

企業より「災害拠点建物の設計例 |

深井 悟 (株式会社日建設計 エンジニアリング部門 技術センター 技師長)

私たちは、国土技術政策総合研究所の「災害拠点建築物の設計ガイドライン(案)」の中で、災害拠点建物の設計例を示しています。本日はその設計例について、実際にどれぐらい大変かということも含めて紹介します。また、今度 E-ディフェンスで実験を行うために、試験体について検討を始めているので、その検討結果等についても報告したいと思います。

1.災害拠点建物の設計方針

まずは設計方針です(図表1)。災害拠点を想定し、極めてまれに発生する地震に対して、建物全体として、構造躯体に機能継続の支障となるような損傷が生じない建物を設計することが大前提になっています。大地震後に機能を満たすためにはどこまでやらなければいけないかということで、「災害拠点建築物の設計ガイドライン(案)」の技術資料「①壁を活用した鉄筋コンクリート造建築物の損傷制御設計法」を参考に、耐震ランク」で設計を行いました。

災害拠点建物の設計方針

災害拠点を想定し、極めて稀に発生する地震に対して、建物全体として、構造躯体に機能継続に支障となるような損傷が生じない建物を設計する。

設計法

災害拠点を想定して,国土技術政策総合研究所「災害拠点建築物の設計ガイドライン(案)」技術資料「①壁を活用した鉄筋コンクリート造建築物の損傷制御設計法」を参考に設計する。耐震ランクは I とし、そで壁等を有効に利用した設計とする。

NIKKEN

日建設計

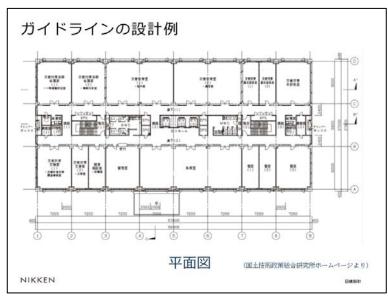
3



2.ガイドラインの設計例

建物は、地方の合同庁舎を考えて延床面積は 1 万 m^2 程度、鉄筋コンクリート (RC) 造、地上 6 階建て、高さ 32.3m を想定しています (図表2)。図表3は平面 図です。横方向に 7.2m、縦方向に 9m のスパンのものが並び、一般的なセンター

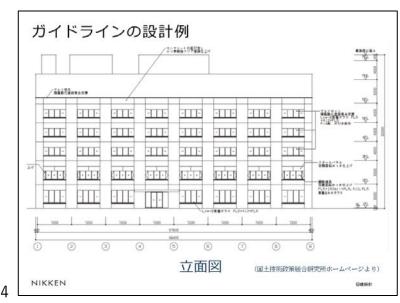


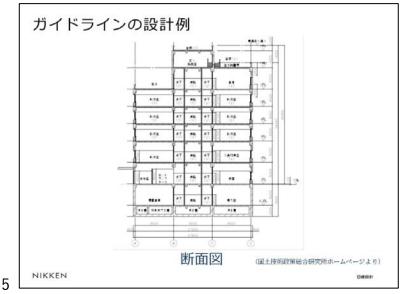




コア型のきれいな建物です。図表4は立面図です。窓、腰壁、垂壁があり、柱に少し袖壁を付けたようなものを想定しています。図表5は断面図です。

一般的にこのような建物は、短手方向には耐震壁が設けられますが、長手方向には設けられず、純ラーメン構造になってしまっています。30 年以上前は、このような低層の RC 造は必ず壁を入れて設計していましたが、1990 年ごろに高層 RC 造が出だしてから、かなり純ラーメンで設計されるようになりました。雑壁の地震被害もあり、逆に壁を有効利用せずに、スリットを入れて、純ラーメンで設計するものが増えていきました。昔の人は RC 造といえば壁が入っていて固いというイメージですが、最近の RC 造で長手方向が純ラーメンになっているものは、昔の人が思っているより、かなり柔らかく、地震時にかなり変形します。100 分の 1 変形したときに建物の重さの 0.3 倍ぐらいの耐力がある建物がかなり設計



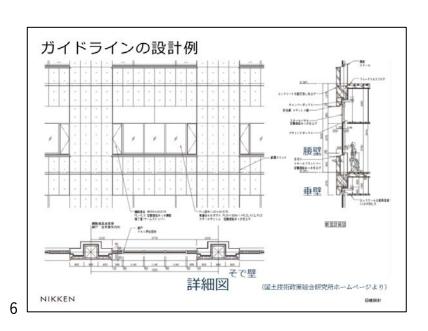




されています。しかし、大地震時はその倍以上は確実に変形してしまうので、50分の1変形するような建物がかなり建っているということです。

そこで今回は、ガイドラインに従いベースシア係数 0.55 で変形を 300 分の 1 に抑えることを考えました。普通は、柱を 1.5 倍にしたりしない限り、ベースシア 0.55 で 300 分の 1 の変形の抑えるような設計はできないので、今回は袖壁と垂壁を利用することにしました。外壁の柱に袖壁を付けて、梁に腰壁と垂壁で耐力が確保できればよかったのですが、今回の設計は平面がかなり大きいので、外壁だけでなく中通りにも袖壁を設けて耐力を確保しました。柱があって袖壁が付いているので、その幅自体はかなり広いのですが、外観としては、普通に窓があって、何も不思議ではありません。うまく設計すれば、このように袖壁が付いた形でも設計できるということです。

図表6は外壁面の詳細です。柱と同じぐらいの幅の袖壁と、梁と同じぐらいの 成の腰壁を付けています。垂壁は少しですが、元の梁に比べてかなり大きな等価

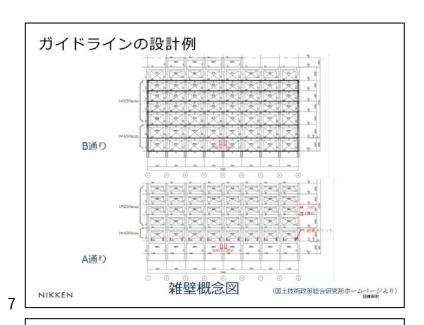




の成が取れる設計になっています。図表7は構造図です。外壁に袖側と垂壁を付け、中の方にも袖壁を付けた、きれいな設計が成り立っています。RC の雑壁を意匠設計者の好きなところに入れてとなると、普通、このような設計はできません。逆にいうと、袖壁や垂壁を構造的に有利なところに設けてきちんと整理した結果、このような設計例ができたといえます。

3.試験体の設計

このガイドラインの設計例にのっとって、E-ディフェンスの実験で用いる試験体を設計しました(図表8)。そして、この試験体の解析モデルに対し、増分解析と地震応答解析を行い、性能を確認しました。具体的には、雑壁(袖壁、腰壁等)を考慮したモデルに対して静的増分解析を行い、ベースシア係数が 0.55 に達するときの層間変形角が 0.33%以下となることを確認するとともに、部材塑性率が 1



試験体の設計

試験体を国総研のガイドラインを参考に設計する。 試験体の解析モデルに対して、静的増分解析、地震応答解析 を行い、以下のことを確認する。

- ・雑壁(袖壁、腰壁等)を考慮したモデルに対して静的増分解析を行い、ベースシアー係数が0.55 に達する時点の各層の最大層間変形角Rmax が0.33%以内であることを確認するとともに部材塑性率が1以下であることを確認する。
- ・雑壁を無視した純ラーメンのモデルに対して静的増分解析を行い、保有水平耐力時のベースシアー係数が0.3以上であることを確認する。
- ・地震応答解析を実施し、所要の耐震性能(層間変形角が1/200以下等) を有していることの確認する。

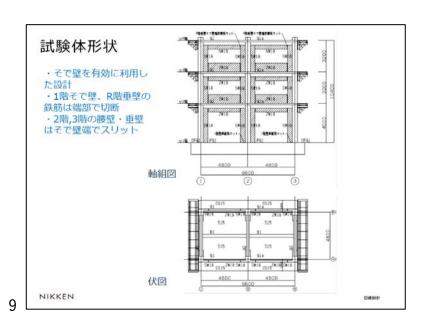
NIKKEN

日建設計



以下であることを確認しました。それから、元のフレームが弱くてはいけないので、雑壁を無視した場合の保有耐力が一般の建物と同程度の 0.3%以上であることを確認しました。そして、袖壁・雑壁が付いた建物と、一般的に設計されている純ラーメン構造の建物について地震応答解析を行いました。

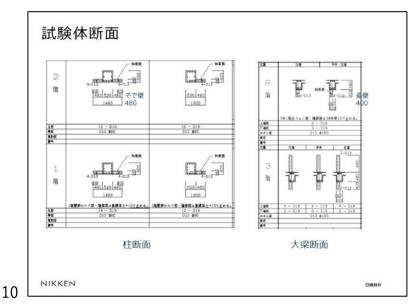
試験体は 4.8m の 2×1 スパンとしました (図表9)。本来は 6m ぐらいでやりたかったのですが、重量などの問題があり、今回は 8 掛けのスケールとしました。それから、2 階と 3 階の腰壁・垂壁は袖壁端でスリットを入れましたが、1 階の袖壁と R 階の垂壁については、端部で壁筋を切って定着させない工法を採用しました。一般的に、壁筋が圧縮力で座屈してコンクリートが剥落しますが、去年行われた実験でこの工法がうまくいったということで、今回も採用しました。圧縮力は伝わりますが、引張力については、鉄筋が切れているところでコンクリートがひび割れて、鉄筋が座屈しないので、損傷を軽減できるという工法です。

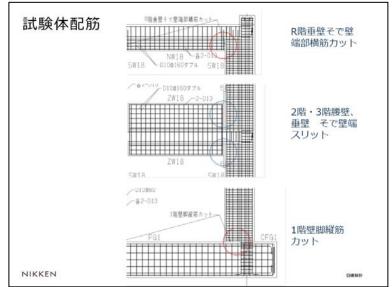


11



図表10は試験体の断面です。520mm 幅の柱に対して、両端に袖壁を 480mm ずつ付けているので、全体の幅は柱の 3 倍弱です。垂壁は 400mm、腰壁は 880mm です。図表11は配筋詳細です。先ほど言ったように、2 階と 3 階の腰壁・垂壁は スリットですが、1 階の袖壁と R 階の垂壁に関しては、コンクリートはくっ付いていますが鉄筋は切ってあります。





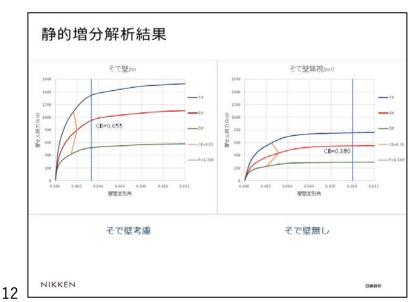


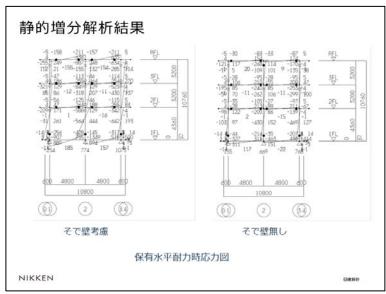
4.解析結果

13

袖壁を考慮した試験体と、袖壁を無視した試験体で、耐力にどれぐらい違いがあるか。図表12は、左側が袖壁を考慮した試験体の解析結果です。オレンジ色の縦線がベースシア 0.55 で、青の縦線が層間変形角 300 分の 1 です。この設計で十分に耐力を確保できています。本当は 0.55 でよかったのですが、配筋の都合上、ここでは 0.655 になっています。それに対して、右側は袖壁を無視した試験体の解析結果です。オレンジ色の線がベースシア 0.3 で、青の縦線が 100 分の 1 で、0.38 ということで、普通の純ラーメン構造の建物だとこのようになります。

最終的にヒンジは、図表13の左は袖壁が付いているので少し中に入っていて、 右の袖壁なしは、すぐ柱際という状況になっています。



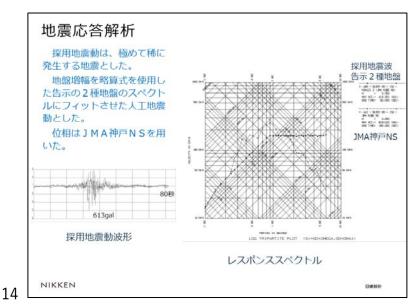


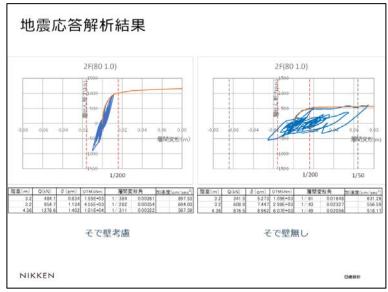
15



図表14は地震応答解析です。告示の2種地盤のスペクトルにフィットさせたもので、位相はJMA神戸のドンと来るような波を用いて、二つの試験体を揺すったらどうなるかという検討を行いました。

図表15がその結果です。告示で決められている極まれに発生する地震動に対し、左の袖壁ありの試験体は300分の1を少し超えたぐらいの200分の1に近いものに十分に収まっています。それに対し、右の袖壁なしのベースシア0.3ちょっとの試験体は50分の1を超えており、袖壁を付けた方が変形を抑えられるという結果が得られました。







地震波を 1.5 倍にして袖壁付きの試験体を揺すってみましたが、それでも層間変形角は 100 分の 1 を少し超えるぐらいで収まっていることを確認しました (図表16)。

