

(5) 既存木造学校施設の耐震補強・改修の意義とその方法

木造学校施設は、戦前から昭和30年代に建設された施設も多く、地域の象徴であったり、文化的価値のある施設もある。しかし、それらの施設は、耐震性に問題があったり、老朽化しているため、安全安心で豊かな教育環境にする必要がある。まず、耐震診断の実施による耐震性の検討が課題であり、その上で、耐震補強や老朽施設の質的改修による再生整備、あるいは改築整備の実施を検討することとなる。どちらを行うかは、老朽化の状況、コストはもちろんのこと、施設の有効活用、現在の教育内容への対応、長寿命化によるCO₂排出量抑制の環境対策面等について総合的に検討を行った上で判断することとなるが、地域の文化や景観継承の観点を考慮することも大事である。

以下では、木造学校施設について長く使うことの意義を紹介するとともに、耐震補強や改修のポイントを事例とともに紹介する。

木造学校施設の有効活用、保存の意義

木造学校施設は、戦前～昭和30年代に建設された古いものも多く、地域に密着して象徴となり、文化的価値のある施設もある。

改修や耐震補強により長く使用することは、施設の有効活用、CO₂排出抑制の環境対策に加え、地域の文化や景観を継承する意義もある。

木造学校施設は、適宜耐震補強や補修を実施することにより耐力を保ち、長く使用することが可能である。世代を超えて大切に使い続けられる木造学校施設は、建築物として木造文化を継承するとともに、地域の人々の心をつなぎ、児童生徒も含めた「もの」を大切にするという心を育てる教育的な側面からも有効である。

文化的価値のある木造校舎の耐震補強（愛媛県八幡浜市立日土小学校）

日土小学校は、昭和30年代前半に建築された木造校舎の学校である。当時八幡浜市の職員であった建築家の松村正恒氏の設計によるもので、建築的評価も高く、1999年にはDOCOMOMO JAPANにより日本のモダニズム建築20選の一つに選定されている。校舎全体に児童の活動の場所としての細やかな配慮がなされ、細部までそのデザインが洗練された空間である。平成21年には、旧校舎の耐震補強工事と新しい校舎棟の建設が行われた。耐震補強は、校舎の歴史を継承するように、意匠面、構

造面で既存校舎の形を踏襲するものとなっている。旧耐震基準で建てられた校舎棟は、現基準で求められる水準に対して、耐力が大きく不足していたが、既存の耐震要素の性能の向上を中心とした耐震補強により、耐震性は大幅に向上している。歴史的、文化的価値のある木造校舎を継承し、その安全性を確保しながら、学校施設として豊かな教育環境を提供し続ける日土小学校のように、活動の場としても使い続けられる文化的価値ある木造校舎の保存の意義は極めて大きい。（P26参照）



日土小学校 既存校舎棟



川に張り出したテラス（図書室に隣接）



木造学校施設の耐震診断・耐震補強の方法

木造学校施設の耐震診断や補強計画・設計について、実施できる建築士事務所や、判定が可能な耐震診断判定委員会を確保することは、(財)日本建築防災協会や文部科学省の提供する情報を活用することにより、十分に可能である。

木造校舎の耐震診断は、木造住宅用のマニュアルを用いて行うことが可能である。その際、木造住宅とは異なる木造校舎に特有な耐震性能形状を考慮する必要がある。

木造の講堂、体育館については、木造住宅との構造性能の違いがより大きくなるため、木質構造の専門家に耐震診断を依頼することが望ましい。

耐震診断を実施する際は、図面だけで判断するのではなく、実際の建物を現地調査し、適切に評価することが重要である。

木造施設は、耐震診断の結果、耐震要素の量、強度が不足していても十分に耐震補強が可能である。

学校施設は、児童生徒が一日の大半を過ごす活動の場であるとともに、非常災害時には地域住民の応急避難所としての役割も果たすため、その安全性の確保は極めて重要であり、耐震化が急務となっている。

木造学校施設の耐震診断や補強計画・設計については、これまでの実績が多くないことなどから、実施できる建築士事務所や、判定が可能な耐震診断判定委員会を確保することが困難であるとの声も聞かれるが、十分に可能である。(財)日本建築防災協会や文部科学省が提供している、実施可能な建築士事務所、耐震診断判定委員会等の情報を参考にすることができる。

「耐震診断、耐震改修を実施する建築士事務所」一覧

(財団法人日本建築防災協会) <http://www.kenchiku-bosai.or.jp/seismic/jimusyo.html>

「全国の耐震判定委員会」一覧

(財団法人日本建築防災協会)

<http://www.kenchiku-bosai.or.jp/Jimukyoku/NetWork/nwindex/nwindex61.htm>

木造学校施設の耐震診断や補強計画・設計の発注に当たり、建築士事務所を域内(市区町村内)で確保することが困難と見込まれる場合には、地域要件を域外まで拡大するとともに、ホームページや日刊業界紙へ発注情報を広く公表することなどによって、確保することが十分に可能であると考えられる。

木造学校施設の判定が可能である耐震診断判定委員会については、その混雑状況等を含め、文部科学省から文書により情報を提供しているほか、(財)日本建築防災協会のホームページにおいても掲載されているので、これらを活用して、あらかじめ連絡調整を行い、判定業務の実施について依頼することが重要である。

また、木造校舎等の耐震診断について、大規模木造施設の耐震診断の詳細な方法が示されたマ

ニユアルはないが、「木造住宅の耐震診断と補強方法」((財)日本建築防災協会)(以下、木造住宅の耐震診断法という)で示されている精密診断法を用いて診断が可能である。ただし、木造住宅と木造校舎の構造的特性の違いをしっかりと認識した上で、診断を行うことが重要である。

戦前に建設された木造校舎等でも、筋交いなど西洋から入ってきた近代構法を用いているものは、木造住宅の耐震診断法を用いて診断を行うことができる。

(財)日本建築防災協会のホームページにおいて、木造住宅の耐震診断法で木造校舎等の耐震診断を行う場合に考慮すべき主な注意点が示されている。

(主な注意点)

- 1) 地震時荷重は住宅とは異なるので木造校舎等として地震時荷重を算定する必要がある。
- 2) 木造住宅と比較して木造住宅等の階高は高いので耐力算定時に階高補正が必要となる。併せて接合部による低減係数についても、(本来は)階高を考慮した修正が必要となる。
- 3) 校舎は教室など比較的大きな空間を構成しているため水平構面剛性に対する検討が必要となる。

木造校舎等の耐震診断に「木造住宅の耐震診断と補強方法」を用いる場合の注意点

(財団法人日本建築防災協会 平成21年9月11日) <http://www.kenchiku-bosai.or.jp/topics/090914.pdf>

こうした点をしっかり理解する必要がある。

なお、水平構面(床、屋根)の剛性の検討にあたっては、以下の点に注意する必要がある。

水平構面の剛性が十分ある場合には、一部の領域に耐震性の問題があっても、他の領域に耐震性の余裕があれば、余裕のある領域が問題のある領域を助ける、いわゆる協働効果が期待できる。そのような場合には、建物を一体として耐震性の検討を行えばよい。しかし、木造校舎等のような大規模な木造施設では、水平構面の剛性を確保することが難しいことがある。したがって、まずは水平構面の剛性が確保されているかの確認を行う必要があるが、もし水平構面の剛性が不十分な場合には、一体で揺れることが想定される領域ごとに、耐震性の検討を行い、どの領域も耐震性があることを確認する必要がある。

昔の図面が残っていたとしても、その後、補修等がなされていることがあるので、実際の建物を現地調査し、適切に評価することが非常に重要である。

木造の講堂、体育館については、木造住宅との構造性能の違いがより大きくなるため、木造住宅の耐震診断法を活用して耐震診断を行うのではなく、木質構造の専門家に耐震診断を依頼することが望ましい。

木造施設は、耐震診断の結果、耐震要素の量、強度が不足していても十分に耐震補強が可能である。



木造学校施設の耐震診断・耐震補強の取組事例

文化的価値のある木造校舎の耐震補強（愛媛県八幡浜市立日土小学校）

建物概要 建物区分：校舎（中校舎、東校舎、西校舎）

構造・階数：木造2階建

延床面積：2,020 m²（中校舎 676 m²、東校舎 723 m²、西校舎 621 m²）

建築年：中校舎 昭和31年、東校舎 昭和33年、西校舎 平成21年

工事概要 工事期間：平成20年9月～平成21年6月

工事内容：（中校舎、東校舎：耐震補強）

必要な耐力壁を設置するとともに、既存間仕切り壁の土壁・筋かい・モルタル壁の補修・補強する等の工事を実施した。また、併せて既存建築の仕様を尊重しつつ内外装改修工事を実施した。

（西校舎：新增築）

地元で採れる樹木を集成材にして使用し、既存校舎のイメージを汲み取る形で新增改築工事を実施した。

耐震補強により使用することとした理由

日土小学校校舎は「日本独特の木構造によってモダニズム建築を実現していること」、「新しい教育のあり方を想定した近代的で計画的な空間構成が実現していること」によって、高く評価されている。

また、本建物は、日本の近代建築20選に選定（近代建築の保存と調査のための国際組織 DOCOMOMO（ドコモモ）の日本支部）されており、八幡浜市としても、将来的には、本建物を国の重要文化財としたいと考えている。このことから、改築とせず、耐震補強による整備を行うこととしたものである。

耐震診断、耐震補強計画、耐震診断判定の実施者

現地調査等、耐震診断、耐震補強計画：（社）日本建築学会四国支部日土小学校保存再生特別委員会

耐震診断判定：（財）日本建築防災協会

詳細設計：和田建築設計工房 和田耕一

設計の監理：（社）日本建築学会四国支部日土小学校保存再生特別委員会

工事の監理：（社）日本建築学会四国支部日土小学校保存再生特別委員会

建築士事務所等の選定方法

- ・現地調査等、耐震診断、耐震補強計画

随意契約方式（一般建築技術に加え歴史的、文化的技法に対する高度な知識と経験が必要であり、文化的価値の高い建物等の調査、保存、改修に携わった実績が多いことから選定した。なお当該受注者は、本事業実施以前の日土小学校再生計画を検討する際に、立ち上げられた組織である。）

- ・耐震診断判定

教育委員会において、文部科学省で作成された木造学校施設の判定ができる耐震診断判定委員会一覧をもとに選定（複数の耐震診断判定委員会に電話で問い合わせを行い、伝統文化財としての価値を残しながら行う耐震診断判定について、判定可能と回答があったことから決定。）

- ・詳細設計

指名競争入札方式（指名業者は、市内及び県内から選定し、（社）日本建築学会四国支部日土小学校保存再生特別委員会の監修、指導を受けて設計等することを要件として選定した。）

- ・詳細設計の監理

随意契約方式（現地調査等を実施した者であることから選定した。）

- ・工事の監理

随意契約方式（現地調査等を実施した者であることから選定した。）

耐震診断から耐震補強計画までの完了期間

12 ヶ月（うち、耐震診断判定期間 5 ヶ月）

現地調査、耐震診断結果と耐震補強方法

・現地調査

本建物は、これまでも様々な調査が実施されていたが、現況との不整合部分があるため、建物全体について調査を行った。特に、構造性能調査は、建物の現況を把握するとともに、今後の活用に向けての改修設計・耐震補強設計を行う際の基本資料とすることとした。

なお、調査項目は、建物全体の図面との照合を中心に、部材寸法、材料調査、損傷部位など構造性能に影響を及ぼす要因から仕上げの仕様までできる限り調査した。

・耐震診断

構造性能調査をもとに、木造住宅の耐震診断法である「木造住宅の耐震診断と補強方法」((財)日本建築防災協会)に準拠して耐震診断を実施した。なお、耐震診断は、次の条件により実施した。

筋かいを 90×90 相当と考える

Y 方向の土壁を無視し、化粧合板を大壁として評価する。(実際は、合板は天井まで)

X 方向の丸鋼ブレースは、丸鋼端部の柱へのめり込み、柱の曲げ耐力、丸鋼の降伏で決定される耐力で評価する。

X 方向の腰壁、垂れ壁つき独立柱の耐力は考慮しない。

柱頭・柱脚の接合は、ネイルプレートの性能を無視する。

地震地域係数 Z を 1.0 とする。(八幡浜市は 0.9)

偏心・床剛性の低減は考慮しない。

劣化部材はなく全て健全とする。

・耐震診断結果

耐震診断結果は、次のとおりであり、耐震性がない(倒壊する可能性が高い)ことが判明した。特に X 方向の耐震要素が極端に少なくなっていることが読み取れる。

表 校舎の耐震診断結果(現況)

校舎	階	必要耐力 [kN]	Y 方向(短辺)		X 方向(長辺)	
			保有する耐力 [kN]	評点 Iw 値	保有する耐力 [kN]	評点 Iw 値
中校舎	2 階	179.63	94.05	0.52	22.79	0.14
	1 階	364.88	192.37	0.53	65.63	0.18
東校舎	2 階	193.85	107.83	0.56	40.88	0.21
	1 階	400.96	184.40	0.46	90.87	0.23

・耐震診断基準

耐震性の有無は、「建築物の耐震診断及び耐震改修の促進を図るための基本的な方針」(国土交通省告示第 184 号)別添の別表第一に基づき、次の判定値により判断した。

構造耐震指標 Iw 値 1.0

・全体の改修方針

日土小学校の改修にとって最大の課題は、「中・東校舎がもつ文化財としての大きな価値を守ること」と、「現役の小学校として使い続けるために、現代的な学習環境としてふさわしい機能性や建築基準法による規制を満たすこと」を両立させることであり、次に留意して設計等を行った。

(1) 文化財としての価値を尊重し、基本的に当初の状態に戻す。

(2) 構造補強を行い、重要度係数 1.25 以上の耐震性能を確保する。

- (3) 東校舎の6つの普通教室の意匠は当初の状態に戻すが、実験台や調理台などを設置して特別教室に変える。
- (4) 中校舎の職員室まわりは改修し、運動場への見通しを確保する。
- (5) 中校舎の特別教室を改修して2つの普通教室とする。
- (6) 床の遮音性の向上、建具の改良、便所の更新など、各所の機能性を高める。



普通教室（改修後）



東校舎2階廊下（改修後）

・耐震補強方法

本建物の各部材は経年の割に健全であり、なおかつ、基本となる構造要素は次のとおり取り揃えられていたが、その量が十分でなく、必要耐力に対して保有耐力が大幅に不足していた。

（耐震要素）

耐震壁としての丸鋼ブレースとその端部ディテール、屋根面の水平構面を構成する水平ブレース、教室の長いスパンを架け渡す鉄骨トラス、柱頭・柱脚、柱・梁接合部の金物補強等があった。さらに、本建物は、当初から、構造部材である木材の耐久性をあげるための工夫がなされていた。

（構造部材である木材の耐久性をあげるための工夫）

柱脚木口の保護と水対策のための柱脚ディテール、柱を外部に露出しないカーテンウォール形式の採用、鋼製床束等、これらは、現在では当たり前のように用いられている構法であるが、当時としては画期的なものであった（建築当時、ここまで着実に実現している事例は少ない）。

耐震補強に当たっては、文化的価値の保存に配慮した。具体的には、耐震要素として活用可能な多くの要素を補修・補強・増設すること、また、壁面の増設や性能向上による補強を行うこととした。

（耐震補強の具体的内容）

耐力壁：建物長手方向は、丸鋼ブレースの増設や径の見直しにより現在の開放性を確保しながら必要な耐力壁を設置した。建物短手方向は、教室間の間仕切り壁の土壁・筋かい・モルタル壁の補修・補強を行い、耐震性を確保した。また、耐力壁の配置については、偏心が大きくなるようなバランスのよい配置となるようにし、柱・梁接合部、柱・土台接合を補修・補強し、耐力壁が十分に性能を発揮できるようにした。



二重に配した丸鋼ブレース



耐力壁補強の施工状況

床組・屋根：床組については、床振動、遮音などを考慮して剛性を見直しを行い、既存の火打ち、ブレースなどを見直し、水平構面としての機能を十分に発揮させるように必要に応じて補修・補強した。屋根については、不陸を調整し、鉛直荷重支持能力を向上させるとともに、水平構面としての機能を十分に発揮させるようにした。



ブレースによる屋根補強

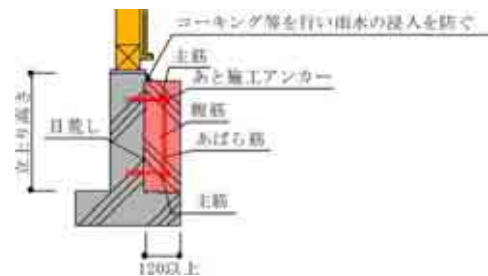


床の垂木・構造用合板による補強の施工状況

基礎：基礎については、コア抜き検査などの調査を行ったが、無筋の可能性が高いことから、必要に応じて、鉄筋コンクリート造の基礎を併設し、上部構造の耐力壁（壁・丸鋼ブレース）が十分に性能を発揮できるようにした。



鉄筋コンクリート造の基礎の併設



・耐震補強結果

これらの耐震補強を実施したことにより、次のとおり耐震性が確保された。

中校舎 lw 値：1.57 1.0 東校舎 lw 値：1.32 1.0

耐震補強事業を実施した際の留意点

施工に当たっては、本校が重要な文化財であるとの位置づけから、八幡浜市教育委員会と（社）日本建築学会四国支部日土小学校保存再生特別委員会の連携のもと、設計及び工事全体を緻密に監理しつつ、継続的に対応した。また、設計変更に関する事項、現場で生じる種々の重要事項についての判断は、全て（社）日本建築学会四国支部日土小学校保存再生特別委員会と協議して、慎重に対応した。その他、文化庁調査官の助言指導を得て進行了た。

建物概要 建物区分：校舎（南棟、北棟）

構造・階数：木造1階建

延床面積：1,350 m²（南棟 811 m²、北棟 539 m²）

建築年：南棟 昭和24年、北棟 昭和25年、昭和26年

工事概要 工事期間：平成19年4月27日～平成20年2月29日

工事内容：内外部については、筋交い及び耐震壁の設置による補強を行った。基礎については、打ち直し又は打ち増しによる補強を行った。

耐震補強により使用することとした理由

本校は、近隣の中学校との統合を計画しているが、現時点ではその時期等が未定である。そこで、統合までの間、生徒が安心して学べる学校環境を確保するために耐震補強工事を実施することとした。

耐震診断、耐震補強計画、耐震診断判定の実施者

耐震診断、耐震補強計画：株式会社アス力総合設計

耐震診断判定：松阪耐震診断判定審査委員会

建築士事務所等の選定方法

・耐震診断、耐震補強計画

特命随意契約（平成7年度に同校校舎の耐力度調査に従事し、また、過去の改修工事において多数、設計業務の実績があることから、同校校舎の構造等に精通していると判断し選定した）

・耐震診断判定

教育委員会において、文部科学省で作成された木造学校施設の判定ができる耐震診断判定委員会一覧をもとに選定（当該耐震診断判定委員会に電話で木造学校施設の判定を実施できることを確認し、株式会社アス力総合設計と打合せした上で選定した。）

耐震診断から耐震補強計画までの完了期間

8ヵ月（うち、耐震診断判定期間 3ヵ月）

耐震診断結果と耐震補強方法

・耐震診断

木造住宅の耐震診断法である「木造住宅の耐震診断と補強方法」((財)日本建築防災協会)に準拠して耐震診断を実施した。

・耐震診断結果

耐震診断結果は、次のとおりであり、耐震性がないことが判明した。

構造耐震指標 I_w 値

南棟 X方向 0.24 Y方向 0.48

北棟 X方向 0.24 Y方向 0.50

・耐震診断基準

耐震性の有無は、「建築物の耐震診断及び耐震改修の促進を図るための基本的な方針」(国土交通省告示第184号)別添の別表第一に基づき、次の判定値により判断した。

構造耐震指標 I_w 値 1.0

・耐震補強方法

耐震補強工事は、建設工事費、補強工事期間、仮設敷地及び授業、学校行事への影響等を検討した結果、「居ながら施工」によることとし、生徒への影響が少ない工法として、工期が短く騒音等の少ない、筋交い（壁）の設置による工法とした。



南棟東側外観



南棟西側外観

具体的な補強内容として、内部は各教室の既設間仕切り壁及び既設壁を撤去した上で、筋交いを使用した耐震壁を設置し、また、外部の補強は既設壁を撤去した上で筋交いを使用した耐震壁を設置もしくは既設壁の外面に筋交いを設置することとした。

基礎については、既設壁及び新設壁部分の基礎の打ち直し並びに教室間仕切り壁部分の打ち増し補強を行うこととした。

また、筋交いによる補強は、教室を使用するに当たって支障の少ない箇所に行うとともに、平面上バランス良く配置することとした。さらに、効果的に耐震性を確保するために、既設では1本の斜材で設置されていた筋交いを、たすき掛けとするとともに、筋交い設置箇所を極力少なくした。

X方向	既設筋交い撤去の上、筋交い（壁）設置	南棟 20箇所	北棟 10箇所
	新設壁設置	南棟 17箇所	北棟 6箇所
Y方向	既設筋交い撤去の上、筋交い（壁）設置	南棟 32箇所	北棟 18箇所
	新設壁設置	南棟 2箇所	

・耐震補強結果

これらの耐震補強を実施したことにより、次のとおり耐震性が確保された。

構造耐震指標 I _w 値	南棟	X方向	1.28	Y方向	1.10
	北棟	X方向	1.21	Y方向	1.14

耐震補強事業を実施した際の留意点

・居ながら施工

施工に当たっては、工事範囲が校舎全体であったことから、施工区域を3工区に分割して順次施工を行うこととした。これにより、仮設校舎等を使用せずに工事を実施することができたため、当初予定よりも費用負担が軽減された。

第1工区(5月～9月) … 校舎南棟玄関から西側及び技術棟

第2工区(10月～12月) … 校舎南棟玄関から東側、校舎北棟の調理室及び理科室

第3工区(12月～2月) … 校舎北棟西側の保健室ほか特別教室

・その他

現地調査の際、土台や根太が腐朽していたことが判明し、設計に反映していたが、施工時に、想定していた以上に腐朽している土台や根太が見つかったため、当初予定よりも費用負担が大きなものとなった。

	〔足助小学校〕	〔追分小学校〕
建物概要	建物区分： 屋内運動場	校舎
	構造・階数： 木造1階建	木造2階建
	延床面積： 644㎡	836㎡
	建築年： 昭和13年	昭和35年
工事概要	工事期間： 平成18年6月22日～ 平成18年10月10日	平成18年6月15日～ 平成18年9月29日
	工事内容： 水平強度を増加するために構造用合板及び筋交いを設ける補強を実施	水平強度を増加するために構造用合板及び筋交いを設ける補強を実施



外観（足助小学校）



外観（追分小学校）

耐震補強により使用することとした理由

既存学校施設を長く利用する市の方針から、耐震補強により長く利用できる施設については、改築ではなく、耐震補強により施設を有効利用することとしている。

耐震診断、耐震補強計画、耐震診断判定の実施者

耐震診断、耐震補強計画：株式会社 トクオ

耐震診断判定：社団法人 建築・設備維持保全推進協会 中部地区耐震診断評価委員会

足助小学校、追分小学校の耐震補強事業は、それぞれに発注・契約したものである。

建築士事務所等の選定方法

- 耐震診断、耐震補強計画

指名競争入札方式（県内本支店業者で過去に耐震診断実績（木造、非木造問わず）があること等を要件とした）

- 耐震診断判定

教育委員会から示した、文部科学省作成の木造学校施設の判定ができる耐震診断判定委員会一覧をもとに、建築士事務所が選定した。

耐震診断から耐震補強計画までの完了期間

8ヵ月（うち、耐震診断判定期間3ヵ月）

耐震診断結果と耐震補強方法

- 耐震診断

耐震診断対象施設が伝統的な軸組構法を主体としていることから、限界耐力計算法に基づく層間変形角による耐震診断を行うこととし、「伝統構法を生かす木造耐震設計マニュアル」（2004年発行 著者：木造軸組構法建物の耐震設計マニュアル編集委員会 出版社：学芸出版社）を基準として利用した。

この診断方法の特徴は、地表面の最大加速度（地震力）と建物の応答変形（傾き）の関係から耐震性能を評価する応答スペクトル法を行えることであり、例えば継手・仕口部に金物をほとんど使わない伝統的な軸組構法の木造建物に多く用いられる方法である。

現在では「木造住宅の耐震診断と補強方法」((財)日本建築防災協会)を用いて、耐震診断をすることも可能である。

・耐震診断結果

耐震診断結果は、次のとおりであり、耐震性がないことが判明した。

〔足助小学校〕

	耐震診断結果	基準値
損傷限界稀地震時 層間変形角	1 / 67 (耐震性無し)	rad 1 / 120
安全限界極稀地震時 層間変形角	- (耐震性無し())	rad 1 / 15

〔追分小学校〕

	耐震診断結果	基準値
損傷限界稀地震時 層間変形角	1 / 101 (耐震性無し)	rad 1 / 120
安全限界極稀地震時 層間変形角	- (耐震性無し())	rad 1 / 15

「-」は、安全限界極稀地震時の応答層間変形角が1 / 15 (rad) を満足しない（倒壊する）ことを示している。

・耐震診断基準

耐震性の有無は、次の判定値により判断した。この判定値は、(社)日本構造技術者協会の示す定量的評価に応じたもので、本判定値を用いるに当たっては、あらかじめ、判定予定の耐震診断判定委員会へ、その妥当性を確認した。

損傷限界稀地震（震度5強程度） rad 1 / 120

安全限界極稀地震（震度7程度） rad 1 / 15

なお、現在は「建築物の構造関係技術基準解説書」に木造の安全限界変位として、通常の構法であれば1 / 30を下回ることはないなどの考え方が示されている。

・耐震補強方法

耐震補強については、水平強度を増加するため、筋交い、構造用合板及び合板小壁を用いた耐震補強方法とした。この筋交い及び構造用合板の設置位置については、著しく内観、外観を大きく変えない、可能な限り現状の雰囲気を変えずに補強する、利用を妨げない等を踏まえた上で、平面上バランス良く設置することとし、構造上主要な部分（小屋裏部分等）については金物等による補強を実施した。



筋交いによる壁補強（足助小学校）



筋交いによる壁補強（追分小学校）

なお、足助小学校の場合には、屋内運動場という性質上、内部の空間を確保する必要があり、内部へは壁を設置することが出来なかった。そのため、屋根面の剛床を確保するため鉄筋ブレースや金物等による補強を行うとともに、既存の外部筋交いバットレス（控壁）を有効活用し、内壁内側1.8mの位置にある柱に対し筋交いを新設することによって、全体の耐震性を確保することとした。



内壁内側柱に対する筋交い（足助小学校） 外部筋交いバットレス（足助小学校）
〔足助小学校〕

〔足助小学校〕

X方向	構造用合板 17箇所設置、筋交い 20箇所設置
Y方向	構造用合板 26箇所設置、筋交い 12箇所設置
屋根ブレース	32箇所設置

〔追分小学校〕

〔追分小学校〕

2階 X方向	構造用合板を 12箇所設置、筋交い 8箇所設置
1階 X方向	構造用合板を 20箇所設置、筋交い 18箇所設置、 合板小壁を 35箇所設置
Y方向	構造用合板を 20箇所設置

・耐震補強結果

これらの耐震補強を実施したことにより、次のとおり耐震性が確保された。

〔足助小学校〕

	耐震診断結果	基準値
損傷限界稀地震時 層間変形角	1 / 212 (耐震性有り)	rad 1 / 120
安全限界極稀地震時 層間変形角	1 / 30 (耐震性有り)	rad 1 / 15

〔追分小学校〕

	耐震診断結果	基準値
損傷限界稀地震時 層間変形角	1 / 186 (耐震性有り)	rad 1 / 120
安全限界極稀地震時 層間変形角	1 / 31 (耐震性有り)	rad 1 / 15

耐震補強事業を実施した際の留意点

・設計上の注意点

耐震補強工事を実施した際に、筋交いを設置するために、既存仕上げ材を撤去したところ、床や壁が木材の腐朽等が予想より傷んでいる部分もあったり、土台や基礎が図面通りでないなど、耐震診断や耐震補強設計を行う際には、現地調査を詳細に行うことが重要であると痛感した。

・施工監理の際に注意した点

筋交いを設置する際に、既存部材と金物を用いて接合するが、接合状況等の確認を多く実施した。床や小屋組を定期的に点検して、部材の確認を行う必要があった。

(参考)「木造住宅の耐震診断と補強方法」の見直し

現在、「木造住宅の耐震診断と補強方法 木造住宅の耐震精密診断と補強方法(改訂版)」(2004年発行 財団法人日本建築防災協会)については、2010年度内の改訂発行を目標に、運用実態に合わせた診断法の修正、解説や補強技術データの充実などを目的に検討作業が行われている。この検討作業では、診断対象を住宅だけでなく、学校建築などの非住宅へも拡げることも課題の1つとなっている。学校建築等の非住宅の耐震性を考える上では、P136で紹介した“注意点”にもあるように、1)地震荷重算定時に想定すべき固定荷重、積載荷重、2)階高、3)構面間の距離などが住宅とは異なることに配慮する必要がある。検討作業では、これらを踏まえて非住宅向けの評価方法が検討されている。以下に、それらの検討の要点を簡単に紹介する。

地震力は、固定荷重、積載荷重等の和に、建物の揺れの加速度を乗じて与えられる。住宅と学校建築では使用材料が同じ木材でも、断面寸法などが異なる可能性がある。また、家具などの什器が異なる。想定すべき人の数も異なる。そこで、固定荷重、積載荷重を学校建築用に見直す必要がある。

階高が異なると例えば、主な耐震要素である筋交いでは傾斜角が異なってくる。傾斜角が変れば、その耐力も剛性も変わってくる可能性がある。耐震要素の耐力や剛性を学校建築用に見直す必要がある。

学校建築では、構面間の距離が住宅に比べ、大きいことが予想される。住宅では、地震時に建物全体がある程度一体として挙動すると考えられる。しかし、学校建築ではそうとは言い切れない。そこで、そのような挙動を想定した耐震性の評価が必要となる。梁などの横架材の長さも異なる。端部の接合部には住宅以上の強度が必要となる可能性がある。



改修による温熱環境等の向上

既存木造学校施設は改修することにより、建物の環境性能を向上させ、教育環境を改善することができる。

古い木造施設でも改修して断熱性や気密性を向上させることにより、温熱環境を向上させることができる。

環境を考慮して改修することは、改修プロセスや改修後の施設について、児童生徒や地域住民の環境・エネルギー教育の教材として活用することができる（エコスクールの整備）。

既存学校施設を改修や耐震補強により長く使用することは、P134にあるように、施設の有効活用、CO₂排出量抑制の環境対策面に加え、地域の文化や景観を継承する意義がある。さらに、古い木造校舎であっても、改修により、建物の環境性能を向上させることができる。

文化財として登録した学校を竣工当時のものを再現しつつ、耐震補強、環境を考慮した改修を実施（愛媛県伊予市立翠小学校）

築77年（1933年竣工）の赤い屋根の小学校は、愛媛県内の現役最古の木造校舎で、改修工事着工前に伊予市の指定有形文化財に登録された。環境省の学校エコ改修事業の補助を受け、最新の技術で改修中、文化財の良さを残すという難しい取組であったが、多くの方の協力を得て完成した。



東側外観：県産のスギ板の下見板張りの外壁



昭和の改修でアルミサッシになっていたものを、機密性の高い木製サッシに改修

文化財としての価値を残しつつ改修

外壁は古い卒業アルバムのセピア色の写真と周辺に住んでいる高齢者への聞き取り調査などをもとに、竣工当時のものを再現したかたちで、県産のスギ板下見板張りに木材保護塗料仕上げとした。

内壁の腰板には県産材のスギ板を張り、77年の経年変化の色を意識したが、協議の上、無塗装とし、木の香りと経年変化を待つことにした。また、スギ板と思われた天井板も昭和の改修でスギ桎合板に替えていたが、竿縁を撤去復旧した後に、当初のスギ板張りに戻すこととした。



内部のスギ板の腰板とスギ板竿縁天井



職員室からグラウンドへの視認性をよくするためのポリカーボネード製の耐震壁

耐震補強

耐震補強は、東京大学の調査と耐震診断をもとに、耐震改修設計を行い、日本建築防災協会の耐震評定を受けた。平面計画は、新しい教育環境を意識し広い廊下との関係性、大きな教室のゆとりを考慮して、学習スペース、ワークスペース、教師スペースの空間配分をした。



構造検討のための既存構造スタディ模型

環境を考慮した改修（新エネルギーの導入）

指定有形文化財の保全計画の範囲内で、教室から外の緑のゾーンへのデッキを木造で作り、屋根に太陽熱温水パネルを載せて「エコデッキ」と呼びエコ改修の対象とした。小型風力発電機の設置と屋根材一体型太陽光発電パネルで葺いた校務員棟と渡り廊下も木造で計画した。



エコデッキ外観、手前にレンガ造りの既存焼却炉



エコデッキの俯瞰、手前は環境教育のためのピオトープ



屋根材一体型太陽発電パネルの屋根と小型風力発電機

環境を考慮した改修（温熱環境の向上）

温熱光風環境の改善に当たっては、2007年に慶応大学で温湿度、日照時間の年間記録を採取し、使用電力量、暖房時の灯油使用量もあわせて改修予測を立てて、設計目標の裏付けとすることができた。

断熱材には、古紙を利用したセルローズファイバーを使用し、天井160mm、壁90mm、床下130mmに吹き込んだ。開口部は気密性の高い木製サッシに復元、一般部のガラスはペアガラス、西日を受ける窓にはLow-Eペアガラスと木製ブラインドを採用し、夏の西日対策に落葉樹の中高木を植えた。1階の階段室前には中空ポリカーボネード製の可動間仕切りを採用し、冬季の児童の移動も暖房領域から寒い外気に触れることなく移動できる経路を確保した。また、暖房器具には以前使っていた石油ストーブから、木質ペレットストーブに変更してCO₂の削減にも考慮した。なお、木質ペレットは県内産木材の製材時の辺材で作られたものを使用している。



セルローズファイバー断熱材



気密性の高い木製サッシ



西日対策の中高木



冬季の暖房として木質ペレットストーブの採用



開放廊下の冬季対策としての開放階段室前の可動間仕切