

5. 結 論

阪神・淡路大震災は1923年の関東大震災に次ぐ、わが国の震災史上二番目の悲惨な事態をもたらした。六千有余名におよぶ犠牲者、およそ40万戸に達すると言われる家屋や建物の被害、約300件もの火災の発生と延焼、阪神高速道路等や山陽新幹線の高架の落橋、港湾施設の大規模な変状や損壊、ライフラインの被害多発による住民の生活への支障等々、まさに予想さえしなかった近代都市の崩壊であったと言えよう。われわれ土木技術者にとっても衝撃的な事態の発生であり、わが国の土木技術の水準の高さへの矜持が一瞬にして崩れ去ったのである。

設計技術検討部会では、このような大震災の深い反省と教訓を糧に、土木学会の「耐震基準等に関する第二次提言」を受けた耐震設計技術の高度化に設計実務者が如何に対応していくかという重要な課題に対して、鋭意、検討を進めてきた、それらの成果については前章までに詳述してきたが、ここに、結論としてまとめる。

1. 「第二次提言」を設計実務に適用する場合の手法と課題の整理

a. 入力地震動、b. 橋梁、c. 地中構造物、d. 河川構造物、e. 港湾構造物、f. 地盤・土工、それぞれを対象に「第二次提言」を設計実務に反映させていくための解析・計算手法、安全性の照査基準などについて、これまでに明らかにされている文献ならびに技術資料類を検索・調査し、設計実務に適用する場合の手法と課題とを整理した。

その結果、入力地震動については、その地域に脅威となる活断層を同定するための調査については各種の関係機関の協力が不可欠であり、それらの結果の一元的管理が必要なこと、活断層タイプの地震動の予測には種々の不確定性を含むので、設計に採用するには地震学の専門家との十分な討議を重ねた上で工学的判断が必要であることを指摘した。また、数百年以上の長い再現機関を有する内陸直下の地震に対してどのような安全性の水準で耐震設計や耐震補強をすべきかについての社会的合意形成を早急に図ることが重要と考えられた。

レベル2地震動に対する耐震設計法については、RCや鋼構造部材の損傷過程に立入った解析手法は、実用可能な領域に近づきつつあるものの、構造全体系あるいはシステムとしての挙動の評価を行うためには、より一層の技術体系の整備と具体の手法の開発が必要とされた。構造物基礎や地中構造物、堤防等土構造物、港湾構造物のように、それらの地震時の挙動が地盤と密接に関わるものについては地盤との動的相互作用の効果を含め、地盤および構造物の損傷過程に立入った比較的簡易な解析手法は未だ確立されていない状況にある。特に液状化時の地盤流動による影響を含む挙動に関する設計法については、一応のアイデアは想定しうるものの広く一般的な手法として整備するために、種々の検討が必要である。

設計技術者はこれまでに増して、これらに関する技術情報の把握に努め、基本的な知識の研鑽をすべきである。

要は、従来、特殊なプロジェクトで行われたような高度な耐震設計を、一般の設計実務で実現させるためには、損傷過程に立ち入った実現象を常に近似できる解析手法および条件の開発、設計

データの蓄積を精力的に行う必要がある。自らの研鑽と併せて、それらの高度な解析が実施可能な人材の確保・育成に鋭意努めなければならない。

限られた財源のもとで、耐震設計および耐震補強を合理的・効率的に推進させるため、また、地域防災計画を実効的なものとするためにも、様々な構造物の重要度や補強優先度を合理的に設定する方法についても広く眼を向け、具体的に検討することが望まれる。さらには、安全性に加えて経済性の追求を図るため、耐震構造計画の重要性を認識し、実践すべきである。

II. 耐震設計の高度化への対応状況の調査

耐震設計の高度化への民間企業の対応状況および耐震設計基準類の改訂動向について調査した結果、次の内容が明らかとなった。

アンケート調査を実施した前者については、

- ・従来から動的解析の実績が多い企業では、耐震設計の高度化にも対処しようと考えている。しかしながら、設計を主たる生業とする企業では、数はそう多くない。
- ・従来、あまり動的解析の経験が多くなかった企業も、社内勉強会、解析ソフトの購入・開発などの自助努力を積極的に進めているところが多い。
- ・このような自助努力を進める際に、適切かつ実用的な情報の提供や教育・研修の機会の創出を土木学会に強く望んでいる。
- ・設計基準類のあり方については、基本的な考え方を規定して設計者の自由裁量の範囲を拡げるよりも、細かく規定してあまり設計者による差がでない方がよいとする意見が、若干上回った。
- ・耐震設計の高度化に伴う報酬の見直しの要望が割合としては最も高かった。

このうち特に注目されるのは、設計現場では基準類に細かい規定を要求している意見が自由裁量を求める意見よりも多かったことで、現状では性能規定設計への移行を考える上で技術者の意識をどのように高めていくかが重要な課題と言えよう。

後者については、対象とする施設によっては、安全性の照査基準の考え方や地震荷重の評価の方法に相違は見られるものの、基本的には道路橋示方書を初めとして「第二次提言」の内容を受けて、二段階の地震動の強さを考慮したものとなっており、上記、I. の成果が設計実務者にとって役に立つことが期待される。

III. 耐震設計の高度化に備える施策の検討

設計技術者に期待される役割および技術力向上に関する施策、設計品質の向上に関する対処方について検討を行い、次の成果を得た。

- ①技術者個人の役割について：「第二次提言」の内容を理解し、阪神・淡路大震災のみならず内外の既往の地震被害の状況をよく把握し、専門家としてふさわしい知識や技術の修得に努める。このため耐震工学の最新の情報に目を向け、関連情報の把握と実務設計面への適用可能性について注意を払う。また、耐震構造計画の重要性を認識し、具体の実践に努めるほか、

業務の遂行に当たり積極的なリーダーシップを発揮するとともに、耐震設計基準類の解釈・運用を弾力的かつ適正に行うべきである。これを達成するには総合的判断を身につけるよう自己研鑽に励むことが不可欠であり、若手技術者に対して適切な教育、指導を施すことが必要である。

大地震直後にあっては、被災地の施設管理者に対する協力、例えば、各種構造物の震後の被災状況の報告・連絡を速やかに成し得る民間技術者協力支援の方策についても早急に整備することが望ましい。

②設計技術者の技術力向上に関する施策：耐震設計技術の基礎を把握するための支援策として土木学会が主体となった技術レベルに応じた耐震設計と動的解析を平易に解説した実務書の刊行および研修セミナー・講習会などの定期的開催を提案するとともに、それらの基本的な構想についての企画案をとりまとめた。また、高度化する耐震設計技術の理解を容易にさせるために、振動学、耐震工学などの学問領域を映像化などのわかりやすい教育手段を駆使した方式により大學土木教育に取込む方策について積極的に検討することが強く望まれる。

③設計品質向上に関する施策：よりよい設計成果の創出には、高度化する耐震設計技術や地震防災技術に対応して行くことになる技術者に対するインセンティブの付与と、その技術力の認定に、技術士制度の果たす役割は極めて大きいものと考えられる。このため建設部門の従来の科目にこれらの技術分野に関する設問を加えるばかりでなく、より高度で広範な知識・能力を有する技術者の育成と充実のために、耐震および地震防災に関わる分野を選択科目に新たに加えるとともに、適正に運用して行くことが望まれる。

また、耐震設計技術が高度化する中で、建設事業を円滑に進捗させるために、発注者は、構造物設計における当初の段階から耐震構造計画検討を取込む発注方式とする変更、技術力の適正な評価と担当予定技術者の実績・能力評価に重点を置いたプロポーザル方式の積極的採用、設計技術者が提案し採用された検討手法や計画などに対する知的所有権等の付与、耐震設計の高度化に応じた報酬制度の見直しなどこれまでの発注や契約方式に関わる改革・改善に積極的に取り組むことが必要と考えられる。一方、受注者も、レビュー・チェックシステムの整備を推進し、設計品質の向上および将来の合理的な耐震設計法の確立に向けて、技術力の向上と生産システム面の改善を積極的に進めるべきである。

自然の脅威は推し量ることが困難であり、われわれ土木技術者は自然に素直に対峙し、阪神・淡路大震災を含む既往の内外の地震災害の状況を十分に把握し、耐震設計が地震という現代の科学を以てしても解明できない複雑な自然現象を対象に行う工学技術であることを認識すべきである。いわば耐震設計という行為が地震動、地盤や使用する構造材料の特性そして地震の際の構造物の応答性状それぞれが不確実性を呈する状態での工学的意思決定問題であるとの認識を持たねばならない。設計で想定する地震動を超えることも想定して、社会的・経済的制約の中で如何に当該構造物の耐震性能を満たしていくかに意を尽すこと、さらには予期しがたい地震動に対する耐震設計の限界、安全性の追求の限界についても広く社会的合意を得る努力を行うことが設計技術者に課せられた使命と考える。

終りに当り、アンケート調査やヒアリング調査にご協力いただいた関係各位、ならびに本部会の活動に終始、貴重なご指導、ご助言を賜った廣田委員長をはじめ、石原副委員長、(故)野尻副委員長、清野副委員長、後藤幹事長ならびに委員、幹事の各位に対し、心から感謝の意を表する次第である。