

1905年芸予地震による広島地盤の動的挙動の推定

中電技術コンサルタント(株) 正会員 ○大畑 徹夫, 池田 敏明, 古川 智
 山口大学 工学部 正会員 兵動 正幸, 学生員 山本 陽一

1. まえがき

1905年芸予地震は、広島で起こった最大規模の地震である。広島市の地盤は、厚さ数m～+数mの軟弱な粘土層の上に数mの厚さの砂層が堆積するという独特の地盤構成を成している。同地震による具体的な地盤災害は明らかでないが、地盤の変形によるものと思われる構造物の損壊や地盤の亀裂などの事例が報告¹⁾されている。本研究は、芸予地震を想定した地震波を用いて広島地盤の応答解析を行い、地盤の応答特性を調べると共に、砂層の液状化および粘土層の動的破壊および変形について推定を行ったものである。

2. 広島地盤のプロフィール

断面層に直交する広島地盤の代表的な断面を図-1に示す²⁾。本解析に用いた地点は図中に示すH地点である。

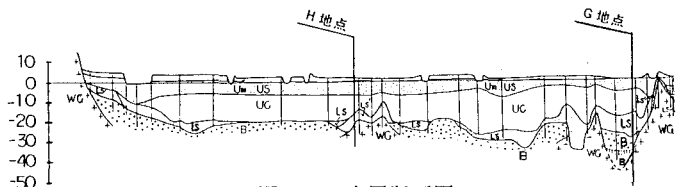


図-1 土層断面図

3. 応答解析

小林・翠川の方法で推定した工学的基盤での地震動を基に人工地震波を作成し、重複反射理論による等価線形解析を行った。岩盤上での入力最大加速度は121galである。詳細については論文³⁾, ⁴⁾に報告している。解析結果、地表面の最大応答加速度は240galとなり、このときの地中最大せん断応力は表-1に示す通りである。

表-1 地中最大せん断応力度

深 度 D (m)	土質名	最大せん断応力度 τ_{max} (t/m ²)
1.0	砂	0.41
3.0	"	1.08
5.0	"	1.43
7.0	"	1.61
9.0	粘土	1.66
11.0	"	1.80
13.0	"	2.02
15.0	"	2.21

4. 砂の液状化および粘土の変形の評価

応答解析により得られた地中せん断応力を用いて上部砂層の液状化および下部粘土層の動的破壊や変形について検討を行った。砂の液状化の検討は、道路橋示方書に示される液状化強度と応答解析で得られた地中せん断応力の対応により行った。一方粘土については、示方書等には具体的な検討方法が示されておらず、これまでではさほど問題視されてこなかったのが実状のようである。しかし、メキシコ地震(1985)やロマプリータ地震(1989)においては、粘土地盤そのものあるいは粘土層を含む地盤において変形の増幅を伴う大きな揺れのため構造物等に被害が生じたことなどが報告されている。広島地盤は、途中に厚い軟弱な粘土層を挟む形となっているので、この粘土層の検討は重要なことと考えられる。そこで本研究において、広島市内でシンウォールサンプラーにより採取した粘土を対象に非排水繰返し三軸圧縮試験を行った。図-2に実験結果から得られた有効応力径路を示す。図のように粘土においては、間隙水圧が初期有効拘束圧まで完全に

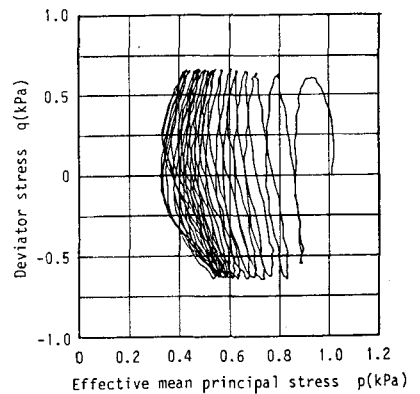


図-2 有効応力径路

は上昇せず定常状態に至る。しかし、図-3の軸差応力・軸ひずみ関係に見られるように、繰返し載荷とともにひずみ振幅が増大し、ついには大変形をきたして破壊に至ることが認められる。ここでは、軸ひずみ両振幅 $DA = 10\%$ に至った時点までを破壊とみなし、動的強度曲線として図-4のような結果を得た。次に、繰返し応力比 R ($=q_{cyc}/pc$) と動的強度 R_f の比 R/R_f をとり、これと軸ひずみ両振幅の関係を示したのが図-5である。図のように異なる繰返し応力振幅、繰返し回数にかかわらず両者に一義の関係が認められる。図の横座標 R/R_f は、道路橋示方書で定められている液状化指数 F_L の逆数に相当するものであることから、粘土の場合も F_L を調べるにより相当するひずみの大きさが評価できることになる。

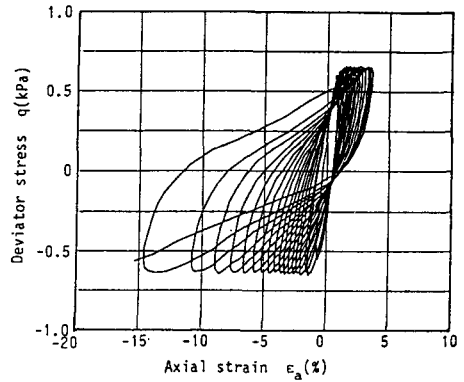


図-3 軸差応力・軸ひずみ関係

応答解析で得られた地中せん断応力を用いて、砂層および粘土層の F_L を求めた結果を表-2に示す。ここでは芸予地震のマグニチュード $M = 7\frac{1}{4}$ から考えて繰返し回数 $N = 20$ を採用した。表に示すように、砂層は上部において F_L が 1.0 を切り液状化の可能性が高かったことを示す結果となっている。一方粘土層は破壊には至らなかったものの、得られた F_L からひずみ振幅を求めると図-6のようになり、全層で 1.0% 程度という比較的大きなひずみ振幅が生じる結果となっている。なお、図-6に参考までに繰返し回数 $N = 30$ についても示した。

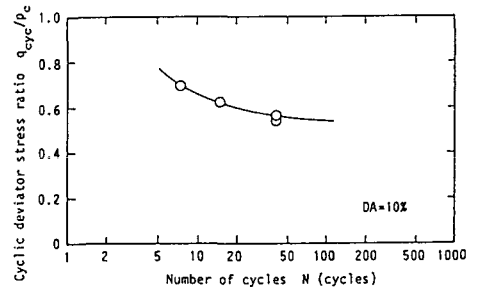


図-4 軸ひずみ両振幅 $DA = 10\%$ を生じるに必要な応力比・繰返し回数関係

表-2 液状化指数 F_L

深 度 D (m)	土質名	F_L
3.0	砂	0.91
5.0	"	0.94
7.0	"	1.06
9.0	粘土	1.66
11.0	"	1.66
13.0	"	1.60
15.0	"	1.57

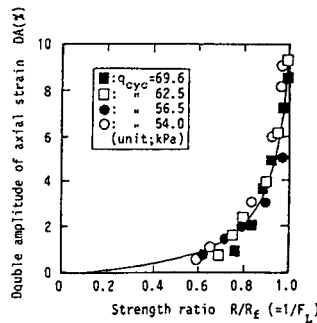


図-5 動的強度比 R/R_f と軸ひずみ両振幅の関係

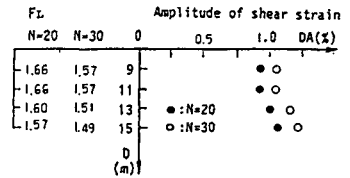


図-6 粘土層の F_L とせん断ひずみ振幅の分布

〔参考文献〕

- 1) 震災予防調査会報告, 1905, No.53
- 2) 建設省計画局, 広島県, 広島市; 広島地区の地盤, 都市地盤調査報告書, 第5巻, 1981年
古川智, 原弘明, 三浦房紀, 谷口仁士; 1905年芸予地震による広島地域の地震動の推定(その1)
- 3) -工学的基盤での特性-, 第43回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集, 1991年
- 4) 古川智, 岩田直樹, 野口雅之, 三浦房紀; 1905年芸予地震による広島地域の地震動の推定(その2)
-沖積地盤の増幅特性-, 第43回土木学会中国四国支部研究発表会講演概要集, 1991年