

電力中央研究所

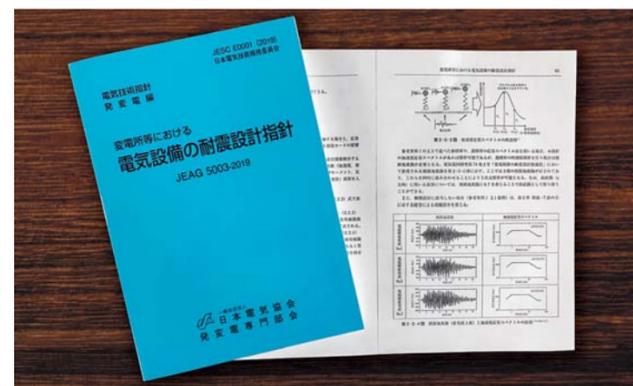
変電所の耐震設計技術研究

耐震指針高度化に貢献

2011年3月の東北地方太平洋沖地震を契機に、変電機器について将来の指針の見直しを視野に入れた耐震設計の最適化に電気事業大で取り組むこととなった。電力中央研究所では最新の地震動データの活用などにより、設計地震力の提案や変電機器のより高精度な評価手法の開発を行い、その成果は指針改定において採用されている。また、新指針にも準拠した変電所全体を対象とした耐震性評価ツールを開発した。電中研はこれらの成果が変電所の耐震性向上に広く活用されることを期待している。

JEAG5003に成果反映

地震動データ、再分析



J E A G 5 0 0 3 の改定には電中研の研究成果が多く反映された

高精度な評価手法開発

ところが、約500が平均値であることが判明。また、改定前の指針で用いられていた正弦波を2波とする波形が、機器に作用する力としてみれば、実際の震度6弱の地震波形よりも効果的に作用することも判明した。

電中研などはこれらのデータを基に震度6弱の50%レベルを想定した「変電耐震設計スペクトル」を作成。海溝型地震や内陸地殻内地震による実際の地震動の周期特性を反映し、多様な変電機器の振動特性に対応する地震力として提案した。

同時に東北地方太平洋沖地震の経験を踏まえ、低周波度ではあるが、変電耐震設計スペクトル1を超える揺れを想定した「変電耐震設計スペクトル2」も作成している。

これらのスペクトルを研究期間中に発生した16年4月の熊本地震で観測された記録と比較・分析を行ったところ、震度6弱の観測記録について作成時に想定した信頼区間をカバーしている。妥当性も確認している。

変電設備の合理的な耐震性向上へ

「2011年3月の東北地方太平洋沖地震では、設計想定よりも大きな揺れに見舞われた変電機器で被害が生じたが、変電所が原因となる長期の著しい供給障害には至らなかった。地震後に開かれた国の委員会でもJEAG5003の妥当性が確認され、早急な見直しは要求されなかった。ただ今後の対応として、過去の被害事例などのデータ蓄積や将来の指針見直しに向けた検討などの提言があり、電気事業大で取り組むことになった」

世界的な先進性示す
—— 成果の学術的な意義

「設計で想定する地震について、国内外の観測データを様々な観点から分析し、また国の確率論的地震動予測地図も活用して、設計スペクトルを提案した。そこでは、熊本地震による再現性の確認や、ポリマーブッシングなど一般

地盤・構造物など他分野連携

「設計で想定する地震について、国内外の観測データを様々な観点から分析し、また国の確率論的地震動予測地図も活用して、設計スペクトルを提案した。そこでは、熊本地震による再現性の確認や、ポリマーブッシングなど一般

「最終的には変電所全体を一体的に評価できるようにしたい。機器間リード線の影響などをELECTREEで評価し、新たな成果が出れば次の改定に反映させたい」

「ELECTREEを電力会社やメーカーで広く活用頂くために、利便性をより高め、導入しやすいよう改修していく。将来発生し得る新たな地震での揺れの想定や新しい機器の耐震性を変電所全体として評価することで、より合理的な耐震性の向上につなげていくようにしたい」



上席研究員 佐藤 浩章氏

「この研究における電中研の強みとは、変電所ですら起きる事象は多岐にわたる、様々な分野の専門家が密に融合して研究に取り組む必要がある。電中研には地震や地盤、構造物・機器など幅広い分野の専門家が身近におり、一体となって課題解決への研究に取り組める点が強みであると考えている」

「変電所ですら起きる事象は多岐にわたる、様々な分野の専門家が密に融合して研究に取り組む必要がある。電中研には地震や地盤、構造物・機器など幅広い分野の専門家が身近におり、一体となって課題解決への研究に取り組める点が強みであると考えている」

「変電所ですら起きる事象は多岐にわたる、様々な分野の専門家が密に融合して研究に取り組む必要がある。電中研には地震や地盤、構造物・機器など幅広い分野の専門家が身近におり、一体となって課題解決への研究に取り組める点が強みであると考えている」

「変電所ですら起きる事象は多岐にわたる、様々な分野の専門家が密に融合して研究に取り組む必要がある。電中研には地震や地盤、構造物・機器など幅広い分野の専門家が身近におり、一体となって課題解決への研究に取り組める点が強みであると考えている」

「変電所ですら起きる事象は多岐にわたる、様々な分野の専門家が密に融合して研究に取り組む必要がある。電中研には地震や地盤、構造物・機器など幅広い分野の専門家が身近におり、一体となって課題解決への研究に取り組める点が強みであると考えている」

一定の電圧を超える変電所などの電気設備は耐震設計指針(JEAG5003)に基づき地震対策が施されているが、2020年1月に39年ぶりに大幅な改定がなされた。改定された指針には電力中央研究所の研究成果が多く反映されている。

だが、近年では加速度が300g以上に達する揺れも多く観測され、11年の東北地方太平洋沖地震では300gを超えた地点が、記録を取得できた地点のうち1割近くを占めていた。

そこで電中研は、文部科学省・地震本部が公表している確率論的地震動予測地図を用いて今後100年間に変電所で予想される震度を特定。震度6弱の揺れを想定すれば、94%の変電所をカバーできることが分かった。

さらに1996年から2013年の地震記録から震度6弱の最大加速度を調べた設計地震力の変更に、これまで正弦波で評価されていた基礎や機器についての弦波で評価されてきた設計

値のなかでも、変電機器の式ブッシングの口開きによる非線形振動時に発生する応力(曲げモーメント)を算定する値(kf値)については、新たな設計地震力による再評価を実施した。

変電所の基礎については、周辺地盤の条件を考慮した計算モデル(SRMモデル)を活用し、近年の型式の機器を設置した場合の設計標準値として使用できる増幅倍率を割り出した。

センタークランプ方式ブッシングについては、口開きによる非線形振動を簡便に考慮できる「ファイバーモデル」による解析方法を確立した。これにより、新たな設計地震力によるkf値の見直しだけでなく、ブッシングのタイプをより細分化した設計値として提示することも実現した。

機器の耐震性簡易に

ELECTREE

電力中央研究所は変電所を対象に機器の耐震性を効率的に評価するツール「ELECTREE」を開発した。地震動データの作成、地盤応答解析、機器の基礎から上部の変電機器に至るまで、変電所全体の耐震性を簡易に評価することができる。

変電機器で発生する様々な事象を想定し、変電機器に特化した多様な計算・評価ツールも可能だ。

評価に用いる地震動は既存のスペクトルから作成するだけでなく、任意の設定にも対応している。機器は、単体だけでなく、基礎部分と機器の両方を一気通貫で評価するこ

とも可能だ。

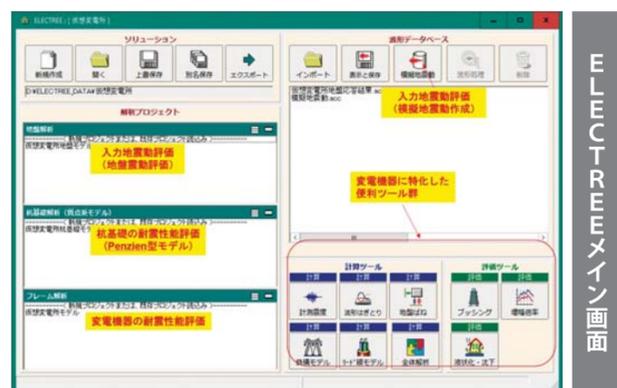
センタークランプ方式ブッシングのファイバーモデルに結果をアニメーション方式で表示することが可能であり、

変電機器の耐震性評価では、知見の継承にも役立てたいと

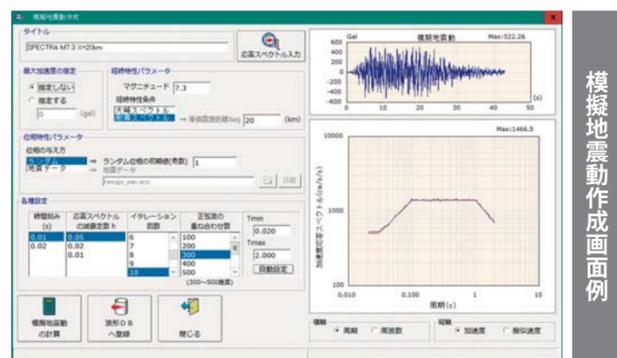
「ELECTREEによる仮想変電所モデルの解析例」

「ELECTREEによる仮想変電所モデルの解析例」

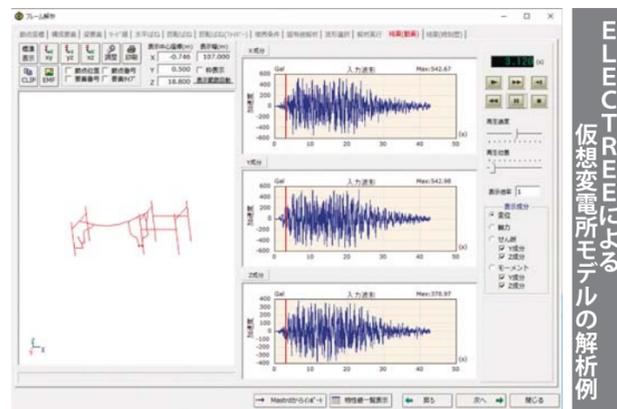
多事象想定、任意地震動も



ELECTREEメイン画面



模擬地震動作成画面例



ELECTREEによる仮想変電所モデルの解析例

「ELECTREEは変電所の地盤から機器に至る耐震解析・評価をパソコンで簡易な作業でできるように利用者の使い勝手に考慮したツールなどを組み入れた点が特徴だ」

「この研究における電中研の強みとは、変電所ですら起きる事象は多岐にわたる、様々な分野の専門家が密に融合して研究に取り組む必要がある。電中研には地震や地盤、構造物・機器など幅広い分野の専門家が身近におり、一体となって課題解決への研究に取り組める点が強みであると考えている」