

場合に採用される。施工費用は建物の規模にもよるが、概ね 50～80 万円／1 棟である。施工方法はセメントと現地の土を混合攪拌し、セメントの硬化反応と締固め効果により地盤を改良するもので、短時間でかつ狭い場所でも施工が可能である。しかし、強風時にセメントが飛散することや掘削残土が発生し、処分費用がかかること、地盤中の埋設物や残地物に処分費用がかかることがある。



図3 表層改良

■深層混合処理工法（セメントコラム）

地盤の深層部に渡って（2m～8m 程度）軟弱地盤層がある場合に行われるもので、セメントに水を加え液状（スラリー状）にした混合物（セメントミルク）を特殊な攪拌翼の先端部から地盤に注入しながら地盤とセメントミルクを混合攪拌しながら地盤中に強固なセメント混合物の柱（一般的に 60cm×長さ 2～8m）を築造する工法である。費用は概ね 70～140 万円／1 棟程度である。短時間で狭い場所での施工が可能なことと鋼管杭に比べて低コストで施工が可能である。

腐植土が含まれる場合、セメントの固化能力が低下すること、極まれに地下水を汚染することや表層処理と同様、地盤中の埋設物があると



図4 深層混合処理工法（セメントコラム）

その処理に費用がかかることが問題点としてあげられる。

■鋼管杭回転圧入工法

地盤の深層部（10m 程度）まで軟弱層がある場合は鋼管杭による基礎工法が採用される。この工法は一般構造用炭素鋼管（ $\phi 114 \sim 165\text{mm}$ 程度、STK400 材）を回転・圧入させながら所定の深さまで貫入させるもので、排土が全くなく、材料の安定性が高いこと。また、家屋の建て替え時に撤去が容易であることが優れている。費用は概ね 80～120 万円／1 棟程度と見込まれるが、材料調達コストが不安定であることと、支持層が不確定の場合には適用ができないことが施工上の問題点である。



図5 鋼管杭回転圧入工法

ここまで新築の場合の地盤改良について説明したが、現在建っている家の沈下補修についても場合によっては必要となる。

既存住宅の復旧については大規模の場合「沈下家屋修正工法」として行うが、200～300 万円程度の費用が必要となる。なお、小規模の場合は樹脂注入などを行う工法（費用は 100 万円程度）がある。完全に直すことはできないが応急的な補修は可能である。

この業界は始まったばかりでスタンダードがない状態である。詳しく研究される場合は以下の図書を参考にされたい。

●ザ・ソイラー 建築家のための土質と基礎－

編集・発行：財団法人日本建築センター

●ザ・ソイルⅡ－住宅の基礎性能と地盤補強－

●DVD で見てわかる住宅の基礎と地盤

ザ・ソイルⅢ

（講演内容を大地の会で要約、文責：大地の会）

木造住宅の耐震診断と補強例

内藤建築構造事務所長 一級建築士 内藤 幹雄氏

1. 中越地震の被災建物の復旧

中越地震発生後、設計士他で応急危険度判定を行ったが、復旧にあたってはこれとは別に被災した建物について被災度判定区分を行う。

被災建物についてはその建物が修繕してさらに補強すれば使えるか否か被災度判定を行い、復旧が可能であれば補強を加味した補修に入るという手順で進める。

もともと被災前の建物が現行基準で必要とされる耐力を有していなく、さらに地震により壊れた場合は「補強」という行為が必要となるタイプと、もともと基準を満足している建物が地震により耐力が落ちたもので「補修」ですむ場合のタイプがある。実際にはひび割れの入り方によって損傷度をランク付け、柱や梁1本1本に損傷度をつけそのレベルに応じて耐力の低減率をかけて建物の耐力を数値として算定していく。

構造の世界では、軽微とか小破とかの被災度の区分は耐震性能残存率で表す。100%のものが95%では軽微、60%以下では大破、0は倒壊。

復旧の判断は、震度5弱という弱い地震にもかかわらず大きく壊れた建物は完全にダメであるが、大きな地震を受けて大破したものはまだ直せる。壊れ方と地震力によって判断の仕方が変わる。各地域によって震度が異なっており復旧できるか否かの判断はそれぞれの地域の震度と壊れ方によって違ってくる。

2. 復旧事例

建物の復旧にあたっては、元々地震前に持っていた耐力(I_s)が地震によりどの程度低下し、その建物を補強によって必要な耐震性能を確保することを施主に数字を示して納得してもらい施工する。ある寺院(鉄筋コンクリート2階、地震による残存率最大32%と判断された建物)の例では被災前(I_s)=0.304、被災後(I_s)=0.112、を補強後(I_s)=0.909として耐震性を確保した。



越路中学校では震度6弱の地震を受け被災した。もみじ園側のRC3階建ての2棟の校舎には一部が盛土となっていることから基礎杭が施工されていた。最も大きく壊れた特別教室棟は切土区域であったためか基礎杭が施工されていなかった。壁の配置や柱の鉄筋が異なっているため杭の有無が被害差になっているとは一概には言えない。校舎の被害調査では損傷度5の大破であり当初は新築を提案したが予算の関係からか補強設計となったもの。壊れ方は斜めの亀裂を伴う剪断破壊である。復旧にあたっては1階は壁を設置し柱を打ち換え、2、3階はブレースで補強した。

3. 住宅耐震化に向けた取り組み

国は阪神淡路大震災を受けて平成7年12月に耐震改修促進法を制定、耐震基準に満たない建築物に改修の努力義務を課するとともに市町村に補助事業や交付金により支援を行っている。これにより現在75%の耐震化率を10年間で90%にすることを目標としている。

耐震促進法の見直しが行われ、①密集市街地の住宅の耐震改修の指示や勧告ができるようになり、②事務所や賃貸住宅の建築物で耐震改修の指示に従わない者を公表するなどが盛り込まれた。特に賃貸住宅では入居者が耐震構造となっているか確認できるようになり、これが最近の流れとなっている。

越路中学校は壊れたから直したが、この制度はこれからの地震のために補強しようとする

もので、その中で学校は現在県立を中心として診断し改修がかなり進んできている。

4. 長岡市の木造住宅の診断補強の助成制度

長岡市では中越地震で多くの建物が被災したことを受け木造住宅の診断・補強に対して助成制度を創設した。

① 助成対象木造住宅

- ・ 昭和 55 年以前に建築されたもの
- ・ 壁、柱、など主要構造部分が木造
- ・ 一戸建ての住宅
- ・ 住居用であるもの

② 助成金額

延べ床面積	診断費用	自己負担額
70m ² 以下	70,000 円	10,000 円
70～175m ²	80,000 円	10,000 円
175m ² 以上	100,000 円	10,000 円

いずれも自己負担額は 1 万円である。この機会に是非診断を受けられるようすすめたい。

補強に関しても昭和 56 年 5 月 31 日以前の建築された柱、はり、壁等の大部分が木造の 1 戸建て住宅で耐震診断（大地震での倒壊の可能性についての診断）を行い、判定基準の総合評点が 1.0 未満と判定された住宅について①耐震改修工事 ②融雪装置設置併用耐震改修工事 ③シェルター補強工事について助成制度が講じられている

総合評点	判定
1.5 以上	倒壊しない
1.0 以上～1.5 未満	一応倒壊しない
0.7 以上～1.0 未満	倒壊する可能性がある
0.7 未満	倒壊する可能性が高い

助成金額

工事の区分	助成額（工事費の 1/3）
耐震補強工事	60 万円を上限
融雪装置設置併用耐震改修工事※	100 万円を上限
シェルター補強工事	30 万円を上限

※屋根を軽量化し、電気又は温水式の融雪装置の設置と壁等の改修補強により総合評点が 1.0 以上となる工事。

5. 診断と補強実務作業の流れ

所有者が市役所に診断の申し込むと市は建築設計事務所協会を通じて担当診断士を決定し診断士は所有者との何回かの打ち合わせを経て診断書を作成、結果を説明し今後の方針を

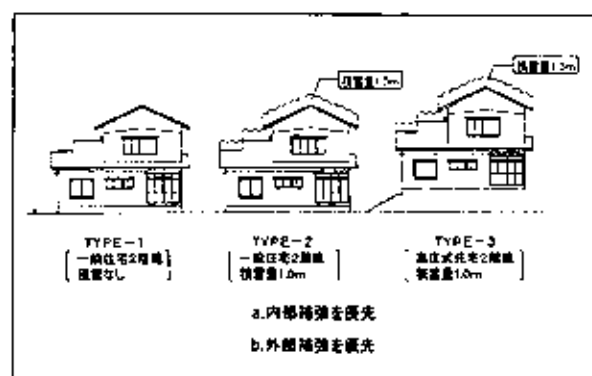
協議する。補強の実施は大きな金額を伴うことから所有者は慎重な判断が求められる。

補強の実施が決まると補強設計を行うとともに工事施工者と一緒に工事監理を行う。ここで大切なことは診断士が工事監理を行うことで施工中の建物の状態を常に把握し、再計算を繰り返し最終的な評点結果を算定することで必要な耐震性能を確保していくことである。

5. 雪国の実情に応じた耐震工法モデルと診断

雪国バージョンの耐震補強の例を県から委託されて実施した。タイプを 3 つに分けてそれぞれの補強例とコストを示した。

タイプ 1 は一般住宅 2 階建てで積雪なしの場合、佐渡地域がこれに該当する。タイプ 2 は一般住宅 2 階建てで設計積雪量が 1.0m の場合、タイプ 3 は高床式住宅 2 階建てで設計積雪量が 1.0m の場合である。



設計積雪量は 1.0m であるが地震時では積雪量は 35cm しか見込んでいない。屋根に 1.0m 雪が積もっている時に地震がくると想定していない。雪が 1.0m ある状態で地震がくる確率は非常に小さい。この小さな確率の時に建物をすべて丈夫にすることは経済的な意味でできない。1.0m の積雪は、梁がたわんでその時に梁が壊れないとか基礎が沈下しないとか鉛直成分のチェックの時に見込むものである。地震時ではその 35%としている。

実際に 1.0m の積雪がある場合に地震がきたときには確かに怖い。計算ではここまでは見込んでいないことを理解して欲しい。

補強は内部補強を優先した場合と外部補強を優先した場合の 2 例を示している。外部補