

中国西安市における地盤亀裂と地中管路被害

神戸大学工学部 正会員 高田至郎
 神戸大学大学院 学生員 孫 建生

1. まえがき 西安市は関中平野にあって古代には長安とよばれ、古都として世界にその名を知られている。1959年に始めて地盤亀裂が発見され¹⁾、1976年四川省松潘 $M=7.2$ 地震後に、地盤亀裂の運動がさらに速やかになり、西安市内に七つの地盤亀裂が発見されている。最大分布長さは約12km、最大地盤亀裂帯の幅は十数m に及んでいる¹⁾。この亀裂は土木・建築構造物に多くの被害を与えた。都市施設の地中管路も多大な被害を受けている。本文では地盤亀裂による地中管路の被害概要を紹介する。

2. 地盤亀裂の概要 1)西安市の地質概要：関中平野は渭河平野、渭河盆地ともいい、南の秦嶺山地と北山

地に囲まれて幅20-50km、長さ350kmの平野で、西安市はこの平野の中に位置している。図1は関中平野の地形図で、両側山地の間に数多くの断層が通っている。地殻の運動によって関中平野は南の秦嶺山地と北山地に対して、1972年-1976年の間に総沈下差は25mmで平均年間5mmである¹⁾。地盤条件は黄土台地、渭河階地、河沖積地が主で、100m内に Q_4, Q_3, Q_2 の黄色砂質粘土で地下水位は10mくらいである。都市用水は地下水を主として、人口の集中に伴う地下水の過量採取によって、一部区域では1970年-1975年間の承压水位の低下速度は5-10m/年の最大値になり、地面沈下速度は20mm/年に達している。基盤の構造運動と地下水の過量採取は西安市の地盤亀裂の支配的な原因になっている^{1, 2)}。

2)地盤亀裂の分布と特徴：図2は西安市区内の地盤亀裂の分布図で、各地盤亀裂は北東方向に傾き、ほぼ平行して全市のほとんどの部分に及び、千年の歴史がある現存の西安城内にも亀裂が発見されている。図3は市区内に新しく発見された七つ地盤亀裂と西安市南の黄土台地にある歴史亀裂の断面図である。大雁塔北にある新しく発見された亀裂は南側が沈下しているが、大雁塔南にある歴史亀裂は北側が沈下して大雁塔地段は沈下中心となっている。地盤の亀裂は地盤の沈下による垂直運動の外に亀裂と直交方向の引っ張りや亀裂に沿う水平ずれもある。1981年5月-1985年5月間の測量によって、南郊地盤亀裂の最大年間沈下量は27.2mmで、最大年間引っ張り量は12.4mmで、亀裂両側の最大年間水平ずれは2.7mmである。地盤亀裂の発展は地盤の沈下が主である。写真1は西北大学のある学生寮の被害様子で、この地盤亀裂幅は10mm、相対沈下は17mmで、本建物では壁に多本の亀裂が発生し取り壊れさ

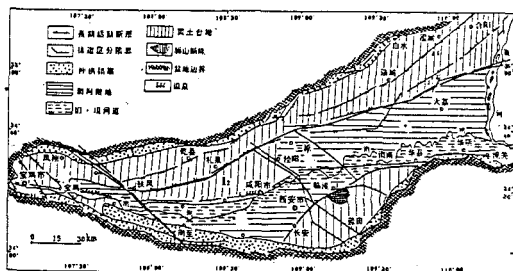
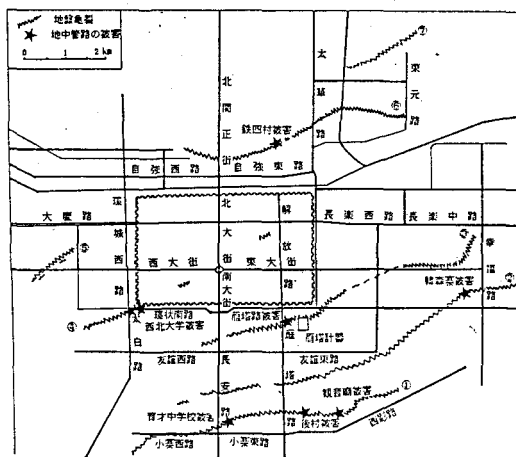


図1. 関中平野地形図²⁾



①南郊地盤亀裂 ②翠林街地盤亀裂 ③和平門地盤亀裂 ④西北大学地盤亀裂
 ⑤西郊地盤亀裂 ⑥三合村地盤亀裂 ⑦辛家廟地盤亀裂

図2. 西安市地盤亀裂の分布と地中管路の被害



図3. 西安市地盤亀裂断面図

れている。写真2 は $\phi 400\text{mm}$ PRC管の被害例で、継手部で抜け出し120mmで、沈下差50mmである。

3) 地盤亀裂による水道管の被害 地盤亀裂を通過している地中管路はほとんど被害を受けたが、ライフラインの研究が未だ重視されていないことと被害は長期間に亘って不連続的に発生しているため、被害記録はほとんどない。図2 には既知の地盤亀裂による被害を併記しているが、管路は亀裂の交差点だけで被害を発生しており、地盤亀裂間には被害の例はない。各亀裂の相対的沈下量は13mm~100mm、側方変位は5mm~40mmで、地中管路の被害はこの地盤変位量範囲で発生したといえる。これは有珠山地盤変動による水道管被害調査結果と大体に同じ範囲にある。1) 西北大学付近の被害：図4 は西北大学付近にある都市水道管の被害例である。 $\phi 600\text{mm}$ 印ろう継手鑄鉄管は都市給水幹管で、地盤亀裂と 50° で交差している。1983年3月に地盤亀裂の交差点で管体が破断して、破断両端が100mmに離れ、ずれは200mmであった。30m内の継手は全部抜け出して、復旧に14日要した。平行している $\phi 400\text{mm}$ 印ろう継手鑄鉄管は $\phi 600\text{mm}$ 管の破断一週間後に地盤亀裂との交差点で管体破断し、両側の継手は抜け出した。 $\phi 200\text{mm}$ 印ろう継手鑄鉄管は地盤亀裂と 15° で交差し $\phi 600\text{mm}$ 管が破断した2カ月後の1983年6月に破断したが、埋設深さが2.2mのRR継手 $\phi 400\text{mm}$ PRC管は現在までの調査では被害を受けていない。この地盤亀裂は1959年から発見され、1976年から活動が激しくなって1981年までに最大沈下量が30mmになっている¹⁾。1982年7月からの実測によって沈下、側方変位、平行変位分量の比はおおよそ3:1:0.03で、年間平均沈下量29.6mmである。管路被害は地盤亀裂の変形速度が一番速い1983年に発生し、1981年までの沈下結果も考えると、地盤亀裂と 50° で交差する $\phi 600\text{mm} \cdot \phi 400\text{mm}$ 管被害時の地盤変形量は沈下がほぼ80~90mmで、側方変位がほぼ20~30mmである。また、地盤亀裂と 15° で交差している $\phi 200\text{mm}$ 管被害時の地盤変位量は沈下がほぼ90~100mmで、側方変位はほぼ25mm~35mmである。2) 他場所の被害：観音寺付近での地盤年間平均沈下量は21.58mm/年で、 $\phi 300\text{mm}$ 鑄鉄管は1977年から1983年までに3回破断した。地盤総沈下差約140mm、被害時の地盤沈下差は約50mm~140mmの間にあり、側方変位は20~60mm間にあった。鉄四村にある $\phi 100\text{mm}$ 印ろう継手鑄鉄管は1984年地盤亀裂を中心として延長30m内に9箇所て管路継手が抜け出した。1982年まで、この亀裂の最大沈下差が80mm、最大側方変位が40mmで、管路被害時の地盤相対沈下量は70~100mm、側方変位は30~55mmであると推測される。育才中学校の $\phi 200\text{mm}$ 鑄鉄管は1983年に破断し、破断面は管軸方向と斜めである。破壊時の地盤亀裂の最大相対沈下が80mm、側方変位が39mmであると推測される²⁾。

4) 結言 1) 西安市の地盤亀裂による地中管路の被害は地盤亀裂と管路の交差点で発生している。2) 管路の被害型式は引っ張りとせん断の複合作用による地盤亀裂との交差点での管体破断、継手の抜け出しが主である。被害時の地盤沈下差は50mm~170mm、側方変位は20mm~50mmである。3) 地盤変状に伴う管路の被害は継手特性と関係があり、伸縮性が良いRR継手は被害を受けていない。引用文献：1) 楊凱元・吳成基：西安地盤亀裂の変形監測と研究、陕西師範大学出版社、1986.12. 2) 李永善ら：西安地盤亀裂、地震出版社、1986.

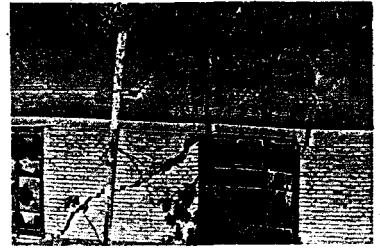


写真1. 地盤亀裂による西北大学にある学生寮の被害²⁾



写真2. 地盤亀裂によるRC管路の被害²⁾

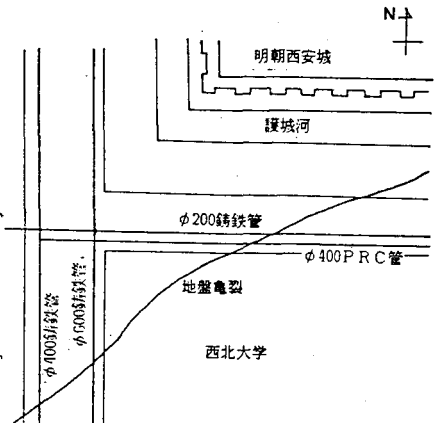


図4. 西北大学付近の水道管路及びその被害