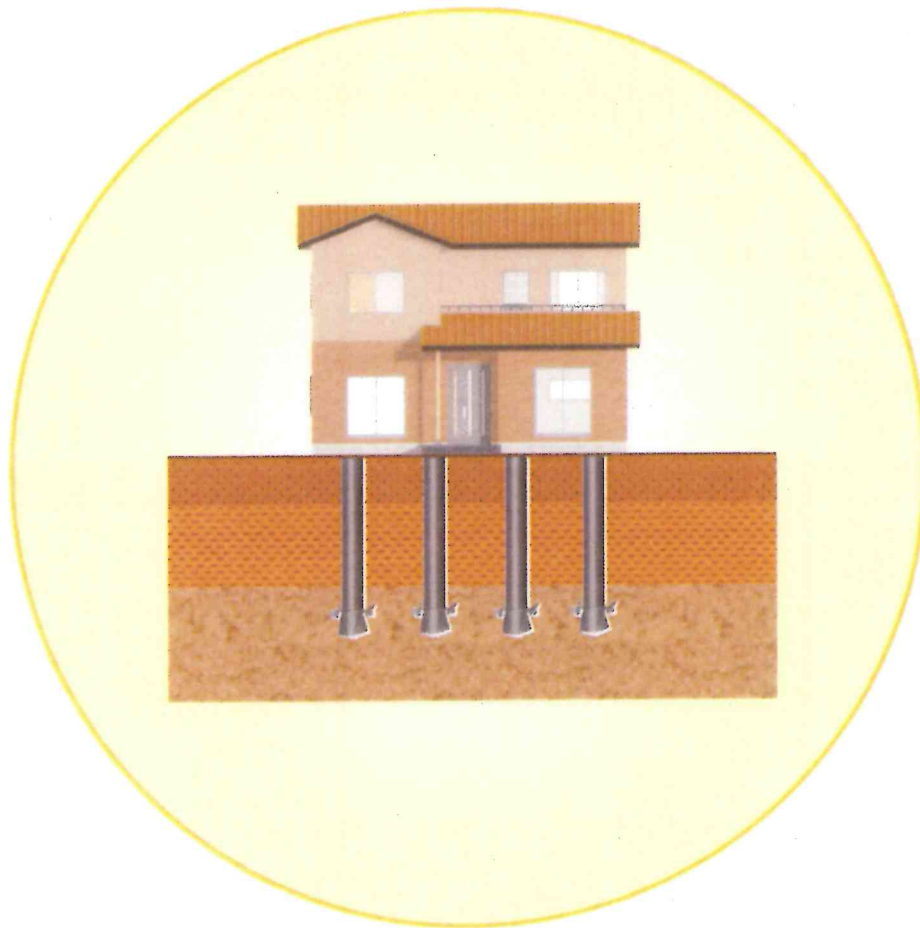


SP免震基礎工法の免震の原理と効果

工法理解の為の資料

 日本ブレードパイル協会

目 的 3.11東日本大震災でも一件の被害報告のなかったという、今までにない、全く新しい考え方に基づく免震装置のない免震基礎工法「SP免震基礎」について、何故『免震』になるのかを営業担当者が理解し、施主、設計者、施工者に正しくその原理、利点を伝え、工法の普及を図り、企業の発展と安全・安心な社会の実現に貢献することを目的とする。



Q 1 ● 地震にいちばん安全なのが、免震構造と言われますが、免震構造には
どんな方法があるか？

A <免震構造の分類>

- 免震構造というのは、様々な方法で地震の力が建物に伝達しにくくすることによって、建物が壊れることなく、又 その中に居る人々の安全を確保しようと考えられた構造。
- 免震構造を大きく分けると3つの方式に分類できます。
 - ① 一つ目は、**弾性系**と呼ばれるもの。

これは、ゴムの様な変形しやすい弾性体を、基礎と建物本体の間に入れておく事で、地震で地盤が揺れた際に、この免震装置が変形することで、建物本体は地盤の振動とは同じ動きをしないというもの。
 - ② 二つ目は、**転がり系**と呼ばれるもの。

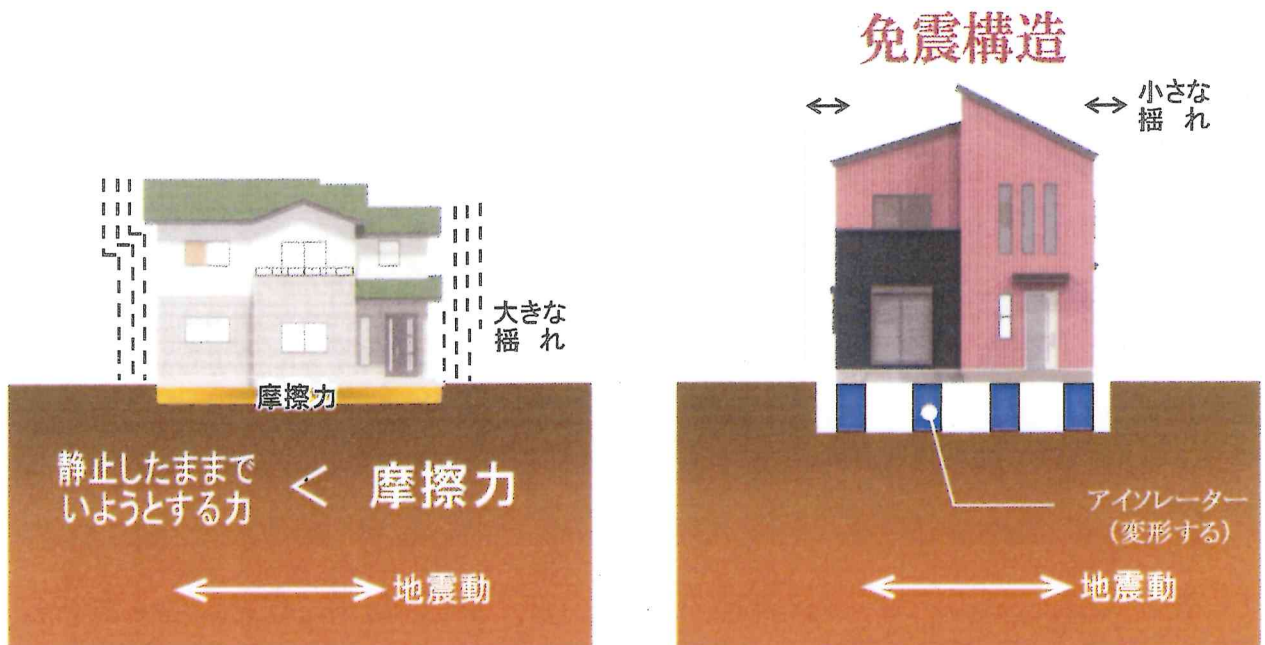
これは、基礎と建物本体の間に、鋼球又は、鋼鉄の丸棒を挟み、どの方向にも建物本体が恰も車の上に乗って動くようにしておくもの。
 - ③ 三つ目は**滑り系**と呼ばれるもの。

転がり系は、恰も軸受のベアリングのようでしたが、滑り系は、球又は円筒状のものではなく、基礎と建物本体の間に滑り易い形と性質の物体を挟んでおき、スキーか、スノーボードのように、基礎の上を建物が滑るもの。
- この様に、基礎と建物本体の間にアイソレーターと呼ぶ装置を介在させることで、建物本体は、地盤の揺れとは切り離されているという訳です。

Q 2 ● アイソレーターと呼ばれる免震装置が基礎と建物の間にあると、地震で揺れる地面の上にある建物は、何故揺れにくくなるのか？
その原理を分かり易く解説。

A 〈慣性力について〉

- 建物は、免震装置を介して地盤の上に載っているのに、何故地面と同じに揺れないかは理解しにくい。
- テーブルクロス引きという奇術は、ある速さでテーブルクロスを引くと、上に載っているグラスや皿は動かず、テーブルの上に残ります。あれはマジックでも、トリックでも無く、純粋に力学の問題です。
- テーブルクロス引きでは「皿」や「グラス」に、免震建物では「建物本体」に慣性力という力が働いているのです。
- 慣性力というのは、今動いているものはそのままの速さでまっすぐ動きつづけようとする。これを等速直線運動という。静止している物体はそのままの状態、即ち静止していようとする。純粋に運動の原理。
- 建物は静止しているから、地震で地面が揺れても建物は静止したままだいようとする力が働く。
- この力により、地震動で地面の上に載っている建物を水平方向に動かそうとする地震力が作用しても、その際、免震装置が変形又は相対変位することで基礎だけが動き、建物本体はあまり揺れないということになる。
- これが全ての免震構造に共通の原理です。

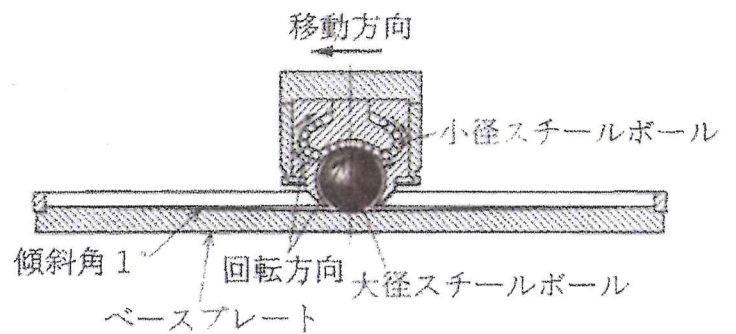
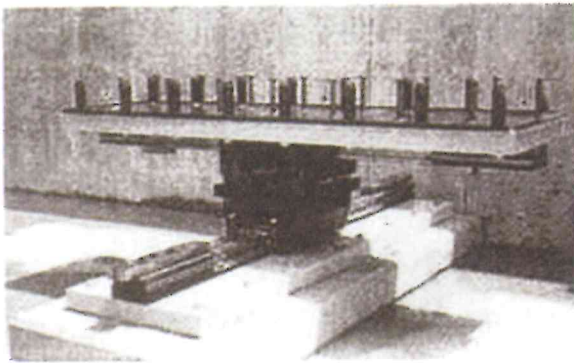


免震材料の分類と特徴

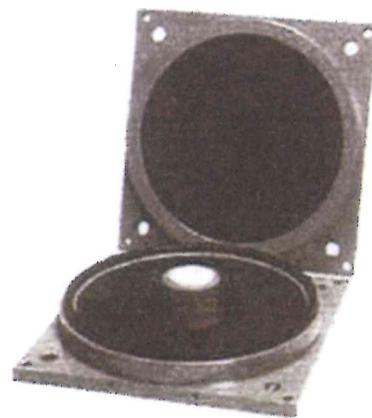
支承材

- 弾性系** : 積層ゴムその他の弾性体
- すべり系** : 四フッ化エチレン、その他のすべり材
- 転がり系** : 鋼球等、転がり材

転がり支承



鉛プラグ入り積層ゴム



球面すべり支承

鉛直荷重を支持し、水平方向の変形性能を有する機能

Q 3 ● S P 免震基礎工法というのは、免震装置が無い。

免震装置が無くて、免震になる原理は、Q 2の説明とどう結びつくのか？

A 〈S P 免震は弾性系の一つ〉

- 確かに S P 免震基礎には免震装置が全く無く、建物本体と基礎は普通の建物と同じで一体に造られている。
- では、何故 免震効果が生まれるのかというと、S P 免震基礎は、地盤の中に埋め込まれた曲げ弾性のある鋼管杭の上に載っているからです。
- 免震構造の分類の中では、S P 免震基礎工法は、弾性系の一つです。
- それは、ゴムのような弾性体が剪断変形して、地震力が建物に伝達しにくくすることではなく、地盤の中に埋め込まれた鋼管杭が地震の揺れる力により地盤の中で曲げ変形することによって、地震力が建物に伝わりにくくなる。
- 地盤の中に埋め込まれた杭は、ある長さ(地盤の強度により変化)を越えた杭の先端部に近いところは地盤の中に固定されていると見做すことが出来、地震の際は地盤の揺れと同じ動きをします。
- その時、杭の上には重さのある建物が載っていて慣性力があるから、建物は静止したままで居ようとし、その結果、建物を支えている b D パイルが曲げ変形する。
- 故に S P 免震基礎工法は、弾性系の免震構造。
- 剪断弾性ではなく、曲げ弾性。
- この曲げ変形が、地盤は揺れても建物はあまり揺れないという免震効果をもたらす。
- そして、b D パイルは、中空の円形断面であるから、どの方向の揺れでも同じように曲がる事が出来る。
だから地震動がどの方向から作用しても、免震効果の点では問題ないといえます。
- 地震動の際、地表面と建物は異なった振動をし、地表面とは相対的に変位している。
- 相対変位量は、地盤・建物により異なるが、おおよそ40mm～80mm位。

Q 4 ◎ S P 免震基礎工法には、どれ位の免震効果があるのか？
ただ免震効果があると云っても実感としては理解しにくい。

A 〈S P 免震基礎工法の免震効率〉

- ◎ 免震基礎工法というためには、その効果を計算して数値で表現できなければならぬ。
- ◎ S P 免震基礎工法ではこの効果を計算する為、その建物の建つ敷地地盤の杭が埋め込まれる深さまでの力学的性質。
杭の材料の性質や太さ、長さ、肉厚、本数、配置
そして、建物の大きさ、重さ、高さ
等を表わす多くの数値を使って、杭を支える地盤にある地震波を作用させ、地表面に阪神淡路大震災の地震波が作用したときの地表面の加速度、揺れ幅、周期と、b D パイルで支えられた建物の動きとしての加速度、揺れ幅、周期を有限要素法という数学的手法を使って解析している。
- ◎ そして、建物と地面の加速度の大きさの比較、揺れ幅の比較そして地面の揺れの周期と建物の揺れの周期も計算する。
- ◎ 加速度は、その値に建物の重さ（質量）を掛け合わせると、建物に作用する水平方向の力になるから、加速度の大きさを比較すると、免震効果によって水平力がどれ位小さくなったかを数値で表わすことが出来る。
- ◎ 揺れ幅は、地面の振幅と較べ、振幅がどれ位小さくなるかを表すことになる。
- ◎ 周期、これは1秒間に何回右左、あるいは前後に動くかということ、これも重要な免震効果を震度階級表で示す際の指標になります。
- ◎ S P 免震基礎工法の建物では、一般的に加速度は80%前後小さくなり、揺れ幅も1/10～1/20以下になる。
- ◎ この数値の比較だけでは、地震の揺れがどれ程小さくなるのか理解しにくいので、一般の方でも理解し易く伝えるために、気象庁の震度階級表に地表面の震度と建物の震度をプロットすることとした。
- ◎ この震度階級表は特別な図表で、地震の加速度と揺れの周期によって震度が求められるようになっている。
(以前は人の感覚に頼って震度を決めていた)

- S P免震基礎の設計では、これまで説明した数値をこの震度階級表にあてはめて、地面の震度と建物の震度を一枚の図表に表現することにした。
- 一般的な例では、震度6強、7の地震が起こった場合、木造2階建の建物に働く震度は4位になっている。
- 震度6強、7では、多く建物が壊れる。
建物は崩壊しなくとも家の中は間違いなくメチャメチャになります。
- 震度4位では、日本の建物はほとんど影響を受けない。
そして室内にいても物が動いたり倒れたりすることはない。
「少し大きめの地震だったかな」、くらいで済む。
即ち安全で安心な住宅だと云える。

Q 5 ● 3.11の地震の際、震源域から遠い大阪でも、免震構造の建物は長い時間揺れ続けて恐怖を感じたと聞いた。
又、免震住宅は強い風で揺れる恐れがあると云いますが、SP免震基礎工法の場合は、こんな問題はないのでしょうか。

A 〈長周期地震動と風圧力〉

- これは、長周期地震動についての問題です。
地震が発生したとき、地震の揺れには色々な波長の揺れが混じっている。
そのうちゆっくり揺れる波を長周期地震動という。
- この波は、1サイクルが7秒～10数秒というゆっくりとした揺れ。
- この長周期地震動は減衰しにくいので、震源域から遠くまで到達することが知られている。
- このゆっくりした揺れに近い揺れ方をする建物は、共振という現象を起こして揺れが徐々に大きくなり、長い時間揺れ続ける。
- この現象は、免震構造の建物だけでなく、超高層建物でも起こる現象で、今はその対策が色々講じられている。(制振)
- SP免震基礎工法の場合、加速度の小さな長周期地震動では、地盤と杭と建物は相対的に変位することはない。
つまり、地面と建物は一緒に動く。
- 共振することもなく、大きく揺れることもなく、加速度が小さいので、多分揺れている事に気付かない。
- 次に台風のような場合。
SP免震基礎の杭は、地盤によって周囲から押さえられている又、基礎も地盤に接しているから、風で揺れることはない。
- つまり、SP免震基礎工法は、長周期地震動に対しても、強風に対しても、安全、安心ということです。

Q 6 ○ 地震の波には、たて波とよこ波があるとありますが、SP免震基礎工法の場合、どちらの地震波にも免震効果がありますか？

A 〈たて波P波とよこ波S波、たて揺れと横揺れ〉

- 地震が発生したとき、たて波もよこ波も同時に発生すると考えられる。
- この二つの波は、性質が異なっていて、たて波、これをP波と呼ぶ。
P波は伝わる速度がよこ波よりも速い。
- それで、震源域より少し離れた場所では始めにP波が来て、それからよこ波のS波が来る。
- この時間差で震源までの距離が推定できる。
$$\text{時間差(秒)} \times 7.5 \text{ km} = \text{おおよその震源域までの距離(km)}$$
- P波はたて揺れをおこし、S波は横揺れをおこすということは、正確ではない。
- たて揺れと横揺れについて
たて揺れというのは、建物が上・下方向に揺られることですが、現在、建物の免震装置でこの縦方向の揺れを小さくするものはないといってよい。
- それは、構造的にとっても困難であることと、この縦方向の揺れのエネルギーは小さく、建物は元々上・下方向の力には頑丈なので、開発の必要性はない。
- 建物の構造計算のときも地震力は水平方向の力として計算する。
つまり横揺れに対して安全であるように設計する。
- ということから、建物の免震装置は水平方向の地震力に対して、その力を建物に伝えにくくし、横揺れを小さくするように作られている。
- SP免震基礎工法も同様です。