目	内容	その建物にとって何が大切なのか	全体／外観／内観	文化財的価値の高い特定の部位の確認		手を加えてはいけない部分の確認	使用者の意見を尊重する形である程度の優先順位付け	手を加えてもよい部分の確認		どの程度の安全性の確保が必要か	耐震診断における許容値の設定	期間についての要求	工事期間の特別な要求はないか						
検討項目	内容																								
その建物にとって何が大切なのか	全体／外観／内観																								
文化財的価値の高い特定の部位の確認																									
手を加えてはいけない部分の確認	使用者の意見を尊重する形である程度の優先順位付け																								
手を加えてもよい部分の確認																									
どの程度の安全性の確保が必要か	耐震診断における許容値の設定																								
期間についての要求	工事期間の特別な要求はないか																								
③段階	耐震診断	■検討項目4-診断方法など- 構造有識者に力学的提示を受けて、耐震診断を行い、補強は必要かどうかの判断をする		■検討項目4																					
				<table><tr><th>検討項目</th><th>内容</th></tr><tr><td>診断の方法</td><td>壁量／外力と構成部材の耐力／変形量</td></tr><tr><td>重量の算定</td><td>材積計算／類似建物事例（安全側の値を採用）／その他</td></tr><tr><td>想定地盤力</td><td>基準法から／必要に応じて保有耐力まで検討</td></tr><tr><td>風荷重の検討</td><td>必要に応じて検討</td></tr></table>		検討項目	内容	診断の方法	壁量／外力と構成部材の耐力／変形量	重量の算定	材積計算／類似建物事例（安全側の値を採用）／その他	想定地盤力	基準法から／必要に応じて保有耐力まで検討	風荷重の検討	必要に応じて検討										
検討項目	内容																								
診断の方法	壁量／外力と構成部材の耐力／変形量																								
重量の算定	材積計算／類似建物事例（安全側の値を採用）／その他																								
想定地盤力	基準法から／必要に応じて保有耐力まで検討																								
風荷重の検討	必要に応じて検討																								
④段階	補強計画の策定	各主体が検討項目3で示した立場と同様、補強計画の策定において議論に参加することが望ましい		■検討項目5																					
		■検討項目5-1 補強方針- 方針をあきらめる判断はせず、ある程度の優先順位を設定する		<table><tr><th>補強方針</th><th>耐震目標</th></tr><tr><td>人命の保護</td><td>重量の軽量化</td></tr><tr><td>文化財的価値を損なわない</td><td>人身事故の防止</td></tr><tr><td>補強部材・部品は見えないように</td><td>物的損傷の防止</td></tr><tr><td>補強部材を取り外し可能に</td><td>経年劣化の防止</td></tr><tr><td>既存部材の使用</td><td>被災時の倒壊・2次災害の防止</td></tr><tr><td>建物の工法の保存</td><td></td></tr><tr><td>既存の部材を傷めない</td><td></td></tr><tr><td>建物の力学系を変えない</td><td></td></tr><tr><td>その他</td><td></td></tr></table>		補強方針	耐震目標	人命の保護	重量の軽量化	文化財的価値を損なわない	人身事故の防止	補強部材・部品は見えないように	物的損傷の防止	補強部材を取り外し可能に	経年劣化の防止	既存部材の使用	被災時の倒壊・2次災害の防止	建物の工法の保存		既存の部材を傷めない		建物の力学系を変えない		その他	
補強方針	耐震目標																								
人命の保護	重量の軽量化																								
文化財的価値を損なわない	人身事故の防止																								
補強部材・部品は見えないように	物的損傷の防止																								
補強部材を取り外し可能に	経年劣化の防止																								
既存部材の使用	被災時の倒壊・2次災害の防止																								
建物の工法の保存																									
既存の部材を傷めない																									
建物の力学系を変えない																									
その他																									
		■検討項目6-耐震目標- これらをもとに構造有識者と検討を重ね、目標値の設定を行う		■検討項目6																					
		■検討項目7-材料・部材レベルの検討- 特にここでは「何をしてはいけないのか」を明確にしておく		■検討項目7																					
				<table><tr><th>検討項目</th><th>内容：各主体の関わり</th></tr><tr><td>使用材料</td><td>何で補強するのか 用いてはいけない材料は何か</td></tr><tr><td>様々な案の可能性についての提示</td><td>有識者による提示</td></tr><tr><td>文化財でない部分の扱い</td><td>力学的・文化財的提示</td></tr><tr><td>使う上で何をされたと困るのか</td><td>所有者／利用者による提示</td></tr><tr><td>補強が影響しては困る部位の確認</td><td></td></tr><tr><td>配管・配線／換気／維持管理</td><td>補強が影響しないための事前の検討</td></tr></table>		検討項目	内容：各主体の関わり	使用材料	何で補強するのか 用いてはいけない材料は何か	様々な案の可能性についての提示	有識者による提示	文化財でない部分の扱い	力学的・文化財的提示	使う上で何をされたと困るのか	所有者／利用者による提示	補強が影響しては困る部位の確認		配管・配線／換気／維持管理	補強が影響しないための事前の検討						
検討項目	内容：各主体の関わり																								
使用材料	何で補強するのか 用いてはいけない材料は何か																								
様々な案の可能性についての提示	有識者による提示																								
文化財でない部分の扱い	力学的・文化財的提示																								
使う上で何をされたと困るのか	所有者／利用者による提示																								
補強が影響しては困る部位の確認																									
配管・配線／換気／維持管理	補強が影響しないための事前の検討																								
⑤段階	補強案提案	検討項目4～7に従ってできるだけ複数案の提案を行い、多くの主体が参加しての検討が望ましい																							
⑥段階	補強方法の決定	■検討項目8-補強方法- 構造設計者は出来るだけ複数の提案を行い、これらのうち実現可能なものについて検討する		■検討項目8																					
		■検討項目9-接合部など- できるだけ詳細を決めておく 具体的工法、施工可能性について施工業者の参加が望ましい		<table><tr><th>補強方法</th><th>具体例</th></tr><tr><td>建物の重量の軽量化</td><td>屋根瓦きすの軽量化</td></tr><tr><td>耐震要素の増設</td><td>耐震壁／ブレース／補壁等の付加</td></tr><tr><td>柱を地盤に固定／固定しない</td><td></td></tr><tr><td>部材の補強</td><td>柱／梁等の補強</td></tr><tr><td>部材接合部の補強</td><td>貫／継ぎ手等の補強</td></tr><tr><td>地盤改良</td><td></td></tr></table>		補強方法	具体例	建物の重量の軽量化	屋根瓦きすの軽量化	耐震要素の増設	耐震壁／ブレース／補壁等の付加	柱を地盤に固定／固定しない		部材の補強	柱／梁等の補強	部材接合部の補強	貫／継ぎ手等の補強	地盤改良							
補強方法	具体例																								
建物の重量の軽量化	屋根瓦きすの軽量化																								
耐震要素の増設	耐震壁／ブレース／補壁等の付加																								
柱を地盤に固定／固定しない																									
部材の補強	柱／梁等の補強																								
部材接合部の補強	貫／継ぎ手等の補強																								
地盤改良																									
	具体的工法の決定			■検討項目9																					
				<table><tr><th>検討項目</th><th>内容</th></tr><tr><td>接合方法</td><td>溶接／ボルト／その他 ⇒ 施工可能であるか</td></tr><tr><td>接合部の取り付け位置</td><td>取り付け可能部／不可能部を明確にする</td></tr><tr><td>結露対策</td><td>結露の可能性がある場合、対策を立てておく</td></tr></table>		検討項目	内容	接合方法	溶接／ボルト／その他 ⇒ 施工可能であるか	接合部の取り付け位置	取り付け可能部／不可能部を明確にする	結露対策	結露の可能性がある場合、対策を立てておく												
検討項目	内容																								
接合方法	溶接／ボルト／その他 ⇒ 施工可能であるか																								
接合部の取り付け位置	取り付け可能部／不可能部を明確にする																								
結露対策	結露の可能性がある場合、対策を立てておく																								
⑦段階	採用案決定	各主体の参加する議論により、補強案の検討をする、やむをえずあきらめる、という判断についても検討する。用いる材料の信頼性に課題のある場合は、実験等を行って対処する																							
⑧段階	採用案の修正	■検討項目10-最終案に至る修正- 最終案に至るまでの修正段階で、大きな変更は避けた		■検討項目10																					
				<table><tr><th>検討項目</th><th>内容</th></tr><tr><td>建物解体後の確認</td><td>補強部に文字が書かれていないか 基礎レベルは下がっていないか その他変更を余儀なくされる点はないか</td></tr><tr><td>あきらめる判断</td><td>最終的なあきらめるという判断を行う</td></tr><tr><td>施工可能性</td><td>施工業者の持っている技術で施工出来るか</td></tr><tr><td>材料サイズ</td><td>用いる材料のサイズは生産可能であるか</td></tr></table>		検討項目	内容	建物解体後の確認	補強部に文字が書かれていないか 基礎レベルは下がっていないか その他変更を余儀なくされる点はないか	あきらめる判断	最終的なあきらめるという判断を行う	施工可能性	施工業者の持っている技術で施工出来るか	材料サイズ	用いる材料のサイズは生産可能であるか										
検討項目	内容																								
建物解体後の確認	補強部に文字が書かれていないか 基礎レベルは下がっていないか その他変更を余儀なくされる点はないか																								
あきらめる判断	最終的なあきらめるという判断を行う																								
施工可能性	施工業者の持っている技術で施工出来るか																								
材料サイズ	用いる材料のサイズは生産可能であるか																								
⑨段階	最終案決定																								
⑩段階	納まりの検討	実際の施工にあたって、現場での納まりを確認する																							
⑪段階	実施案決定																								
⑫段階	実施設計	最終的に決定した案を実施するための設計を行う。図面上の情報はごく一部で、間違いが生じている場合もあるので現場での調整が不可欠である。最終案をディテールに関する細かい部分での変更、というかたちが望ましい																							
⑬段階	施工	現場でのコミュニケーションを密にとることが重要で、構造設計者も出来る限り施工監理まで携わり、設計の意図を明確に伝えることが望ましい																							
施工後	効果の確認	常時微動計測などを行って、補強効果を確認する																							

(2004年7月9日原稿受理、2004年12月27日採用決定)