

# 2章

## 学校施設の 耐震補強の詳細事例

### 【概要】

	学校名	建物概要	補強工法	耐震性能( $I_s$ 値)	事業費 工期
校舎	千葉県 白井市立 白井第二小学校	S52築 RC造4階建て 延床2,923 $m^2$	鉄骨ブレースの設置 耐震壁の設置	前 後 x方向 0.48 → 0.71 y方向 0.86 → 0.85	4億5465万8千円 8ヶ月×1年
	静岡県 静岡市立 賤機中学校	S52築 RC造4階建て 延床3,656 $m^2$	鉄骨ブレースの設置 耐震壁の設置	前 後 x方向 0.57 → 1.19 y方向 1.30 → 1.30	1億5024万8千円 6ヶ月×1年
体育館	東京都 大田区立 新宿小学校	S48築 RS造1階建て 延床614 $m^2$	屋根面ブレースの設置 鉄骨ブレースの設置	前 後 x方向 1.11 → 1.11 y方向 0.56 → 1.21	1357万7千円 6ヶ月×1年
	高知県 高知市立 城東中学校	S39築 S造2階建て 延床903 $m^2$	外付鉄骨水平トラスの設置	前 後 x方向 0.18 → 1.01 y方向 0.18 → 0.82	3612万円9千円 3ヶ月×1年

※ 事業費については、耐震補強工事以外も含んだ全体工事費

#### 記号の説明

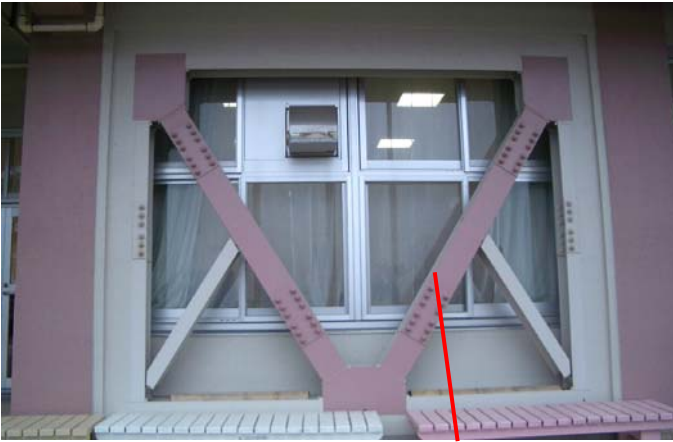
R(RC): 鉄筋コンクリート造

S : 鉄骨造

RS : 屋内運動場において下層部がRC, 上層部がSの構造

# 鉄骨ブレース・耐震壁による建物の補強

## ■補強後写真



鉄骨ブレース



耐震壁の設置

## ■事業概要

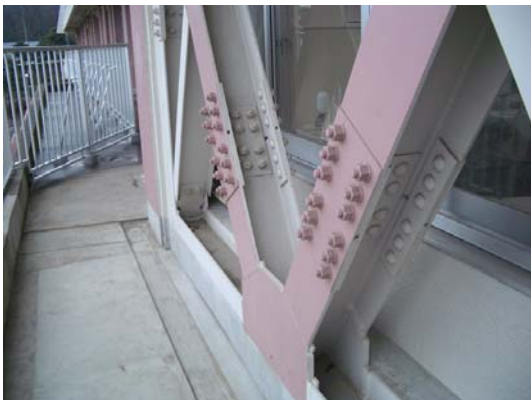
工事期間	平成 15 年 4 月～ 平成 15 年 11 月 (約 8 ヶ月)
全体工事費	454,650 千円
補強部分 概算工事費	鉄骨ブレース 9,000 千円/32 m <sup>2</sup> RC 壁増設 6,000 千円/30 m <sup>2</sup>
Is 値 補強前→補強後	Isx=0.48 → Isx=0.71 Isy=0.86 → Isy=0.85

## ■耐震補強工法の概要

本校舎は RC 構造 4 階建であり、梁間方向は 7.2m、3.2m の 2 スパン、桁方向は 4.25m の 1 4 スパンの一文字型校舎である。

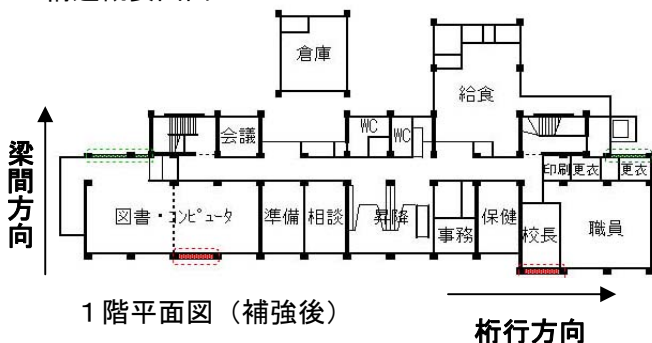
梁間方向には教室を区切る位置に耐震壁が多く設けられ、これにより全階で必要な耐震性が確保されている。これに対して桁行き方向は、耐震壁が少なく、かつ、せん断破壊型の柱が多く存在し、強度および靱性が不足し、1・2 階で安全性上必要な耐震性を有していないと判断された。診断された桁行き方向 1・2 階の Is 値は、それぞれ 0.52、0.48 である。

耐震補強は、桁行き方向 1・2 階の Is 値が目標 Is である 0.7 を上回ることを目指して行われた。強度上昇型の耐震性向上を目的に、採光の必要な南側構面に鉄骨ブレースを各階 2 枚、また、北側構面には RC 耐震壁を各階に 2 枚配している。鉄骨ブレースは南側運動場から見る事が出来るが、バランスよく配置されているため違和感なく校舎にとけ込み、見る者に安心感を与えている。

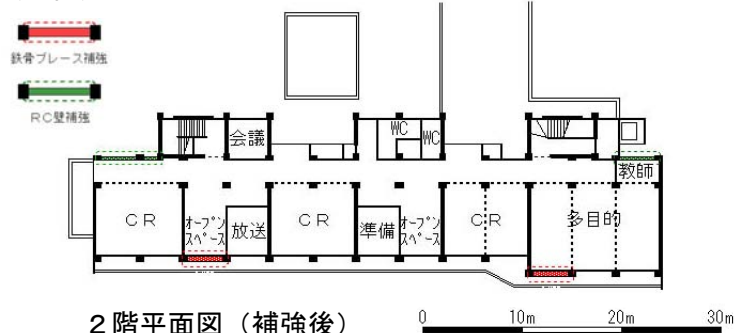


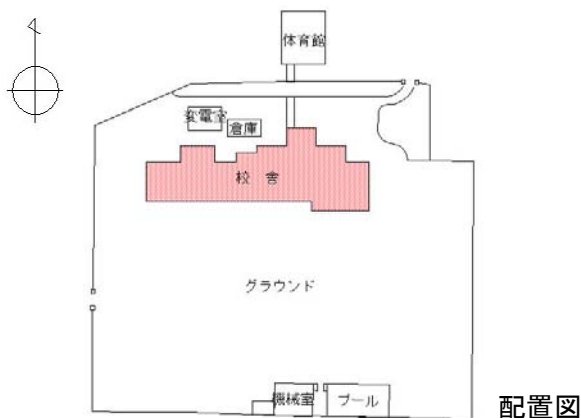
鉄骨ブレース補強詳細写真

## ■構造概要図面



(凡例)





### ■施設の概要

白井第二小学校は昭和52年3月に従来の木造校舎から鉄筋コンクリート校舎に建て替えられた。そして平成15年9月に耐震補強工事と同時に以下のような改修が行われて完成した。

- ・1階の普通教室を図書・コンピュータ室に改造し地域開放のため、専用の玄関を設けた。
- ・従来2階にあった職員室を1階に移すと同時に、昇降口横に事務室を設け児童への配慮、校内の安全確保を図った。
- ・廊下と教室の壁を可動間仕切りにしてオープン教室化に対応した。
- ・2階は低学年の教室を集約し、特別教室を多目的室に改修し、全体授業や少人数学習スペース、食堂等に利用出来るようにした。
- ・3階は高学年の教室を集約し、4階に集約された特別教室との連携を考慮し、従来の理科室を多目的室に改修し児童会室や更衣室、相談室として利用出来るようにした。

### ■計画のポイント

学級数減少により、校舎保有面積は6学級新設校に匹敵する。学年単学級校であり、それぞれのクラスルームの間にオープンスペースを挟むことができた。機能的には新設校に遜色ない。改造に際し室配置の入れ替えが行われ、1階は地域に開放する室及び管理諸室が配置され、階別に明快なゾーニングがなされている。バリアフリー対応も含め、内装・設備は一新されている。耐震補強壁は普通教室を避けて巧みに配置している。周到な設計・工事計画及び学校の年間計画の調整により、学校運営への影響がほとんどなく事業を成し遂げている。



# 外付け鉄骨ブレース・耐震壁による建物の補強



補強後（外観）

外付鉄骨ブレース



補強前（外観）

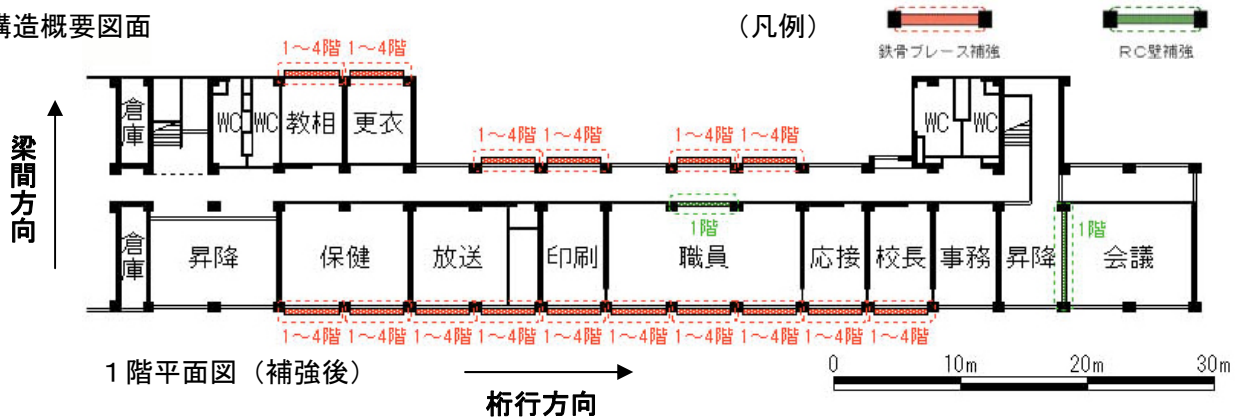
## ■事業概要

工事期間	平成 15 年 6 月～ 平成 16 年 1 月（約 6 ヶ月）
全体工事費	150,248 千円
補強部分 概算工事費	鉄骨ブレース 4,500 千円/ヶ所 RC壁増設 2,000 千円/ヶ所
Is 値 補強前→補強後	Isx=0.57 → Isx=1.19 Isy=1.30 → Isy=1.30

## ■耐震補強工法の概要

校舎の補強は外付鉄骨ブレース補強と鉄筋コンクリート造耐震壁補強を採用し、また建物の重量を軽減するため屋上の軽量化を行っている。補強箇所数は外付鉄骨ブレース補強が 32 構面、鉄筋コンクリート造耐震壁補強が 2 構面となっている。

## ■構造概要図面



## ■施設の状況

賤機中学校は昭和 29 年に開校され、昭和 51 年から 56 年にかけて順次鉄筋コンクリート化が図られてきた学校である。校舎敷地と屋外運動場敷地とでかなりの高低差があり、校舎群は南北方向に長い一文字型の 4 階建てで比較的狭い敷地の高台に立地している。

耐震補強工事は静岡市が策定した学校施設の耐震化計画により平成 15 年度に実施されている。



補強後（外観）



補強後（詳細）



補強後（内観）

### ■計画のポイント

学校建物の耐震改修は静岡市の方針で、「採光、通風が阻害されないように鉄骨内付けブレースを分散配置する。また、仮設校舎を設置せず余裕教室を活用する。」ことを原則としている。しかし、本校では余裕教室等を活用した普通教室の準備ができないことから工事中でも校舎が使える「外側枠付き鉄骨ブレース工法」を採用している。同工法の設計は、既存鉄筋コンクリート造建築物の「外側耐震改修マニュアル」－枠付き鉄骨ブレースによる補強（発行：財団法人日本建築防災協会発行（2002年））によっている。

補強量がかなり多いようであるが、文部科学省では構造耐震判定指標 Iso を0.7としていることに対して静岡県では大規模地震対策特別措置法に基づく地震防災強化地域に指定されていることから独自の基準をもっているためである。

外側枠付き鉄骨ブレースの配置は、補強部材のバランスを考慮して東面、西面とも校舎中央を軸としてほぼ南北に、1階から4階まで配置されている。

工事は、音の出るアンカー打設工事などを夏期休暇中に完了して、夏期休暇が終わる頃には建て方などあまり音の出ない工事を行っている。このことにより工事中でも授業が行え、建て方などの騒音は授業の妨げにはならなかったとのことである。また、耐震改修に伴う校舎内部の工事がなかったことから工期にも割合余裕ができたとのことである。

校庭の使用に際しては、校舎東側に仮囲いを設け工事範囲を明確にし、生徒、工事関係の動線を確認にすることで、校庭は支障なく使用出来たとのことである。

ブレースなど鉄骨部材には錆止め塗装の上からシリコン樹脂を塗布している。現在は工事完了から2年程度しか経過していないので問題はないが、今後の錆などについての保全計画を立てておくことが望ましい。

本工法は余裕教室がなく、仮設校舎も設置しない計画の場合は有効な工法である。

参考までに本工法を採用するに当たっての主な留意事項は次の事項であろう。

1. 建て方に際しての敷地の確保。
2. 既存建物のコンクリート圧縮強度が 18N/mm<sup>2</sup> 以上あること。
3. 後施工アンカーなどの入念な施工を行うこと。（どの工法でも同様であるが）
4. 補強部材の基礎周りの配慮
5. 直交方向に耐震壁が配置されていること。
6. 内付けブレース工法に比べ少し余裕を持って設計すること。

# 屋根面ブレース・鉄骨ブレースによる建物の補強

## ■補強後写真



屋根面ブレース



鉄骨ブレース

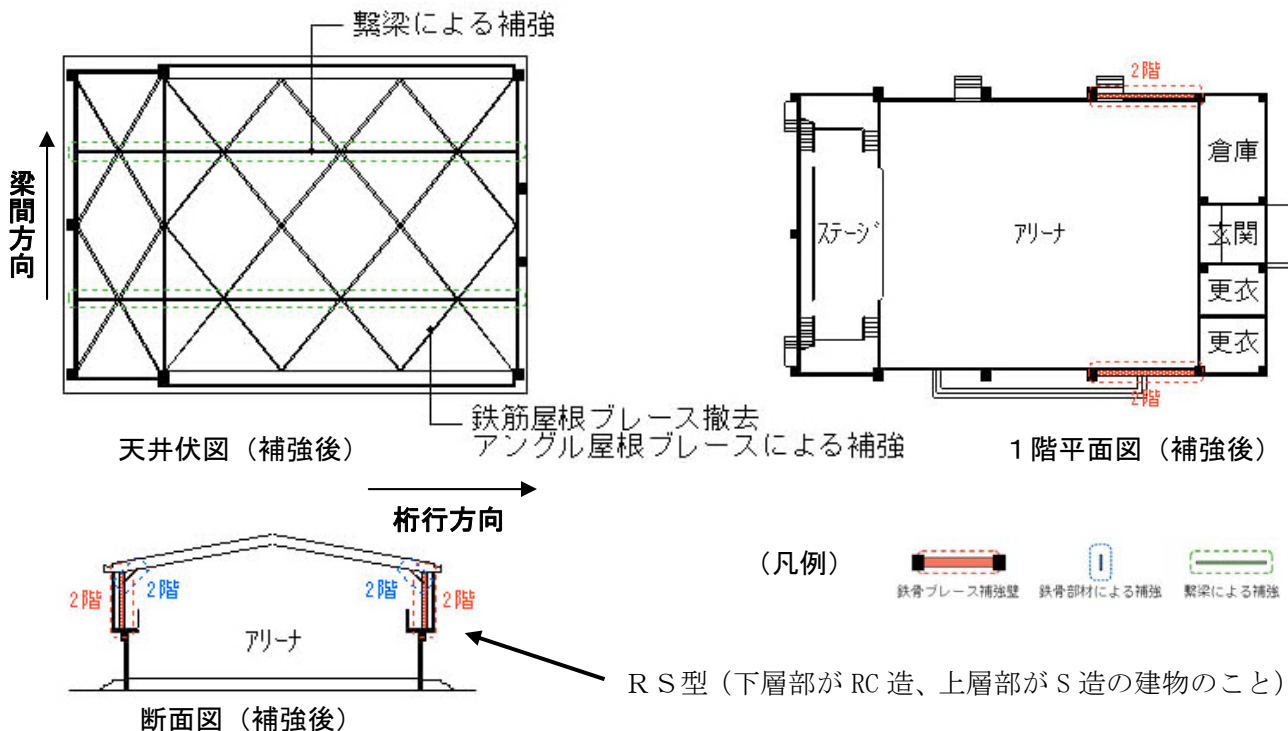
## ■事業概要

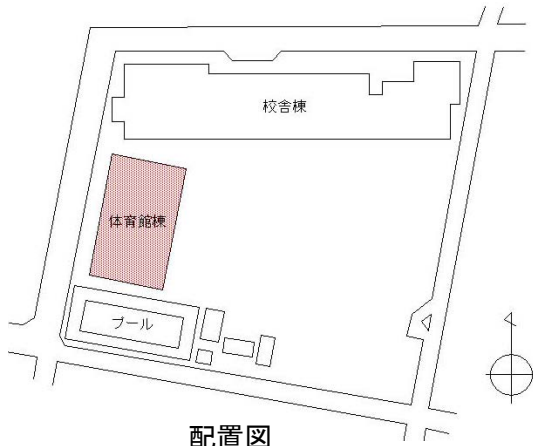
工事期間	平成 12 年 6 月～ 平成 12 年 11 月 (約 6 ヶ月)
全体工事費	13,577 千円
補強部分 概算工事費	鉄骨ブレース造 16 千円/m <sup>2</sup>
Is 値 補強前→補強後	Isx=1.11 → Isx=1.11 Isy=0.56 → Isy=1.21

## ■耐震補強工法の概要

新宿小学校における体育館の補強方法は屋根面の剛性性能を高めるための屋根面ブレースの全面補強と桁行き方向の耐震性を確保するための枠付K型ブレース 2 箇所、及び柱と大梁の仕口部にプレートを用いたリブによる補強工法を採用している。

## ■構造概要図面





配置図

■施設の状況

新宿小学校は昭和8年に東京市蒲田新宿小学校として創立され、昭和20年に戦災により全焼。翌21年3月に廃校となったが昭和28年に大田区立新宿小学校として開校された。

施設は当時木造校舎であったが昭和46年から48年にかけて校舎、体育館は翌49年に順次不燃化された、学級数11クラス、児童数288名の学校である。体育館の耐震補強工事は、大田区の地震防災緊急五カ年計画に基づき、校舎と併せて平成12年度に実施された。

■計画のポイント

下層部がRC造、上層部がS造という小中学校の標準的な構造の体育館である。

補強は屋根面での荷重伝達を可能とするための水平ブレースの全面掛け替え、桁行きの2階部分の耐力不足を鉄骨H型鋼のK型ブレース（上枠と下枠付き）で補強している。この補強方法は一般的である。

梁間方向の柱梁接合部の補強は、柱梁接合部と柱頭部に設けられた柱溶接継手の溶接が不十分との判断から柱梁のコーナー部分にリブプレート（リブプレート）を設けて補強している。このリブプレートによる補強は、柱溶接継手部分をまたいで梁下フランジに高力ボルト接合されており、柱梁接合部と柱溶接継手の溶接部のふたつの弱点を同時に補っている。



屋根面ブレース  
詳細



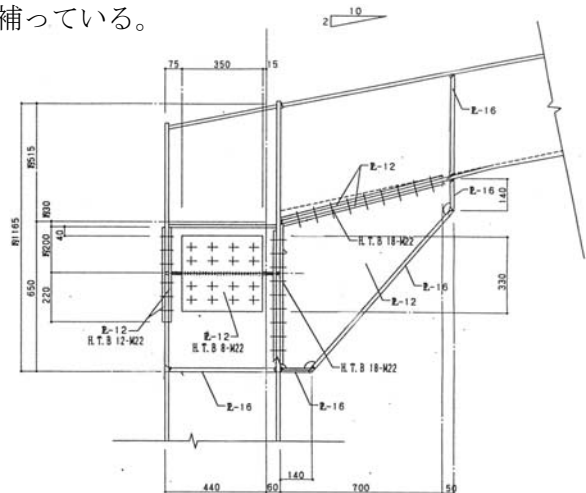
鉄骨ブレース  
詳細1



鉄骨ブレース  
詳細2



柱、梁仕口部のリブプレートによる補強



柱頭部詳細図

# 外付け鉄骨水平トラスによる建物の補強

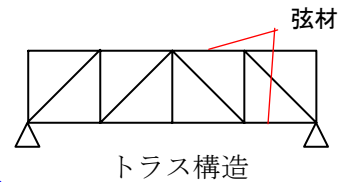


補強後（外観）

外付け鉄骨水平トラス

## トラス

部材を三角形に組み合わせてできる構造体のこと



補強前（外観）



## ■事業概要

工事期間	平成 12 年 6 月～ 平成 12 年 9 月（約 3 ヶ月）
全体工事費	36,129 千円
補強部分 概算工事費	外付け鉄骨水平トラス 220 千円/m
Is 値 補強前→補強後	Isx=0.18 → Isx=1.01 Isy=0.18 → Isy=0.82

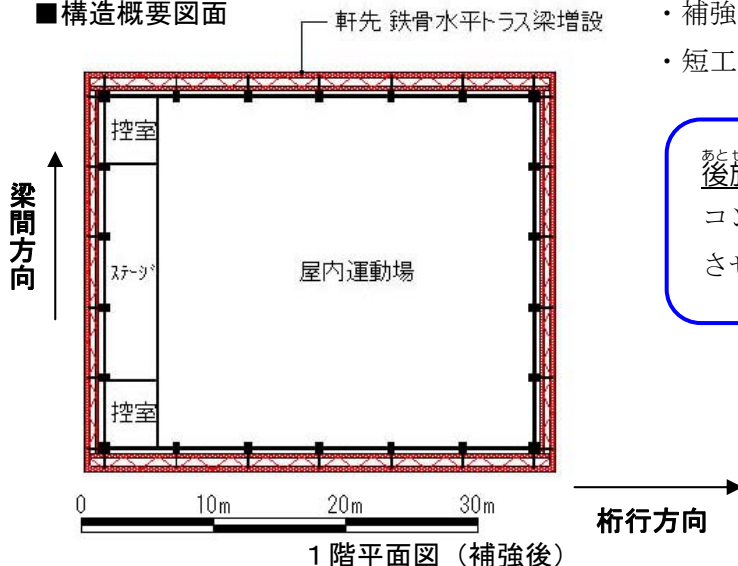
## ■耐震補強工法の概要

外付け工法による補強である。既存の柱、梁はそのままとして、軒の高さに水平構面を付加し外周構面に面外耐力を持たせている。水平構面はH型钢の弦材とパイプラチスによりトラスを組み、既存躯体との接合には、後施工アンカーを採用した。また鉄骨部材と、既存躯体との空隙部には無収縮モルタルを圧入している。

（工法選定理由）

- ・外付け工法で、建物内部をいじらない為、費用を少なくすることができる。（外観はデザイン的に配慮した。）
- ・補強工事により室内空間が損なわれない。
- ・短工期である。

## ■構造概要図面

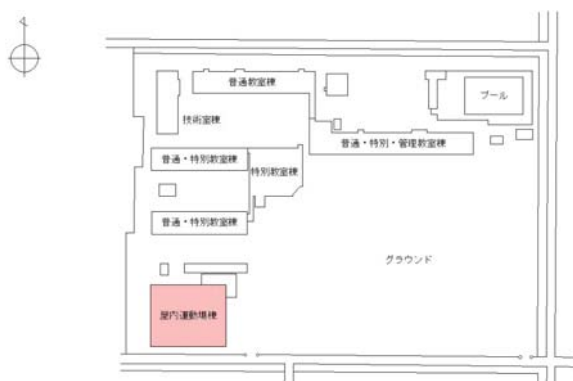


1階平面図（補強後）

## あとまこう 後施工アンカー

コンクリートに穴をあけ、その中にボルトを定着させる形式のアンカー。





配置図



鉄骨建方



補強後（詳細）

### ■施設の状況

昭和39年に建設された屋内体育館で平成7年の阪神淡路大震災を契機として平成8年以降古い順に耐震補強工事を実施してきた建物の1つである。

本建物は平成12年6月～9月の工期で工事は夏休み中の2ヶ月間で行った。

### ■補強計画について

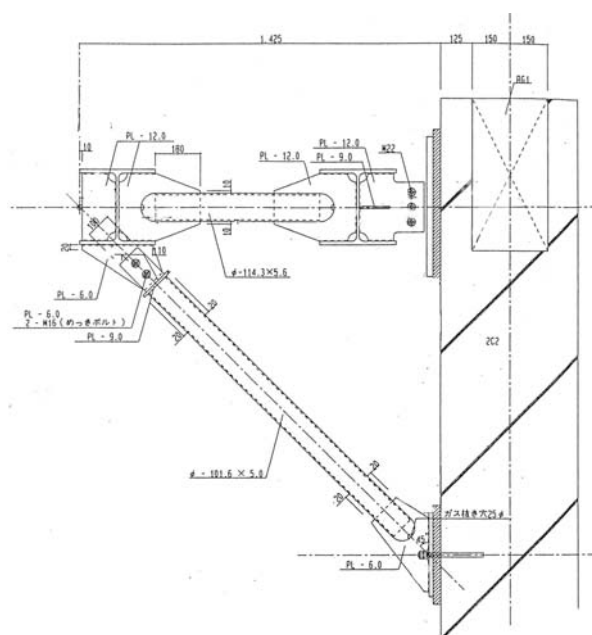
鉄筋コンクリート造軸組の上に鉄骨造屋根がのった体育館である。

小中学校の体育館としては珍しいと思われるが屋根は鋼管による単層ラチスシェルで構成されている。

このタイプは鉄筋コンクリート造軸組であるため体育館のわりには重量が大きく、軸面の面外ゆれや鉄骨と鉄筋コンクリート部分の取り合いが問題となることが多い。この事例では鉄筋コンクリート軸組の面外対策を、軒位置に鉄骨造水平構面を回す（箍をはめる）補強により行っている。

また水平構面の色調は、隣接建物との調和を配慮して決められたとのことであった。

外部からの施工が主となるが、適用に際しては鉄骨の揚重や耐候性対策に十分に留意する必要がある。



接合部詳細図