

金山慎治, ○西川徳裕 (関西電力)

1. はじめに

1995年1月17日(火)午前5時46分に発生した淡路島北部を震源とする直下型地震により、6,300人以上の犠牲者と43万棟以上の家屋が被害を受けた。この兵庫県南部地震の規模はマグニチュード7.2であり、都市近郊の地震としては、1948年の福井地震(M=7.1)を上回る戦後最大規模の震災となった。図1に新神戸変電所の加速度記録を示すが、今回の地震による地表の強震記録の中には0.8Gを越える最大加速度や1m/秒前後の最大速度を示すものがあり、これらは日本で観測された強震記録として最大級のものと言える。

図2に代表的な地震の加速度応答スペクトルを示すように、今回の地震は固有周期が0.3秒程度の構造物に対しては1994年のロサンゼルス地震(M=6.6)や1993年の釧路沖地震(M=7.8)に比べると揺れは弱い、固有周期が0.8~2秒の構造物に対してはこれらの地震を上回る揺れの強さを記録している。これは10階前後の中層ビルや200mくらいまでの橋の周期とほぼ一致するといわれており、電力設備では固有周期が一致した断路器や避雷器等で共振による折損・倒壊等の被害を受けている。

2. 電力設備の被害状況

関西電力㈱では、兵庫県南部地震により火力発電設備、変電設備、送電設備配電設備および通信設備において被害が発生した。電力設備の被害の概要を表1に示す。

2.1 火力発電設備

2箇所の変電所において液状化による地盤の不等沈下により油タンク基礎PC杭の露出およびクラックの発生、タンク防油堤への開口があった。また、1箇所の変電所において水タンク直下の基礎地盤の液状化に伴う不等沈下によりタンク本体が傾斜した。しかしいずれの場合にも油流出等の被害は発生していない。

2.2 変電設備

50箇所の181設備に被害があったが、主要設備の損壊により供給支障を生じたものは17箇所、65設備であった。供給支障が発生したものとしては、アンカーボルトの破断により変圧器が滑動し破損したものや、古い型式の遮断機のブッシングの把持部がずれて漏油を生じたもの、断路器の支持碍子が折損したもの等の被害であった。

2.3 架空送電設備

20基の鉄塔に被害があり、1基が損壊したが、この鉄塔は現行設計では用いられていない特殊な構造のもので、不同変位に対する柔軟性が現行の方式と比べて

乏しいことが損壊の原因であった。残りの19基については不同変位による鉄塔の部材損傷等の軽微な被害で供給支障には至っていない。

2. 4 地中送電設備

地中送電設備では、特殊な管路構造の3線路、20条で供給支障となる被害が発生した。これらは柔軟性に乏しい管路構造であったため、地盤変化に追従できずケーブルの損傷に至ったものである。

2. 5 架空配電設備

架空配電設備のうち供給支障が発生した被害としては、支持物（電柱）の折損・倒壊が3.3千基、電線の断線・焼失が2.7千径間、変圧器のブッシング損傷・焼失によるものが1.2千台であった。支持物が折損・倒壊したものの原因としては、周辺の建物が倒壊し二次的に被害を受けたものが約8割を占めている。また、電線の被害は火災による延焼および支持物の折損によるものであり、柱上変圧器の被害は火災によるものが約8割で、ブッシング等の部材損傷は少なかった。なお、変圧器の落下事故はなかった。

2. 6 地中配電設備

地中配電設備のうち供給支障となった被害は197条であり、お客さまの建物損壊等による引込線の損壊が被害原因の約3割を占め、その他の原因としてケーブル立上柱の損壊や管路・人孔の損壊によるものであった。地域別には震度7地域および液状化地域での被害が多い。

架空配電線と地中配電線との被害状況比較では、架空配電線は設備数が膨大であるため、沿道建物からの被害を受けたものが多い。地中配電線はケーブルが管路内に埋設されているため、供給支障となる被害は少なかったが、供給支障に至らない設備異常が多数発生した。

2. 7 通信設備

通信ケーブルは電柱の折損、周辺の火災等により神戸市内を中心に171径間に亘り断線または焼損した。多重無線設備では、回線停止に至る被害はなかったが、地震発生直後に12系統で瞬断（一時的な通信途絶）があった。また、当社神戸支店社屋の損壊により、社屋内に設置していた通信設備を他の事業所に移設する必要が生じた。

しかし、電力保安通信の中枢を担う多重無線設備が健全であったため、その後の復旧活動に必要な社内通信網が確保できたほか、地震直後の逼迫した状況下での給電運用や電力会社間資材融通に関する情報連絡についても支障なく実施することができた。

3. 初期対応

電力会社では発電から送電、変電、配電線への電力の送り出しに到るまでの電力系統については、常時24時間体制で監視制御を行っている。これらの勤務員には、事故が発生した場合には、停電範囲を最小限に留めるとともに迅速に停電を解消するための応急操作やそのための措置を自律的に行えるように、それぞれの箇所に応じた任務が常時から与えられている。

今回の地震に際しても、地震発生直後からこれらの勤務員は、それぞれの任務に基づき停電している変電所の復旧を行った。具体的には変電設備を所管している制御所や有人変電所では設備の被害状況を把握し、自所の判断で復旧できるものについては遠隔制御により復旧操作を行い、それ以外のものについては電力系統全体を運用している給電所に被害状況を報告し、復旧指令を仰いだ。給電所では多重化されている電力送電系統の中から被害系統の切離し、健全系統への切替等、送電を再開する復旧手順について検討し、制御所や有人変電所に復旧のための機器の操作指令を出した。これを受けて制御所、有人変電所では遠隔制御による機器の操作や現地での復旧操作を実施することにより、停電変電所の復旧を行った。

この結果、地震発生直後の午前 5 時 46 分には供給支障電力が 2,836MWであったが、午前 7 時 30 分には 1,245MWに、正午には 487MWにまで減少させることができた。1 月 18 日以降は主として配電線の復旧作業を行い、ピークの日には他電力の応援や協力会社の人員も含め配電部門で 4,701 名の人員を動員し、1 月 23 日 15 時には供給可能な箇所にはすべて応急送電を完了させることができた。供給支障電力の推移を図 3 に示す。

4. 応急復旧活動

地震発生直後から被災地域への全社総動員体制を確立し、復旧活動の進捗状況に合わせて段階的に復旧要員を投入した。1 月 17 日から 1 月 23 日までの応急復旧完了までの期間中、ピークの日には他電力の応援や協力会社の人員も含め配電部門で 4,701 名/日、全部門では 6,100 名/日以上の人員の動員を行った。

復旧用資機材については、非常災害用に保管している常備資材の他、一般用工事資材の流用、および他電力会社から碍子や電線接続金物、発電機車等の応援を受けた。ただし、供給支障解消のための応急復旧段階での資材は、いずれも関西電力(株)社内の保管資材で充足できた。

応援会社側では過去の台風災害時等の応援経験を活かし発電機車の燃料、操作に慣れた運転人員とこれらの人員の当面の食料、日用品等を含めた自己完結型の部隊による応援が行われた。

現場の復旧作業員への生活支援物資として飲食料、衣料・寝具等を 1 月 17 日から本店と姫路支店が中心となり 2 方向から輸送した。

5. 応急送電

5. 1 配電設備の応急送電方法

応急送電にあたっては、施工の容易な仮設備を活用し、架空線を中心とした応急復旧を行った。家屋損壊の著しい区域は高圧線の切り離し等により送電対象から除外するとともに、健全な区間へはバイパスケーブルや仮架線によって健全系統に接続する等、工事量を最小限にする工法を用いて送電した。

重要施設への送電に関しては、平常時から官庁、警察、消防や総合病院等、その所在を把握しており、それらの施設へは発電機車を用いて応急送電するととも

に配電設備の早期復旧を図り、配電設備が復旧した箇所では発電機車を次の応急送電箇所に移動させ、順次応急送電による供給範囲の拡大を図った。また、配電線路の応急復旧にあたっては、地震による被害の程度が大きい地域に対しては下記の方針に基づいて、二次災害が発生しないように考慮しながら個別に送電を実施した。

5. 2 防災対策の検討

今回の震災に関して、神戸市消防局が1995年 4月14日に発表した資料によれば、地震発生後の10日間に神戸市内で総数 175件の火災が発生しており、この内44件が電気に関係した火災とされている。

しかし、地震発生直後は広範な地域において送電が停止し、神戸市内の停電地域に送電が再開されたのは最も早い所でも午前 8時以降であったことから初期の火災、とりわけ地震直後に起った広範な火災は、電気によるものとは考えられない。

電気による火災の大半は、健全なマンション等の中で転倒した電気ストーブや熱帯魚用水槽から放り出されたヒータがカーペットや床を焦がす等、家電機器によるものが多い。今回のような、大地震発生時の電気火災の今後の防止対策を使用者、電気機器、電力会社別には、以下のように整理されると考えている。

(1)お客さまの対応

- ・避難時における各家庭のブレーカ開放や熱機器のコンセントの抜きとり。
- ・電気の再使用に当たっての機器の状態、ガス漏れ有無等についての安全確認。

(2)電気機器の対応

- ・機器が転倒したら通電が遮断され、容易には復帰しない等の装置の装備

(3)電力会社の対応

- ・電気機器使用再開時における諸注意の積極的な広報。

6. 復旧活動

設備の本復旧にあたっては、電力供給上重要な設備は夏期ピーク時期までに機械的な補強が必要な設備については、梅雨と台風の到来時期をターゲットに必要な補強措置を完了させるべく復旧工事を実施した。

これにより梅雨や台風シーズンを乗り切ることができたとともに1995年 8月25日に関西電力(株)としては、前年実績を 130MW上回る過去最高の夏期ピーク31,520 MWを記録したが、支障なく供給することができた。その後も計画的に設備の改修工事を進めた結果、地震発生から約1年後の1996年 3月までに、ほとんどの被災設備が復旧できた。

7. 電力設備の耐震性評価

地震発生直後には、設備損壊等により 189箇所の変電所で供給支障が発生したが、翌朝 8時にはすべての変電所で、電力供給が可能な状態にまで復旧できた。送変電設備は設備の多重化・多ルート化等により、非常時においても著しい供給

支障が生じないように設備形成がなされている。今回の震災においても事故系統の健全系統への切り替え等を行なうことにより、早期に応急送電が完了した。このことから、電力供給システムは今回のような高レベルの地震動に際しても総合的な機能が確保されていたものと考えている。

変電設備では新神戸変電所、伊丹変電所等の機器に被害が発生したものの、機能喪失に至る重大な被害は少なかった。被害のほとんどは1978年の宮城沖地震を契機に1980年に制定された現行耐震基準の制定以前に設置された旧型設備であり、現行耐震基準に基づく設計手法により建設された新型設備については、大きな被害はなかった。電力設備は、過去の大きな地震・台風等の自然災害を教訓として、その設計基準にフィードバックさせてきている。表2に一例として震度7エリア内に存在する配電用変電所の建設時期と被害状況の関係を示すが現行設計手法に基づいて設置された変電所では被害が発生していない。

現行の耐震基準の評価と今後の基準のあり方については、国のレベルで検討が行われたが、その概要を以下に示す。

今回の地震を踏まえた今後の耐震性確保の基本的な考え方は、国土庁の防災基本計画（1995年7月中央防災会議決定）に示されているが、資源エネルギー庁長官の諮問機関である「電気設備防災対策検討会」（1995年3月13日～11月24日）では、防災基本計画をベースとして、下記の考え方により、検討が行われた。

(1) 耐震性区分Ⅰ [ダム、LNGタンク、油タンク]

- ・一般的な地震動に際し個々の設備の機能に重大な支障が生じず、かつ高レベルの地震動に際しても人命に重大な影響を与えないこと。

(2) 耐震性区分Ⅱ [区分Ⅰ以外の発送変配電設備、給電所、電力保安通信設備]

- ・一般的な地震動に際し個々の設備の機能に重大な支障が生じず、かつ高レベルの地震動に際しても著しい（長期的かつ広範囲）供給支障が生じることがないように、代替性の確保、多重化等により、総合的にシステムの機能が確保されること。

これらの検討の結果、現在耐震基準のない地中設備については「可とう継ぎ手、可とう性のある管路の採用に関する設計上の配慮事項を耐震基準として整備する必要がある」とされているが、その他の設備については「現行耐震基準は、各電気設備が確保すべき耐震性を規定するものとして妥当である」と評価されており、また「旧基準に基づく設備に対しては、著しい供給支障や第三者被害が懸念されるものについては、現行基準レベルへの改修を行う」とされている。

9. 今後の予定

電力会社では設備の耐震対策および地震時の安全確保について必要な対策を計画的に実施して行く予定である。

以 上

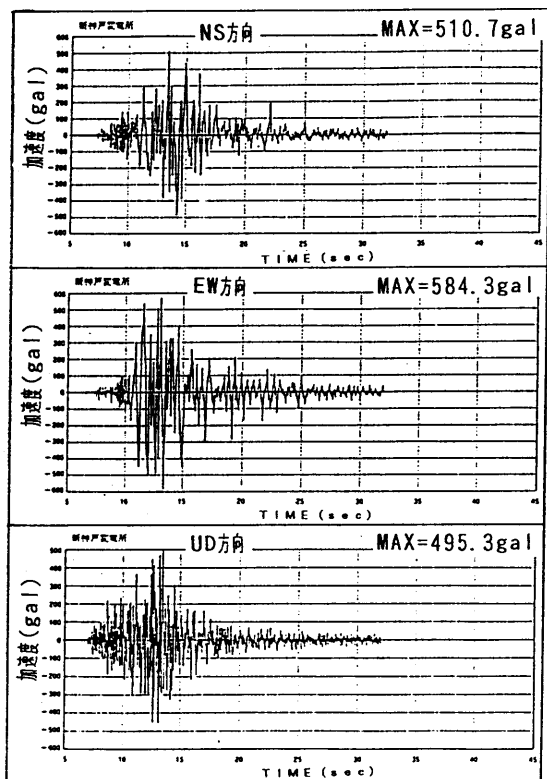


図1 新神戸変電所の加速度記録

表1 電力設備の被害状況

設備	単位	被害数			全社総数
		主要電気 工作物	その他	合計	
原子力発電設備	箇所	0	0	0	3
水力発電設備	箇所	0	0	0	141
火力発電設備	箇所	5	5	10	21
発電設備	箇所	17	33	50	661
架空送電設備	線路	11	12	23	1,065
地中送電設備	線路	3	99	102	1,217
配電設備(*)	回線	660	—	660	13,490
通信設備	回線	—	76	76	4,048

(*) : 特別高圧設備(22、33kV)を含む

表2 震度7エリア内変電所被害状況

	建設時期(注)				計
	昭和30年代以前	昭和40年代	昭和50年代	昭和60年代以降	
被害有	7	7	0	0	14
被害無	0	6	6	3	15
被害率	100%	54%	0%	0%	48%

(注) 主要機器に対する改修を行ったものは、改修実施時期を表す。

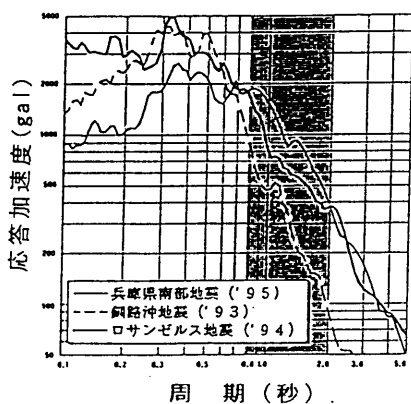


図2 加速度応答スペクトル
(大林組技術研究所作成)

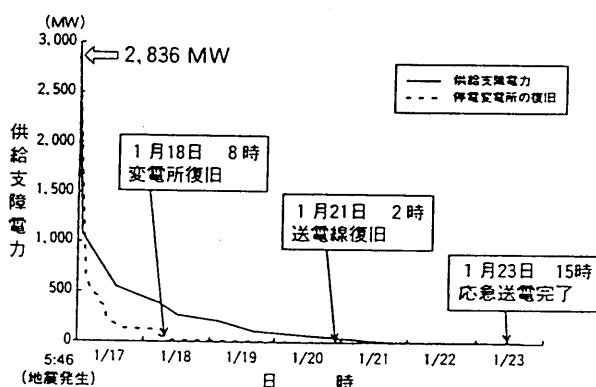


図3 供給支障電力の推移