関西自然保護機構会報17(1)：43－48，1995

原　著

1995年兵庫県南部地震による液状化被害と地形の人工改変

大阪市立大学理学部　三田村　宗　樹

LIQUEFACTION DAMAGES DUE TO THE 1995 HYOGO-KEN-NANBU EARTHQUAKE AND ARTIFICIAL ALTERATION OF TOPOLOGY

Muneki MITAMURA　*Department of Geosciences, Fac. Science, Osaka City University.*

はじめに

1月17日午前5時46分52秒に発生した兵庫県南部地震（マグニチュード7.2，気象庁発表）は，淡路・阪神間に甚大な被害をもたらし，死者5,500名を上回る地震災害をひき起こした。今回の地震によって発生した液状化・流動化被害は，阪神間の沿岸地域をはじめとして，内陸部も含めて広範囲に及んだ。本報では，現地調査の結果とこれまでの災害資料の検討結果をもとに，これらの液状化・流動化被害の概要およびそれらと地形の人工改変との関連について以下に述べる。

なお，今回の報告に用いた図は，大阪市立大学「阪神大震災」学術調査団の地球学教室調査メンバー＊の現地調査データをとりまとめたものである。現地調査に携わった方々に厚くお礼申し上げる。

沿岸埋立地域の液状化被害

今回の地震で，液状化被害が最も大きかった地域は，ポートアイランド・六甲アイランドをはじめとする阪神間の埋立地域であって，その震動の大きさを物語っている。図1は，神戸地域から泉佐野地域にかけての大阪湾沿岸部の液状化・流動化被害の分布を示したものである。

被害分布の広がりをみると，神戸から，尼崎にかけての沿岸地域が，ほぼ全域で被災している。西宮の地域では，後述するように部分的には内陸までその被害が及んでいる。

阪神間の埋立地の大規模なものとして，ポートアイランドと六甲アイランドがあげられる。この二つの人工島は，液状化被害を顕著に被った。まず岸壁の被害であるが，背後の埋立土砂の液状化だけでなく岸壁を構成するコンクリート製ケーソンが海側に回転しながら側方移動した。これは，その海底基礎部分にある置換砂が液状化を起こしている可能性を示唆している。ケーソンの側方移動にともなって，背後の埋立地表面が1～3 m程度陥没し，一部は海面下に水没した。これらの変形によって，その上に構築されていた荷揚げ用のクレーンをはじめとする港湾施設が破壊した。埋立地へ渡る橋梁（六甲大橋・阪神高速湾岸線西宮港大橋など）の橋脚が，埋立地沿岸の側方移動に伴って傾斜したため，これらの橋梁は全体として大きな被害を被っている。一部のクレーン脚部は，護岸ケーソンの側方移動にともなって，その鉄骨

関西自然保護機構業績　第147号

＊：調査メンバーは以下のとおり．古山勝彦，橋本定樹，井上直人，北田奈緒子，弁本眞二，宮川ちひろ，中村正和，中川康一，野口和晃，領木邦浩[1)]，佐野正人[2)]，シュレスタ　スレス，塩野清治，谷保孝，内山高，山口貴行，山本裕雄，吉川周作および大阪市立大学理学部地球学教室学生（以上38名，アルファベット順，敬称略）．
1）大阪職業能力開発短期大学校，2）サンコーコンサルタント(株)

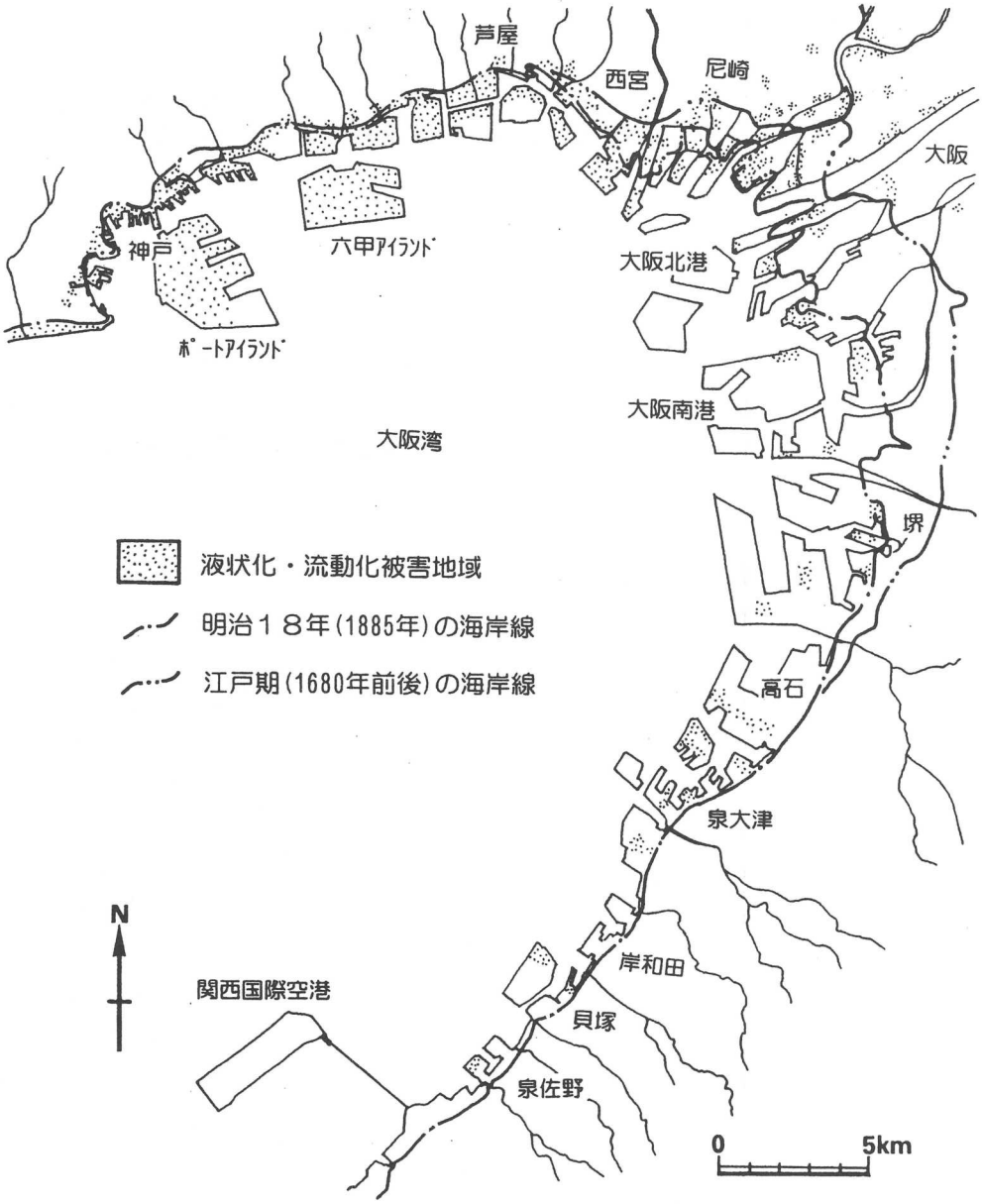


図１　神戸から泉佐野にかけての沿岸部における液状化・流動化被害分布図と旧海岸線.

西宮以西の被害分布は楡井ほか（1995）による．明治18年の海岸線は旧陸軍陸地測量部作成の２万分の１地形図（明治18年測量）を，江戸期の海岸線は，土質工学会関西支部・大阪湾海底の地盤研究委員会（1987）をもとにした。

が座屈した。海上の防波堤も沈下現象が確認でき，武庫川尻の防波堤は約２ｍ沈下し，防波堤天端部が海面付近と同様の標高となっている。これも防波堤基礎部の置換砂が液状化し，それによる沈下であるとみられる。

埋立地中央部においては，広範囲に地盤沈下が発生した。これは，液状化というよりはむしろ，それまで緩い状態にあった埋立土砂が，地震動によって締堅められる動圧密効果によるものであって，地表面は側方への流動現象や不等沈下はほとんどみられず，ほぼ均等な沈下を示している。杭基礎をした建物の抜け上がり量から，ポートアイランドでは，多くの箇所で約50cm（最大70cm）の沈下が確認された。このため，埋設管の各建物との接合部が設計値以上の変位を被り破壊し，復旧に時間を要している。

これらの被害は，多少に関わらず尼崎以西の沿岸地域で共通して現れた被害状況である。図１に示した旧海岸線との対応をみると，大阪南部に至るまで，顕著に液状化現象の現れた箇所が，江戸期の干拓地や明治以降の埋立地であり，人工地盤であることがわかる。江戸期の干拓から昭和30年代までは，その多くが浚渫土砂による埋立で，海底の砂やヘドロを海水と一緒にポンプで吸い上げ，埋立地内へ送出し，埋立地内の水を排出するという工法がとられてきた（西村・山田，1982)。このため埋立地はかなり緩い状態の土砂で構成されていて，当然のことながら振動が加わると土砂の間隙が減少し，埋立土砂の体積収縮によって地表面が沈下したり，比較的容易に液状化したりすることになる。埋立事業は，近年沿岸部からより沖合いへと展開されてきた。埋立水域の水深が深くなるにつれてその埋立も大規模化し，その工法は，内陸部の造成工事で排出される土砂を利用する方向へと転換してきた。ポートアイランドや六甲アイランドはその典型である（秋山，1995)。埋立土砂表層部は，重機による締堅めが行われるものの，下半部は，海上から投棄された状態のままで，ほとんど締堅めの効果がないため，今回の地震で大きな沈下現象が発生した。特に第二次大戦後の埋立地は，大きな地震動を受けておらず，今回の地震でその影響が大きくでたものとみられる。

大阪付近では，江戸期の干拓地がそれほど大きな被害を受けていない。加わった地震動が神戸地域と比較して相対的に小さかったことに加えて，干拓から100年以上の時間を経過してきた効果と，それまでに昭和の南海地震をはじめとする過去のいくつかの地震動を経験してきた結果として，戦後の新しい埋立地に比べ若干の強度増加があったものとみられる。

最近では，廃棄物処理場として埋め立て水域が利用されている。大阪南港や大阪北港舞洲などの一部がその例である。これらの廃棄物処理の埋立地は，汚水が海へ流出しないような不等水性のセル護岸が設置されていて，一般の岸壁とは異なる構造をもっている。埋立地を構成する埋立土（廃棄物と土砂）が液状化を起こし得る粒度構成でないということと，護岸の形態の違いから，今回の地震では，顕著な被害は報告されていない。

内陸部の液状化被害

西宮市の内陸部ではいくつかの地点で液状化被害が確認できた。図２は夙川周辺の液状化地域と亀裂集中地域の分布を示したものである。この図には，新旧の地形図（平成３年・昭和22年測量の国土地理院の2.5万分の１地形図および旧陸軍陸地測量部の明治18年２万分の１地形図）の比較から抽出した盛土地域と池の跡地を併記した。液状化の発生地点が沖積谷や溜池跡地であった箇所であることがわかる。また，亀裂集中地域が盛土地域や傾斜地（多くの場合小規模な盛土地であることが多い）に分布している。特に多くの犠牲者を

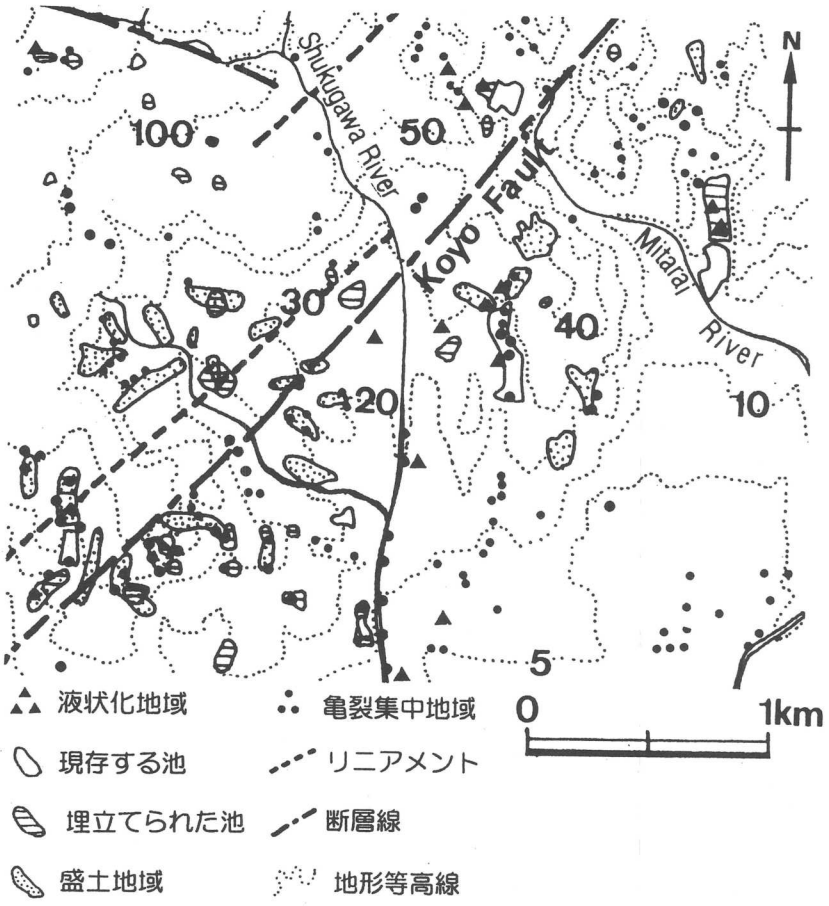


図2　西宮市夙川周辺の液状化・亀裂集中地域と盛土・溜池跡地の分布.

出した仁川百合野町の崩壊地は，新旧の地形図の比較から明らかに盛土地であることがわかり，今回の地震でその盛土部分が崩壊したことが明らかになった。

盛土地は，多くの場合，谷部を埋めて造成を行った場所であり，盛土の下部には地下水脈が形成されやすくなる。このような箇所で強い地震動が加わると，地下水の水圧が異常に増加し，その周辺土砂の強度低下をひき起こし，それが極端な場合には盛土の崩壊を招く。仁川の例は，この代表例であり，これまでには至らなくとも，多少なりとも滑動し，住宅に被害を与えた箇所が多い。多くの箇所で，地震後に湧水の発生や表流水の増加が現れている。

溜池を埋めて公共施設が建設されている例が多く，市立西宮高校・西宮北高校・甲陽園小学校などでは，液状化現象によって，校庭に亀裂が入り，噴砂が発生するとともに，部分的に不等沈下している。特に西宮市立西宮高校は，校舎1階の柱が破壊し，緊急時の避難箇所になっていたにも関わらず，使用不能となった。

大阪市内特に淀川の河川沿いを中心にして内陸部の液状化現象が確認された。図3は液状化被害・家屋損壊被害地域の分布と旧河川跡を示したも

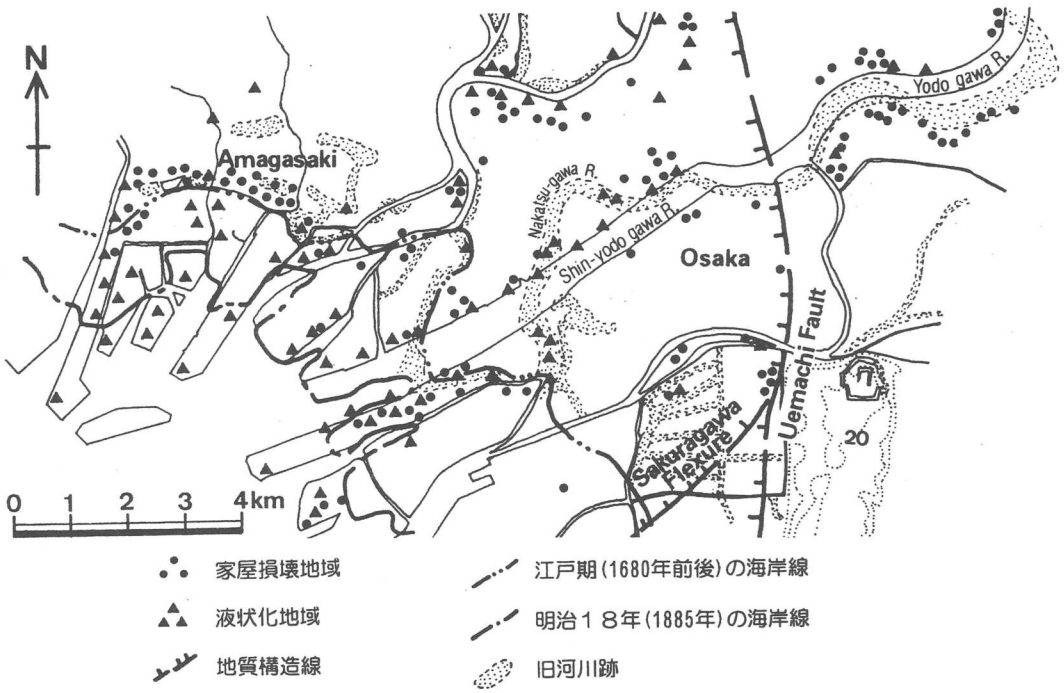


図 3　淀川の旧河道と液状化・家屋損壊被害分布を示す図.

のである。明治以降，大阪では多くの河川が埋め立てられてきた経緯があり，新淀川は，明治期に開削された人工河川である。新淀川開削までは，淀川の河口部の分流である中津川が大きく蛇行しながら流下していた。今回の地震で新淀川の堤防周辺で大きな被害を受けた箇所は，沿岸域の大阪市此花区酉島付近だけでなく，淀川区十三付近や西淀川区花川付近でもみられた。これらの箇所は，ちょうど旧中津川河道であって，河川敷だけでなく周辺宅地に及ぶ広範囲な液状化が発生し，不等沈下も確認された。また，やや上流部の守口周辺でも，旧淀川河道であった箇所で家屋損壊被害が集中している。

旧河道跡地は，沿岸部の埋立地と同様に緩い土砂で埋め立てられていて，しかも，現河道から旧河道に沿って表流水が浸透しやすく地下水位も高い場所であるため，液状化の素因が揃っている箇所である。このような旧河道に沿った被害は，なるべくして起こったものと言える。

まとめ

以上の被害状況のように，地震動に対して最も敏感に影響を受ける地盤が人工地盤であることが，今回の地震でも明らかになった。これは，今回の地震だけでなく，従来の大きな地震でしばしば確認されてきた現象である（今村・足立，1986；中川，1986；若松ほか，1992など）。過去，人間は，自然地形の特性を生かしてそれを活用してきた。土木技術の発達によって，大規模な造成・埋立工事がなされるようになり，これまでの自然地形を改変して，人工的な地盤づくりが進められ，その上に現在の人間活動が成り立っているという側面

がある。しかし，その人工的な地盤が，自然地盤に比べて強度の低いものであることが認識されたわけである。今後これを契機に，このような人工地盤の再検査やその工法の見直しと，その特性を充分考慮した防災対策の見直しが検討されることを望むものである。

引用文献

秋山敬吾．1995．埋立造成．海底地盤－大阪湾を例として－，(社)土質工学会関西支部：203－216．

土質工学会関西支部・大阪湾海底の地盤研究委員会．1987．海底地盤に関するシンポジウム論文集：186p.

今村遼平・足立勝治．1986．空中写真で見た液状化現象－新潟地震を例として－．地質学論集，(27)：71－94.

中川久雄．1986．1968年十勝沖地震と1978年宮城県沖地震の地盤災害及び新興都市の地震災害予測．地質学論集，(27)：125－138.

楡井　久・千葉県地質環境研液状化－流動化被害調査団．1995．1995年兵庫県南部地震の液状化・流動化被害．「阪神大震災」緊急合同報告会資料集，「阪神大震災」緊急合同報告会世話人会：109－118.

西村俊之・山田貞彦．1982．浚渫と埋立．土と基礎（施工機械と土質工学11），30(7)：77－84.

若松加寿江・吉田　望・田蔵　隆・鈴木信久．1992．1990年フィリピン・ルソン島地震．地質と調査，(1)：10－17.