

建築防災

2017.4

〈目次〉

- ◆防災随想
◇小規模な社会福祉施設等に対応した消火設備について 四維栄広 1
- ◆特集「中・大規模木造建築物の耐震補強事例 その1」
◇兵庫県篠山市立八上小学校耐震補強事例 荒木康弘 2
- ◇埼玉県における中規模木造の耐震補強事例ー深谷商業高等学校記念館・岩槻郷土資料館(旧岩槻警察署)ー 神田廣行 11
- ◇自由学園南沢キャンパスの耐震改修ー昭和初期の木造建築物の意匠を生かした耐震補強ー 金箱温春・袴田喜夫 19
- ◇金光教甘木教会会堂の構造診断と構造補強 富永善啓 27
- ◆災害報告
◇平成28年鳥取県中部の地震による建築物の被害調査 三木徳人・脇山善夫
山口秀樹・廣嶋 哲 37
- ◆定期報告コーナー
◇防火設備定期検査報告マークの活用状況について(お知らせ) 建築物防災推進協議会
一般財団法人 日本建築防災協会 55

特集「中・大規模木造建築物の耐震補強事例 その1」



金光教甘木教会会堂の構造診断と構造補強

とみ なが よし あき
富 永 善 啓

株式会社文化財構造計画

1. はじめに

「間に合ってよかった」。平成 28 年熊本地震の直後に、教会の方から出た言葉である。福岡県朝倉市にある金光教甘木教会会堂は、平成 27 年 11 月に耐震補強工事が終わったばかりであった。

本建物は、昭和初期に建てられた近代和風の木造建築である。規模が大きな木造建築であるため、なかなか適切に構造検討ができる設計者が見つからず、巡り巡って私たちが構造診断と補強設計を行うこととなった。結局、教会が耐震対策を計画してから補強工事を終えるまでに、約 10 年の期間を要していた。その補強工事を終えたつい半年後に今回の地震に見舞われたのである。

朝倉市で観測された地震の震度は 4 程度であり、教会のほかの施設も大きな被害は受けていない。そのため、補強が無ければこの建物が倒壊したとは言えまい。しかし、いざ地震が来てみると、補強済みであることはとても心強い。普段はちょっと邪魔に感じる耐震補強の本来の役割と、そのありがたさをあらためて感じるができる。

教会の方のこの一言からは、補強工事に至るこれまでの苦労とともに、補強を実施したことから生まれた心の安寧がしっかりと伝わってきた。

2. 事業の概要

今回の事業は、施主である金光教甘木教会の安
武道義教会長と平山信利氏のほかに、教会の関係
者である建築の専門家も交えて、構造診断と構造
補強についての協議を行った。大武設計一級建築
士事務所を主催する大武好治氏と、清興建設株式
会社社長の原田信一氏である。全体の方針につい
ては、私たち株式会社文化財構造計画を含めた 4
者で協議を行って決定した。

具体的な役割分担としては、大武氏は全体の監修を、清興建設は補強工事の施工を、文化財構造計画は構造診断、補強設計、補強工事監理を行った。また、建物と地盤の常時微動調査は、香川大学宮本慎宏講師（当時）の協力を得て行った。

教会は、福岡県西方沖地震を契機に平成 17 年から耐震対策の検討を始め、平成 26 年 9 月から平成 27 年 4 月までの期間で最終的な構造診断・補強案策定を行った。その後、実施設計を平成 27 年 6 月から平成 27 年 7 月、補強工事を平成 27 年 8 月から平成 27 年 11 月までの期間で実施した。

3. 建物概要

金光教甘木教会は、明治 37 年に安武松太郎氏に



写真 1 金光教甘木教会会堂 外觀

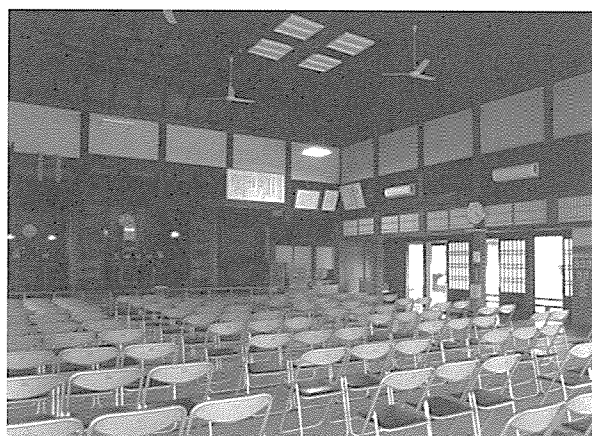


写真2 会堂内部 教場より外殿を見る

よって開設された教会で、昭和4年に開教25年の記念事業として本会堂の建設が計画され、昭和9年に落成した。設計は赤時忠雄氏で、早稲田大学専門部卒業の後に東京震災復興局に奉職し、同局の解散後に朝倉郡夜須村篠隈にて設計事務所を開設していた。棟梁は、金光教小倉教会建築の際に副棟梁を務めた竹野内匠であった。

本建物は、梁間13.7m、桁行27.4m、棟高14.1mの木造一重裳階付、銅板葺の和風建築である。中央の大屋根は入母屋造の妻入りとし、正面に唐破風の向拝を設けている。背面5間を両側に2間張り出し、外周全体に幅1間の廻廊を配している。また、教場廻廊の外側には、縁を設け勾欄を廻す。張り出し部分は、入母屋造鉋葺の屋根とし大屋根と直交して棟を設けている。

平面は、広前とも呼ばれる教場が外殿へと接続し、その奥には中央に内殿、神殿、左に祖霊殿、右に遥拝所が設けられている。外殿の教場との間には結界が置かれ取次が行われる。参拝者は、教場から取次を介して天地金乃神に願いを届け、神からの助かりを受ける。

教場へのアプローチは、正面玄関のほかに南側

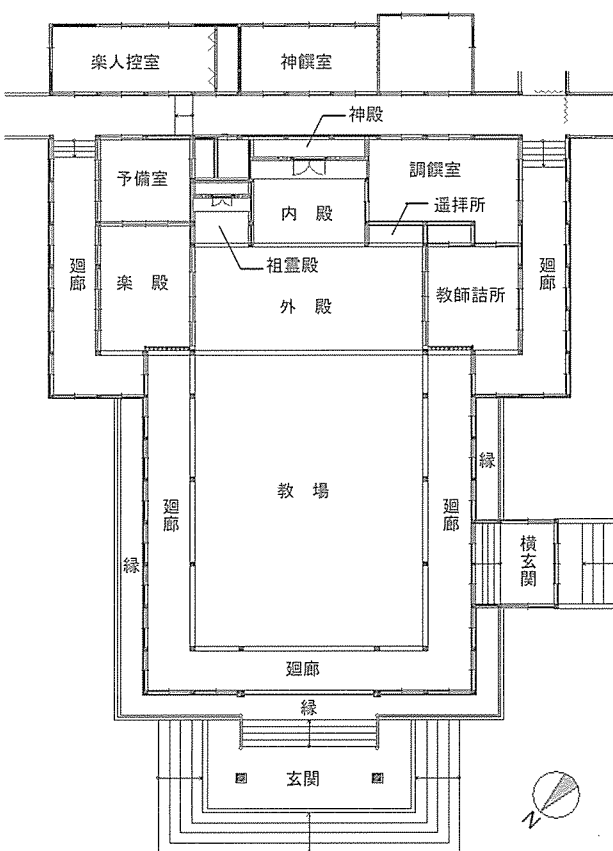


図1 金光教甘木教会平面図

に横玄関が設けられている。部屋境及び部屋一廊下境の間仕切装置は、大部分が開放もしくは障子や襖などの建具となっており、開放的な平面構成となっている。

4. 構造診断

4.1 診断方法

本建物は、特に文化財に指定もしくは登録されている建物ではないが、竣工後80年以上経過した建物であることから、歴史的価値に配慮を行うために、文化財建造物と同様の方法にて検討を行う方針となった。そこで耐震性能の評価を文化庁文化財部「重要文化財（建造物）耐震診断指針」に従って行った。

指針には「エネルギー一定則」と「等価線形化法」のふたつの診断法が記載されている。本建物は変形性能が高く靱性に富む構造であることから、「等価線形化法」による診断が行われた。

建物の特徴を考慮するために以下の方針によって解析を行った。

- ① 部材ごとの応力と変形を確認し、建物全体のねじれなどを評価するために立体フレームモデルを用いて解析する
- ② 水平力伝達などを適正に評価するために水平構面の変形を考慮する

本建物は、会堂として多くの参拝者が立ち入る建物であるため、耐震性能の目標値には、大地震動時に建物が倒壊しない水準である「安全確保水準」が設定された。この性能は建築基準法で求められる耐震性能と同等の性能と考えられる。

指針では大地震動時の最大の層間変形角は、大地震動時に倒壊しない性能として1/30を目安としている。しかし、本建物は柱と横架材がボルトで接合され、壁も真壁の土壁と木摺漆喰壁であり、大変形時にも耐力を保持していると考えられることから、層における平均の変形角の最大値を1/20、部分での最大変形角を1/15と設定した。

また、耐震診断とともに風圧力に対する検討も実施した。風圧力は、平均して50年に一度生じる中程度の強風と平均して500年に一度生じる最大級の強風に対する検討を行った。中程度の強風は、基準法に従い平均風速32m/sの風圧力とし、最大級の風圧力はその1.6倍の風圧力（平均風速約40.5m/s相当）を採用した。

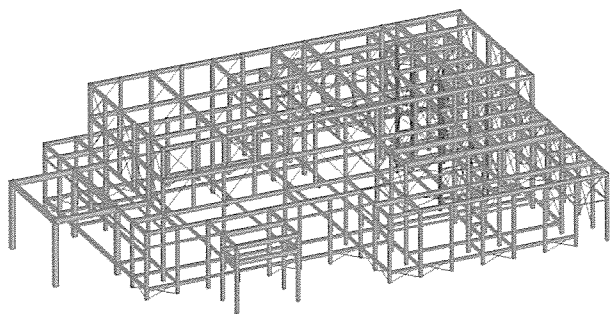


図2 構造解析モデル図

4.2 地盤の振動特性

本建物の地盤特性は、近隣及び敷地内の地盤調査結果と常時微動調査の結果から判断した。本敷地は約2mの粘土層の下に約13mの砂礫層が続き、その下に岩盤があると想定される。常時微動調査の結果、地盤の固有周期は0.196秒と計測され、第2種地盤に近い第1種地盤であることが判明した。ただし、設計時においては、安全側である2種地盤として扱った。

4.3 目視調査

建物の構造的な特徴を確認するために、小屋裏や床下を含めて構造部材の目視調査を行った。

建物は総桧造で、化粧材である柱・梁・貫のみならず、小屋梁にも桧を用いている。

梁・貫・長押・足固めなどの横架材は、一部ボルトがない場所があるものの、大部分がボルトを用いて柱と緊結されていた。

基礎廻は外部からは無筋コンクリート製布基礎の上に土台を廻しているように見えるが、内部より観察すると、基礎の上に柱を建て足固め同士を

ボルトで緊結している。この部分は柱の外部側を半分欠き込み、外部からは土台に見せる仕様となっていた。内部の柱はコンクリートの独立基礎上に建てられ、金物を用いて固定されていた。

壁の仕上げはすべて漆喰塗だが、下地が木摺となっている部分と土壁となっている部分の両方が確認された。また、天井より上部には筋違が設置されている箇所もあった。

4.4 構造診断の結果

構造診断で行った耐震性能と耐風性能の評価を表1に示す。

南北方向については、正面側にはほとんど壁がない一方で背面側に壁が多いことから、耐力要素が偏在しており、正面側と背面側で変形量が大きく異なる結果となった。全体平均の変形量が1/19であったものの、正面の向拝部分では基準値を超える1/7の変形が生じていた。またその際には、教場西側の通りと教場一外殿境において柱の曲げ降伏が確認され、内法高さで柱の折損が生じる可能性が高いことが判明した。

また中程度及び最大級の強風の風圧力に対して建物の耐力が不足しており、倒壊の危険性がある。

東西方向については、全体平均の変形量が1/22に対して、最大の変形量は中央で生じる1/16であり、基準値を満足している。しかし、教場の北側・南側の通りで柱の降伏が確認され、折損の可能性が高いことが判明した。また、風圧力に対しては、中程度に対しての性能は満足するものの、最大級の風圧力に対しては性能が不足していた。

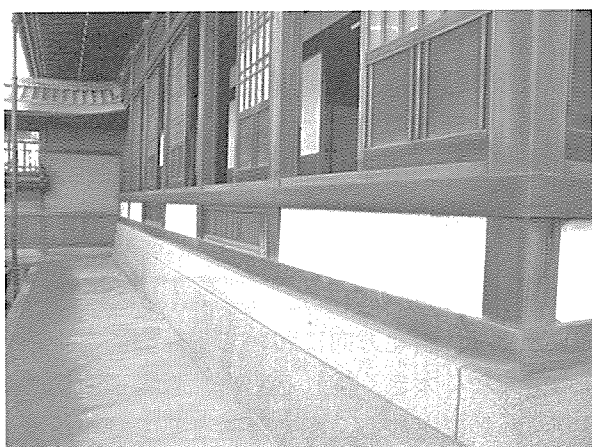


写真3 外壁基礎廻 外部状況



写真4 外壁基礎廻 内部：足固め及び緊結ボルト

表 1 構造診断結果

性能の関する項目		目標値	南北方向	東西方向
偏心率		0.30 以下	0.85	0.02
大地震動時	層間変形角 (平均)	1/20 以下	1/19	1/22
	層間変形角 (最大)	1/15 以下	1/7	1/16
	部材の耐力確認	終局耐力以下	柱の曲げ降伏	柱の曲げ降伏
中程度の強風	層間変形角 (平均)	1/20 以下	耐力不足	1/38
	層間変形角 (最大)	1/15 以下	耐力不足	1/21
	部材の耐力確認	終局耐力以下	柱の曲げ降伏	柱の曲げ降伏
大規模な強風	層間変形角 (平均)	1/20 以下	耐力不足	耐力不足
	層間変形角 (最大)	1/15 以下	耐力不足	耐力不足
	部材の耐力確認	終局耐力以下	柱の曲げ降伏	柱の曲げ降伏

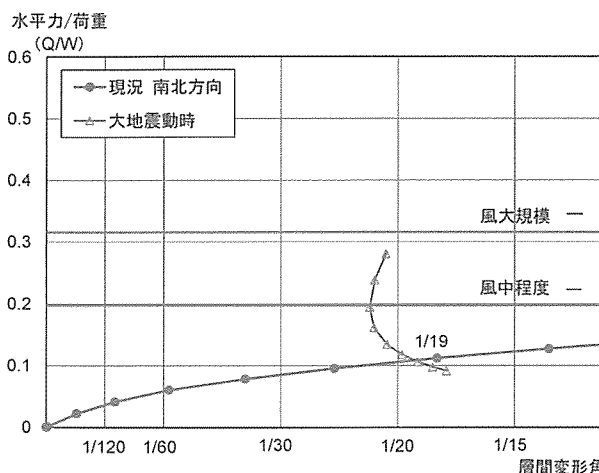


図 4 荷重－変形曲線と応答（南北方向）

5. 構造補強

5.1 構造補強の目標設定

構造診断の結果、東西方向、南北方向とも水平力に対する性能が不足していることが判明した。南北方向において特に変形が大きく、両方向共に柱は折損する可能性が高かった。そのため、地震及び風圧力に対する構造補強を検討する。

地震は突発的に生じるため予測できないが、強風は主に台風などであることから事前に発生が予測できる。そのため強風対策については、避難による対策も可能と判断し、本建物の耐風性能に関する目標値の設定について検討を行った。

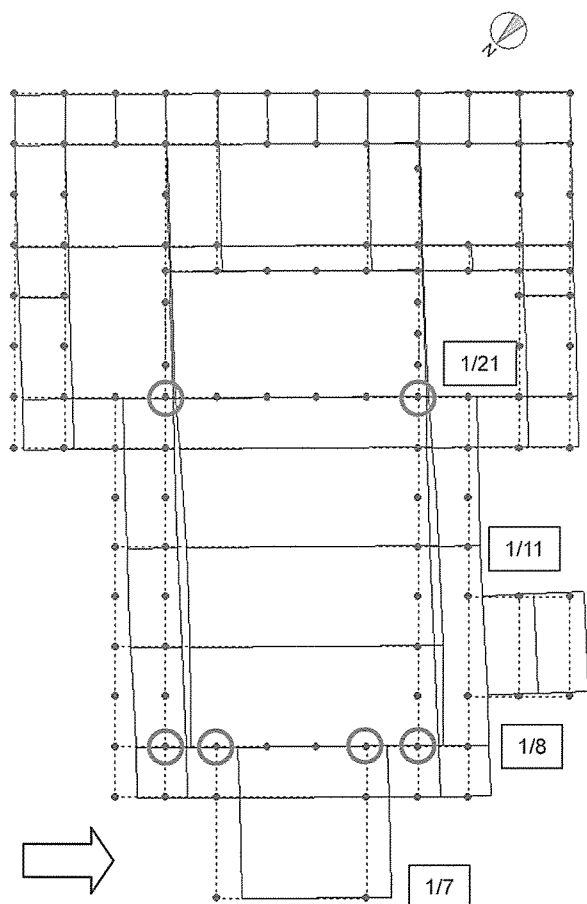
気象庁の朝倉観測点では2000年1月から観測記録があり、最大風速は14m/sとなっている。近隣では久留米観測点に1976年からの記録があり、風速24m/sが最大となっている。

現在想定している風速は、中程度の強風が平均風速32m/s、大規模な強風が平均風速40.5m/sであり、中程度の強風でも観測されている最大風速よりも大きい。

これらの情報をふまえた協議の結果、建物の構造性能の目標値は、大地震動に倒壊しない安全確保水準と中程度の強風に対して倒壊しない性能とし、大規模な強風に対しては、建物から避難することによる安全対策を行うことと決定した。

5.2 構造補強案の策定

本建物は、南北方向において正面側に水平耐力要素が少なく大きく揺れるため、教場正面側に耐力要素が必要となる。耐力要素として壁を設置することは、本建物の特徴である開放的な空間構成



※ 図中○印は折損の可能性がある柱を示す。

図 3 大地震動時変形図（南北方向）

を損ねることになり、当初の平面計画を変更する
ことになる。そこで、開放性を阻害しない鉄骨フレーム
による水平耐力要素の付加を行うことでの補強
を計画した。

補強の配置については、2 案を提示して検討を
行った。正面側の補強部材を、正面廻廊に設置す
る案と教場内部に設置する案である。

① 正面廻廊鉄骨補強案

正面廻廊鉄骨補強案は、教場の左右端 1 間の廻
廊に鉄骨フレームを設ける案である。廻廊に鉄骨
柱を設置するため、通行の邪魔にならないように
極力細くしたいので、左右に 150mm 角の柱を 2
本ずつ立てた。剛性と耐力を上げるために左右そ
れぞれの 2 本の柱を梁で繋ぎ、床下では 4 本柱を
つなぐ基礎梁を設ける。上部梁は天井裏に設置し、
建物の利用者が見えない位置に納めた。廻廊の天
井裏から大屋根の小屋裏まで露出せずに鉄骨を通
すことができないため、柱間の壁を合板補強によ
って水平力の伝達を行うこととした。

また、教場一外殿境両端の柱にも折損が生じる
可能性があるため、楽殿及び教師詰所にも 200mm

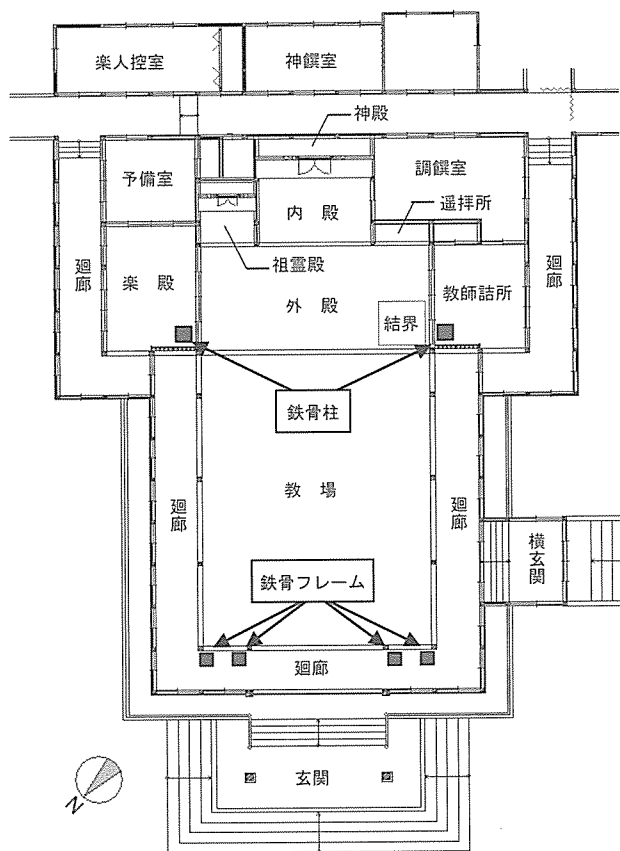


図 5 正面廻廊鉄骨補強案 補強配置図

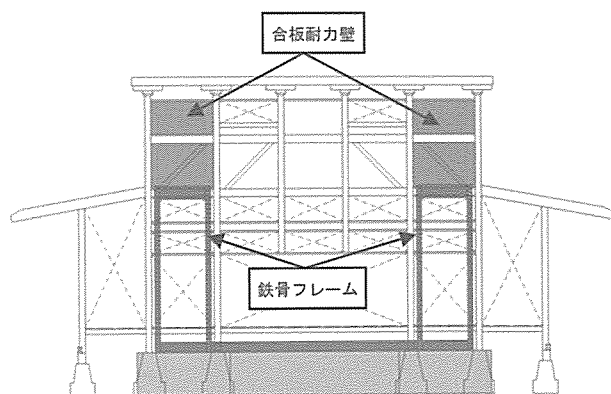


図 6 正面廻廊鉄骨補強案 正面廻廊軸組図

角の鉄骨柱による補強を行った。

南北方向の耐力要素は、教場の西端から東端ま
での約 13.5m の距離がある。その間の変形角を抑
制するために大屋根小屋裏に鉄筋ブレースを用い
た水平構面補強を設置した。また正面向拝の変形
を抑制するために向拝にも鉄筋ブレースによる水
平構面補強を設置した。

② 教場鉄骨補強案

教場鉄骨補強案は、正面側の補強を教場西端の
両隅に鉄骨補強柱を設置する案である。柱の数は
両端に 1 本ずつとしている。小屋裏内部の空間が
少なく天井の解体も伴う必要があることから、上
部を梁で接合せずに基礎梁のみを繋ぐことでフ
レームの剛性を高める計画とした。このとき柱は
250mm 角の大きさが必要となった。

楽殿、教師詰所の鉄骨柱と水平構面補強は正面
廻廊鉄骨補強案と同様である。

これらの 2 案について検討した結果、教場での
参拝を優先し、教場内部から補強が見えない正面
廻廊鉄骨補強案が採用となった。採用案の補強位
置は、動線を考慮したとき、横玄関からの出入り
では、障子が閉まっている状態では補強は見えな
いし、参拝とは反対方向である。正面玄関からの
出入りでも、教場へは中央間からの進入となるの
で、参拝者の視界には入りにくい。

この採用補強案を設置した時の構造性能を表 2
に示す。南北方向の偏心率以外は目標値を満足す
る結果となった。

大地震動時において、南北方向では背面側の土
壁の影響が大きいため偏心率は目標値には達して

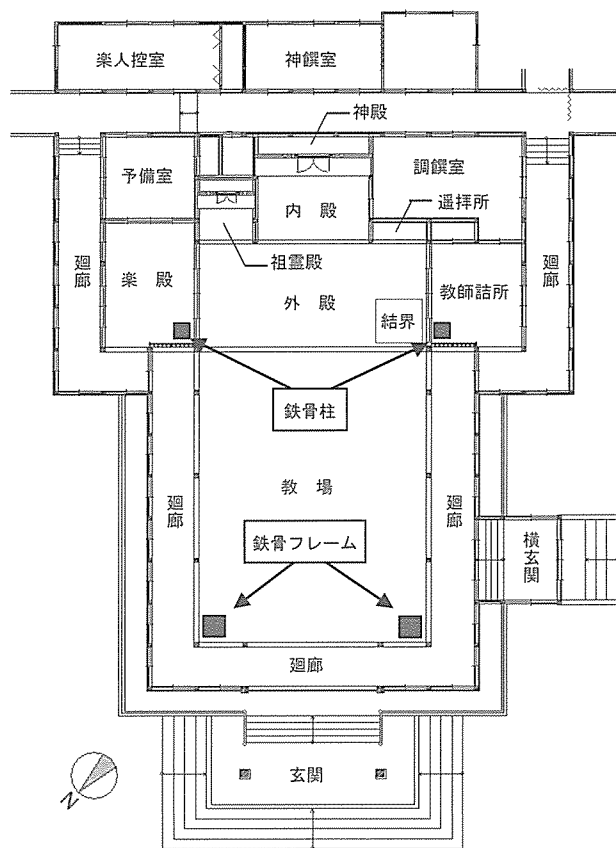


図7 教場鉄骨補強案 補強配置図

いないが、正面側は教場西面での変形角が 1/25 となっており、目標値を満足している。教場の中間部で最大変形角が 1/19 となっているが、耐力要素がない通りであり目標値も満足している。このとき補強鉄骨柱は曲げ降伏をしているが、鉄骨は降伏が生じても急激に破断して耐力が失われることはないため、倒壊の危険はないと判断している。

表2 構造補強後の性能

性能の関する項目		目標値	南北方向	東西方向
偏心率		0.30 以下	0.63	0.02
大地震動時	層間変形角 (平均)	1/20 以下	1/36	1/27
	層間変形角 (最大)	1/15 以下	1/19	1/19
	部材の耐力確認	終局耐力 以下	降伏 しない	降伏 しない
中程度の強風	層間変形角 (平均)	1/20 以下	1/62	1/65
	層間変形角 (最大)	1/15 以下	1/30	1/28
	部材の耐力確認	終局耐力 以下	降伏 しない	降伏 しない

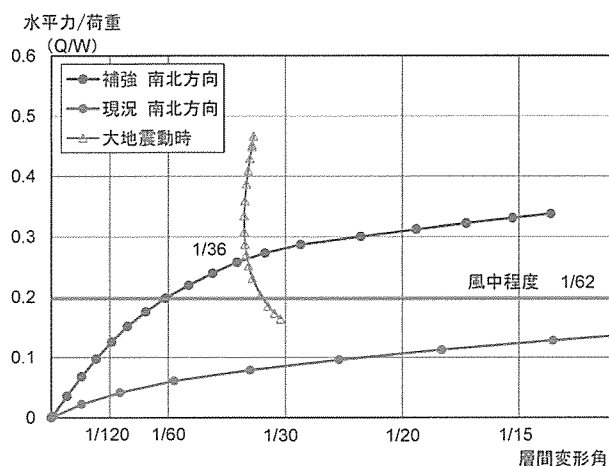


図8 補強後の荷重－変形曲線と応答（南北方向）

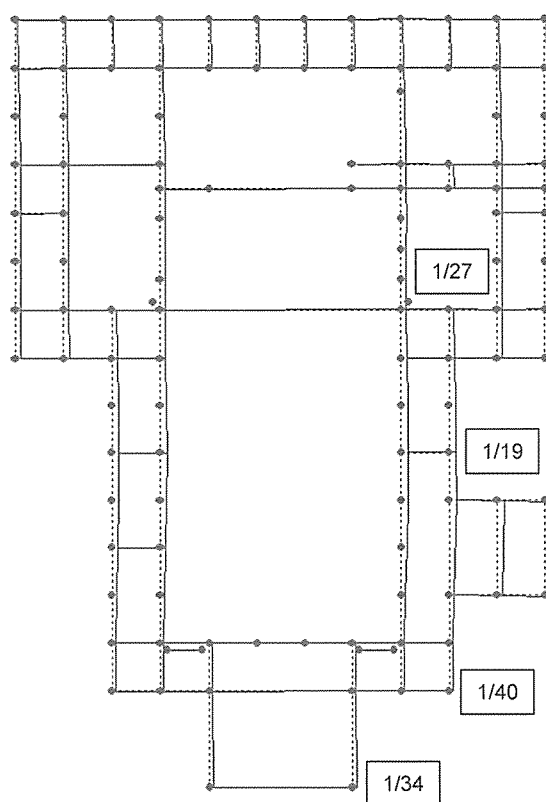


図9 構造補強後の大地震動時変形図（南北方向）

5.3 構造補強の実施

補強案決定後は、採用された補強案に従って実施設計を行い、補強工事を実施した。

実施設計にあたっては、再度小屋裏、床下に入して現地を確認し、納まりの詳細検討を行った。

鉄骨フレーム補強は、建物からの水平力によって浮き上がりが生じないように鉄筋コンクリート基礎を設けた。柱脚から東西、南北方向に基礎梁を伸ばす。正面廻廊の鉄骨フレーム補強は、南北方向は柱間を基礎梁及び上部梁で接続して固定

し、東西方向は基礎梁を片持梁として伸ばすことで柱脚の固定度を上げた。楽殿及び教師控室の補強柱は、柱間の距離が離れているため、東西方向、南北方向とも基礎梁は片持梁となっている。

正面廻廊の鉄骨フレームは上部鉄骨梁を建物の胴差とラグスクリューによって緊結することで、建物から鉄骨フレームへの荷重伝達を行っている。正面廻廊小屋裏より上部は、当初合板補強壁で大屋根小屋裏まで補強を行う予定であったが、既存の筋違の断面が大きく健全であることと、合板を設置するためには裳階の屋根か教場天井を解体する必要があるため、筋違のある部分は端物を金物補強して耐力を向上させる方針に変更した。大屋根小屋裏側の壁下地は筋違が無く、内側からの施工が用意であるため、合板耐力壁とした。

また、本設計においては、水平構面補強と鉄骨補強の水平力伝達を確実に行うことに特に注意を払っている。

向拝の水平構面は、側桁から向拝棟木にかかる登梁に鉄筋ブレースを設置することで補強を行っている。向拝のブレース構面の建物側端では、鉄骨柱頂部と接合して荷重伝達を行っている。

大屋根の小屋裏では、トラス陸梁レベルで鉄筋ブレースを用いた補強構面を設置した。トラス間の繋ぎ梁を追加し、ブレースの角度が大きくなりすぎないように調整した。また、構面の段差が生じるところでは、鉛直構面の補強を行い、確実に荷重が伝達するよう配慮を行った。

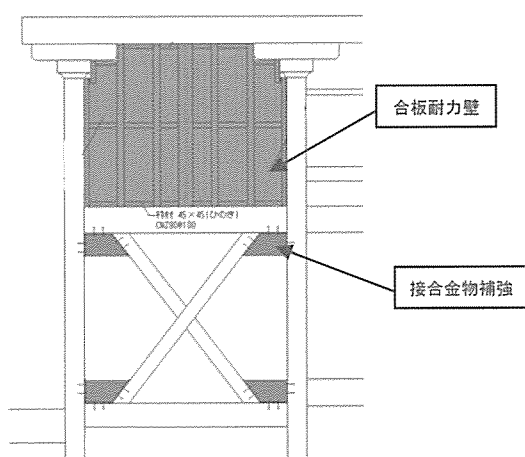


図 10 教場西面壁補強 変更図

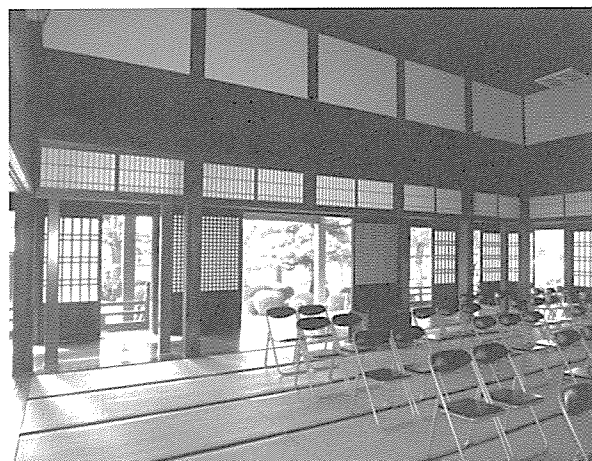


写真 5 教場より背面を見る



写真 6 廻廊西南隅より北を見る

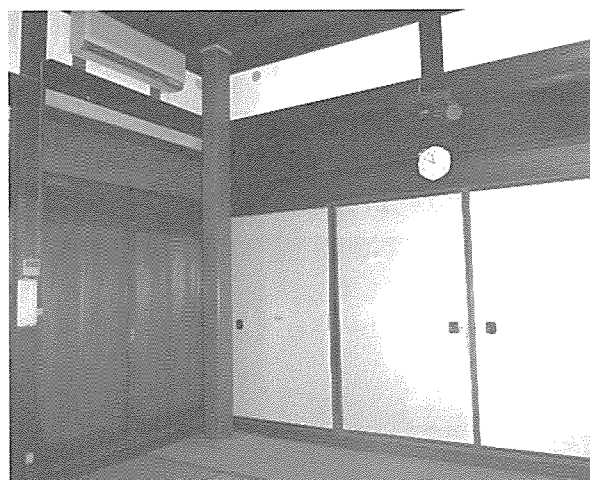


写真 7 廻廊西南隅より北を見る



写真8 小屋裏ブレース補強



写真9 合板耐力壁補強



写真10 筋違金物補強・鉄骨フレーム上部



写真11 鉄骨フレーム基礎梁・基礎

6. 常時微動調査

6.1 調査の目的と概要

本建物においては、地盤とともに構造補強前と補強後の建物の常時微動測定を行った。これは、構造補強によって微動レベルでの挙動がどう変化しているかを確認するためのものである。

調査は、携帯型高感度振動計と、センサーとしてサーボ型速度計 6 台を用いて微動計測を行った。センサーの設置位置や方向を変えて 3 パターンの計測を実施した。

6.2 計測結果

3 パターンの計測のうち、ここでは特徴的な 1 パターンについて紹介する。

構造診断によって、南北方向において正面側の耐力要素が少なく、背面側の耐力要素が多いため、大きく偏心していることが明らかとなった。

その後、補強において正面廻廊と楽殿・教師控室に鉄骨フレーム補強を行うことで、耐力要素を付加し、偏心を小さくしている。

その効果を確認するために、大屋根の小屋裏において南北方向の常時微動測定した結果を以下に示す。

各計測点における固有振動数をみると、補強前は 1.95Hz、補強後は 2.22Hz にピークがあり、補強によって固有振動数が 1.1 倍に上昇していることが確認できる。

また 1 次振動モードを確認すると、補強前では背面から正面側に行くに従って、振幅が大きくなっている。それに対して補強後では、鉄骨補強を行った通りである ch2 と ch4 の振幅が小さくなっている。これは補強によって補強構面の水平剛性が向上したためと考えられる。

また、ch3 及び ch5 の振幅が小さくなっていないのは、水平構面補強の影響が出ていないと判断できる。これは、今回の計測が微動レベルの計測のため、ブレースや接合部の緩み、遊びによって構面補強の効果が計測できないことと想定される。実際の地震動時には大きな変形が生じるため水平構面は有効に働くと考えられる。

これらの結果から、耐震補強の効果の一部が常時微動調査によって確認できたと判断できる。

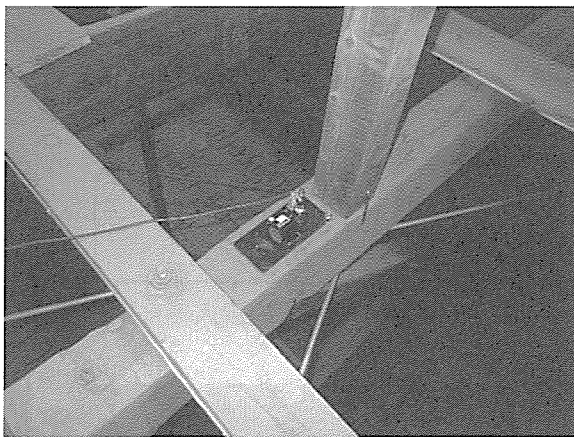
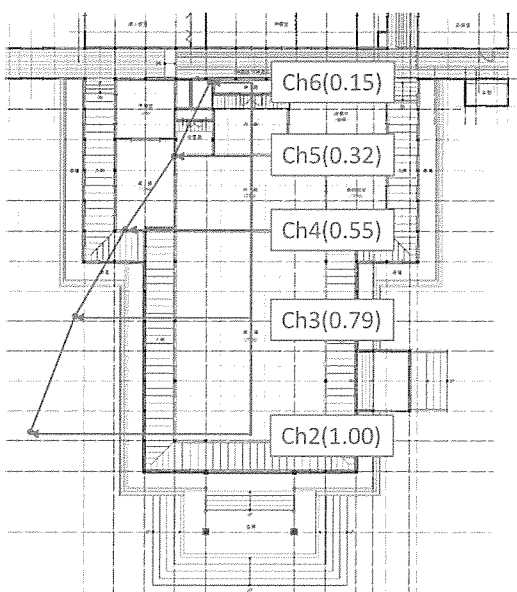
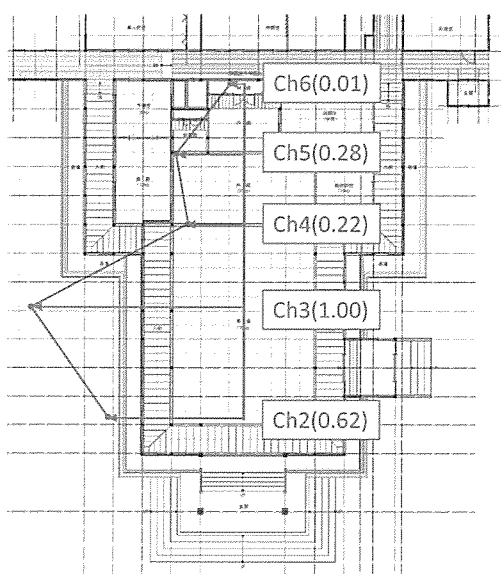


写真 12 常時微動調査状況 (ch5)



(a) 構造補強前 (固有振動数 1.95Hz)



(b) 構造補強後 (固有振動数 2.22Hz)

図 11 常時微動調査結果

7. 構造補強工事内容の周知

建物の価値を守るため、極力目立たない補強を心掛けた結果、参拝者からは正面廻廊の鉄骨柱しか見えない補強方法となった。

しかし一方で、あまり補強が見えないために、今回どのような工事が行われたのかを理解しにくい。多くの信者の方の寄付を元にして行われた工事である以上、どのような工事を行ったかを伝えることも事業上重要な事項である。

そこでこの度は、構造補強工事のパフレットを作成し参拝者に配布している。構造補強の内容は建築の専門でない方には分かりにくいので、写真と図を中心に記載し、直感的に分かりやすい表現を心掛けた。

8. おわりに

今回の熊本地震では、耐震診断の必要性が分かっていたものの、諸事情により実施に至らなかった結果、大きな被害を受けた建物もあった。

現状で使用している建物の耐震補強を行うためには、経済的な問題や工事中に現状の機能をどうするかといったような問題が生じるため、実施をためらっているケースも多いのではないかと思います。歴史的な建造物のように、既存の指針だけでは診断を進めにくい案件は、なおさら戸惑っていることであろう。

だが、昨今は歴史的価値に重きを置く文化財に指定された建築であっても、耐震補強を行って人々の安全を確保している。歴史的な建物の診断を進めることが難しいからといって現状のままでとどまっても、地震によるリスクは増すばかりである。

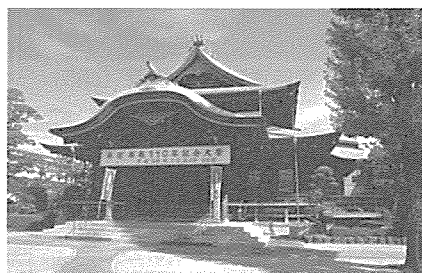
診断から工事に至るまでには、方法や費用などについて協議をして合意形成を行う必要があるため、どうしても時間がかかる。この案件も教会が計画を始めてから終わるまでに 10 年の月日が流れてしまった。

しかし、何事も始めなければ終わらない。まずは勇気ある一步を踏み出すことが、安心へと至るための唯一の方法である。教会の皆様の安堵する様子を見て、改めてそう感じた。

9. 参考文献

- 1) 金光教甘木教会親厚会：安武松太郎師，1964

金光教甘木教会会堂 耐震診断及び補強について



平成 27 年 11 月

金光教甘木教会

金光教甘木教会会堂耐震補強工事
設計・監理：株式会社 文化財構造計画
監 修：大武設計一級建築士事務所
施 工：清興建設株式会社

補強前後比較表

耐震補強前	耐震補強後
× は大地震時に折れる可能性がある柱を示す。 玄關に向かうほど変形が大きい。層間変形角は玄關では 1/11、建物前面では 1/8、玄関において 1/7 と大きい値となる。 また、大地震時に柱の折れる可能性がある。	1/15 より小さい(分母が大きくなればなるほど)と削減しにくくなる。 補強を施すことにより、最大層間変形角も 1/18 と抑えることができ、玄関からの倒壊の恐れは少なくなる。 また、鉄骨が地震力を負担することで、柱の折れる可能性が低くなった。

上表は耐震補強を施す前と後の耐震性能を比較しています。
補強前は建物前面が大きく揺れ、倒壊する可能性があり、柱が折れる可能性もあります。
補強後は、建物前面の変形が 1/7 から 1/18 と小さくすることができ、玄関からの倒壊の恐れは少なくなりまし。また、局所的な変形も起きず、柱が折れる可能性も低くなったことから、大地震に耐え得る建物となりました。

今回の耐震補強工事で、甘木教会会堂は皆様安心して使用していただける建物となりました。

耐震補強工事について

平成 26 年に教会堂の耐震診断を行った結果、耐震性能が不足しており、耐震補強が必要な建物であることが判明しました。

そのため、平成 27 年 8 月から耐震補強工事を行い、11 月に無事竣工を迎えることができました。

金光教甘木教会会堂の耐震性能について

本建物は前面(教壇、玄関)には耐震要素である土壁がないものの、背面には土壁が多く配されている構造となっています。そのため、大地震(震度 6 強程度)が発生した場合、建物前面が大きく変形し、柱が折損して倒壊する可能性があることが判明しました。

耐震補強について

建物前面から倒壊する可能性があるため、前面の変形を重点的に抑えつつ、全体の変形を小さくする補強配置としました。

壁を増設する補強は空間を大きく圧縮する事から、鉄骨柱にて補強を行い、採光及び開放感を重視しました。その他、見えにくい部分に鉄筋ブレースや、構造用合板を配して、変形の抑制や力の伝達を行っています。ここでは補強の種類と主な効果を説明いたします。

構造用合板による力の伝達

鉄筋ブレースにより伝わった地震力を鉄骨フレームに伝達させる役割をしています。



鉄筋ブレースによる水平補強

鉄筋ブレースを小原裏全面に配置して、局所的な変形を抑えています。



鉄骨フレーム上部
構造用合板から伝達された力を受けています。また、玄関上部からの力も受けています。



鉄筋ブレースによる水平補強
玄関上部に鉄筋ブレースを配置して、玄関の揺れを抑えて、鉄骨フレームに力を伝達させる役割をしています。



鉄骨フレームによる建物前面の補強
鉄骨フレームを 2 階設置することで建物前面の変形を抑えています。また、補強を目立たせないために、鉄骨フレームの柱は、本体の木柱より小さい 15cm 角の柱としています。床下には大きなコンクリートの基礎梁を設けています。



鉄骨柱による地震力の負担
木柱が折れないように、地震力を負担する役割をしています。鉄骨柱の床下には大きなコンクリートの基礎梁を設けています。

図 12 補強工事説明資料(両面印刷で二つ折り)