

- 新工法検討の基準
- ・外観を損なわない。

・現場作業の容易なもの

＜耐震補強工法の分類と新工法＞

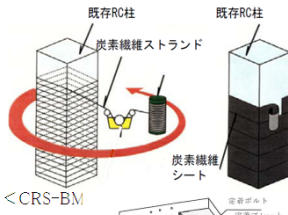
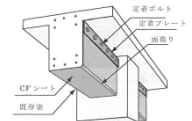
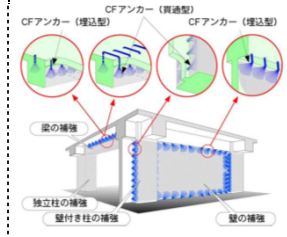
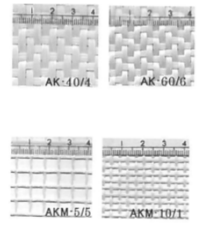
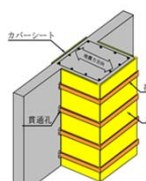
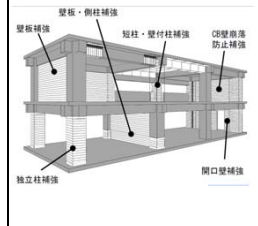
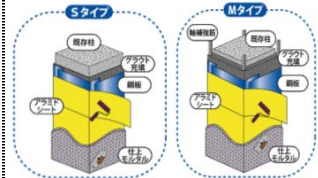
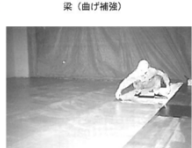
大分類	中分類	小分類	新工法の検討	
靱性型補強	連続繊維補強	炭素繊維	CRS工法	1
			CFRPラミネート工法	2
			SR-CF工法	3
			Highper CF工法	4
		アラミド繊維	AF工法	5
			フィブラシート工法	6
			ハイゼラス工法	7
			アラミドPre Cast工法	8
		ポリエステル繊維	SRF工法	9
	鋼板補強	3Q-Column	10	
SPAC		11		
RC巻立補強				
強度型補強	内部壁の増設	増打ち壁		
		開口閉塞		
		そで壁		
		プレキャスト型	3Q-Wall工法（Pre Cast ブロック）	12
			3Q-Wall工法（FRPブロック）	13
			格子型ブロック耐震壁	14
			鋼管コッター工法	15
	内部鉄骨枠組補強	鉄骨ブレース	3Q-Brace工法	16
		鉄板壁		
	外部増設補強	外付けブレース	適用困難	
		架構の増設		
バットレスの増設				
フレームの増設				
損傷集中の回避	振動特性の改善	偏心率の改善		
		剛重比の改善		
		エキスパンションジョイントの改善		
	極脆性部材の解消	地震スリットの新設		
		破壊モードの改善		
地震の低減	重量の低減	高架水槽などの撤去	適用困難	
		屋上防水用コンクリートの撤去		
		上層階の部分撤去		
	免震構造	基礎免震		
		地下免震		
		中間層免震		
	制震機構の組込	金属ダンパー		
		オイルダンパー		
基礎の補強	基礎梁の補強		適用困難	
	杭の補強			

（３）耐震補強の新工法についての検討

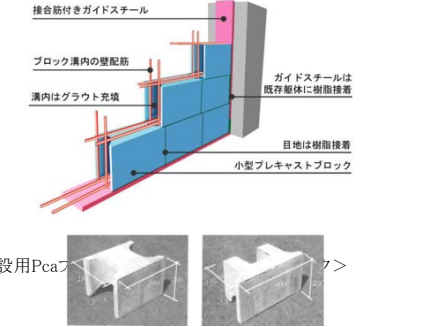
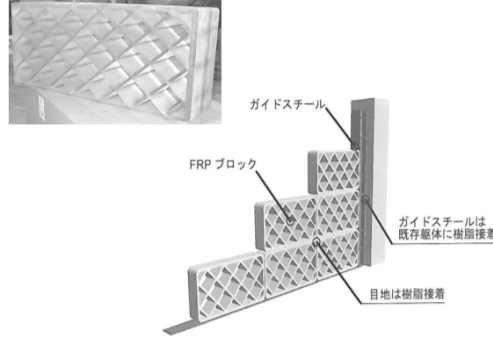
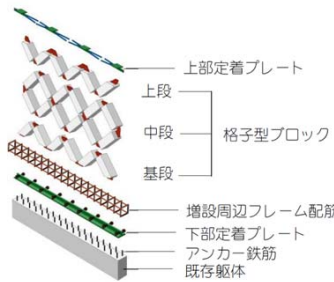
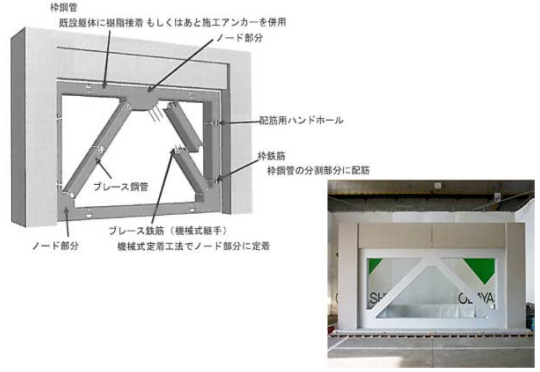
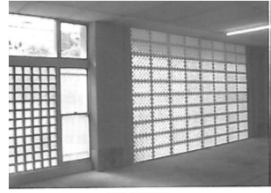
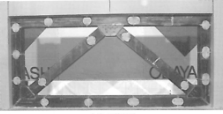
【資料３－１】耐震補強の新工法

【資料３－２】耐震補強改修の検討

(1) 靱性型補強

分類	連続繊維									鋼板補強		
	連続繊維工法の共通特徴				＜鋼板巻きとの比較＞ - 溶接作業や重機作業不要 - アンカーや補強材の支保工が不要 - 作業時間短縮 - 補強後の重量や部材断面の増加少ない - 作業工程における品質管理容易				＜施工手順＞ 仕上げ撤去（SRF工法では、仕上げ撤去が必要ない場合がある） 下地処理及びプライマー塗布 シート貼り付け モルタル等で仕上げ			
	炭素繊維				アラミド繊維				ポリエステル繊維			
工法	① CRS-CL ・ CRS-BM	② CFRPラミネート	③ SR-CF	④ Higher CF	⑤ AF	⑥ フィブラシート	⑦ ハイゼラス	⑧ アラミドプレキャスト	⑨ SRF	⑩ 3Q-Column	⑪ SPAC（Sタイプ & Mタイプ）	
概要	炭素繊維シートにエポキシ樹脂を含浸し、柱・梁に巻きつける <CRS-CL>  <CRS-BM> 	炭素繊維強化プラスチック板をエポキシ樹脂で貼り付ける	ひも状の炭素繊維ストランドを束ねたものを、CF-アンカーを用いて補強部材に定着 	建築物と炭素繊維シートの間に緩衝材設置	アラミド繊維シートをエポキシ樹脂でRC構造物表面に張り付ける 	アラミド繊維を織上げたシートをRC表面に貼り付ける 	フィブラシート(アラミド繊維シート)を用いたカバーシートを柱・梁部材の表面に貼り付けた上に、高目付の帯シートを連続的に重ね一定間隔で巻き付ける 	工場であらかじめ製作したアラミド板(フィブラシート可能)を現場で貼り付ける 	ポリエステル繊維を補強部材に貼り付ける 	柱の周囲に、予め工場で製作した小型の鋼製パネルを取り付けた上、パネルと既存柱の間を高強度の無収縮モルタルを充填し、ボルトで一体化する 	靱性・強度型併用(鋼板+連続繊維) <Sタイプ> 柱の周囲を鋼板と繊維シートによって巻き、柱と鋼板の間にグラウト・モルタル充填し、せん断耐力向上 <Mタイプ> Sタイプに、さらに、曲げ耐力向上のために、柱と鋼板の間に高強度鉄筋を挿入する補強法もある(Mタイプ) 	
各工法特徴												
適用範囲	- RC・SRC建造物の柱、梁 - 独立柱に施工性高 - ラーメン構造 - コンクリート強度13.5N/mm以上	- 適用範囲:RCの床スラブや梁(引張あるいは曲げ部材の補修) - 軽量の帯状材料で施工が簡便なので、設備配管等の多い天井裏等に設置可能	RC・SRCの柱、梁、壁 低強度Cにも効果 CRS工法に比べて、壁付柱や梁等へ施工容易		- RC建造物の柱(正方形及び円形) - コンクリート強度13.5～33N/mm	RC建造物の柱、梁、床		壁やスラブに貫通穴を設け、帯シートを巻くことで、閉鎖型補強可能	土木工事に幅広く使用	RC建造物の柱、梁、壁	RC建造物の柱、壁付柱	- RC建造物の柱、梁、壁、接合部 - 低強度コンクリートに設置可能
施工性	- 居ながら施工可 - 現場施工性容易	居ながら施工可	居ながら施工可		居ながら施工可				居ながら施工可	居ながら施工可	居ながら施工可	居ながら施工可
コスト(単価)	1.8～2.4万円/㎡ (補強部分概算、小学校事例から) 1.9万円/㎡ (延面積2589㎡小学校工事例から)	調査中	7.35万円/㎡ (2001年調査資料)	4.9万円/㎡ (直接工事費、清水建設資料)	6.68万円/㎡ (直接工事費(材料+施工費)、(株)ファイベックス資料)	調査中	調査中	7.75万円/㎡ (直接工事費(材料+施工費)、(株)ファイベックス資料)	50万円/本、2700円/㎡ (事務所施行例、SRF研究会資料)	調査中 一般の鋼板巻き工法の工事費:7.45万円/㎡(6mm鋼板採用、2001年資料)	調査中 一般の鋼板巻き工法の工事費:7.45万円/㎡(6mm鋼板採用、2001年資料)	調査中 一般の鋼板巻き工法の工事費:7.45万円/㎡(6mm鋼板採用、2001年資料)
その他(工期、維持管理等)	- せん断耐力向上 - 巻足しできるので、設計基準改正に対応可能 - 梁施工はシートと躯体コンクリートの定着が重要	- CRS工法より、単位幅当り炭素繊維量が4~8倍多いので、使用量及び施工面積減少 2010年3月現在施工実績:671件	2010年1月現在施工実績:963件	使用炭素繊維量を減少し、コストダウン	<炭素繊維シート工法との比較> - 比電導材料で、電気ショートや鋼材との電食恐れがない - 屈曲に強いので、柱隅部位の面取り半径が小さい - 樹脂含浸性が高く、貼り付け層数が減少(炭素繊維に比べて2/3程) - 焼却処分可能			- 仕上げが健全な場合、撤去せずに施工可能 - 施工後、釘、ビスなどを打っても補強強度に問題ない - 極めて短い施工時間(RC独立柱1本:1時間ほど) - 対象部材をにボルト等の穴空けが必要なく、元建物を傷つけない - ポリエステル繊維の使用につき、耐火被覆を行う必要がある	- 工期:柱1本およそ5日(仕上げ除去から仕上げ材) - 制振柱構造として地震力に対抗する可能性 - 接着剤やグラウト材使用のため、施工時の温度に注意が必要 <鋼板巻き工法と比較> - 溶接不要 - 柱の寸法おに自在対応可能(鋼板裁断不要) - 鋼板厚が薄い <AF工法(アラミド繊維シート)との比較> - 使用繊維面が減少 - 下地処理が容易(AF工法は不陸調整必要)			
施工事例・参考写真	<CRS-CL>  <CRS-BM> 	 			 	   	  	 			   	

(2) 強度型補強

分類	内部壁の増設				内部鉄骨枠組補強
工法	プレキャスト型				鉄骨ブレース
	⑫ 3Q-Wall (Pre Cast ブロック)	⑬ 3Q-Wall (FRPブロック)	⑭ 格子型ブロック耐震壁	⑮ 鋼管コッター	⑩ 3Q-Brace
概要	小型のブロックを組積し、ブロック内部にはグラウト充填することで、耐震壁構築 ・使用ブロック材:PCaコンクリート  <新設用Pca>	ガラス繊維強化プラスチック(FRPブロック) 	鋼板を内蔵したPCa部材を、斜め格子状に配置 	既存躯体に円周状の溝を掘り、接着用樹脂でコッターを挿入した後、コンクリートで周辺を充填することで、建物とRC耐震壁との一体化を図る 	割された軽量な鋼管を用いて、溶接せず²⁾にブレースを構築 
各工法特徴					
適用範囲	補強壁の新設、増厚	壁の増厚	設置箇所壁の縦横比が1以下	既存躯体コンクリートの被り厚さ、鉄筋の位置確認必要	
	施工性	・居ながら施工可			
	コスト (単価)	3.7万円／㎡ (述面積609㎡の小学校実施事例から) 一般のRC壁設置工法の工事費:調査中	調査中	RC耐震壁の新設と並行した工事で、2.3万円／㎡ (述面積3763㎡の小学校実施事例から)	3.03万円／㎡ (述面積2740㎡の小学校実施事例から) 調査中 一般の鉄骨ブレース工法の工事費:調査中
	その他 (工期、維持管理等)	・手運び可能 ・工期短縮、騒音振動発生低減 ・接着剤使用のため、温度に注意必要(5℃以上)	・軽量 ・開口率が高く、採光、通風性に優れており、意匠性が高い ・開口率大きい壁の開口部に設置することで、耐震壁として評価可能 ・施工において、具ら宇土重点がなくPcaブロックより工期短縮	・水平方向線弾力を、格子材の軸力に置換、高い耐震性確保	<従来の枠付け鉄骨ブレース工法との比較> ・騒音、振動、粉塵発生が軽減 ・工期短縮 ・溝が深くなく、躯体の鉄筋に傷つけなく、臨時の位置に設置可能 ・既存の躯体仕上げを残しながら施工可能 ・2010年11月現在まで全4件実績(2009年開発)
施工事例・参考写真	<工事の手順> ガイドスチール設置・縦筋の配筋 →ブロック組積・横筋の配筋 →グラウト充填(型枠設置)	 外部	 ■北海道電力(株) 釧路支店社屋	<工事中> 	<工事の手順> 枠鋼管の取り付け、背筋 →ブレース鋼管の取り付け、背筋 →型枠・グラウト充填 →型枠脱型
	 (a) ガイドスチール設置  (b) ブロックの組積  (c) グラウト充填  (d) 完 成	 内部(駐車場)	 ■銀座大成ビル	<工事後> 	 (a) 枠鋼管の取り付け、配筋  (b) ブレース鋼管の取り付け、配筋  (c) 型枠・グラウト充填  (d) 型枠脱型

耐震補強改修の検討

（１）靱性型・強度型補強の検討

- ①検討条件
- ・現状建物の耐震性能は平成元年実施の耐震診断結果に基づく。
 - ・補強後の耐震性能の目標値は、耐震改修促進法等の耐震指標の判定基準が 0.6 であり、官庁施設のうち、多数の者が利用する施設では余裕度を 1.25 倍としていることから、Is=0.75 程度とする。
 - ・上記より、補強が必要な階は 1 ～M3 階、計 4 階とする。
 - ・基礎（杭）支持力及び鉄骨部分については、平成元年耐震診断において問題無と判断されているため補強は考慮しない。
 - ・外観に支障を与えない工法として、屋内で行うものとする。
 - ・補強工法は比較的実績の多い一般的な工法から選択した。（※新工法等の実施によってコスト等は変動可能）

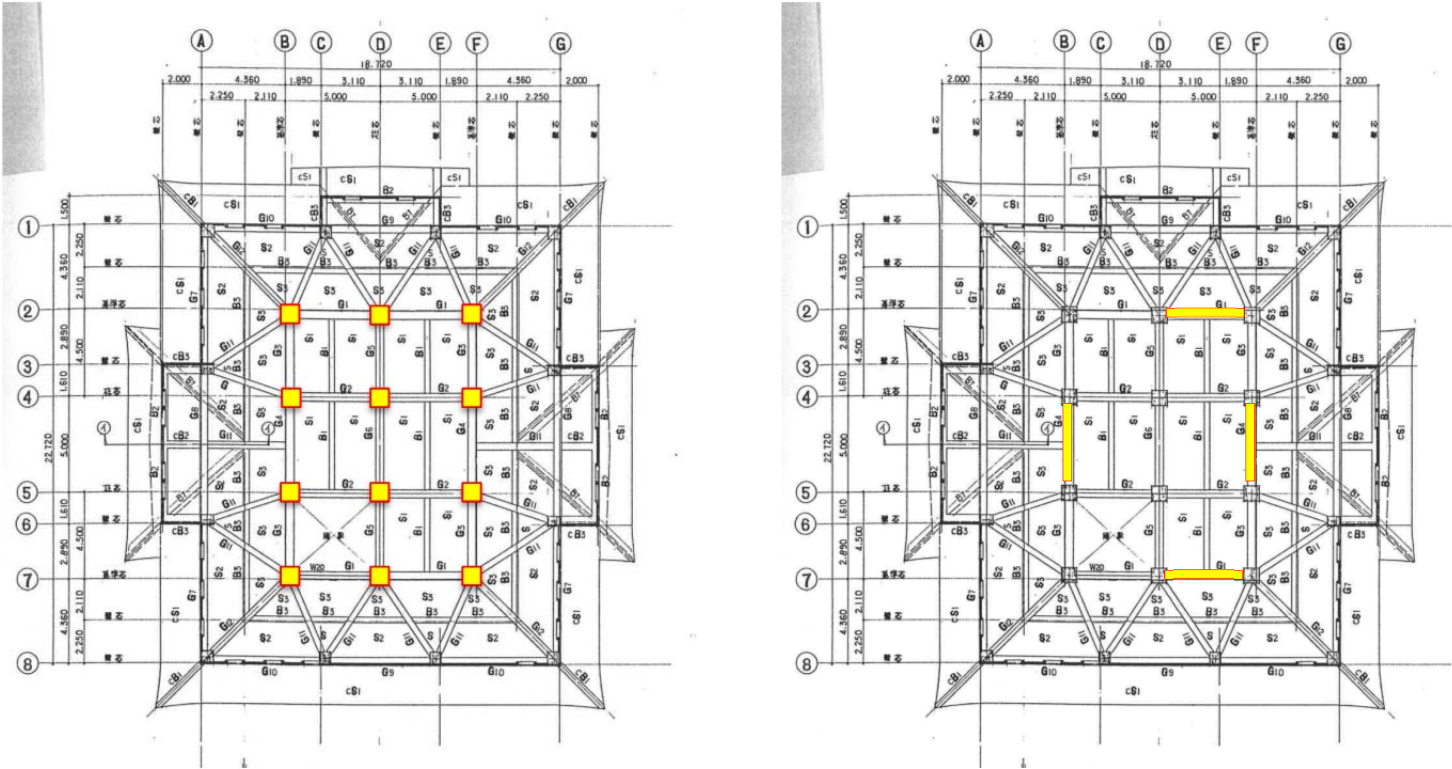
<平成元年耐震診断結果>(階：構造図表記)

日本建築防災協会 判定基準			神奈川県耐震性判定指標値 (i) 東海地震				神奈川県耐震性判定指標値 (ii) 南関東地			
方向	階	Is	方向	階	Isk/Iso	ランク	方向	階	Isk/Iso	ランク
X 方向	3	0.74	X 方向	3	0.57	C	X 方向	3	0.50	C
	M 3	0.56		M 3	0.44	D		M 3	0.39	D
	2	0.69		2	0.52	C		2	0.45	D
	M 2	0.47		M 2	0.39	D		M 2	0.34	D
	1	0.61		1	0.51	C		1	0.45	D
	B 1	0.79		B 1	0.64	C		B 1	0.56	C
Y 方向	3	0.93	Y 方向	3	0.69	C	Y 方向	3	0.61	C
	M 3	0.65		M 3	0.49	D		M 3	0.43	D
	2	0.68		2	0.49	D		2	0.43	D
	M 2	0.43		M 2	0.34	D		M 2	0.30	D
	1	0.58		1	0.46	D		1	0.41	D
	B 1	0.81		B 1	0.63	C		B 1	0.55	C

②現状建物の特徴と補強工法

- ・ほぼ左右対称
- ・地下階を除いては両方向ともラーメン架構、地下階のみ外周に耐震壁（土圧壁）

- ・ 1 ～M 2 階の外周フレームは 1 階床レベルの片持ち梁にて支持された架構であり、耐震上メインとなるフレームは X 方向（②、④、⑤、⑦）の 4 フレーム、Y 方向（③、⑥、⑧）の 3 フレームである。よってこれらのフレーム（柱）が補強対象となる。
- ・柱、梁断面は十分に大きく、また主筋量も多いが、それに対して、柱 Hoop は 9φ@250 と過小であり、これが高い耐震性能を発揮できない原因となっている。よって、Hoop 筋の少なさを補うような補強（靱性型補強）が最も効果的であると考えられる。
- ・RC 壁又は鉄骨ブレースによる補強は、平面内で均等にバランスよく配置する必要があるため、耐力的には 1 ヶ所でよい場合でも 2 ヶ所に設ける必要が生じる可能性がある。



③耐震補強工事費

	靱性型補強	強度型補強
補強内容	柱補強：48 ヶ所 12 ヶ所×（1～M3 階）	壁・ブレース設置：16 ヶ所 4 箇所×（1～M3 階）
単価（目安）（＊） （万円／箇所）	連続繊維の場合：30～80 鋼板巻きの場合：50～100	RC 壁の場合：150～250 鉄骨フレームの場合：200～400
工事費（目安）（＊＊） （万円）	連続繊維の場合：1,500～4,000 鋼板巻きの場合：2,400～5,000	RC 壁の場合：2,400～4,000 鉄骨フレームの場合：3,200～6,400

- ＊ 単価：消防庁資料参照
- ＊＊ 工事費（目安）：共通仮設工事・仕上げ工事・設備工事等は含まない

(2) 中性化対策の検討

	表面被覆工法	再アルカリ化工法
効果	中性化の進行を制御	中性化コンクリートの再アルカリ化
工法	中性化の要因である CO2 等劣化因子の侵入を制御 コンクリート表面をモルタルや樹脂等で被覆	電気化学的にアルカリ溶液をコンクリート表面から鉄筋周辺まで非破壊で浸透させる工法 表面に設置したワイヤーメッシュと内部鉄筋に電極を繋ぎ、14 日程度の通電を行う 表面の電極にはアルカリ溶液材を吹き付ける
工事費 (目安)	1 万円/㎡	5 万円/㎡
備考	既存塗装撤去、調整が必要	既存塗装撤去、調整が必要 表面被覆工事を伴う

(3) 大規模・小規模の耐震改修項目（詳細は、【資料 1－2】）

大規模改修	小規模改修
①靱性型補強 ②強度型補強 ③再アルカリ化 ④表面被覆	①靱性型補強 ②表面被覆

※参考：靱性型補強の工事費目安

(A 社見積、(財) 建築保全センター (2001 年) 資料から再引用)

検討条件：独立柱 (700 mm 角、高さ 2,600 mm) に施工

補強方法	単価 (円/本)	単価 (円/㎡)
炭素繊維シート 1 層	24.5 万	3.36 万
炭素繊維シート 2 層	36.8 万	5.05 万
鋼板巻立て (6 mm)	54.3 万	7.47 万
鉄筋補強	-	15.5 万
SR-CF 工法、2 層	58.8 万	7.35 万
スリット＋炭層繊維シート 2 層	83.5 万	10.44 万
スリット＋鋼板補強 (6 mm)	112 万	14.00 万

※参考：他耐震補強事例

類似の面積当たり単価から、小田原城における耐震補強工事費用（目安）を換算

検討条件：面積当たり単価：補強箇所における単価ではなく、総補強費用を延面積に割ったもの

天守閣の面積は、RC 部延面積 1,669 ㎡採用

階数 (階) 延床面積 (㎡)	実施補強法	耐震効果 (前→後)	工事費 (万円)	単価 (万円/㎡)	天守閣面積に換算 (万円)
K 庁舎					
地上 4 1,405	鉄骨ブレース 10 ヶ所 耐震壁増設 2 ヶ所	0.40～0.70 →0.90～1.20	約 8,000	約 5.7	約 9,513
T 庁舎					
地上 5 3,279	耐震壁増設 6 ヶ所 柱巻補強 12 ヶ所	0.50～1.30 →0.90～1.30	約 4,500	約 1.4	約 2,337
兵庫県立姫路南高等学校					
地上 4 3,740	耐震壁増設 (鋼管コッター工法) 鉄骨ブレース	0.28 →0.80	約 11,330	約 3.03	約 5,057
甲賀私立油日小学校					
地上 4 2,243	柱巻 (SRF 工法) 2 ヶ所 鉄骨ブレース 10 ヶ所	0.36 →0.81	約 6,080	約 2.7	約 4,506