

1994年1月ロスアンジェルス・ノースリッジ地震の被害



口絵写真-1 10号線（サンタモニカフリーウェイ）における高架橋の被害



口絵写真-2 バルボア通りの埋設管の被害

ロスアンジェルス・ノースリッジ地震 速報

日本技術開発㈱ 地震防災部
磯山 龍二・森 敦

1. はじめに

1994年1月17日 現地時間の午前4時30分頃、ロスアンジェルス市郊外のノースリッジ直下の比較的浅い所でマグニチュード6.6(リヒタースケール)の地震が発生した。図-1におおよそその震源の位置と主な被害箇所を示してあるが、地震直後の報道で高速道路の橋が落下し、火災が発生している映像はかなり衝撃的なものであった。東京を始めとする南関東地域でも、直下型地震の発生が危惧されており、さっそく磯山、森を現地に派遣することにした。1月22日(土)に出発し、24日(月)の午前中の便で帰国というあわただしい調査であったが、現地で何が起っていたのか、何が問題なのか、我国で学ぶべきことは何なのかという観点から、ごく概略を報告したい。ただし、現時点ではわからない点も多く、新聞報道や、我々の見た限られた事実に基づく暫定的な報告と考えていただきたい。

2. 高速道路の高架橋は何故落下したか

高架橋の重大な被害は、5つの地点で起こった。テレビ等で最も多く出てくる背の高い曲線橋が複雑にからみ合ったジャンクション(5号と14号のジャンクション)では、いくつかの橋が落下している。この現場には我々はいけなかったが、このジャンクションは1971年のサンフェルナンド地震でも被害を受けている。サンフェルナンド地震($M_s = 6.6$)の震央は、今回の地震よりほんのわずかに北であった。

もう1つの大被害で、おそらく影響としては最も大きいのがロスアンジェルス市内を東西に走っている10号線(サンタモニカフリーウェイ)の落橋である(写真-1)。ロスアンジェルス的高速道路の高架の大部分が、柱と中空の箱桁を結んだラーメン構造である。写真からわかるように、この柱の主に上部が完全に破壊され落橋に至っている。この周辺では、水平方向で0.2~0.3 g、鉛直方向で0.1~0.2 gの最大加速度が観測されている(図-1)。

多くの専門家が指摘するように、この被害は柱の耐力不足によるものである。主鉄筋は、相当太いものが入っているが、フープ筋が圧倒的に足りないため十分な変形性能も期待できない。おそらく、地震の水平方向の振動で大きな曲げモーメントがこの部分に作用し、それに上下動の影響も加わって写真に見られるような爆発的な破壊にいたったものと考えられる。米国西海岸の橋の耐震性については、耐力不足と桁がかりの小ささがこれまでさんざん指摘され、十分わかっていたことである。しかし、落橋防止構造の設置までは行われたものの、主構造の耐力アップまでは予算上の制約もあり、十分には対応されていなかった。既設構造物の耐震補強の問題は、程度の違いはあるにせよ我国にとっても重要な課題である。

3. 建物の被害も耐力不足

建物の被害も重大であった。震源域のサンフェルナンドバレーでは、やはり柱の耐力不足およびじん性不足によるRC建物の崩壊ないしは補修不能な被害がいくつか見られた(写真-2)。また木造3階建てのアパートの被害も多く、ノースリッジでは1階が完全につぶれたアパートで16名の死者を出している(写真-2の(d))。これらの木造アパートではほとんど耐震的な配慮はなされていないものと考えられる。なお、震源域での水平方向の最大加速度はおおむね0.5 gをこえており²⁾、最大1.8 gが記録されている(写真-2の(b)の周辺、図-1参照)。

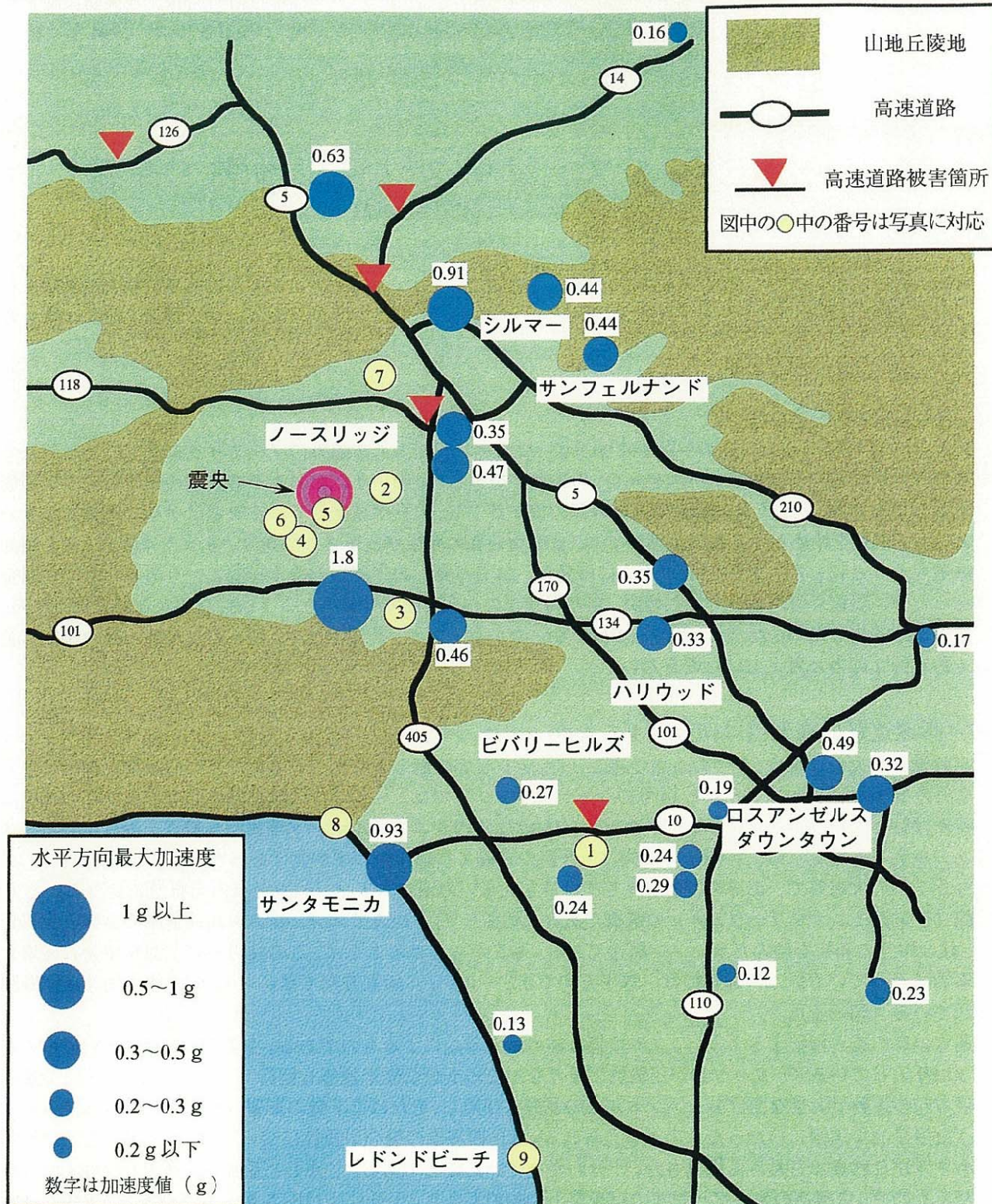


図-1 ノースリッジ地震の被害箇所（写真で紹介のもの）と水平方向の最大加速度

震央は、震源の中心的な位置程度の意味で厳密なものではない。

最大加速度値はCDMGのクイックレポート（5th）に基づく暫定的な値。この地域に密な強震観測網を持つ南カリフォルニア大学によるとノースリッジで0.94g が観測された他、震源域およびシルマー地区では0.5gをこえていた模様である。鉛直方向の最大加速度は最大で1.2g（水平方向1.8gの地点）、震源域では0.3~0.6gとなっている。

4. ブロック塀倒壊が多数発生

日本ではほとんど報道されていないが、ブロック塀の被害が非常に多い。そもそもこの地域にこれほどたくさんブロック塀があるとは知らなかったが、大部分の家が道と庭の境界にブロック塀を造っている。震源域であるノースリッジ周辺でざっと見た所、これらの半分ぐらいは倒壊ないしはそれに近い被害を受けている（写真-5）。これらのブロック塀は、無筋かせいぜい気持ち程度の鉄筋を入れているものであった。日本でも1978年宮城県沖地震ではブロック塀の倒壊により十名をこえる死者を出しているが、今回の地震が昼間に発生していたら、さらに多くの死傷者を出していたかもしれない。

5. ライフラインはやはり被害を受ける

電力、ガス、水道等ライフラインの被害はほぼ我々の予想と一致する。つまり、やはり被害は数多く発生したが、適切な対策により復旧しつつある。ガスは、地震発生から6日目の時点で震源域の約4万件が停止しているが、電力、水道の応急復旧はほぼ完了していた。ただし、漏水はいたる所に見られ本復旧までは相当かかるものと考えられる。

テレビ等でさんざん報道された道路上を水道の水が滝のように流れ、ガス管から火がふいている現場に我々も行ってみた。この通りには2つの大口径の送水管、ガスの輸送管、その他少なくとも5～6本のパイプが走っているが、ほとんどが何らかの被害を受けたようである（写真-3）。水道管は、溶接部（古い時代のガス溶接か）で破断し、数センチずれている。写真-3(a)からは水道管が曲がっているように見えるが、これは応急的に復旧した後の状況である（図-2）。写真-3(a)の青色の管は座屈している。ただし、これが何の

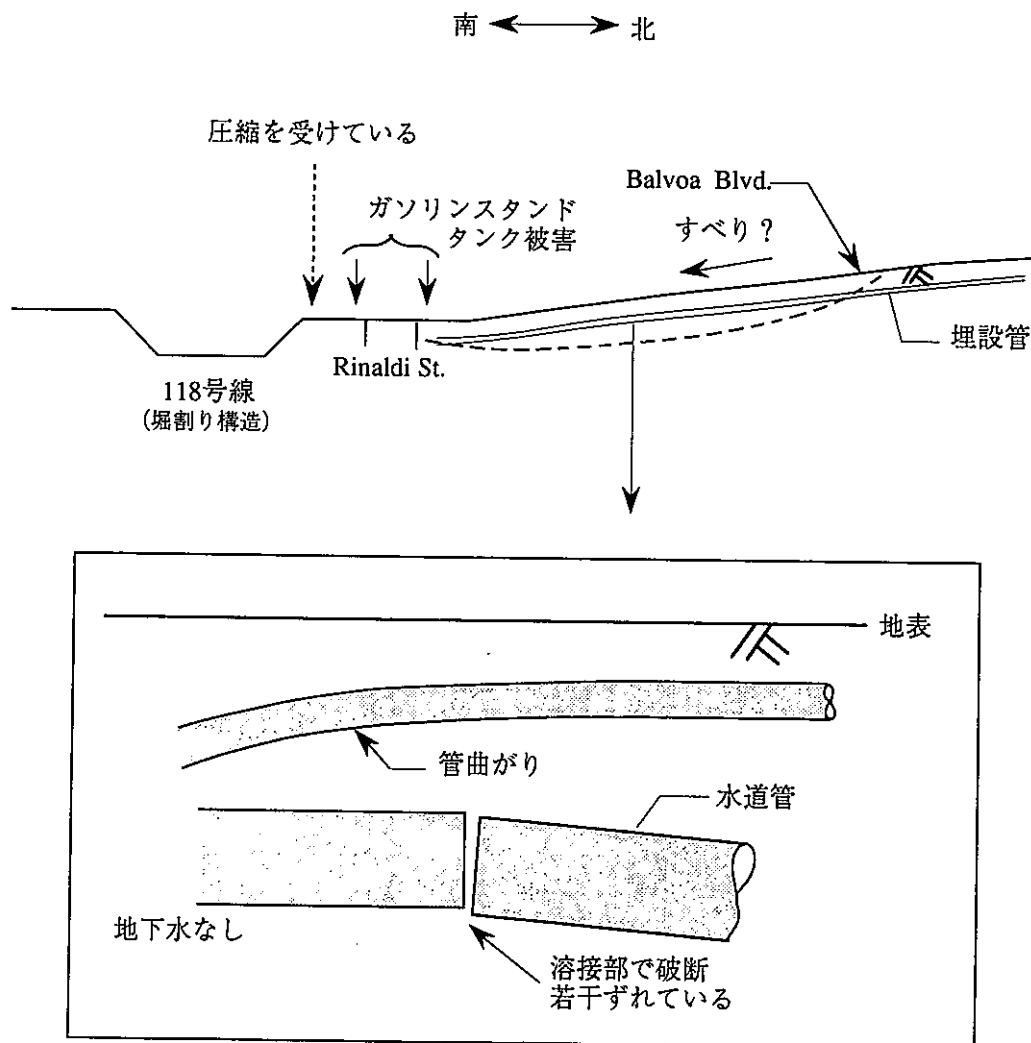


図-2 バルボア通りの状況と典型的な埋設管被害（写真-3, 4参照）

管なのかは現時点で不明である。また、この現場の火災についても、ガスによると報道されているが、石油管の被害によるとの説もあり、確認されていない。

この被害の原因は、断層運動に伴う地表の変状だとの説と、地表付近の地盤のすべりが原因とする2つの説がある。地震動そのものでこのようなパイプの被害が発生することは考えにくい。この現場（バルボア通り）は北から南にかけてごくゆるやかな傾斜で下っており、この通りを含む周辺の路面には多数の横断亀裂、歩道板の持ち上がりが見られ（写真-4）、斜面の下方は圧縮されているように見うけられた。地震学者による詳細な断層運動の調査結果を待つべきであるが、我々の印象では、このゆるやかな斜面のすべりが埋設管に、引張りによる破断や圧縮による座屈を発生させたものと思われた（図-2）。それでは何故このようなすべりが発生したのか。おそらく液状化がからんでいることが予想される。この現場では噴砂などの液状化の証拠は見つからなかったが、やや南のノースリッジで小規模ではあるが噴砂があったこと、サンフェルナンドバレーの南側の山裾で液状化があったとの報道、この現場の山一つ北側のシルマー地区でも液状化が発生していたことから考えて、液状化の可能性は十分にある。

6. 震後の対応

1月23日時点でこの地震による死者は57名、傷者は約8000名、避難者は1万名以上と伝えられている。おそらく最近の米国の自然災害としては最大規模のものと考えられるが、いくつか幸運な点があったことを指摘しておく必要がある。まず、地震の発生が都市活動の最も低下する午前4時半であったことである。もし、昼間に発生していれば高速道路の被害、病院、駐車場の被害、あるいはブロック塀の倒壊により多くの死傷者が出ていたものと考えられる。また、震源域はロスアンジェルス市のダウンタウン、ビバリーヒルズ、サンタモニカ等のいわゆる都市部からやや北方の住宅地で、もし、震源がもう少し南であったなら被害もはるかに大規模なものとなっていたことは容易に想像がつく。

震後の応急的な対応は、カルフォルニア州の緊急対策局（Office of Emergency Services）が中心となり、組織的かつ適切であったように思う^{3), 4)}。これは、おそらく1989年のロサンゼルス地震（サンフランシスコ）、その後のいくつかのやや小規模の地震、1992年のロスアンジェルス市の暴動、そして昨年のロスアンジェルス市の火災等の災害経験が大きくものをいっているものと思う。特に震後の混乱による暴動等を取締めるために州軍の出動によるすみやかな統制行動は住民に安心感をいだかせるのみならず混乱の拡大をさけるために大きく役立ったようである。新聞の報道なども必要な情報をイラストなどを駆使して非常にわかりやすく工夫されたものであり、有益であった。

7. おわりに

我国の都市でこのような直下型地震が発生したらどうなるのであろうか。ロスアンジェルスで起きたような被害はあまりないであろう。しかし、被害の形態は異なっても古い構造物や液状化の影響が十分考えられていない構造物は一定の比率で必ずあり、これらが何らかの、おそらく重大な被害をこうむるものと見て間違いない。

さらに都市の密集度合の違いがある。ロスアンジェルスといっても少しダウンタウンからはずれば、一戸一戸の敷地に余裕があり、日本でいえば北海道の中小都市のような感じである。火災が発生すれば条件にもよるが延焼は覚悟せねばならない。さらに、密集度合は様々な震後の対応をきわめて困難なものとする。被災した構造物のあとかたづけ、復旧などはロスアンジェルス市の例はほとんど参考にならない。

南関東地域では直下型地震が近い将来において発生する可能性がきわめて高いと言われている。これに対して昨年ぐらいから関係各機関で様々な直下型地震対策が検討され始めている。今回の地震は、ロス直下型というにはややおおげさであるが、都市直下型地震には間違いなく、これらの対策の検討に大いに役立つ情報を与えてくれる。特に震後の対応や報道には学ぶべき所が大きいと思う。ありきたりではあるが、対岸の火事ではない。我々も直下に時限爆弾をかかえていることを強く認識すべきである。

なお、現地調査は東海大学 浜田政則教授と同行させていただいた。本論の見解についても部分的に浜田教授とのディスカッションをベースにしていることを明記しておく。

参 考 文 献

- 1) Department of Conservation, Division of Mines and Geology, Fifth Quick Report on CSMIP Strong-Motion Data from the Northridge/San Fernando Valley Earthquake of January 17, 1994, Report OSMS 94-05, California Strong Motion Instrumentation Program(CSMIP), January 25, 1994.
- 2) M.Trifunac, M.Todorovska, and S.Ivamovic, Preliminary Report on Distribution of Peak Accelerations During Northridge, January 17, 1994, California Earthquake (Data from the Los Angeles Strong Motion Array), University of Southern California , January 25, 1994.
- 3) Governor's Office of Emergency Services, State of California, Situation Summary # 23, as of January 23, 1994, 1400 Hours.
- 4) State Office of Emergency Services, Status Report # 23, as of January 23, 1994, 1400 Hours, Northridge Earthquake.