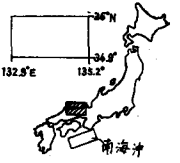


山陰地方における被害地震の統計解析

鳥取大学工学部 正会員 高岡 宣善
 鳥取大学工学部 正会員 白木 渡
 鳥取大学大学院 学生員 堀江 俊光
 千葉大学工学部 堀 芳之

1. まえがき 耐震設計を行なう場合、建造物の建設地点周辺において、過去の程度の地震がどれくらいの頻度で発生し、将来どのようになるのかを予想しておく必要がある。このような情報は地震活動度とよばれ、現行の耐震設計示方書¹⁾においては、これを地域係数として評価し設計に反映させている。しかし、この地域係数の決定には、理科年表などに採録されている主要な被害地震の資料が用いられ、理科年表などの資料に採録されていない比較的小規模な地震の影響が考慮されているとはいえない。耐震設計を行なう上では、このような小規模な地震の影響についても認識をもっておく必要があろう。特に、山陰地方のような内陸性の直下型地震の発生する地域では中規模以下の地震が多く、小規模の地震といえども、浅い所で発生した場合、それによる局所的な被害を無視しえなくなる。このような観点から、ここでは山陰地方(鳥取県周辺)を対象として、耐震設計の基礎資料とするために、当該地域の地震史料の見直しを行ない、検討を加えた。



2. 被害地震の震源地と規模 本報告で取り扱う地域としては、図-1のような北緯34.9°~36°、東経132.9°~135.2°の範囲を考える。この範囲に限ったのは、中国地方において過去日本海および岡山県には、ほとんど被害地震が発生しておらず、鳥取県内に被害を及ぼした地震が発生したのは、東は丹後半島、西は鳥根半島までであるという理由による。南海

図-1 鳥取県に被害を及ぼす地震発生域

表-1 震源地、規模が明確な地震

No	地震名	発生年	M	震源地	震度
1	正倉	880	7.4	▽	6
2	安永	1707	8.9	▽	6
3	伯耆	1710	6.6	▽	6
4	伯耆	1711	6.6	▽	5
5	鳥取西沖	1907	6.1	▽	5
6	鳥取東沖	1907	6.8	▽	5
7	鳥取	1916	5.9	▽	5
8	徳島	1922	7.0	▽	5
9	美濃	1925	5.8	▽	5
10	北阿蘇	1925	7.8	▽	5
11	三次	1926	6.0	▽	5
12	淡路沖	1935	5.4	▽	5
13	岡山沖	1938	5.3	▽	5
14	鳥取沖	1943	6.1	▽	5
15	鳥取	1943	7.4	▽	5
16	南海	1946	8.1	▽	5
17	鳥取西沖	1949	6.5	▽	5
18	鳥取西沖	1955	5.1	▽	5

上記の地域についてのみ取り扱う。さて、この地域における被害地震の内、震源位置と規模が既知のものを文献²⁾³⁾⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾⁹⁾¹⁰⁾から拾い出してまとめたのが表-1である。

さらに、これを地震発生年とマグニチュードMとの関係にまとめ直したのが、図-2である。ここでは参考のため、表-1の地震以外にも震源位置と規模は不明だが県内に被害を及ぼしたと推定される地震も、その発生年を短い棒線¹¹⁾で示した。おそらく、これらは震度ⅣあるいはⅤの被害を県内に及ぼしていると推定される。図-2を見ると、表-1の地震は1900年~1955年に集中しており、1955年以後、今日まで被害地震が発生していないことから、現在は比較的地震活動度の低い時期であると考えられる。

*1) 正倉の名称は、この震源地と一致する。
 *2) 不明のとき、計算上の震度(4.0)で示し、合わせて県内での最高震度と算出数字で示す。
 *3) 鳥取地域に震源のない地震は×で示す。

また短い棒線で表わした地震も含めて考えると、1600年代以後、約100年ごとに地震活動の激しい時期(各世紀の初期)があるように思われる。1600年以前については、かなりの記録もれがあるが考えるのが妥当であろう。ただし、M7.0以上の甚大なる被害を及ぼした地震については、その被害の大きさゆえに記録もれは少なく、十分信頼できるものと思われる。次に、マグニチュードMと震源地の関係を図上に表わしてみると、図-3のようになる。この図から、当該地域での過去における被害地震の発生は、日本海沿岸の丹後、但馬、鳥取、倉吉、米子の5つの地域に集中しており、鳥取県東南部、西部大山周辺には震源がないことがわかる。

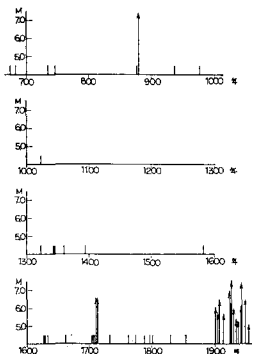


図-2 マグニチュードと地震発生年

3. 鳥取の震度 図-3には、表-1の地震による鳥取での震度も併記した。ここで破線で表わしたものは、文献中の記述より鳥取の震度を推定できなかったため、河角¹¹⁾の式(1)により、計算した震度である。

$$I = \begin{cases} 2M - 0.8686 \ln x - 0.01668x - 3.9916 & (A < 100 \text{ km}) \\ 2(M - \ln A) - 0.00183A - 0.317 & (A > 100 \text{ km}) \end{cases} \quad (1)$$

ここに、 A : 震央距離; k : 震源深さ(km); x : 震源距離 ($x = \sqrt{A^2 + k^2}$).

また、鳥取での震度を文献より推定できたものは、1662年以後で、震度VIが2個、震度Vが4個であり、単純に計算すれば、震度VIの地震は、約150年に1度、震度Vは約80年に1度の割合で発生していることになる。鳥取での震度を記述より推定できたものは数少ないので、

次に鳥取県内での最高震度と思われるものについて100年ごとの回数を表-2にまとめた。これより単純に計算すれば、鳥取県内で震度VI以上の地震は約120年に1度、震度Vは約30年に1度、震度IVは約25年に1度の割合で発生していることになる。

4. 累加放出エネルギー マグニチュードMとその地震によって放出されたエネルギーEとの間には、次の関係式が成り立つとされている。 $\log_{10} E = 11.8 + 1.5M$ (2)

当該地域では、5つの地点に集中して被害地震が発生しているが、各地点の間隔はせまく、東西に帯状のびており、相互の間連が強いものと考へ、当該地域を1つの地震の集(震源域)と仮定する。この仮定は地震学的に見れば問題もあろうが、このような仮定をもうけると、式(2)を用いて、当該地域における地震によって放出されたエネルギーを計算するとができる。これを経年的にまとめたものが図-5である。この図によれば、蓄積されたエネルギーの大部分は数10年間に発生した3個のM7級地震によって放出されている。この図をもとに現在、当該地域に蓄積されているエネルギーとその換算

マグニチュード、およびその蓄積可能な最大のエネルギーに対する比を推定すると、表-3の太線のようなになる。ここで年間のエネルギーの蓄積量は、最大に見積った場合に図-5の直線(1)のようになり、最少に見積った場合には直線(2)のようになり、2直線が最後に上部から太線に接するときの地震(直線(1)の場合はNo.16鳥取地震、直線(2)の場合は、破線で示した直線(2)が接するNo.18兵庫県北部の地震)によってエネルギーはすべて放出されたと仮定している。また、当該地域で蓄積できる最大のエネルギーを北丹後地震のM7.5に相当するエネルギー 1.1×10^{23} erg と仮定している。

5. あとがき 以上の結果をまとめると次のようになる。①鳥取県内に被害を及ぼす地震は図-1の地域に発生していること、②鳥取での震度がVI以上となるのは約150年に1度、鳥取県内での最大震度がVI以上となるのは約120年に1度の割合であること、③当該地域に現在蓄積されているエネルギーは、マグニチュードに換算するとM6.3~7.1であり、蓄積可能な最大エネルギーに対する比は1~22%であり、まだかなりの余裕があると考えられること、④ほぼ100年周期で、地震活動の活発な時期があること、⑤1900年~1955年にかなりの被害地震が発生し、1955年以後、現在まで発生していないこと、③④⑤から現在は比較的地震活動度の低い時期であると考えられる。当該地域はもともと被害地震の発生回数が少なく、そのうえ記録もあまり多く残されていないため、定量的な議論はできないであろう。しかし、本研究により、当該地域での被害地震発生の特徴、傾向は十分明らかにしたと思われる。

参考文献 1) 日本道路協会: 道路橋示方書-同解説V耐震設計編(S.55.5), 丸善, 1970. 2) 東京天文台編: 理科年表(S.56版)丸善, 1970. 3) 宇佐美龍夫: 資料-日本被害地震総覧, 東京大学出版会, 1975. 4) 宇佐美龍夫: 日本付近のおもな被害地震の表, 東京大学地震研究所報47, PP.1571~1622, 1966. 5) 茅野一郎: 中国地方地震史料, 東京大学地震研究所-白木敏少地震観測所, 1973. 6) 茅野一郎: 中国地方の地震活動(-), 東京大学地震研究所-白木敏少地震観測所, 1973. 7) 鳥取県境地方測候所: 鳥取県地震及地変調査, 1927. 8) 鳥取地方気象台編集: 鳥取県気象災害誌, 1958. 9) 佐伯元吉: 因伯叢書 第5-6冊 因伯年表, 名著出版, 1927. 10) 鳥取地方気象台整備: 鳥取県気象月報(月刊). 11) 柴田明徳: 最新耐震構造解析, 森北出版, 1981. 12) 土岐憲三: 新体系土木工学 11. 構造物の耐震解析, 技報堂出版, 1981.

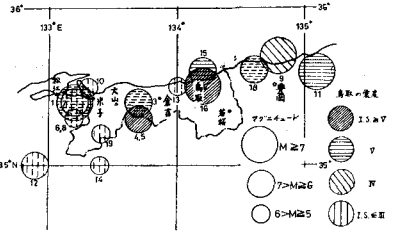


表-2 当該地域における100年毎の震度別発生回数

西暦(年)	震度		
	VI	V	IV
1627-1700		1	3
1700-1800	2	1	6
1800-1900		1	2
1900-1981	1	9	5

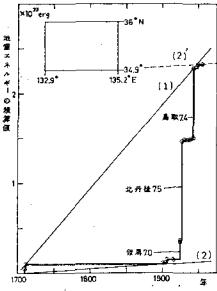


表-3 現在蓄積されていると予想される地震エネルギー

図-7中の直線番号	年平均の蓄積エネルギー(erg)	現在蓄積されているエネルギー(erg)	同位の換算マグニチュード	現在の蓄積エネルギーの蓄積可能な最大エネルギーに対する比
最大 (1)	9.4×10^{20}	3.2×10^{22}	7.1	0.22
最小 (2)	5.2×10^{19}	1.9×10^{21}	6.3	0.013