

# 事故 災害

## 2001年3月24日 芸予地震被害調査報告

(社)土木学会  
芸予地震被害調査団

### 地震および地震被害の概要

2001(平成13)年3月24日15時28分頃、広島県南部を震源とするマグニチュード6.7(MJ:6.4を上方修正)の地震が発生し、広島県の熊野町、大野町、河内町、大崎町で震度6弱の揺れを記録したほか、中四国地方の広い範囲で震度5や4の大きな揺れを記録した。気象庁による震源情報は、震央位置(34.1°N, 132.7°E)、深さ51kmである。図-1に震源周辺での震度分布を示す<sup>1)</sup>。死者2名、負傷者183名の人的被害、全半壊57棟(3/26消防庁)等の建物被害を始め、道路、港湾、電気・ガス・水道などのライフラインにも被害が生じた。

震源付近では、1905年にも強い地震(M7.1/4)が起こっており、広島、愛媛両県の沿岸、特に広島市、呉市、江田島町、宇品(広島市)、松山市、三津浜(松山市)、伊予市などで強い揺れを記録し、その震度は5~6相当であった。広島県で死者11名、家屋全壊56、愛媛県で家屋全壊8などの被害が生じている<sup>2)</sup>。

今回の地震と2000年鳥取県西部地震、および1995年兵庫県南部地震など、既往の強震記録の加速度応答スペクトルを比較したものが図-2である。兵庫県南部地震の記録と比べると明らかに小さい。建物被害が少なかった米子の記録と比べても小さく、地震動の大きさ(特に周期1~2秒付近)が多くは鳥取県西部地震より小さいと考えられる。

### 港湾被害

広島港草津地区南側岸壁(全面水深5.5m)では、背後に岸壁法線と平行な複数のクラックが生じた。この施設の法線はらみだし量は少なくとも30cmにのぼるものと考えられる。背後地盤の沈下により25cm程度の段差が生じた。また、草津地区草津漁港東側岸壁(全面水深7.0m)では背後に岸壁法線と平行な複数のクラックが生じ、法線はらみだし量は少なくとも15cmにのぼるものと考えられる。以上の2施設はいずれも矢板式であり、建設時に軟弱地盤対策として床堀置換工法が採用さ

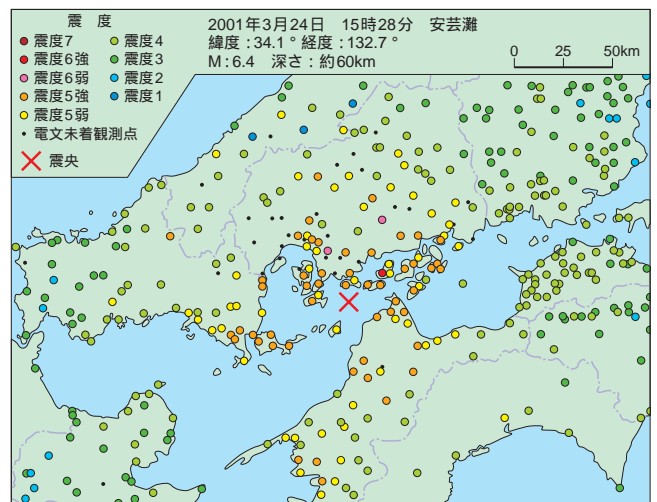


図-1 本震における震度分布<sup>1)</sup>

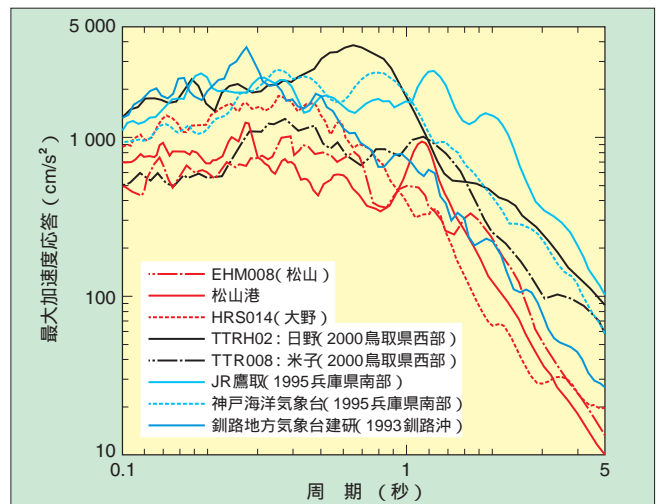


図-2 既往の観測記録の加速度応答スペクトル(減衰5%)との比較

れていた<sup>3)</sup>。周辺の他の施設では、軟弱地盤対策としてサンドドレーン工法が採用されていたためか被害は見られなかった。

一方、三原市内の須波漁港では江戸時代に築かれた石積みの防波堤(須波波止)が倒壊した。その他、広島県呉港、愛媛県今治港などで軽微な被害が発生した。岩国市の室の木埠頭では、全区域にわたりエプロン後端と上

部背後法線の2か所に幅10～12cmの亀裂が発生し、ピット付近は、20～30cm程度沈下していた。また、室の木埠頭東端部50m程度の護岸が10cm程度前出ししていた。同様の護岸の移動は和木町の新港海岸（興亜石油沖護岸）や装束埠頭、東和町の伊保田港でも発生していた。

### 道路・橋梁被害

道路被害は、中国自動車道と山陽自動車道の一部をはじめとして各市町村とも数多く報告されているが、これらの多くはひび割れやのり面等の崩壊による土砂流出によるものである。

橋脚損傷を伴う橋梁被害に関しては、震度6弱を記録した町でも報告されていない。ただしJR西日本山陽新幹線ではラーメン橋脚に被害が生じた。JR三原駅西の宮浦町付近で連続的に橋脚に被害が生じ、二層ラーメンの中梁の損傷が主に発生している（写真-1）。被害の大きい梁部には鋼材の梁が応急措置として設置されていた。三原市は、古くからの埋め立てと干拓によって市域を拡大していった町である。高架橋被害の生じた新開一帯も、1600年代以降、順次埋め立てによって土地が拡張されていった場所である<sup>4)</sup>。沼田川や西野川に挟まれた低湿地を埋め立てたことから地盤の悪い所であり、これも被災原因の一つであろう。

本州と四国を結ぶ西瀬戸自動車道の3連の来島海峡大橋のうち大島寄り（本州より）の来島海峡第一大橋では、メインケーブルと桁とをつなぐセンターステイのロッドが4本とも破断した。センターステイは大きな地震力を受けた場合、橋梁本体に被害が生じないようにロッド部で破断する設計となっていた。

### 地盤災害

#### (1) 道路斜面崩壊

地震が発生した24日午後5時現在の斜面崩壊や道路陥没による中国5県の一般国道の通行止めは計53か所である。その内、全面通行止めは、広島県河内町国道432号線、三原市幸崎久津の国道185号線など33か所で、片側通行規制は、東広島市高屋町杵原の国道375号や加計町津波の国道191号線など20か所となっていた。

#### (2) 宅地斜面崩壊

河内町入野地区の新興団地北側で約30mにわたり50～60cmの亀裂が発生した。佐伯郡宮島町魚之棚町では、お寺の土羽のり面が崩壊し、寺院一部が破損した。広島市安佐南区相田町相田5丁目あさおか台団地では、



写真-1 二層ラーメン中梁損傷部

高さ約30mの宅地地盤ののり面天端肩に、最大50cmの幅で約100m程度の亀裂が生じるとともに、建物にも亀裂が入り、建物自体ものり面側に傾いていた。また、広島市西区JR西広島駅北西の己斐上3丁目でも高さ約30mの宅地地盤および道路の法面天端肩が亀裂を伴って約100mにわたって50cm程度沈下していた。

#### (3) ため池堤体の亀裂

東広島市では、農業用ため池33か所の堤体に亀裂が入り、斜面崩壊の恐れが生じた。志和町小野池では、高さ16m、長さ240mの堤体に、最大で9cm幅の亀裂が長さ約100mにわたって発生したため、応急措置として防水シートで被覆後水位を下げた。西条町秀の池では、土手の補強用ブロックが20mにわたってずれ、土砂が露出した。高屋町向井東池では、取水口の間が折れて漏水し、水を全部放流した。

一方、山口県の美和町や玖珂町において4か所のため池の堤体に亀裂が生じたとの報告がある。

#### (4) 液状化

液状化による噴砂は、広島市西区の三菱重工業グラウンド、廿日市市木材港、呉市阿賀南などで見られた。この他にも、呉港周辺、竹原市、安芸津町、松山市など広い範囲で発生しているが、道路の段差などの明瞭な変状は生じていない。

廿日市市、広島市では沿岸部の広い地域で干拓開発が行われている。このような背景から、広島市は地震が発生した場合には液状化危険度が高いと思われていた都市の1つである。それにもかかわらず、液状化の発生は限定的なものであった。昨年の鳥取県西部地震における境港市竹内工業団地が新しい埋立地であるのに対し、瀬戸内沿岸では古くから干拓・埋立が行われており比較的古いということ、地盤の非線形化に影響する地震動のやや



長周期成分が小さいこと等が主な理由と思われる。

#### (5) 宅地擁壁等

芸予地震で震度5強を記録した広島県呉市では、地震による住宅被害が深刻化していた。県全体で屋根の破損などを含めた損壊家屋約18,000棟のうち、4,000棟近くが同市に集中している。この被害状況は、死者1名、重軽傷者55名の人的被害のほか、全半壊10棟を含む建物の損壊2,600棟、急傾斜地が多いことによる擁壁や斜面などの崖崩れが218か所もあり、すり鉢状の斜面に密集する木造住宅の被害が目立っていた。

被災した宅地擁壁は、ほとんどが第二次大戦以前の老朽化した空石積擁壁であり、1961(昭和36)年宅地造成等規制法以前の擁壁である(写真-2)。



写真-2 呉市西中央5丁目お寺の空石積擁壁の崩壊

#### ライフライン被害

ライフライン被害で市民生活に最も大きな影響を及ぼしたものは上水道被害である。呉市および川尻町と下蒲刈町などの離島部8町で断水が生じ、最大で32,910世帯が断水した。しかし、地震翌日の25日午後3時には呉市の21,000世帯が、離島部においても27日までにすべての断水が解消した。

4月3日までに明らかになった呉市の配水管被害箇所は15か所である。配水管敷設延長距離は約900kmであるので、被害率は約0.017か所/kmとなり、決して大きな値ではない。

広島市においては配水管で10か所、給水管で749か所の被害が生じたが、断水は生じなかった。広島市の配水管敷設延長距離は約4,000kmであるので、被害率は約0.003か所/kmとなる。また、広島県企業局が供給している工業用水では、呉市で口径9,000mmのダクタイル鋳鉄管に漏水が生じた。

中国電力によると、広島、岡山、山口の各県で地震直後に合計48,000戸で停電したが、同日午後7時過ぎまでには復旧した。また、四国電力によると愛媛県内で約6,800戸、高知県で約1,200戸が一時停電し、午後5時過ぎに復旧した。なお、愛媛県の伊方原子力発電所と島根県の島根原子力発電所にはそれぞれ異常がなかった。

NTT西日本によると、地震直後から安否確認の通話が集中し、広島県、愛媛県などで通話が輻輳したので、午後10時20分まで通話を規制するとともに、広島県、愛媛県、山口県の3県を対象に災害用伝言サービスを開始した。24日午後11時までには約7万件の利用があった。平常時の通信サービス状態に戻るとともに利用者が少なくなり、29日午後5時に同サービスは終了した。

#### 地震防災

兵庫県南部地震以降、広島市では災害に強いまちにするためには各種施設の構造を補強するとともに、震後の救援、被害の拡大防止を円滑に行うための準備が必要であると考え、リアルタイムで被害状況を把握する地震情報ネットワークシステム<sup>5)</sup>が整備された。このシステムは、断片的に寄せられるであろう通報だけに頼らず、被害の全貌を客観的資料により把握・整理し、円滑な震後対応の判断材料を提供しようとするものである。

今回の地震によりこのシステムが実際に稼働し、観測情報と被害予測情報を提供したが、震度5強の地震により大きな被害を受けた都市においてリアルタイムシステムが実際に稼働したのは全国ではじめての事例である。ホームページ<sup>6)</sup>で公開されたこのシステムの観測情報と他機関<sup>7)</sup>の加速度記録のピーク値と計測震度を表-1示す。

#### 災害対応

今回発生した芸予地震での人的被害では死者2名、負傷者262名となった。最も人的被害が大きかったのは広島県で、死者1名、負傷者194名を出している。地震発生が土曜日の午後であったため、家庭や屋外で被害にあったケースが多かった。

広島県、山口県、愛媛県の負傷事例78件であった。今回の地震でも室内散乱、転倒により多くの負傷者が出ており、店舗、工場での負傷、避難途中での事故、ブロックによる負傷が続いている。岩国市、呉市、安浦町、黒瀬町、熊野町、音戸町で地震発生時の対応やその後の情報入手、情報の発信について聞き取り調査を行った結果、多くの自治体で地震直後に自発的な参集が行われていたことがわかった。

今回の地震では、多くの行政がインターネットのホームページにより災害情報の発信を行っている。2000年鳥取県西部地震に比べ、芸予地震ではインターネットによる情報の提供が多くなされたが、これは、地震後停電がなかったことや庁舎の被害が軽微であったこと、プロバイダのサーバが無被害であったことがあげられる。

### まとめ

今回の地震被害調査で得られた知見、および今後の課題は以下のとおりである。

- (1) 震源がやや深かったため広域で震度5程度の強い揺れが観測され、被害も広域で発生したが、2000年鳥取県西部地震よりも震源周辺域での揺れは小さかった。
- (2) 干拓地・埋立地が多いにもかかわらず、液状化の発生は限られたものであった。埋立年代との関係を今後評価する必要がある。
- (3) 今回の地震では床掘置換工法を採用している港湾施設での被害が目立つ。過去にこの工法を用いて建設された既存施設が多いので、それらの施設の耐震補強が今後の課題である。
- (4) 道路斜面被害は、風化した花崗岩の表層部分が地震動によって崩壊したものである。今後、風化を考慮した点検が課題である。宅地斜面被害は、盛土部の斜面天端が地震動により沈下・亀裂を生じたものである。また、斜面天端の許容残留沈下量および緑地帯等の土地利用のあり方の検討も必要である。
- (5) 宅地擁壁等被害に関しては、急傾斜地上の宅地の老朽化した擁壁が崩壊した。今後、宅地擁壁の点検要領の整備及び補強対策が急務である。
- (6) 防災拠点などの重要施設ばかりではなく、離島部などの応急給水を行いにくい場所についても耐震化の優先順位を高くしておく必要がある。
- (7) K-net, Kik-netによって広い範囲で強震記録が公開され、地中の地震動が同程度でも地形・地質の影響によって地表地震動の記録に大きな違いが確認された。今後の地域地震防災に役立てるためには、これらのデータを用いた被害分析を進めることが重要である。

調査団 野田 茂(団長:香川大学工学部:総括), 麻生稔彦(山口大学工学部:港湾・土構造物被害), 磯山龍二(日本技術開発(株)環境防災事業部:橋梁被害), 清野純史(京都大学工学研究科:地盤震動), 末富岩雄(佐藤工業(株)中央技術研究所:地震動, 地盤震動, 地盤災害), 高橋良和(京都大学工学研究

表-1 広島市内の観測点

観測点		最大加速度 (cm/s <sup>2</sup> )			計測震度	
		NS	EW	UD		
広島市地震情報ネットワーク	中区	広瀬北公園	200	249	150	5.3
	東区	牛田浄水場	369	431	90	5.0
	南区	環境局南工場	224	189	187	4.8
	西区	消防航空隊基地 (GL)	188	189	139	5.2
		" (GL-8m)	127	119	126	-
		" (GL-21m)	172	159	107	-
		" (GL-36m)	117	113	103	-
	安佐南区	広島広域公園	224	196	60	4.4
	安佐北区	広島市防災センター	207	272	126	4.7
	安芸区	矢野新町公園	146	136	165	4.8
佐伯区	美の里公園	219	203	111	5.3	
K-net	広島	254	259	233		
Kik-net	広島	97	138	51		
港湾地域強震観測網	広島港	167	238	283		

科:道路・橋梁被害), 瀧本浩一(山口大学工学部:災害対応), 野津 厚(独立行政法人港湾空港技術研究所:港湾被害), 橋本隆雄(榊千代田コンサルタント都市計画部:斜面災害・宅地地盤災害), 古川 智(中電技術コンサルタント(株)解析技術部:地震防災), 宮島昌克(金沢大学工学部:ライフライン被害). 被害報告の詳細は<http://www.jsce.or.jp/>にて公開中。

謝辞 本報告においては、港湾(広島)関連は大槇正紀氏(独立行政法人水産総合研究センター水産工学研究所), 災害対応関連は村上ひとみ氏(山口大学理工学研究科)にもご協力いただきました。また、山口県関連の被害調査では、山口県大島土木事務所, 山口県岩国港管理事務所, 大島町役場, 美和町役場より資料を提供していただきました。この場を借りて御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1 - 地震予知総合研究振興会ホームページ: <http://www.adep.or.jp/>
- 2 - 総理府地震調査研究推進本部地震調査委員会: 日本の地震活動 - 被害地震から見た地域別の特徴, (財)地震予知総合研究振興会地震予知研究センター, 1997.
- 3 - 広島市: 広島市西部開発事業誌, 1983.
- 4 - あるくみるきく: 特集・三原, 近畿日本ツーリスト, No.108, 1976.
- 5 - Sasaki, Y., K. Fujiwara, F. Miura, H. Konishi, S. Furukawa: Development of the seismic disaster information system for HIROSHIMA CITY, 12WCEE, 2000.
- 6 - 広島市消防局: 地震情報ネットワークシステム (<http://www.shobou.city.hiroshima.jp/>)
- 7 - 独立行政法人防災科学技術研究所: K-net, Kik-net, 国土交通省港湾技術研究所: 港湾地域強震観測網.