

日本工業倶楽部会館の改修・補強設計に関する報告

稲田達夫
(株)三菱地所設計

Abstract

The Japan Industrial Club Hall, which is owned by the Japan Industrial Club and located on a site that faces the public square at the north exit of the Marunouchi side of Tokyo Station, is an historical building that was constructed in 1920. As such, it was designated as a nationally registered tangible cultural property on August 27, 1999. Because it is difficult from a seismic resistance perspective to maintain it in its current condition, however, it is currently being rebuilt in a joint project that also involves the adjacent The Head Office Building of Mitsubishi Trust and Banking Corporation.

This report provides a summary of the structural design associated with the preservation of this historical building.

1. はじめに

日本工業倶楽部会館は、大正9年竣工の我国でも代表的な会館建築であり、国の登録有形文化財にも認定されている歴史的建築物である。旧建物は、新築時より社団法人日本工業倶楽部の倶楽部施設として利用されてきたが、大正12年の関東大震災により大きな被害を受け、その後直ちに耐震補強改修および事務所部分の増築等が行われ、それ以降永年に渡り丁寧な維持保全が行われ、建設当初の優美な姿が保たれてきた。今回の改修に際しては、市民・学会等からの保存要望に応え「日本工業倶楽部会館歴史検討委員会」(日本都市計画学会主催)により、会館の歴史的価値ならびに耐震性の評価、保存手法等の検討がなされた。会館の歴史的価値は、外観のみならず内部空間も重要である一方、関東大震災の被災の影響ならびに耐震診断の結果から構造補強の必要性も指摘された。

検討委員会の答申を受けて、改修方法としては、会館の一定の外観と重要な内部空間を既存のまま保存しながら耐震性を確保するため、免震構法を採用する計画とした。具体的には、同一街区の敷地内に隣接する三菱信託銀行本店ビル(三菱地所株式会社所有)との共同プロジェクトとし、耐震的に問題のある構造躯体部分については更新を図る一方、会館の一定の外観と重要と思



写真1 建物全景(改修後)

われる内部空間については、極力躯体も含めて既存のまま保存を図ることとし、隣接建物の新築地下躯体上に免震建物として再構築することとした。写真1に改修建物の全景を示す。

2. 建築概要

2.1 旧建物概要

大正9年竣工の旧建物の建物概要は以下である。

建物名称	日本工業倶楽部会館
所在地	東京都千代田区丸の内一丁目四番
主要用途	集会場・事務所
建築主	社団法人日本工業倶楽部
設計者	横河工務所（横河民輔、 松井貴太郎、他）
施工	施主直営
規模	地上5階、塔屋1階
床面積	8,612m ²
構造種別	鉄筋コンクリート構造 （一部鉄骨鉄筋コンクリート造及び鉄骨造）
基礎構造	杭基礎（松杭）
外壁仕上	石貼り（1階）、タイル貼り （2～5階）



写真2 旧建物全景

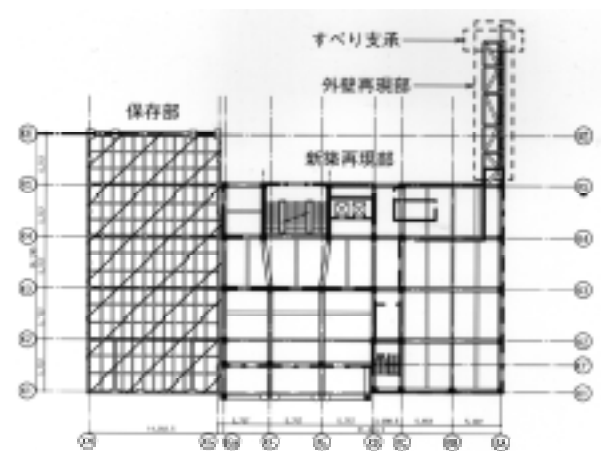


図1 改修建物平面図

写真2に旧建物の全景を示す。

2.2 改修工事概要

今回行われた改修工事の概要は以下である。

建築主	財団法人日本工業倶楽部
設計監理	(株)三菱地所設計
施工	清水建設(株) （構真柱は大成建設(株)）
構造種別	鉄骨鉄筋コンクリート構造
工期	2000年12月～2003年2月

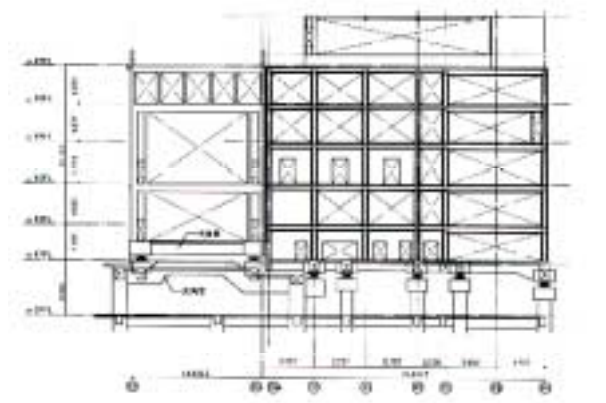


図2 改修建物断面図

図1に改修建物の平面図を、図2に断面図を示す。

2.3 建物調査

旧建物は、大正9年11月に竣工し、その後関東大震災による被害部位の補強、数回の増改築を経験して現在に至っている。旧建物については、建設当時の設計図書は現存しておらず、関東地震後の補強工事設計図の一部のみが残されている状況である。過去において、(株)大崎総合研究所により現地建物調査(「現地建物調査報告書」平成10年3月)が行われている。そこでは、構造体の形状・寸法・配置・配筋、コンクリートの圧縮強度を特定すると共に、コンクリートの中酸化や鉄筋の錆びの度合いが調査されている。また、保存修復・再現を実施するにあたり、外壁の石、タイル調査及び梁はつり調査(「基本設計資料調査報告書」平成11年3月)が行われている。

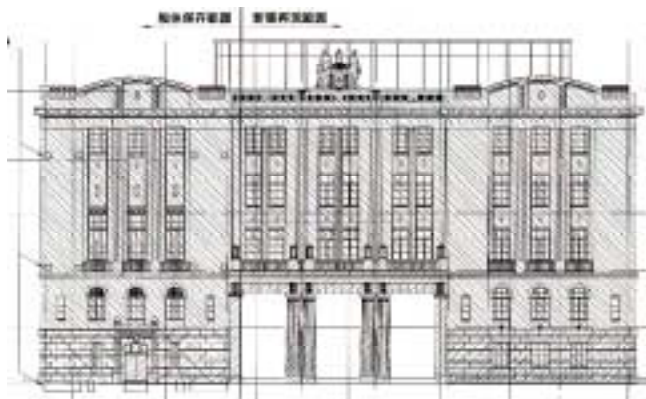


図3 南側立面図

さらに、今回の建替えにあたり、建物全般にわたる記録調査(調査監修「日本工業倶楽部会館歴史調査委員会」(日本建築学会))を行っている。

3. 構造設計概要

3.1 構造計画概要

新築物は、敷地全体に広がった三菱信託銀行本店ビル(以下タワー棟と称する)の新築地下構造物上に免震建物として乗る構造としている。平面的には、大会堂及び大食堂を有する西側1/3程度のブロックが躯体保存、残りの約2/3の範囲が新築再現躯体となっており、全体で一体化した建物である。

旧建物は関東地震で被災した経歴がある。RC造に準じた耐震診断の2次診断結果によれば、耐震性の劣る階で、建物全体については $I_s=0.2 \sim 0.25$ 、躯体保存部分のみについては $I_s=0.1 \sim 0.17$ と所要値に対して低い値となっている。躯体保存部分のみの場合、大食堂や大会堂といった大空間で構成され間仕切り壁が無いことから耐震性は著しく低くなっている。

保存計画における構造の基本的な考え方は以下とした。

免震建物とし、地震力を低減するとともにねじれの影響を小さくする。
 新築部の剛性及び強度を上げ、保存部の水平力負担を小さくする。
 保存部の地震力を新築部に移行するため、保存部の3階及び5階の床を炭素繊維補強するとともに両者を各階床レベルで緊結する。

表1 耐震設計目標

耐震レベル	level1	level2	level3
最大速度	25kin	50kine	65kine
構造レベル	1/2000	1/1500	1/1000
層間変形角	許容	弾性限	弾性限
免震層せん断歪率	150%	200%	250%

保存部の旧1階は機械室階であり、保存対象からははずれている。今回の保存計画においては、旧2階床梁を補強し保存部の新たな1階床梁とするとともに、旧1階を免震層として利用することにした。保存部の免震装置は、保存部の直下を掘削し、新たに構築するタワー棟の剛強な1階床梁（支持梁）上に設置する計画とした。

3.2 耐震設計概要

設計用地震力に対する静的応力解析を行い、層間変形角、剛性率、偏心率及び浮き上がりの検討を行った。新築部の断面設計については、保存部の耐力不足を新築部で確保する方針により、全水平力を新築部のみで負担させた応力に対して断面設計を行うこととした。

本建物の地震応答解析にあたっては、レベル1、レベル2、余裕度検討レベルの3段階の地震動について検討した。各地震レベルに対して、上部構造（主要構造部材）及び免震装置のクライテリアを設定し、耐震安全性を確認した。

各地震動レベルに対する耐震性能目標一覧を表1に示す。また、図4に振動解析モデルを示す。

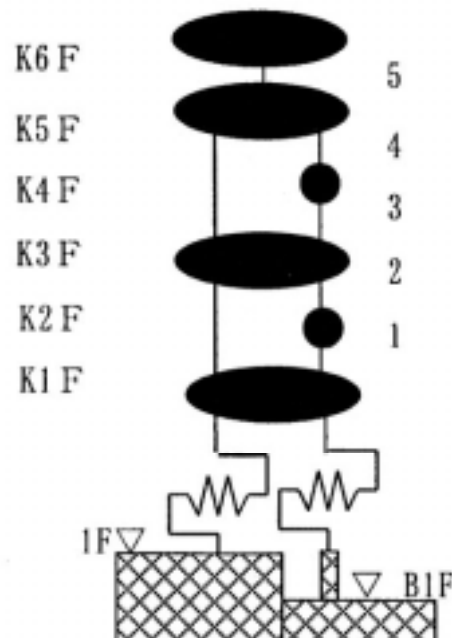


図4 振動解析モデル

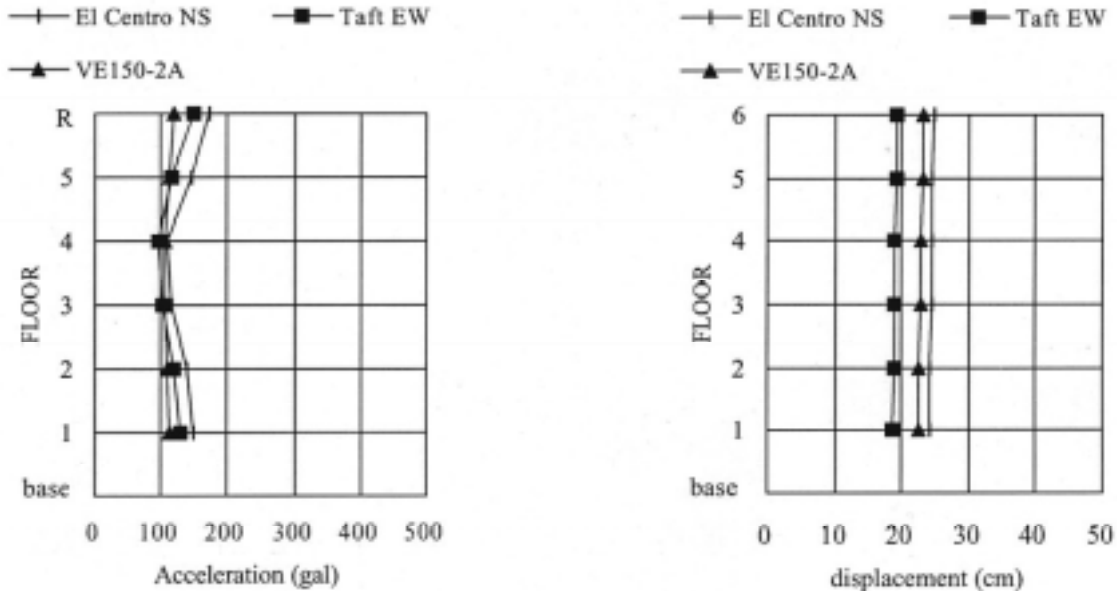


図5 応答解析結果（レベル2地震時）

振動解析を行うに当たり、下記の条件を仮定する。

- a) 振動解析に用いる上部構造のモデルは、1Fより上部R階床までの各床位置に質量を集中させる6質点の等価せん断型弾塑性モデルとする。

- b)鉛入り積層ゴムの復元力特性のモデルは、歪み依存性を考慮した「修正 Bi-linear ループ」とする。
- c)天然積層ゴム(natural rubber bearing)の復元力特性は、線形バネとする。
- d)減衰定数は以下の様に定める。上部構造の減衰定数は、1次固有周期に対して3%、免震層は0%とする。
- e)上部構造の復元力特性は、Tri-linear 形スケルトンカーブにモデル化する。

レベル2地震時の応答解析結果の一例を図5に示す。

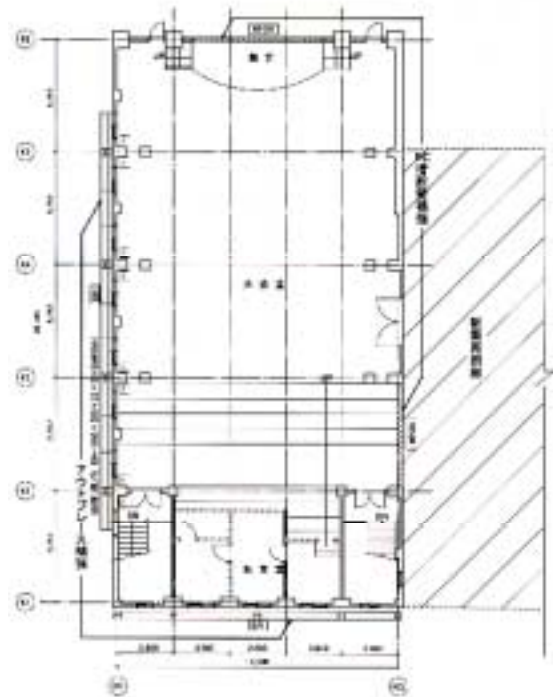


図6 仮設補強の概要

3.3 保存部分の補強設計概要

前節でも述べたように、躯体保存範囲の耐震性は著しく低いため、再現部の解体完了から建物竣工に至るまでの期間に起こる地震を想定して、保存躯体部の耐震補強を行う必要がある。

耐震補強の目標値としては、 I_s 0.4とした。これは、本計画地において影響がある地震で、工事期間中に最も発生確率が高いと思われる小田原地方を震源とする地震を想定し、概ねそれに耐えうる耐力を確保する目的で設定した。

耐震補強計画の立案においては、保存部の独立性を確保すると同時に外装及び内装材の保護・保存を最優先した。また、その後の新築施工への影響を考慮し、下記の補強工法を選定した。

外壁保存となるX方向(K1 フレーム)及びY方向(KH フレーム)については、鉄骨アウトブレースを設置し、タワー棟に面するX方向(K6 フレーム)及び再現部接続側のY方向(KG フレーム)については、建物架構面内にRC増設壁を設置した。

鉄骨アウトブレースの断面は、必要剛性及び必要補強耐力から H-350 × 350 × 12 × 19 とした。また、加工性・経済性・施工性等を考慮し、柱、梁についても同一断面とした。但し、ベースビームについては、ブレースに生じる軸力を受ける必要があることから BH-1000 × 350 × 22 × 28 とした。鉄骨ブレース架構と躯体との間には、地震時の建物慣性力をブレース架構に伝達



写真3 アウトブレースの概観

するため、両者を緊結する必要がある。そこで、スラブレベル近傍に設けたブレース構面鉄骨梁から水平プレートを持ち出し、各階躯体柱の柱脚を挟む両サイドの位置にてベースプレートを紹介してPC鋼棒で緊結した。ブレースの軸力を支持するベースビームの躯体アンカーについては、前述の新たな1階床梁（免震直上の梁）として出来上がった梁せい1300 mm、梁幅1500 ~ 2300 mmの補強梁にPC鋼棒で緊結した。また、隣り合うX, Y両構面に設けられたブレース架構は、パラペット上部に梁及び水平ブレースを設け、互いに緊結した。

鉄骨アウトブレースの建物躯体へのアンカー位置については、先に述べたように、既存外壁タイル等の仕上げ及び内装材の保護・保存を優先し、仕上げ材撤去範囲を最小限にする必要から、1階、3階、5階及びパラペットレベルに限定した。具体的な位置決めについては、現地建物の実測確認により、最終決定した。図6に仮設補強の概要を、写真3にアウトブレースの概観を、図7にアウトブレースのアンカー方法を示す。

3.4 保存部直下の支持梁の設計概要

保存部は、直下を掘削して構築したスパン19.6 mの折れ曲りSRC梁により支持している。折れ曲り梁にしているのは、直下のB1階で有効な天井高を確保するためである。また、再現部をB1階柱頭免震としているのも同様の理由である。

支持梁架構は、梁間方向にはB1階から立ち上がった1スパンラーメンとなっている。SRC梁の梁せいは端部2000 mm、中央1500 mm、それを受ける柱のせいは1600 mmである。フランジの最大板厚は、梁が70 mm (TMCP鋼325B)、柱が80 mm (TMCP鋼325C)である。

支持梁両サイドの柱は、施工的に本設構真柱であり、フレームの断面設計においては、SRC躯体完了後のみではなく、地下躯体構築の各施工段階における荷重及び部材端部条件に応じて鉄骨設計の検討を行なった。

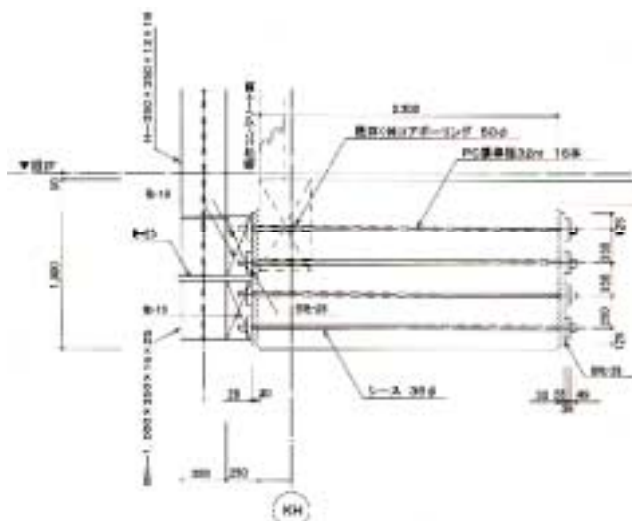


図7 アウトブレースのアンカー詳細

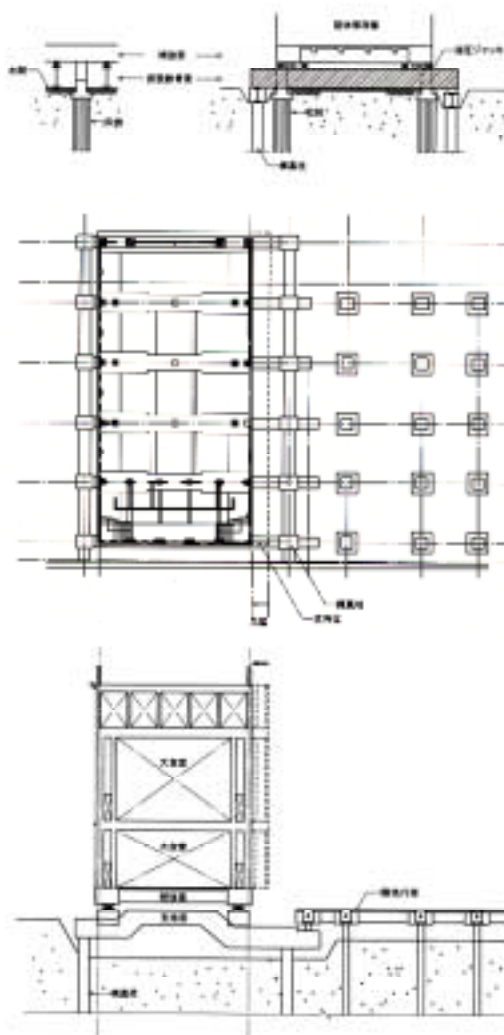


図8 支持梁の施工方法概要

4 . 施工計画概要

4 . 1 保存部施工計画概要

本計画では、建物周囲に免震層のクリアランスを確保すること及び建築都市計画上の壁面線を合わせるため、建物を東西方向に移動して配置することが前提となっており、躯体保存部は、西の方向に約 1.5 m 曳屋した。また、タワー棟の地下階は敷地全体に広がっているため、躯体保存部は、当該部直下の支持躯体を構築する間、施工計画上仮受けする必要がある。そこで、逆打ち工法における構真柱（本設使用）を利用して、仮受けした。具体的には、構真柱を桁行き方向に繋ぐ鉄骨梁（本設使用）を受け材として、1 次仮受け鉄骨梁を柱両脇に差し込んで仮受けした。

支持梁の施工方法の概要を図 8 に示す。

4 . 2 1 次仮受け鉄骨梁の施工概要

1 次仮受け用の仮設鉄骨梁の施工は、保存部旧 1 階を利用した免震層の中での工事となる。油圧ジャッキのセット高さ等を見込んで、梁せいを 1250 mm に設定した。仮受け梁は、保存部両脇の構真柱繋ぎ梁間に掛け渡す必要があるため、長さ 21 m を要した。また、柱両脇

に設置するため、合計 12 本の鉄骨梁で支えることとなる。保存部躯体の重量は、約 4000 t と想定され、たわみを抑える必要から梁断面は、BH-1250 × 600 × 32 × 70 となった。仮受け鋼材は、長さ 10.5 m のものを現場に搬入し、保存部横の再現部敷地に設けられた仮受け梁横引き用の移動路盤上で 1 本に接合され、保存躯体直下に横引き移動された。仮受けから、曳家、免震装置設置へと保存躯体の各荷重移動時においては、保存躯体下面の各ポイントの相対変位を計測管理しながら慎重に工事が進められた。1 次仮受け鉄骨梁の概況を写真 4 に示す。

4 . 3 床梁の炭素繊維補強

躯体保存の大食堂や大会堂は大空間であり、柱、梁共に鉄骨内蔵のコンクリート構造である。関東地震後の補強工事設計図によれば、柱についてはコンクリート増し打ちで断面を大きくすると共に、大梁については、端部に鉄骨アングルによる方杖（斜め部材）を増設している。床については、当初からワッフルスラブである。現地建物調査より、大梁についてはクラックによる梁下部コンクリートの剥離、スラブについてはクラックによる鉛直荷重支持能力及び水平荷重伝達能力の低下が懸念された。そこで、当該部の床梁については、曲げ耐力を増すため下面に、かつせん断剛性及び水平耐力を増すためにスラブ上面に炭素繊維補強を行っている。炭素繊維補強の



写真 4 1 次仮受け鉄骨梁概況



写真 5 炭素繊維シート補強概況

概況を写真5に示す。

5.まとめ

以上、歴史的建築物の保存プロジェクトである日本工業倶楽部会館の建設計画について、構造設計と施工方法について、その概要を述べた。

今回のような、民間建物の保存計画においては、コストおよび工期上の制約が多く、なかなか実現できないのが実情と思われる。しかし、今回のプロジェクトでは、都市計画学会を始めとする第三者機関の協力を得ることにより、従来に無い新しい工法を考案することができ、結果としてなんとか比較的小さなリスクの中で、保存プロジェクトの実現に漕ぎ着けることができた。その意味からも、本報告は、今後の同様なプロジェクトに対する参考事例として、有益な資料となり得るのではないかと期待している。

日本工業倶楽部会館は、永く文化財として生かされるよう登録有形文化財としての認定を受け、共同ビルの新築地下構造物の上に乗る免震建物として生まれ変わった。この建物が、都市景観の中に溶け込んで、多くの人々から永く愛されることを願ってやまない。

参考文献

- 1)金本、小川、稲田、他：炭素繊維シートで補強された歴史的建物スラブの構造性能、日本建築学会学術講演梗概集、2009.3
- 2)稲田、小川：日本工業倶楽部会館の免震レトロフィット、MENSIN、JSSI、NO.33、2001.9
- 3)Ichirou Ogawa、Tatsuo Inada：REPORT ON THE RETROFIT OF THE JAPAN INDUSTRIAL CLUB HALL、SEWC2002、JAPAN
- 4)稲田、小川、他：日本工業倶楽部会館・三菱信託銀行本店ビル建て替えプロジェクト、(2)日本工業倶楽部会館の設計と施工、鉄構技術、鋼構造出版、2003.6
- 5)Ichirou Ogawa：A NEW AND HISTORIC BUILDING COMPLEX、STEEL CONSTRUCTION TODAY & TOMORROW、JISF & JSSC、2003.12