

## 1989年10月17日サンフランシスコ近郊の地震による震害調査

金沢大学工学部 正会員○北浦 勝  
 金沢大学工学部 正会員 池本 敏和

1. まえがき

1989年10月17日にロマ・ブリエタ地震が発生した。震源はサンタクルズの北東約6kmの北緯37.053度、西経121.851度、深さは18kmであり、マグニチュードは7.1である。USGS（米国地質調査所）によれば、地震メカニズムはサンアンドレアス断層とほぼ同じ走行をもつ断層面上で右横ずれと縦ずれとが混ざったものである。この地震により、構造物は大きな被害を受けた。ハイウェイ880号線では、約2.5kmにわたり2層式道路の上層が下層に落ち、多数の死傷者を出した。このことはサンフランシスコ市民に大きな精神的ダメージを与えた。本報告は地震約1週間後に現地調査を実施し、収集した資料の一部をまとめたものである。

2. 橋梁の被害

サンフランシスコ近郊の橋梁被害は南はワトソンビル付近から北はベイ・ブリッジに至る間で顕著であり、ベイ・ブリッジ、ハイウェイ880号線や州道1号線における南行き方向線の落橋が注目される。サンフランシスコとオークランドを結ぶベイ・ブリッジのトレジャー島よりオークランド側約2kmのところ、2層式橋梁の上層部分が約15mにわたり崩落、車が転落した。被害状況からみて、応答変位が設計値を越える大きなゆれになっていたのであろうと考えられる。ハイウェイ880号線では約2.5kmにわたり2層式道路の上層が下層に落ち、下層がサンドイッチのように崩落した。この被害により約50名の死者が確認されている。この道路は開通から32年が建ち、一部の専門家によって老朽化が指摘されていた。また軟弱地盤上にあるハイウェイの不等沈下や、上層部分の自動車活荷重による振動を下層部分では軽減するために、設計に採用された3点ヒンジ橋脚に耐震構造上問題があったものといえる。サンタクルズとワトソンビルを結ぶ州道1号線のワトソンビル西部の橋梁が南北両方向線ともに破損し、特にモントレ・向かう南方向線は完全に崩落した（写真1参照）。この橋梁は軟弱地盤上にあり、橋長約100mを1箇所当たり直径約40cmの橋脚4本を用い、十数箇所支持されている。同橋では杭

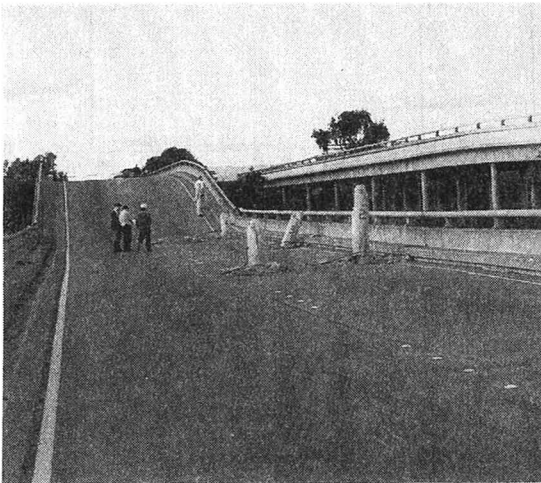


写真1 州道1号線の被害（左側南方向線）

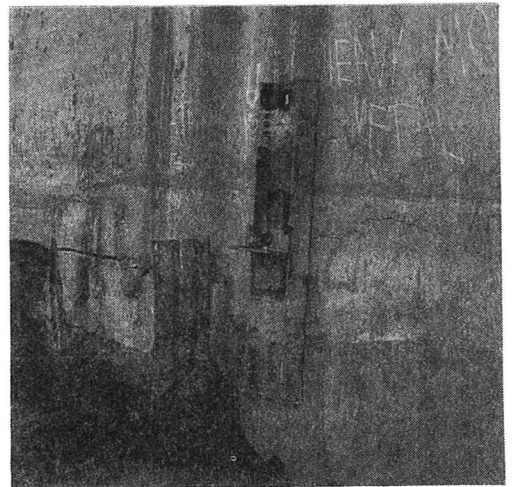


写真2 橋脚の破損（ワトソンビル）

状の橋脚が横桁を介し、縦桁に接合されている。被害は橋脚と横桁の接合部分に集中しており、地震の繰返し力によるコンクリートの破砕や鉄筋の座屈によるものであった。また一部の橋脚では、コンクリートの破砕により円錐上になった橋脚先端がコンクリート床版を突き破り、写真に示すような被害形態となっていた。この震害状況から、改めて地震力の応力集中の緩和が重要であることが指摘される。ワトソンビル市内、ポーター通りのペアロ川にかかる橋梁では、写真2に示すような橋脚の亀裂が見られた。亀裂は水面と平行に生じており、これは橋軸方向の地震力による曲げ破壊によるものと考えられる。市役所の担当官による地震被害調査の後、この橋は通行止めとなり、また破壊が助長されないよう鋼材による補強が行われた。

## 2. 砂地盤の液状化

今回の地震で注目された震害の一つに砂地盤の液状化がある。あちらこちらで液状化の発生したことを示す噴砂孔や新しく砂の噴出した跡が見られたほか、液状化に伴う構造物の被害も目についた。栗林・龍岡による液状化発生点の最大震央距離とマグニチュードの関係に今回の地震による値をプロットすると図1のようになる。同図によれば、液状化が既往の上限距離を数十kmも越えて発生していることがわかる。またサンフランシスコ北部のマリーナ地区の被害などから、震源からの距離に関係なく、一旦地盤の液状化が発生すると、被害は大きくなるといえる。サンタクルズ市内でも水道施設に大きな被害があったが、水道局担当官によると特に市の南部、海岸に近い地区の震害は地盤の液状化によるとのことであった。同市のサンロレンツォ川にかかる橋梁の路面と高欄に段差が生じた。また同橋付近の左岸の堤防が大きくのたうって破壊していることを写真3に示す。これらの被害も地盤の液状化によるものと言える。

## 3. あとがき

上述のような震害の考察と、得られた耐震設計上の問題点として、1) 劣化によるコンクリート自身の強度不足や鉄筋不足による破砕破壊、2) 橋脚自身の構造上や橋梁の応答変位と支承部の桁かかりの問題、3) 不等沈下や液状化による地盤変形、などが挙げられる。液状化は重い構造物を埋没させ、軽い管路・マンホールなどを浮上させるので、壊滅的被害に結びつく恐れがあるが、今回の震害でもこの点を再確認した。いずれにしても耐震工学上の問題点を改めて認識するとともに、液状化対策工法の開発が急がれていることを痛感した。今後、データ収集の充実をはかるとともに、収集データによる震害の定量的評価を行っていく予定である。



写真3 堤防の破壊 (サンタクルズ)

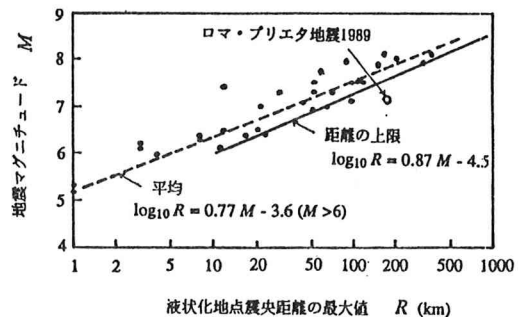


図1 液状化地点までの震央距離と地震マグニチュードの関係 (栗林・龍岡, 1975)