

【技術報告】

都市ごみ焼却施設の耐震設計上の留意点

Notes on earthquake-proof designing method for incineration plants focussing on
earthquake countermeasures

藤吉秀昭* 中川容一**

Hideaki FUJIYOSHI and Youichi NAKAGAWA

キーワード：耐震設計、地震被害、ごみ処理、焼却施設

1. はじめに

兵庫県南部地震の被害を教訓にして都市施設の耐震設計手法の見直しが進んでいる。ごみ焼却施設についても、その被害は幸いにも軽微であったが、耐震設計の盲点とでも言うべき点がいくつか指摘されている。これまでの調査研究報告を参考にしつつ、ごみ焼却施設設計において耐震上留意す

すべき点を整理し、施設の計画設計審査や施工管理において、有効に活用できるマニュアルを作成することを目的としてとりまとめた。

2. ごみ焼却施設の被害実態

厚生省の調べによると本地震の被災地域に位置するごみ焼却施設が被った被害は表1に示す

表1 兵庫県南部地震による廃棄物処理施設被害状況¹⁾

市町村	施設名	規模(t/d)	竣工年	被害状況
神戸市	①港島	300	S59	断水、橋不通のため収集不可、スロープに段差
	②刈藻島	400	H 2	断水、橋不通のため収集不可
	③東	690	S50	地下浸水
	④西	450	H 7	断水、クレーン故障
	⑤落合	450	S54	断水、1炉蒸気漏れ
尼崎市	⑥第1工場	345	S51, H2	1炉に被害
	⑦第3工場	300	S57	被害有り
西宮市	⑧東部	450	S54	断水
	⑨西部	240	S59	建屋一部崩壊
芦屋市	⑩環境処理	150	S52	断水、収集不能
	⑪センター	230	H 7	
明石市	⑫大久保	150	S52	クレーン、EP故障
川西市	⑬南部	75	S53	炉内レンガ脱落、煙突破損
加古川市	粗大ごみ			配管一部破損
稻美町		30		操作盤一部脱落
播磨町		60		進入路陥没
北淡町	⑭	10	H 4	水道断水
淡路町	⑮	10	S49	煙突破損
豊中・伊丹	⑯	225		1, 2号炉煙突倒壊、1号炉煙道破損 薬品タンク破損、洗煙排水冷却装置破損 排水処理設備破損、各種配管・配線破損
吹田市	⑰	450		プラント用高架タンク出口管漏水 排ガス洗浄設備冷却塔温水管漏水

*(財)日本環境衛生センター東日本支局環境工学部
Department of Environmental Engineering, East Branch,
Japan Environmental Sanitation Center

**大建設計 横浜事務所 構造設計室
Daiken Sekkei, inc. Yokohama Branch

すとおりである。表に示すように一部の煙突の倒壊や搬入道路の陥没等が目立った被害であり、全般的には被害は軽微であった。

3. 地震と被害の特徴

(1) 地震の特徴

今回の地震の発生機構及び特徴については、多くの調査報告があるが、基本的特徴を整理すると以下のようになる。

①震源は明石海峡地下10km付近で、震源断層は花崗岩体で動いた。

発震機構は東西圧縮の右横ずれである。全体としての断層運動は初期破壊から約10秒で終了している。強震動は最初の2~3秒間に震源付近の幅約10kmの帯から放出されている。

②本震直後の余震の分布は淡路島北淡町から芦屋市にかけての範囲でおきている。

③六甲断層系の地下で生じた強震動が、大阪盆地末端付近の階段上の基盤構造の部分で地盤特性の変化により增幅され、帶状の震度7の地域がもたらされた。²⁾

(2) 被害の特徴

①神戸市街地では地下での右横ずれ断層運動に対応した系統的な地表地盤の変位、変状や電柱倒壊が生じた。³⁾

②直下地震に特有の長周期波パルスによって、震源域から離れた宝塚や西宮でも大きな被害がでた。⁴⁾

③神戸湾等の港湾岸施設はその大半が被災した。ケーソン型岸壁や護岸の被災形態は最大5mの海側への水平移動、最大2mの沈下及び傾斜である。原因是ケーソン自体の潤動ではなく支持地盤とともに変形したと考えられる。埋め立て地では、過去に例のない大粒の砂が液状化した。⁵⁾

④新耐震基準施行以降の建物の被害は比較的軽微であった。しかし、一方で超高層集合住宅で主柱が破断し耐震技術上の問題点が明らかになった。

⑤水道管、ガス管等の被害は地盤条件によって大きく左右されているが、特に古いタイプの管種に集中した。

(3) 建築学会調査報告

建築学会により出された被害報告⁶⁾によると建築物被害の特性は次のとおりである。

①建築年と被害状況との関係は、現行の耐震基準以前の建築物の被害が大きい。特に昭和46年以前の建築物では倒壊等の甚大な被害が大きい。現行の耐震基準に基づいて建築されたものは被害が少ない。

②用途種別と被害状況との関係は、用途による被害程度に有意な差は見られない。

建築物被害の特徴は構造体別に次のとおり報告されている。

③RC造及びSRC造は、中間の崩壊（特に昭和46年以前の建築物）ピロティ建築物の被害、鉄骨の柱脚及び接合部の破断（SRC造）

④S造は、柱脚部及びその付近の破傷、柱梁接合部仕口の損傷、筋かい端部、柱縫手、梁縫手の損傷、厚肉大断面材の脆性的破断

⑤建築基礎は、直接基礎では不同沈下などにより建物が傾いているが、被害としては軽微である。杭基礎では杭体の破壊など構造被害が生じているケースが多い。

4. ごみ焼却施設における耐震設計の現状

(1) 建 屋

ごみ焼却施設の建築構造物は「新耐震基準」に基づき設計されている。同基準では横揺れ（水平力）については規定されているが、縦揺れについての考慮はなされていない。これは、これまで日本において過去に100galを超える垂直加速度が観測されたことがなく、通常の建築物の余力で十分と認識されていたことによる。しかし、今回の阪神大震災では、予想震度を上回る数値が観測され、直下型地震でかなりの縦揺れがあったが、新耐震設計に則って設計された建物は、特にねばり強さという点が確保されていたため、被害が少なかったようである。ごみ焼却施設には下記の点で地震に強い特性がある。

①ごみ、灰ピットにより根入れ効果がある。

②ごみピットに代表されるように壁が多く、耐震要素が多い。

③高さに対して平面寸法が大きく安定である。

④プラント設備の上家鉄骨部にプレースを配置した箱状構造体であることから耐震性能が高い。

(2) 煙 突

煙突は建設省告示（56建告第1104号）に基づき、300galの地盤加速度で設計されている。

(3) プラント機器

焼却炉フレームやボイラフレーム等の強度計算の地震層剪断力係数は一定値 ($K=0.3$) を採用している。これに準じて、その他の主要大型機器も同様に $K=0.3$ を似て耐震計算を実施している。

電気盤は地震荷重で盤または収納機器が転倒したり移動することによる機能障害を防止するため、局部震度法により基礎ボルトの強度計算を実施している。

プラント機器の設計上の特性として耐震性を高める次のような面がある。

①積載荷重評価や設備機器荷重関係の安全率が高く、感覚的には実際の2倍以上の評価をしているため結果として予想地震力を大きく見込むことになっている。

②建築の架構とプラントの架構は一般的には別物として設計されるが、実際には付属の架台、歩廊、大口径の設備配管、炉体架構等が何らかの形で建物と連結されている。このため複合架構が形成され耐震性が高くなっている。

5. ごみ焼却施設設計上の留意点

ごみ焼却施設は耐震性の面で前述のように優れた構造的特性を持っている。しかし、次のような問題もある。

(1) 耐震要素の適切な配置

建物に耐震性を持たせるには、平面的にも立面的にも耐震要素をバランスよく配置することが必要である。ごみ焼却施設はプラント機能面の要求からバランスよく耐震要素を配置することが困難になる場合がある。

- ・平面的な耐震要素の偏在は地震水平力の分散を阻害したり、建物全体をねじれ易くする。傾斜地等の建築建屋の柱の長さに大きな差がある場合、水平剛性の分布に偏りが生じ耐震性能が落ちることになる。(図1参照)

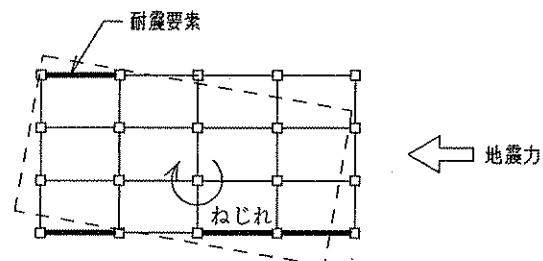
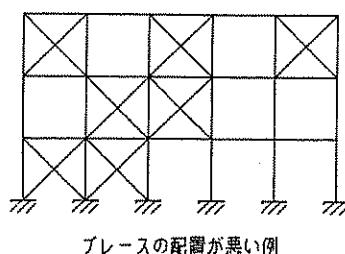
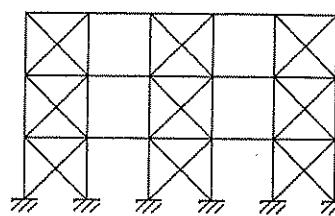


図1 耐震要素の偏在

- ・立面上の耐震要素の偏在を避けることも重要である。剛性の違う階が混在していると弱い階に塑性変形が強制されることになる。ごみ焼却施設では維持管理動線やプラント構造から壁が偏在して立面上の耐震要素の偏在を招く場合が多い。例えば、ごみ投入扉部の開口部は、他の階に比べて剛性が小さいので要注意である。投入扉側の柱の設計には余裕を持たせる必要がある。

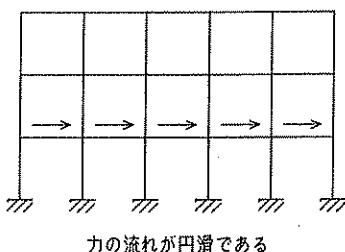


プレースの配置が悪い例

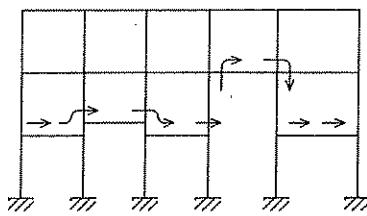


プレースの配置が良い例

図2 ブレースの配置



力の流れが円滑である



力の流れが円滑でない

図3 力の流れ

- ・施設の適正な立地場所が少なくなり、臨海部や山間部で人口造成地盤にしたり、ピロティ形式をとったりして施設が建てられる場合には、十分な配慮が必要である。
- ・鉄骨造のプレースは配管やダクトとの干渉により設けられる位置が制約されやすい、極力バランスよい配置を考慮する必要がある。(図2参照)
- ・床の吹き抜け、床レベルの段差がある場合が多いが、この様な設計は地震の水平力を床を介して分散させにくくすることになる。(図3参照)
- ・設備開口は、予想を超えて計画されることが多いので構造強度を十分考慮する。たとえ、全体の構造計画・建築計画・設備計画の段階で十分配慮していても、最終段階へ至るにつれて、何度も設計変更され、その過程で設備開口がどんどん追加されることが多い。この変更に際して、耐震性能の再評価を十分行わない場合が多い。
- ・柱梁接合部や柱脚部等の施工の善し悪しが建築全体の耐震性を支配する要因となるので施工監理にも十分注意が必要である。

(2) 鉛直方向地震力への配慮

鉛直方向地震力が大きかったのが、今回の地震の大きな特徴である。この鉛直方向地震力に対しては、長スパン部分や重量機器を受ける建築物(柱・梁)が影響を受けると考えられる。長スパン部としては、全体建屋の屋根トラス部、投入ステージの屋根トラス部等があるが、これらが負担する荷重が小さいことと、たわみに関する制約で部材が決定されることが多く、結果的にかなり余裕をみた設計を行っていることからあまり心配はいらない。ただし、長スパンの梁端部が影響を受け易いので注意が必要である。一方、重量構造体であるボイラ等の架台を受ける梁柱は、鉛直方向地震力を考慮するとなると部材決定に影響し、今後の設計において十分な注意が必要である。

(3) 棟の連結部

工場棟と管理棟を渡り廊下で繋ぐ場合や敷地上の制約で2つの建物を隣接して設ける場合がある。この場合のジョイント部は建物の振動特性の違いから過大な力が作用する場合がある。従って、ジョイント部は隣接する建物の地震時変位を考慮して、衝突等による損傷が生じない

ようには必要な間隔を置く。渡り廊下やランプウェイについては、できるだけ建物に近づけて独立の柱を設ける。この点に関しては、設計者は相当に神経を使って設計していると思うが、なかなか万全と思われる方法が見つからないのが実情である。

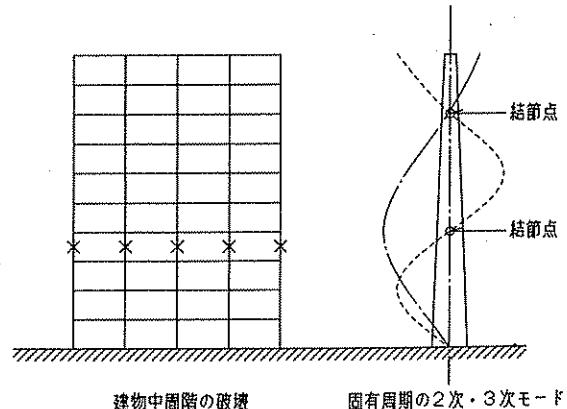
(4) 煙 突

煙突の場合一般に単体で設計されるので、地震による地盤水平変位が生じた場合逃げ道がなくなってしまう、この点に十分配慮しておく必要がある。設計震度k=0.3で設計してあっても、必要保有耐力を満足できないケースがある。

設計基準の中では、円筒形及びく形の断面形状のものについては設計法が紹介されているが、菱形・楕円形・三角形等の場合、断面設計の手法が確立されていない。

煙突の場合、剪断補強は割合に容易であるが、柱脚部の曲げ補強には困難が伴う。柱脚部の終局曲げ耐力については十分な余力を持たせた方がよい。

阪神大震災では7~10階建の、所謂中高層建物が中間階で剪断強度不足による座屈が生じ圧壊した現象が煙突にも当てはまると考えられる。レベル的には固有周期の2次モードの結節点当たりが弱い場所になると思われる。この付近に位置する部分は、通常の断面でより剪断強度を上げる工夫が必要と考えられ、フープ筋密度を密にするとともに、高強度の補強筋を用いるとかの配慮が必要となる。(図4参照)



建物中間階の破壊 固有周期の2次・3次モード

図4 中間階の破壊と固有周期

(5) 機械装置の固定方法

アンカーボルトの設計に際して、適正な設計地震力を用いて算定されていない場合が多い。機器の設置階レベルが上部階になればなる程、

設計地震力を割り増す必要があることが徹底されていない様に思われる。

ボルト長は短く標準化されている様で、強度不足及び耐力不足の傾向がある。RC工事と設備工事が別々であるので、直埋め型が非常に少なく、箱抜き、後施行アンカー、及びケミカルアンカーとなることが多く、このことが強度不足の原因となっている。これらのタイプは直埋め型と比較すると、強度確保のためには、必要径がどうしても大きくなってしまうはずであるが、同径を使用しているので必然的に強度は不足し、ひいては埋め込み長さも短くなってしまっているので、耐力不足にもなっている。

滑り及びその止め方に対して、色々と工夫されているが、建築の考え方からすると中途半端なものが多い。この点、プラント側との技術交換や情報交換が必要である。

(6) エキスパンション、ブラケット等

配管、ダクト等の被害箇所は、基礎が別で搖れが異なる箇所及び地震の荷重が引張力として働いた場合などで発生している。従って建屋から出た部分の埋設管や搖れが異なると予想される部分でのエキスパンションやブラケット等について搖れを考慮する必要がある。

(7) 保安設備

ごみ焼却施設構造指針では、二次災害の防止として保安距離、保安空地等の確保とともに「震災時における二次災害の防止のためにごみの供給及び燃焼を停止させる」となっている。最近の施設ではガスバーナーのインターロック用として地震感知器がついているが、今後の地震感知により炉の停止と同時にアンモニア等の薬品類を遮断する等についてインターロックシステムを確立する必要がある。

(8) 電気・計装設備

制御盤等は、プロポーション的に重心が高いものが多く、設置階が上部階へ行く毎に、地震力との関係からすると、計算上の重心はさらに高くなつてゆくことが見逃がされている。その固定法としては、アンカーボルトの補強・追加は難しいので、制御盤の上下に振れ止め及びストッパーを取り付けることが望ましい。振れ止めを取付る場合、重心高さより上が望ましく、最上部が最も好ましい。

データベースステーションの伝送ユニットについては、ダウン時の考慮としてバックアップ

等が必要であろう。

(9) 屋上設備機器類

屋外にあるため、全般的に劣化の進行は屋内のものに比して早く進むことに十分留意しておく。昭和54年の基準法変更により、屋上設備機器の設計地震力は1Gとされているが、この点の確実な実行が必要である。

(10) 配管・配線用サポート

振れ止めがしっかりとられていれば、振れ止め材の強度は余り問題にならない。これは、最小部材が用いられても、一般的に強度上は問題はないからで、問題は耐力を確保する留め方にある。吊り材も、振れ止め同様に吊り材がしっかりと留められていれば、強度は余り問題にならない。

施工が悪いのか、設計が悪いのか分からぬが、アンカーパートの留め方がおざなりであることが多い。特に、相手がRC・SRC造の場合この様なケースが多い。S造の場合は溶接となることが多いので、施工の程度は別として、比較的安心できる。

(11) 配管・配線のフレキシブルジョイント

配管等が機器から出る場合や建物から出る場合には、フレキシブルジョイントがとられたり、配管そのものがクランク形状で配置される。こうした配慮で地震対応はできるので、問題は少ない。但し、ペラペラの紙でも伸ばしたり縮めたりを繰り返していると、ある瞬間急に抵抗力が働いた様になる場合がある。こうしたことを避けるため、留める場所には注意する必要がある。

(12) 非常用発電設備

ディーゼルエンジンは通常冷却水を必要とするため、断水によるトリップの可能性がある。万全を期すならば、空冷式のディーゼルエンジンまたはガスターインが有利である。また、停電時に炉の運転を継続させる必要のある場合、炉を立ち上げる容量を持つ非常用発電設備または移動式電源車を確保する必要がある。

(13) 非常用井戸の整備

一般家庭と同様に工場も水の確保が重要である。緊急時用の井戸の設置あるいは雨水の利用等を考慮する必要がある。ごみ焼却施設を、災害時にも稼働させる必要のある重要施設と位置付けた場合には、非常用井戸または河川水の取水施設を設置し、運転を継続することが必要となる。

6. 既存施設、旧基準で造られた施設の耐震補強

今回地震の教訓の一つに、旧基準で造られた建築物の被害が大きかったことから、これらの建物の耐震性能を上げる補強が促進されなければならないということがある。ごみ焼却施設にあっても、旧基準時代に建てられた施設が、まだ全国に多く残っている。これらの施設は、今後まだ稼働を継続する必要がある場合、極力早い時期に建築物の耐震診断を行い、必要な補強を計画していくことが望ましい。

(1) 基本的な考え方

耐震補強を計画するに当たっては以下の諸点に配慮する必要がある。

- ①建物の要求耐震性能を明確にする。
- ②現状診断を行い構造躯体の強度のみでなく、梁・柱等の連結・結合部の施工の善し悪しの確認を行う。
- ③施設の補強ポイントを明確にする。
- ④できれば施設稼働中に耐震診断、耐震補強ができる工法を検討する。

(2) 補強の基本的な考え方及び方法

- ・剪断補強筋の不足及び剪断耐力の不足に対して

既存施設、旧基準で造られた施設の耐震性を検討する場合、一番に問題になるのが、RC造の場合の柱梁の剪断補強筋の不足である。この場合、補強の容易さと確実さからRC造の場合では壁量を増加する方法、S造の場合ではブレース量を増加する方法が一番簡単で確実である。RC造柱梁の剪断補強筋が不足する点についても、この方法であれば解消できる。また、RC造の場合で、壁の替わりに鉄骨ブレースを用いる方法もある。

(図5参照)

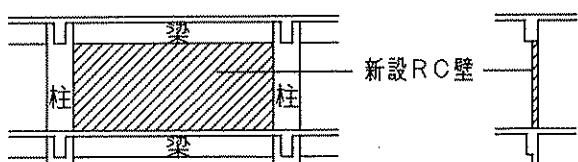
・曲げ耐力の不足に対して

RC造の場合の一般的な方法としては鋼板を貼付けるか、巻付けるかの方法が採られる。しかしながら、通常曲げ耐力が不足する部位は柱梁の接合部付近か柱脚部であることから、補強効果を期待しづらい部位であるので、慎重な取扱いが必要である。

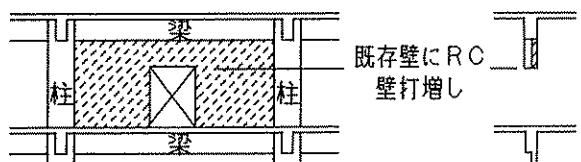
S造の場合は鋼板や部材を溶接接合で付加することで、比較的容易に曲げ耐力アップの補強が行える。(図6参照)

・柱梁の断面形状のアップ

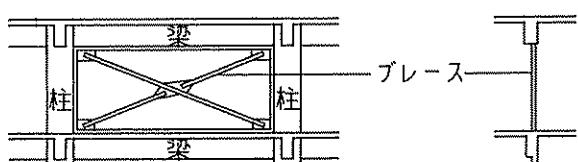
コンクリート及び鉄筋を元の部材に付加し一体化することで、断面形状をアップして曲



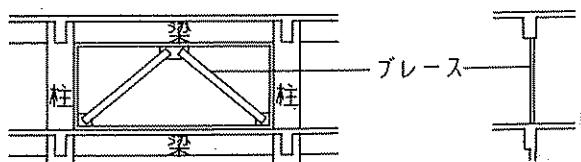
RC耐震壁の設置による補強



既設耐震壁の壁厚増加による補強



X形ブレースによる補強



K形ブレースによる補強

図5 RC壁、鉄骨ブレースによる補強

げ及び剪断耐力の不足を補う方法。これは一番基本的な補強方法であり、確実でもある。この方法にプラスして鋼板を巻付けることも行われる。(図7参照)

・炭素繊維等による補強

最近よく話題となる方法として、炭素繊維やガラス繊維等のシートによる補強方法があ

り、施工実績も徐々に増えてきている。

炭素繊維シート等を柱梁に巻付けることで、コンクリート部材の拘束効果を高め剪断耐力及び軸耐力の上昇に寄与し、部材の破壊モードを剪断破壊型から曲げ破壊型に変えることを目的としている。(図8参照)

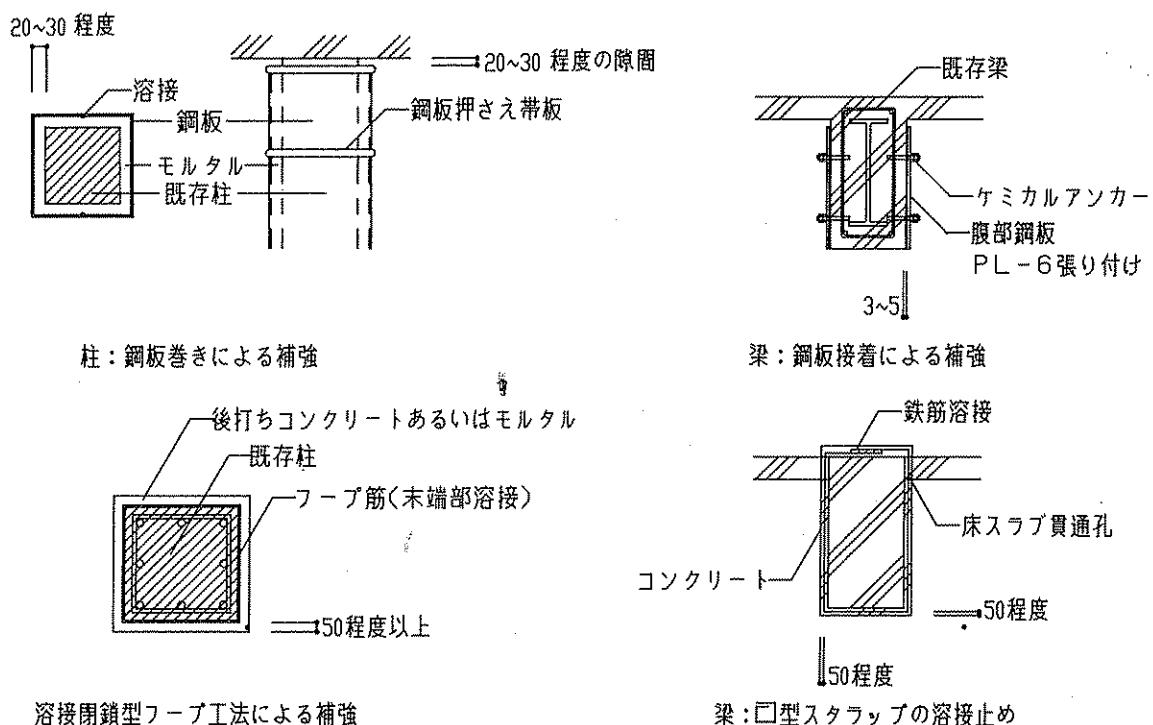


図6 曲げ耐力の不足に対する補強

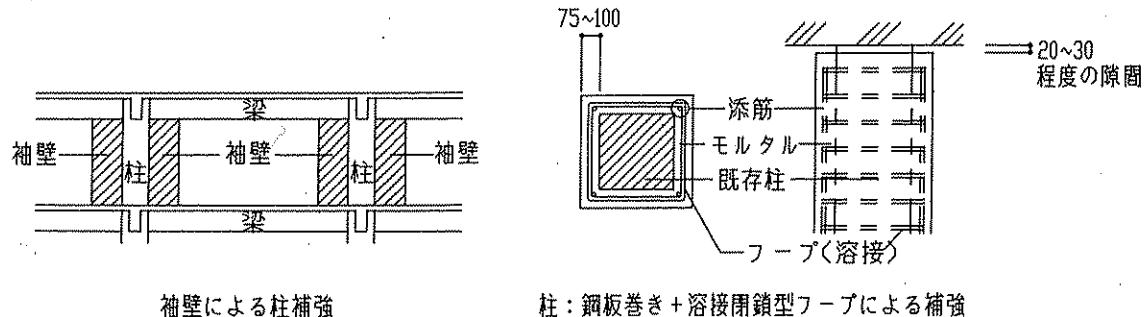


図7 断面形状のアップによる補強

(3) 現場調査の要点及び補強の具体的方法

① 設計荷重と現況荷重の調査

設計段階から現在に至る段階で、何らかの要因で機器荷重等の増減が行われていることが多い。このため、改めて機器荷重の調査を行うことが必要である。

また、部屋の用途等に関しても用途が変更になっていたり、当初の占有面積が変わったりしていることが多いのでこの点の調査も必要である。

- 対策：機器荷重等は安全率等の要素が見込まれて設計荷重として取り扱われている場合があるので、耐震診断上、実荷重を用いる場合もあり、実荷重の調査も行う。

- 対策：部屋の用途に関して、会議室として取り扱われている場合でも、厳密な使用状況を考えると一般住宅の居室並程度の取り扱いで十分な場合もあり、耐震診断上はこの辺の取扱い方にも配慮する余地がある。

例：会議室300kg/m²→居室180kg/m²

② 耐力壁及びプレースの変更来歴の調査

設計段階から現在に至る段階で、何らかの要因で耐力壁及びプレースが撤去されていた

り、改造されてたりすることが多い。まずこの点の確認が肝心である。

③ 耐力壁及びプレースの現況調査

耐力壁のヒビ割れの有無や程度、及びプレースの場合では、部材が曲がっていないか歪んでいないかを調査し、耐力壁としてまたはプレースとして強度上問題ないかを検討する必要がある。

- 対策：ヒビ割れ幅が3mmを超えるものはエポキシ樹脂を注入する等して補修する必要がある。ヒビ割れが全面的にわたっているものについては鉄板を貼付ける等の方法がある。

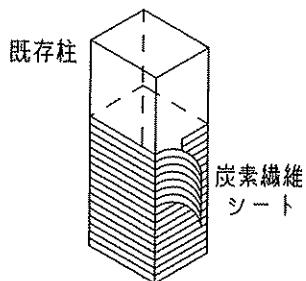
- 対策：プレースの場合は曲がりや歪みを矯正するか、部材毎取替えてしまう等の処置を行う。

④ 鉄骨部材の仕上げ材による被覆問題

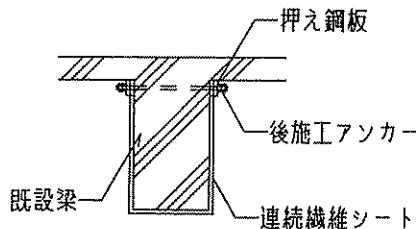
鉄骨構造の場合、大体が天井、壁、及び耐火被覆等で覆われている。このことは診断、調査する上で相当な障害となり、おざなりに取り扱われる場合が多い。

⑤ プレース端部の溶接性の確認

過去の地震で問題になっているのは、溶接強度不足と溶接施工不良であるので、この点の確認が必要である。



柱：連続繊維シートによる補強



梁：連続繊維シートによる補強

図8 炭素繊維シート等による補強

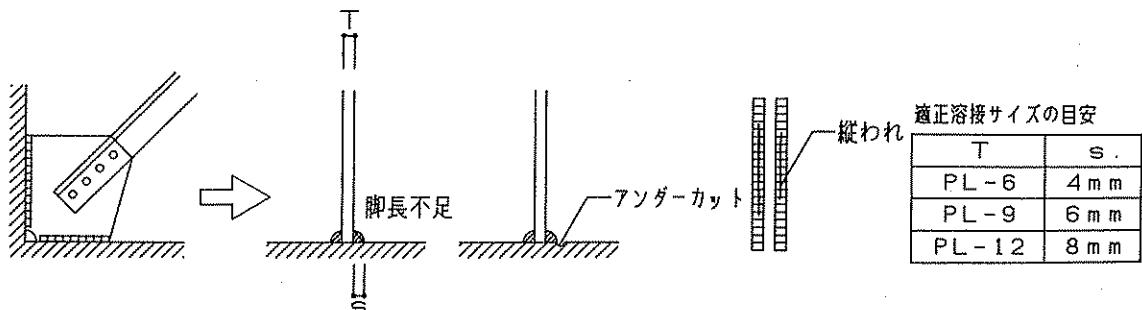


図9 プレース端部の溶接性の確保

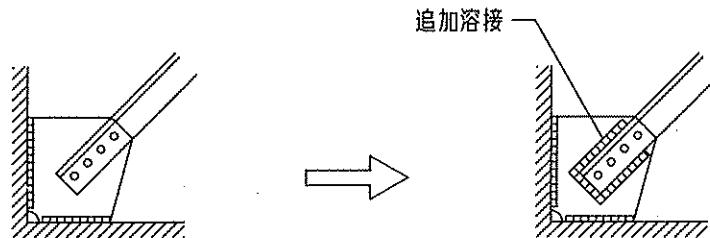
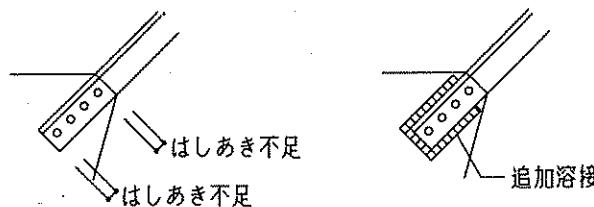


図10 ブレース端部のボルト耐力不足



ボルト径	適正はしあきの目安
M12	25 mm
M16	30 mm
M20	35 mm
M22	40 mm

図11 ブレース端部のボルトはしあきの耐力不足

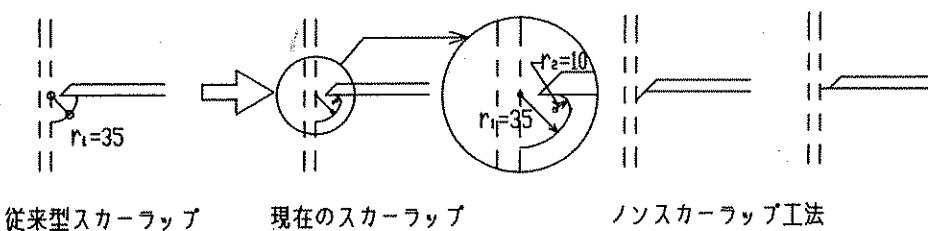


図12 スカーラップ形状

- ・対策：溶接強度不足の場合は追加溶接を行い、溶接施工の不良については、再溶接を行う必要がある。(図9参照)
- ⑥ ブレース端部のボルト耐力不足
ボルトの耐力不足、つまりは本数の不足が生じている場合が多いので、この点の確認が必要である。
- ・対策：ガセットプレートとブレースを溶接し、ボルトの耐力不足を溶接で補う。(図10参照)
- ⑦ ブレース端部のボルトはしあきの確認
ブレース端部での溶接やボルトの耐力に問題がない場合でも、ボルトのはしあきが不十分であると、ボルト群が母材から引きちぎれる破断現象が生じるので、この点の

- 確認も必要である。
- ・対策：ガセットプレートとブレースを溶接し、ボルトの耐力負担割合を低減し、ボルトのはしあき部への負担を減らす。(図11参照)
- ⑧ 梁端部の突合せ溶接部の確認
梁の上下フランジを柱に突合せ溶接する場合、梁のウェップに溶接線の重複による応力集中等を避けるため、スカーラップと呼ばれる断面欠損を設ける必要がある。しかしながら、この部分で梁柱の破断現象が近年の地震で発生しているので、慎重な現場調査が必要である。
最新の考え方はノンスカーラップ工法と称してスカーラップを設けずに、若干の溶接

線の重複は許容する考え方が主流である。次善の策としてスカーラップの形状を工夫して、梁から柱への力の流れが円滑になる工夫がなされている。

・対策：溶接部の内部欠落を超音波探傷検査で行う。しかしながら、耐震診断でここまで行う例はほとんどないのが実状で、行う場合は、まず部材の余裕度を確認して、余裕度のないあるレベルのものについて実施することが現実的か。（図12参照）

⑨ 大梁の座屈補強の有無の確認

新耐震設計により大梁は適当なピッチで小梁により横補剛されないと、十分にその耐力機能が発揮できないと規定されている。この考え方は旧基準ではなかったので、診断する上では大事な要素である。

7. おわりに

以上、今回の地震の教訓を踏まえて、今後のごみ焼却施設の計画・稼働において必要な留意点を述べた。留意点は設計上、施工上、稼働中の日常点検上及び旧耐震基準で建てられた施設の耐震補強の場合について述べた。

参考・引用文献

1. 武田信生（1995）、「阪神・淡路大震災における中間処理施設の被害状況」、都市清掃、第48巻第207号
2. 綾瀬一起（1995）、「カリフォルニアの被害地震と兵庫県南部地震」科学、vol. 166、No. 2
3. 入倉孝次郎（1995）、「震災の帶をもたらした強振動」、科学、vol. 166、No. 2
4. 波田重、宮田隆夫（1995）、「地盤はどう動いたのか」、同上
5. 中島正愛（1995）、「建物被害の分布、特徴、そして今後の課題」、同上
6. 日本建築学会（1995）、「兵庫県南部地震災害調査速報」、No. 3
7. (財) 廃棄物研究財団（1995）、「災害廃棄物対策検討会、阪神・淡路大震災現地調査報告書」
8. 日本建築センター（1994）、「建築物の構造規定」、No. 11
9. 村田潤一他（1995）、「今後の施設計画上の留意点（ごみ焼却施設）」、都市清掃第48巻 第207号
10. (社) 全国都市清掃会議（1987）、「ごみ処理施設構造指針解説」
11. (株) タクマ 設計部（1995）、「ごみ処理施設の耐震設計について」