

## 制震補強設計の導入事例



株式会社豊田自動織機 様



「旧耐震工場の制震補強に、あえて“Is 値”にこだわらず、超高層建築の考え方を採用。工期の半減を目指します。」

株式会社豊田自動織機 トヨタ L&F カンパニー  
生産技術部 (右から) 主査 川嶋 伊久雄氏、課長 西谷 貴幸氏

今、南海トラフ地震の危険性が声高に指摘されている。愛知県の豊田自動織機高浜工場では、工場建屋で実施検討していた「耐震補強」を、構造計画研究所 (以下、KKE) のシミュレーション結果を踏まえて「制震補強」に変更した。決断の理由、もたらされるメリットなどについて、高浜工場生産技術部 主査 川嶋伊久雄氏、課長 西谷貴幸氏にうかがった。

そんな頼りなさも覚える状況で、該当棟に対するゼネコンの耐震補強案が出てきたのは、2014年の夏頃。ところがそれは、工期もコストも「大いに問題あり」のプラン。A工場だけで15年、すべて完了するのに18年かかるというものでした。

### 「Is 値 0.6 以上」にすれば それで本当にいいのか？

— まず、工場の概要から教えてください。

当社は、フォークリフト、カーエアコン用コンプレッサーなどの世界トップメーカーで、国内に10の拠点があり、高浜はフォークリフト生産工場です。敷地内は建屋が多数あり、今回補強の対象は、旧耐震の工場数棟および実験棟です。

当社の震災対策は、対象建屋の優先順位などを事業部ごとに決め、実行に移します。A工場を最優先にしたのは、建屋面積が最大であること、中で働く従業員の「人口密度」が最も高いことが理由です。

— 当初は、ゼネコンが提案する「耐震補強」で検討を進められたとか。

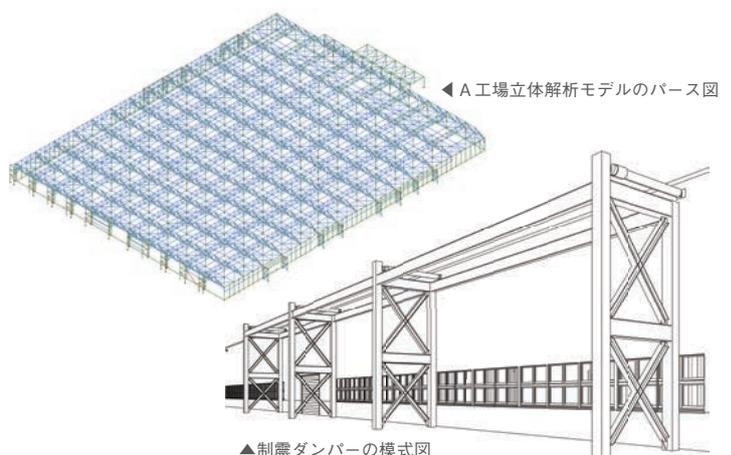
耐震改修促進法などには、「Is 値<sup>\*</sup> 0.6 以上」という耐震指標が記載されており、それを満たさない建物は「耐震補強の必要性あり」と判断されます。当然、当工場でもそれに沿った検討を開始しましたが、経営陣からは「0.6と0.55は実際どれほど違うのか？」といった詳細な質問も。そこで、対策を依頼したゼネコンに「Is 値 0.6 をクリアすれば、大地震に耐えられますよね？」と聞きましたが、はっきり「イエス」と言わないわけです。

— 当初提案された工期では対応が間に合わない  
と判断されたわけですね。

「明日来るかもしれない」巨大地震への備えとしては非現実的です。そこで白羽の矢を立てたのが、建築構造や地震対策に強く、以前当社の別の工場の耐震補強に関するシミュレーションを依頼したことがあるKKEでした。

そして、“As-Is”すなわち「現状のまま何もやらない」場合と、ゼネコン提案による耐震補強をやった場合、想定される大地震に襲われたらA工場がどうなるのか、KKEに解析してもらいました。そして、As-Isは当然壊れる、「耐震」をやるともっと早く壊れる、という結果に。

工場のある地盤は、やや柔らかい。その状況でIs 0.6 以上を確保するべく、建屋の高いところなどに補強材を入れたりすると、揺れ方によっては、逆効果になってしまうことがわかったわけです。



◀ A工場立体解析モデルのパス図

▲ 制震ダンパーの模式図

※ Is 値 (構造耐震指標)

地震力に対する建物の強度、靱性 (じんせい: 変形能力、粘り強さ)、経年劣化等を考慮して算出される数値で、耐震性能の基準値として用いられています。「建築物の耐震改修の促進に関する法律 (耐震改修促進法)」の告知 (平成18年度国土交通省告知 第184号と185号) により、震度6~7程度の規模の地震に対する Is 値の評価については、Is 値が0.6 以上であると「倒壊、告知または崩壊する危険性が低い」と定められています。(一般財団法人 日本耐震診断協会 WEB サイトより)

この結果を受け、2014年末にはA工場の耐震補強を白紙とし、新しい対策を具体化するため、KKEに引き続き調査、検討を依頼したのです。

KKEからの提案は「耐震」ではなく「制震」でした。建屋そのものの強化ではなく、建屋の外に多数のダンパーを設置して、地震の揺れを吸収する手法です。工場を操業しながら対策を実行できるため、工期やコストの大幅な削減が可能になります。

### 一 当社の担当者も含め、多くの議論、検討を実施されたと聞いています。

本件は、我々としても前例のないプロジェクトです。「耐震」ではなく「制震」という事前検討からスタートさせて、制震補強の基本検討、さらに詳細設計、施工と細かくステップを踏んで進めたわけです。

KKEと制震補強の詳細な検討を進め、2015年末には採用を正式決定し、2016年の年初から補強工事に着工。当初の耐震補強案に比べて工期は検討期間も含め半減の目処が付き、コストも従前の半分程度にまで削減することができました。

我々の発想としては、まず大地震で建物がどうなるか、どんな対策が有効なのかを知る道具としてシミュレーションを使います。重要なのは「最適な対策は何なのか？」ということ。補強は、まさにオーダーメイドだと思うのです。



▲工場外部での制震補強工事の様子。工場内部では操業が続けられていた。

## 専門家に相談し地震対策として問題なし

### 一 今回はIs値ではなく、その工場に最適な制震補強になりました。

Is値0.6以上の耐震補強をした場合、仮に地震で崩れても「基準に則った補強を行いました」と言えますが、私たちが目指すのはあくまでも地震で壊れない対策です。

そこで考えたのが、超高層建築で実施されている第三者による「耐震診断評価」。そして、建築物の構造安全性、耐震安全性が専門の名古屋工業大学 井戸田秀樹教授に、我々の基準や、制震補強の考え方を説明。それに対して押さえるべき事項をご教示いただきながら、対策を練り上げてきました。

結果、A工場に関しては、地震対策として問題ないと判断いただきました。万が一、地震の際に想定外の被害が生じても、「専門家の確認も得て、こうした考え方で対策をした」ときちんと説明できます。他の棟に関しても、同様の基準および補強の考え方で対策を検討しています。

### 一 当社の仕事については、どのように評価なさっていますか？

新たな提案に驚いて、社内が揉めたりするくらい、考え抜いてもらいました。当初、すべて外付けのダンパーでいく、とみんなが信じていたわけです。しかし、結果的に1カ所だけ、壁の中に入れる面内ダンパーになったのです。調べてみたら、そこには地下タンクがあって、どうしてもその上には設置できませんでした。

また、新たな発見もあって、面内ダンパーにするほうが、外付けの方式よりも工期もコストも有利だということもわかりました。なので、次の工場からは、壁に細工のできる箇所については面内ダンパー方式にすることを基本に、設計を進めています。

### 一 当社に対して、今後の期待や要望などがございましたら教えてください。

御社のミッション「エンジニアリングで新たな付加価値を創る」を知って、非常にいい会社だと感銘を受けました。当社もまさにそうで、世界と戦う武器は技術力以外にないわけです。今後もその志を胸に、各方面で活躍、貢献されることを期待しています。

取材日：2016年7月

株式会社豊田自動織機について

■ 設立：1926年11月 ■ 本社所在地：愛知県刈谷市豊田町 ■ ホームページ：[www.toyota-shokki.co.jp/](http://www.toyota-shokki.co.jp/)

フルインタビューの内容はWebからご覧いただけます ▶ [www.kke.co.jp/solution/casestudy/toyota\\_industries\\_corporation.html](http://www.kke.co.jp/solution/casestudy/toyota_industries_corporation.html)

※本インタビュー内容は全て取材日時点の情報に基づくものであり、最新の情報とは異なる場合がございます。あらかじめご了承ください。

## この事例に関するお問い合わせ



株式会社構造計画研究所  
エンジニアリング営業 1 部

大阪 06-6226-1231  
名古屋 052-222-8461  
東京 03-5342-1136

E-Mail | [bcp@kke.co.jp](mailto:bcp@kke.co.jp)

Web | <http://www.kke.co.jp/bcp>

### ●この事例で使われているソリューション●



災害リスク評価  
コンサルティング



耐震診断・補強設計

※記載されている製品名および会社名は各社の商標又は登録商標です。