

震災フォーラム

第1回『地震動』

兵庫県南部地震とそれに伴う阪神・淡路大震災では、従来の学問上、技術上の蓄積だけでは解明できない種々の現象が生じました。これらの現象や必要な設計、工法などについては、専門家の間でも見解の大きく分かれているところです。こうした状況下で、観測された事実・データ等を公にし、諸見解を戦わせて真理の究明にあたるのが、土木学会の緊要な使命であると考えられます。そこで、学会誌では11月号より毎月テーマを設定して、現象の解釈や提案を簡潔にまとめて誌上討論する場を設けることに致しました。各専門分野でのより精密な研究の発表は、学術講演会や学会論文集に委ねなければなりません。学会誌では、ここに出される知見が、各分野での研究の契機となるとともに、各テーマの専門外の土木技術者にも共有され、広い視野からの洞察に資することを目的としています。

(土木学会誌編集委員会)

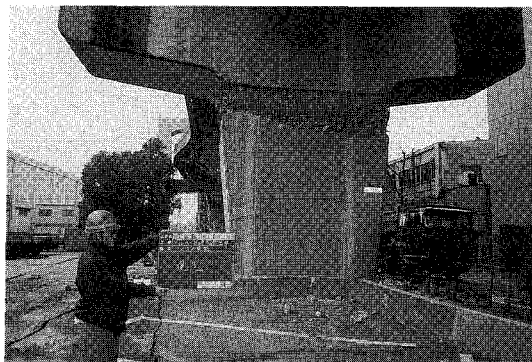
衝撃的突き上げのRC橋脚への影響

正会員 Ph.D.(株)鴻池組 土木本部第一技術部部长 小野 紘一 Koichi ONO

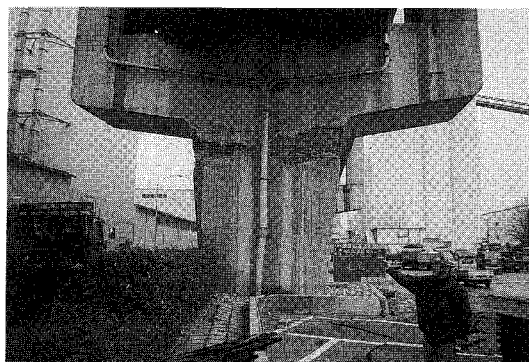
兵庫県南部地震後、まずRC橋脚を中心に調査した。橋脚の損傷など一目で「なるほど教科書通りだ」と推定できるものが見られた。なかには「なぜ、こんな所で壊れたのか」と最初は不思議に思ったものも、よく見ると鉄筋の段落し箇所であったりして納得がいった。しかしながら、脚柱を輪切りにしたようなひび割れラケット橋脚の柱天端部の破壊、煙突の中間部での損傷など、あたかも大きな軸引張力が作用したかのような現象も随所で見られた。

その後、「地震の時はどんな感じでしたか」とお聞きしたが、多くの人々が地震の初めに「ゴオー」という地鳴りのような音とともに突然突き上げる

ような揺れを感じた」と話されていた。しかし、発表されている激震地の地震記録にはこのような初期の衝撃的上下動は見られないようである。この食い違いは「やはり、人間の感覚はいい加減」なのか、いや「地震計がキャッチできないほどの衝撃力」であったのか筆者には結論は出せない。このため、簡単な骨組構造モデルを使い、神戸海洋気象台で観測されたNS成分を入力して試算した。その結果、T型橋脚や立体ラーメン、門型ラーメン橋脚の脚柱の曲げやせん断による破壊はかなりの精度で再現できた。また、UD成分を付加しても柱の曲げやせん断力には差異が出ないことも確認できた。しかしながら、この計算では柱の輪



東側



西側

写真-1 軸引張がきっかけとなったかもしれない損傷（橋脚基部にはひびわれなし）

切り状ひび割れやラケット橋脚の柱天端での破壊は再現できなかった。橋柱をフーチング部で固定されたパネとし、この先端に上部工が載っている単純なモデルを考え、これに地盤から柱を伝播してきた地震動による揺れが上部工を上方に突き上げると想定し、エネルギー保存の法則を使って引張応力を計算すると、平均的なT型橋脚では上部工に20 cm/s程度の入力で柱に輪切り状のひび割れが発生する結果が得られた。また、煙突にペー

スから衝撃力が入力されたとして波動方程式を用い、煙突内の軸応力を計算すると高さ50 m、外径4.7 m、内径4.0 mの煙突では50 cm/s程度の入力で、高さ30 m付近にひび割れが発生する結果が得られた。地震初期の衝撃的地震動によって断面にひび割れが発生し、この部分がその後の損傷や破壊のきっかけになった可能性もある。今後さらに検討を深めたい。

見逃されている衝撃的地震動

正会員 篠塚研究所技術部長 泉 博允 Hiromitsu IZUMI

今回の阪神・淡路大震災の直下型地震においては、衝撃的地震動が見逃されている。すなわち、地震動の初期の衝撃的P-波の値が地震計で観測されていないということである。もし、計測できたとすると、その加速度の値は500 000 galすなわち500 G程度で、波動の周期は1/1 000～1/10 000秒程度と推定される。その根拠は鋼管柱の座屈の被害の破壊形態が建設現場で見られる「杭打ちの座屈現象」と類似していることによる。すなわち、杭打ちにおける測定加速度の値は500 G程度であるからである。また、周期は鋼管やコンクリートの柱の座屈の幅50 cm程度より、1/1 000～1/10 000秒程度と推定される。この衝撃的地震動の存在は以下の被害状況からの推定となる。

- (1) 鋼製柱、コンクリート柱に圧縮・引張の破壊形態がみられる。幅も狭い。
- (2) 杭の全周にわたって均等に、きれいに壊れている。
- (3) 破壊スピードが非常に速いことが、脆性

的破壊から言える。

- (4) 海上の船が粗密波P-波により、エンジントラブルを起こしている。
- (5) 家具等が飛んでいる。

この衝撃的地震動の発生メカニズムはと言うと、杭打ちでは止まっている杭に重錘が衝突することにより衝撃波が生じるが、これと同じ現象が阪神・淡路大震災の直下型地震で起きたと考えられる。すなわち、地震における岩盤の破壊のスピードが伝播スピードより速かったために、止まっている表層地盤（止まっている杭に対応）に衝突したと推定できる。ちなみに、航空機でも、これと同じような衝突の衝撃波による破壊現象が見られている。すなわち、音速を越えるようになった戦闘機は、止まっている空気に衝突するようになり、衝撃波により、かつてない破壊を経験している。

この衝撃的地震動の存在により、今後、種々の問題が提起されることになる。

地震動のどのような性質が構造物をひどく壊したのか

正会員 工博 東洋大学教授 工学部環境建設学科 伯野 元彦 Motohiko HAKUNO

(1) 阪神・淡路大震災までは、大変大きい加速度記録が観測されるのに、その割には被害が軽

いが、それはなぜかを研究していた。たとえば、1年前のノースリッジ地震では、Tarzana 地点で