

ＳＣＳ版を屋根に使用した体育館の耐震診断・耐震補強

平成２４年３月

兵庫県建築構造技術研究会

ＳＣＳ耐震補強研究部会

目 次

はじめに	頁
ＳＣＳ耐震補強研究部会 編成メンバー	
ＳＣＳ耐震補強研究部会 開催記録	
 [Ⅰ] ＳＣＳ版を屋根に使用した既存体育館の構造設計	 1～2
1. 1) 長期荷重時	
1. 2) 地震荷重時	
1. 3) ＳＣＳ版と下部構造との接合	
1. 4) ＳＣＳ版の跳ね出し長さ	
 [Ⅱ] ＳＣＳ版を屋根に使用した既存体育館の耐震診断	 3～8
2. 1) 基本方針	
2. 2) 接合部の構造耐震指標	
2. 3) 架構の構造耐震指標	
2. 4) 総合評価	
 [Ⅲ] ＳＣＳ版を屋根に使用した既存体育館の耐震補強	 9～12
3. 1) 耐震補強の方針	
3. 2) 耐震補強の目標値	
3. 3) 耐震補強の方法	
(1) 接合部の耐震補強	
(2) 架構の耐震補強	
(3) その他の補強	
3. 4) 現地調査	
 [Ⅳ] 耐震補強の設計施工例	 13～33
4. 1) 設計施工例 アンカーボルトの増設による接合部耐力の確保	
4. 2) 設計施工例 補強トラスによる屋根面剛性の確保	
4. 3) 設計施工例 既設スラブ補強による屋根面剛性の確保	
4. 4) 設計施工例 版相互接合（＋落下防止金物）による屋根面剛性の確保	
4. 5) 設計施工例 バットレス補強による地震力の下層耐震壁架構への伝達	
4. 6) 設計計算例 ＳＣＳ版－受け枕梁接合部の落下防止金物計算例	
 [Ⅴ] 阪神・淡路大震災および東日本大震災における被害調査	 34～47
5. 1) 阪神・淡路大震災における伊丹市 9 校の体育館の調査結果	
5. 2) 東日本大震災における調査結果	
(1) 地震動による被害状況	

(2) 津波による被害状況

添付資料

48～61

- 添1 接合部詳細
- 添2 接合部（ボルト・パイプアンカー）の水平耐力試験結果
- 添3 SCS版と下部構造との接合方法について
フドウ建研(株)昭和52年当時の「社内規定」
- 添4 SCS版を屋根に使用した既存建物の構造設計内容について
- 添5 現地調査シート
- 添6 <JCI, '0.7・8・1 シンポジウム（於：日大）資料>－地盤との共振性－

あとがき

※〔Ⅱ〕〔Ⅲ〕の部分は、文部省委託調査研究により、(社)日本建築学会 学校建築委員会特殊構造小委員会で平成9年3月にまとめられた「文教施設の耐震性能等に関する調査研究 報告書」の内容に添って要約したものを記載した。

はじめに

阪神・淡路大震災から16年が経過した現在、学校施設の耐震診断・耐震補強設計は国の最重点課題として政府および地方自治体等で取り組まれている。SCS版を屋根に使用した体育館についてもその例外ではない。SCS版を使用した建築物の施工実績は全国で約2,000棟建設されており、その内体育館は約1,000棟あるが、その耐震診断および補強設計の実施率は正確には把握されていない。しかし、それらの一刻も早い耐震化工事の実施が望まれる。

阪神・淡路大震災後、文部省（当時、現在の文部科学省）の委託を受け、(社)日本建築学会 学校建築委員会の中に特殊構造小委員会が設けられ、「SCS版を屋根に使用した体育館の耐震診断と耐震補強の方法」が検討された。その成果は、平成9年3月「文教施設の耐震性能等に関する調査研究 報告書」として発表され、現在に至るまで同報告書で定められた基準に従って、SCS版を使用した体育館の耐震診断および耐震補強が実施されている。

本資料は、[Ⅱ]章および[Ⅲ]章に、上記「報告書」を転記、あるいは一部内容の要約を記載してあるが、今回の東日本大震災の調査結果も踏まえ、またSCS版の建築に関する技術の展開等も考慮して、同「報告書」に補足的な解説を加えて作成したものである。さらに巻末には、耐震補強例を補強項目ごとに作成した資料も添付してあるが、これらのうち4.1)～4.5)の設計施工例は、実際に施工されたものである。

本資料が、役所等の発注担当者、それに対する耐震診断補強業務実施者等の耐震診断、耐震補強設計に於いて、これら実務者の参考資料として役立つよう願うものである。

[参考]: 補足

1) **PC建築の耐震性**: 過去の大地震時のPC建築物の被害状況は、日本建築学会が行なった調査報告書によれば、PC構造の被害は数百件のうち数例あった程度で、それもRC架構、あるいはRC柱が主原因であったと報告されている。このうちの2,3例がSCS版屋根の建物であるが、RC架構の大変位とその枕梁へのかかり不足が原因であったようで、このSCS版そのものが原因ではなかった。従って、RC架構の変位制御、およびその枕梁へのかかりを十分取れば、SCS版屋根構造の建物の耐震安全性はほぼ得られると考えて良いであろう。

一般にPC構造は、“高復元性”の故に地震後はひび割れも閉じた状態となっていたものが殆どであった。

2) **共振性の検討**: 通常建物の共振性は殆ど検討されていないが、地震動に対する耐振性は、この共振性がその入口であるともいえる。

SCS版屋根建築では、不静定次数が低くこの影響は受けやすいとも考えられるので、この検討をしておくことが望まれる。特に、これによる屋根は完全な剛床ではなく、また桁行き方向が大の場合は、妻側フレームを両端支持とする水平振動が生じる可能性もあるので、この点の注意も必要であろう。また、構造物が塑性域に入ると一般に危険側になる、と判断されがちであるが、この共振性の観点からすれば、必ずしもそうではない事を「添付資料6」に示した(p.61 参照)。

(大阪大学名誉教授 鈴木計夫)

S C S 耐震補強研究部会 編成メンバー

部会長	石本 泰宏	(株)黒田建築設計事務所
参加会員	井上 省三	省成設計事務所
	小城 修	元(株)神戸製鋼所
	小西 龍機	(株)小西建築設計事務所
	鈴木 計夫	大阪大学名誉教授
	土居 健二	(株)山田建築構造事務所
	三谷 勲	神戸大学名誉教授
	山田 正人	(株)エーアンドディー設計企画
臨時協力会員	河村 廣	神戸大学名誉教授
協力委員	坂田 博史	(株)建研
	武貞 健二	明石工業高等専門学校 非常勤講師
資料作成協力	松本 孝雄	(株)建研

S C S 耐震補強研究部会 開催記録

シルバークール耐震補強研究部会活動報告 2009. 8～2011. 5

はじまりは： 三谷先生の部会にて研究されたらどうですか・・・(鈴木先生)の一言でした。

- 1回目 2009.8.20 出席者：三谷，石本，土居，坂田，山田，井上，小西，小城
13:00～15:00 は共通 メーカーによる歴史の紹介 学会地震被害報告事例紹介
- 2回目 2009.9.17 出席者：三谷，石本，土居，坂田，山田，井上，小西，小城
1回目の続き 鈴木先生の初参加 補強事例の紹介
- 3回目 2009.10.20 出席者：鈴木，石本，土居，坂田，山田，井上，小西，小城
研究部会の方向性を討議
被害事例は，施工不備による事故 外部にアピールできるようなものを，まとめてはどうかの提案があった。
被害の実態解明の道筋を明らかにしたい。
- 4回目 2009.11.25 出席者：三谷，石本，鈴木，土居，坂田，井上，小城
コストを考えたうえで，どのような補強が良いのか具体的に知りたがっているので事例を報告する。

- 5 回目 2010.1.29 出席者：三谷，石本，土居，坂田，井上，小城
補強案の一つとして，建物水平トラス補強や既設片持ちスラブ最外縁に鉄板を張り付ける補強などが，事例としてある。
何れも，大きな耐力を有する妻壁へ荷重伝達可能かどうかの確認作業が重要になることが判明した。
- 6 回目 2010.3.31 出席者：三谷，井上，河村，石本，坂田，土居，井上，小西，小城
河村先生より，内陸性地震の断層近傍では周期 1～2 秒の速度パルス波が観測されるため，固有周期の観点からも補強法を考えることが必要（共振域から建物の固有周期を外す事が重要）と提案あり。
- 7 回目 2010.5.7 出席者：三谷，井上，鈴木，山田，石本，小西，小城
シルバークール実施設計状況は，(株)建研としては，構造設計者の指示に従うしかなかった。いわば，構造設計者の直観力に支えられたといえるだろう。5～6 回までの議論の域を出ないままであった。
- 8 回目 2010.7.2 出席者：三谷，鈴木，山田，石本，小西，井上，小城，土居，坂田，武貞
武貞委員の参加をいただいた。
山田会員より，補強実施例の報告があった。
武貞先生より，最近の評価委員会による，体育館の解析手法の状況について説明があった。
- 9 回目 2010.9.3 出席者：三谷，鈴木，山田，石本，井上，小城，土居，坂田
枕梁の端部でのせん断破壊が著しいと考えられる。
補強案の方向性として，新たにプレストレスの導入や，版同士を接合し剛性を確保する考えを採用したり，中間柱の梁間方向の剛性を高め庇や枕梁を連続梁に見立てて解析する方法も考えられる。
竣工案件の現場見学会の機会を設けたい。
- 10 回目 2010.11.4 出席者：三谷，鈴木，山田，石本，井上，小城，土居，坂田，小西
補強方法についての大つかみの考え方を整理する。
版同士を接合した事例の審査議事録を入手し参考とする試みがあった。
- 11 回目 2011.1.28 出席者：三谷，鈴木，山田，石本，井上，小城，土居，坂田，小西
鈴木先生より耐震性・耐震対策報告書の目次案が提案された。

12 回目 2011.3.25 出席者：三谷，鈴木，山田，石本，井上，小城，土居，坂田，小西，
西脇

土居会員より，報告集原案の提示があった。あと 1，2 回にて
まとめるように提案があった。

補足

「シルバークール版屋根を持つ建物の歴史と補強法についての大まかな概説」
ドイツにて開発され，1965 年に日本にて販売された経緯を持つ屋根工法である。
鉄骨の屋根に比べてコンクリートであるため，重量負担が大きいので耐震補強方法として
補強そのものも安価で，撤去工事の少ない確立したものがないのが実情である。

補強事例としては，① 水平鉄骨トラスを増設し，妻壁まで地震力を流す方法
(外部の場合は，仕上げ撤去が，少なく済む)
② 版相互を接合金物にて，結合し全体剛床を確保させる方法。
③ 既設片持ちスラブにて，妻壁まで地震力を流し，かつ
版と枕梁との接合アンカーを増設する方法。

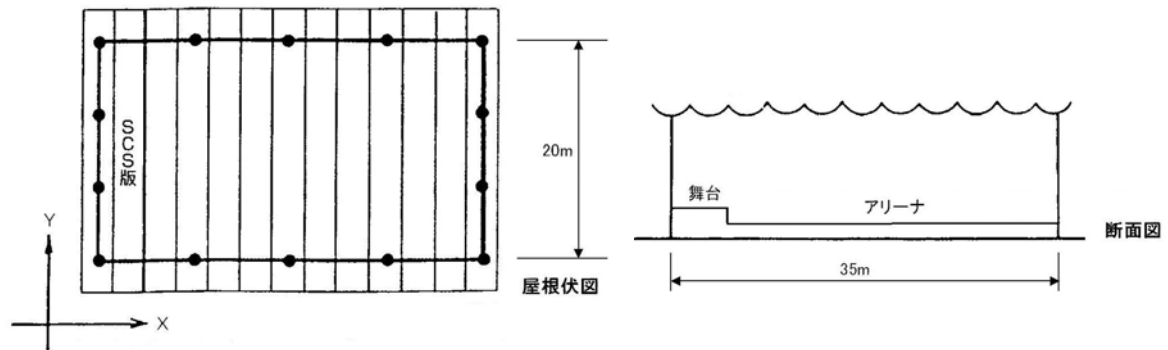
等がある。

参考文献

- ①文部省委託調査研究 文教施設の耐震性能等に関する調査研究 報告書 平成 9 年 3 月
(社)日本建築学会 学校建築委員会特殊構造小委員会
- ②1995 年兵庫県南部地震 プレストレストコンクリート造建物被害調査報告書 1996 年 7 月
日本建築学会プレストレストコンクリート構造運営委員会 地震被害調査ワーキンググループ
- ③平成 7 年 兵庫県南部地震 (SCS) 調査表 平成 7 年 2 月
フドウ建研(株) 大阪支店
- ④シルバークール工法技術資料 1989 年 5 月
フドウ建研(株)
- ⑤東日本大震災 PC 構造物災害調査報告書 平成 23 年 12 月
(社)プレストレストコンクリート技術協会

[I] S C S 版を屋根に使用した既存体育館の構造設計

S C S 版を使用した体育館の長期荷重および地震荷重に対する構造設計の概要を以下に記す。図－１に S C S 版使用の一般的な体育館の屋根伏図と断面図を示す。



図－１ S C S 版使用の一般的な体育館

1. 1) 長期荷重時

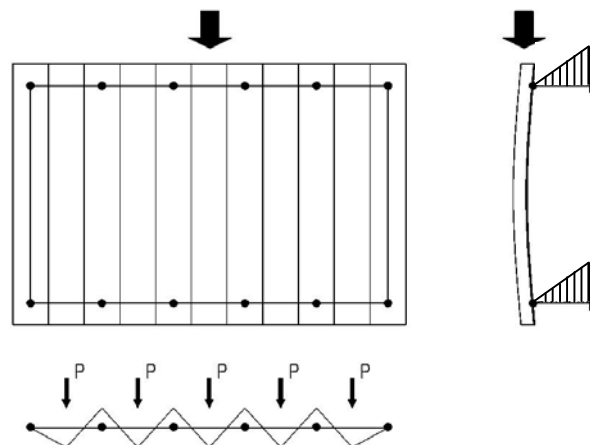
(1) S C S 版自重は、水平投影面積あたり 2500 N/m^2 で、屋根荷重としては防水および天井吹付材等の仕上げ荷重 (通常 $200 \sim 300 \text{ N/m}^2$) を考慮して設計している。積載荷重は一般的には考慮していない。

(2) S C S 版と下部構造との接合方法は両端ピン接合としている。したがって、S C S 版自身の設計は単純梁として設計し、大スパン ($10 \text{ m} \sim 24 \text{ m}$) に対応するため、工場緊張によるプレテンション方式のプレストレストコンクリート構造としている。

1. 2) 地震荷重時

一般的に S C S 版には版相互接合が施されておらず、屋根面の平面剛性は確保されていない。したがって、屋根面に負荷される水平力は桁梁の面外抵抗により隣接柱又は水平力抵抗構面に伝達される必要がある。すなわち、地震時に桁梁は垂直方向の屋根自重を支えると同時に屋根荷重による水平方向地震力を伝達する必要がある。

また、柱頭部と S C S 版の接合はピン接合としているため、梁から伝達されたスパン方向地震時水平力に対し柱は柱頭ピン、柱脚固定の片持ち柱として設計している。図－２に柱・梁の地震荷重による応力図を示す。



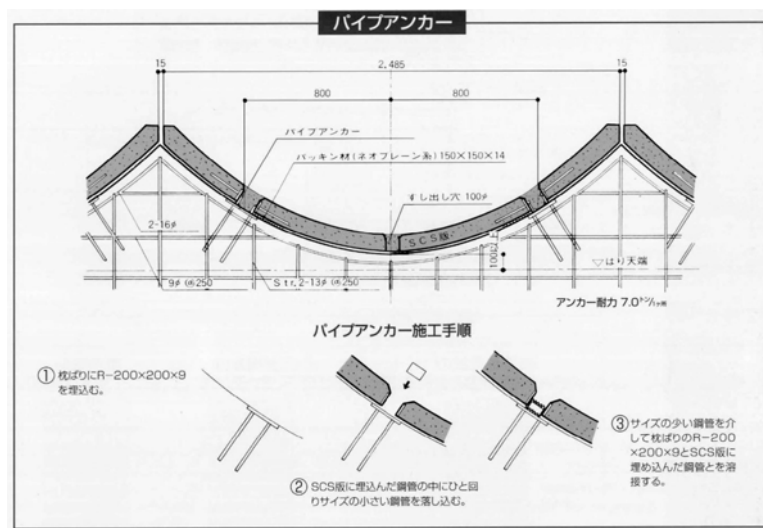
図－２ 地震時の柱・梁に発生する応力図 (模式図)

1. 3) SCS版と下部構造との接合

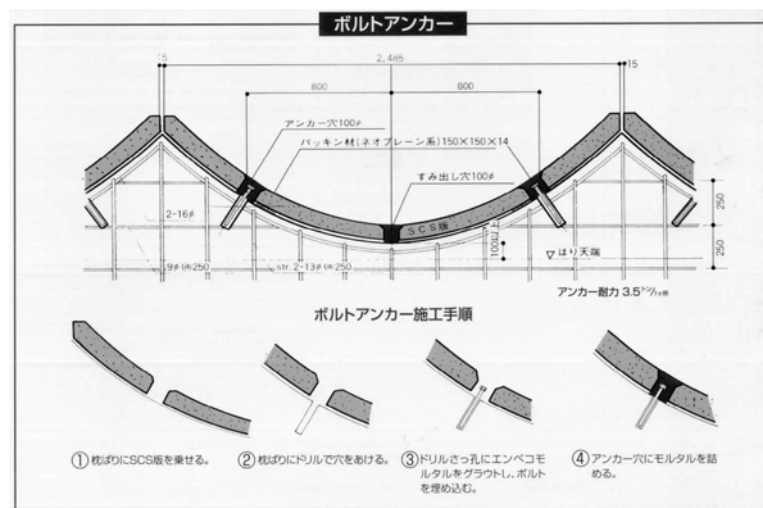
SCS版と下部構造との接合方式にはパイプアンカー方式（図－3 A）とボルトアンカー方式（図－3 B）の二種類がある。通常は片側ボルトアンカー，反対側ボルトアンカーまたはパイプアンカーとしている。これは，温度変化によるSCS版の経年的な伸び縮み（夏場と冬場の温度差50℃，版長20mと仮定した場合 $\Delta L \approx 1.0\text{cm}$ ）を比較的変形能力のある（耐力はあるが剛性が比較的小さい）ボルトアンカー部で吸収し，年間の温度変化による下部構造への影響を最小にしようと意図したものである。パイプアンカーおよびボルトアンカーの納まり図をそれぞれ図－3 A・図－3 Bに，また，その接合部詳細を「添付資料1」に示す（p.48～p.49 参照）。

1. 4) SCS版の跳ね出し長さ

SCS版の跳ね出し長さは40cm以上を原則としているが，納まり上跳ね出し長さが40cm未満になる場合やSCS版を傾斜して使用する場合はSCS版と下部構造との接合にパイプアンカーを使用している。SCS版の跳ね出し長さアンカー型式についてフドウ建研(株)昭和52年当時の「社内規定」を「添付資料3」に示す（p.56～p.57 参照）。



図－3 A パイプアンカー方式



図－3 B ボルトアンカー方式

〔Ⅱ〕 SCS版を屋根に使用した既存体育館の耐震診断

2. 1) 基本方針

以下は平成8年度に文部省が(社)日本建築学会に委嘱した「文教施設の耐震性能等に関する調査研究 報告書」の内容に添って要約して記したものである。

SCS版は相互に緊結されていない場合が多い。したがって、屋根版間では水平力の伝達が期待できない。ただし、直交方向の梁またはスラブによってある程度水平力の伝達が期待できる場合もある。すなわち、屋根面の剛床仮定が成立しないので通常の鉄筋コンクリート建築物のような鉛直部材の強度(C値)と靱性(F値)を掛け合わせて合算し、層としての耐震性能を総合的に評価する($E_0 = \Sigma C \times F$)考え方は適用できない。

したがって、前述の「文教施設の耐震性能等に関する調査研究 報告書」では本構造に適用可能でかつ既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準との整合性のある耐震診断法が提案されている。

すなわち、鉛直部材(架構)と、SCS版と鉛直部材との接合部が破壊する場合の耐震指標を独立に評価し両者を総合した総合評価で診断する方法で、図-4にそのフローを示す。

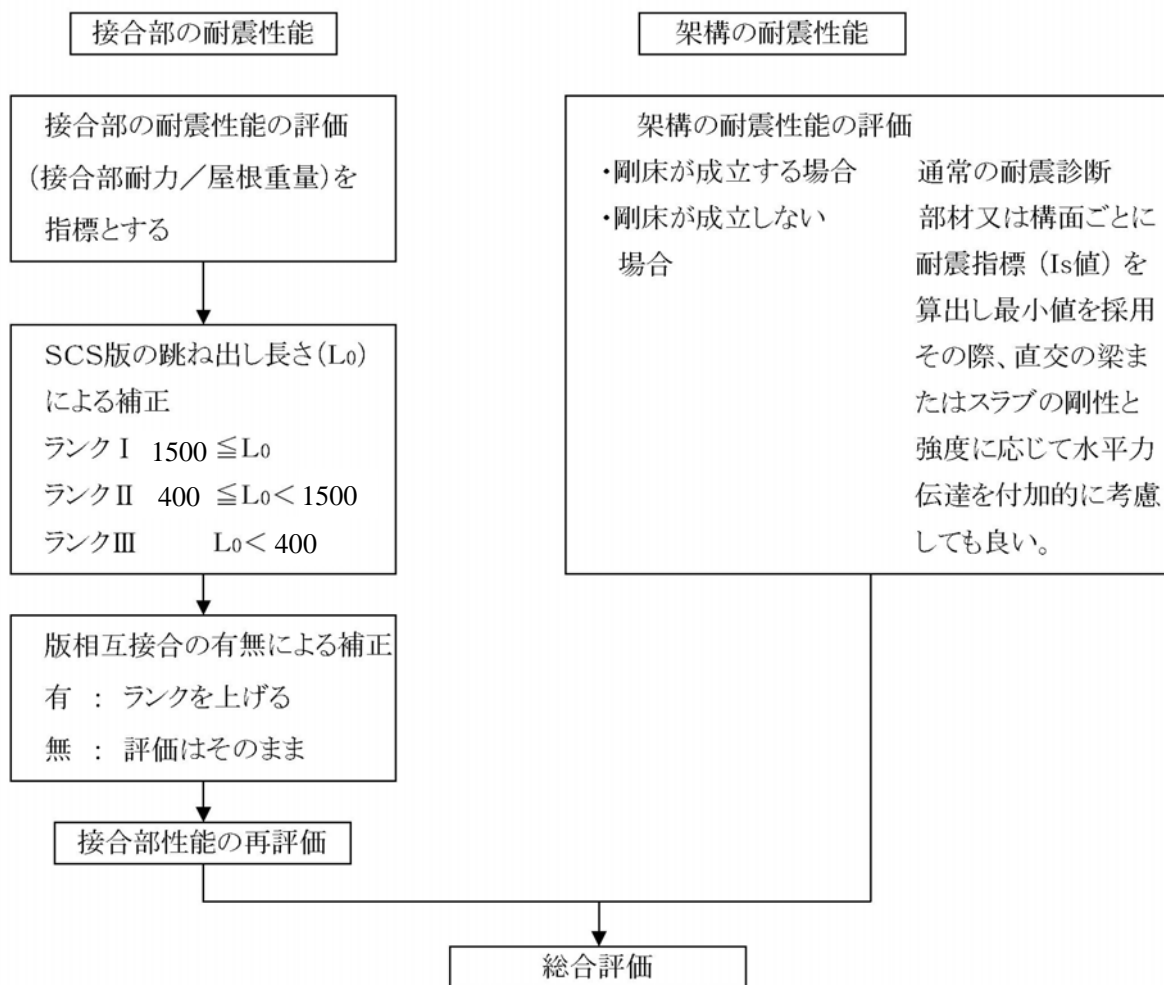


図-4 SCS版を屋根に使用した建物の診断フロー

2. 2) 接合部の構造耐震指標

接合部の耐震性能は（接合部のせん断耐力／屋根重量）を指標にする。その際、跳ね出し長さ、屋根版相互の接合状況に応じて耐震性能を補正する。

（１） 接合部耐力による基本ランク

接合部耐力の基本ランクは屋根版重量に対する比で定義し以下による。

MA : （接合部耐力／屋根版重量）が 2. 0 以上の場合

MB : （接合部耐力／屋根版重量）が 1. 5 以上 2. 0 未満の場合

MC : （接合部耐力／屋根版重量）が 1. 0 以上 1. 5 未満の場合

MD : （接合部耐力／屋根版重量）が 0. 7 5 以上 1. 0 未満の場合

（２） 接合部耐力の評価

接合部耐力は特別な検討によらない場合以下の数値とする。ただし、枕梁の幅が 2 5 0 mm に満たない場合や、枕梁部コンクリートの劣化が著しい場合を除く。

ボルトアンカーの耐力

- ① ボルトアンカー 1 本当たり最大せん断耐力は 3 4. 3 kN とする。

ただし、アンカーの径 1 9 mm 以上、埋め込み長さが 1 5 0 mm 以上、枕梁コンクリート強度の調査結果が 1 7. 6 N/mm² 以上とする。

- ② アンカー径が 1 9 mm 未満、埋め込み長さが 1 5 0 mm 未満の場合、ボルト耐力を無視する。

- ③ コンクリート強度の調査結果が 1 7. 6 N/mm² 未満の場合、1 7. 6 N/mm² に対する調査したコンクリート強度の比で低減した値とする。

パイプアンカーの耐力

- ① パイプアンカー 1 本当たり最大せん断耐力は 6 8. 6 kN とする。

パイプアンカーは鋼管相互溶接部（図－3 A 参照）について目視による検査を行う。目視による検査で溶接欠陥（アンダーカット、オーバーラップ、ピット、クレーター、ビード不整など）がある場合は、パイプアンカー耐力を無視する。ただし、コンクリート強度の調査結果が 2 0. 6 N/mm² 以上とする。

- ② コンクリート強度の調査結果が 2 0. 6 N/mm² 未満の場合 2 0. 6 N/mm² に対する調査したコンクリート強度の比で低減した値とする。

ボルトアンカーおよびパイプアンカーの水平耐力試験結果を巻末の「添付資料 2」に示す（p.50～p.55 参照）。

(3) 跳ね出し長さによる補正

以下に示す基準により、跳ね出し長さのランクを分類し、跳ね出し長さがランクⅠの場合は(1)で算定した接合部耐力の基本ランクを1ランク上に、跳ね出し長さがランクⅢの場合は接合部耐力の基本ランクを1ランク下に補正する。

Ⅰ：跳ね出し長さ 1,500mm 以上の場合

Ⅱ：跳ね出し長さ 400mm 以上, 1,500mm 未満の場合

Ⅲ：跳ね出し長さ 400mm 未満の場合

ただし、跳ね出し長さは、接合部中央から屋根版端部までの長さとする。

(4) 版と版の接合の有無による補正

以下に示す基準により、版と版の接合の有無を判定する。版と版が接合されており、その接合強度が版の重量の1.0倍以上ある場合は、(3)でのランクを1ランク上に補正する。以上の補正をまとめて表1に示した。

表1 接合部耐力ランクの補正

		接合部耐力の基本ランク			
		MA	MB	MC	MD
跳ね出し長さのランク (版と版の接合)	Ⅰ、Ⅱ(有)	MA	MA	MB	MC
	Ⅱ(無)、Ⅲ(有)	MA	MB	MC	MD
	Ⅲ(無)	MB	MC	MD	MD

2. 3) 架構の構造耐震指標

屋根を支持する架構の耐震性能を評価し、屋根落下の危険性に考慮する。架構の耐震性能の評価では、原則として剛床を仮定せず、水平力の伝達が可能な単位架構に分解して、架構の強度および変形能により構造耐震指標を算出する。

(1) 単位架構の構造耐震指標

個々の柱、壁あるいは単位架構について、「既存鉄筋コンクリート造建築物の耐震診断基準・同解説」と同様の方法で、強度指標および靱性指標に基づいて、基本性能指標、構造耐震指標、および累積強度指標 $C T$ と $S D$ の積の値を算定し、方向別にそれらの最小値を全体の構造耐震指標 I_s 、 $C T \cdot S D$ とする。これらの指標により、表 2 にしたがって架構の性能ランクに分類する。なお、屋根面の状態にかかわらず (2) のように全体架構で算定された構造耐震指標が単位架構の構造耐震指標の最小値よりも小さい場合は、全体架構の構造耐震指標を採用する。

(2) 全体架構の構造耐震指標

屋根面で水平力の伝達が期待できる場合は、通常の耐震診断により架構全体で評価される構造耐震指標 I_s 値および $C T \cdot S D$ の値を採用して、同様に表 2 にしたがって架構のランクを分類する。

表 2 架構のランク

架構のランク		
F A	F B	F C
$I_s \geq 1.0$ かつ $C T \cdot S D \geq 0.45$	$I_s \geq 0.7$ かつ $C T \cdot S D \geq 0.3$	$I_s < 0.7$ または $C T \cdot S D < 0.3$

【解説】

(1) 単位架構のとり方：

原則として、張間方向は $S C S$ 版で連結される各構面を単位架構とし、桁行方向では外構面（側面）は連続する 1 構面、妻面はそれぞれ独立の鉛直部材を単位架構とする。

(2) 単位架構の負担重量：鉛直部材の負担軸力から算定してよい。

(3) $S D$ の評価：架構全体で定義される $S D$ を用いる。

(4) 靱性指標（ F 値）の上限（基礎回転、曲げ降伏の場合等）：

大きな変形能力は期待しないので、通常の評価で $F > 2.0$ となる部材は、原則として $F = 2.0$ とする。

(5) 水平材（直交梁，スラブ）による水平力の伝達：

単独架構としての I_s は一般には水平力の伝達を期待しないで評価する。ただし、直交方向に一定の剛性を有する梁またはスラブがある場合は、これらによって水平力が伝達され、中間的な剛床が成立するものと仮定して水平力を再配分し、強度指標（C 値）を修正してもよい。すなわち、強度指標が大きい鉛直部材（両妻の壁）を支持点にして伝達されるせん断力に相当する C 値を支持点（壁）では減少させ、その他の点（柱）では増大させる。この伝達可能なせん断力は、屋根の接合部位置（柱）で等しい水平荷重を仮定して、梁の最大曲げモーメントまたはせん断力が終局強度に達する状態で評価する。接合部の補強によって伝達される水平力が増大する場合は補強後にその効果を考慮する。

2. 4) 総合評価

屋根版周囲の補強優先順位は、前節で求められた接合部のランクおよび架構のランクにより表3にしたがって総合的に判定する。同表では、SCS版の落下に対する耐震性能は、高い方からS、A、B、C、D、Eの順と考える。したがって、補強の優先順位はこの逆となる。ランクB以下の場合は、何らかの補強対策をとるのが適当であろう。

キール梁がある場合等、特殊な構造では、以上の簡便な耐震性能評価法は一律には適用できないので、構造物の状況に応じて工学的に判断する必要がある。その際、

(1) キール梁へのかかりしろ（跳ね出し長さに相当）

(2) キール梁の面外剛性

(3) 架構の面外剛性と強度

等に注目する。キール梁構造は全体数も限られていることから、一般には判定によらず何らかの補強対策を考えるのが適当であると考えられる。

表3 補強優先順位のランク（総合評価）

		接合部のランク			
		MA	MB	MC	MD
架構のランク	FA	S	A	B	C
	FB	A	B	C	D
	FC	B	C	D	E

※ランクB以下の場合は、何らかの補強対策をとるのが望ましい。

[Ⅲ] SCS版を屋根に使用した既存体育館の耐震補強

3. 1) 耐震補強の方針

耐震診断によって耐震補強が必要と判断された場合、以下の耐震補強方針により補強を行う。すなわち、耐震診断の場合と同様に、補強後の接合部の耐震性能と鉛直部（架構）の耐震指標を独立に評価し、両者の影響を考慮した総合評価値がSランクまたはAランクとなる事を確認する。

3. 2) 耐震補強の目標値

耐震補強の目標値は診断の項で述べた補強後の耐震性能が、総合評価一覧でSランクまたはAランクとする必要がある。したがって、補強前の耐震性能の評価がB、C、D、Eランクに評価された場合は接合部のランクを上げるか、架構のランクを上げるか、その両方を上げるか、いずれかの方法を取る必要がある。すなわち、補強後の接合部の基本ランクがMAまたはMBとなり、架構の基本ランクがFAまたはFBとなる補強を施す。ただし、接合部の基本ランクがMBで架構の基本ランクがFBの場合はBランクで不可となる。

3. 3) 耐震補強の方法

(1) 接合部の耐震補強

① 補強後の接合部水平強度の余裕度を確認し、接合部の基本ランクMAに相当する接合部強度を確保する。この場合、跳ね出しによる補正（ランク下げ）は無視して良い。補強材と既存接合部の累加は原則として行わないが、接合部詳細および実態調査により判断する。接合部補強例の模式図を図－5に示す。

図	長所	短所
	<ul style="list-style-type: none"> ・アンカーボルトの増設により耐力が増す。 ・屋内を使用したまま施工ができる 	<ul style="list-style-type: none"> ・支持材の水平剛性を確保できない。 ・防水層を痛めるため屋内への漏水の危険性がある。

図－5 接合部補強例（アンカーボルトの増設）

② 落下防止金物の設置

現地調査の結果，新設接合部と既存接合部の累加ができないと判断される場合や，跳ね出し長さが40cm未満の場合は，接合部耐力を確保した上で，落下防止金物を設置する事とする。この際，落下防止金物耐力と接合部耐力の合算は行わない事とする。落下防止金物の設置詳細例を図－6に示す。

図	長所	短所
	<ul style="list-style-type: none"> ・施工期間が短い。 	<ul style="list-style-type: none"> ・屋内の一部が使用できない。 ・屋内側の防水層を痛めるため漏水の危険性がある。 ・支持材の水平剛性を確保できない。

図－6 落下防止金物の設置詳細例

(2) 架構の耐震補強

① 補強の必要な架構の分類

補強後の支持架構の耐震性能の基本ランクを $I_s \geq 0.7$ としている。したがって、支持架構の耐震性能が 0.7 を下回る建物について補強が必要となる。補強が必要となる FC ランク ($I_s < 0.7$) の建物の耐震性能を、さらに以下の 3 ランクに分類し、それぞれのランク別の耐震性能を記す。

FC (+): 全体架構として評価した I_s 値が 0.6 以上、かつ
単独架構として評価した I_{sf} の最小値が 0.5 以上、かつ
CT・SD (全体かつ単独) が 0.3 程度以上

FC (0): FC ランクで上記および下記以外

FC (-): 全体架構として評価した I_s 値が 0.3 未満、または
単独架構として評価した I_{sf} の最小値が 0.2 未満、または
CT・SD (全体かつ単独) が 0.15 程度未満

② 架構の耐震性能別の補強法

i) 架構の耐震指標が判定指標を上回る場合 ($I_s \geq 0.7$)

- ・必要に応じて屋根の落下対策を実施する。

ii) 架構の耐震指標がやや低い場合 (FC (+) ランク)

- ・架構の補強を実施する。
- ・必要に応じて屋根の落下対策を実施する。

iii) 架構の耐震指標が低い場合 (FC (0) ランク)

- ・架構の補強を実施する。
- ・屋根の落下対策を実施する。
- ・屋根の架け替えによって架構の補強が不要あるいは軽微になり、かつ架け替え費用が補強費用を大きく上回らないと判断される場合は架け替えによる改修を検討する。

iv) 架構の耐震指標がかなり低い場合 (FC (-) ランク)

- ・全体の改築あるいは屋根の架け替えを含む大規模な改修を行う。

v) キール梁がある場合で接合部の補強が實際上困難と判断される場合は架け替えを検討する。

(3) その他の補強

阪神・淡路大震災あるいは1997年鹿児島県北西部地震では、接合部アンカー定着部に働くせん断力により、SCS版の受け枕梁のかぶりコンクリート・仕上モルタルが剥落してかなり大きな破片となって体育館内部に落下した被害例が見られた。〔V〕章に阪神・淡路大震災における伊丹市の被害調査結果を示す。調査は9校について実施したが、9校すべてについて枕梁かぶりコンクリート・仕上モルタルの剥落が見られた。

したがって、受け枕梁かぶりコンクリート・仕上モルタルの落下補強をすることは重要である。これらの補強法として図-7に示す方法等が考えられる。

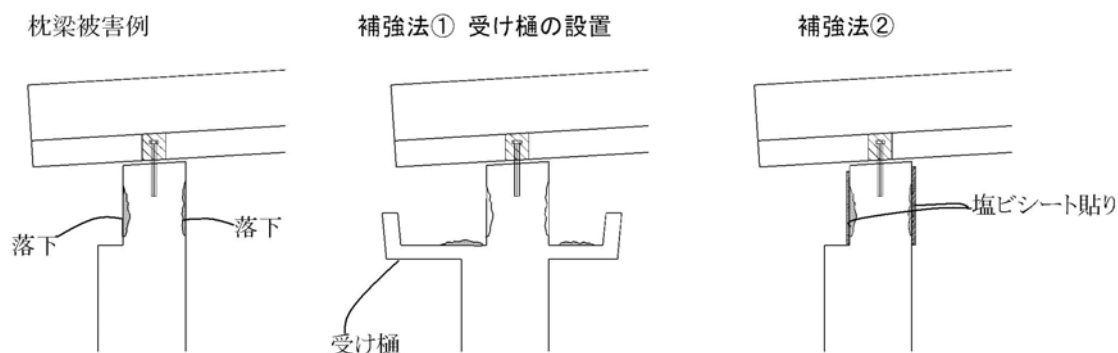


図-7 受け枕梁かぶりコンクリート・仕上モルタルの落下補強法

3. 4) 現地調査

SCS版を屋根に使用した体育館の耐震診断は、屋根を支持する下部構造の性能と、屋根版と下部構造との接合部の性能をそれぞれ別々に評価し、両者を総合して評価、判断する必要がある。したがって、現地調査も下部構造および接合部の調査を別々に行う必要がある。

現地調査の結果施工不良個所が1箇所でも発見された場合は、全数調査を行い、新たな施工不良個所が発見された場合は、再施工を行う。再施工の要領は〔IV〕耐震補強の設計施工例4. 1)を参照のこと。

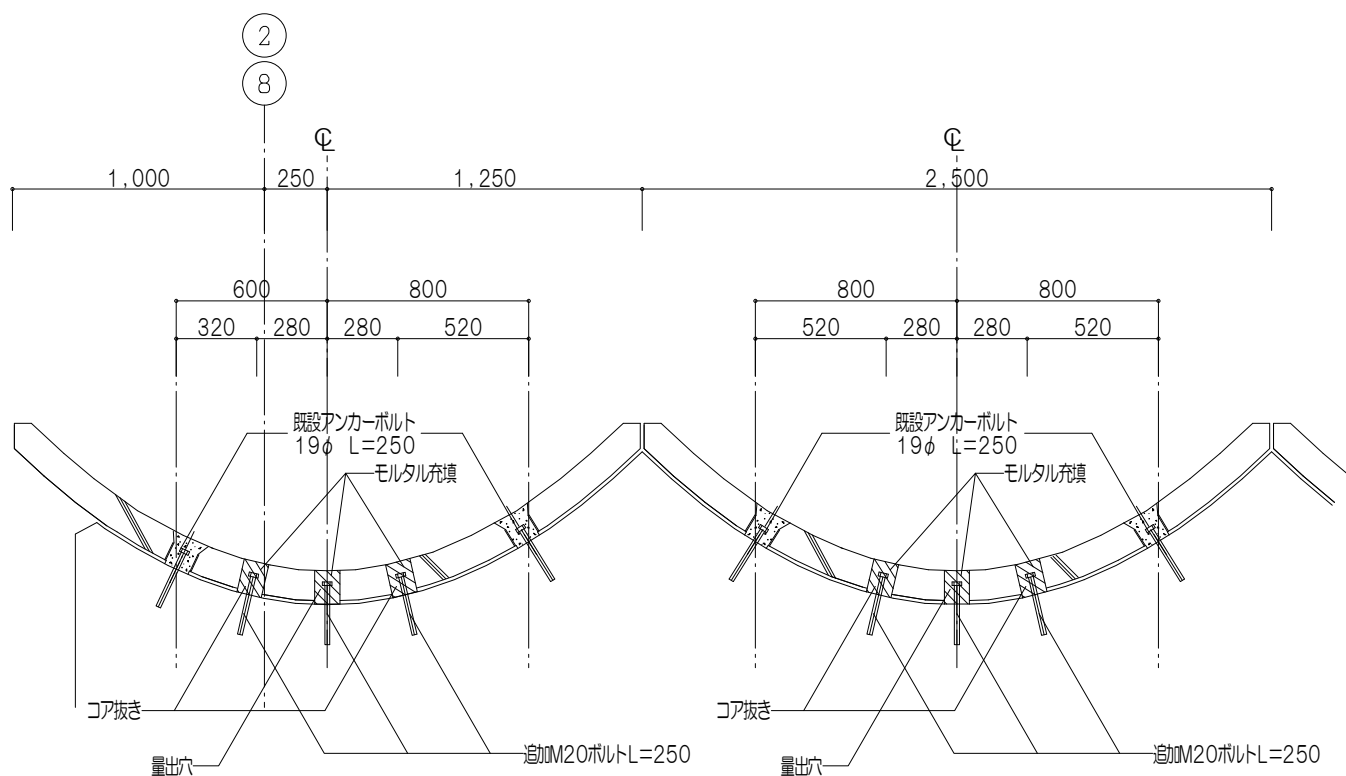
下部構造と接合部の現地調査シートを巻末の「添付資料5」に示す(p.59～p.60 参照)。

[IV] 耐震補強の設計施工例

4. 1) 設計施工例 アンカーボルトの増設による接合部耐力の確保

(1) SCS版と受け枕梁との接合部がアンカーボルトの場合

- ①既設アンカーボルトの調査
調査シートによる調査および不良部の再施工
- ②新設アンカーボルトの施工

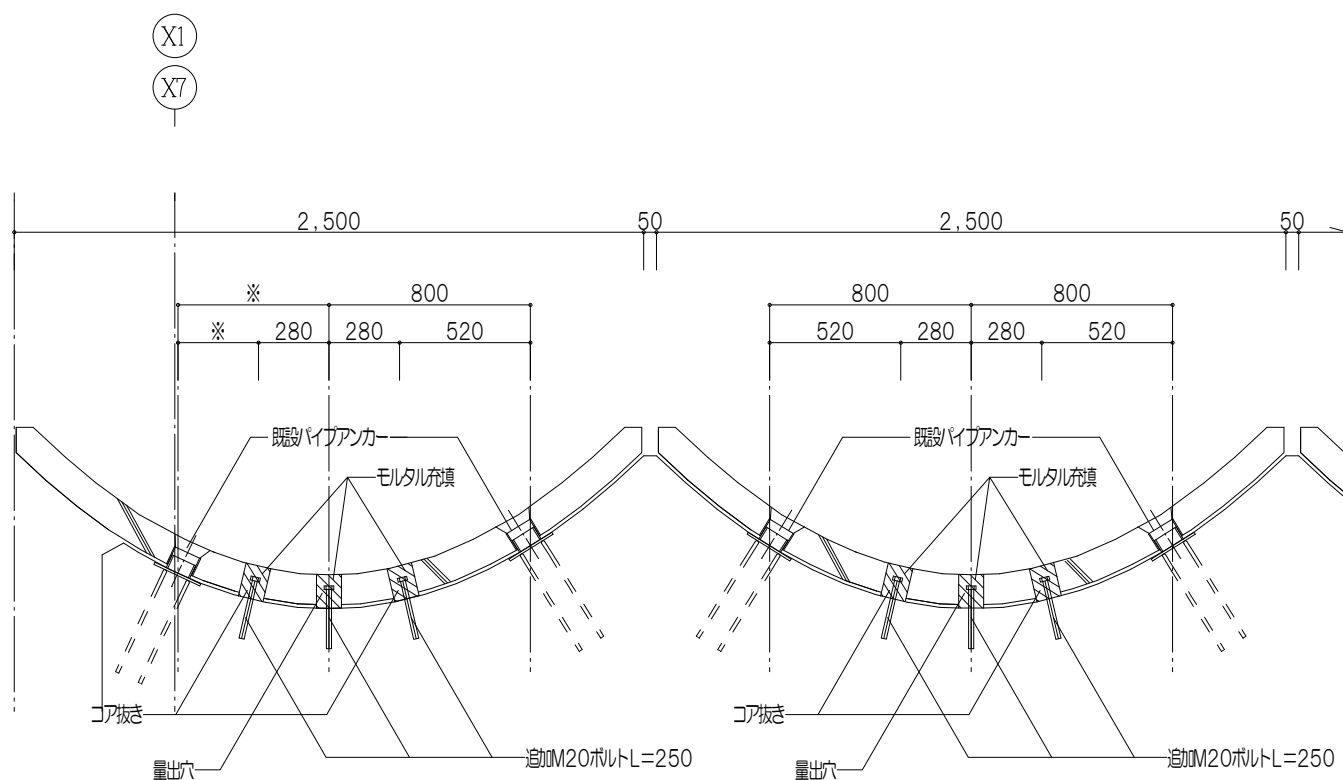


図ー8 SCS版 接合部補強要領

1. アンカーボルトを下图に示すように追加するものとする。
2. コア抜き等での孔内清掃は吸引（またはブロアー）・ブラッシング・吸引（またはブロアー）の順で確実に施工すること。
3. 無収縮モルタル $F_c : 40\text{ N/mm}^2$
4. コア抜き時には鉄筋探索の上、施工箇所を決定
5. 施工時の雨水等の浸水に留意し、養生シート等で保護のこと。

(2) SCS版と枕梁との接合部がパイプアンカーの場合

- ①既設溶接部の調査
調査シートによる調査および不良部の再溶接
- ②新設アンカーボルトの施工

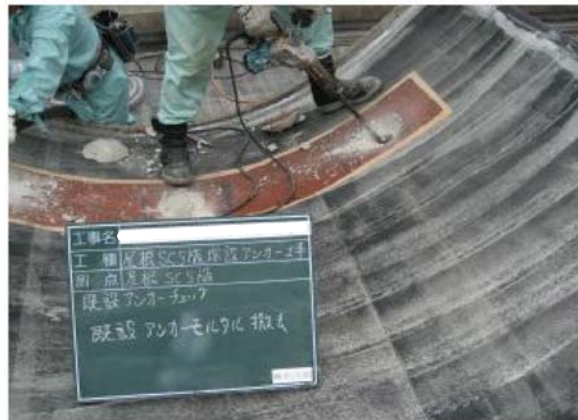


図－9 SCS版 接合部補強要領

1. アンカーボルトを下图に示すように追加するものとする。
2. コア抜き等での孔内清掃は吸引（またはブロー）・ブラッシング・吸引（またはブロー）の順で確実に行い施工のこと。
3. 無収縮モルタル $F_c : 40 \text{ N/mm}^2$
4. コア抜き時には鉄筋探索の上、施工箇所を決定
5. 施工時の雨水等の浸水に留意し、養生シート等で保護のこと。



全景



既設アンカー部 モルタル撤去状況



既設アンカー部 アンカーボルトチェック
腐食, ぐらつきチェック (アンカーボルトの場合)



既設アンカー部 パイプアンカーチェック(再溶接後)
溶接状況確認 不備なら再溶接 (パイプアンカーの場合)



増設アンカー用 鉄筋探査



増設アンカー コア削孔



増設アンカーボルト打設



増設アンカー孔無収縮モルタル埋め

4. 2) 設計施工例 補強トラスによる屋根面剛性の確保

(1) 水平鉄骨トラスによる補強 (単スパン)

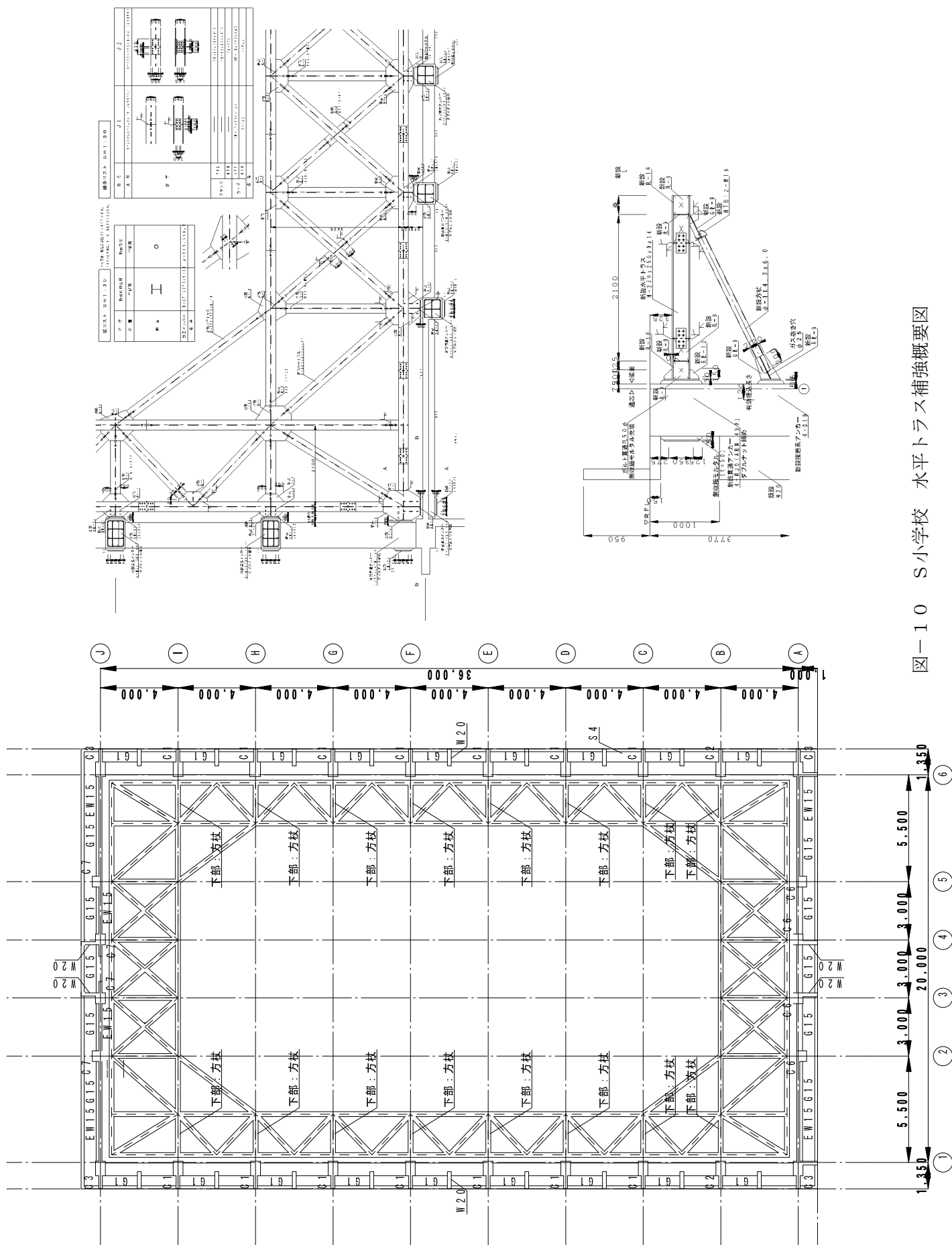


図-10 S小学校 水平トラス補強概要図



写真2 全景（舞台側）



写真3 コーナ一部



写真4 全景（エントランス側）

(2) 水平鉄骨トラスによる補強 (キール梁)



写真5 キール梁補強例

(3) 水平鉄骨トラスによる補強（キール梁）



写真6 キール梁補強例

4. 3) 設計施工例 既設スラブ補強による屋根面剛性の確保

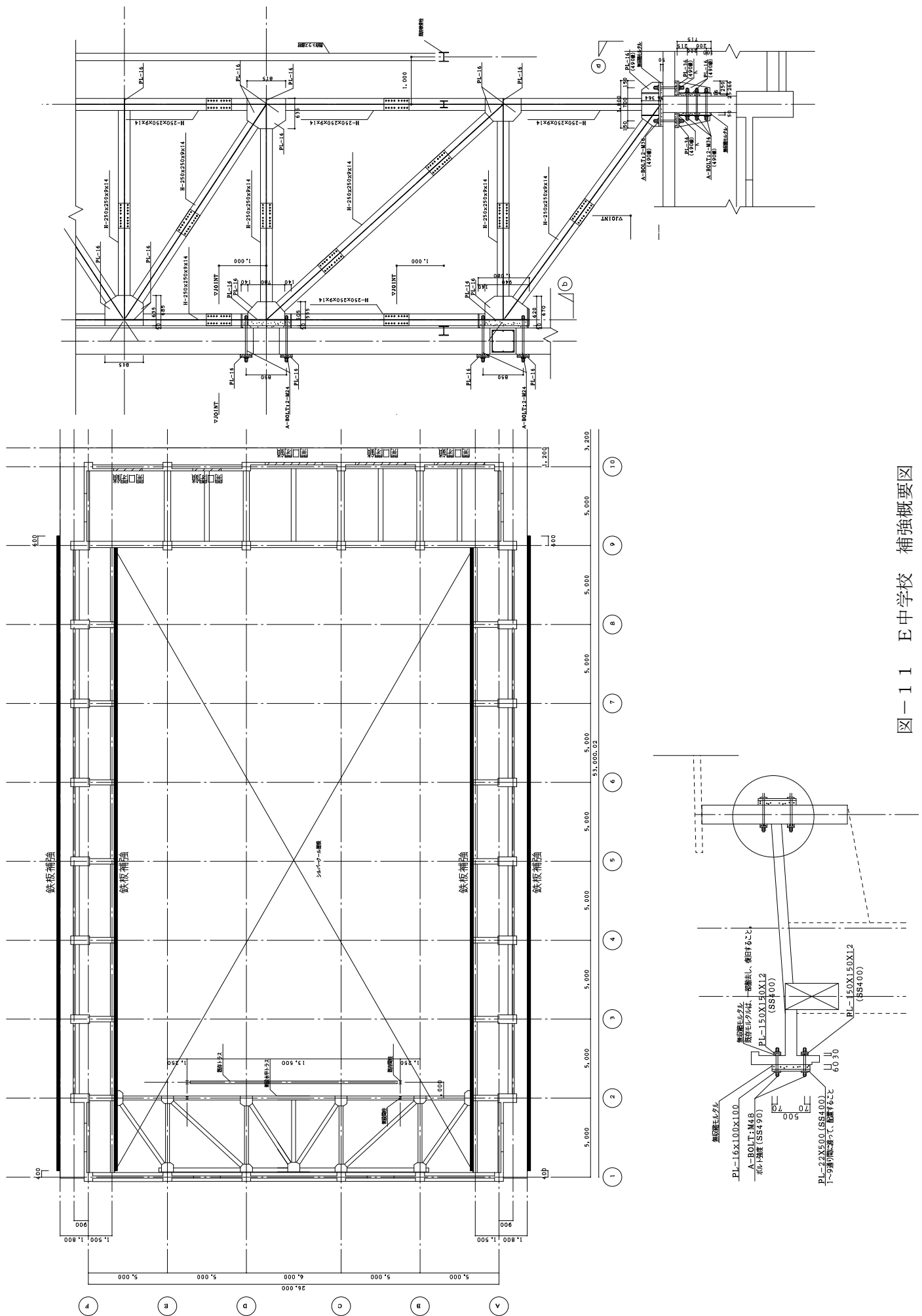


図-1.1 E中学校 補強概要図



写真7 既設スラブ補強部



写真8 鉄骨トラス

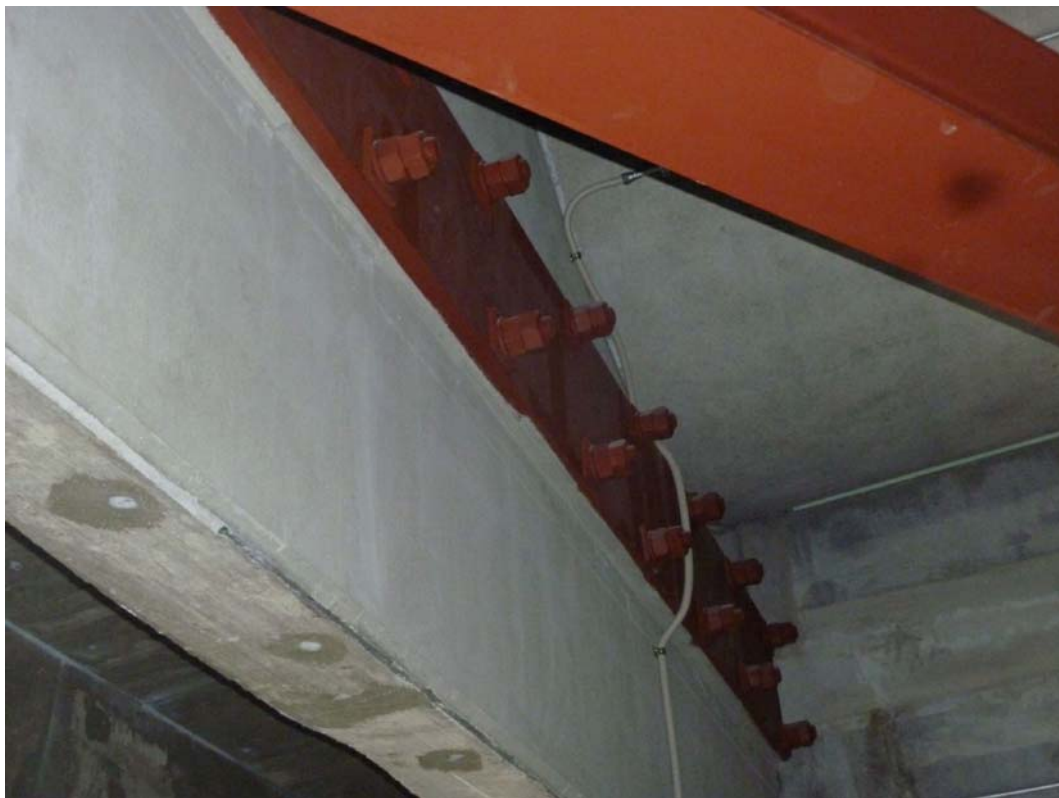
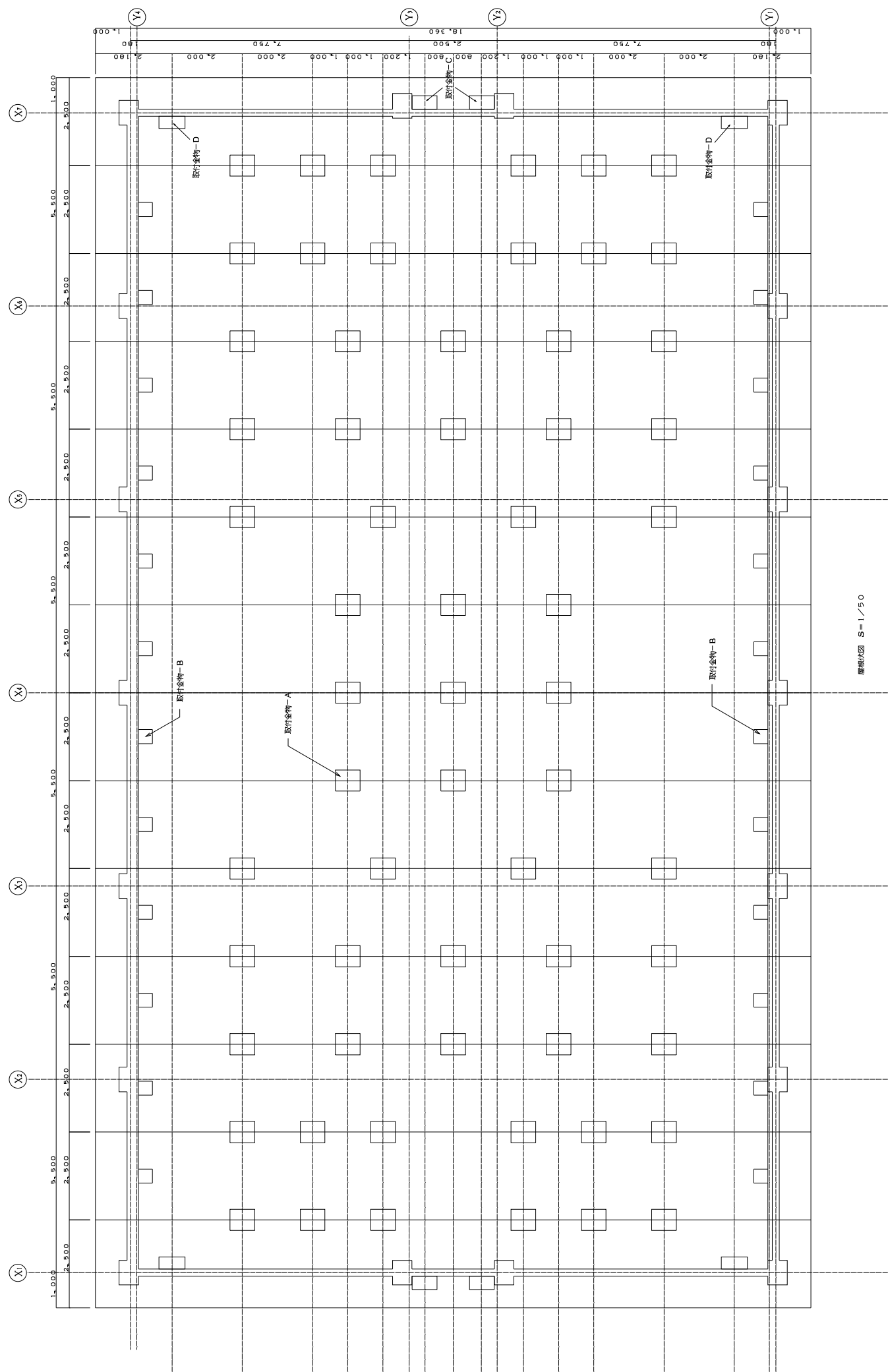


写真 9 鉄骨トラスと既設梁との取り付け部



写真 10 外部既設庇補強

4. 4) 設計施工例 版相互接合（＋落下防止金物）による屋根面剛性の確保



図－12 版相互接合および落下防止金物配置図

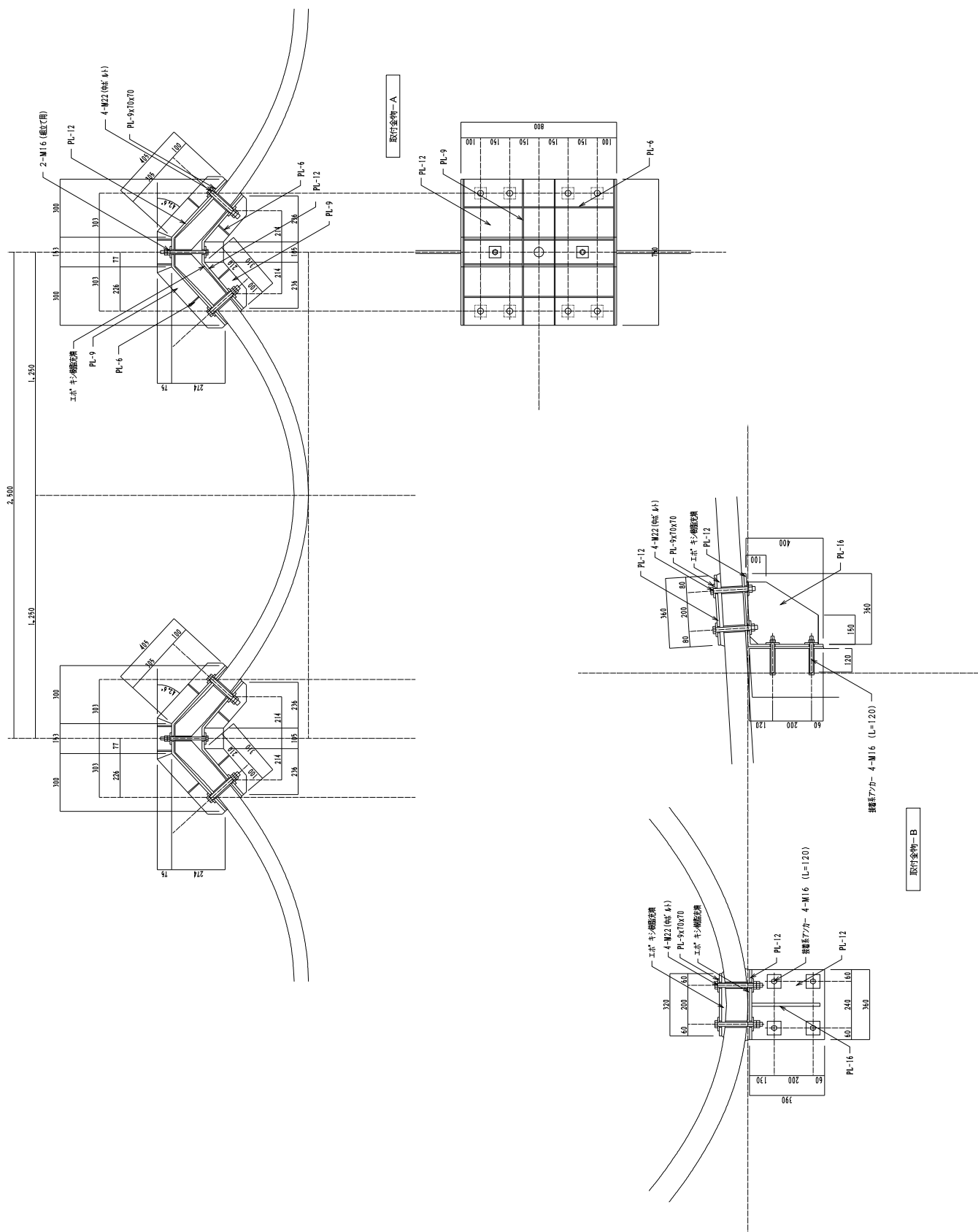


図-1.3 版相互接合および落下防止金物詳細図

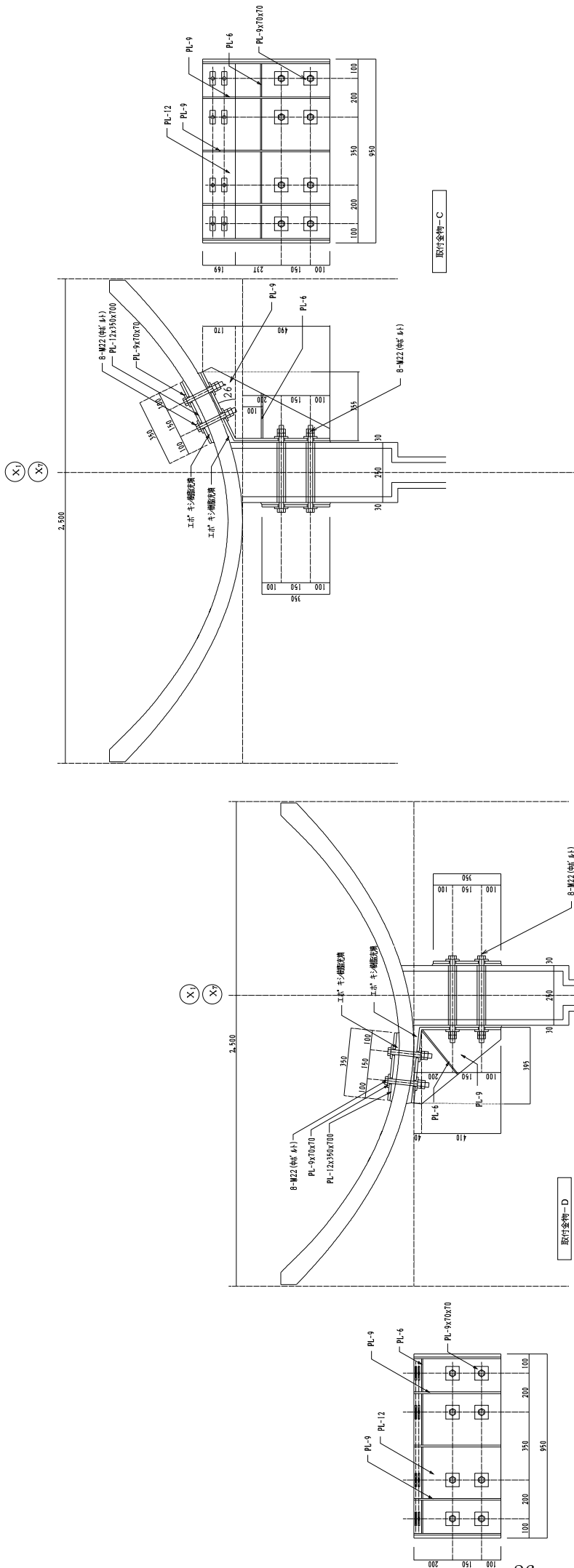


図-1 4 既設妻側とSCS版との接合詳細図

シルバークール版耐震補強 施工写真



落下防止用金物(室内)



落下防止用金物及び版相互金物(室内)



版相互金物(室外)



版相互金物(室外)



版相互金物(防水施工前)



版相互金物(室内)

写真 1 1 接合金物による補強事例 (1)



妻壁との接合金物(上部)



妻壁との接合金物(上部)



妻壁との接合金物(下部一外部側)



妻壁との接合金物(下部一外部側)

写真 1 2 接合金物による補強事例 (2)

-29-

–30–

③落下防止金物に負荷される外力の設定

ＳＣＳ版と受け枕梁との落下防止金物（ストッパー）検討用外力は「屋内運動場等の耐震性能診断基準「文部科学省大臣官房文教施設企画部」p.54 により算定する。すなわち、水平震度 K_n は以下による。

$$K_n = I_{so} \times F_{esi} \times A_i / F_i \quad (1) \text{ 式}$$

ただし、

$$K_n \geq 0.55 \times F_{esi} \times A_i \quad (2) \text{ 式}$$

ここで、

I_{so} : 構造耐震判定指標

F_{esi} : 最上層（屋根面直下層）の剛性率および偏心率による必要保有水平耐力の割増係数。ただし、通常の屋内運動場では 1.0 としてよい。

F_i : 最上層（屋根面直下層）の靱性指標

A_i : 最上層（屋根面直下層）の層せん断力係数の分布を表わす係数

$I_{so}=0.7$, $F_{esi}=1.0$, $A_i=1.6$, $F_i=2.0$ と仮定すると、

(1) 式より

$$K_n = I_{so} \times F_{esi} \times A_i / F_i = 0.7 \times 1.0 \times 1.6 / 2.0 = 0.56$$

(2) 式より

$$K_n \geq 0.55 \times F_{esi} \times A_i = 0.55 \times 1.0 \times 1.6 = 0.88$$

以上より

$K_n=0.88$ とする。

下部に柱があるＳＣＳ版について検討する。荷重はギャラリーより上の荷重とし、柱・桁梁および底重量（負担幅 2.5m）を考慮した。階高は 1・2 階共 4.0m，ＳＣＳ版長 24m とする。また躯体寸法を図－１７に示す。

重量の算定

ＳＣＳ版の重量

単体 2500N/m²

仕上げ 300N/m²

合計 2800N/m²

2 階重量 (W2)

ＳＣＳ版 $2.8\text{kN/m} \times 2.5\text{m} \times 24\text{m} / 2 = 84 \quad (\text{kN})$

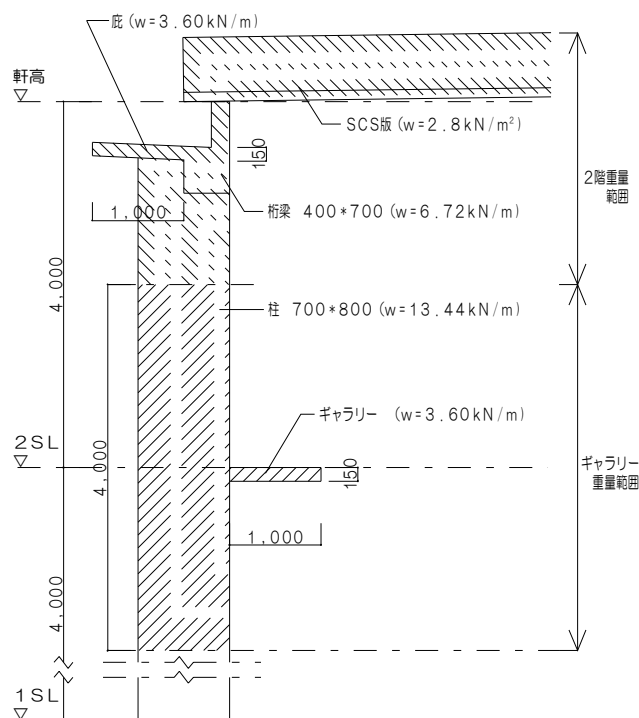
柱 $13.44\text{kN/m} \times 4.0\text{m} / 2 = 26.9 \quad (\text{kN})$

桁梁 $6.72\text{kN/m} \times 2.5\text{m} = 16.8 \quad (\text{kN})$

底 $3.60\text{kN/m} \times 2.5\text{m} = 9.0 \quad (\text{kN})$

サッシュ $0.4\text{kN/m}^2 \times 2.5\text{m} \times 1.0\text{m} = 1.0 \quad (\text{kN})$

合計 137.7 (kN)



図－１７ 仮定した躯体寸法

ギャラリー重量 (W1)

$$\text{ギャラリー} \quad 3.60\text{kN/m} \times 2.5\text{m} = 9.0 \quad (\text{kN})$$

$$\text{柱} \quad 13.44\text{kN/m} \times 4.0\text{m} = 53.8 \quad (\text{kN})$$

$$\text{サッシュ} \quad 0.4\text{kN/m}^2 \times 2.5\text{m} \times 3.0\text{m} = 3.0 \quad (\text{kN})$$

$$\text{合計} \quad 65.8 \quad (\text{kN})$$

ギャラリー位置荷重を軒位置へ置換する (Ai 分布を考慮して置換する方法による)。

$$W_e = W_2 \times \{ \beta + (1 - \beta) \times A_i \} + W_1 \times \beta$$

$$\text{ここに, } \beta = H_1 / (H_1 + H_2) = 4 / (4 + 4) = 0.5$$

$$W_e = 137.7 \times \{ 0.5 + (1 - 0.5) \times 1.6 \} + 65.8 \times 0.5$$

$$= 211.9 \text{ kN}$$

したがって、落下防止金物に負荷される設計用地震時水平力 H は、

$$H = K_n \times W_e$$

$$= 0.88 \times 211.9 \text{ kN} = 186.5 \text{ kN}$$

④ボルト耐力の算定 (4-M24 ボルト)

ボルトの設計耐力はボルトの短期許容せん断耐力 Q_{a1} とコンクリートのパンチング耐力 Q_{a2} の小さい方で決定する。

$$Q_a = \min [Q_{a1}, Q_{a2}] \quad (3) \text{ 式}$$

$$Q_{a1} = \sigma_y \cdot s_a e \quad (4) \text{ 式}$$

$$Q_{a2} = 2 \cdot L \cdot t \cdot f_s \quad (5) \text{ 式}$$

σ_y : ボルトの規格降伏点強度

$s_a e$: ボルトの有効断面積

L : コンクリート破壊面長さ

t : SCS版端部平均厚 (100mm)

f_s : コンクリートの短期許容せん断応力度

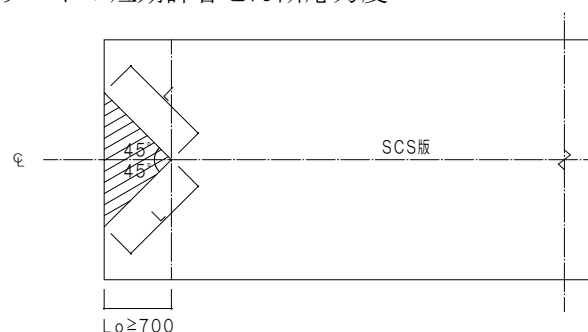


図-18 コンクリート破壊面の仮定

ボルトの短期許容せん断耐力 Q_{a1} の算定。(4) 式より、

$$Q_{a1} = \sigma_y \cdot s_a e = 180 \text{ N/mm}^2 \times 339 \text{ mm}^2 \times 4 \text{ 本} / 1000 = 244 \text{ kN}$$

コンクリートのパンチング耐力 Q_{a2} の算定。(5) 式より、

$$L_o = 700 \text{ mm}, \quad L = 700 \times \sqrt{2} \approx 990 \text{ mm}, \quad F_c 45 \text{ N/mm}^2, \quad f_s 1.41 \text{ N/mm}^2$$

$$Q_{a2} = 2 \cdot L \cdot t \cdot f_s$$

$$= 2 \times 700 \times \sqrt{2} \times 100 \times 1.41 / 1000 = 279 \text{ kN}$$

したがって、(3) 式より

$$Q_a = 244 \text{ kN}$$

⑤接着系アンカーの引張耐力の算定（躯体コンクリート強度 σ_B 21N/mm^2 とする。）

接着系アンカー M20 4本使用

アンカー耐力は以下による。

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3})$$

$$T_{a1} = \sigma_y \cdot a_o$$

$$T_{a2} = 0.23 \sqrt{\sigma_B} \cdot A_c$$

$$T_{a3} = \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e$$

ここに、 $\tau_a = 10 \sqrt{(\sigma_B/21)} = 10\text{N/mm}^2$

したがって、

$$T_{a1} = \sigma_y \cdot a_o$$

$$= 240 \times 236 / 1000 = 56.6\text{kN}$$

$$T_{a2} = 0.23 \sqrt{\sigma_B} \cdot A_c$$

$$= 0.23 \times \sqrt{21} \times 53991\text{mm}^2 / 1000$$

$$= 56.9\text{kN}$$

水平投影面積 A_c (図-19)

有効埋込み長さ l_e による水平投影面積 A_c の算定には、アンカーのはしあき、ピッチを考慮する。(図-20)

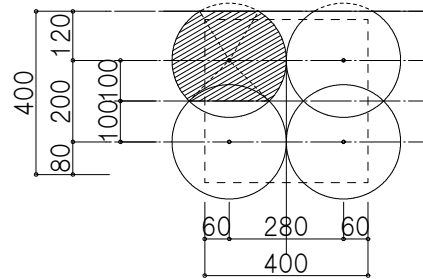


図-19 アンカーの水平投影面積

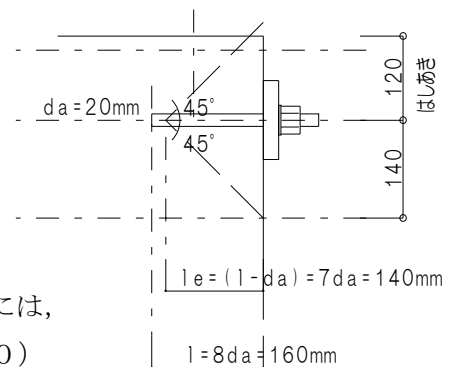


図-20 アンカーの埋込み長さ

$$T_{a3} = \tau_a \cdot \pi \cdot d_a \cdot l_e$$

$$= 10 \times \pi \times 20 \times 140 / 1000 = 87.9\text{kN}$$

$$T_a = \min(T_{a1}, T_{a2}, T_{a3}) = 56.6\text{kN}$$

接合部1箇所当たりのアンカー引張耐力は

$$T_a \times 4 \text{ 本} = 226.4\text{kN}$$

⑥接合部の安全性の検討

接合部耐力 Q は、④ボルト耐力と⑤接着系アンカーの引張耐力の小さい方で決定される。

接合部耐力 $Q >$ 設計用地震時水平力 H

$$226.4\text{kN} > 186.5\text{kN} \quad (\text{余裕度 } 1.21)$$

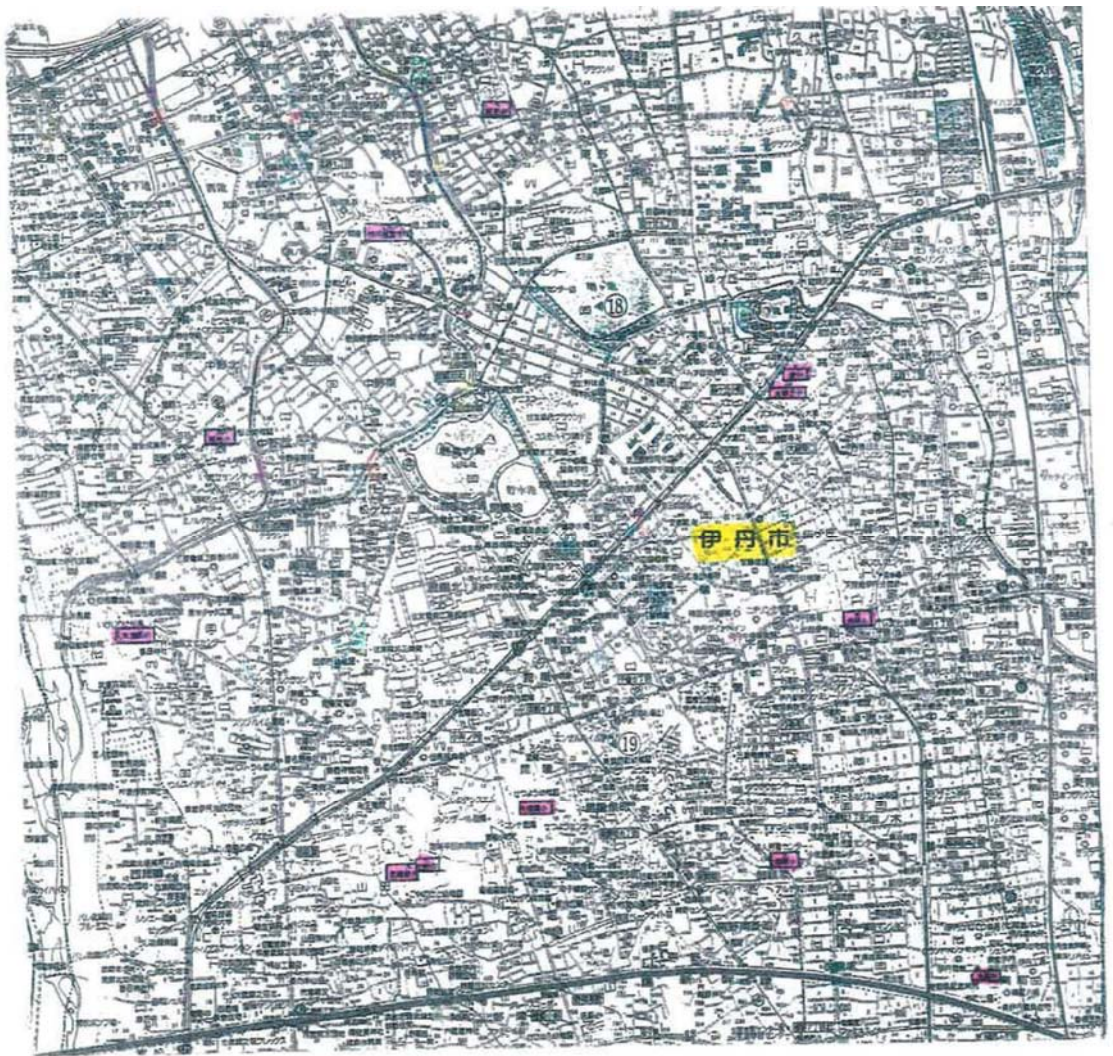
したがって、接合部耐力が設計用地震時水平力を上回るため安全である。

[V] 阪神・淡路大震災および東日本大震災における被害調査

5. 1) 阪神・淡路大震災における伊丹市9校の体育館の調査結果










阪神・淡路大震災直後に、SCS版を使用した伊丹市内の小学校7校，中学校2校の被災調査を実施した。調査位置図を図－21に，被害状況一覧を表4に示す。被害はいずれもSCS版受け枕梁部に集中して発生しており，仕上げモルタルの剥離落下が数箇所7校に発生し，2校では受け枕梁躯体の割れが発生していた。その他，照明器具の落下がそれぞれ一箇所2校で，吹き付け材の落下が3校で発生していた。被害としては軽微であるが，モルタルや照明器具の落下は重大災害につながる危険性があり，落下防止対策を施す必要がある。それぞれの落下防止対策(案)を以下に記す。

- ① 受け枕梁の損傷および仕上げモルタルの剥離は，SCS版と受け枕梁とのクリアランス不足に起因する。地震発生時，SCS版と受け枕の動きの違いにより，脆弱部が損傷を受けたと推察できる。したがって，当該部位に幅15mm以上の目地を確保する。さらに，受け枕表面にシートを貼ることもモルタルの落下対策に有効と思われる。
- ② 吹き付け材の落下は，SCS版相互およびSCS版と躯体との間に目地を設けずに一体に吹き付けたことに起因する。地震発生時，隣接するSCS版の動きの差，およびSCS版と躯体との動きの差により目地部吹き付け材が落下したと推察できる。したがって，吹き付け材の当該部位に目地幅15mm以上の目地を確保する。
- ③ 照明器具についても横ぶれが発生しないような照明器具を使用する。横ぶれ防止のワイヤーの設置等，ディテールの改善をする。



図－2 1 調査位置図

表 4 阪神・淡路大震災の伊丹市9校の被害状況一覧

学 校 名	概 要	被 害 状 況				調査 者	調査年月日	補 修 方 法
		枕 梁 (受 梁)	妻 壁	吹 付 材 , 目 地	照 明 器 具	そ の 他		
伊丹市 池尻小学校 体育館		躯体割れ、内外10 数ヶ所	—	—	—	ハナ先ブレキヤス ト接働有り 版長辺方向5cm ズレ	1月24日	枕梁損傷部ハツリ落し ヒビ割れ部、樹脂注入の上 エポキシモルタル塗り
伊丹市 桜台小学校 体育館		仕上モルタル剥落 数ヶ所	—	—	—	—	1月24日	剥落部ハツリ落しの上 モルタル仕上、その隙版梁 の縁切を確実にを行う
伊丹市 森野小学校 体育館		仕上モルタル剥落 数ヶ所	—	—	—	—	1月24日	剥落部ハツリ落しの上 モルタル仕上、その隙版梁 の縁切を確実にを行う
伊丹市 緑丘小学校 体育館		仕上モルタル剥落 数ヶ所	—	—	—	—	1月25日	剥落部ハツリ落しの上 モルタル仕上、その隙版梁 の縁切を確実にを行う
伊丹市 東中学校 体育館		仕上モルタル剥落 数ヶ所	—	—	—	—	1月25日	剥落部ハツリ落しの上 モルタル仕上、その隙版梁 の縁切を確実にを行う
伊丹市 里陽里小学校 体育館		仕上モルタル剥落 数ヶ所	—	目地部吹付材 多数落下	照明器具1ヶ スウエイ支持 金物落下数ヶ	目地部全テ縁切 不十分	1月25日	剥落部ハツリ落しの上 モルタル仕上、その隙版梁 の縁切を確実にを行う
伊丹市 松崎中学校 体育館		仕上モルタル剥落 数ヶ所	—	目地部吹付材 多数落下	照明器具1ヶ スウエイ支持 金物落下数ヶ	目地部全テ縁切 不十分 アンカー六モルタル 浮上り全版有り	1月25日	剥落部ハツリ落しの上 モルタル仕上、その隙版梁 の縁切を確実にを行う アンカー六補修の必要有り
伊丹市 表陽小学校 体育館		仕上モルタル剥落 数ヶ所	—	目地部吹付材 多数落下	—	目地部全テ縁切 不良	1月25日	剥落部ハツリ落しの上 モルタル仕上、その隙版梁 の縁切を確実にを行う
伊丹市 伊丹小学校 体育館		躯体割れほぼ全ヶ 所アンカー見、 鉄筋露出	—	—	—	長、短辺方向に ズレ有り	1月25日	早期にハツリ出し、注入 高強度の材料にて補修の 必要有り

伊丹市昆陽里小学校
体育館

No.1

照明器具、吹付材落下



No.2

受け枕コンクリート片落下



No.3

全上



写真 1 3 阪神・淡路大震災における「昆陽里小学校体育館」の被害状況

伊丹市桜台小学校 体育館	
No.1	
受け枕仕上モルタル剥落	



No.2	
受け枕コンクリート欠け	



No.3	
受け枕ひび割れ	



No.4	



No.5	
受け枕ひび割れ	



写真 1 5 阪神・淡路大震災における「桜台小学校体育館」の被害状況

[illegible][illegible][illegible]

写真 16 阪神・淡路大震災における「池尻小学校体育館」の被害状況

5. 2) 東日本大震災における調査結果

東日本大震災は、平成 23 年 3 月 11 日に発生した東北地方太平洋沖地震とそれに伴って発生した余震および津波により東北・関東地方に引き起こされた、大規模な地震災害である。地震発生直後の 3 月下旬から 4 月初旬にかけて S C S 版を屋根に使用した建物について被害状況の実態調査を行った。調査結果一覧を表 5・表 6 に、被害状況を写真 17～写真 20 に示す。

調査は地震被害の大きかった内陸部と津波被害の大きかった海岸部で実施した。内陸部調査の中には、「4. 4) 設計施工例」に示す版相互接合と落下防止金物により耐震補強実施済みの体育館 7 件も含まれている。調査結果の概要は以下の通りである。

(1) 地震動による被害状況

- ① 地震動の比較的大きかった（震度 6 弱～5 強）内陸部の宮城県・福島県・茨城県・千葉県 の S C S 版を屋根に使用した体育館の被害調査結果は以下の通りである。すなわち、地震動による建物本体の被害は軽微であったが、前述の阪神・淡路大震災の調査結果と同様に a) 受け枕梁アンカー部のコンクリートのひび割れおよび剥落、b) 受け枕梁仕上りモルタルの剥離および剥落、c) 照明器具および照明器具取付部化粧板の落下等が発生した。これらは被害としては軽微であるが、重大災害につながる危険性があり落下防止対策を施す必要がある。
- ② 表 6 に耐震補強を施した、千葉県の体育館の被害調査結果を示す。本地域は、震度 5 強～5 弱の地域であったが全く無被害であった。この結果はこの補強方法の有効性を実証するものと考えられる。

(2) 津波による被害状況

宮城県・福島県・茨城県・千葉県における海岸部の荷捌場の屋根に使用された S C S 版の内、津波被害の大きかった福島県相馬市の卸売市場では、津波による落下・流出により S C S 版の破損が発生し、他の R C 造・S 造建物と同様に大きな被害を受けた。津波を版の横側から受ける形になったと想定される前述の S C S 版については、被害が大きかったのに対し、同様に津波を受けているが、S C S 版の縦側から受ける形になったと想定される宮城県女川町魚市場の S C S 版については特に被害が発生していなかった。しかし、隣接した長辺方向軸が 90 度をなしている建物の J D T 版については落下・流出している。したがって、津波によるプレキャスト屋根版の流出は、版形状によるものでなく、津波の進行方向に対する版の向きが大きく影響していると思われる。

表5 被害調査結果（東日本大震災）

No.	施設名	所在地	建物の方向	震度	被害状況					施工時期	備考
					受け梁	妻壁	吹付材 その他	照明器具	その他		
1	魚市場	宮城県牡鹿郡女川町		震度6弱	-	-	-	-	・津波を受けたが落下なし	1985年	
2	K小学校	宮城県柴田郡大河原町		震度6弱	・アンカー部コンクリートの剥落 ・仕上モルタルの剥落	-	-	-	-	1984年	
3	T公園体育館	福島県白河市		震度5強	・枕梁コンクリートの割れ ・アンカー部コンクリートの剥落 ・仕上モルタルの剥落	-	-	-	-	1979年	キール梁
4	I中学校	福島県石川郡石川町		震度5強	・アンカー部コンクリートの剥離 ・仕上モルタルの剥離	・躯体のひび割れ	-	-	-	1976年	
5	ポンプ場	福島県いわき市		震度6弱	・枕梁コンクリートのひび割れ	-	-	-	-	1972年	
6	卸売市場	福島県いわき市		震度6弱	・枕梁コンクリートの割れ ・アンカー部コンクリートの剥落 ・仕上モルタルの剥落	・仕上モルタルの剥離	-	-	-	1979年	
7	魚市場	福島県いわき市		震度6弱	・アンカー部コンクリートの剥離	-	-	-	-	1975年	
8	H公民館	福島県大沼郡会津美里町		震度5弱	-	-	-	-	被害なし	1982年	
9	H地区公民館	福島県大沼郡会津美里町		震度5弱	-	-	-	-	被害なし	1983年	
10	多目的研修会施設	福島県田村郡小野町		震度6弱	-	-	-	-	被害なし	1983年	
11	体育センター	福島県いわき市		震度6弱	-	-	-	-	被害なし	1985年	
12	卸売市場	福島県相馬市		震度6弱	-	-	-	-	・津波により落下・流出	1998年	
13	魚市場	茨城県東茨城郡大洗町		震度5強	・仕上モルタルの剥離	-	-	-	-	1969年	
14	機械センター	茨城県古河市		震度5強	・アンカー部コンクリートの剥落 ・仕上モルタルの剥落	・躯体のひび割れ ・間詰めモルタルの落下	-	-	・外壁穴あきPC板の変形 ・外壁取付金物の一部脱落	1969年	
15	S公民館	茨城県古河市		震度5強	・仕上モルタルの剥離	-	-	-	-	1970年	
16	給食共同調理場	茨城県水戸市		震度6弱	・枕梁端部及び柱頭部のひび割れ ・仕上モルタルの剥離、剥落	-	-	-	-	1972年	調査時には補修済み
17	Y中学校	茨城県結城市		震度5強	・アンカー部コンクリートの剥落 ・仕上モルタルの剥落	-	-	-	-	1974年	キール梁
18	K公民館	茨城県筑西市		震度6強	・仕上モルタルの剥離	・仕上モルタルの剥離	-	-	-	1976年	室内は天井の為未確認
19	S小学校	茨城県筑西市		震度5強	-	・仕上モルタルのひび割れ	-	-	-	1979年	
20	屋内プール	茨城県水戸市		震度6弱	・枕梁端部のひび割れ	・仕上モルタルの剥離	-	-	-	1982年	室内は天井の為未確認

表5 (続) 被害調査結果 (東日本大震災)

No.	施設名	所在地	建物の方向	震度	被害状況					施工時期	備考
					受け梁	妻壁	吹付材 その他	照明器具	その他		
21	N小学校	茨城県古河市		震度5弱	-	-	-	-	・校庭は液状化による被害有り	1982年	室内枕梁部は天井の為に未確認
22	C小学校	茨城県古河市		震度5強	・アンカー部コンクリートの剥離	-	-	-	-	1985年	
23	卸売市場	茨城県神栖市		震度5強	-	-	-	-	被害なし	1988年	
24	第二卸売市場	千葉県銚子市		震度5弱	・アンカー部コンクリートの剥離、剥落	-	-	-	-	1974年	
25	第三卸売市場(No.1)	千葉県銚子市		震度5弱	・アンカー部コンクリートの剥離、剥落	-	-	-	-	1976年	
26	三卸売市場(No.2)	千葉県銚子市		震度5弱	・アンカー部コンクリートの剥離、剥落	-	-	-	-	1986年	
27	K小学校	千葉県佐倉市		震度5強	・アンカー部コンクリートの剥離、剥落 ・仕上モルタルの剥離	-	-	-	-	1980年	
28	K小学校	千葉県佐倉市		震度5強	・校梁端部コンクリートの剥離 ・アンカー部コンクリートの剥離、剥落 ・仕上モルタルの剥離	・仕上モルタルの剥離	-	-	-	1975年	
29	N小学校	千葉県佐倉市		震度5強	-	・仕上モルタルの剥離	-	・照明器具及び照明器具取付部化粧版の落下	-	1977年	
30	セミナーハウス	千葉県山武郡横芝光町		震度5弱	-	-	-	-	被害なし	1979年	

表6 耐震補強された建物の被害調査結果 (東日本大震災)

No.	施設名	所在地	建物の方向	震度	被害状況					施工時期	備考
					受け梁	妻壁	吹付材 その他	照明器具	その他		
1	O小学校	千葉県山武郡横芝光町		震度5弱	-	-	-	-	被害なし	1979年	
2	体育館	千葉県香取郡多古町		震度5強	-	-	-	-	被害なし	1979年	
3	F学校	千葉県船橋市		震度5弱	-	-	-	-	被害なし	1979年	
4	N小学校	千葉県船橋市		震度5弱	-	-	-	-	被害なし	1979年	
5	M小学校	千葉県山武市		震度5弱	-	-	-	-	被害なし	1983年	
6	O小学校	千葉県山武市		震度5弱	-	-	-	-	被害なし	1982年	
7	T小学校	千葉県山武市		震度5弱	-	-	-	-	被害なし	1982年	

茨城県結城市
Y中学校
全景



千葉県
N小学校
全景



受け枕梁の欠け



照明器具取付
化粧板の落下



受け枕梁の欠け



照明器具取付
化粧板の落下



福島県いわき市
魚市場
全景



千葉県船橋市
F学校
補強状況



屋根面



桁梁—SCS版接合
損傷なし



受け枕梁の欠け



SCS版相互接合
損傷なし



写真 18 東日本大震災における「福島県魚市場」・補強建物「千葉県F学校」の地震動による被害状況

福島県相馬市
卸売市場
全景



SCS版
津波による落下



SCS版
津波による落下



JDT版
トップコンが打設され
津波による落下なし

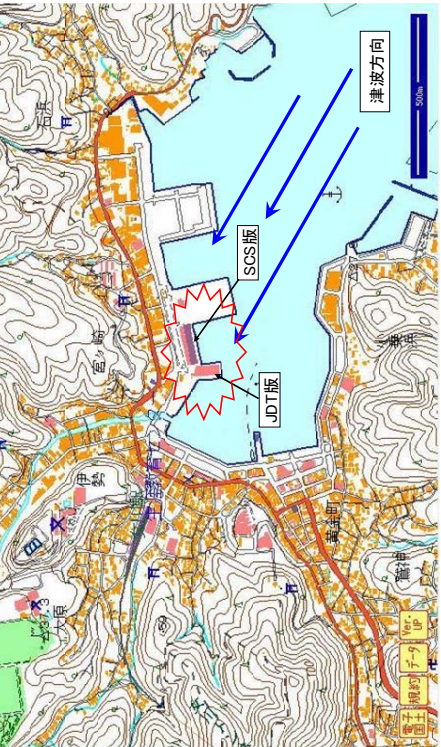
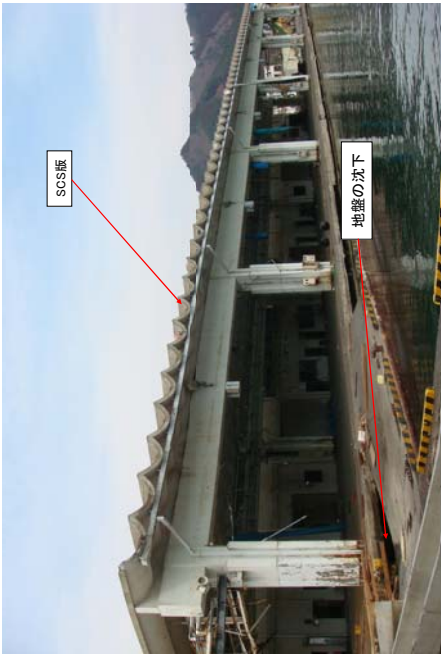


写真 19 東日本大震災における「福島県卸売市場」の津波による被害状況

宮城県女川町
魚市場
全景



SCS版
津波による落下なし



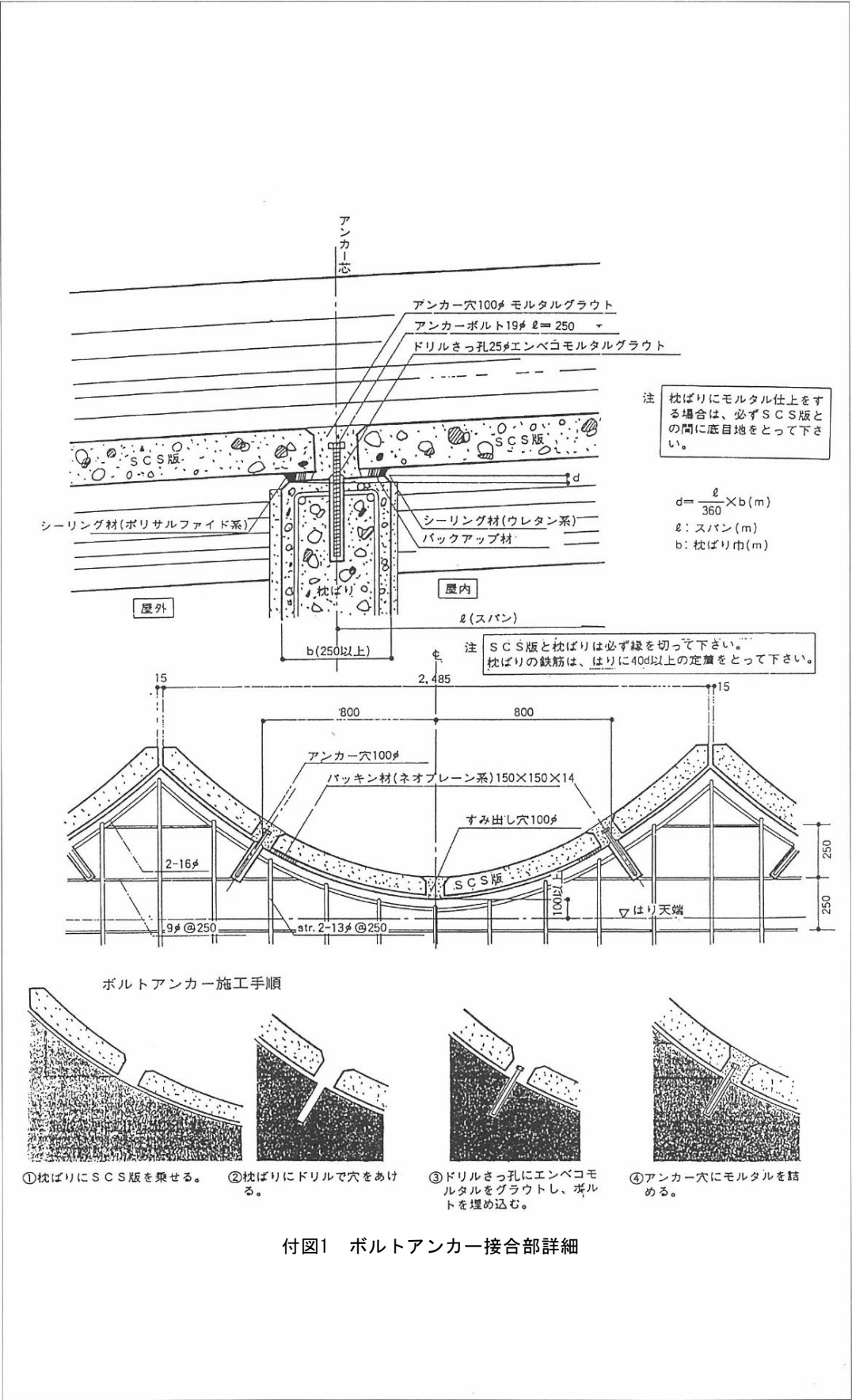
SCS版
津波による落下なし
JDT版
津波による落下

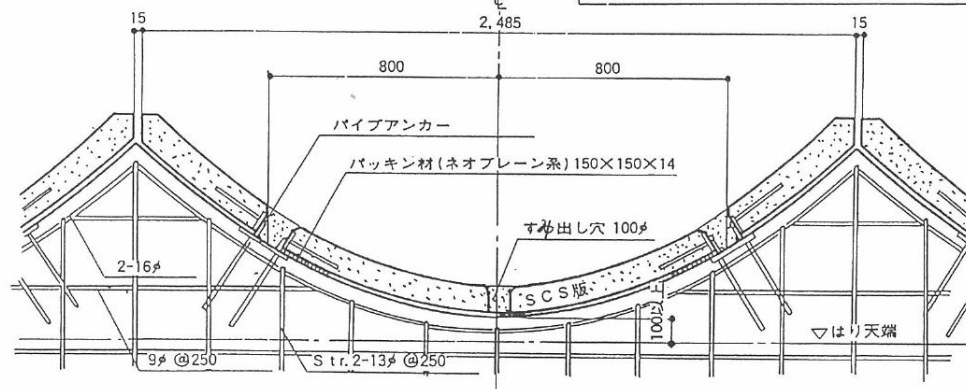
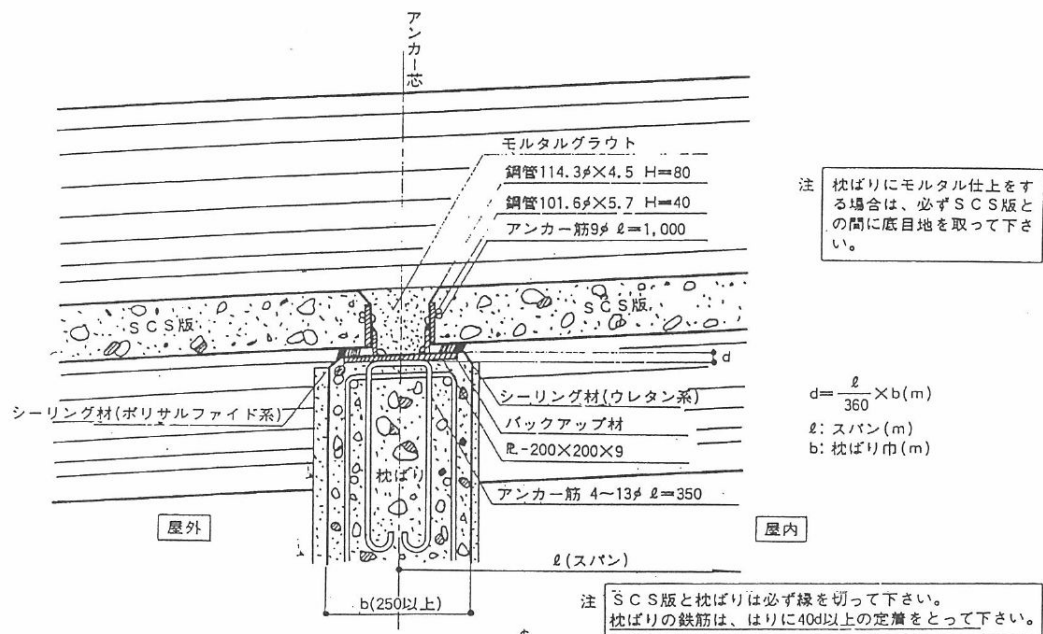


JDT版
津波による落下



写真20 東日本大震災における「宮城県魚市場」の津波による被害状況

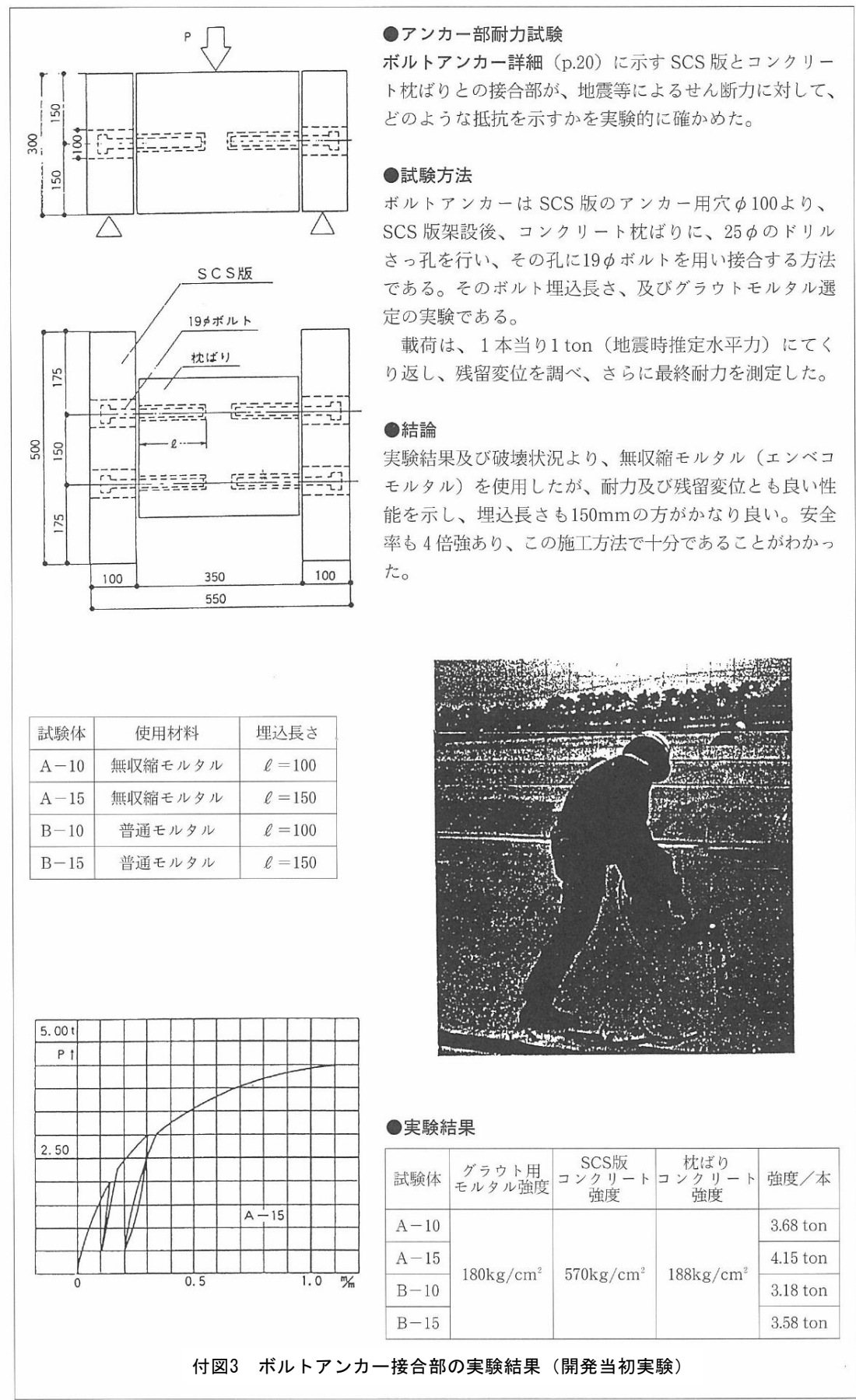




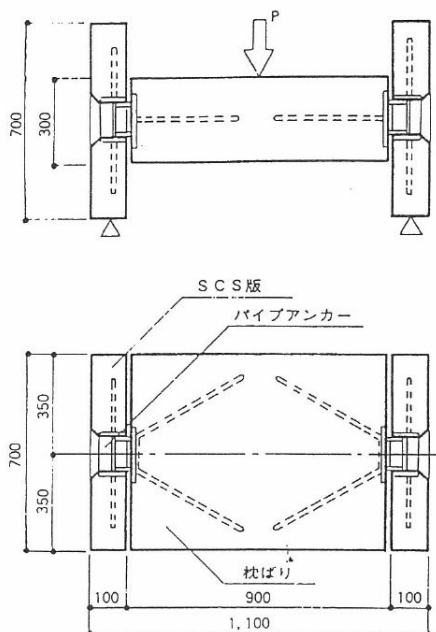
パイプアンカー施工手順

-
- ① 枕ばりに R-200×200×9 を埋込む。
 - ② SCS版に埋込んだ鋼管の中にひと回りサイズの小さい鋼管を落し込む。
 - ③ サイズの小さい鋼管を介して枕ばりの R-200×200×9 と SCS版に埋め込んだ鋼管とを溶接する。

付図2 パイプアンカー接合部詳細



付図3 ボルトアンカー接合部の実験結果（開発当初実験）



●アンカー部耐力試験

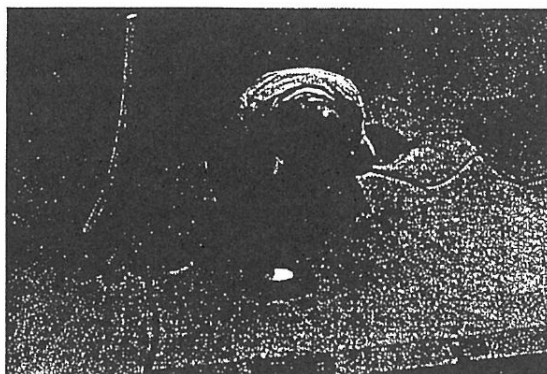
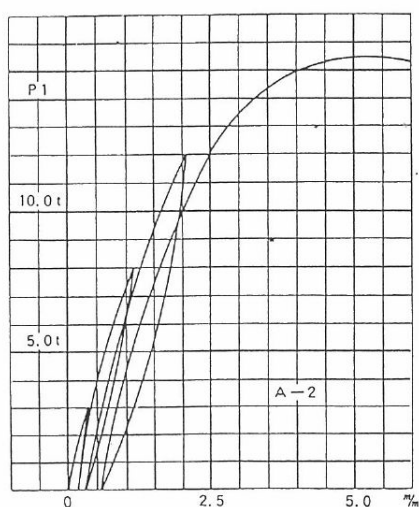
ディテール集アンカー詳細(2)に示す SCS 版とコンクリート枕ばりとの接合部が、地震等によるせん断力に対して、どのような抵抗を示すかを実験的に確めた。

●試験方法

パイプアンカーは SCS 版に鋼管114.3φ×4.5 H=80mmを、コンクリート枕ばりに、プレート200×200×9を埋込み、SCS 版架設後、鋼管101.6φ×5.7 H=40mmを、図の様に添えて溶接する方法である。その接合部に生じる応力の伝達性をしらべる実験である。載荷は、1ヶ所当り、1 ton（地震時水平力）にてくり返し、残留変位を調べ、さらに最終耐力を測定した。

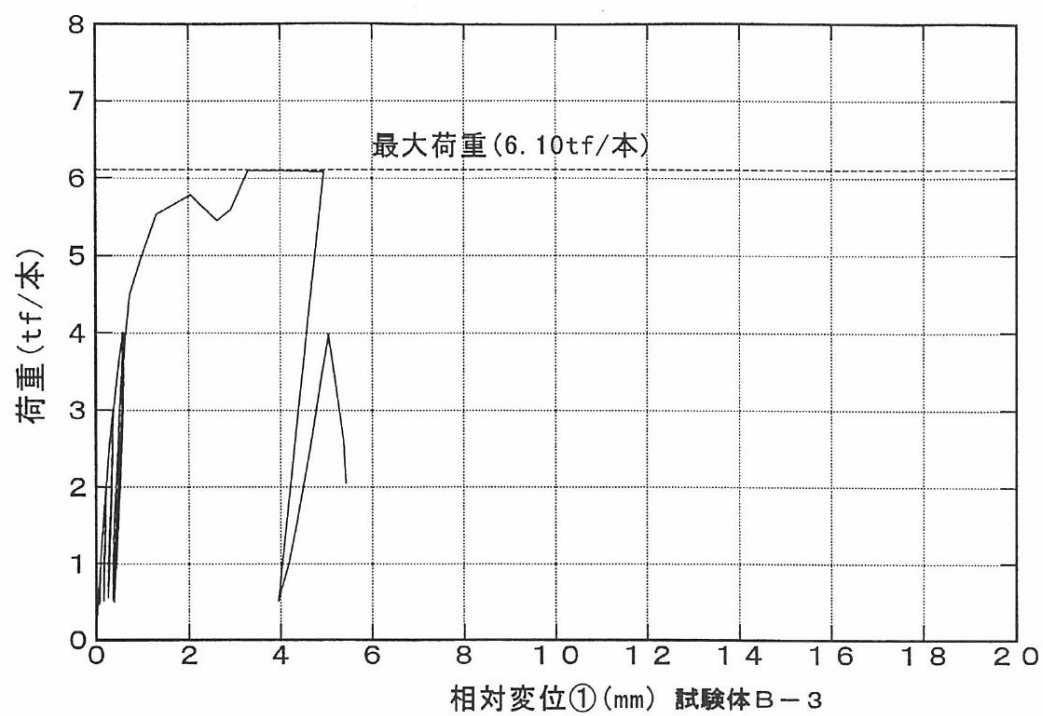
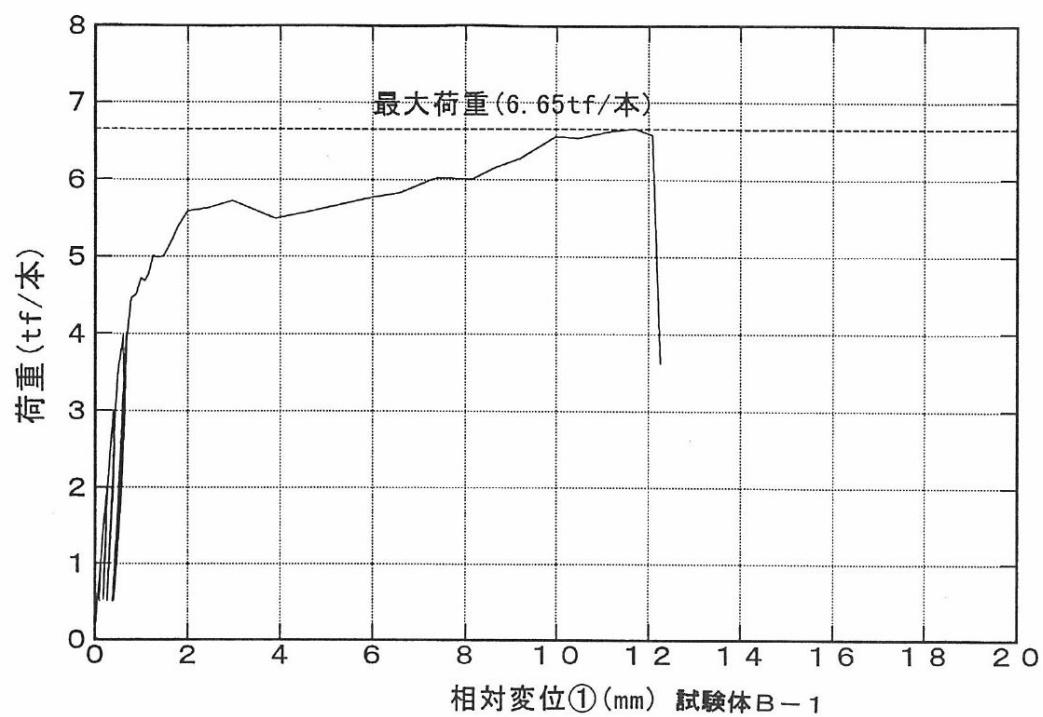
●結 論

実験結果及び破壊状況により考察すると、コンクリート枕ばりに埋込まれた、アンカー筋に添ってせん断亀裂が生じ、破壊に至った。耐力は、地震時水平力（震度0.2とした時）の10倍弱の安全率があり、この施工方法で充分であることがわかった。

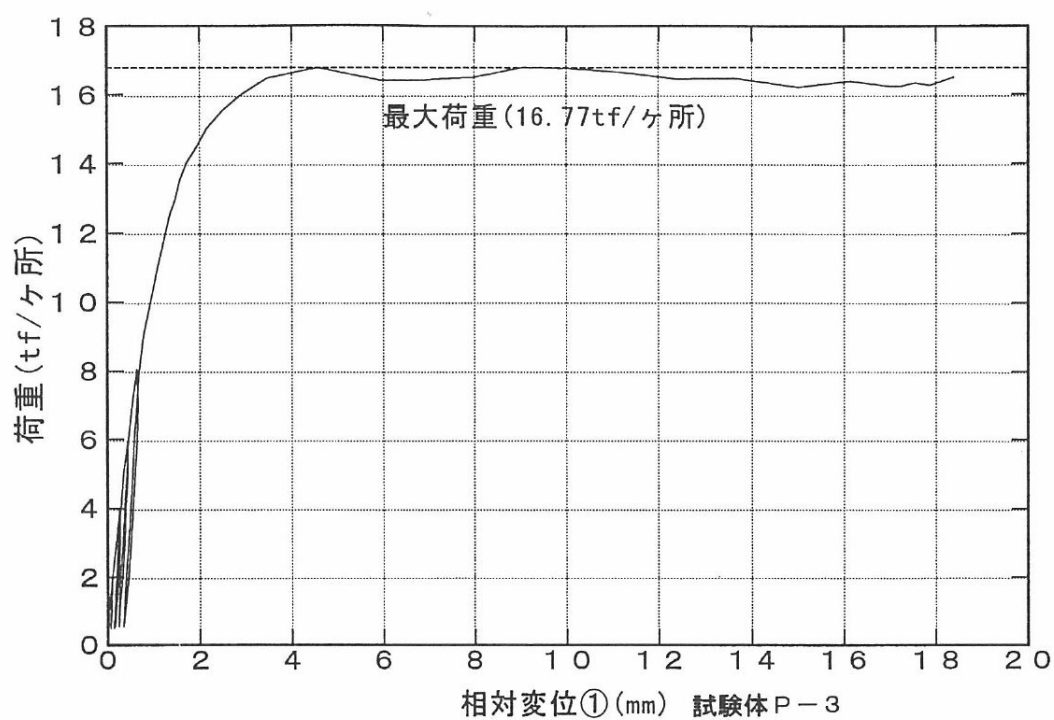
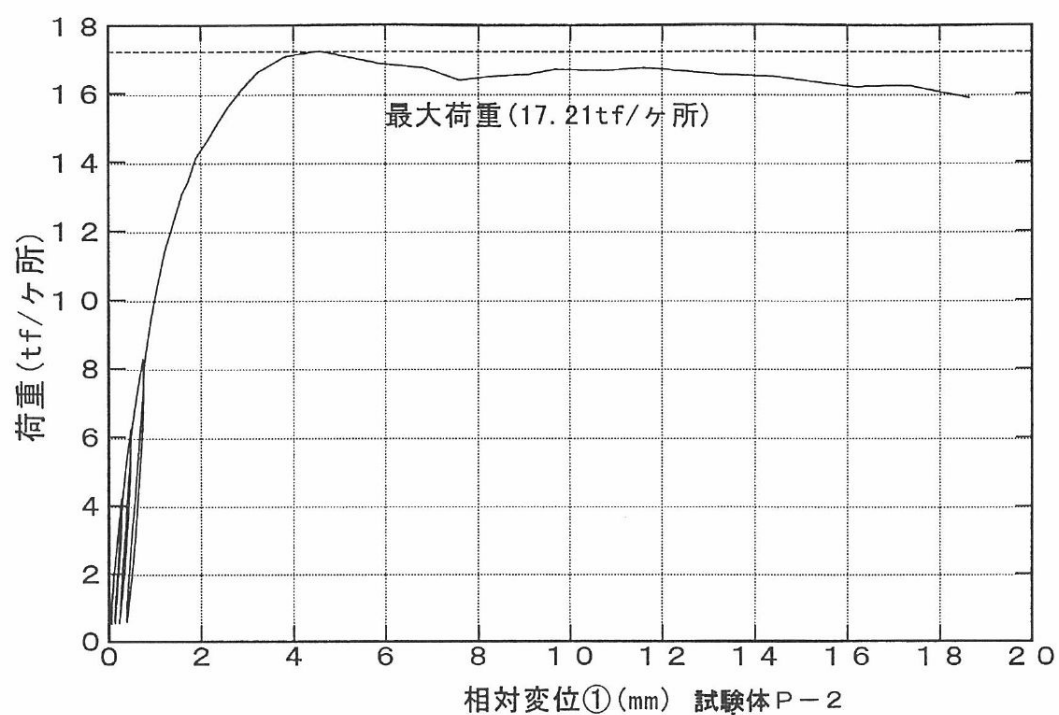


試験体	SCS版 コンクリート強度	枕ばり コンクリート強度	強度／個所
A-1	527kg/cm ²	216kg/cm ²	7.25 ton
A-2			7.5 ton
A-3			7.0 ton

付図4 パイプアンカー接合部の実験結果（開発当初実験）



付図7 ボルトアンカー接合部の実験結果 (再確認実験)



付図8 パイプアンカー接合部の実験結果 (再確認実験)

No. _____

8-4	技術関係通達	<input type="checkbox"/> 技術 <input type="checkbox"/> 製造 <input type="checkbox"/> 工事	52年10月3日 確認事項
SCS	アンカーの使い分け	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;"> 記号 ボルトアンカー ① パイプアンカー ② </div>	<div style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 30px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; margin: 0 auto;"> </div>

a) 通常

b) 片流れ

c) キール

e) 傘側

g) その他特殊

屋根の中腰、端部等必要に応じて、技術課長の判断により
 取付金具に拘らる ② 4ヶ/枚

d) 木付

f)

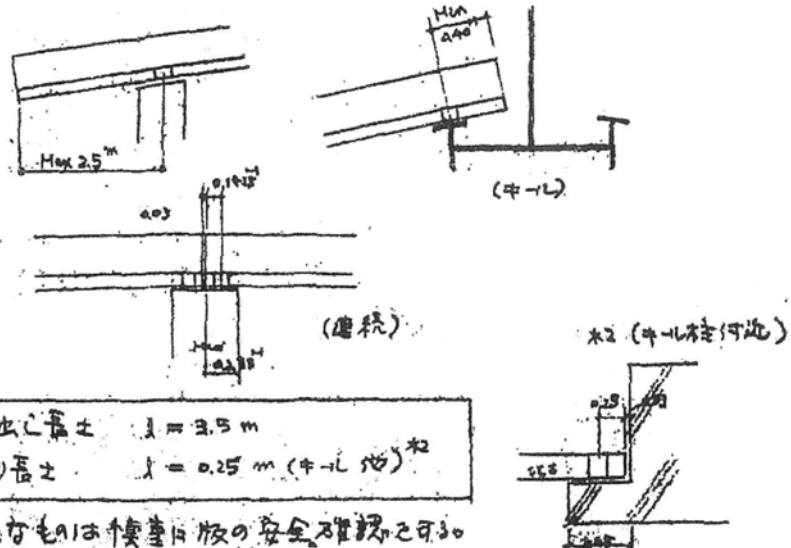
(注意) 2種アンカーの使用は、積算技術、製造及び出荷に混乱を生じやすいので、
 種の混在は避けるべきようにしなければならぬ。

8-5	技術用通達	<div><div><input type="checkbox"/> 技術 <input type="checkbox"/> 営業 工事</div><div>52年10月30日</div></div>
SCS	SCS版 跳出し長土, かか長さ	<div><div><div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div><div><div><div></div><div></div><div></div></div></div><div><div><div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div></div>

原則

最大跳出し長土 $l = 2.5 \text{ m}$
 最小かり長さ $l = 0.40 \text{ m}$ (キール, 他)
 $l = 0.285 \text{ m}$ (連続)*1

跳出し長土, かり長さは アーチ 頂から版端迄とする。
 木の連続の場合のかり長さは 梁の内面から版端迄とする。



特例

最大跳出し長土 $l = 3.5 \text{ m}$
 最小かり長さ $l = 0.25 \text{ m}$ (キール, 他)*2

更に特殊なものは構造に版の安全確認を要する。

- (注意)
- ストック, 運搬, リフティング支点は外側に設け 上側吊架を止
場合により 計算を要確認する。
 - 端部増厚及びヒール線の重心位置が断面重心より下に偏り、ポ
ズリスに引起り 及びガリ-70等による引起りの増幅が大きいの。
 - 版の振動が生じやむを得ず、連続金物 内装材に影響を及ぼし
やすい。

添付資料 4 S C S 版を屋根に使用した既存建物の構造設計内容について

A. 新耐震基準施行以前

建物に関する構造計算は、構造設計事務所が担当し、S C S 版の設計をフドウ建研(株)が担当した。

地震時における S C S 版の平面剛性はないものとした。各柱が負担する地震時水平力は、各柱が負担する屋根面の荷重に水平震度を乗じた値とした。

片持ち柱の水平震度は、0.2 あるいは設計者の判断で 0.3 が採用された。

B. 新耐震基準施行以後

設計者の判断でルート②もしくはルート③で設計された。

以上

添付資料 5
現地調査シート①

建物名称																		
所在地					施工者					設計者								
用途					建設年月													
面積		建築		(㎡) 延		(㎡)		階数		地上		階		地下		階		
高さ		軒高		(m)		階高		(m)		基礎		杭		直接				
構造概要	屋根板寸法		(m) ×		(m)		はね出し長さ		・ 1.0m 以上 ・ 1.0~0.4 ・ 0.4 以下		(m)		スパン		(m)			
	キール梁の有無						接合状況		板と板									
	板と枕梁の状況		(接合の種類) ボルト・溶接・その他															
	架構の状況		下部く体, RC造, プレキャスト壁付ラーメン,															
	平面の特徴		構造バランス															
	立面の特徴		構造バランス															
	架構形式		長辺方向		剛性スラブの有・無													
			短辺方向															
			面内剛性		大・中・小・なし													
	補強・補修		有・無															
	ひび割れ状況		枕梁付近		外壁			その他										
	不同沈下		地盤状況		建物の傾斜													
その他																		
施工概要	施工レベル		上・中・下															
	メンテの程度		上・中・下															
	コンクリート品質		上・中・下															
	外観損傷度		大・中・小		劣化の状況													
	改修・補強 模様替		有・無															
	設計と施工関係																	
	その他		雨漏り		有・無			外壁の老朽			被災経験							有・無
その他	特記すべき事項																	
設計図書		構造図		有・無			一般図		有・無			その他						
製造年月日		調査氏名		調査結果														
・		・		構造		上・中・下			施工		上・中・下							

<div style="text-align: right; margin-bottom: 20px;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">屋根伏図</div> </div> <div style="text-align: right;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">軸組図</div> </div>								
調査位置 NO	ボルトアンカー（B）				パイプアンカー（P）		備考	
	ボルト 径	埋め 込み 深さ	突出 長	モルタル 充填度	溶接欠陥の有 無			溶 接 の ど 厚
					上部	下部		
1								
2								
3								
注釈	B ： ボルトアンカー P ： パイプアンカー 接合方式が二種類の場合、調査箇所は接合方式別に 3 箇所とする。一種類の の場合、合計 3 箇所とする。中央 1 箇所は反対側通りとする。							

< J C I, '07・8・1 シンポジウム（於；日大）資料 >

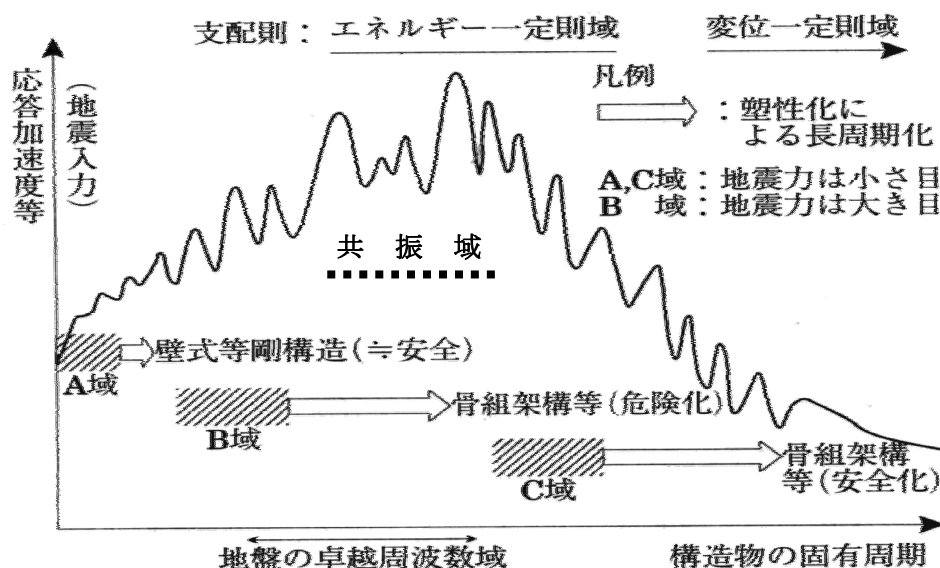
—— 地盤との共振性 ——

07・5 鈴木

「参考」修復後の力学特性と耐震性：初期剛性の低下の影響

補修補強後の力学特性として注目すべき項目を要約すれば、①初期剛性（構造物の固有周期に関係）、②最大耐力と変形能力（靱性）、③繰り返し耐力劣化性状、④等価粘性減衰係数（ h_{eq} ）などであろう。これらの特性がオリジナルの諸特性に対しどのように変わったのかが問題となるが、②と③は一般的には被災前の状態あるいはそれ以上にも修復されるのに対し、①の“初期剛性”は、補修用樹脂等が微細ひび割れまで浸透しにくいこと等のため、通常は剛性低下を起こす。

この初期剛性の低下は、一般的には“力学性状の劣化”と評価され易いが、動的状態、特に地盤との共振性の観点からは、必ずしも危険側にはならない、ことを下図に示した。



図一4.4.1.4 構造物の塑性化と危険性・安全性 [1]

このスペクトル図は構造体の塑性化によって伸びる固有周期とその危険性・安全性について示してあるが、“剛性低下”も同じ意味を持つ。構造物の振動周期をその地盤の卓越周期に対し、A, BおよびC域に分けると、危険性・安全性は次のようになる。

A域：壁等による剛性大、塑性化しにくく、固有周期の変化は小、一応安全

B域：塑性化（剛性低下）によって固有周期の伸びが大きく、“共振域”の方に移るので、危険性が増す

C域：塑性化（剛性低下）によって入力減少域に移るので、構造体の劣化が進んでいなければ、“安全化”となる

④の h_{eq} は一般に減少するようであるが、それによって上図のスペクトル曲線は上昇するので、上記の判断にはこれを加味する必要がある。

今後の課題：初期剛性の低下とこの h_{eq} の変化（低下）との関連性の究明

引用文献 [1] 鈴木計夫；大地震時の構造物の崩壊防止をめざして；コンクリート技術の要点 1999,2000 年版（資料編：新技術の要点）；日本コンクリート工学協会

[担当 鈴木計夫]

あとがき

本研究会はシルバークール体育館の耐震補強について石本会員から兵庫県建築構造技術研究会会員と意見交換したいとの申し出があったのが発端である。会員から本研究会への参加者を募り活動を始めた。

はじめの数回は シルバークール屋根の平面剛性についての意見交換，兵庫県南部地震におけるシルバークール体育館の被害に関して意見交換を行っていた。このような意見交換を続けているうちに鈴木会員よりこの研究会で被害調査および補強法についてまとめ，全国へ発信しようとの提案があり，目次を作っていた。

この目次に沿って 坂田委員，土居会員が原案を精力的に作成し，研究会で意見交換を重ねた。(株)建研からは地震被害調査，耐震補強などに関する資料の提供を受け充実した内容となった。

兵庫県住宅建築総合センター（理事長 依藤 庸正）からは兵庫県建築構造技術研究会発足以来（2006～）研究会の活動に対してご理解をいただき支援を受けております。

最後に出版（印刷）に際して(株)建研の全面的なご支援を受けました。資料の提供ならびに出版に際し惜しみないご協力をいただいた(株)建研に心より御礼申し上げます。

この資料がシルバークール屋根を用いた建築物の耐震補強に参考になれば幸いである。

2012 年 1 月 記す

兵庫県建築構造技術研究会 会長

三谷 勲