

特別講演Ⅱ

兵庫県南部地震によるPC構造物の 被害について

オリエンタル建設株式会社

常務取締役技術部長 鈴木素彦

1. はじめに

平成7年1月17日午前5時46分に発生した兵庫県南部地震により阪神淡路地区において、5500人にも達する尊い人命が失われるとともに膨大な数の構造物が壊滅的な被害を受けた。地震の直後、阪神高速道路神戸線のピルツ構造の高架橋や新幹線PC高架橋の落橋が大々的に報道された。PC技術協会ではこの事態を重大視し、急遽本協会内に兵庫県南部地震PC構造物震害調査委員会(委員長 鈴木素彦)を設け、PC構造物の被災状態を調査することとなった。本文は上記調査委員会がまとめた報告書にもとずき、PC構造物の被災状況について要約したものである。

2. 兵庫県南部地震

兵庫県南部地震の概要は次の通りである。

- 1) 発生時刻 1995年1月17日(火)午前5時46分
- 2) 震源位置 兵庫県淡路島北端付近(北緯34度36分 東経135度03分)
深さ 地下約14KM
- 3) 地震の規模 マグニチュード 7.2
- 4) 各地の震度 図-1による
- 5) 地震の原因 断層の活動による。淡路島側から神戸側へ3つの断層が11秒間に次々と動いたとされる。第一と第三では西側が北に動いた横ずれ断層発生、第二では第一第三と同様西側が北に動いた横ずれ断層と西側が上になる縦ずれ断層が同時に発生。
- 6) 特徴と被災の規模 大都市直下型地震
観測最大加速度の例
水平方向 南北 818GAL(場所:神戸市, 観測:海洋気象台)
上下方向 556GAL(場所:ポートアイランド, 観測:神戸市)
震度7(家屋倒壊率30%以上)を図-2に示す地域(淡路島北部、神戸市の須磨区、長田区、兵庫区、中央区、灘区、東灘区、芦屋市、西宮市、宝塚市)で観測。
死者 5500人
被害総額約九兆九千億円(平成7年3月1日 兵庫県発表による)
内訳 建築物 5兆8000億円
鉄道 3439億円
高速道路 5600億円
公共土木施設 2637億円(高速道路を除く)
港湾 1兆400億円
その他 1兆9236億円
合計 9兆9312億円

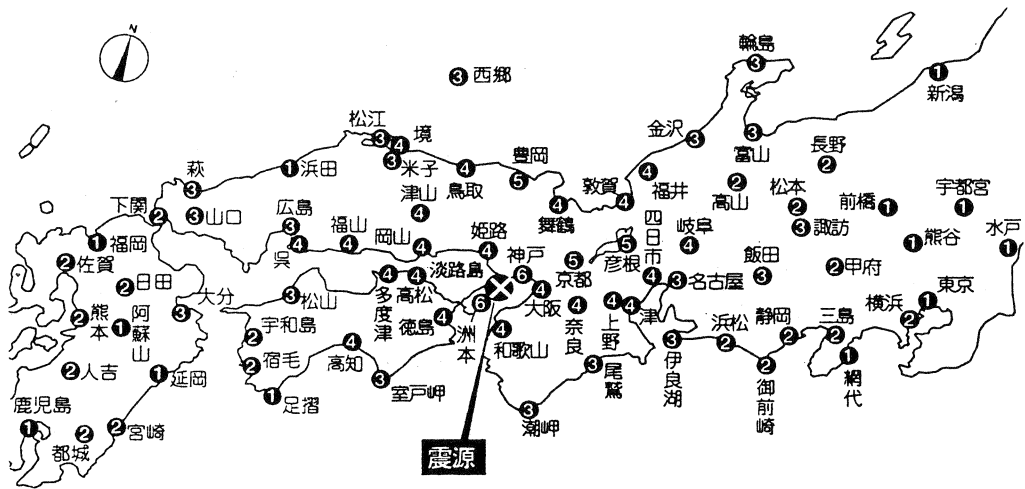


図-1 各地の震度（朝日新聞1月17日号より転載）

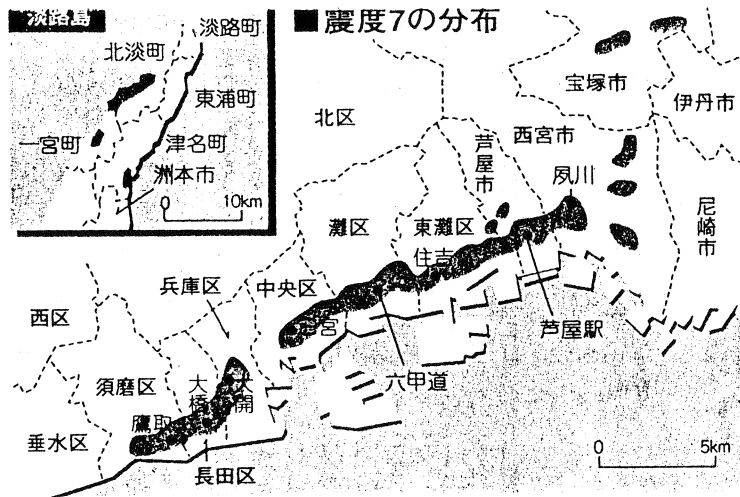


図-2 震度7の分布（朝日新聞2月8日号より転載）

3. 震害

PC構造が採用されている橋梁、建築、容器、および港湾構造物について、施工中の構造迄含めて被災状態を調査した。その際、部分的にPC構造が採用されている建築構造物も調査の対象に含めた。

3. 1 橋梁

1) 被災状況

調査は最も大きな被害を受けた兵庫県を中心に約1470橋について行った。

このうち、極々軽微なものを含めなんらかの損傷を受けた橋梁が210橋あった。

損傷の程度が極々軽微な橋梁を除いた97橋について更に詳しく調査を行った。

それらをまとめると表-1、2のようになる。

表-1 橋梁の被災状況の一覧表

(件)

発注者		既設橋		施工中		計
		落橋	損傷	落橋	損傷	
建設省	近畿地建	1	1		2	4
府、県、市	兵庫県		10		2	12
	大阪府		2		3	5
	神戸市		13			13
	伊丹市		4			4
	芦屋市		1			1
	尼崎市		1			1
	西宮市		1			1
日本道路公団			2			2
阪神高速道路公団		1	5		7	13
本州四国連絡橋公団					1	1
JR	山陽新幹線	2	20			22
	在来線	1	2			3
私鉄、その他	阪神電鉄	5	3			8
	阪急電鉄		2			2
	大阪市交通局		1			1
	神戸高速鉄道	1				1
	神戸市交通局		3			3
合計		11	71		15	97

表-2 橋梁の被災部位集計

(件)

被災 橋梁数	上部工					支承	下部工	
	主桁	横桁	床版	橋面	付属物		橋台	橋脚
97	49	16	8	23	12	54	21	33

2) まとめ

詳細に調査を行った97橋のうち、供用中の既設橋は82橋、施工中は15橋であった。さらに、道路橋と鉄道橋に分類すると、道路橋が57橋、鉄道橋が40橋であった。既設橋82橋のうち、道路橋で2橋、鉄道橋で9橋合計11橋が落橋した。

供用中の橋梁の被害の特徴

落橋した橋梁は、下部工が大きな損傷を受けている(写真-1、2、5、6参照)。上部工の損傷は軽微だが、下部工にかなりの損傷が認められる橋梁が多い(写真-3参照)。

主桁に損傷がある場合には、支承にも損傷が認められる。

主桁の損傷は桁端部や支承回りで局部的にコンクリートが欠落したり、ひび割れが発生したケースが多く見られる。

横桁は支承部やアンカーバーの位置で損傷を受けている。

床版の損傷は主に落橋ないし主桁の損傷と同時に生じていると考えられるが、一部拡幅工事に伴う継ぎ目部に生じている事例もある。

施工中の橋梁の被害の特徴

施工中の損傷は橋体が完成した状態での損傷が5件、桁架設後間詰め前の状態での損傷が5件(写真-4参照)、仮置き中の損傷2件、架設機械の損傷2件、支保工・型枠の損傷1件の計15件であった。



写真-1 阪神高速道路 高速神戸線 ビルツ橋

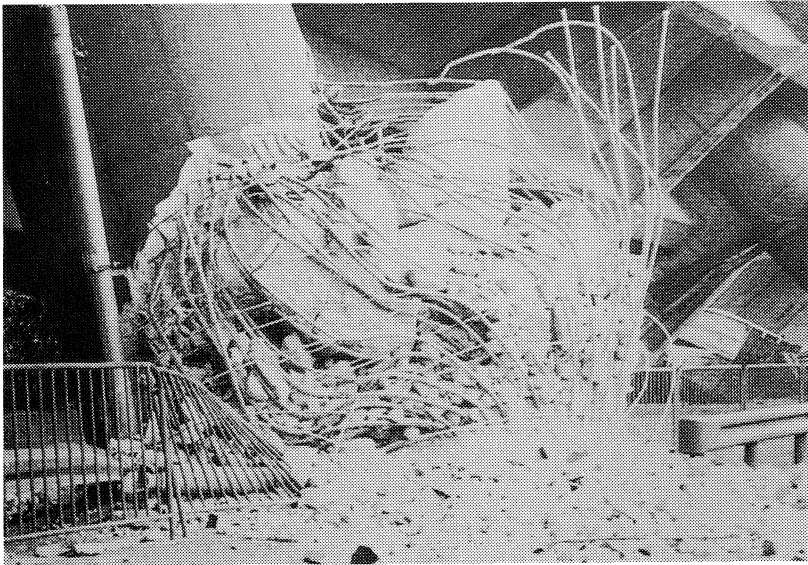


写真-2 阪神高速道路 高速神戸線 ピルツ橋の橋脚

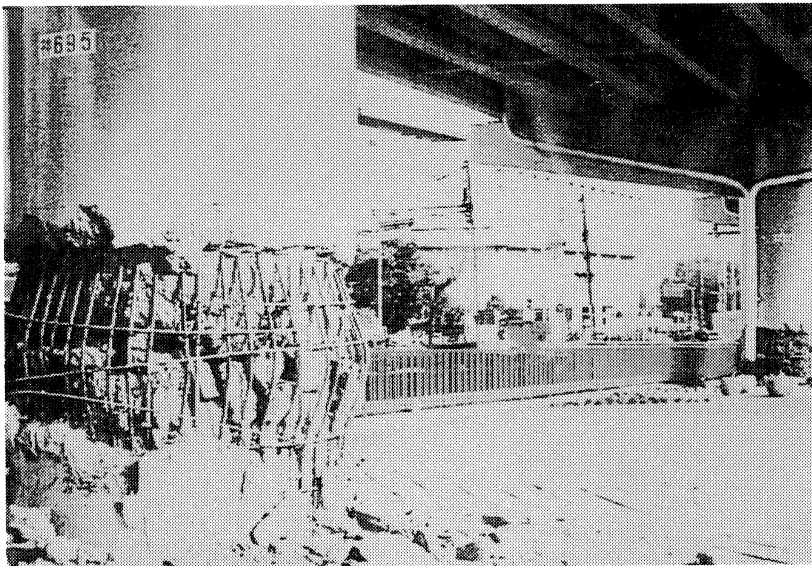


写真-3 阪神高速道路 高速神戸線 月見山工区 ポステン単純T桁橋

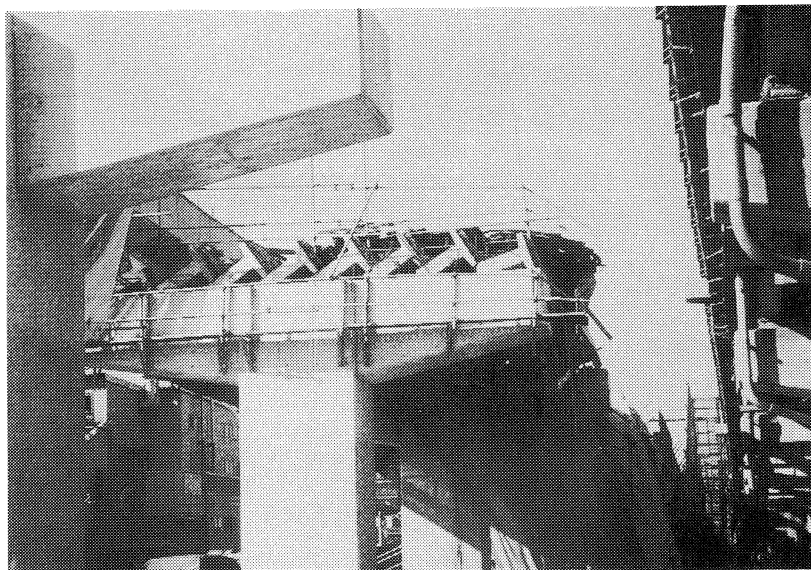


写真-4 施工中の国道176号線 久代高架橋 プレテン連結T桁橋

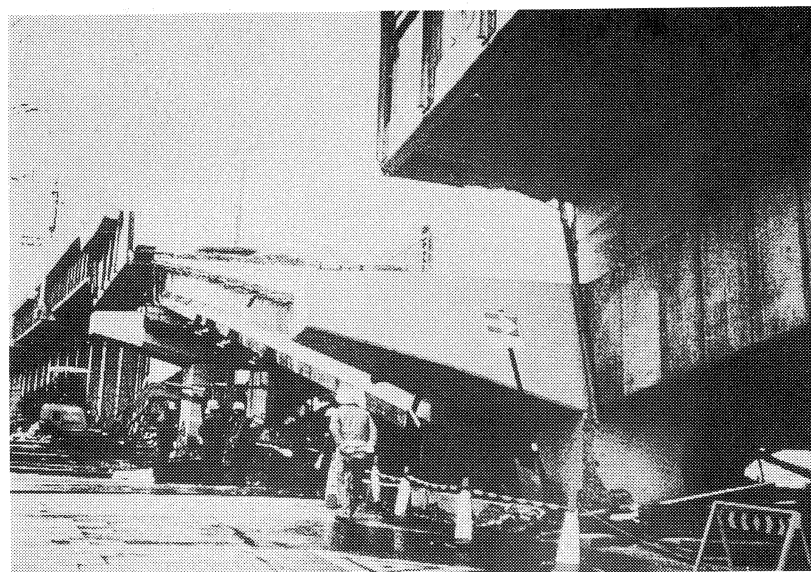


写真-5 J R山陽新幹線 阪急今津線橋梁 ポステン単純T桁橋

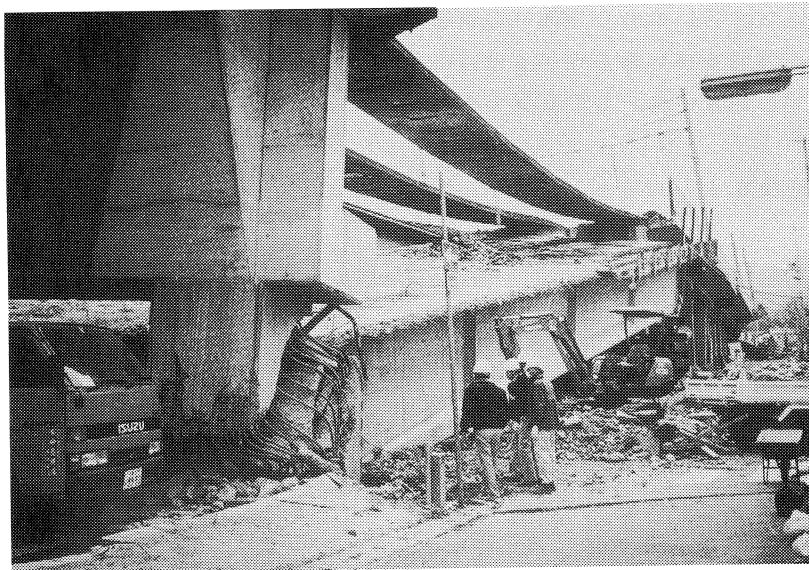


写真-6 JR東海道線 弓場架道橋 ポステン単純T桁橋

3. 2 建築

1) 被災状況

調査地域を震度6または7を記録した神戸市とその周辺の6市即ち芦屋市、西宮市、宝塚市、伊丹市、尼崎市、川西市とした。ただし淡路島全島を除外した。

これらの地域における調査建物の総数は163等棟に達した。そのうちプレキャストPC造建物が60棟、場所打ちPC造建物が103棟であった。

調査にあたって次のように構造をさらに細分化した。

I-1 プレキャストPC造の主要耐震部材(梁、柱、耐力壁)を用いた建物

I-2 主要耐震部材以外の部位にプレキャストPC造部材(屋根、床スラブ、小梁等)を用いた建物

II-1 場所打ちPC造の主要耐震部材を用いた建物

II-2 主要耐震部材以外の部位に場所打ちPC部材を用いた建物

また被害の程度を次のように4段階に分類した

A: 無被害、または補修を要しない程度の軽微な損傷

B: 建物あるいはPC造部材の構造性能に影響を与えない程度の軽度な損傷でかつ、簡単な補修を要する程度の被害

C : 建物あるいはP C造部材の構造性能に影響を与える損傷で、かつ、大規模な補強および補修を要する被害

D : 他のあるいはP C造部材の崩壊、または補強および補修が不能な程度の被害

調査結果をまとめると表-3のようになる。

表-3 建築の被害状況一覧表

建物の分類	構造全体の被害度				P C部材単独の被害度				合計
	A	B	C	D	A	B	C	D	
I-1 プレキャストP C造建物	11	0	0	0	11	0	0	0	11
I-2 プレキャストP C造部材	39	8	2	0	42	5	0	2	49
II-1 場所打ちP C造建物	87	1	0	1	89	0	0	0	89
II-2 場所打ちP C造部材	14	0	0	0	14	0	0	0	14
合計	151	9	2	1	156	5	0	2	163

2) まとめ

I-1 プレキャストP C造の建物の調査件数は11棟で、いずれも無被害であった。

I-2 非主要部材にプレキャストP C部材が使われている建物が49棟あった。そのうち、プレキャストP C造部材に損傷を受けたものが7棟で、うち支持部材の損傷によるP C造部材の落下損傷が2棟、軽微な被害を受けたものが5棟あった。その他、プレキャストP C造部材に損傷はないがその支持部材に軽微な被害を受けたものが3棟あり、49棟のうち10棟が被害を受けた。

II-1 場所打ちP C造建物89棟を調査した。2棟が被害を受け、うち1棟は鉄骨造部分が半分崩壊し、かつR C造部分においても柱の半数がせん断破壊を起こしていたが、P C造部材は全く被害を受けていなかった。もう1棟は建物の外周に配置された飾り柱頭部に被害を受けただけでP C造部材は全く被害を受けていなかった。

II-2 非主要部材に場所打ちP C造部材を用いた建物14棟を調査したが、建物およびP C造部材とも被害を受けたものはなかった。

3. 3 容器

1) 被災状況

調査地域を兵庫県、大阪府、京都府、奈良県、および和歌山県とした。これらの地域において、調査の対象となったP C容器の総数は225であった。そのう

ち配水池が209件、その他が調整池、調圧水槽、ファームポンド、LNG防液堤等である。内容はLNG防液堤を除き、全て水であった。

その結果、容器としての機能に影響する損傷を受けたものが2件、内1件は側壁下端部ひび割れが入り貯留水が流出し、他は側壁より漏水が認められた。その他外壁タイル剥離等非構造体の極軽微な損傷が認められたものが8件あった。残り215件は全く損傷が認められなかった。

2) まとめ

調査結果をもとにして、各府県別に被災状況をまとめると表-4の様になる。

表-4 容器構造物の被害状況一覧表

府 県 名	調査対象 容器構造物数	機能に影響する 損傷を受けた数	軽微な損傷数	損傷なし
兵 庫 県	105	2	2	101
大 阪 府	31	0	2	29
京 都 府	40	0	3	37
奈 良 県	35	0	1	34
和 歌 山 県	14	0	0	14
合 計	225	2	8	215



写真-7 西宮市立甲東小学校体育館 プレキャストU形PC屋根版



写真-8 グランド六甲ボウル 場所打ちPC造一部S造（S造側から撮影）

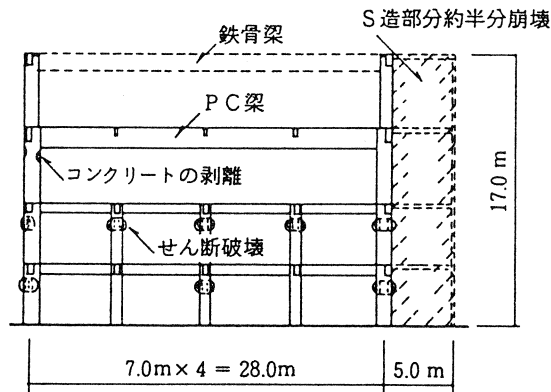


図-3 グランド六甲ボウルの立面図

3. 4 港湾構造物

被災状況とまとめ

兵庫県をはじめ、大阪府、徳島県の港湾施設は大きな被害を受けた。特に神戸港は壊滅的な打撃を受け、被災直後に使用可能であった岸壁はわずか数バースに過ぎなかったと言われている。岸壁は大部分重力式の鉄筋コンクリートケーソンで造られていることが多いが一部は杭の上に床を乗せた栈橋形式が採用されている。RCケーソン式岸壁は激しい地震動により、大部分のケーソンが海側に滑動、傾斜、沈下し、さらにその背後の地盤が陥没することにより、港湾施設としての機能を失ってしまったのである。

調査は神戸港に限定して行った。P C構造使用例はきわめて少なく、わずかポートアイランドの海上保安庁大型巡視船用栈橋の上部工が唯一の実績であった。この栈橋はP C単純中空床版構造で、隣接のR C床版栈橋の連絡橋として用いられていた。下部港工の沈下で、上部工も橋面が沈下傾斜した。

4. おわりに

地震発生直後にP C技術協会としてはただちにP C構造物の震害について調査・研究を行う必要性を感じ「兵庫県南部地震P C構造物震害調査委員会」が平成7年2月1日に発足させ、短時間でまとめるべく幹事会を中心に資料収集・整理を行い、3回の委員会を経て「兵庫県南部地震P C構造物震害調査報告書」をまとめた。調査期間が短期間であったので必ずしも全てのP C構造物を調査した結果ではないが、大部分のP C構造物について調査を行ない資料を収集し整理・分析を行うことができたと考えられる。本文はこの調査報告書の抜粋である。

この調査結果からは、P C部材が地震の影響を直接受けるような部位にあまり使用されていなかったこともあって全体的にP C構造物の震害は軽微なものであった。P C構造物の震害について、今後詳細な調査・分析が行われる際には、本報告書が非常に参考になると思われるので大いに活用されることを願う次第である。