

鉄道で用いられる地震動指標

大きな地震が発生した場合、迅速に列車の運転を中止させて安全を確保することが重要です。また、地震による揺れが終了した後は、速やかに被害の有無を確認して、列車の運転を再開することが求められます。鉄道では、鉄道沿線に設置された地震計などで地面の揺れ(地震動)を観測し、その大きさに応じて、列車運転中止や運転再開(運転規制)を行っています。運転制御の基準となる地震動指標は事業者により異なりますが、代表的なものとしてJR用最大加速度、SI値、計測震度が用いられています。

JR用最大加速度とは、鉄道構造物への影響を考慮したフィルタ処理を行った加速度水平成分の最大値で、運転規制の判断に広く使われています。

SI値(スペクトル強度)は、地震動によって一般的な構造物がどの程度の大きさで揺れるかを数値化した指標です。一般的な構造物が固有周期を持つ0.1秒から2.5秒の範囲における、速度応答スペクトル(減衰定数 $h=0.2$)の平均値として定義されます。SI値については、地震計でリアルタイムに算出するための近似計算手法が提案されています。

震度は、広く一般に知られた地震動指標の一つです。以前は、気象庁職員の体感や周辺の被災状況によって決定されていたことから、観測する人間の主観が入るなどの問題がありました。そのため、客観的に震度を観測する方法として、波形から震度を算出する方法が提案され、震度計が開発されました。この新しい方法によって算出される値を計測震度と呼びます。計測震度は、体感や建物被害との相関が保たれるように計算方法が考慮されています。

地震動の距離減衰式

地震動は一般に震源からの距離が長くなるほど、その値が小さくなります。また、震源からの距離が同じでも、地震の規模(マグニチュード)が大きくなるほど値が大きくなります。過去の地震データから、地震動の大きさと震源距離(または震央距離)との統計的な関係を求めた距離減衰式が数多く提案されています。図1に距離減衰の一例を示します。震源特性の違いや観測点付近の表層地盤による増幅などの影響があるため、個々の事例についてはばらつきがあり、統計的な式ですべてを精度よく表現することはできませんが、ある程度の傾向を知ることはできます。

鉄道における被害予測

過去に発生した地震による鉄道の被災事例について、被

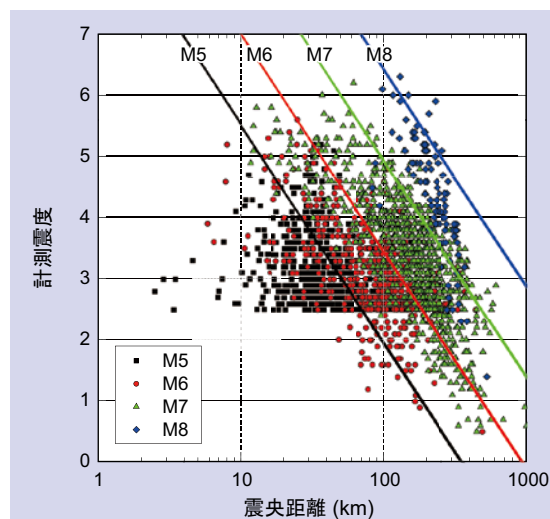


図1 計測震度の距離減衰

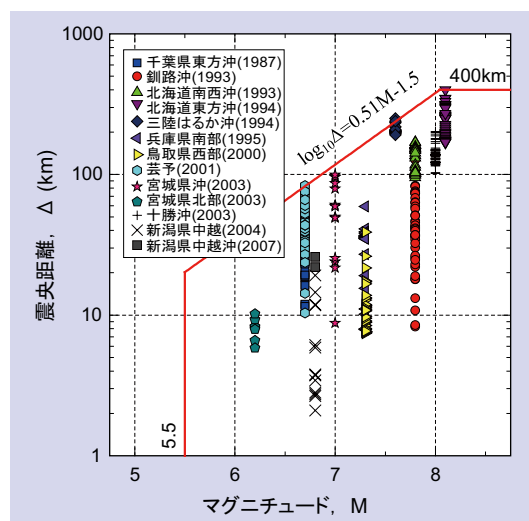


図2 被災箇所の震央距離とマグニチュードの関係

災箇所の震央距離とマグニチュードとの関係を整理すると図2のようになります。この関係から、地震時に被害が発生する範囲を経験的に表す関数(被害発生限界線)が提案されており、マグニチュードが大きいほど被害が発生する範囲が広がる(震央距離が長い地点まで被害が及ぶ)ことが分かります。また、距離減衰式と比較すると、この被害発生限界線はおおよそJR用最大加速度で80gal程度、SI値で6kine程度、計測震度で4.5程度(震度5弱の下限程度)に相当します。

この被害発生限界線を用いることにより、マグニチュードと震央の情報のみで鉄道に被害が及ぶ可能性のある範囲を予測することができるため、この予測手法は、地震発生後、瞬時に列車の運転制御を行う必要のある新幹線の早期地震防災システムなどで利用されています。

(防災技術研究部 地震防災 是永将宏)