

## 耐震特性を向上させた配電盤

広瀬 良一

富士電機株式会社  
公共システム事業部 システム技術部  
東京都日野市富士町1番地

### 概要

阪神・淡路大震災でも経験したように、震災後の水道施設によるライフラインの確保は非常に重要である。震災後の水道施設の機能確保のためには、計測制御を行なう監視制御設備及び動力用電力供給を行なう受配電盤、動力盤等の電気設備の機能維持が必要である。

水道用電気設備のうち配電盤については地震後に正常に動作するように耐震性能を強化し、0.3[G](震度6相当 烈震)の地震に耐え(設計上0.5G)、地震波に共振しない盤(10Hz以上に共振点)を製作している。有限要素法による加振応答解析を行ない、その結果により盤の重心位置を下げ、板厚を厚くし、三角補強板を入れることで、盤の安定性、剛性を高めた設計としている。

また、配電盤が設計通りの耐震性をもつことを実加振試験(耐震試験)による検証を実施した。

### キーワード

配電盤, 耐震, 加振応答解析, 加振試験

#### 1. はじめに

阪神・淡路大震災では、地震発生後断水が続き、住民の生活に重大な影響を与えた。震災対策用応急給水設備として震災後の水の供給を確保する為に、耐震形の配電盤を製作し検証した。

本稿では、耐震性能を強化した配電盤の設計基準及び盤構造について説明し、構造解析用プログラムによる加振シュミレーション及び実加振試験の結果による安全性の検証結果について紹介する。

#### 2. 震災対策用配電盤設計基準

配電盤の耐震に関する基準は、日本電機工業会のJEM-TR144-1985で次のように規定されている。

最大水平地震加速度 0.3 G (震度6相当 烈震)

最大鉛直地震加速度 0.15G (水平地震加速度の1/2)

富士電機では、配電盤の耐震に関するマニュアルを作成し、さらに耐震性を強化した最大水平地震加速度0.5G(震度7相当 激震)に耐え、地震波と共振しない盤(固有振動数を10Hz以上)を設計製作している。

#### 3. 震災対策用の盤構造

震災対策用配電盤は、設計基準を満足する為に強度計算値と加振シュミレーション結果を基にフレーム構造を強化し製作している。

(1) 低重心形化

配電盤の高さを1900mmとし、更に盤内に収納した質量の重い機器類（例えば変圧器）は、極力盤の下部に取り付け低重心とすることで転倒しにくくする。

(2) フレーム（枠体）の強化

- (a) アンクルサイズ.....50×50×6(mm) として強化した。
- (b) チャンネルの使用.....100×50×5(mm) のチャンネルを使用して剛性を高めた。
- (c) コーナ部の補強.....盤のコーナ部には三角板で3方向の補強を図った。

(3) 扉の強化

従来の2点止めを3点止めとし、強化した。

(4) 器具取付板

板厚は、3.2mmを採用し剛性を高めた。

(5) 機器の強化

- (a) 耐震金具  
プラグインタイプの機器（リレーなど）には耐震金具などにより機器を固定した。
- (b) 取付ねじ  
振動による取付ねじの緩みを抑えるためにロックペイントを施した。

震災対策用盤と一般盤の比較を表1及び図1に示す。

表1. 構造仕様の比較

	震災対策用盤	一般盤
配電盤の高さ	1,900(mm)	2,300(mm)
フレーム（枠体）	辺50×厚6(mm) 等辺山形鋼	辺40×厚5(mm) 等辺山形鋼
主柱	巾100×辺50×厚5(mm) 溝形鋼	辺40×厚5(mm) 等辺山形鋼
扉, 器具取付板厚	3.2(mm)	2.3(mm)
コーナー部	三角補強板を溶接	無し

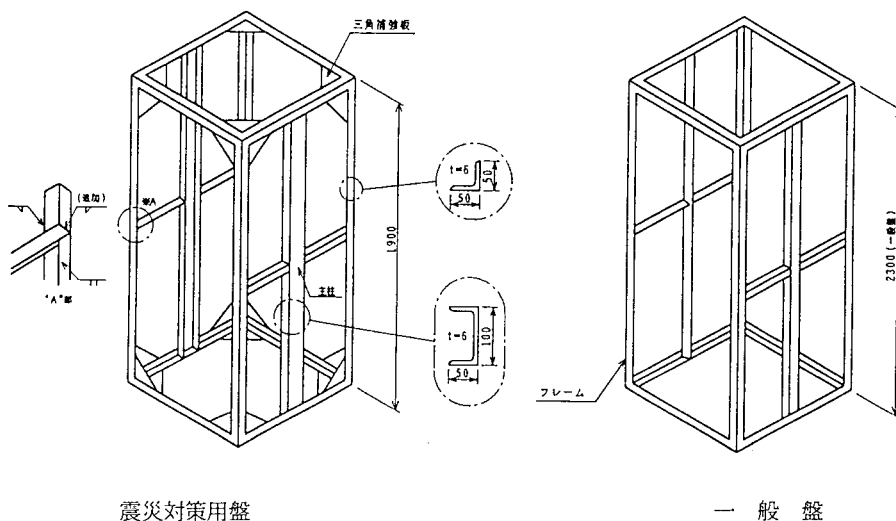
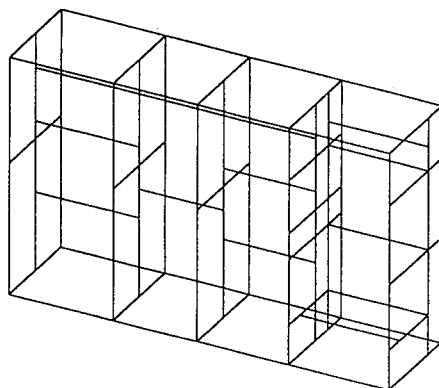


図1. 震災対策用配電盤と一般盤とのフレーム（枠体）の比較

4. 加振シュミレーション

震災対策用配電盤と一般の配電盤を図2のような枠組のみでモデル化し、有限要素法にて固有振動数を求めた。また各節点における変位と応力を求め、その最大値について比較を行った。



入力条件

最大水平加速度 0.3 G

最大鉛直加速度 0.15G

図2. 計算モデル

(1) 固有振動数及びその振動形状

固有振動数及びそれに対する振動形状を表2に示す。過去の地震における地震波の卓越振動数は0.5Hz～10Hzの範囲内であり、共振を起こさないための盤体の固有振動数は10Hz以上でなければならない。一般盤は盤体の固有振動数が10Hz以下であり、地震波と共振をおこす可能性がある。

表2. 各モードの周波数および振動形状

モード 指数	耐震対策盤			一般構造盤		
	振動数 (Hz)	周期 (sec)	振動形状	振動数 (Hz)	周期 (sec)	振動形状
1	11.5	0.0869	前後方向	6.61	0.1513	前後方向
2	14.39	0.0695	盤巾方向	8.82	0.1134	盤巾方向
3	19.33	0.0518	ねじれ1次	10.15	0.0986	ねじれ1次

(2) 最大変位・最大応力

1次モードにおける最大変位と最大応力を表3・表4に示す。一般盤は最大応力が許容値をこえてしまい変形する。

表3. 最大変位とその発生点

	耐震対策盤	一般構造盤
最大節点変位	盤前後方向に約2.3mm	盤前後方向に約4.2mm

表4. 最大応力とその発生点

		耐震対策盤	一般構造盤	許容値
最大 応力 値	引張り +曲げ	88.06 N/mm <sup>2</sup>	292.73 N/mm <sup>2</sup>	235.36 N/mm <sup>2</sup>
	せん断	1.46 N/mm <sup>2</sup>	4.82 N/mm <sup>2</sup>	136.31 N/mm <sup>2</sup>

5. 実加振試験

震災対策用配電盤を製作後、加振試験設備（配電盤、建築物の様な大形の構造物を振動させる加振試験設備）を使用し、実際に振動させ耐震基準を満足することを確認した。

(1) 試験項目

試験項目	加振加速度	判定基準
共振周波数検索試験	掃引周波数 2~20Hz	10Hzを越えること。
加速度応答倍率測定試験	前後・左右方向0.1G 約3~10Hz	8倍以下であること。
耐震試験	前後・左右方向0.3G 5 Hz以下	<ul style="list-style-type: none"> <li>・応答倍率 2.5倍以下</li> <li>・加振後正常に動作すること。</li> <li>・盤、内蔵機器に破損、脱落、ゆるみ、歪を生じないこと。 (含、配電盤寸法の歪測定)</li> <li>・絶縁抵抗、耐圧試験にて異常がないこと。</li> <li>・通電および機能操作試験を行い正常であること。</li> </ul>

共振周波数検索試験、加速度応答倍率測定試験は、オシログラフ測定を行う。

(2) 試験結果

試験項目の判定基準をすべて満足することを確認した。測定結果参考値を図3に示す。

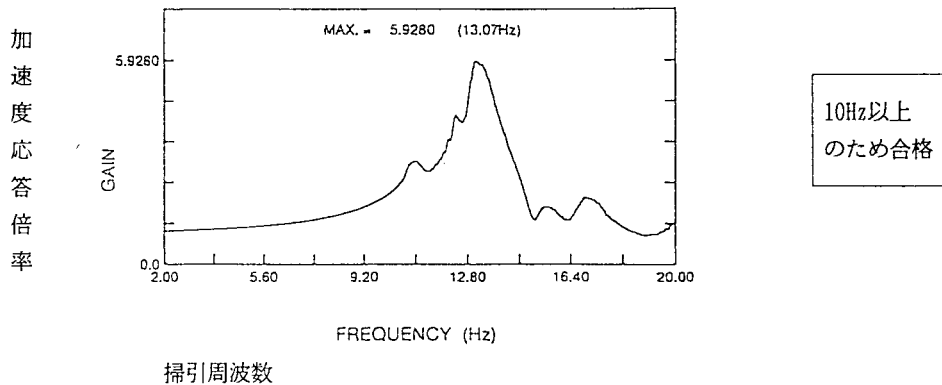


図3. 共振周波数検索試験結果（左右方向）

6. まとめ

震災対策用配電盤は、加振シュミレーション結果を基に低重心化・高剛性化を図り、耐震形の配電盤として製作され、実加振試験を行いその機能を実証した。今後も災害に強い設備の要求は高まっていくと考えられる。

— 以上 —