

地球システム総合研究所 正会員 ○前原 博
建設工学研究所 櫻井春輔

1. はじめに

当学会関西支部と近畿地方整備局および地盤工学会の昨年の年次講演会で、海震の事例と鉛直波動による橋脚の破壊例を紹介した^{1,2,3)}。その中で「海震により船が損傷を受ける時の地震波は粗密波という常識が、地震工学や耐震工学に欠けている」ことを指摘した²⁾。

また海震の特徴として、余震毎に何度も発生し、当時の普通の地震計では測れない周波数の 60~70Hz 程度の粗密波が観測された例や、破壊的な粗密波は本震の後からも発生していることを説明した²⁾。

旅客船に関して新たに入手した資料⁴⁾ から明石海峡付近の兵庫県南部地震発生時の位置を図-1 に示す。前述の破壊的な粗密波が本震の後からも発生している事実は、図-1 の「あさぎり丸」と「クイーンダイヤモンド」のフェリー 2 隻の船長の証言⁵⁾ から判明したものである。

2. 海震で器具が損傷した新たな証言

播磨灘を航行中の「フェリーおおさか」の船長と乗船中の同社管理部参事の下記の趣旨の証言が得られた⁶⁾。

船長(就寝中)は震央距離約 28km の位置で約 30 秒位、異常な振動と音を感じ、物の落下音で起きた。参事の方は強烈な上下動の震動でたたき起こされ、ベッドの上で体が四、五回バウンドした思いをした。震動が治まった後船内放送を聞き船室を出て、A デッキへの階段の吹き抜け部分のシャンデリア 2 個が落下し粉々に碎け散ったのを見て、震動の強さを実感したとの証言である⁶⁾。

この証言は兵庫県南部地震の海震で、粗密波による物損を生じた事実を伝える貴重な証言である。

3. ピルツ橋の倒壊原因の見直し

図-2 はピルツ橋の倒壊区間約 650m を西側の低い高度から縦断的に見た航空写真⁷⁾ で、縦向きに見る写真を横にして、高欄側面の白い線の下がり具合を見やすくしてある。倒壊橋脚が 17 基の当区間は直線状で縦断勾配は小さく作られていた。図-3 に倒壊した柱の代表例⁸⁾ を示す。このような壊れ方を全ての柱がしていると、図-2 に示す高欄側面の白線は下側に大きく下がる事はないので、下がった部分に着目する。

倒壊区間の中央部で大きく下がった部分の橋脚は神 p133 と神 p134 である。橋脚神 p133 の破壊状況を



図-1 明石海峡付近の航路と旅客船の位置図⁴⁾



図-2 ピルツ橋倒壊区間の斜め航空写真⁷⁾



図-3 倒壊ピルツ橋脚の代表例⁸⁾

図-4 に示す。図-4 では柱基部の鉄筋の一部が南側に曲がっている。柱上面側の鉄筋は図-3 のように梁下までかぶりコンクリートを剥がしておらず、上側鉄筋にはたるみが見られる。柱のコンクリートの破壊部の形状が異なっており、図-4 の柱は南側にズレ落ちた後、北側に倒壊した事を示している(1 基のみ南にズレ落ちた)。

倒壊区間の西より 1/3 付近でV字型に下がっている部分の橋脚は神 p136 で、その柱基部の破壊状況を図-5 に示す。破壊部の引張領域の鉄筋にまで、直角状のクビレが認められ、柱は倒壊前にクビレの分布線に沿ってズレ落ちた事を示している。図-4 と図-5 では柱がズレ落ちたと思われる断面近くに白い点線を、また比較のために図-3 を縮小して両図に付けている。

ズレ落ちて短い柱の橋脚は中間に 4 基あり、神 p134 と神 p140 は北西側に落ち、全体を北に倒す原因をなしている(当 2 基の破壊部は北西に拡大、写真は割愛)。

付近の住民の証言を調べ直すと次の証言⁵⁾が見つかった。「(略)・・・とても立ってはおられない。タンスが飛んできた。‘もうアカン、ビルが倒れる’と思った最初のゆれが治まった。時計は 5 時 48 分。階下の孫二人が気になり屋外階段の踊り場に出て、降りようとした瞬間背後で大音響が。振り向くと(・略・)高速道路が横倒しになってゆく。衝撃で体が浮き上がる。スローモーション映画を見ているようだ⁵⁾。・・・(略)」

大音響がしたのは 5 時 48 分より後であり、短い柱の橋脚はその時にズレ落ちたと推定される。既存の水平震動に対する時刻暦解析の結果⁹⁾では、鉄筋は塑性域に入った段階にしか至ってなく、軸圧縮破壊を起こすには自重相当の荷重では起こらず、鉛直粗密波の影響が加わった事を証言は裏付けている。この証言は破壊した時に時間差がある事も裏付けており、海震の破壊的な粗密波の 1.節の証言と一致し大変重要である。

4. まとめ

以上に述べたように橋脚の破壊状況と証言を見直すと、大きな水平動で損傷を受けた後に、破壊的な粗密波を受け、複合した破壊を示す事例が他にも多く存在すると想定される。現在の耐震工学にはこの視点が欠けており原子力関連施設の安全性にも関係する重要な事柄であり、地震時の破壊状態を見直す必要がある。

参考文献

- 1) 前原博, 櫻井春輔: 構造物の特徴的な地震時破壊例と関連事象による新しい見解, 土木学会関西支部 平成 24 年度年次学術講演会, I-48, 平成 24 年 6 月。
- 2) 前原博, 櫻井春輔: 構造物の地震時衝撃破壊の代表例について, 国土交通省近畿地方整備局 平成 24 年度年次研究発表会, 防災・保全部門 No.19, pp1-4, 平成 24 年 7 月。
- 3) 前原博, 櫻井春輔: 高架橋の柱の典型的な地震時衝撃破壊事例, 第 47 回地盤工学研究発表会, 745, B-04, 2012 年 7 月。
- 4) 神戸海運監理部運航部運航管理官: 平成 7 年 1 月 17 日 5 時 46 分「そのとき旅客船は・・・」アンケート報告, pp3,22, 平成 7 年 8 月。
- 5) 園田恵一郎, 小林治俊, 長野圭: 兵庫県南部地震一初期上下動の証言について, 大阪市立大学工学部紀要・震災特別号別刷, pp191-192,234, 1997.1。
- 6) 大阪フェリー協会: 窮して通ず, 阪神大震災フェリー対策協議会活動記録, pp64,69-70, 平成 8 年 1 月。
- 7) 朝日新聞社: 報道写真全記録 大震災一年, pp4, 1996 年 1 月。
- 8) 阪神高速道路管理技術センター: 阪神高速道路 震災から復旧まで[写真集], pp191, 平成 9 年 1 月。
- 9) 阪神高速道路公団: 大震災を乗り越えてー震災復旧工事誌ー, pp191, 平成 9 年 9 月。

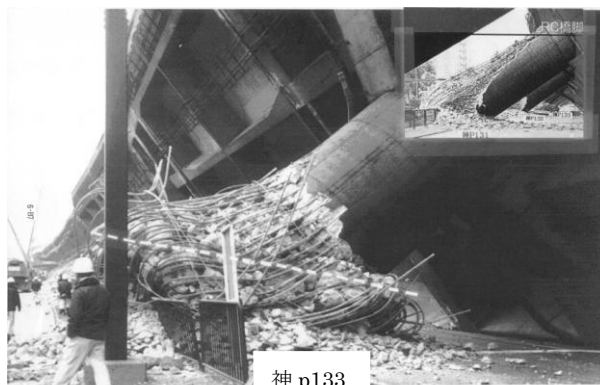


図-4 橋脚神 p133 の柱の破壊状況

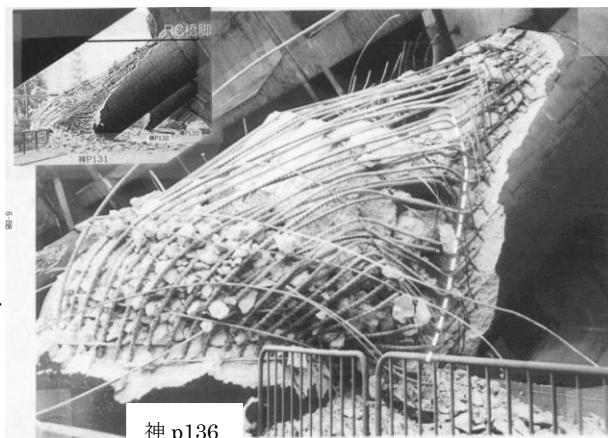


図-5 橋脚神 p136 の柱の破壊状況