

## 南海地震に備えて

—高知地震防災研究会の取組み—

Disaster Prevention Program for Resistance to Nankai Earthquake in Kochi

## 四国支部

## 吉川正昭

Masaaki YOSHIKAWA

正会員 工博 高知工業高等専門学校教授 建設システム工学科

## 阪神・淡路大震災から1年目

阪神・淡路大震災直後の1995年4月から高知に住んで4年目になるが、これまで体感できる地震に遭遇したのは皆無といえる。それまで住んでいた茨城県つくば市では月に数回の地震があり、地震に対する取組みや耐震への関心は頻発する地域と差があることを実感する。当地では耐震関係の研究会もなかったため、建設業、コンサルタント、高知県庁に働きかけ、土木学会四国支部から助成金を受け、「南海大地震に備えた構造物の耐震設計手法に関する研究会」を1995年10月に発足させた。阪神・淡路大震災では古い基準で設計された構造物が大きな被害を受けた。これらの構造物は震度法による応力解析を前提とした許容応力度設計法での安全評価によるため、破壊形態を認識した設計や施工がなされていない。動的な振動現象を取扱うとき、震度法は便法であり、より現実に近い地震入力による応答解析と安全指標によって設計が行われる必要がある。研究会は阪神・淡路大震災の被害を調査しながら、2～3か月ごとに地震応答解析と安全評価について数名の話題提供者を招いて勉強会を開催している。

地震応答解析に必要な入力地震は、南海地震を対象とした。南海地震は高知から紀伊半島沖の太平洋海底の南海トラフで起こるマグニチュード（以下Mと略記）8クラスの巨大地震で、図-1に示すように過去の記録から明らかなものだけでも8回起きており、地震遺跡などから判断するとさらに多くの地震が発生していたと考えられる。日本書紀には天武13年の白鳳大地震について「死者多く」と記され、これが記録に残された最初の地震である。この地震から1946年の昭和南海地震まで同じ地盤の変状が生じているため、地震の発生機構が同じであることがわかる。また発生のようにも特徴があり、直前の地震が大きいと次の地震までの間隔が長くなり、小さいと短くなる傾向がみられる。安政南海地震と昭和南海地震の間隔は92年で、今年（昭和52年）は昭和南海地震から52年目となる。昭和南海地震は南海地震の歴史の中では規模が小さく、筆者の危険度解析によると、高知市の沖積地盤で加速度、速度、変位はそれぞれ約100cm/s<sup>2</sup>、約10cm/s、約2.5cmと推定される。次

の南海地震の発生は早く、60～70年間隔で発生する可能性もあるといわれている。南海地震が発生する20年ほど前から西日本の内陸部でM7クラスの地震が続発し、地震活動が活発化することが知られている。例えば、昭和南海地震前には1925年北但馬地震（M6.8、死者428名）、1927年北丹後地震（M7.3、死者2925名）、1944年鳥取地震（M7.2、死者1083名）などが起きている。阪神・淡路大震災直後に西日本は地震活動期に入つたと懸念されるのも、このような歴史的背景による。なお、過去最大級の634年の白鳳南海地震（M8.4）は、高知市では約220cm/s<sup>2</sup>、約25cm/s、約6.5cmであったと推定される。一般の動向と研究会で検討した内容を表-1に示す。

## 阪神・淡路大震災から2年目

研究会の名称を「地震防災と環境に関する研究会」と改め、次の南海地震に対する警報が発せられたとの認識のも

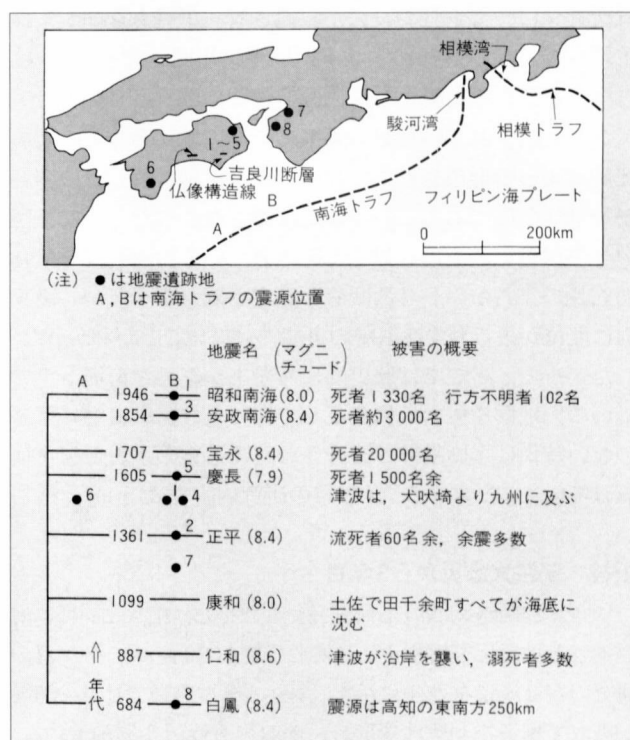


図-1 南海トラフ沿いの巨大地震の歴史

表-1 一般の動向と研究会の研究内容と成果

|         | 阪神・淡路大震災から1年目（破壊現象の解明）                                                                                                                                                                                                                                                                      | 2年目（レベル2地震動への対応）                                                                                                                                                                          | 3年目（トータル防災システムの確立）                                                                                                                                                             |
|---------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 研究会名    | 南海大地震に備えた構造物の耐震設計手法に関する研究会<br>（会員数21名）                                                                                                                                                                                                                                                      | 地震防災と環境に関する研究会（34名）                                                                                                                                                                       | 地震被害軽減に関する研究会（37名）                                                                                                                                                             |
| 一般の動向   | <ul style="list-style-type: none"><li>・ノースリッジ地震（1994.1、大被害のあった都市型地震）加速度記録（水平1800cm/s<sup>2</sup>、上下1000cm/s<sup>2</sup>）のわりに近傍建物が軽被害の理由を検討。</li><li>・阪神・淡路大震災（1995.1）鋼製直立橋脚（円形断面）が傾かず、橋脚の中央部で帯を巻いたような座屈破壊が発生。破壊メカニズムの検証（水平方向の振動破壊からは説明不可能）。</li><li>・耐震設計基準の見直し（特に活断層近傍の短周期地震に注目）</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>・土木学会二次提言レベル2地震動に対し、粘りを持たせる弾塑性設計。</li><li>・建築基準法で性能規定方法を提案地震外力の場所と大きさが推定できると、保有すべき耐震性能を求められる（仕様規定に比べて、より自由度の高い設計を可能にする）。</li></ul>                  | <ul style="list-style-type: none"><li>・レベル2地震動時の破壊過程の追跡（被害メカニズムの検討）。</li><li>・地震エネルギーの吸収方法。</li><li>・有効な防災情報システムの構築、オンゴーイングな地震情報の必要性。</li><li>・高知の53市町村に気象庁認定震度計設置。</li></ul>  |
| 研究内容と成果 | <ul style="list-style-type: none"><li>・構造物の被害は、加速度波形でなく速度波形を求めた方が、衝撃波でなく繰返し波形であることが明確になり、被害事例をよく表す。</li><li>・振動エネルギーの伝達には物体が揺れる必要がない（10個余りの「鋼球系吊り」の右端の玉1個を持上げ、隣の玉にぶつけると玉の間に動きが無くても、左端の1個が同じ高さまで跳ね上がることから説明できる）。</li></ul>                                                                   | <ul style="list-style-type: none"><li>・千年に一度起きるかどうかわからない地震動に耐える構造物は、経済的に過負担。</li><li>・想定した地震荷重に対して、重要構造物の振動性状（破壊）を明確化（耐震安全性に対する適合性の検証）。</li><li>・耐震補強方法の検討。</li><li>・高知の活断層の調査。</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>・液状化解析による液状化現象の予測（高知市、安芸市、中村市、土佐市など）。</li><li>・制振の特許やメンテナンス分野での問題点。</li><li>・四国の県庁所在地の危険度解析。</li><li>・高知高専に強震地震観測点を設置（1998.7）。</li></ul> |

とに、古い基準で設計された構造物の見直しと耐震補強の必要性について検討した。耐震設計用の南海地震の応答スペクトルを作成し、高知における耐震設計手法を確立することを目的とした。高知の地盤条件のうち地震波動が重複する軟弱な場所がないかどうかの検討や、上部工からの慣性力だけでなく、深い部分での地盤の変形を考慮できる地盤－杭基礎構造物全体系の地震応答解析手法などの問題点を明らかにする。特に、これまでの地震対策はいかに構造物を壊れないようにするかという耐震構造が中心（いわばハードな技術の追求）であったが、それだけでは不十分で震災直後から復興支援などの社会的課題も提起されている。これらを結び合わせた有効な防災情報システムの構築（ソフトな技術）が必要であるため、高密度アレー地震観測網について調査した。

高知県では活断層調査に関して科学技術庁からの地震調査研究交付金で調査委員会が組織され、筆者も参加して稲生地区の仏像構造線および室戸の吉良川断層など（図-1）に関する調査を実施した。仏像構造線は確実度Ⅲのリニアメントと記されていたが、直接的な山麓線が第4紀の断層運動によって形成されていないことが実証され、この調査からは活断層であるという断定はできなかった。次に、室戸半島付近の確実度Ⅱ以上と記されている活断層群も段丘面対比のまちがいから活断層と認定されたようだが、段丘面に変位がみられず活断層の可能性は低いことがわかった。したがって、高知では歴史的にも発生が確実な南海トラフ沿いの大地震を入力地震動として採り上げ、経済的に余裕のない時代に古い基準で設計された構造物の耐震性能を検討していくことになる。2年目の研究内容を表-1に示す。

阪神・淡路大震災から3年目

「地震被害軽減に関する研究会」と改称し、前年と同様に耐震補強と地震応答解析手法に関して検討を行った。3年目の研究内容と成果を表-1に示す。レベル2地震動では力の均衡が破れて構造物が塑性変形し、地震後も残留変形が生じる。

残留変形を予測する簡易法を検討した。耐震補強に関して、レベル1の地震では壊れると予想されるすべての箇所を補強するのに対して、レベル2の地震では構造物のどこかのように壊れるかを追求し、すべてを耐震補強することになると経済的にも不可能に近くなるため、どこを最初に壊し、壊すことで地震エネルギーを吸収させる考え方でない対処できない。どこかを最初に壊したとき、残りの部分を救える保証があるかどうかが問題となった。そこで外部から5名の実務技術者を招聘し、免震構造をはじめとした研究報告を依頼した。いずれの講演内容も国が定めた耐震基準に縛られずに、独自の技術で開発されたものである。技術のすべてを国が取り仕切る時代は過ぎ、産・学・官共同の耐震性能設計に移行していくものと考えられ、土木学会が果たす役割の重大さを感じる。

高知県では1997年に53市町村に気象庁認定震度計（STR-350型、時刻歴波形は求められないが、震度を表示できる）を配置し、観測態勢に入っている。高知高専ではパラツキの多い強震記録を蓄積し、地震外力の研究に着手している。

これからの活動

阪神・淡路大震災では旧基準とはいえ耐震設計されていた阪神高速道路の橋梁が無残に落橋し、盛土は地震に弱いからと高架橋に替えたはずの高架鉄道が崩壊した。現在も大幅な耐震技術の見直しが行われ、護岸の側方流動で杭基礎が変形したり、クラックを生じたが流動地盤から杭に伝達される荷重は全土被り圧の約10～15％程度といったこともわかってきており、液状化地盤中の杭の耐震設計が可能になる日も来ると考えられる。阪神・淡路大震災のような悲惨な事態を二度と繰返さないためにも、今年度も引続き土木学会四国支部の助成金を受けて、地震被害想定と耐震機能の評価などの地震防災研究活動を行う。当研究会で論じられた都市防災に関する幅広い討議が高知でも活用され、将来発生することが予想される南海地震に備えた耐震技術の進展に一石を投じることになることを期待している。