

1995 年兵庫県南部地震によるマンホールのずれについて

Traces of Large Deformation of Soil found on Manholes

小長井 一 男*

Kazuo KONAGAI

1. はじめに

1995 年 1 月 17 日の兵庫県南部地震の被害は、神戸の地形や表層地質条件と密接に関わっている。六甲山間部では風化花崗岩や大坂層群に分類される斜面の崩壊が、また臨海部では液状化による埋め立て地盤の大変形がこれらの地区での被害を特徴づけている。一方地盤が良好とされる複合扇状地上にいわゆる震災の帯が広がり、この地域でも航空写真の判読結果からかなりの地表面変位が残留していることが示唆されている(田中¹⁾)。著者らは神戸市東灘区の下水道のマンホールのリング(図 1)のずれを調査し、この地域の地盤内部に残留する大変形の実体について検討を進めてきた²⁾。ここではその調査結果の一端を紹介する。

2. 調査地域の概要

図 2²⁾ は東灘区の調査対象地域で住吉川よりの area a と芦屋川近くの area b が今回の報告の対象である。area a

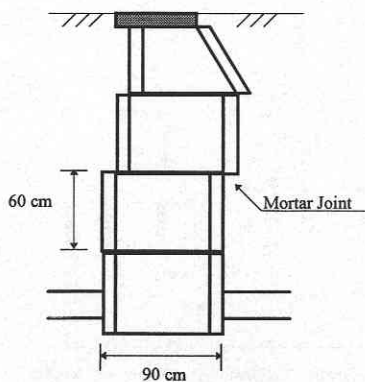


図 1 マンホールの構造

は住吉川の扇状地の扇頂から扇中央にかかる区域で新天井川雨水幹線がその中央部を北から南に通過している。area b は芦屋川下流部の扇中央から扇端部に位置しており、その南縁に横倒しになったピルツ形式の阪神高速道路の高架部分が通過している。住吉川と芦屋川はいわゆる天井川でこの 2 つの河川に挟まれた部分は典型的な扇間凹地である。

これらの調査区域に最も近い強震計設置箇所は、神戸本山と東神戸大橋の 2 箇所で図中に●で示されている。各地点での南北、東西、上下方向の最大加速度は括弧内の数値で示されている。神戸海洋気象台を始め、この地震による強震記録の多くは南北方向に強い揺れを示しているが、本山小学校では東西方向の最大加速度値の方がやや大きく、また上下方向の加速度も大きい。しかしこの値は一部振り切れた記録から推定されたもので、大まかな目安は与えるものの、この点に留意する必要がある。

この 2 つの調査地区それぞれをほぼ南北方向に横切る断面での地質状況の概略を図 3²⁾ に示す。中積層の厚さが六甲山麓から臨海部に向かうにつれ徐々に大きくなる様子が確認できるが、扇状地の扇頂部から扇中央部にかけて 2~5 m 程度、扇頂近くでは 1 m を切るような場所も多い。写真 1 は住吉川扇頂部での地表近くを掘り下げた場所で撮影された地盤状況である。砂礫に直径数十 cm の玉石が混じっている様子が認められる。

3. マンホールリングのずれ

典型的なマンホールは図 1 に示すように直径 90 cm、高さ 60 cm のコンクリートのリングを接合面にモルタルを塗って鉛直に積み上げただけのものである。したがって地盤の変形に容易に追従し、その結果、地盤の残留変形は接合面のずれとして残される。神戸市下水道局では 5 cm 以上のずれを補修すべき被害としているので、著者

*東京大学生産技術研究所 第 1 部

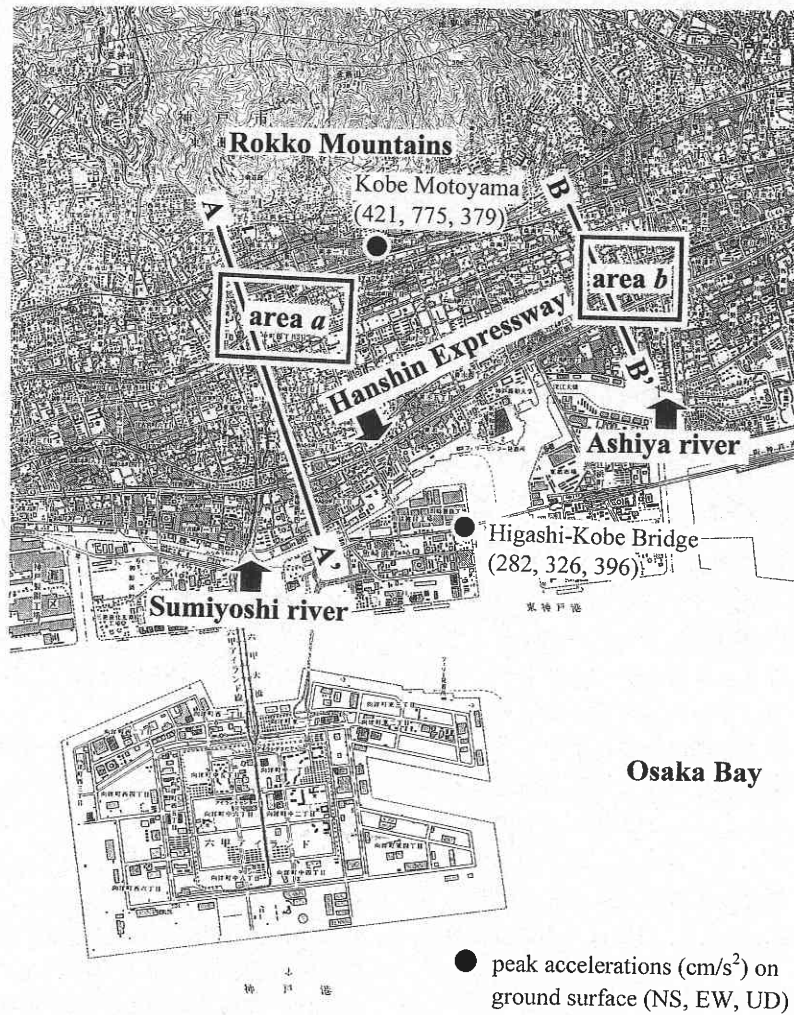


図 2 東灘区調査地域

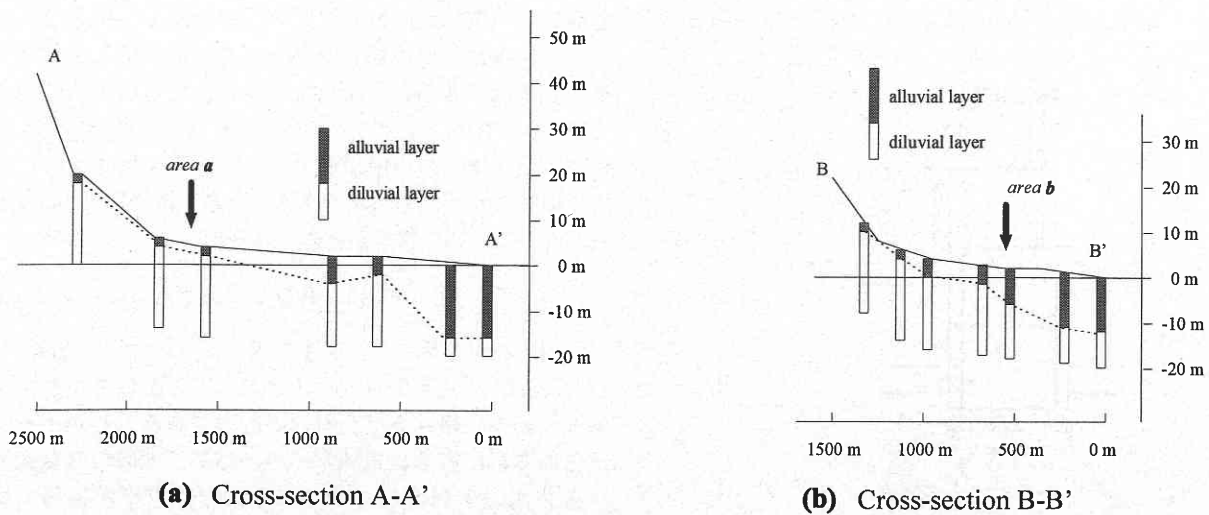


図 3 地盤横断

らが収集し得たマンホールリングのずれはすべて 5 cm 以上のものである。またずれの方向も残念ながら調査されていない。神戸市が保管する写真の中には周辺の風景が

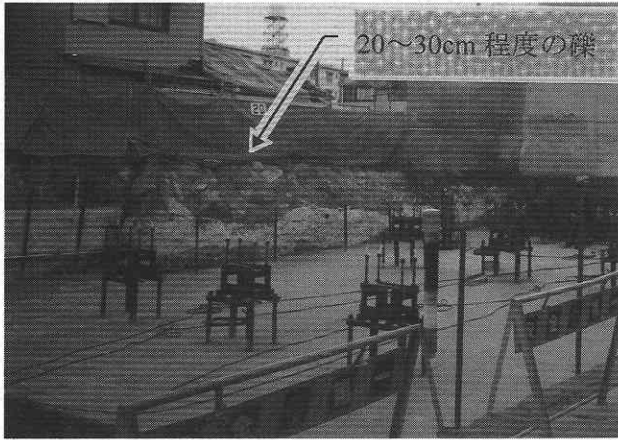
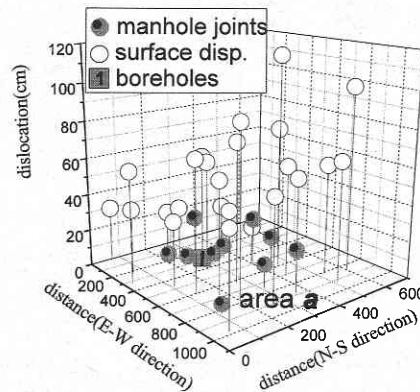


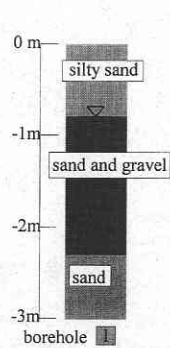
写真 1 住吉川扇状地扇頂付近の表層地盤

らずれの方角が判読できるものも含まれているが、更なるデータの集積が必要である。

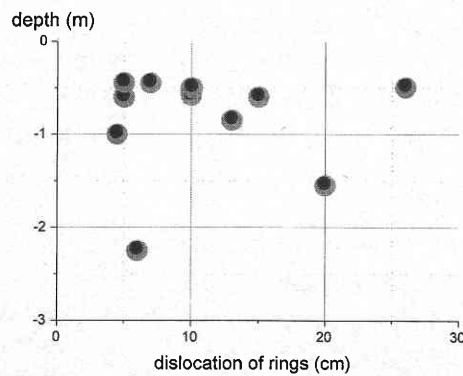
図 4 a は area a におけるマンホールリングのずれの空間分布である。水平軸はそれぞれ南北、東西方向の距離を表わし、灰色の球形のマークの鉛直方向座標がマンホールリングのずれ量を表わしている。この図には参考のため田中¹⁾による地表面変位の判読結果を白抜きで表示している。北へ行くほど、すなわち六甲山麓に近づくにつれ地表面変位もまたマンホールリングのずれ量も大きくなる傾向が認められる。図 4 b, 4 c はマンホールリングのずれの生じた深さとその程度、そして代表的な地質柱状図を併記したものである。ずれの生じた深さは 60 cm のものが圧倒的に多い。これは表面の舗装の影響もあるものの 80 cm 以下は礫層で、変形がその上の砂層に集中したためと考えられる。常時の地下水面は礫層上に一致し、したがって降雨がなかった地震時には大きな変形は地下水面以上で生じたものと推察される。



(a) spatial distribution of dislocated manhole joints and surface displacements

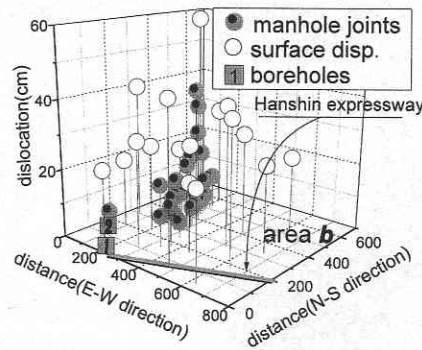


(b) soil profiles

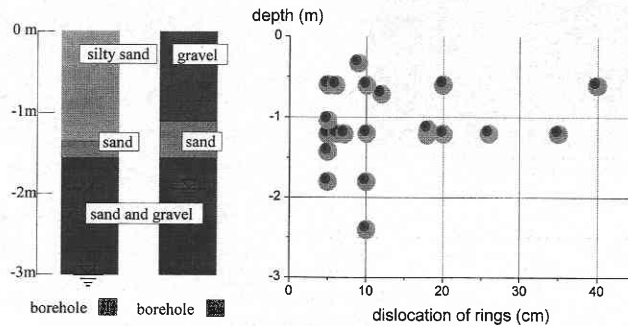


(c) dislocations of manhole joints and their depths

図 4 area a におけるマンホールリングのずれ²⁾



(a) spatial distribution of dislocated manhole joints and surface displacements



(b) soil profiles

(c) dislocations of manhole joints and their depths

図 5 area b におけるマンホールリングのずれ²⁾

図 5 a は area b におけるマンホールリングのずれの空間分布である。地表面変位もマンホールリングのずれも区域の北西に行くにつれて大きくなる。区域の南側の灰色の線は転倒した阪神高速道路の深江の高架部分である。図 5 b, 5 c はマンホールリングのずれの生じた深さとその程度、そして地質柱状図を併記したものである。ずれの生じた深さは地表から 2 リングめ、120 cm のものが圧倒的に多い。ここには 10 ~ 30 cm ほどの厚さの砂層が挟在しており、この部分が大きく変形したものと推測される。この砂層も常時の地下水面より上に位置していることは留意すべきことである。

4. ま と め

神戸市東灘区でのマンホールリングのずれの調査の結果、地表面近くの砂層におおきなせん断破壊が生じた痕跡が認められた。これらの砂層は常時の地下水面より高い部位にあり、いわゆる過剰間隙水圧が引き起こす液状化によるものとは考えられない。航空写真から判読した地表面の変位はこのマンホールのずれと相関があるように思われ、またずれ量を大きくしのごうことから、さらに

深い部分でも大きな残留変形が生じた可能性を示唆している。残念ながらマンホールは深くても 5 m 程度のものしかないのでこれ以深の情報は現れてこない。しかしながらその後の調査で 5 m に近い部分にもリングのずれが認められたことを示す資料もあり、今後さらに資料の蓄積を図る必要がある。

なおこの報告は参考文献 2) をとりまとめるにあたり整理したものを抜粋したものである。これらの報告、論文をまとめる上で神戸市下水道局からの貴重な資料の提供をいただいた。また資料の収集にあたり鉄道総合技術研究所羅休氏、本所小長井研究室三神厚助手の協力を得た。合わせて深甚な謝意を表します。

(1997 年 9 月 1 日受理)

参 考 文 献

- 1) Tanaka, K. [1996], "Ground-surface displacement map for the 1995 Hyogoken-Nanbu Earthquake, National Research Center for Earth Science and Disaster Prevention.
- 2) Konagai, K., T. Matsushima and A. Mikami: Deformation Built up within a Granular Assemblage during an Intense Earthquake, *Intrn., Jour., Earthquake Engineering*, under review.