

耐震フォーラム
(東京都議会議事堂 都民ホール)

◆講演②13:40～14:40

「耐震化の事例紹介」

藤村勝氏

(東京都建築士事務所協会 ・ 構造技術専門委員会委員長)

開催：平成28年9月1日(木)

【藤村氏】（1：10：00）

ご紹介頂きました藤村です。私のテーマは画面にありますように「建物に応じた様々な耐震改修事例」でございます。こちらの耐震改修事例は先程の連先生のもものと異なり、主に非木造でございます。それと耐震性の改善を主目的としていますので、改修ではないというあたりが先生のもものと違います。内容でございますが最初に耐震補強工法の一般論、もう詳しい方はたくさんおられると思いますが、これを最初にお話しさせていただきます。二つ目は私自身が過去に手掛けた様々な耐震改修事例、三つ目は集合住宅の耐震改修で、これは四六時中、住民の方が住まれているので大変難しく、私もトライアルしましたが少ししか出来なく、最近はたくさんのもので行われていますのでそれを紹介したいと思います。

最初に耐震補強の種類ですが大きく分けて四つあります。一つ目は地震入力の低減で、建物の基礎にアイソレータを入れて地盤と建物を切り離してしまうと地震動が起きても建物を基本的に揺れないようにする免震構造化と、建物の中にダンパーというものを仕込んで地震エネルギーを吸収してしまい地震入力の低減を図る方法でございます。二つ目は強度補強、これは建物の柱梁の中に耐震壁を入れたり、鉄骨ブレースを入れて建物の耐力を大きくしようとするものでございます。三つ目は靱制補強、これは既存の柱の周りに鉄筋コンクリートを巻きたてたり、炭素性シートを巻き付けたりして、変形能力を高めようというものでございます。最後の一つは地震時に建物のどこかに集中して被害が生じるような場合に、そこを改善するものでございます。

これをもう少し細分したものがこの図で、今の四つの方法を更に細分するとこのような形で、ここに示していない技術もたくさん現在は考案され、使われております。代表的な事例図を貼り付けておりますが、極めて種類が多いという事をお伝えしたいと思います。

このような工法をどのように選定するかという問題ですが、一つの工法により全ての建物でうまくいくのはなかなかなくて、やはり建物との相性、それと建築主の意思で工法を決めていく事になります。その時にやはり専門の建築士さんに、今紹介した補強技術をこの表のように横に並べてもらい、縦軸には耐震性能と居住性、生産性などを整理してもらいます。各々の工法でどのような傾向があるか、この表では一般論的に書いていますが、○印はかなりよい、△印はちょっと疑問がある、－印はどちらかという課題があるというように見て頂きたいと思います。特に重要なのは居住性に関わる部分で、補強した時に使用性が低下してしまうとか、美観が低下してしまうとか、耐久性は改修を併用すれば高まる事もありますが、お客様側で判断しなければならない項目が結構あります。このような整理して最終的に工法を一つか二つに絞って設計してもらうことになります。

例えばこの強度補強の耐震化でいけば耐力が大きく安全性も良好ですが、問題は内部に壁を付けるため居ながら、いわゆる住んだまま補強出来ない事が課題になります。これを解決する強度型としましては、建物の外で補強する外付け補強があります。この方法は工期とかコストは内付け補強よりかかりますが、居ながらの補強が可能です。あと、靱制補強と言いまして柱を巻きたてる方法は、強度はあまり上がりませんが、変形能が高まりま

す。お金もそんなには高くありませんが、十分な性能に達するかどうかというあたりの課題があります。最も万能に近いと思われるこの免震構造化につきましては、安全性は非常に高く、建物も損傷しないし家具も転倒しづらくなるという、かなり万能性を持つんですけども、問題は工期コストが非常に高いことです。これらをお客様が選ぶ尺度で総合的に評価して、この欄に最終的な評価を付けて工法を絞っていくという事が必要です。

ここからは様々な耐震改修事例という事で、私が手掛けたものをご紹介しますと思います。これは 1980 年代、30 年以上前に手掛けた事例です。静岡県の実例で、静岡県では通常の地域の 1.5 倍くらいの耐震性を求めています。東海地震対策で、そのような目標性能に対して補強をしようとしますと、通常の方法ですと補強材の重量で建物がどんどん重くなって、更にまた補強しなければならないという、いたちごっこが生じます。この事例は鉄骨系の部材で補強した国内で最初の事例でございます。学校の北側にこのブルーで示す部材は鉄骨ブレース、赤は鉄板耐震壁です。張間方向には RC の耐震壁もたくさん入れております。最近では補強材を見せるような事例が多く見られますが、当時は ALC 板を外に建てて中はボードで補強材が見えないようにして、補強後の建物は元よりもきれいにし、耐久性も高まるようにする努力をして参りました。

次の事例は日本武道館で、日本武道館を耐震補強したと知っている人は非常に数少ないと思います。日本武道館はここにありますがように八角形の平面形状をしていて、耐震要素がこの八角形の外周部分にしかなく、耐震性能としては 0.45、補強する時には IS という値が尺度になりまして、最低 0.6 の性能を持たねばならない事になっております。この値を 0.75 以上にしたという事例です。これは現在の写真ですけども、この 4 辺のこのことここです、中央のスパンは補強してなくて両側のスパンがちょっとゴツく見えると思いますが、ここに補強をしています。この図は今のサッシュの中の断面を切ったものですが、赤いところが耐震要素で厚さ 25 mm の鉄板が入ってます。この鉄板をガスで穴を開けてそこにガラスを入れアルミダイキャスト止めています。この一枚の壁で 500 トンという非常に大きな耐力が得られる補強をしております。これが昔の写真で、現在の写真はこういう形になっていてゴツく見えますけども、中央の部分は出入り口で、開くようになっています。

これが施工中の写真です。全体の鉄骨は 10m×4m くらいのかかなり大きいもので、5 トンぐらいの重量があります。武道館の周辺は北の丸公園で非常に広ので、工場で製作してトレーラーで運ぶ事が出来ましたが、一般の所ではなかなかこういう事は出来ませんが、非常に運良く、大きな補強材を運び入れる事が出来ました。建物側にはこのようにあと施工アンカーを配置したあと、補強材を建て起こして周りをブラウトで固めています。

次の事例は大学の補強事例でございます。こちらが外観写真ですけども、茶色っぽいところは昔の外壁でタイルです。この水色の部分が補強材でございます。これも元々の性能が 0.39 で、この性能を 0.71 まで上げています。建物の周辺に補強材を配置していますが、かなりの重量になるので場所打ちコンクリート杭を打ってしっかりと支えています。左側が更に詳細な写真ですが、白っぽいところが補強材で SRC の剛強な部材です。上の方が変

わった形になっていますが、デザイナーの方がこういう形を決めております。構造的には補強材を急変させない目的があります。あるとこでスパッと補強を切るとそこが界面となり損傷する可能性があるので、徐々に補強材を減らしています。更に詳細で見ますとこの白っぽいところがこれも補強材で、かなりごついものです。設計図ですがこれは立面図で茶色っぽいところが補強材です。白黒の部分が元の柱でございます。これを断面で見たのが下の図で、このグリーンの部分の部分が元の柱で6m間隔にあって、間に間柱が等分が入っています。これに対して補強の柱をこのように配置し、柱せいは570で微妙な寸法ですが、元の建物のタイル割りの寸法に合わせて出来上がりが綺麗に見えるようにしています。また、ここの断面を描いたものがこの図ですけども、グリーンが既存の構造体、それに対して茶色が補強材で、勾配が付けられており、視界を妨げないとか雨水の流れなどに配慮したディテールとなっています。

次の事例は百貨店でございます。これは50m×100mのかなり大きな百貨店で、百貨店の場合には売り場を減らすことが出来ないのです、どうしても補強材は建物の外壁面とあとはエレベーターとか階段の周辺に配置する補強になります。建物全体で359箇所という極めて大量の補強をしていますが、百貨店は休業する事なく工事は夜の22時から朝の8時までで、作業終了後は毎日元に戻して営業を続けるというやり方で補強しています。この写真は階段の部分の補強です。厚さ40cmのコンクリートの補強壁ですが、ベタに打ってしまうと味気ない空間になるので、ここにステンドグラスを入れて補強材じゃないように見せています。この写真はエレベーター部分にある補強ブレースですが、ブレースを綺麗に仕上げ照明を入れ明るくしています。

従業員しか入らない所では、こちらの写真のようにブレースはむき出しにして効率的な補強をしています。このブレースは非常にゴツく、何を考えているかといいますと、専門的な絵になりますけど横軸は変形で縦軸が耐力ですが、地震時に建物が大きく変形すると損傷という痕を残してしまうのでなるべく変形しないようにするのが良く、そこでこの鉄骨ブレースでは、鋼材の単位面積当たりの強度を通常鋼の三分の一の強度とし、断面は三倍の断面積にすると、耐力は通常のブレースと同じくらいになります、何が違うかと言うとこの降伏して折れ曲がる点が三分の一位となり、凄く小さい変形の時からブレースがよく効いて建物を損傷させないようになります。

この写真は店舗内に配置したブレースで、あまり目立たないようにこういった工夫がされています。こちらの写真は屋上の塔屋の補強ですがバットレスといった耐震補強材が配置されています。

工事中の写真ですが、一番左が店舗内を養生をした状態で、毎日夜22時に朝礼をしてすぐに養生をして工事を始め、床にアンカーを打ったり、ブレースはだいたい250キロぐらいの重量になるように分割してエレベーターを使って運搬し、現位置でチェーンブロックを使ってたて込んでいます。たて込みが終わりましたら周辺にアンカーがありますので、この間にモルタルを充填すると先程の写真のブレース仕上がります。ある意味では居なが

らの施工という事になります。

次は事務所ビルの基礎免震補強の事例です。これは写真にあるように1、2、3、4号棟の建物を一体として免震構造化した事例です。建物の基礎梁をPC鋼棒で繋いでおいて、建物の下に新たに擁壁と耐水板を打設した後、免震装置を組み込んで免震化しました。工事の手順は建物の側面を掘削して建物の基礎の下に入って、この写真でここが建物の基礎になっています。新しく設ける構造材を支える杭を配置するため、油圧ジャッキを用い既存の建物の下に杭を打ち込んでいます。この写真は既存の杭です。この既存の杭を切断してここに免震装置を組み込みます。仮設材を入れて鋼材で仮支えして杭を切り取った上で、杭にアンカーを打って免震装置を取り付け、間にコンクリートを充填して、この写真の状態になったものです。

次の事例は、学校建物への普通の鉄骨ブレースの補強で、夏休み期間の二か月だけで施工したいという要望を受けて、外付けのブレースを選んでいきます。何がポイントかというブレースが非常にきれいに見えると思いますが、これは高力ボルトを使わずに現場溶接でブレースを組み立て、溶接の跡もグラインダーで仕上げで非常にきれいに見せています。

こちらの事例では、H型鋼を縦横に溶接して、格子型にしています。写真のこれが補強材で、構造材の表面にステンレスパネルを建て込み、構造材でなくで化粧の材料に見えるように補強したというものです。

少し時間が少なくなってきましたので急ぎます。これから先は集合住宅の事例でございます。東京都住宅供給公社さんも大量の集合住宅を補強していて、その計画立案の方法には定型的な方法が考えられています。まず耐震診断でNGとなった建物は、極脆性柱と言いまして変形能が小さい柱に耐震スリットを配置します。それだけでOKになってしまう建物があります。それでも性能が足りない時に、必要補強量が少ない順に、袖壁補強、バットレス補強、外付けフレーム補強、外付けブレース補強、の順番で補強するという考え方です。

耐震スリットは、ここに赤で示したような性能の悪い階のところに入れるもので、これがスリット部分の詳細で、壁厚さは通常は12cmくらいありますが、50mm以下の残りになるように切り込んで、大きな地震の時にはここを損傷させて柱を守るためのディテールです。袖壁補強は、集合住宅ではバルコニー側の外壁は外に梁が出っ張っているのですが、この下に袖壁を増し打てば住居内に入らなくて居ながら補強出来るので、この方法も良く使われます。また、集合住宅では外階段があって、妻面に空き空間があるので、この妻面にバットレスを入れて補強することも行っています。

それでも補強出来ない場合には、バルコニーを新に設けて、バルコニーの外に補強フレームを建てたり、外廊下の先端にブレース架構を増設する方法を用います。外付け補強フレームの事例がこの写真です。どこを補強したかわからないですね。それがいいところです。この写真では3階の柱がここで、2階からここまで出っ張っています。外付けフレームで補強すると補強したというイメージにならない特徴があります。こちらは外付けブレ

ース補強の事例です。補強したぞと分かりますが、バルコニーが飛び飛びとなっているものを、新たに連続してバルコニーを付けて柱で受けて梁を入れ、そこにブレースを配置しています。これは制震ブレースではなく、強度で抵抗させる耐震ブレースです。

次は民間の集合住宅で、緊急輸送道路沿道建物の補強事例です。これも外付けフレーム補強で、図の奥に見えているのがフレーム補強です。これはパースで、実際に工事に入る前に住民の方にイメージを伝える為にこういったパースを描いて説明します。これが既存の手すり、この廊下の下と、見上げた場合天井に、増設したスラブ配置され、その先端に補強の梁と柱が取り付けられています。これでどのくらいで出来たかというところだと2億2千万円で、合計35箇所の柱と梁で各構成されているので一構面あたり600万円くらいで出来たということになります。行程は、補強案の選定が6ヶ月、合意形成12ヶ月、補強設計12ヶ月、工事期間9ヶ月、ですから工事に入る前に2.5ヶ年色々検討したということで、今までも課題になってはいますが、合意形成までにかかなり時間がかかっているようです。

次は実現しなかった事例ですが、下に店舗がある集合住宅でどうやって補強するかというのが結構課題で、この場合には上の方は先程のブレースを入れて店舗の部分は通行を妨げないように、ここを大きな梁で一度受けて偏心ブレースを配置して、店舗に出入りできるようにした案でしたが、案の段階で止まっております。

次は日本建築防災協会の事例集にある事例です。北側がこちらですので東西面に廊下があって、その先端にフレームを付けて補強した事例です。軸組図にあるようにこのフレームの下には剛強な杭を打っています。これが補強フレームのディテールで既存のバルコニーの先端に手すり代わりに大きな梁を入れ、下に床スラブを打って一体化しています。これは工事中の写真ですが、掃き出しの窓はこのように養生して、あと施工アンカーを打って、型枠を建込、床上からコンクリートを打設しています。全体の工期が8階建てで8ヶ月、音の出る躯体工事は4ヶ月かかっています。

次はこの後の座談会で出てくる事例と同じ制震ブレースでの補強です。このような形の制震ブレースが配されています。制震ブレースと言いますのは先程の耐震ブレースとは違い、ダンパーが仕込まれていて大きな変形を繰り返し受けると、大きなエネルギー吸収が得られます。工事中の制震ブレースの写真で、基礎を設けてブレースを受けています。工期は設計期間が11ヶ月、工事期間が10ヶ月、合意形成はこの前であったと思います。制震ブレース補強は行政庁さんの判断で許認可の手続きが違う場合があって、この場合には大臣認定を求められた分設計期間が延びています。

最後の一事例でございますけども、この建物は東京メトロが下に走っていて、手前が港区の第二次緊急輸送道路で、綺麗な外観を維持するため免震補が選ばれました。こちらの断面で解りますが、地下鉄がここに走っていて、黄色く着色した部分を構築したうえで、既存の杭頭を切って免震装置を入れてあります。これが工事中の写真で、左側がこれから作る擁壁、建物の外壁、これが地下鉄、ここをもう少し掘削していくと既存の杭が出て来ます。ここの耐水版は打ち終わっていますので、この後杭を切断し免震装置を挿入します。

完成後の建物です。免震化された建物は地盤と切り離されていて、地震時には基本的には静止していて地盤の方が動くので、ここの境界にそって揺れを吸収する仕掛けがされています。このため、外構は工事しますがこのようにきれいに戻して、建物の室内は工事する必要はありませんが、付加価値を高めていく為にこういった改修をし、免震改修後はさらに非常にきれいな建物になったというものでございます。

私の説明は以上でございます。ご清聴ありがとうございました。