

1. 過去の地震の記録

1-1 関東大震災

私たちは、1923年9月1日に起きた関東大震災は“プレート境界に生じる海洋性の大規模な地震”と“大火災”により14万余名の死者を出した大被害として認識しています。でも地震に関しては、これでは十分と言えないようです。想定される断層面で二つのイベント（大きな滑り）が生じた本震の後、その直後から翌年の1月に至るまでに超一級の余震群が襲来していたことが解明されてきています¹⁾。

これらは、被災者からの聞き取りによる他、強震計記録（記象紙）からの解析（振り切れずに記録したもの）によるものです^{1) 2)}。

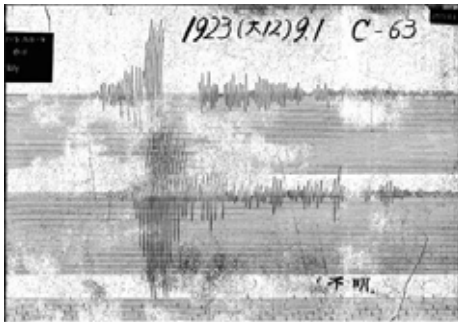


図-2 記象紙に残された記録の一例²⁾

「関東大

震災 - 大東京圏の揺れを知る¹⁾」は、これらの地震初動から余震情報の分析といったこと、東京都心の内でも旧河道やため池の跡地、下町低地を覆う沖積層等の局所で震度分布が大きかったことなど、初めて知ることばかり。また、貴重なデータの系統的な整理と保管がなされていない現状の改革を訴えるなどの内容に思いを同じにしました。

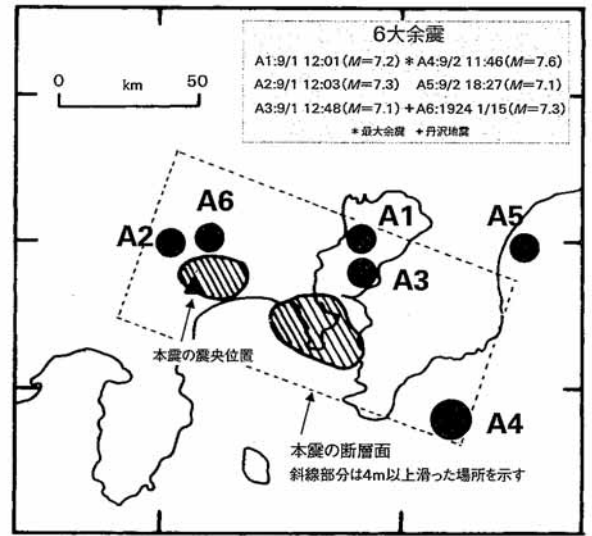


図18 本震の震源断層で大きく滑った部分と6大余震の震源位置の関係

図-1 関東大震災の震源断層と6大余震源¹⁾

1-2 鳥取県西部地震

2000年10月6日には、日野町を震源とする鳥取県西部地震が発生しました。地震加速度情報ページ³⁾よりその震度分布を右に示します。図中の記録点の大半は地震の時刻歴波形を電子データとしてダウンロードすることが可能です。阪神淡路大震災後、当時の科学技術庁により、全国に地震観測網KiK-net【基盤強震観測網】が敷かれ、K-NET【強震観測網】の記録とともに、各地の計測記録が公開されるようになったのです。

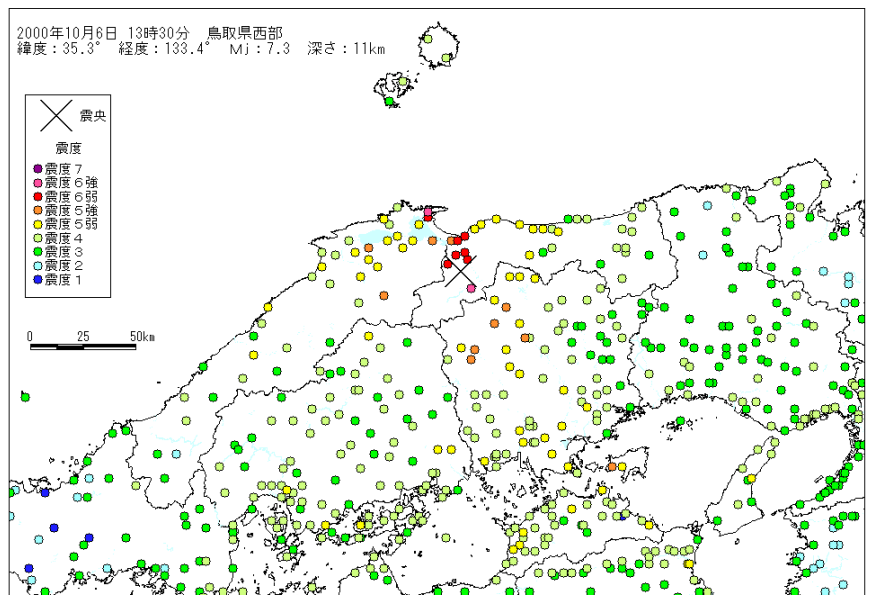


図-3 鳥取県西部地震の震度分布図³⁾

鳥取県西部地震は、非常に幸いなことに死者はありませんでしたが、観測記録から解析した加速度応答スペクトルからは短周期側の地震波動がたくさん含まれていること、速度応答スペクトルからは、特に震源地の日野では1秒前後で強烈な、米子では1~2秒の間で非常に強力なエネルギーを持つ波だったことが分かります⁴⁾。これらはKiK-netからのデータによりました。

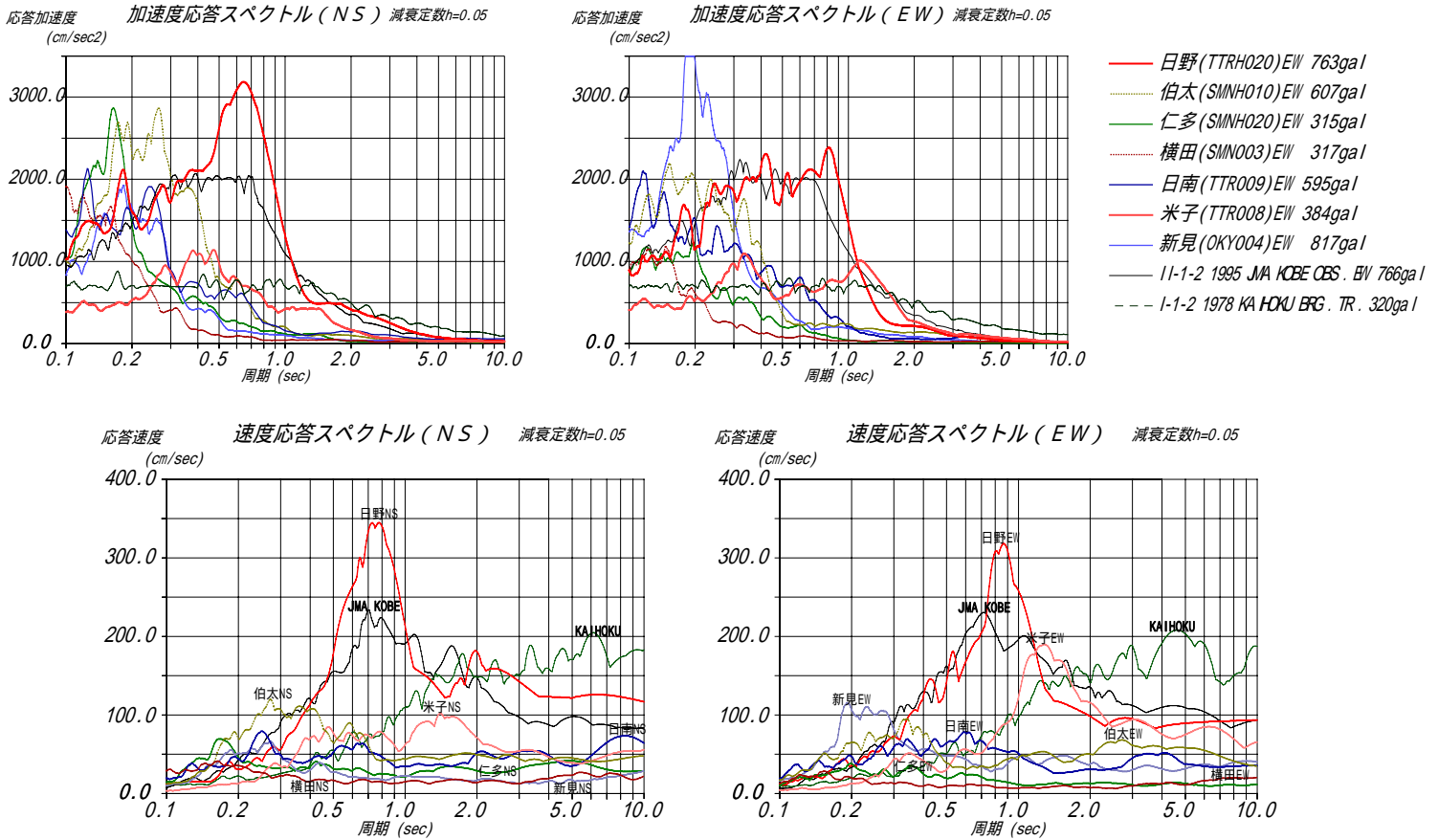


図-4 鳥取県西部地震のスペクトル解析⁴⁾

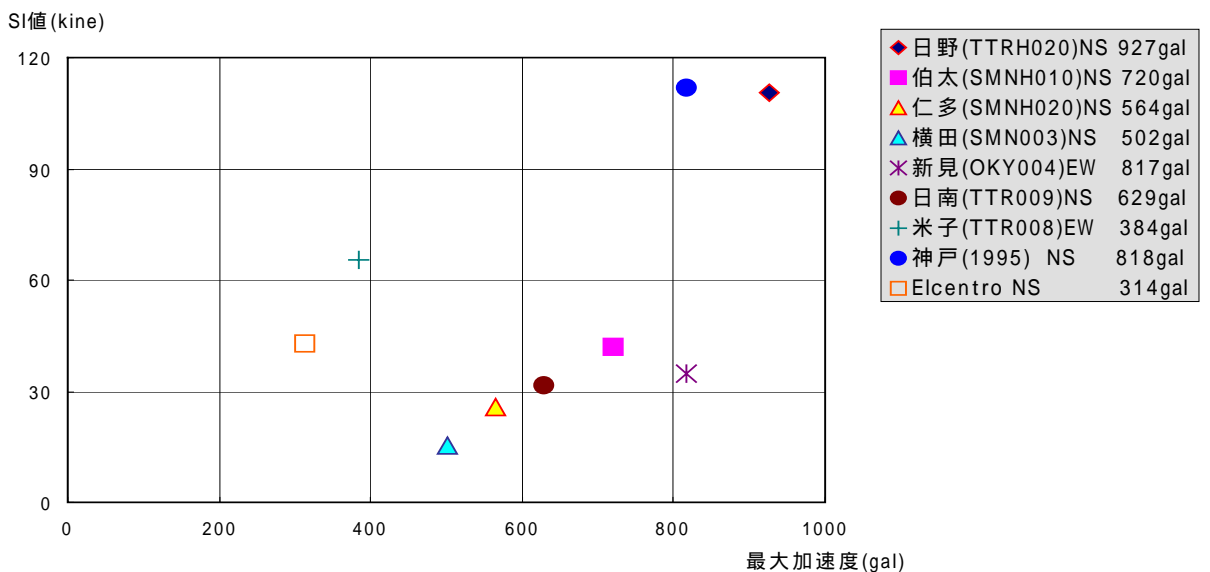


図-5 SI値で比較した鳥取県西部地震⁴⁾

2. 固有周期とその使われ方

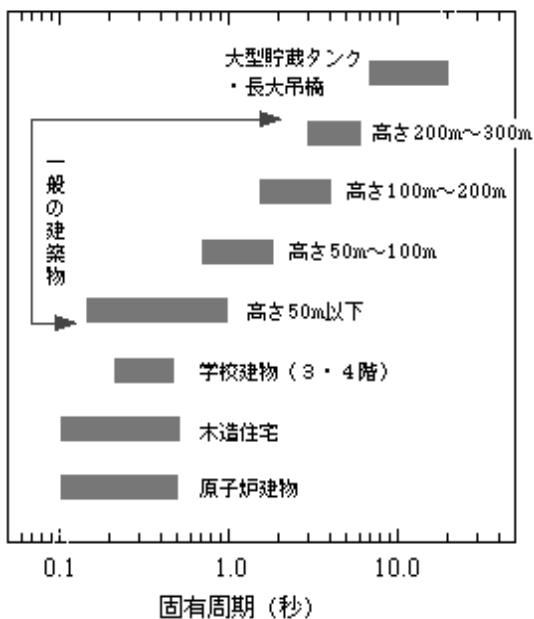


図-6 構造物の固有周期の分布⁵⁾

各モード毎の応答を重ね合わせて最大応答を求める。応答の時間変化は考えない。簡便法として従来、最もポピュラーな方法。

(2) モード解析 (モーダルアナリシス)

時刻歴波形を入力し、質点系毎の応答を求めた後に、これらを重ね合わせる方法。解析モデルが大きく、数値計算をなるべく少なくするために工夫された方法。近年は出番がない。

(3) 直接積分法

解析モデルに、時刻歴波形を入力。刻々の時間変動での状態を逐次、運動方程式を解くこと

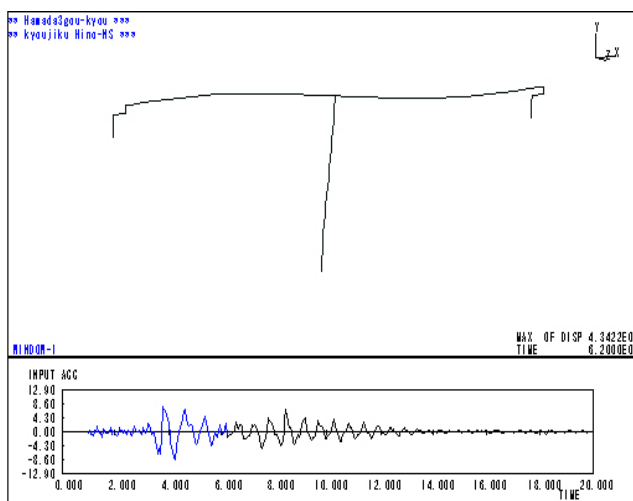


図-8 直接積分法による解析結果の一例⁴⁾

2-1 固有周期

活動報告に述べたとおり、すべての物体には、それ自身の持つ、揺れやすい周期 (固有周期) と揺れ方 (振動モード) があります。大抵のものは一つではなく、それを構成する要素毎にいくつもの固有周期を持つのが普通です。ものの固有周期を知るといことは、やってくる地震波に含まれる様々な周期成分の波に対して、対象とする構造物への影響の多寡を知ることにつながります。

2-2 固有周期の使われ方

耐震設計を行う際の、固有周期の使われ方は概ね以下の3つに分類されます。

(1) 応答スペクトル法

加速度応答スペクトルの対応する周期のスペクトル値を用い、応答値を算出する。多質点系の場合、

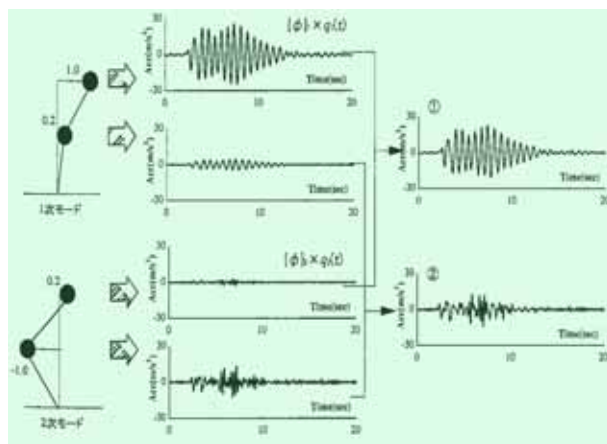


図-7 モーダルアナリシス

により求める方法。構成する部材の (これまでの実験研究結果による) 力と変形特性を表現することにより、非線形応答まで知ることができる。コンピュータの処理能力の向上により、より現実に近い解析を行う方法として多用されている。この場合、解析モデルの固有周期を特に意識することなく自動的に解析に取り込まれることになり、その応答値 (変形・曲げモーメントなど) は、質点系の持つ固有のモードが様々な重なって現れる。

解析のための時刻歴波形として、道路橋

示方書には、地震動の種類で2種類、地盤種別で3種類3波ずつの照査用波が準備（次表参照）されており、応答値の適否（照査結果の可否）は、この3波による応答値の平均を用いて行うこととしている。

2-3 構造設計者のジレンマ

解析対象の持つ固有周期の如何にとどまらず、その立地条件 - 地盤の堅さや堆積の具合、微地形といった構成内容により、地震断層から受ける影響は異なったものになるはずですが。入力すべき地震波形は、これら個々の条件を十分反映するところまで整備されていない。“より現実に近い解析”をうたいながら、解析波の3波平均を結果として用いなければならないのは、何とも歯がゆいところです。

表-1 道路橋示方書に示される解析波（種地盤）の一例

【タイプ】	記録場所	最大加速度 (gal)	継続時間 (sec)
I-III-1	津軽大橋周辺地盤上 TR.	-433.372	60.0
I-III-2	津軽大橋周辺地盤上 LG.	-424.006	60.0
I-III-3	釧路川堤防周辺地盤上 LG.	438.520	60.0
【タイプ】	記録場所	最大加速度 (gal)	継続時間 (sec)
II-III-1	東神戸大橋周辺地盤上 N12W	-591.034	50.0
II-III-2	ポートアイランド内地盤上 N-S	-557.427	50.0
II-III-3	ポートアイランド内地盤上 E-W	619.186	50.0

3. 地震波をつくる？！

周知のとおり、地震の影響は、断層の大きさ・距離・地下地盤構造により決定されると言われています。我国でも大地震の想定される東北、関東、東海・南海地方などでは強震動震源の断層モデルや予測地点の深い地層構造モデルを作成し、理論的に地震動を推定する⁶⁾といった、予測の様々な取り組みが行われています。断層を特定できない地域では、既往の多数の観測記録を統計的に解析し、よりロケーションを反映させるようなことができそうです。

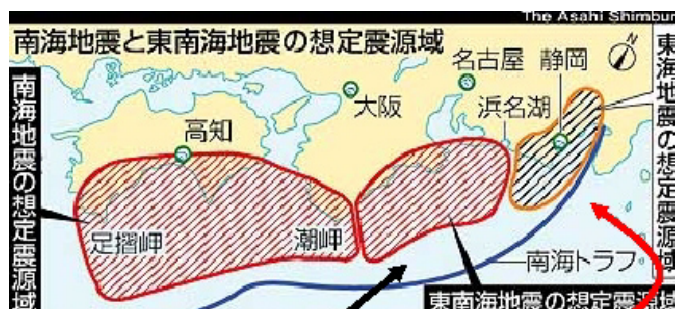


図-9 南海地震、東南海地震、東海地震の想定震源域⁷⁾

4. 南海地震と東南海地震、今後の分科会

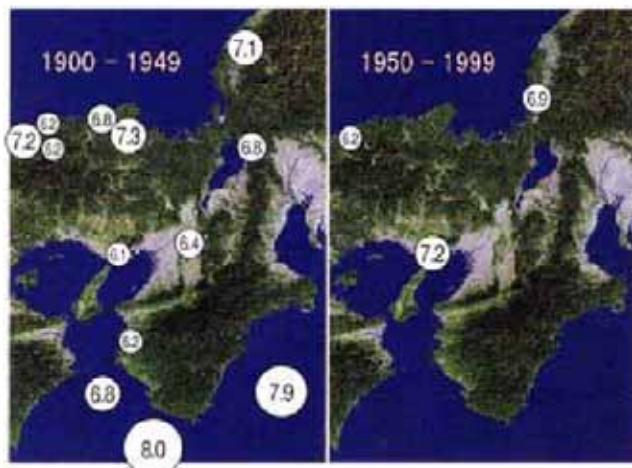


図-10 50年単位で見た地震の発生状況⁷⁾

政府の地震調査委員会では、今後30年以内には南海地震で40%の発生確率、東南海地震で50%、さらに今後50年以内には南海地震で80%の発生確率になると発表しています。これらはマグニチュードが8を超えるとつもなく巨大な海溝型の地震とされています。一方、私たちの暮らす山陰はどうかなのでしょう。マグニチュードが7を超すような、直下

型の内陸地震は海溝型の地震の前に起きると言うことも、同時に心配されているのです。残念ながら、我々の内でもあまり逼迫感がない。これは問題であると思っています。

安全な構造物の設計について考えていくことはもとより、専門分野を跨いで社会基盤整備のあり方など議論を深めることは意義の高いことではないでしょうか。

他方、市井の方たちへの地震情報の提供についても、伝達内容やその方法の検討など、“地震”を銘打った分科会のあり方として、考えていくべき内容はたくさんありそうです。昨年の土木学会全国大会特別討論「地震防災と社会基盤整備」はたくさんの示唆に富むものです。

“地震”分科会として、今後何に向かうか討議を深めようと思います。

(文責 松崎靖彦)

【参考文献】

- 1) 関東大震災 - 大東京圏の揺れを知る 武村雅之 (鹿島出版会)
- 2) 大正 12 年 (1923 年) 関東地震の今村式強震計記録のデジタル値
<http://www.kajima.co.jp/tech/katri/technical/earthquake1923/index-j.html>
- 3) 地震加速度情報ページ <http://www.adep.or.jp/shindo/index.tottori.html>
K-NET【強震観測網】・KiK-net【基盤強震観測網】 http://www.hinet.bosai.go.jp/jishin_portal/
- 4) 鳥取県西部地震の地震動による T 型ラーメン橋の地震応答解析 松崎・大屋・高橋 土木学会中国支部第 53 回研究発表会
- 5) 強震動地震学講座 <http://www.soc.nii.ac.jp/ssj/lib/lib.html>
- 6) 強震動研究の到達点および今後の展望 入倉孝次郎
<http://sms.dpri.kyoto-u.ac.jp/irikura/chikyusummary.pdf>
- 7) 「地震防災と社会基盤整備」土木学会平成 15 年度全国大会報告 (土木学会誌 vol.89)
<http://www.netwave.or.jp/~doboku7/jsce03/pdf/discussion.pdf>