

中央大学多摩キャンパス 2007 年度耐震補強工事の施工について

About the construction of the earthquake resistant reinforcement construction in fiscal year 2007 in the Chuo University Tama campus

宇野 幸太^{*1} 中野 裕公^{*2}
Kouta Uno Hiromasa Nakano
川津 健太^{*2} 日下 俊明^{*1}
Kenta Kawadu Toshiaki Kusaka

【概要】

今回の中央大学多摩キャンパスの耐震補強工事は 1978 年の中央大学の多摩移転に伴い建築された建物の、3 年にわたる耐震補強工事の第一期工事として施工されたものである。

今回の報告では今年度受注した工事のうち、キャンパス内にある十数棟の建物の中で一番大きな建物である 2 号館（総合研究棟）の耐震補強工事についての報告をする。

国内最大級の耐震補強となった本工事には、鉄骨製作及び鉄骨取付に非常な精度を要する KT ブレース（鋼管ブレース）、SRC 構造体の鉄骨部材にスタッド溶接するスタッドアンカー、歪み等の問題で溶融亜鉛メッキが使用できない場合の代替品として注目されている ZRC（常温亜鉛メッキ）等、在来の耐震補強工法とは違った工法により施工されている。本工事に使用された各種工法の概要を示し、施工管理上のポイント、工夫点等を報告する。

【キーワード】 耐震補強、中央大学、KT ブレース、スタッドアンカー、ZRC、常温亜鉛メッキ

1. はじめに

中央大学多摩キャンパスは 1978 年の多摩移転に伴い建築された在籍学生数 2 万人超・敷地面積約 52 万㎡の巨大なキャンパスである。

建物はほとんどが移転時に新築されたもので、旧耐震基準による建物である。耐震診断の結果、耐震補強が必要な建物が大半であるとの結果から 2007 年度より 3 年計画で耐震補強が必要な建物すべてを耐震補強することになった。

2007 年度は 1 号館（本部棟）・2 号館（総合研究棟）・4 号館（サークル棟）・ペDESTリアンデッキ 1 の A 工区及び 7 号館・第二体育館・ペDESTリアンデッキ 3 の B 工区が発注され、当社は A 工区を受注することになった。

今回の技報では、当社が受注した A 工区の建物のうち、キャンパス内で最も規模の大きい建物である 2 号館（総合研究棟）の外部耐震補強工事についての報告をする。

2. 工事概要

工事名称：中央大学多摩キャンパス 2007 年度耐震補強他工事（A 工区）
工事場所：東京都八王子市東中野 742-1



図1 中央大学多摩キャンパス

発注者：学校法人 中央大学

設計監理：株式会社久米設計

施工：飛鳥建設(株)関東建築支店

工期：2007年5月1日～2008年3月31日

用途：大学校

1. 東日本建築支社 RN08中央大多摩作業所

2. 東日本建築支社 RN医科歯科大16号棟作業所

《以下2号館概要》

延床面積：26,000m²

構造：SRC造

階数：地上12階 塔屋2階

標準階高：3.7m、3.1m

軒高：41.8m

最高高さ：47.6m

外部耐震補強方法：鉄骨及びKTブレースによる外付けフレーム補強

耐震補強鉄骨重量：430t (KTブレースは除く)

KTブレース基数：426基

あと施工アンカー数：43,000本

スタッドアンカー数：18,000本

内部打ち増し壁数：72枚



写真1 2号館南面補強前

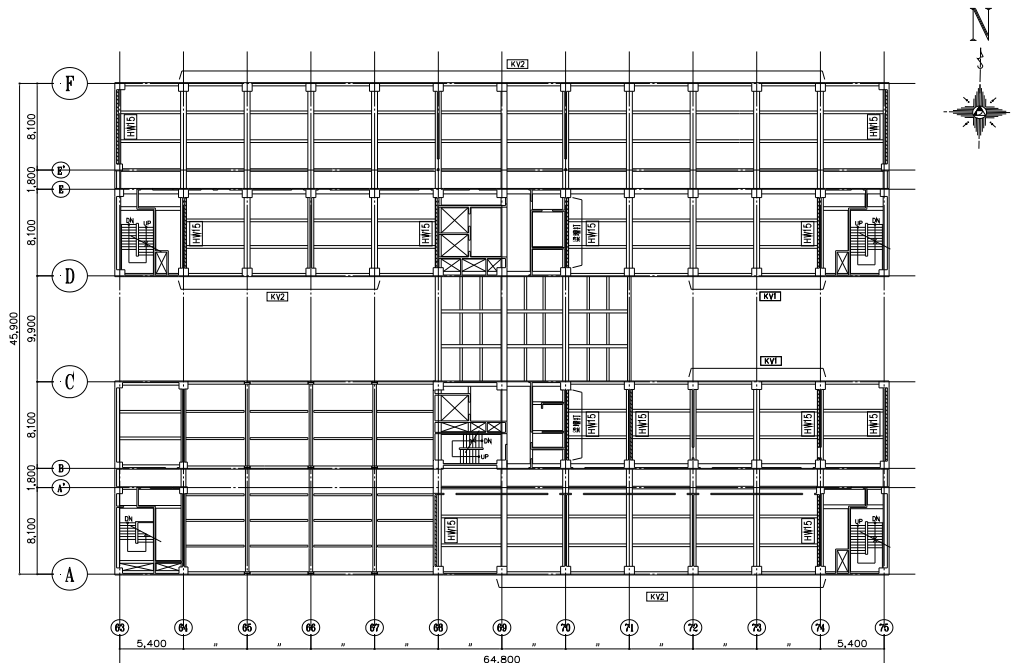


図2 7階平面図

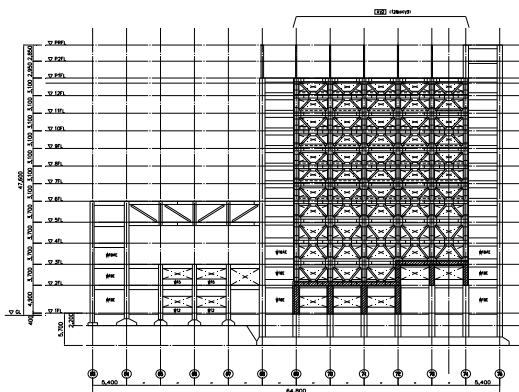


図3 A通り軸組図

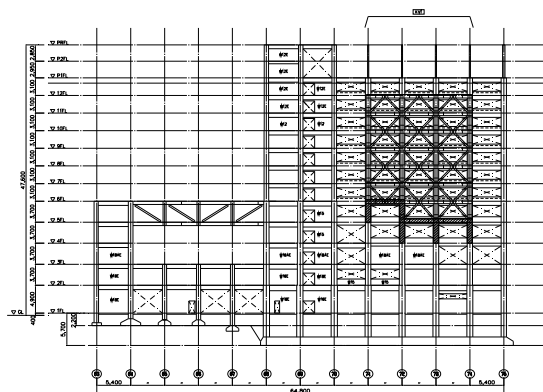


図4 C通り軸組図

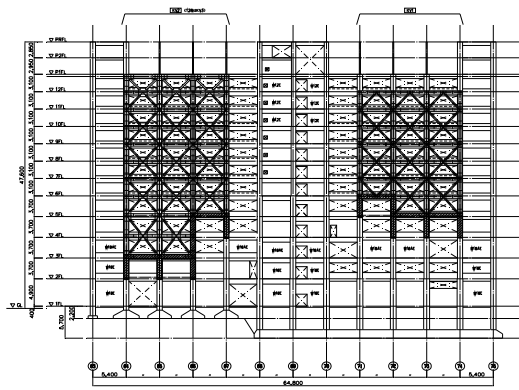


図5 D通り軸組図

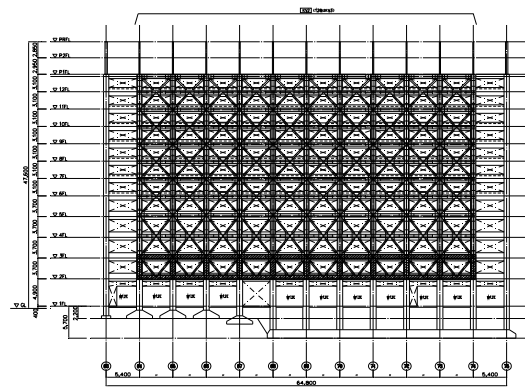


図6 F通り軸組図

3. 発注者の要望

2号棟は教室、事務室、図書室、教授室等が混在している上に臨時に移転する場所を確保することが困難なことから下記のような制約条件を受けた。

- イ. 内部の工事は基本的に学校の夏休み期間中（8/1～9/20）の期間とする。
- ロ. 外部の工事のうち騒音を伴う斫り、あと施工アンカー等の工事と同様に夏休み期間とする。
- ハ. 内部の工事に伴い使用出来なくなる部屋以外の住人は工事期間中も通常業務を行うこととする。
- ニ. 外部への教室の貸し出し、重要な会議等がある場合には工事を中断することもある。
- ホ. 工事用スペースも極めて限定される。

上記の制約条件は、同時に別業者へ発注されたアスベスト除去工事も含めたものであり、居ながらの耐震補強工事としても異例の制約を受けることとなった。また、工事初期の時点で教員等からの要望により下記の条件が追加された。

- ヘ. 鉄骨建方・外部足場組立等の作業は、夜10時以降の夜間作業とする。

4. 耐震補強方法

久米設計の構造検討により、耐震補強の方法としては桁行方向は外部鉄骨フレームによる補強、梁間方向は内部耐震壁の打ち増しによる補強という補強方法をとることとなっていた。

2号館外部の耐震補強部位は図2～図6の様な結果になった。鉄骨フレームの重量約430t、斜めブレースの数量426基という耐震補強工事としては国内最大級の耐震補強工事となった。

今回の工事の特徴として、柱アンカーに「スタッドアンカー工法」、耐震補強ブレースに「KTブレース工法」、錆止め塗装に「ZRC（常温亜鉛メッキ）工法」が採用された。

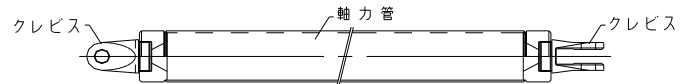


図7 KTブレース標準図



写真2 スタッドアンカーコア削孔状況



写真3 ZRC（常温亜鉛メッキ）工場塗装状況

5. 施工概要

5.1 あと施工アンカー・スタッドアンカー

今回補強する建物はSRC造であるが、柱には口型鉄骨、梁にはラチス鉄骨を使用している。そのため梁部には図8に示すように標準的なあと施工アンカーを施工できるが、柱部にはあと施工アンカーでは埋め込み深さが確保できない。そこで今回は図9に示すように既存鉄骨面に直接スタッドを打設する「スタッドアンカー工法」が指定されていた。

「スタッドアンカー工法」の施工順序としては

- ① 既存の柱に試し掘りを行い鉄骨のかぶり厚さを確認する。(スタッド長さの決定)
 - ② 鉄筋探査を行い、既存鉄筋を避けた位置でコア抜き墨出しを行う。
 - ③ 既存鉄骨面までコア抜きを行う。
 - ④ 鉄骨面の研磨。
 - ⑤ スタッド打設。
 - ⑥ スタッド溶接部の確認及び引張試験。
 - ⑦ SAグラウトによるコア穴埋め。
- となる。

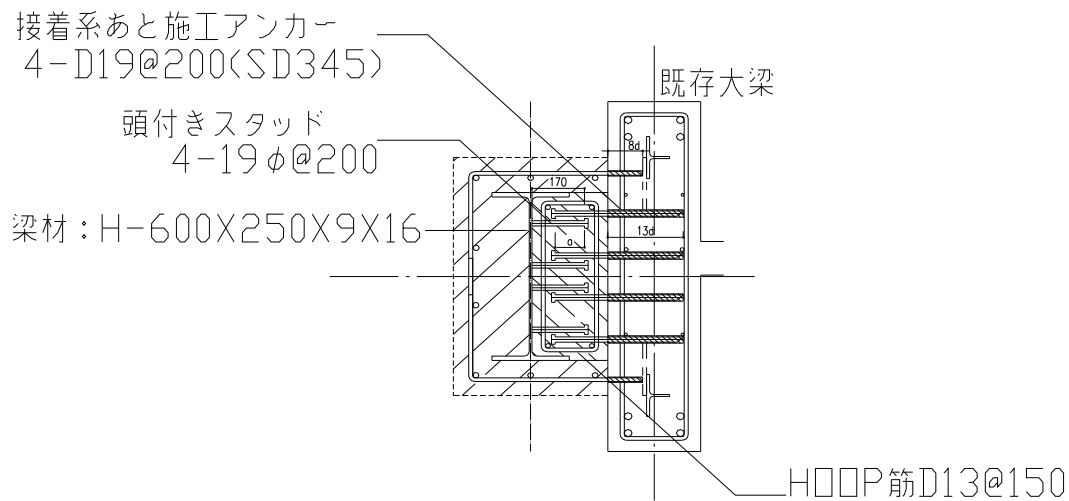


図8 梁詳細納まり図

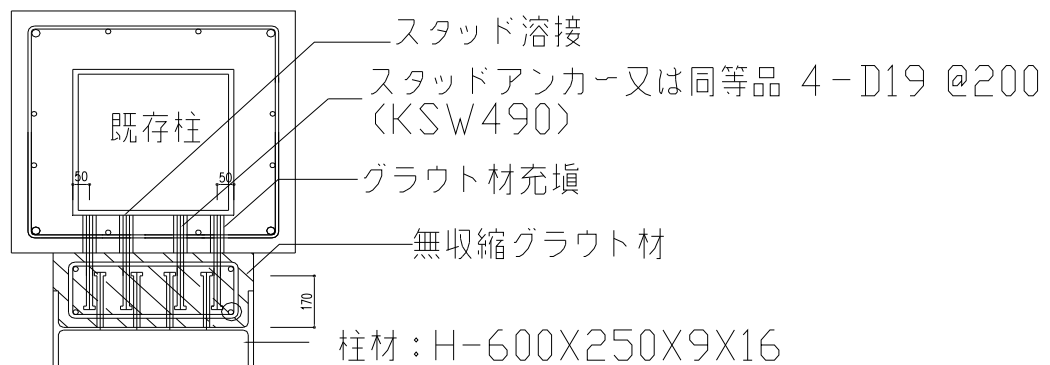


図9 柱詳細納まり図

「スタッドアンカー工法」は施工手順が多い上に、通常は新規鉄骨面に打設するスタッド工事をコンクリート被覆の中にある鉄骨面に施工することから、通常のあと施工アンカーとは別に下記のような管理項目が必要となる。

- ① スタッド打設時の電流を全数モニターして施工不良を確認する。(写真4、表1)
- ② スタッド溶接部をファイバースコープにて目視確認する。(写真5)
- ③ 作業日ごとにテストピースにてスタッドの曲げ試験を行う。
- ④ SAグラウトのフロー試験を行う。(写真6)

以上のような管理項目があることから、実際に工事を行う業者のみならず施工者や監理者についても各工事の工程・検査の内容や確認される項目の意味、施工不良の状況、不良発見時の対処等の専門知識が要求される職種であった。



写真4 スタッド打設モニタリング状況



写真5 溶接部確認状況



写真6 SAグラウトフロー試験

表1 スタッド溶接部モニタリングデータシート

日本スタッドウェルディング株式会社

頭付きスタッド溶接部モニタリングデータおよび溶接後処置一覧表

工事名称:

日付	No.	スタッド径	電流 (Amp.)	時間 (sec.)	短絡時間 (sec.)	引上げ量 (mm)	溶込み量 (mm)	モニタ判定	外観判定 (目視)	処置	最終判定
H19.5.25	1	19	1531	0.982	0	3.6	6.1	OK	OK		合格
H19.5.25	21	19	1530	0.963	0	3.6	5.3	OK	OK		合格
H19.5.25	41	19	1535	0.968	0	3.5	5.6	OK	OK		合格
H19.5.25	61	19	1531	0.982	0	3.5	6.3	OK	OK		合格
H19.5.25	81	19	1534	0.982	0	3.5	6.0	OK	OK		合格
H19.5.25	101	19	1530	0.973	0	3.5	4.7	OK	OK		合格
H19.5.25	121	19	1530	0.957	0	3.5	5.0	OK	OK		合格
H19.5.25	141	19	1529	0.953	0	3.6	6.8	OK	OK		合格
H19.5.25	161	19	1529	0.975	0	3.5	4.7	OK	OK		合格
H19.5.25	181	19	1528	0.951	0	3.7	5.3	OK	OK		合格
H19.5.25	201	19	1530	0.970	0.002	3.6	5.4	OK	OK		合格
H19.5.25	221	19	1530	0.981	0	3.7	6.2	OK	OK		合格
H19.5.25	241	19	1529	0.949	0	3.5	6.3	OK	OK		合格
H19.5.25	261	19	1529	0.973	0	3.7	5.4	OK	OK		合格
H19.5.25	281	19	1528	0.957	0	3.8	6.0	OK	OK		合格
H19.5.25	301	19	1528	0.973	0	3.7	6.0	OK	OK		合格
H19.5.25	321	19	1531	0.958	0	3.5	5.2	OK	OK		合格
H19.5.25	341	19	1533	0.971	0.004	3.5	4.7	OK	OK		合格
H19.5.25	361	19	1527	0.950	0	3.5	5.1	OK	OK		合格
H19.5.25	381	19	1530	0.948	0.003	3.7	3.9	OK	OK		合格
H19.5.25	401	19	1528	0.955	0	3.7	5.9	OK	OK		合格
H19.5.25	421	19	1529	0.949	0	3.7	5.4	OK	OK		合格
H19.5.25	441	19	1529	0.952	0	3.6	6.4	OK	OK		合格
H19.5.25	461	19	1530	0.980	0	3.7	5.8	OK	NG	補修溶接	合格
H19.5.25	481	19	1530	0.949	0	3.5	6.5	OK	OK		合格
H19.5.25	501	19	1528	0.969	0	3.7	5.7	OK	OK		合格
H19.5.25	521	19	1532	0.976	0	3.4	6.0	OK	OK		合格

5.2 鉄骨フレーム・KTブレース

外部鉄骨補強は「KTブレース」が採用された。

KTブレース工法については以下のような鉄骨製作時点での注意事項がある。

- ① ブレースのクレビス部分を鉄骨フレームの厚板部分に挟み込みピン接合する工法であるためブレース両端厚板部分の面外方向精度が要求される。
- ② KTブレースは設計寸法 ± 10 mmの誤差まで許容できるが、今回は連層での設置である為に斜め方向の許容もほとんど許されない。
- ③ 柱接合部（フランジ）は溶接接合となる為、KTブレース寸法の拘束とあいまって鉄骨建方時の寸法的な逃げがほとんどない。

以上のようなことから、鉄骨製作に関しては製作図面作成時点より通常の建築鉄骨以上の精度を確保する為に議論を重ね次のような方向で製作を行うこととした。

- ① KTブレースのクレビス取合部の厚板は1枚物を加工して製作することとした。
- ② 溶接熱による歪みを極力押える為に図面作成段階において溶接の順序まで指定を行った。
- ③ 厚板部分は、仮組検査及びブロック試作品検査を行い要求精度が確保できることを確認の上本格的な製作に入ることとした。
- ④ KTブレースの製作工程上、鉄骨建方時にブレースが間に合わない部分に関しては、建方及びグラウト打設等で歪が出ないように検討した仮ブレースを取り付けることとした。

今回の鉄骨製作は非常に製作精度の高いものであったが、当社のトグル制震工法でも同様の納まりがあり、製作工場・施工管理側双方に製作・建方に関するノウハウの蓄積があったため、鉄骨の製作及び施工に関することまで当社（A工区）で提案したことがすべてそのままB工区（清水建設）でも採用されることとなった。



写真7 鉄骨試作品検査状況



写真8 KTブレース ピン接合部



写真9 鉄骨建方状況



写真10 鉄骨柱溶接状況

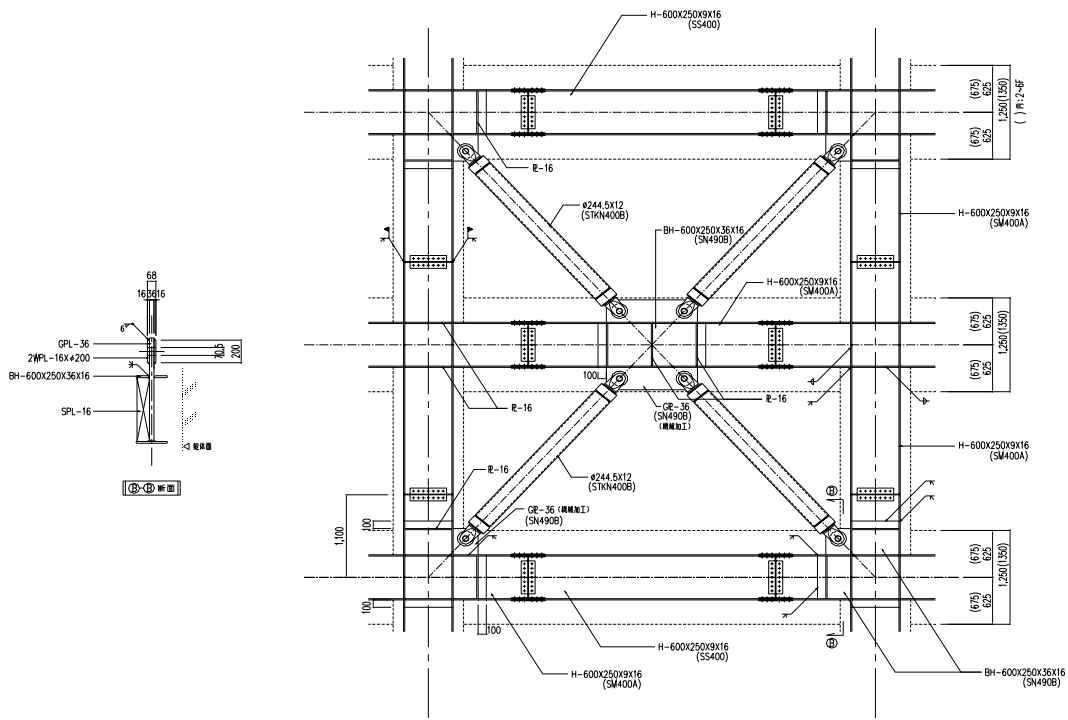


図10 鉄骨ブレース取付図

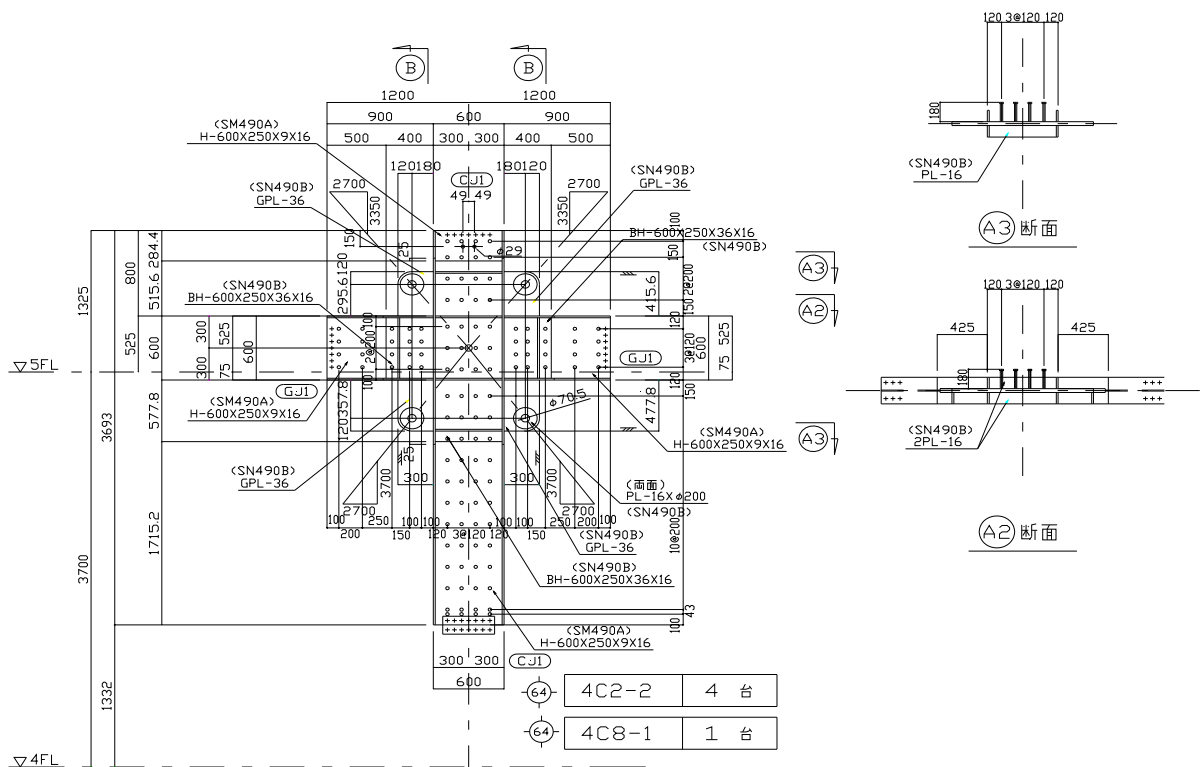


図11 鉄骨柱製作図

5.3 ZRC（常温亜鉛メッキ塗装）

外部サビ止め塗装は「ZRC（常温亜鉛メッキ塗装）」が採用された。

初期の設計段階では溶融亜鉛メッキで検討されたそうであるが、

- ① KTブレースが鋼管であることから高温でのメッキ処理が不可能である。
- ② 前項で示したとおり非常に精度を要求される鉄骨である為にメッキ処理に伴う歪みを許容できない。

以上の理由から、現在最も防錆の効果が高いとされるZRC（常温亜鉛メッキ）を採用することとなった。

ZRCは協会による規定が厳しく下記のような管理項目が設定されている。

- ① ZRC協会の特別教育を受けて認定された作業員及び管理者のみ施工が許される。
- ② 1工程ごとにWET(塗膜乾燥前状況)及びDRY(塗膜乾燥状況)の膜厚を検査しながらの施工となる。

当社の「トグル制震工法」についてもKTブレースと同様の理由から溶融亜鉛メッキができないが、今後の検討によってはZRCの導入も検討できるのではないかとと思われる。

6. おわりに

今回の工事は施工状況的にも、施工精度的にも設計・施工双方において未経験の部分が多く手探りの状況からのスタートであった。

その中でも当社の耐震補強工事のノウハウを最大限に生かしながら国内最大級の耐震補強工事を無事に終わらせることができた。

昨今の地震関係の報道もあり今後は耐震補強工事の需要も増加傾向にあると思われる。

今回の工事の実績・ノウハウを当社のこれからの技術として生かせることができたら幸いです。

最後に今回の工事にあたり助言をいただいた各方面の方々に紙面をお借りしてお礼を申し上げます。



写真1 1 ZRC膜厚確認状況（WET）



写真1 2 2号館南面（A通）完成状況



写真1 3 2号館北面（F通）完成状況

Summary : Seismic retrofit work was carried out at the Tama campus of Chuo University as the first phase of the three-year seismic retrofit of the buildings that were constructed in 1978 when the university was relocated to the Tama area. This paper describes the seismic retrofit of Building No. 2 (General Research Building), largest among a dozen buildings on the campus. This retrofit work is one of the projects contracted to Tobishima in this fiscal year. For the seismic retrofit of one of the largest scale in Japan, methods other than the traditional seismic retrofit methods were adopted such as KT bracing (steel pipe bracing) requiring highly precise steel manufacturing and installation, anchors for welding studs to steel members of steel reinforced concrete structures and ZRC (normal temperature galvanizing), which has been catching on as a distortion-free alternative to hot galvanizing. This paper outlines the methods adopted in the project and describes the points and improvements related to construction management.

Key Words : earthquake resistant reinforcement, chuo university, KT brace, stud anchor, ZRC, normal temperature galvanizing