

偏土圧を受ける敷地条件での免震レトロフィットの施工報告
Report of retrofit building using seismic isolator under condition
of unsymmetrical earth pressure

梶原 聡 *	池田 直樹 *
Satoshi Kajiwara	Naoki Ikeda
守山 和成 *	藤本 俊宏 *
Moriyama Kazuaki	Fujimoto Toshihiro
榛葉 亮太 **	
Shinba Ryota	

要約

本工事は、京都女子大学東山キャンパス内で行われた免震レトロフィットによる耐震改修工事であった。建物の3面が土に埋まっているため偏土圧を受ける敷地条件であること、中間層免震工法と基礎下免震工法を併用していることが特徴であった。

本報告では、偏土圧を受ける敷地条件のなか、免震レトロフィットにおいて重要なポイントとなる免震装置設置時の鉛直力の移行と施工中の地震及び土圧の水平力に対する安全性を確保するための計画とその施工結果について報告する。

目次

- §1. はじめに
§2. 課題と対策の検討
§3. 施工結果
§4. おわりに

- ・建物規模：延床面積：10,486.92 m² 軒高：20.05 m
 構造種別：RC 造 階数：地上 5 階
・建物用途：大学

§ 2. 課題と対策の検討

§ 1. はじめに

本工事が行われた京都女子大学東山キャンパス（写真－1）は、京都市東山区の東山七条に立地しているが、1校舎のみの敷地から数校舎まとまった敷地まで多岐にわたった敷地が点在している。東山キャンパス整備計画として平成22年より新学部校舎新築や各校舎耐震補強工事などの整備計画が行われており、当社は第1期より3期にわたり工事を行っていた。本工事はその整備計画の第4期にあたる工事であった。

1-1 工事概要

- ・工事名：京都女子大学 B 校舎耐震補強改修等工事
- ・発注者：学校法人 京都女子学園
- ・設計者：株式会社 類設計室
- ・工 期：平成 25 年 4 月 1 日～平成 26 年 3 月 31 日
(耐震補強工事)

2-1 免震レトロフィットの採用及び工法の決定経緯

本工事が行われた京都女子大学 B 校舎（以下、B 校舎）は、竣工後 48 年経過しており、平成 17 年に行われた耐震診断において I_s 値が低いことが判明した。また、施設の老朽化もかなり進んでいることから、大地震時においても安全な教育施設・避難施設として機能させるために耐震補強整備が行われることが急務であった。

B校舎は、講義室よりも教員室・研究室の方が多く、



写真-1 京都女子大学東山キャンパス

* 西日本(支)京都女子大学(作)

** 西日本(支)京都女子大学(作)(現:本社構造2課)

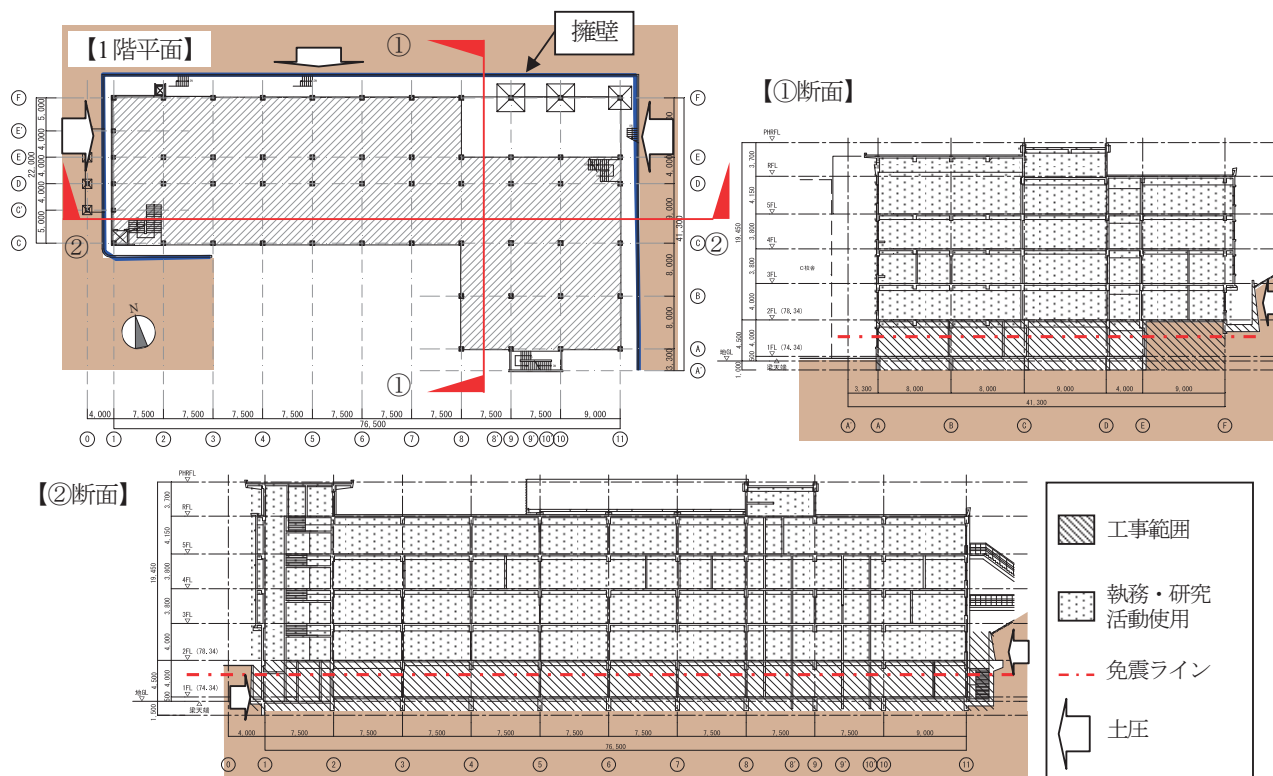


図-1 B校舎敷地条件及び工事範囲

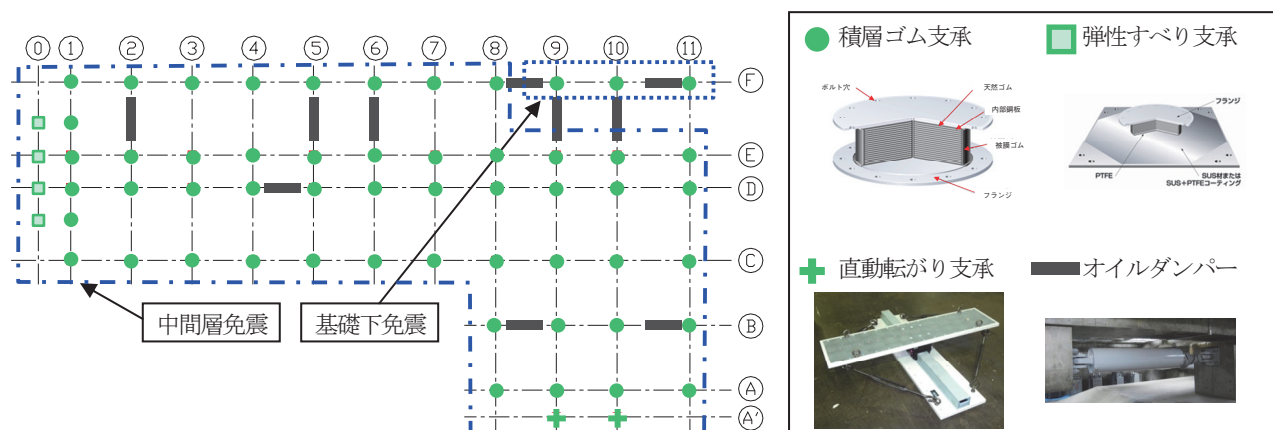


図-2 免震工法範囲・免震装置配置

夏休み・冬休みなど長期休暇中においても校舎内で執務・研究活動が行われているため、耐震補強工事は校舎を使用しながら行うことが絶対条件であった。アウトフレーム工法や外壁ブレース工法を採用しても、内部での耐震補強が必要となることと、外部に実験室の配管・ダクトが設置されていることにより使用停止期間が発生することから、工事範囲が補強階のみに限定される免震レトロフィット工法が採用された。

B校舎は敷地に北東と南西での高低差が約18mあり、3面が土に埋まっている敷地条件(図-1)であった。また、1階の部屋については新校舎に移動先が確保され

ていた。そのため、免震ピット構築のための掘削が必要となる基礎下免震工法と比較して、工事期間・工事費において有利となる1階(最下層)の柱頭に免震装置を設置する中間層免震工法が採用された。また、一部1階がない範囲については基礎下免震工法が採用された複合工法であった。

免震装置は、柱頭及び基礎下に積層ゴム支承、エントランス底部に弾性すべり支承、階段部に直動転がり支承、減衰装置にオイルダンパーを使用する計画であった。

図-2に本工事の免震工法の範囲及び免震装置の配置を示す。

2-2 本工事における施工条件及び課題

免震レトロフィットは柱の切断や基礎下を掘削することで既存建物に免震装置を組み込むため、免震装置設置時の鉛直力の移行及び施工中の地震に対する安全性の確保が重要となる。以下に、施工条件をまとめる。

(1) 基礎下免震工法

- ・既存の基礎は直接基礎であり、杭の新設はない。
- ・免震装置を設置する基礎は3箇所と中間層免震部に比べて部分的である。
- ・建物に偏土圧が作用していることから、新設免震ピット構築時の既存擁壁底版の撤去から新設擁壁を構築するまで、土圧を処理する計画が必要となる（図-3）。
- ・上記の理由により基礎下免震（擁壁構築）と中間層免震を独立した工程計画とするためには、既存擁壁の底版撤去後の立上り躯体を自立させる山留め計画とする必要がある。

(2) 中間層免震工法

- ・建物の3面が土に埋まっている立地のため、仮設スラブや切梁架設などにより建物外周の地盤へ土圧の反力を伝達させる地震対策ができない。
- ・既存の壁は水平力を負担していると考えられる（既存校舎の構造計算書はなかった）が、全て撤去でスリットを入れて残す壁はなく、また、残したままでは補強躯体が構築できないため、仮設利用が難しい（図-4）。
- ・耐震補強工事の工期は1年であるが、免震装置の納期が約半年かかるため、短期間での免震装置の設置が必要となり、同時に多数の柱の切断が余儀なくされる工程計画となる。

2-3 対策の検討と施工計画

(1) 基礎下免震工法

鉛直力の移行について、当初はサンドル+ジャッキによる方法で計画していたが、地耐力が確認できていないことなどから、基礎下の土質を確認したうえで、鋼管杭を圧入して鉛直力を仮保持する計画とした（図-5）。

既存擁壁の底版撤去後の擁壁立上り躯体を自立させるため、アースアンカーによる支保工で計画を進めたが、既存擁壁と建物までの距離が2.2mと狭いこと、隣地への存置物が認められなかったことから、他の工法による山留め計画を検討した。擁壁背面のボーリング調査の結果、既存擁壁の底版より上部については、山留め鋼材による支保工を採用した。また、底版下部の土質が固結した粘性土層や締まった砂質土層からなる大阪層群であることから、擁壁立上り躯体の鉛直荷重はこれらの地山で支持させ、オープンカットした掘削土表面は養生のためにモルタル吹き付けする計画とした（図-6）。

この山留め計画により、免震ラインより上部で建物に土圧を負担させることとなった。

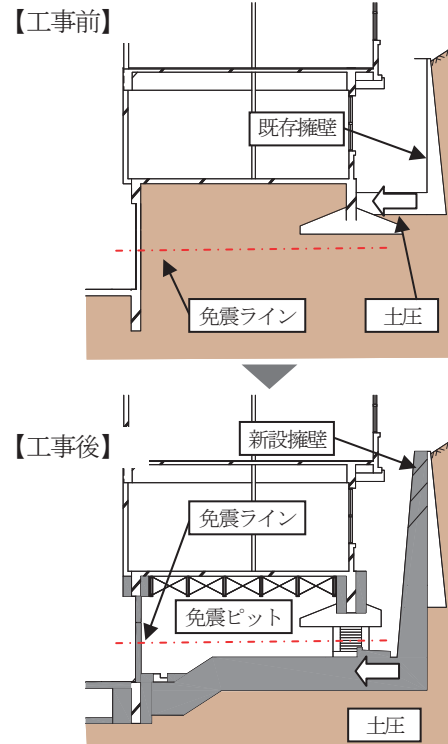


図-3 免震ピット・擁壁断面

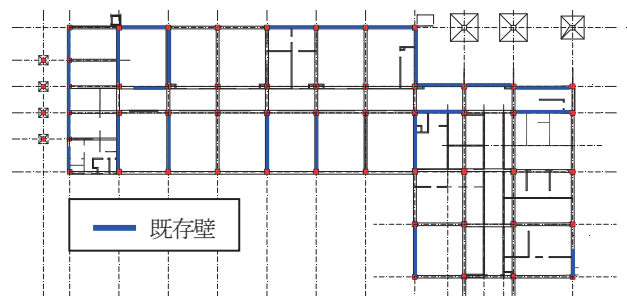


図-4 工事前1階柱・壁配置図

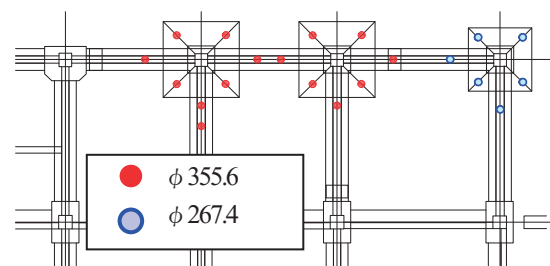


図-5 鋼管杭配置図

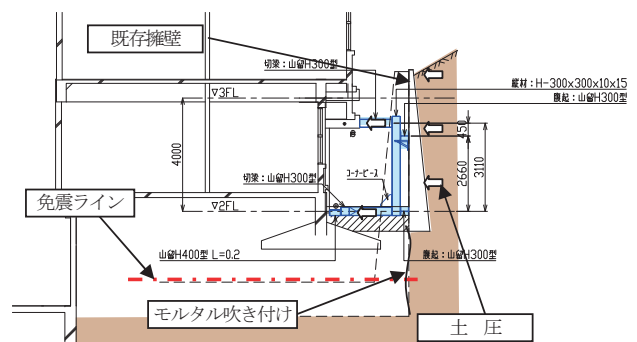


図-6 山留め計画図

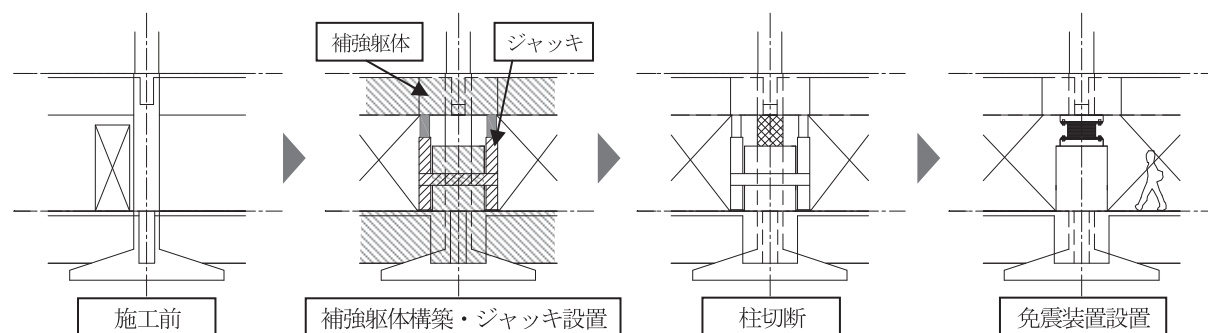


図-7 免震装置設置手順

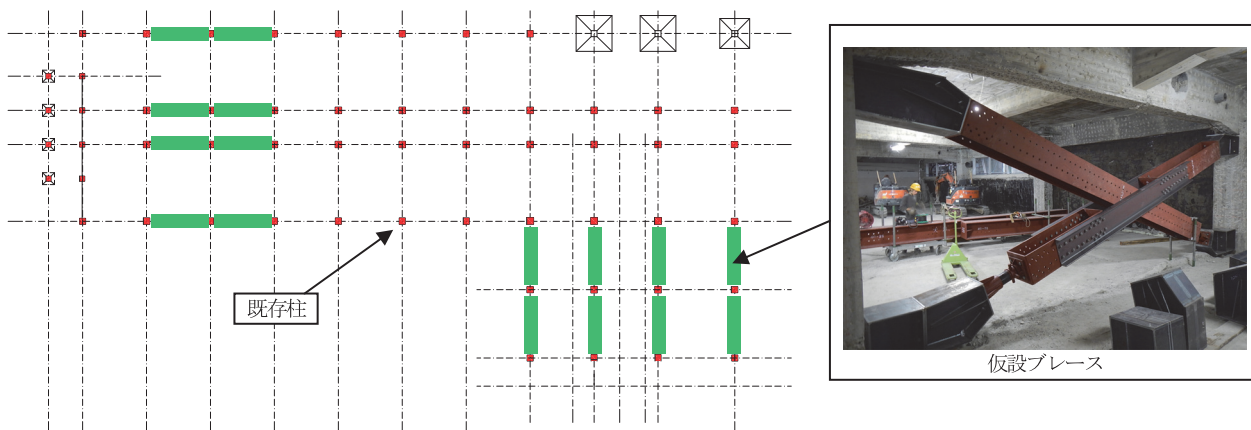


図-8 仮設ブレース計画

表-1 免震装置設置基本サイクル

	準備	1日	2日	3日	4日	5日	6日	7日	8日	9日	10日	11日	12日	13日	14日	15日	16日	17日	18日～24日	25日	26日	27日
● 通り																						
C通り																						
D通り																						
E通り																						
F通り																						

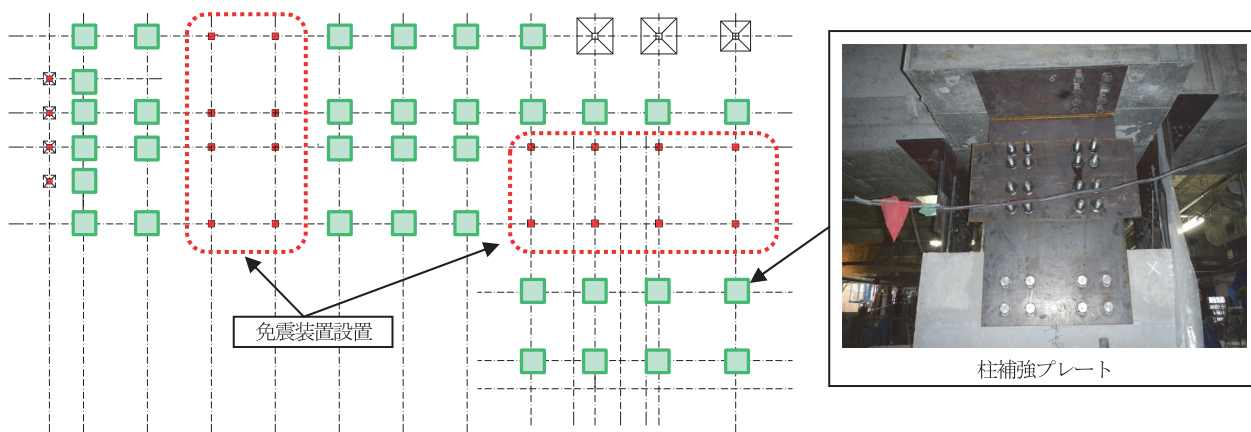


図-9 柱補強プレート計画

(2) 中間層免震工法

免震装置を設置する際の鉛直力の移行は、柱と梁の補強躯体を構築してサポートジャッキを使用して行う計画とした（図-7）。ジャッキから免震装置への軸力移行時に躯体へひび割れが発生しないよう上部キャピタル底のレベル測定により建物の挙動を把握した。レベルの変

はスパン長さの $1/2,000$ 以下で管理する計画とした。地震力に対する安全性の確保については、『建物総重量×水平震度 $0.2 = \text{必要水平耐力}$ 』と設定し、既存壁撤去～補強躯体構築～免震装置設置の免震化の全期間において必要水平耐力を確保できるよう検討した。

補強躯体の構築前に既存壁を撤去する必要があったた

め、仮設ブレースにより撤去時の地震力を負担させる計画とした。壁撤去期間については、全ての壁を撤去しても『既存柱の耐力+仮設ブレースの耐力>必要水平耐力』となるよう仮設ブレースの仕様・台数を決定した（図-8）。

柱の切断を行う免震装置設置期間については、設置を行っていない柱に補強プレートを取り付けて『柱補強プレートの耐力>必要水平耐力』となるよう検討した。ジャッキ設置から装置設置完了までのサイクル（表-1）を設定し、装置の納期、装置設置後の仕上げ工事期間を考慮して、装置設置は1/3の本数ずつ行うこととした。残りの2/3の本数で必要水平耐力を満たすように柱補強プレートの仕様を決定した（図-9）。

補強躯体構築期間については、『既存柱の耐力+仮設ブレースの耐力+柱補強プレートの耐力>必要水平耐力』となるよう躯体補強、仮設ブレース撤去の順序を決定した。

以上のように地震力対策の検討を進めていたが、建物に土圧を負担させる山留め計画となったため、仮設ブレースの台数を増加させ、『壁の耐力+仮設ブレースの耐力+柱補強プレートの耐力>必要水平耐力+土圧』となるよう壁撤去及び躯体補強構築の順序、仮設ブレースの配置バランスを考慮した施工ステップを計画した。

§3. 施工結果

3-1 基礎下免震工法

鋼管杭の圧入（写真-2）は、圧入荷重及び杭の沈下量により管理した。

鉛直力の移行時に懸念された建物の変位については、管理値（4.5 mm = スパン長 9 m × 1/2,000）内である 0.7 ~ 0.8 mm に変位を抑えて施工することができた。

免震ピット部の掘削については、土間下の設備配管を盛替えながら行うことで、上階を使用しながら施工することができた。しかし、度重なる改修が行なわれており、図面には記載のない配管があったり、改修により不要となった配管が存置されていたりして必要な配管の判別に苦労した。また、土間下には 20 ~ 30 cm 程度の大きさの割栗が付着していたが、割栗を撤去すると土間のコンクリートを痛める恐れがあったため、当初計画であった仮設鉄骨梁に加えてベビーサポートを併用して土間コンクリートを支持した。本設のトラスを土間下に設置する際においても、グラウト詰めによる隙間処理に苦労した。

3-2 中間層免震工法

免震装置に軸力を移行する際の建物の変形が懸念された鉛直力の移行については、全ての柱で 1/2,000 以下で管理することができた。

地震力に対する安全性の確保については、仮設ブレース及び柱補強プレートで土圧を含めた必要水平力を確保



写真-2 鋼管圧入状況



写真-3 基礎下免震施工完了



写真-4 サポートジャッキ設置状況



写真-5 免震装置設置状況

する計画であったが、擁壁構築の遅れにより土圧を負担する仮設ブレースが撤去できない状況となり、補強躯体構築の遅れにつながった。

補強躯体構築時の作業動線、スペースの確保及び作業効率を向上することで工程を挽回するため、仮設ブレースを撤去できないか検討した。一つの案として、柱補強プレートを2面残して免震装置の設置を行うという案があがった。柱切断や免震装置設置などの作業には問題なかったが、ジャッキの設置が困難であったため実施できなかった。本工事においては耐力確保の目的であったが、納まりを改善することで免震装置の架台躯体の型枠にも使用できると考える。工程の遅れについては、免震装置の設置サイクルを縮めることなどで挽回した。

また、仮設ブレースについては、山留め計画の変更により設置台数が増えたが、製作材の多くを共通部材とすることで納期の短縮をはかった。複数のスパン長に対応できるようにすることは、盛替え(本工事では行わなかった)が必要な場合にも有効であると考えた。

3-3 免震対応仕上

本工事の中間層免震工法の範囲については、工事後に研究室などの居室として使用されるため、新築の免震工事を含めても珍しい免震対応仕上げであった。

間仕切り内を免震ラインを横断していることから、鉄骨による下地が必要となった(写真-6、7)。免震装置部には耐火パネルを使用した(写真-8)。

また、オイルダンパーは免震ラインをまたいで設置するため、免震ジャバラを設置する必要がある(写真-9)。

§4. おわりに

本工事は偏土圧を受ける敷地条件が加わったことで、工事の難易度が増した。また、学校内であることから授業が優先されて工事が一時中断となるなど苦難の連続だったが、学校側の協力もあり無事竣工することができた。

免震レトロフィットは、ほとんどの場合が使用しながらの施工となるので、施工者と発注者が相互に授業、工事に対し配慮と理解をもったうえで、施工方法、コスト、工事ステップごとの仮設計画、搬出入揚重計画、作業員動線などの検討をふまえた工程計画をして、工事を進めていくことが必要だと強く感じた。



写真-6 間仕切り鉄骨下地状況



写真-7 間仕切り仕上げ状況



写真-8 免震装置部仕上げ状況



写真-9 免震ジャバラ