

熊本地域における液状化の予測と履歴との対応

熊本大学工学部 正員 秋吉 卓
 八代工業高等専門学校 正員 淵田邦彦
 熊本大学工学部 学生員 山下文人
 熊本大学工学部 中川清史

1. まえがき 近年、ウォーターフロント開発など都市における活動が活発化するに伴い、各種の構造物が、扇状地や干拓地などの低湿地へ構築される機会が増加しつつあるが、一方では、地震時の地盤液状化による構造物被害の危険性も高くなるため、地盤液状化に関して事前に調査・検討しておくことが重要となる。液状化に関する研究は、新潟地震を契機として活発となり、その簡便な予測手法が設計指針に示された例もあるが¹⁾、予測手法としての確度を高めるためには実証例との比較検討が必要であろう。ところで、熊本市においては、1889年に直下型の熊本地震が発生し、熊本市とその周辺各所での液状化の被害例が報告されている²⁾。そこで本研究では、ボーリング資料より地盤構造をモデル化し、「SHAKE」³⁾による地震応答解析をもとにした液状化予測方法を熊本地域に適用し、熊本地震における液状化発生事例との対応について検討を試みたものである。

2. 液状化予測手法の概要 これまで液状化予測手法としては、N値や粒度分布による簡易な予測から、地震応答解析や液状化試験による詳細な予測および模型地盤や原位置液状化試験による特殊な予測など、種々のものが考案されているが、本研究では、簡易な予測手法としてよく用いられている、道路橋示方書・同解説¹⁾による方法に、地震応答解析を組み合わせた方法を用いる。この手法の概略の手順を図1に示す。まずボーリング資料より、当該地点の地盤構造をモデル化し、N値や粒径より液状化強度比 $R(z)$ を算定し、次に1次元の地震応答解析手法として一般によく用いられている「SHAKE」プログラム³⁾による応答解析結果などからせん断応力比 $L(z)$ を求め、両者の比から液状化に対する安全率 $F_L = R/L$ を計算する。さらに $F_L = R/L$ に重みを付けて積分した液状化指数 P_L を算定し⁴⁾、その地点の液状化の可能性を判定する。

3. 解析結果と考察 図2は、解析に用いたボーリング資料の位置図である。ここでは、熊本市の中心部から西方の海岸部までの区域をほぼカバーするようにボーリング資料を抽出し、合計で55点とした。地盤構造は最大で16層までモデル化し、概ねN値が50以上を基盤としたが、ボーリングが浅い場合は、熊本市の地盤構造を推定した資料⁵⁾に基づいて基盤を設定した。「SHAKE」による地震応答解析では、El Centro地震波(1940)、宮城県沖地震(1978)の開北橋記録波を用いて、それぞれ露出基盤で最大加速度150galとなるように入力波を作成した。また動的せん断定数・減衰比とひずみとの関係は、国内のいくつかの試験データをまとめてつくられた安田らの関係式⁶⁾によった。

図3は、ボーリング資料の1例であり、土質柱状図と、N値および液状化に対する安全率 F_L の分布を

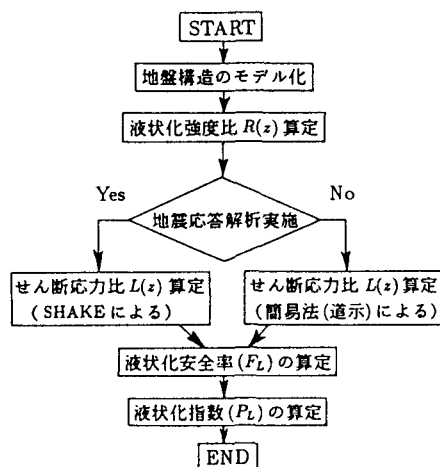


図1 液状化判定のフロー

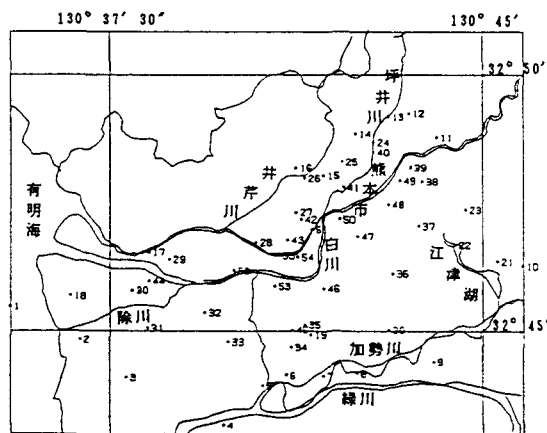


図2 ボーリング資料地点図(熊本市)

示している。この地点では地表近くで液状化の可能性が高いことが示されている。

図4は、道路橋示方書に基づいて算定した地盤の最大固有周期 T_G の分布を示したものである。熊本市の南西部にかけて、固有周期が長い結果となっているが、西側の海岸に向かって基盤が傾斜し、軟弱層が厚くなる熊本地域の地盤構造の特性を反映した結果と考えられる。

図5は、熊本地震(1889)の際、噴砂・噴水の発生した場所を示したものであり²⁾、それらは熊本市中心部と西側の河口付近のほぼ2カ所にまとまっている。これに対して図6は、本研究で用いた液状化判定手法によって求めた液状化指数(P_L)の分布を表わしたものである。図6では、図5の熊本地震で液状化が発生した場所とかなり近いところで液状化指数(P_L)が高くなっており、ここで用いた液状化判定手法による結果は、実際の液状化例とある程度対応しているものと考えられる。ただし、図6の液状化判定結果では、市の南東部でも液状化の可能性がかなり高いと判断されるが、この付近では過去の液状化資料はなく両者の対応関係は説明できない。その他の結果については講演時にゆずる。

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, 1980. 2) 秋吉他: 熊本大学工学部研究報告, 第37巻, 第3号, 1988. 3) P.B.Schnabel, et.al.: EERC Report, No.72-12 1972. 4) 岩崎他: 第5回日本地震工学シンポジウム, pp.641-648, 1978. 5) 熊本市震災対策基礎調査報告書, 熊本市, 1988. 6) 安田他: 第20回土質工学研究発表会, pp.539-542, 1985.

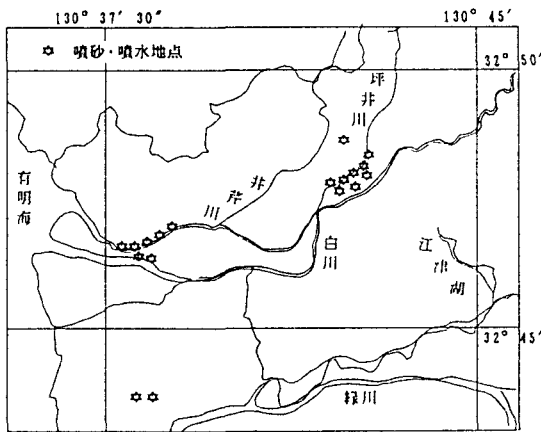


図5 熊本地震(1889)による噴砂・噴水地点

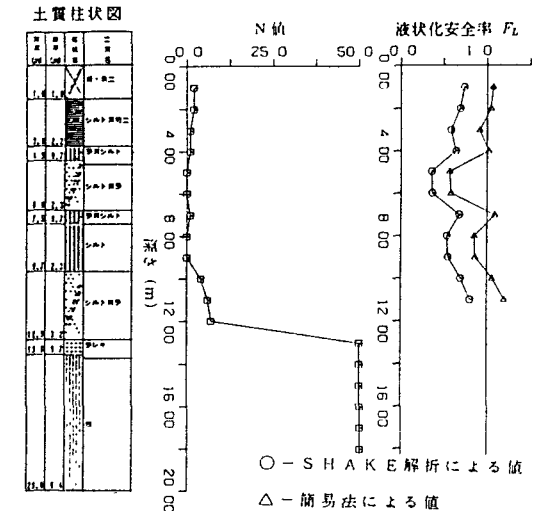


図3 土質柱状図, N 値, 液状化安全率(F_L)の1例

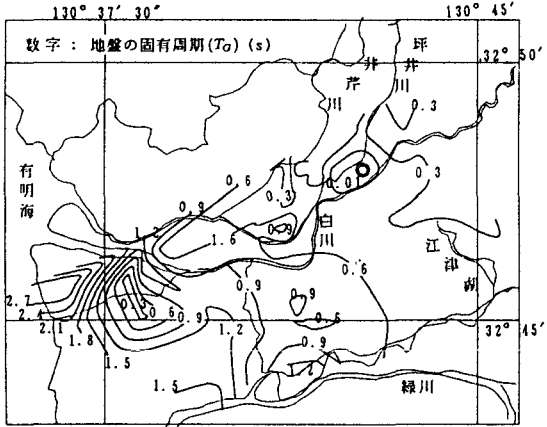


図4 地盤の固有周期(T_G)の推定結果 (道路橋示方書¹⁾による)

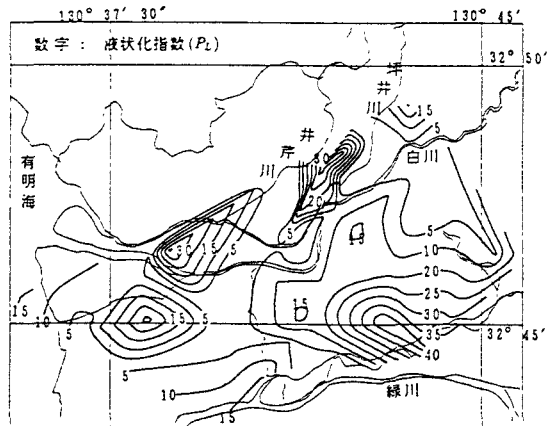


図6 液状化指数(P_L)の推定結果 (El Centro地震波(1940)入力)