

MAINICHI

# 新 毎 日 新 聞

夕刊

1月12日(土)

2008年(平成20年)

発行所：大阪市北区梅田3丁目4番5号  
 〒530-8251 電話(06)6345-1551  
 毎日新聞大阪本社

# 人工地震で損傷実験

巨大地震が発生するゆっくりに揺れ「長周期地震動」によって、80年以前の比較的古い超高層ビルの構造がどのように損傷するかを調べるため、床面積や鉄骨を実物大に再現した超高層ビルを揺らす世界初の実験が3月に始まる。独立行政法人防災科学技術研究所

## 防災科学技術研

が実験施設「Eーディフェンス」(兵庫県三木市)で実施する。実際の揺れに近づけるため、大手ゼネコンが本物のビルの設計データを提供。実験結果を基に、5年計画で、建物の揺れを小さくして被害を防ぐための工法開発を目指す。

【野田武】

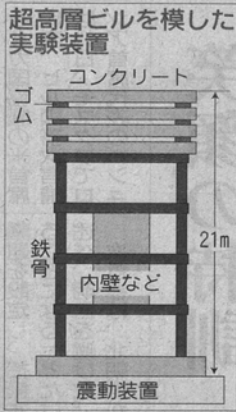
## 20階超高層ビル

長周期地震動は東海・東南海・南海地震の際に、震源域から遠く離れた場所まで伝わり、首都圏や大阪、名古屋の厚い堆積層の地盘で増幅する。低い建物は短周期で揺れやすいためほとんど影響しないが、高い建物は長周期で揺れやすく、共振して被害が出る可能性がある。昨年7月の新潟県中越沖地震では200メートル以上の東京の超高層ビルのエレベーターが揺れて緊急停止し、注目された。

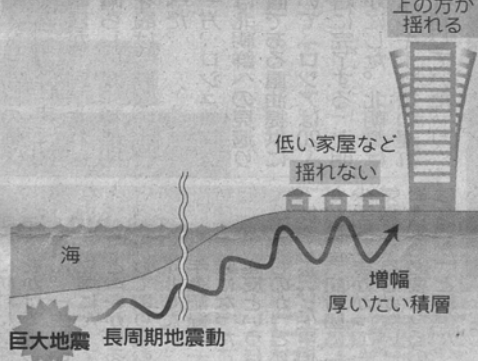
実験では、80年以前

超高層ビル(高さ60メートル以上)は60年代後半から建設が始まったが、設計に使える揺れデータが乏しく、あまり考慮されてこなかった。しかし06年に土木学会と日本建築学会が共同提言で危険性を指摘するなど、ここ数年問題化している。

同施設は95年の阪神大震災を教訓に耐震性評価の見直しを目的として04年に開設。実物大建築物を揺らして、壊れる過程を調べる。



長周期地震動の概念図

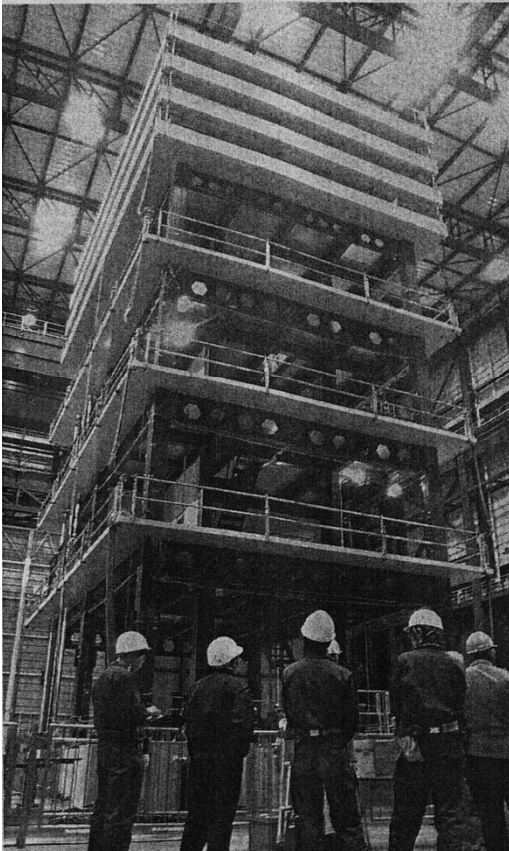


ト板(約600ト)を載せて高さ21メートル、超高層ビルの下部を再現する。東海地震が起きたときに、川崎市の人工島「東扇島」と、名古屋市中区の愛知県庁付近で想定される長周期地震動で揺らす。首都直下地震による東京・大手町付近の揺れでも挙動を確認する。

実験には、大林組や清水建設など大手ゼネコも参加。制震技術開発などに生かしたいと話している。

世界初 3月、ゼネコン参加

科学



超高層ビルを模して実物大規模で造られた実験用ビル—兵庫県三木市の防災科学技術研究所で

◆21階建てを想定  
 実験は、独立行政法人防災科学技術研究所の兵庫耐震工学研究センター(兵庫県三木市)で行われた。実物のビルを上下左右に揺らさるる国内唯一の三次元震動台「Eーディフェンス」が使われた。  
 震動台の上に建設費約8000万円をかけた、鉄骨4階建てのビルを建てた。屋上にゴムを挟んだ4枚のコンクリート板(重さ約700kg)の重りを乗せ、高さ80m、21階建ての超高層ビルの下部を模した。ビルの高さは重りも含め21階に達する。  
 次に震動台を揺らし、東海地震が起きた場合、首都圏が見舞われると想定される揺れを2分間、ビルに加えた。コンクリートの床がひび割れ、内壁がはがれ落ちた。さらに強い揺れとして、

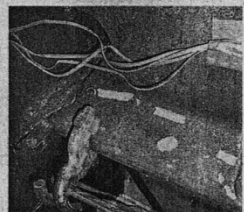
# 高いビルほど「ゆらーり」に弱い

## 長周期地震動実験が示す深刻な被害

東海地震や東南海地震など規模の大きな地震では、「長周期地震動」というゆっくりした揺れが生じる。超高層ビルに被害を与えやすいとされるため、実験用に建てたビルを実際に揺らす大規模実験が3月、初めて行われた。重大な損傷を受けることがわかり、専門家は耐震補強が必要だと指摘している。

【野田武、写真も】

東海地震と東南海地震が同時に発生した場合に、名古屋市の中心部で想定される揺れを5分30秒間加えた。ビルはしなるように揺れ、柱とはりの溶接部分が各階で割れてボルトだけが残った状態になった。防災科研によると、実験に使ったビルの強度は、実



震動実験で破断したはり。写真の左下から右上に向かって亀裂が入っている

◆設計に考慮されず  
 超高層ビルは1960年代に建設が始まった。研究者の一部は当時から、長周期

際に存在する高層ビルの平均程度。これより弱いビルや、部分的に壊れやすいビルもあるという。  
 同研究所の長江拓也研究員(33)は「実験のような被害が出れば大規模な補強が必要だ。ビルは長期間使えなくなり、経済的損失は大きい。弱いビルなら、実験より小さい地震動で被害が出る恐れもある」と分析する。

期地震動の影響を心配していた。しかし、従来の設計では考慮されてこなかった。理由は、強い長周期の揺れをもたらすような地震波の記録が、00年ごろまでほとんどなかったことだ。ビルの設計に当たっては、過去に起きた大地震の地震波を使い、ビルがどう揺れるかを模擬計算する。使われてきたのは、1940年に米国西海岸のエルセントロで観測された地震波や、68年の十勝沖地震の波などだ。いずれも長周期の揺れはあまり強くなかった。大手ゼネコンで超高層ビ

### 2秒以上かけ 1往復の揺れ

地震の波は、小刻みな速い揺れや、ゆっくりした揺れが交じってできていく。揺れが1往復する時間を「周期」と呼ぶ。約2秒以上の周期の揺れが「長周期地震動」だ。一般に、周期が短い揺れは低い建物を揺らしやすく、長い揺れは高い建物を揺らしやすい。民家などに被害を出すのは周期が0.1秒程度の揺れだ。周期1秒で10階建て、2秒では20階建てなど、周期の秒数に10をかけることで、被害の出やすい建物の階数が大まかに分かる」とされる。

超高層ビルでは、長周期の揺れが被害の主因になるとみられてきた。他にも、橋や石油タンクなど、場所でも被害が出た。

ルの設計に携わった北村春幸・東京理科大学教授(66)は「設計に使える地震波がなく、長周期地震動の影響は計算できなかった。影響は建設後も検証されてこなかった」と説明する。  
 長江研究員は「実験で、長周期地震動の影響が確認できた。既存の超高層ビルの設計を確認し、弱い場合は揺れを小さくする制震ダンパーの設置などの対策を考えるべき」と指摘する。今後は、具体的にどのような補強をすれば、被害が小さくできるかを検証する実験に取り組むという。

# どうする長周期地震動

全国に数千棟ある、高さ60以上の超高層ビル。設計当時は十分解明されていなかった長周期地震動の影響で、大きな被害が出かねないことがわかってきた。阪神大震災で超高層ビルの被害は目立たなかったが、東南海、南海地震などの巨大地震を乗り切れるのか。すでに補強工事など具体的な動きがはじまっている。(添田孝史・田之畑仁)

## 実験、「切れぬはず」が切れた

「衝撃的だった。通常の揺れでは、まず切れないはずなのに目の前で切れた」。防災科学技術研究所(防災科研)の長江拓也主任研究員は昨年3月、震動実験施設「Eディフェンス」(兵庫県三木市)で超高層ビルモデルを長周期地震動で揺らす実験を行った。

21階建てビル(高さ80)とほぼ同じ揺れ方をする鉄骨ビル(同21)を造り、東海地震の時に名古屋で想定される地震動で揺らした。

## 「最大振幅4.1、6分」分析も

超高層への影響が心配される長周期地震動は、ゆったりした揺れが何分間も続くのが特徴だ。マグニチュード(M)8級の巨大地震で引き起こされやすく、三大都市圏など分厚い堆積層がある平野部で揺れが大きくなる。03年の十勝沖地震では、北海道苫小牧市で石油タンクが壊れて火災を起した。

入倉孝次郎・愛知工大客員教授は「十勝沖地震で実際に揺れのデータが集まり、関係

秒後、柱と梁を溶接した接合部分のパックリとちぎれた。大規模な補修が必要になるほどの被害だ。

長江さんは「揺れが長時間繰り返されることで接合部分に何度も力がかかり、金属疲労に似た現象が起きたのではないかと分析する。

委員会を立ち上げ、100以上の超高層24棟の揺れを分析、07年12月に報告書をまとめた。安全性はおおむね保たれていた。ただ、南海地震が起きた時に大阪府で想定される揺れで分析すると、設計基準を超えて変形するビルが複数あった。最上階では最大振幅が4.1近くになる揺れが、6分以上続くビルもあった。

報告書は「長周期地震動による入力エネルギーは、これまで設計に用いていた地震動を大幅に上回る可能性があるから、個々の建物で安全性の検討をすることが望ましい」と提言した。

## 東京・大阪で調査・工事続々

影響調査や補強工事の動きも出てきた。

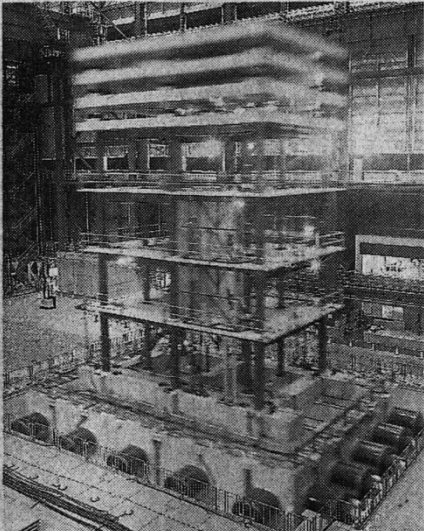
大阪府は昨年12月から、庁舎移転を検討中の「大阪ワ

ルトトレードセンター(WT C)ビルディング(06年完成、大阪府)で、長周期地震動の影響調査を始めた。高さは256.5で、日本で2番目に高い。大阪WT Cは設計当時、長周期地震動を考慮していなかった。このビルは、高さや構造から約5・3・5・8秒周期で最も揺れやすい。阪神大震災後、大阪平野は5秒前後の周期の地震動が大きくなりやすいことがわかった。WT Cは共振しやすく要注意だ。南海地震などを想定したときにビルがどう揺れるかを計算し、損傷や対策費用がどの程度か、エレベーターは壊れないかなどを調べる。東京都庁(24.3、91年完成)も検討に入った。

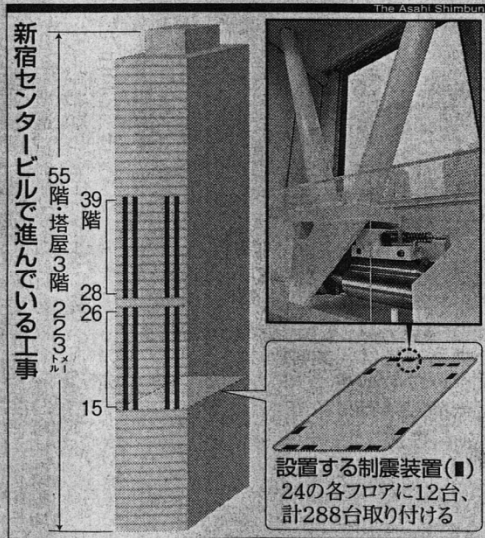
## 超高層ビル 補強へ動き

巨大な鉄の骨組みが、静かにゆっくりと揺れ始めた。5秒……10秒……。時間がたつにつれて、揺れはさらに大きくなっていく。

入倉孝次郎・愛知工大客員教授は「十勝沖地震で実際に揺れのデータが集まり、関係



超高層ビルモデルを長周期地震動で揺らすと、柱の接合部がちぎれた—08年3月、兵庫県三木市のEディフェンス、西畑志朗撮影



新宿センタービルで進んでいる工事

設置する制震装置(■) 24の各フロアに12台、計288台取り付け

新居センタービル(高さ223)は昨年10月、制震装置を取り付ける工事を始めた。大成建設の計算では、東海地震で、構造部分などの被害と修理中に賃貸収入が無くなることで、100億円規模の損害が出る。補強に数十億円かけても「安上がり」だという。防災科研も今年9月、超高層モデルで制震装置の有効性を試す。全体の2割程度の階に制震装置をつけるだけで、建物全体への被害を大幅に抑えられないかを検証する。

防災科研は「有効性が実証されれば、対策費を大幅に減らせる。役立つデータを提供していきたい」という。