

フジタ工業技術研究所

正員 中村正博

フジタ工業技術研究所

正員 和泉四郎

1. まえがき

筆者らは、近年多くの機関で独立に行われてきた埋設管をはじめとする地中構造物の地震時ひずみ観測の結果をできるだけ多数収集し、それらを統一的に眺めることによってより一般性のある特性を抽出してきた⁽¹⁾。埋設管については、管体ひずみの値はほぼ周辺地盤のひずみに等しいと考えてよい場合が多く、各種地中構造物の耐震設計で用いられる地盤の相対変位分布の推定に貴重な情報が得られるため、特に詳細な検討を要するものと考えられる。本報告では、地震マグニチュードと震央距離の大小が埋設管に生じるひずみ量に与える影響について若干の考察を加えた。

2. 埋設管の実測地震時ひずみ

対象とした地震記録は7ヶ所の埋設管で測定されたものであり、地震数で44、実測ひずみデータで58である。これらの地震マグニチュード M と震央距離 Δ (km)の範囲は、 $7.8 \geq M \geq 3.5$, $992 \geq \Delta \geq 26$ である。実測ひずみのデータ個数の内訳は、 $M \geq 7$, $7 > M \geq 6$, $6 > M \geq 5$, $5 > M$ の範囲に含まれるものがそれぞれ12, 10, 26, 10であり、 $\Delta \geq 150$, $150 > \Delta \geq 80$, $80 > \Delta$ がそれぞれ21, 18, 19である。ただし、マグニチュードが7以上の実測ひずみデータはすべて震央距離が100 km以上の地震で得られたものであり、逆にマグニチュードが5より小さいデータには震央距離が100 kmを超えるものはない。

3. 地震マグニチュードと埋設管の実測地震時ひずみ

地震マグニチュード M の違いによる地震時ひずみの差について概略の傾向を知るため、図-1に実測ひずみ ϵ を横軸にとった累積度数百分率を示した。この図では、それぞれのひずみを生じさせた地震動の強さも埋設地盤の性質も異なっており、あまり詳しい検討は意味がないが、実測された地震時ひずみはマグニチュードの大きい地震の方が大きくなる傾向がみられる。

地震動の強さの影響を取りのぞくため、ひずみを埋設管周辺地盤の地震動加速度の最大値 a (cm/s^2)で除した ϵ/a を用いて同様の累積度数百分率を求め図-2に示した。これらの単位加速度当りの埋設管に生じるひずみ量では、マグニチュードの違いによる地震時ひずみの差はほとんどみられず、いずれの場合も縦軸の50%値は $0.4 \sim 0.6 \times 10^{-6}$ ($\text{s} \cdot \text{cm}^{-2}$)程度

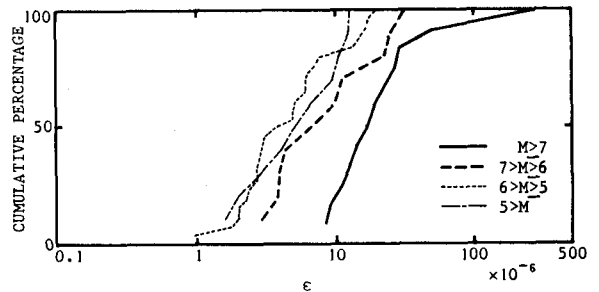


図-1 地震マグニチュード M ごとの埋設管の実測地震時ひずみ ϵ の累積度数百分率

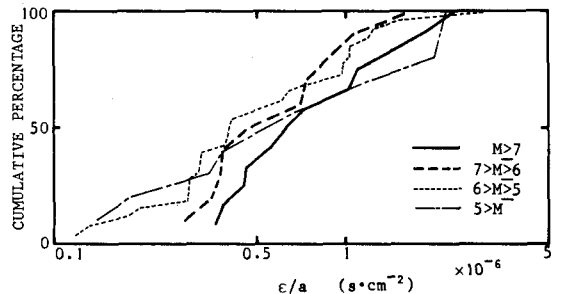


図-2 地震マグニチュード M ごとの単位加速度当りの地震時ひずみ ϵ/a の累積度数百分率

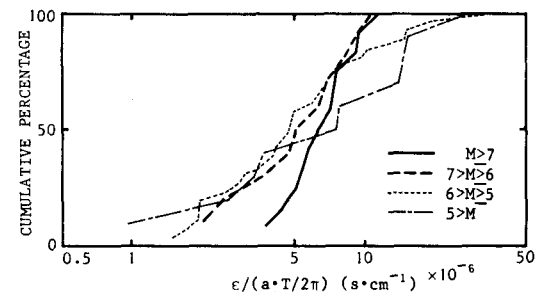


図-3 地震マグニチュード M ごとの単位速度当りの地震時ひずみ $\epsilon/(a \cdot T/2\pi)$ の累積度数百分率

となる。

さらに、地盤条件の相違を考慮するために地盤の固有周期 $T(s)$ を導入し、 $\epsilon/(a \cdot T/2\pi)$ を横軸として描いた累積度数百分率を図-3に示す。地盤の固有周期 T は、層厚 H_i とせん断波速度 V_{si} から $T=4 \times \sum (H_i/V_{si})$ によって推定した。 $(a \cdot T/2\pi)$ は速度の次元をもち、図-3は近似的に単位速度当りのひずみ量を表わしているものとみなされる。図-2の場合と同様に図-3でもマグニチュードの違いによる地震時ひずみの顕著な相違はみられず、縦軸の50%値は $5 \sim 7 \times 10^{-6} (s \cdot cm^{-1})$ 程度となる。図-3の累積度数分布の形状に着目すれば、マグニチュードの大きい分布形ほどそのばらつきの度合が小さくなる傾向がみられる。

4. 震央距離と埋設管の実測地震時ひずみ

図-4, 5, 6は震央距離 Δ の違いによる地震時ひずみの差を知るための累積度数百分率を示しており、横軸のパラメータはそれぞれ図-1, 2, 3と同様である。図-4~6では、いずれの図においても震央距離の長い地震($\Delta \geq 150$)によるひずみが最も大きい値となっている。特に、地震動の強さを示す最大加速度 a とともに地盤条件を代表する固有周期 T をも考慮した図-6では、震央距離が長くなるほど地震時ひずみが大きくなることがあかる。図-6の縦軸の50%値に着目し、 $\Delta \geq 150$ におけるひずみを1とすれば、 $150 > \Delta \geq 80$ で0.64, $80 > \Delta$ で0.48となる。

5. あとがき

各種地中構造物の耐震設計で対象とする地震は、当然のことながらマグニチュードが大きく震央距離の短い地震であろう。表-1の地震時ひずみのばらつきを示す変動係数によると、 $M \geq 7$ では0.31とばらつきは小さく比較的よい精度で地震時ひずみを推定できる。しかしながら、本報告で対象としたデータにはマグニチュードが大きく近距離の地震による実測値がほとんど含まれていないことに注意を要する。

謝辞：本研究を行うにあたり御指導いただいた埼玉大学・久保慶三郎教授、東京大学・片山恒雄助教、早稲田大学・橋本文作教授をはじめ、貴重な実測資料を御提供いただいた下記の方々に深甚なる謝意を表します。

神奈川県広域水道企業団；西陽正美

新日本製鉄株式会社；辻本潤、大隈史雄

久保田鉄工株式会社；北条貞宗、岩本利行、若井伸彦

東京瓦斯株式会社；宇梶忠雄、塚本克良

参考文献：(1) 中村・片山・久保、土木学会論文報告集第320号、1982。

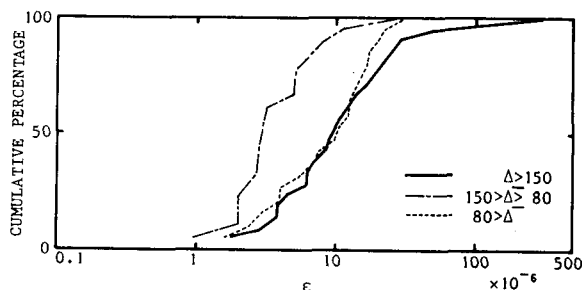


図-4 震央距離 Δ ごとの埋設管の実測地震時ひずみ ϵ

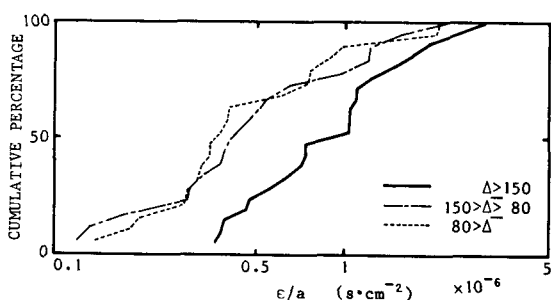


図-5 震央距離 Δ ごとの単位加速度当りの地震時ひずみ ϵ/a の累積度数百分率

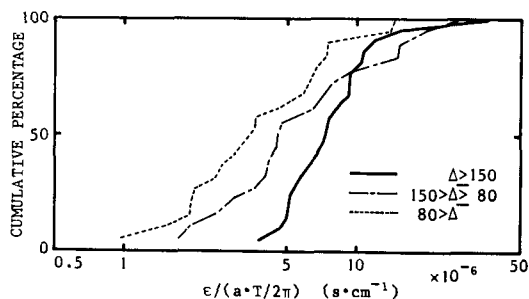


図-6 震央距離 Δ ごとの単位速度当りの地震時ひずみ $\epsilon/(a \cdot T/2\pi)$ の累積度数百分率

表-1 地震時ひずみの変動係数

	$M \geq 7$	$7 > M \geq 6$	$6 > M \geq 5$	$5 > M$	$\Delta \geq 150$	$150 > \Delta \geq 80$	$80 > \Delta$
ϵ	1.82	0.80	0.84	0.60	2.33	1.09	0.67
ϵ/a	0.66	0.60	0.90	0.80	0.64	0.84	0.90
$\epsilon/(a \cdot T/2\pi)$	0.31	0.46	1.03	0.80	0.76	0.86	0.76