

1. まえがき

阪神淡路大震災により被害を受けた数多くの橋梁の一つに、第二摩耶大橋がある。この橋は、新港第八突堤と摩耶埠頭の間の水路を跨ぎ、P2, P3 橋脚は護岸部に設置されている。中央径間長 210m、側径間長 75m、総幅員 18m の 3 径間連続鋼床版 2 箱桁橋である。橋脚は鉄筋コンクリート製である。上部工の荷重のほとんどは、2 つの中間支点橋脚 (P2, P3) で支える構造であり、支承桁は全部で 14 基、端支点ベンデルは 4 基ある。基礎に関しては、P2, P3 橋脚ではニューマチックケーソン、P1 橋脚では場所打ち杭基礎、P4 橋脚では鋼管杭基礎である。基礎下端は -26m となっており、地震動を入力させる工学的基盤面は -61m である。

また、この橋梁の被害の特徴¹⁾は P2, P3 橋脚躯体に異なるせん断破壊が発生した事と、特に大きな被害を受けた橋脚が可動側の橋脚 (P3) である事である。そこで本研究では、この橋梁を対象とし、有限要素法プログラム T-DAP を用いて動的応答を求め、被害に至った過程を追跡した。

2. 解析モデル

上部構造・橋脚・基礎を骨組みでモデル化して、支承と基礎—地盤はバネでモデル化した。

ケーソン基礎のモデル化は、「基礎・地盤・構造物系の動的相互作用」²⁾に準拠した。ただし、使用プログラムの制約から、連成バネは考慮しないものとした。また、深さ方向の入力地震動の違いを考慮するため、ばねを深さ方向に分散させた。

杭基礎は動的相互作用の影響考慮せず、道路橋示方書に準拠したバネとした。また、周囲は軟弱な砂層がないので液状化は考慮しなかった。

支承はせん断方向の Bi-Linear モデルでモデル化した。橋梁構造の各部は全断面有効の剛性を用い、地盤は地震応答解析結果にもとづく等価剛性を用いた。また、被害の大きかった P2, P3 橋脚の鉄筋コンクリート部材では非線形性を考慮するものとし、非線形モデルは「武藤モデル」を用いた。

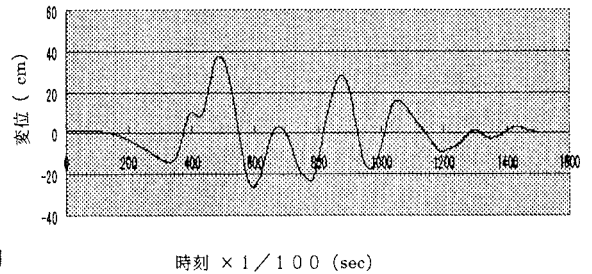


図1 入力地震動 (変位波形 E-W 成分)

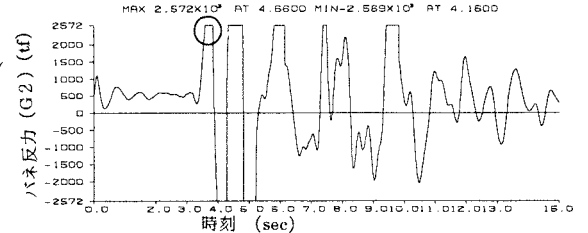


図2 支承の時刻歴応答反力 (P2 橋軸方向)

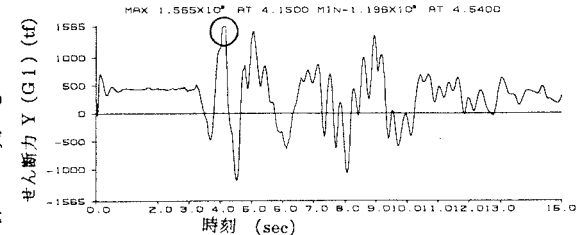


図3 段落し部のせん断力 (P3 橋軸方向)

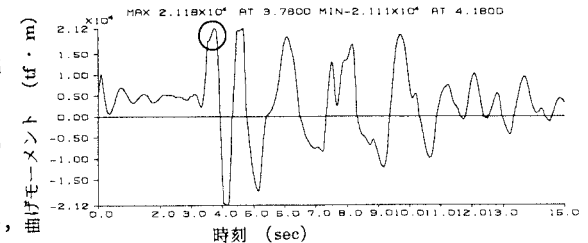


図4 段落し部の曲げモーメント (P2 橋軸方向)

キーワード：材料非線形，有限要素法，橋梁の動的解析，破壊過程

連絡先：〒169-8555 東京都新宿区大久保 3-4-1 51 号館 16F-01 TEL(FAX).03-5286-3852

入力地震動は兵庫県南部地震のポートアイランド（基盤-72m）での観測加速度波形から、SHAKEによって各層での変位波形を求め、使用した。この入力地震波形を図1に示す。

3. 解析結果

「サブスペース法」を用いて、固有値解析を実行した。上部工の変形が卓越する1次～3次モードの固有周期は2.0, 1.6, 0.9秒であり、橋軸方向におけるP2橋脚の卓越周期は5次モードで、周期は0.67秒、P3橋脚は14次モードで、周期は0.34秒であって、橋軸方向でP2,P3橋脚の卓越周期が異なるのは、P2が固定支承で、P3が可動支承のためと考えられる。橋軸直角方向は、両橋脚とも卓越周期は11次～13次で0.37秒である。

次に、NewMark β 法を用いて、時刻歴応答解析を実行した。支承反力、橋脚断面のせん断力、曲げモーメントの時刻歴応答を各々図2～図4に示す。それらの時刻歴応答から得られた橋梁各部における破壊の順序を表1及び図5に示した。

まず、第1波でP2橋脚の支承（橋軸）、段落し部（橋軸）、橋脚基部（橋軸）のせん断破壊が先行し、すぐ後、部材が降伏曲げモーメントに達した。

続いて第2波で、P3橋脚の支承（橋軸）、段落し部（橋軸）、基部（橋軸）がせん断破壊をして、その後すぐ、降伏曲げモーメントに達した。またP1, P4橋脚の支承（直角）もせん断破壊し、橋軸方向もほぼ同時に破壊した。

それ以降の波で、P3橋脚基部の直角方向で、せん断破壊が生じたという結果になった。

4. まとめ

今回の解析結果より、破壊の実態の説明の可否を述べる。P2橋脚では山側沓座部圧壊後、そこから下方に斜めせん断破壊をし、P3橋脚では段落とし部にて水平せん断破壊とコンクリート崩落が実態であるが、P2橋脚の破壊は説明できない。P3橋脚については、基部がわずかに先に破壊に至ることから、段落し部のせん断強度が思いの外小さかったのではないかと推定できた。また、P3橋脚上の支承の破損は、段落し部が壊れた影響によるとも考えられる。その他の支承に関しては、せん断破壊により、沓が破壊・脱落した物と思われる。また、解析結果ではP2橋脚の段落し部、基部それぞれでせん断破壊が生じているが、実際はせん断破壊していない。このように被害形態と今回の地震応答解析とは必ずしも一致しておらず、この違いについては今後検討する必要がある。

5. 参考文献

- 1) 運輸省 他：1995年兵庫県南部地震による港湾施設毎の被害報告書，平成9年1月，pp.1522～1549
- 2) 土木学会耐震工学委員会：基礎・地盤・構造物系の動的相互作用，平成4年9月

表1 破壊の順序

橋脚	位置	方向	破壊形態	破壊時刻	順序	
P2	支承	橋軸	せん断	3.61	①	
		直角	せん断	-----		
		鉛直	圧壊	-----		
	橋脚段落し部	橋軸	せん断	3.49	①	
			曲げ	4.18	②	
		直角	せん断	-----		
			曲げ	-----		
		橋脚基部	橋軸	せん断	3.5	①
			直角	せん断	3.78	①
	P3	支承	橋軸	せん断	4.07	②
直角			せん断	-----		
鉛直			圧壊	-----		
橋脚段落し部		橋軸	せん断	3.92	②	
			曲げ	4.06	②	
		直角	せん断	-----		
			曲げ	-----		
		橋脚基部	橋軸	せん断	3.9	②
			直角	せん断	4.18	②
P1		支承	橋軸	せん断	4.13	②
			直角	せん断	4.05	②
			鉛直	圧壊	-----	
	P4	支承	橋軸	せん断	5.07	③
			直角	せん断	4.05	②
			鉛直	圧壊	-----	

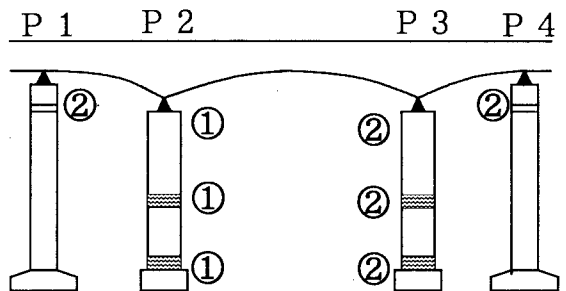


図5 破壊の順序