
神戸本社ビル再建に用いられた川崎製鉄の耐震技術

The Earthquake-Proof System Applied to Kobe Head Office

福畑 潤一(Junichi Fukuhata) 森田 昌敏(Masatoshi Morita) 梅宮 良之(Yoshiyuki Umemiya)

要旨：

旧神戸本社ビルは、兵庫県南部地震により 2 階柱が圧壊する被害を受け解体を余儀なくされた。本社ビル再建のテーマは、耐震工法の適用である。極軟鋼制震構法など川崎製鉄グループの技術力を結集して耐震性に優れたオフィスビルを低コスト、短工期で建設した。主要な骨組みに靱性に富む SN 鋼を全面的に採用し、粘りある鉄骨架構を構成した。さらに極軟鋼二重鋼管ブレースを各階コア部に配置することにより、レベル 2 の大地震に対しても超高層建築と同等の耐震性を確保した。また今回地震で被害を受けていない既設基礎を補強することより、着工からわずか 11 ヶ月という短工期で竣工し、神戸市における大規模建築(延床面積 1 万 m² 以上)での復興第一号となった。

Synopsis：

The building of Kawasaki Steel Kobe Head Office was seriously damaged, whose columns on the second floor was compressed by the Hyogo-ken Nanbu Earthquake, and was assessed to be demolished and eventually rebuilt. For the rebuilding project, the main objective was an application of a feasible earthquake proof system of low cost and a short construction period. Kawasaki Steel has developed building techniques such as a use of a low yield stress steel damper, which is a solution for such a seismic problem. Kawasaki Steel has developed ductile steel frames using SN steel, a steel material possessing ductile properties, and used the steel for every main frames. Moreover, double tube steel bracing using low yield stress steel were used on the building cores as supports to absorb seismic forces. These frames are strong enough to withstand level 2 earthquakes. Kawasaki Steel rebuilt the head office building in only 11 months by means of reinforcing its existing foundation, that had not been damaged by the earthquake, as the first large size building reconstructed after the earthquake damages in Kobe.

(c)JFE Steel Corporation, 2003

The Earthquake-Proof System Applied to Kobe Head Office



福岡 潤
Junichi Fukuhata
エンジニアリング事業
本部 建設事業部 社
内上建技術部



森田 昌敏
Masatoshi Morita
エンジニアリング事業
本部 建設事業部 建
築技術部 主査(課長)



梅宮 良之
Yoshiyuki Umemiya
川鉄エンジニアリング
(株) 第2建築技術部
構造設計室 主査(課
長)

要旨

旧神戸本社ビルは、兵庫県南部地震により2階柱が圧壊する被害を受け解体を余儀なくされた。本社ビル再建のテーマは、耐震工法の適用である。極軟鋼制震構法など川崎製鉄グループの技術力を結集して耐震性に優れたオフィスビルを低コスト、短工期で建設した。主要な骨組みに靱性に富むSN鋼を全面的に採用し、粘りある鉄骨架構を構成した。さらに極軟鋼二重鋼管ブレースを各階コア部に配置することにより、レベル2の大地震に対しても超高層建築と同等の耐震性を確保した。また今回地震で被害を受けていない既設基礎を補強することより、着工からわずか11ヶ月という短工期で竣工し、神戸市における大規模建築(延床面積1万m²以上)での復興第一号となった。

Synopsis:

The building of Kawasaki Steel Kobe Head Office was seriously damaged, whose columns on the second floor was compressed by the Hyogo-ken Nanbu Earthquake, and was assessed to be demolished and eventually rebuilt. For the rebuilding project, the main objective was an application of a feasible earthquake proof system of low cost and a short construction period. Kawasaki Steel has developed building techniques such as a use of a low yield stress steel damper, which is a solution for such a seismic problem. Kawasaki Steel has developed ductile steel frames using SN steel, a steel material possessing ductile properties, and used the steel for every main frames. Moreover, double tube steel bracing using low yield stress steel were used on the building cores as supports to absorb seismic forces. These frames are strong enough to withstand level 2 earthquakes. Kawasaki Steel rebuilt the head office building in only 11 months by means of reinforcing its existing foundation, that had not been damaged by the earthquake, as the first large size building reconstructed after the earthquake damages in Kobe.

1 はじめに

川崎製鉄神戸本社ビルは1995年1月17日の兵庫県南部地震(以下、本地震)により低層部の柱が圧壊する被害を受け、解体を余儀なくされた。本社ビル再建での課題は、再び大地震が発生しても倒壊しない耐震性の優れたビルを低コスト、短工期で建設することである。

この普遍的な課題に取り組むため、川崎製鉄およびグループ会社の保有する耐震技術を結集した。極軟鋼(極低降伏点鋼)を用いた制震構法(本論文では地震を対象とするので制震とした)による耐震余力の確保、SN鋼の採用による粘り強い骨組みの形成、既設基礎の補強と再利用による工期短縮などである。

制震構法は、主に高さ60mを超える高層建築に適用されている。神戸本社ビルは高さ31m未満であり、このような中層建築に制震構法を適用した事例はまだ少ない。今回、極軟鋼を用いた二重鋼管制震ブレース(以下、極軟鋼ブレース)を付加することで、中層建

築でも低コストで高層建築レベルの耐震性を実現できることを確認した。安価で使いやすく高性能な極軟鋼ブレースによって、制震構法が中層建築の分野でも拡大するものと思われる。

神戸本社ビルは着工から竣工までわずか11ヶ月の短工期で1996年11月に竣工し、神戸市における大規模建築(延床面積1万m²以上)での復興第一号となった。

本論文では、旧本社ビルの被災状況を報告し、新本社ビルに用いた極軟鋼制震構法およびその他の耐震技術について述べる。

2 兵庫県南部地震で大破した旧本社ビル

2.1 構造的特徴

旧本社ビルは1965年に竣工した、地上6階、地下1階、建築面積1580m²、延床面積12200m²のオフィスビルである。平面計画はFig. 1に示すよう7.2mグリッドで、東西9スパン、南北3スパンの扁平な形状をしており、エレベータ室、階段室などは東西方向に伸びるセンターコア内にある。

構造は鉄骨鉄筋コンクリート(SRC)造であり、柱はアングル材

*平成9年10月27日原稿受付

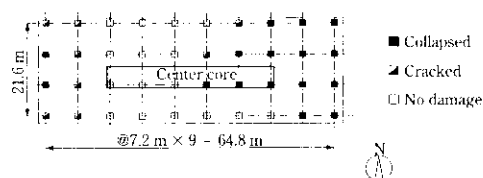


Fig. 1 Layout of 2nd floor

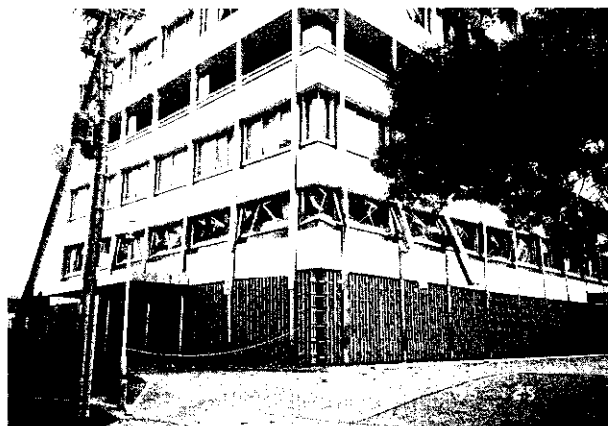


Photo 1 Earthquake damage to old Kobe Head Office

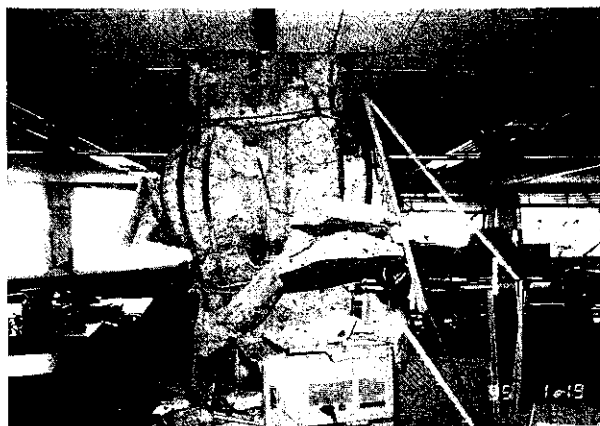


Photo 2 Collapsed column (second floor)

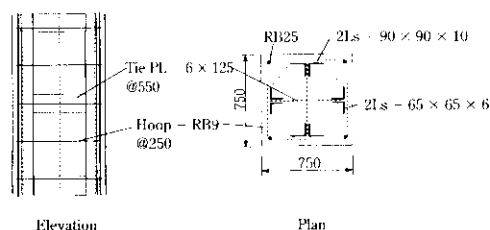


Fig. 2 Section of collapsed column (2FL.)

による非充腹組立て柱、大梁はアングルラチス梁である。コア部には耐力壁があるが、通路による開口を有している。

2.2 被災状況

Photo 1 は震災直後の旧本社ビルの外観写真である。2階東側で階高が約 40 cm 縮んでおり、東側の建物全体が傾いている。2階の東面、西面については外装サッシュの損傷が大きい。

構造体では低層階（1～3 階）に被害が集中している。2階東側および 1 階西立面では柱が圧壊しており（**Photo 2**）、他の柱も大きな亀裂が入っている。南北方向の壁はせん断破壊しており、梁も破壊しているためコア部の床スラブが南方向に 1/14 程度の勾配で傾斜している。

4～6 階では構造体の被害は少ないが、内部の備品（ロッカー、机）は著しく転倒、移動している。屋上に置き基礎として設置されていたフェンスのコンクリート基礎がすべて北側に 20～30 cm 移動しており、パウンドした跡がみられる。

地下 1 階の床スラブには損傷、傾斜はみられない。また建物近傍の地盤での液状化現象に伴う噴砂、沈下などはみられない。

2.3 被災要因の分析

本地震による敷地周辺の地震動は神戸市周辺で最も大きく、地表最大加速度は 800 gal 程度とみられている。旧本社ビルの敷地に隣接する大阪ガス茸合測点では最大加速度 833 gal が報告されており、この値が本地震で観測された最大の値である。推定される断層にも近く、地表の堆積層地盤および地形により地震波が増幅されているものと思われ、今回の地震動が現行耐震設計基準で想定しているものと比較しても極めて大きなものであったといえる。

旧本社ビルは 1964 年に設計されており、2 世代前の耐震基準に準拠した建物である。コンクリートの短期許容せん断応力度とせん断補強に関する規定の違いからみると、旧本社ビルのせん断耐力は現行基準で要求されるものの 75% 程度となっている。また、旧本

社ビルは 1～3 階で剛性率が小さく、2 階と 3 階の柱断面が同じであることから、特に 1 階と 2 階の柱に被害が集中したと考えられる。

Fig. 2 に圧壊した 2 階柱の断面を示す。アングル材をタイプレートで組み立てた SRC 柱であり、当時としては一般的な工法である。フープ筋の間隔は現行基準 100 mm に対して 250 mm となっている。この断面のせん断補強筋比は 0.1% 以下であり、現行基準で規定される下限値（0.2%）および必要せん断補強筋比（1.0%～1.7%）を下回っている。このことから大きな地震力により柱がせん断破壊し、コンクリートとの付着が切れて、軸力によって鉄骨と鉄筋の座屈が生じたものと考えられる。

3 本社ビル再建の課題

3.1 課題

本社ビルは川崎製鉄の関連部門だけでなく、神戸地区の川崎製鉄グループの各企業を収容するテナントビルとして再建されることとなった。グループ各社に低価格で良質のオフィス環境を提供することが求められた。

また、事務所機能を応急的に移転した神戸工場が解体され東部新都心として再開されることになったため、1996 年 11 月の竣工が定められた。着工から竣工までわずか 11 ヶ月の短工期である。

3.2 建築概要

新本社ビル（以下、本建物）の建築概要は、地上 8 階、地下 1 階で、延床面積は約 11,300 m² で旧本社とほぼ同じ規模となっている。既設の基礎を再利用するため、旧本社と同じ柱配置としたが、構造は荷重を減少させるため地上部は鉄骨造、地下部を SRC 造とした。平面計画は **Fig. 3** に示すよう中央部にコアを設けており、東西の

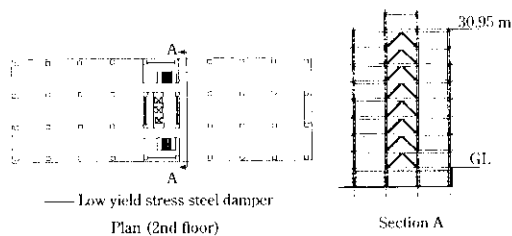


Fig. 3 Plan and section of the Kobe Head Office



Photo 3 Outside view of new Kobe Head Office

執務空間を独立して使用できる配置とした。

本建物の建設には、川崎製鉄と川鉄建材(株)が共同開発した都市型システムビル「エクセルコア」を適用した。企画から設計、施工までをシステム化し、高品質・短工期・低価格をコンセプトにしている「エクセルコア」のビル建設方式が、本社ビルの早期再建という緊急課題に適合した。

「エクセルコア」以外にも川崎製鉄グループの建材製品と建設技術がふんだんに使われている。設計・監理は川鉄エンジニアリング(株)、施工は川鉄建材(株)・川鉄テクノコンストラクション(株)・川鉄電設(株)の共同企業体であり、本社ビル全体が川崎製鉄グループのショーウィンドウとなることをめざして建設された。

建物外観の完成写真を Photo 3 に示す。

3.3 目標とする耐震性能レベル

本建物は高さ 31 m 未満の建物であり、建築基準法で必要な耐震性能が定められている。許容応力度計算による確認の他、層間変形角および保有水平耐力の確認が必要である。今回は極軟鋼ブレースの効果を期待しない状態で耐震基準を満足とすることとし、その上で耐震余力として、極軟鋼ブレースを付加することにより超高層建築と同等の耐震性レベルを付与することを目指した。具体的には、日本建築センターの高層建築物評定を参考に、地震動の強さと層間変形角を設定した。

つまり、建物の耐用年限中に 1 度以上受ける可能性が高い地震動 (レベル 1: 最大地動速度 25 kine (cm/s)) に対しては、部材が弾性範囲内であることおよび層間変形角 1/200 以下を確認する。また、建物が将来受けると考えられる最強の地震動 (レベル 2: 50 kine) の地震動に対しては、応答層せん断力が保有水平耐力未満であるこ

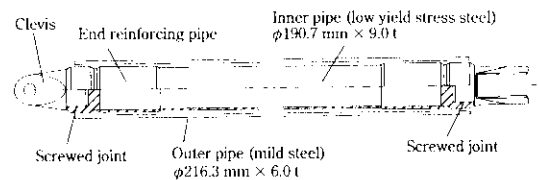


Fig. 4 Double tube type low yield stress steel damper

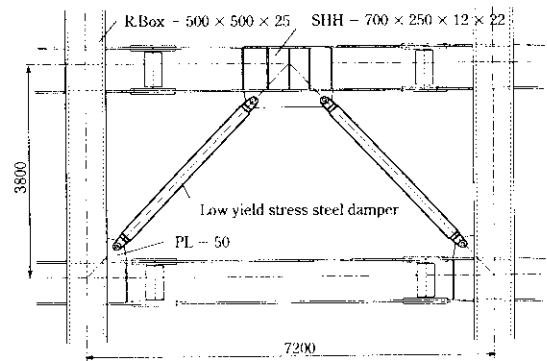


Fig. 5 Framing elevation with low yield stress steel damper

とおよび層間変形角 1/100 以下を確認する。

4 極軟鋼制震構法^{1~3)}

4.1 極軟鋼ブレース

極軟鋼は降伏点を 100 N/mm² 前後に下げた材料であり、伸び性能も優れている。極軟鋼を利用した制震構法の原理は、通常の柱や梁の構造材よりも降伏点が高い極軟鋼が地震時に早期に降伏することにより、地震による振動エネルギーを吸収し振動応答を抑えるというものである。

極軟鋼の材料仕様は現状では JIS などの規格に規定されておらず、メーカーごとの仕様となっている。成分的には純鉄に近いものであり、圧延後の熱処理により降伏点を下げている。今回使用した極軟鋼鋼管の降伏耐力は 0.2% オフセット値で 130 N/mm²、引張強さは 257 N/mm²であり、降伏比 50.6%、伸び 68% の延性にとむ材料である。

神戸本社で用いた極軟鋼ブレースは、川鉄建材(株)が震災前に実用化していた二重管 FLD (force limiting device: 応力制限機構) 部材をもとに、同社と川崎製鉄および(株)竹中工務店が共同で実用化したものである。Fig. 4 に示すように、軸力を受ける内管に極軟鋼を用い、その座屈を拘束するために一般鋼の外管を配した部材である。ブレース端部は鍛造製のクレビスを用いてピン接合としており、端部補強鋼管を介して極軟鋼鋼管と接続されている。なお外管には軸力が伝わらない機構となっている。

極軟鋼ブレースの架構への取り付け詳細図を Fig. 5 に示す。厚肉のガセットプレートを介して、柱および大梁と接続されており、シンプルな構造詳細となっている。また、部材両端のクレビスはネジ接合されているため、部材長の調整はブレース本体を回転させることにより簡易に行うことができる。部材長調整後、外管のずれ防止のため 1 ヶ所だけ端部補強管と溶接する。



Photo 4 Inside view of entrance lobby (low yield stress steel dampers behind reception)

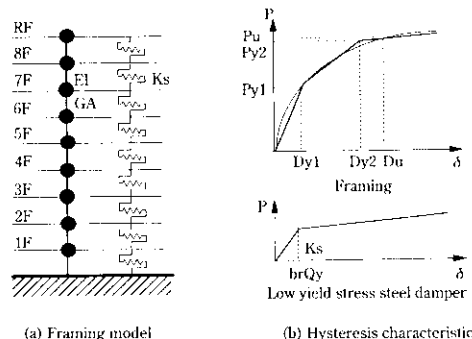


Fig. 6 Basic models for the earthquake response analysis

4.2 構造設計

4.2.1 ブレースの配置

極軟鋼ブレースは中央コア部の壁内に配置した。1～8階までの各階4ヶ所で、合計32ヶ所である (Fig. 3)。1階のみはエントランスロビーの関係で位置を移動する必要があったので、受付背面および会議室前ロビーに露出して設置し、竣工後も目視で確認できるようにした (Photo 4)。

4.2.2 ブレース部材の選定

極軟鋼ブレース部材の選定にあたっては、管径を同一 ($\phi 190.7 \text{ mm}$) とし板厚を 9 mm と 12 mm の2種類から選択した。降伏耐力比 (α) では各々 $\alpha = 0.171$ の場合と $\alpha = 0.224$ の2ケースとなり、応答解析を行ない比較検討した。

$$\alpha = \sum_i Q_{yi} / \sum W_i$$

Q_{yi} : 極軟鋼ブレースi層の降伏耐力

W_i : i層の重量

極軟鋼の絶対量が大きく変わらないため同様の応答結果となったが、 $\alpha = 0.224$ の場合には建物平面が絞られる6階で層間変形角が急変する傾向がみられたことから、振動応答性状が均一な $\alpha = 0.171$ のケースを採用した。また、極軟鋼ブレースの制震効果を確認するため、極軟鋼を取り外した状態 (以下、架構のみの場合) においても応答解析を行った。

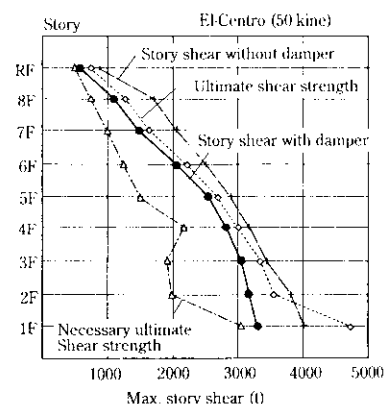


Fig. 7 Comparison of maximum story shear with and without damper

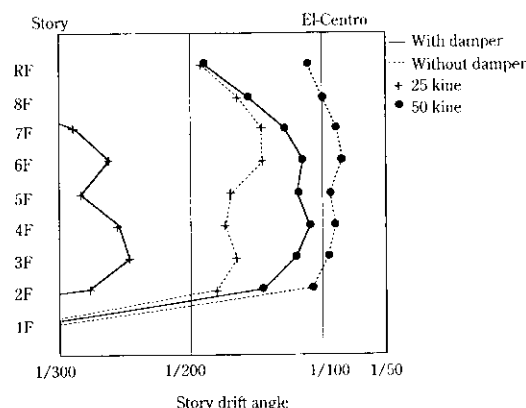


Fig. 8 Comparison of story drift angle with and without damper

風荷重に対しては、極軟鋼ブレースが弾性範囲内にあるよう設定している。

4.2.3 解析条件

解析モデルは Fig. 6(a) に示す質点系モデルであり、架構は曲げせん断型モデル、極軟鋼ブレースはせん断型モデルとして並列した。

フレームの復元力特性は荷重増分法により Tri-Liner 型にモデル化し、極軟鋼ブレースは Bi-Liner 型とした。架構の減衰定数は等価粘性減衰とし振動数比例型 ($h = 0.02$) とした。Fig. 6(b) に復元力特性を示す。

地震応答解析波は El Centro 1940NS, Taft 1952EW, Hachinohe 1968NS の3波を用いた。

4.3 解析結果

一次固有周期は、架構のみの場合 $T = 1.05 \text{ s}$ 、極軟鋼ブレースを組み込んだ場合 $T = 0.946 \text{ s}$ である。架構のみの場合と極軟鋼ブレース付きの比較を、最も応答の厳しい El Centro の結果について以下に示す。

4.3.1 地震応答層せん断力

最大応答せん断力を Fig. 7 に示す。本建物は、極軟鋼ブレースを除いた架構のみで、建築基準法が求める必要保有水平耐力を満足している。しかし、超高層建築の耐震安全性確認に用いるレベル2の地震動は、本建物のような中層建築には厳しい条件であり、地震応答層せん断力は若干架構のみの保有水平耐力を超える。しかし、

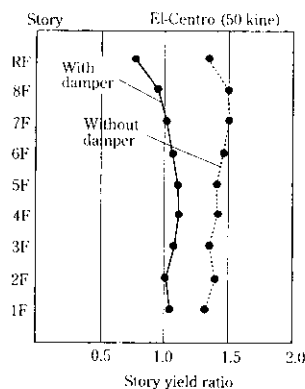


Fig. 9 Comparison of story yield ratio with and without damper

極軟鋼ブレースを付加することにより、応答せん断力は保有水平耐力以下とすることができる。

4.3.2 層間変形角

層間変形角を Fig. 8 に示す。レベル 1 の場合、架構のみでは最大変形角が 1/145 となり 1/200 の基準を満足できないが、極軟鋼ブレースを付加することで最大変位を 1/248 まで抑えることができる。また、レベル 2 の場合、架構のみでは最大 1/84 となり 3～8 階で 1/100 の基準を満足できないが、極軟鋼ブレースにより 1/113 まで抑えることができる。

4.3.3 層の塑性率

層の塑性率はフレームのある層で、梁に最初の塑性ヒンジが発生した点を第 1 折れ点として算定したものである (Fig. 9)。レベル 2 での塑性率は、架構のみで $\mu = 1.50$ 、極軟鋼ブレースを付加して $\mu = 1.11$ であり、制震効果が確認できる。

4.4 制震構法の効果と課題

4.4.1 制震構法の効果

極軟鋼ブレースを付加することによる応答値（加速度、層間変形角、せん断力）の減少率を Table 1 に示す。レベル 1 では 30～50% 程度の応答値の低減が得られている。レベル 2 でも 10～30% 程度減少しており、十分な制震効果が得られている。本建物での適用例にみられるように中層建築でも極軟鋼ブレースを取付けることにより、超高層建築レベルの耐震安全性を得ることができる。

4.4.2 極軟鋼ブレースの特質

構造計画面では、極軟鋼ブレースは配置の自由度があり、管径と板厚を選択して付加量の調整をすることができる。また詳細面からみると、極軟鋼ブレースは柱・梁とガセットプレートを介して接合されるため、鉄骨製作費への影響はほとんどない。また、地震を受け損傷した際の取り替えも容易である。

極軟鋼ブレースは、部材自体が工業化された製品であり、簡易で使いやすく安価であるので、高層建築だけでなく付加量の小さい中層建築や既設建築の耐震補強にも適しているといえる。

4.4.3 今後の課題

(1) 極軟鋼材料および設計法の一般化

極軟鋼を建築物に適用するには、個別の建築物ごとに建設大臣の認定が必要となる。概して短工期が要求される中層建築には厳しい条件となる。極軟鋼制震構法としての一般認定を取得することが、中層建築での適用拡大の鍵となる。

現在、(社)鋼材倶楽部において、履歴ダンパー付き骨組みの設計法の一般化と極軟鋼の材料規格化の検討が進められてお

Table 1 Reduction ratio of response values due to low yield stress steel damper

	Level 1 (25 kine)	Level 2 (50 kine)
Acceleration (%)	30～41	9～32
Story drift (%)	31～57	21～42
Story shear (%)	23～41	10～33

Table 2 Quantities of steel materials

Member	Materials	Tonnage
Plates for box column	SN490C	248
H-shapes for girders	SN490B	631
Square pipe columns	STKR490	138
Beams, plates, others	SS400	333
Total		1350

り、その成果が期待される。

(2) 極軟鋼ブレース接合部の種類拡大

本建物で用いた極軟鋼ブレースの鍛造製クレビスによるピン接合方式は、軸力のみが作用し構造が明快であり、また意匠的にも優れている。一方、鍛造製クレビスは高価な部材であり、一般鉄骨と同様に剛接合方式が適用できれば、コストアップを抑えることができる。

剛接合では、付加曲げが作用し未解明な点が多いが、条件によっては適用可能であり、開発を進めているところである。

5 新本社ビルに用いられたその他の耐震技術

5.1 SN 鋼による粘り強い骨組みの形成

極軟鋼のような制震ダンパーがその効果を最大限に発揮するためには、建物の柱・梁など主要な骨組みが粘り強いものであることが前提となる。地震時には構造体の弱いところに損傷が集中する。構造上や施工品質面での弱点があると、制震ダンパーが地震エネルギーを十分吸収する前に、その弱点から損傷が進行し倒壊に至ってしまう可能性がある。したがって制震ダンパーに所定の制能を発揮させるためには、地震時に大きな力が加わる柱・梁接合部を中心に、弱点のない粘り強い構造とすることが必要である。

SN 鋼は 1994 年に公示された建築構造用圧延鋼材の新しい JIS 規格 (G3136) である。塑性変形能力や溶接性を確保するために、降伏比や板厚方向の絞り値などの細かい規定が設けられている。

本建物では製造が開始されたばかりの SN 鋼を主要構造部に積極的に採用した。Table 2 に SN 鋼の使用範囲および重量を示す。本建物では鉄骨重量全体の 65% の部材に SN 鋼を用いている。

コア部の柱には「リバーボックス」(溶接 4 面ボックス) のスキンプレートは板厚方向に大きな引張力がかかるので C 種を使用している。大梁は主に「スーパーハイスレンド H」(外法一定 H 形鋼) であり、B 種の鋼材を使用した。一般部の柱は冷間成形角形鋼管 (STKR490) を用いた。

5.2 既設基礎の耐震補強

旧本社ビルの基礎は直接基礎であり、支持地盤は GL-6.0m 付近の砂礫層 (N 値 50 以上) である。地上構造は大破したが、良好な地盤に接している底盤、地中梁などの基礎構造物は損傷していない

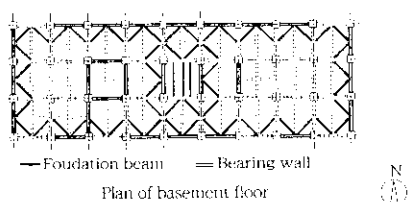


Fig. 10 Reinforcement of existing foundation

のではないかと推測された。

そこで、地上部分を解体撤去後、基礎部分の詳細調査を行なった。地下ピットに入り全数目視検査をしたが亀裂はみられない。採取した供試体によるコンクリートの圧縮強度試験では、設計基準強度 $F_c = 20.6 \text{ N/mm}^2$ に対して $36.7 \sim 49.8 \text{ N/mm}^2$ の範囲にある。コンクリートの中性化試験では中性化は見られない。以上の結果から既設基礎は健全であると判断した。また、同時に実施した地盤調査結果と建設当時の地盤調査との比較から、地盤状況に変化はないと判断された。

既設基礎を再利用するためには現行耐震基準のレベルまで補強する必要がある。地上構造を鉄骨造としたことで、基礎設計用柱軸力は既設と同等以下となった。また地下1階に多くの耐震壁を配置したことにより、地震時の柱脚モーメントも既設以下となった。

耐圧盤および小梁では、建物外周部で設計用反力が既設の耐力を上回った。そこで斜めに小梁を増設し、耐圧盤を補強するとともに小梁の負担を軽減した (Fig. 10)。

既設基礎を再利用できたことで、全体工期の大幅な短縮が可能となった。

5.3 改良型スカラップ工法

本地震による被害調査では柱梁接合部梁端ウェブのスカラップに起因する梁フランジの脆性破断例が報告されている。このスカラップが構造的に重要な柱梁接合部の弱点となることは、近年の研究成果によって構造設計者や鉄骨製作管理者に広く知られるようにな

り、改良型スカラップやノンスカラップ工法の採用が拡大している。

本建物では、地下 SRC 部およびブレース取り付け部を除き、柱梁接合部に現場溶接を用いている関係でノンスカラップ工法の適用が困難であったため、スカラップ底部をアール加工した改良型スカラップ工法を採用した。

6 おわりに

兵庫県南部地震により大破した神戸本社ビルの再建工事において、極軟鋼制震構法をはじめ川崎製鉄グループの耐震技術を取り入れ、中層建築ながら超高層建築の耐震性を持つオフィスビルを実現した。まとめを下に示す。

- (1) 旧本社ビルが大破した要因は、古い耐震基準によって設計されたせん断耐力の乏しい建物に、表層地盤により増幅された大きな地震力が加わったことである。
- (2) 新本社ビルの構造は鉄骨造とし、フレームのみで建築基準法の耐震基準を満足させ、その上で極軟鋼ブレースを設けることにより耐震余力を持たせた。目標とする耐震性のレベルは超高層建築と同等のレベル2の地震動に対して層間変形角 $1/100$ 以下とした。
- (3) フレームのみの場合と、極軟鋼ブレースを付加した場合の振動応答解析結果の比較から、極軟鋼ブレースを付加したことにより、レベル1では $30 \sim 50\%$ 程度、レベル2でも $10 \sim 30\%$ 程度の応答値が低減し、層間変形角の目標を満足することができた。
- (4) 極軟鋼のような制震ダンパーを付加しても、骨組み自体に弱点があると、その効果を十分に発揮することはできない。新本社ビルでは靱性と溶接性に富む SN 鋼を使用することで、建物の柱・梁など主要な骨組みの耐震信頼性を向上させた。
- (5) 旧本社ビルの基礎は良好な地盤に支持された直接基礎であり、詳細な調査でも損傷はみられなかった。そこで既設基礎を現行基準に合わせて一部を補強して再利用した。これにより大幅な工期短縮を実現できた。

参 考 文 献

- 1) 藤澤一善、山本健一、今井克彦：川崎製鉄技報，29(1997)2，123-125
- 2) 安井信行、今井克彦、藤澤一善、清水孝憲、中山信雄、山淵勝道、金

- 子洋文：「日本建築学会大会学術講演梗概集」，(1996)，761-762
- 3) 藤澤一善、清水孝憲、土村健二：川崎製鉄技報，30(1998)1，1-6