

阪神・淡路大震災対応技術特別研究委員会 研究報告会

フォーラム「大震災の教訓を活かすために」

＜ 大阪会場 配布資料 ＞

平成 9 年 2 月 13 日

主 催：土 木 学 会

資料目次

開催の趣旨

部会報告

東京会場配付資料と同一につき省略

—
—
—

パネル討論会：Part 1「こう活かせる……大震災の教訓——耐震設計編」

兵庫兵庫県南部地震から学ぶもの—大学にて構造工学を教育・研究する—教員の視点—
大阪市立大学工学部土木工学科 教授 園田恵一郎 — 71

兵庫県南部地震の教訓を生かすために —港湾の施設を中心として—
(財)沿岸開発技術研究センター 常務理事 稲垣 紘史 — 73

阪神・淡路大震災の教訓を活かす
大阪市建設局土木部橋梁課 課長代理 丸山 忠明 — 75

耐震設計技術の高度化に求められるもの—構造技術者の立場から
(株)建設技術研究所大阪支社 次長 友永 則雄 — 77

パネル討論会：Part 2「こう活かせる……大震災の教訓—復旧工事・防災システム編」

大震災の教訓を防災システムに生かすために
大阪大学工学部土木工学科 教授 松井 保 — 79

災害に強い都市をめざして
神戸市震災復興本部総括局 部長 安藤 嘉茂 — 83

大震災の教訓を生かすために
阪神高速道路公団工務部 部長 出口 正義 — 87

受注者の立場から
(株)大林組神戸支店土木工務部 部長 畑 昭雄 — 89

委員会・部会名簿

開催主旨

阪神・淡路大震災対応技術特別研究委員会（委員長 廣田良輔土木学会副会長）は平成7年10月に発足し、委員会での討議を重ねると共に、三つの部会を設け、

- （1）耐震設計法の改訂に実務者が的確に対応するにはどのような課題があるか、
- （2）復旧・復興工事にあたり現場はどのような苦勞をし、どのような課題を残したか、
- （3）地震発生時にどのような危機管理がおこなわれ、今後どのようなシステムの改善を図ればよいか、

などの疑問に答えるために調査研究を行ってまいりました。

このたび、当研究委員会はフォーラムを開催して、多くの方々にこれまでの活動をご報告し、合わせて、パネル討論を行って、今後の大地震に対応する具体的な方策について広くご意見を伺い、共に議論させていただくことと致しました。

この資料の前半、すなわち「部会報告」の部分は、当研究委員会が3部会に分かれて調査研究した成果を中間的にとりまとめたものです。各位から忌憚ないご批判を頂いて内容の充実を図り、これから取りまとめる委員会報告に反映したいと考えております。

後半は、本日のパネル討論会に登壇し話題提供していただくパネリストの方々に、ご発言の要旨をあらかじめ取りまとめていただいたものです。パネル討論の際に大変参考になるかと存じます。

なお、同じフォーラムを1月22日に東京で開催いたしました。300余名の方々の参加を得て活発な討論が行われております。

部会報告

東京会場配付資料と同一につき省略

パネル討論会：Part I
「こう活かせる……大震災の教訓——耐震設計編」

一昨年1月17日、兵庫県南部地震の発生から早や2年が過ぎた。土木構造物や建築構造物のあのすさまじい破壊を目の当たりにしたとき、わが国の構造物の設計基準は欧米に比べてtoo conservative と一方的に思っていた私にとって、こんな破壊が本当に起こるのだろうか？ 夢でも見ているのではないだろうか？ と自分を疑い、そして一体どんな力が加わったらこんな破壊が発生するのか？これが本当ならば、土木構造工学を専門とする自分は一体いままで何を理解し、何を学生に教えてきたのか？突然頭から大きな石でなぐられた思いであり、まさにショックであった。

あれから2年、膨大な調査と議論があり、昨年末には道路橋示方書（耐震設計編）も改正されるに至っている。しかしながら、いま、あの時の被災構造物の写真を眺め直してみると、自然力のすさまじさには依然として畏怖の念を禁じ得なく、とても制御できる代物とは思えそうにない。

1. 阪神・淡路大震災からの教訓

(1) 地盤に支えられた構造システムとしてのバランスの取れた設計の必要性

高架橋を例にとると、橋脚の柱部および支承の被害が目立った。なぜ、上部工や基礎工に比べて橋脚や支承に被害が集中したのか？それは橋脚や支承が他の部位より弱かったからである。それでは、同じ下部工でも、なぜ、壁より柱部が弱かったのか？。一つの橋梁を構成する部位の設計にバランスが取れているのか？、等など、今後の設計に検討すべき多くの課題を与えている。

(2) 破壊モードを想定した設計の必要性

当然のことながら、直下型地震による構造物が受ける力は、地震の大きさ（エネルギー）だけではないに、震源からの距離に大きく支配される。不幸にして、構造物のすぐ直下の極く近距离に震源をもつ地震に見舞われたならば、想定した設計荷重よりはるかに大きな力が構造物に作用する。どのような構造物でも設計荷重よりはるかに大きな地震力を受けたならば破壊する。ところで、構造物を構成する多くの部位が同時に破壊することはなく、一つの部位が破壊すれば、蓄えられたひずみエネルギーが解放され、他の部位の破壊が免れる。したがって、どの部位が最初に破壊するか、その破壊に伴う2次的な被害はどの程度か？これらを予測した設計が必要であるといえる。たとえば、落橋防止装置はこのようなコンセプトに基づいたものである。

2. 今後の耐震設計の方向について

(1) 道路橋示方書の改正

阪神・淡路大震災を教訓にして、昨年末に道路橋示方書は改正された。そこでの改正の焦点は、発生確率は低くても、一旦発生すれば、甚大な被害をもたらす大地震に対する安全性の確保に置いている。そこでは、レベル2の地震に対する構造物の非線形挙動の評価と早期に破壊に至らさないための、エネルギー吸収能力の必要性を強調している。レベル2での想定地震動の最大加速度は構造物の固有周期や地盤特性によって変えているが、最大で2gを取っている。この値は非常に大きなもので、レベル1で降伏応力に近い許容応力度を認めた設計では、レベル2に対して非常に大きな塑性率を構造物に要求することになる。

(2) エネルギー規準に基づく耐震極限設計法

新道路橋示方書でのレベル2の地震動に対する構造物の塑性変形能の考慮は、エネルギー規準に基づいている。地震時に構造物に与えられるエネルギーは、

$$W_e + W_p + W_h = E \quad (1)$$

ここに、 W_e ：弾性振動エネルギー、 W_p ：構造物の塑性変形により吸収されるエネルギー、 W_h ：減衰エネルギー、 E ：地震による構造物への入力エネルギー。兵庫県南部地震では、不整形な地形の影響で、地震波における物体波と表面波が重畳し、大きな速度成分をもつ孤立波が現れ、これが構造物に大きな被害を与えたのではないかとされている。いま高架橋

を例にとって、地震動による構造物の最大応答速度を V とし、上部工の質量を M とすれば、式(1)で、 $E=MV^2/2$ となり、パルス状の孤立波によって高架橋が破壊しないためには、次式を満足しなければならない。

$$W_p > \frac{M}{2} v^2 \quad (2)$$

ここに、 W_p は高架橋の破壊に至るまでのエネルギー吸収量であり、通常、上部工の質量の中心に作用させた水平荷重(P)が水平変位(δ)に対して成す仕事量で評価される。すなわち、同じ大きさの強度を持つ高架橋でも、破壊に至るまでの δ の大きなじん性に富んだ場合と δ の小さなじん性に乏しい場合とでは、その耐震性に大きな違いが出てくる。

(3) RCおよび鋼部材の弾塑性解析の必要性

新道路橋示方書において、単柱およびラーメン柱式橋脚では、レベル2の地震動に対して、前述の $P-\delta$ 曲線を求めるために、弾塑性解析を義務づけている。従来、線形骨組解析に慣らされてきた構造設計者にとって、弾塑性解析は取っつきにくいかもしれない。なぜならば、線形骨組解析の解は唯一であり、どのような方法によっても同じ答えが得られる。また、多くの解析例が教科書や公式集にあり、容易にチェックできる。それに対して、弾塑性骨組解析では、厳密解なるものは、ほとんどの場合、求められなく、近似解に頼らざるを得ない。したがって、解析のためのモデル化や解析手法が異なれば、得られる結果も異なってくる。特に、鋼製橋脚の場合は、局部座屈は避けられなく、座屈後の変形能の評価が重要となる。それゆえ、構造設計者は、常に、コンピュータ解析によって得られた結果の妥当性を評価し、場合によっては、複数の方法での結果を比較し再評価し、自らの技術的判断を下さなければならない。

(4) 耐震性に優れかつ経済的な構造設計に向けて

前述したように、新道路橋示方書では、レベル2の地震動の最大加速度は $2g$ という大きな値を取っている。これは阪神大震災での大きな被害に対する教訓から産まれたものであり、直下形地震に対する構造物の安全性の確保に大きな配慮されている。しかしながら、このような示方書で設計した構造物でもどのような地震に対しても安全であるとは言えないことは1.(2)で述べたとおりである。また2.(3)で述べたレベル2に対する弾塑性解析法にしても、示方書はその解説において一つの方法を提案したに過ぎなく、完全なものでないことは言うまでもない。たとえば、示方書では、単柱およびラーメン柱式橋脚の $P-\delta$ 曲線の作成のために、塑性ヒンジ法を推奨している。しかしながら、塑性ヒンジ法はもともと終局強度を求めるために開発された解析法であるので、弾塑性変形解析にはその適用に注意する必要がある。新示方書では、破壊に至るまでの最大変位量の算定に塑性ヒンジの回転容量(rotation capacity), θ_p , を導入しており、次式、 $\theta_p = \phi_u L_p$ 、ここに ϕ_u : 断面の限界曲率、 L_p : 塑性ヒンジ長、で与えている。しかしながら、断面の限界曲率は平面保持の仮定に基づく一つのモデルで、軸力の存在によって大きく変わり、その数値的評価が難しい。また、塑性ヒンジ長なるものも一つのモデルに過ぎなく、それを単独に決めることも難しい。このような手法は、多くの実験結果から産まれたものであるが、実際問題として重要なのは、破壊に至らないための部材の最大相対変形角の評価であり、これを的確に行わなくてはならない。

兵庫県南部地震では、阪神高速道路公団の高架橋のRC橋脚は多くの被害を受け、その復旧に多大の努力がなされた。その際、被災を受けたRC橋脚の柱部が1度以上の残留相対変形角を有するものは、たとえ倒壊に至ってなくても、上部工との取り合いの関係上、撤去されて、新しい橋脚に作り替えられたと聞いている。すなわち、1度(0.017rad.)は、機能的な面からの一つの許容限界相対変形角と考えられる。したがって、この経験を活かせば、新示方書で設計された橋脚は、レベル2の地震動に対して、塑性ヒンジの発生を許しても、その回転容量は0.017rad.以上なければならないと言えるであろう。

以上のことより、耐震性にも優れ、経済的にも優れた設計の実現には、単に示方書を追随することだけではなく、実際に起こった損傷や破壊例を熟知し、また過去に行われた類似の部材の多くの実験例をも参照し、構造設計者の総合的な技術的判断が不可欠といえる。

以上

兵庫県南部地震の教訓を生かすために
－港湾の施設を中心として－

(財) 沿岸開発技術研究センター

稲垣 紘史

大都市の直下で起こった不幸な出来事であったが、幸運も重なっていた事に注意。

(ex)早朝、火気取扱が小、通勤時間帯前、冬季、台風期までの時間的余裕、寒い時期、等々

兵庫県南部地震からの教訓

- ・ 現行設計法に対する過信 (?)
他の類似施設との横並び論
公共事業はBestの論理で構成されている、Betterの論理が通じない
- ・ 設計対象地震を越える地震に対する構造物の安定性照査法の不備
近年、我が国の大規模地震の遭遇経験の不足
- ・ 複雑な復旧断面に対する設計法の不備、不慣れ
安易に基準マニュアルに沿った設計への慣れ
- ・ 耐震強化岸壁
避難、救援のための施設のみから内外の経済社会活動の維持のためのコンテナ、フェリーターミナル等耐震強化
- ・ 港湾全体システムとしての耐震性の検討不足
岸壁、荷役機械、上屋、アクセス施設等含めた耐震性の向上
都市機能とリダンダンシーの必要性から港湾における防災拠点の形成
- ・ 有事に対する理解、認識不足
復旧、復興事業は時間との競争である
官民の協力体制の構築

耐震基準（港湾分野）の改訂に向けて

- ・ 技術基準の改定
(現行基準) いかなる技術者でも必要な安全性を確保出来るように手法等まで詳細に記述。
(改定基準) 設計者の技術力の向上に見合った多方面からの検討が出来るよう、遵守すべき基本的事項のみを記述。その他は参考資料として掲げる。

- ・設計地震および地震動
 - 直下型地震、レベル2地震動の採用
- ・港湾構造物の耐震性能の目標
 - レベル1、レベル2地震動に対する目標耐震性能
 - 港湾構造物の特徴（線でなく点、土構造物、水中にある、人的被災は少、etc.）
 - 建設費（港湾に多い重力式構造物の場合、耐震性の強化に当たっては工費1.5～2.0倍）
 - VS耐震性、遭遇確率、Acceptable Seismic Risk等に関する社会的コンセンサス
- ・構造物・地盤の耐震設計
 - 強震時における震度法の適用性、残留変形照査法の実用化、許容変形量の定量化
 - 液状化予測法の高精度化、地盤の側方流動の影響、廉価な地盤改良工法
 - 構造物・地盤の全体系の耐震性評価
- ・既存構造物の耐震性評価
 - 残存耐力評価法、耐震補強法の開発
- ・新形式構造の開発
 - ケーソン式その他の構造形式、耐震強化岸壁
- ・システムとしての港湾の耐震性
 - 岸壁、荷役機械、上屋、荷捌き場、アクセス施設等を含むバランスのとれた耐震性
 - 地震応答の異なる構造物の組合せ（ex）重力式と栈橋式、連絡路の多重化

技術力の向上等

- ・発注者の技術力の向上
 - 施設整備計画の段階から耐震センスが必要、基準の盲目的適用の回避
- ・耐震設計法、ツールの開発・公開
 - 産学官の協力による効率的開発および活用、液状化による構造物被害予測プログラム（FLIP）の公開
- ・新技術の開発
 - パイロット工事、民間技術評価制度等により新技術の積極的採用
- ・設計受注者の技術力の向上
 - 性能規定設計法への対応、マニュアルの安易な適用でない魅力あるプロポーザル
- ・震災時のcivil engineerの努力の適正な評価と継承

1. 耐震対策の実施にあたって

行政実務者として震災復旧から都市の耐震化を進めて行くなかで、国民（市民）のコンセンサスがどうしても必要である。

財政

経済活動との調整

実施体制

2. 阪神・淡路大震災後の多くの研究成果の活用（土木学会の提言）

①活断層の考慮

②2段階設計法 レベル2地震動に対する合理的な耐震設計手法

③点検の実施と評価および補強構造物の選定

④防災体制の確立

土木技術者のなかでは概ね合意形成がなされているが、それをどのような形と数字で示すか。

3. 耐震設計基準

・基準と時間軸

過去の地震被害と耐震設計基準

地震と他の設計因子

限界状態設計法

・設計基準と補強基準

都市の構造物の歴史と実情

耐震性能の目標設定（更新と補強）

耐震性と重要性の評価

補強基準の必要

・設計基準の表現

耐震設計の位置づけ

基準の対象 研究と実務者（能力、理解、エラー、チェック）

構造物種

・設計基準の運用

弾力的な適用

今回の経験と研究を生かす

耐震設計技術の高度化に求められるもの — 構造技術者の立場から

(株)建設技術研究所
友永 則雄

兵庫県南部地震による被災経験を経て、耐震技術が構造物の設計において占める重要性・影響度が、従来に比べ格段に増大しつつある。そこでは、巨大地震の下での構造物の非線形挙動を前提とした設計手法が主体となり、耐震設計がより高度化しており、設計者には、ときとして設計の体系や手法が複雑に見えるようにもなってきている。ここでは、こうした耐震設計の思考・枠組みの転換にどのように対応していくべきかを、実務者サイドからの視点で列挙してみた。

□高度化した耐震設計基準への対応のために

- 1) 耐震設計基準が高度化・複雑化すれば、いきおいマニュアル的なものを求めがちになるが、実務者として基準のコンセプトや背景を理解し、構造物や基礎の「非線形」「動的」挙動に対するセンスを養い、その力学的イメージが喚起できるようにしなければならない。
- 2) 一方では、設計基準がますます‘厚く’なっており、各編（構造部分ごと、材料ごと）で構成されるひとつの構造物の各構造部分の関係も複雑化している。耐震設計という縦糸で記述した、わかりやすく見通しのよい手順書がぜひとも必要である。
- 3) 上位の基準を、個別施設の特性や地域特性に即して敷衍するための指針類を作成していく余地や、解析手法まで細かく規定せずに、越えるべきハードルを明記した上で、構造物に対する要求水準をクリアしていく具体的方法は設計者の創意工夫に委ねるという方向性も、今後は望まれる。

□構造系全体としての耐震安全性確保のために

- 1) 基準類に規定された設計地震動を用いるにせよ、あるいは地域の地震環境を可能な限り反映した想定地震動を用いるにせよ、設計した構造物がそれらを越える地震動を受ける可能性について設計者はつねに認識しておくことが重要である。同時に、これをどのような形で担保していくかについて想像力を発揮すべきである。とくに、塑性域での挙動がある程度明らかにされており、その設計照査手法が確立されてい

る橋梁などの構造物では、その分贅肉がとれており、セーフティマージンが相対的に厳しくなっているとも考えられる。

- 2) その際、構造系全体＝システムとしての耐震性を向上させることの重要性や構造物にリダンダンシーをもたせることの必要性が指摘されているが、具体的な定量的評価ツールを開発して、主要構造部材の大変形後の支承や落橋防止システム、桁間衝突などの挙動を明らかにし、フェールセーフのための仕掛けが最後の安全装置として有効に機能するかを検証していく必要がある。このことは、被災後の構造物の損傷部位とその程度を把握し、事後の供用性や再使用性を論ずる場合にも必要である。
- 3) 扱うべき構造系全体（橋脚－地盤 → 橋－連 → 隣接橋との相互作用）は状況に応じて異なることにも留意しなければならない。

□耐震技術者に求められるもの

- 1) 構造物設計に携わる技術者集団は、従来、構造物別（上部構造、下部構造・基礎など）、材料別（鋼、コンクリート、地盤）に配置され、通常の構造物ではこれらの技術者が耐震設計も含め一通りの設計作業を行い、とくに耐震性が問題となる構造物に限って耐震の専門技術者が特殊部隊的に応答解析等を分担するという形をとることが多かったのではなかろうか。今後は、技術者ひとりひとりが耐震設計についての一定以上の素養をもつとともに、構造物の設計に関わる実務者全体の協同作業として耐震設計についての技術力をレベルアップしていく努力が必要である。
- 2) 「損傷過程にまで立ち入った」非線形領域でのモデル化や結果の評価のためには、地震動や応答解析計算の専門技術者というだけでは不十分であり、これまで以上に材料（鋼、RC、PC、基礎、地盤）や構造特性についての知識を踏まえた総合的な技術力が要求される。
- 3) 計画・設計・施工の各過程において耐震設計の比率を高め、計画段階や設計段階の初期から耐震構造計画のファクターを導入すべきであり、詳細設計での照査段階では遅きに失することもありえる。構造物によっては、非線形動的解析等もグレードを上げながら、段階的に実施すべき場合も出てくる。
- 4) さらに、耐震性の向上と最近その切実さが増しつつあるコストダウン化との調和をどう図っていくかの一端を担っていくことも、技術者としての腕のみせどころであり、また魅力ある課題であろう。
- 5) 設計・施工実務者をも加えた新しい形の耐震関連会議を常設して、そこで施設や構造物の耐震性向上のためになにが重要で、なにを検討することが優先的課題となるかを日常的に議論するような体制づくりをあらためて提案したい。またそのような場に多くの実務者が積極的に参加できる機会をもつことを望みたい。

パネル討論会：Part Ⅱ

「こう活かせる……大震災の教訓－復旧工事・防災システム編」

大震災の教訓を防災システムに生かすために

大阪大学工学部土木工学科

松井 保

1. まえがき

阪神・淡路大震災が発生して以来、すでに2年以上が経過し、高速道路・鉄道・港湾施設などの社会基盤がほとんど復旧した状況になっている。地震発生直後の壊滅的な被害状況に直面したときには、このような短期間での復旧は想像すらできなかった。特に外国人から見れば、このように短期間で復旧できることが、非常に不可思議で理解できないことのように見える。この理由を強いてあげれば、確かに地震に対する危機管理には不十分な点が多く見られたが、いったん災害が発生した後の対応については、災害大国日本としては経験豊かであり、またいったん方向が定めれば、国全体が一致協力して事に当る能力に優れていることなどに起因しているのかもしれない。

しかし、今回の震災を身近に体験した立場から見れば、外国に比べて短期間に復旧できたとばかり喜んではいられない。いずれにしても、社会基盤のほとんどが復旧しつつある現状において、阪神・淡路大震災の教訓を今後に生かすために、耐震設計のみならず復旧工事や防災システムについて十分な議論をつくしておくことは重要課題であろう。以下では、阪神・淡路大震災からの最も重要と思われる教訓と将来の防災システムに関する提言について述べる。

2. 阪神・淡路大震災からの教訓

阪神・淡路大震災は、土木構造物のようなハード面のみならず社会システムにかかわるソフト面も含む多方面にわたり、また社会基盤のみならず住宅・商店とその生活者にもこれまでに経験しなかった甚大なダメージを与えており、非常に複雑で多面性を有する現象であるといえよう。したがって、復旧・復興に際しては、土木技術だけでは対応しきれないのは明白であり、あらゆる分野の技術や知見の総合化・システム化の必要性が指摘できる。

しかるに、我が国の社会システムには”縦割り”構造が多くみられる。このシステムは方向性の定まった社会では非常に有効に機能するが、震災のような非常時や社会の変革時にはあまり有効に機能しない。理由は、これまでに経験しない広範囲かつ多様な問題が数多く生じるからである。この”縦割り”構造の社会システムにおいて、上述の総合化・システム化を実行するには多くの困難が伴うであろう。このような困難をできるだけ少なく

するためには、“縦割り”構造をつなぐ横系の役割りを果たす機能が不可欠である。したがって、中央や地方の各行政機関や各部署間のみならず公益や営利の各企業間をはじめ、各学問分野（学会）や各専門分野間、および究極的には各個人や地域間における相互の連携の必要性が強く指摘できる。

事実、各行政機関や各企業、ならびに各学問分野や各専門分野における相互の連携については、震災後これまで以上の努力が見られるし、各個人や地域間においては、阪神・淡路大震災を契機として、日本においてもボランティアと言う名の下で、個人や地域の連携が定着してきたように思われる。しかし、防災システムあるいは危機管理システムの観点からは、横系の役割りを果たす機能づくりは、まだまだ不十分であり、その充実にはなお一層の努力が必要であろう。

阪神・淡路大震災の重要な教訓としてさらに付け加えれば、情報の一元化と公開があげられよう。地震・地盤関係の情報、すなわち地震動情報、地理情報（GIS）、地質情報、土質情報をはじめ、構造物の被害情報や震災前後の各種調査データ等々リストアップすればきりがなほどの情報があり、これらの情報の一元化と公開は阪神・淡路大震災の教訓を今後にも有効に生かすためには不可欠なものであろう。

3. 将来の防災システムに関する一提言

震災をはじめとする災害には3種類の緊急対応があるといわれている。すなわち、第1は救命を目指す対応で、災害発生後の3日間の緊急対応、第2はライフラインが確保できない間の生活支援を目指す対応で、災害発生後の約3ヶ月間の緊急対応、第3は社会基盤の復旧と被災者の生活基盤確保を目指す対応で、災害発生後の約3年間の緊急対応である。防災システムや危機管理システムについてもこのような観点から検討する必要があるであろう。

阪神・淡路大震災では、直後の対応も含めた最初の3カ月間の危機管理システムが不十分であったことは万人が認めるところであろう。すなわち、震災発生当初における被害状況の的確な把握と方針の設定がスムーズに進まなかった部分が多く見られた。震災のように短時間に発生する非常時において、これらの対応をスムーズに行うには、標準化されたマニュアルを整備するだけでは対処しきれないように思われる。そこで、災害時の危機管理の一環として、災害時エキスパート派遣システムを提案したい。すなわち、各組織において、非常時に強かつ災害対応の経験者のグループを組織し、日頃のトレーニングとコミュニケーションも積んでおくとともに、いざという時にはある程度の権限が与えられて被災現場に派遣されるシステムである。言い換えれば、常時はそれぞれの仕事をもっているが、いったん災害が発生した際にはグループの中から必要な人員が現場に派遣され、陣頭指揮をしたり状況によってはそのアドバイスをするというシステムである。このようなシステムができれば、各組織内の各部署間の横系づくりになり、ひいては官官、官民や民民のいずれを問わず各組織間の横系づくりにも大いに役立つであろう。

さらに、災害発生時の緊急避難や発生直後の応急復旧も含めた防災マニュアルの整備も不可欠であろう。理由は、たとえ今回の大震災を教訓にして得た最高の技術をもってしても、また十分なりだんダンシーを配慮したとしても、何らかの不確実さがある限り、再び地震によって構造物が壊れないという保証はないからである。たとえば、飛行機に搭乗した際には必ず救命胴衣の着用法の説明がトラブル時のマニュアルとして繰返されている。これは飛行機が絶対安全でないことを暗に伝えてもいる。種々の構造物に対しても、このような仕掛けが分かりやすい防災マニュアルを通して利用者や一般市民向けになされてもよいのではなかろうか。

一方、比較的長期にわたる防災システムにおいては、社会基盤の復旧は比較的順調に進んだとはいえ、今回の大震災の教訓を生かした標準化マニュアルを作成するとともに、それにもとづいて日頃のトレーニングを積んでおき、より効率的な緊急対応ができるように備えておく必要がある。

また、地震の防災システムを検討する際には、地域性に十分配慮しておくことが重要である。理由は、地震は地盤内部で起こり、地盤中で伝播・増幅するので、地盤とのかかわりが深く、本質的に地域性が強いからである。土木学会関西支部「阪神・淡路大震災調査研究委員会」の地盤・基礎分科会（分科会委員長 松井 保）においては、現在、阪神・淡路大震災における対象構造物（地盤、水際線構造物、線状構造物、貯水構造物、構造物基礎）毎の被害状況を整理し、神戸—大阪を含む広範な地域において、種々の地盤基礎被害分布を1/10000の地図上にGISを用いて統合化しつつある。このような広域的な被害分布の特定を行う理由は、既存の調査報告では個別の構造物被害例が多く、全体的な傾向を理解するための整理が少なく、また、広域的な防災対策を策定する上で、関西地盤と地盤災害といった広域的視野をもつことが非常に重要と考えたからである。言い換えれば、このような被害分布図の作成およびそれにもとづく分析が縦割り社会における横糸づくりとして地震のような非常時に役立つと考えたからである。

4. むすび

阪神・淡路大震災からの教訓のキーワードとして、技術や知見の総合化・システム化、横糸づくりおよび情報の一元化と公開をあげたが、根本的には”縦割り”社会システムにおける横糸づくりが大切であろう。また、その教訓にもとづいた防災システムに関するいくつかの提言も述べた。いずれにしても、次の地震に備えて必要なものは直ちに実行する行動力が必要であろう。

1. はじめに

阪神・淡路大震災の発生から、はや2年以上が経過した。神戸市では、震災直後の平成7年6月に「神戸市復興計画」を策定し、震災の教訓をいかした災害に強く安全かつ魅力ある都市として復興するため、鋭意努力を続けている。

ここでは、「神戸市復興計画」の内容を紹介しながら、災害に強い都市として復興していくうえで考慮すべき視点や、神戸市における取り組みを紹介する。

2. 神戸市復興計画について

2.1 復興の基本的視点

復興を考えるにあたり、基本的な視点として以下の3つあげている。

- ①都市の機能性とゆとりとの調和
- ②自然の恩恵・厳しさとの共生
- ③人と人とのふれあいと交流

2.2 復興まちづくりの目標

3つの復興の基本的視点をふまえ、より安全で快適な、にぎわいと魅力あふれるまちをめざし、以下の4つの目標を掲げている。

- ①安心して住み、働き、学び、憩い、集えるまち
- ②創造性に富んだ活力あるまち
- ③個性豊かな魅力あふれるまち
- ④ともに築く協働のまちづくり

このうち、①「安心」の中でも重要な、「安全都市づくり」について1章を設けている。

3. 安全都市づくり

多様な災害から市民生活・都市活動を守るためには、日頃から不意の災害に備えるとともに、災害時にも迅速に市民の生命・財産を守り被害を少なくできる、真に安心してらせる安全な都市を築いていかなければならない。このようなことから、安全都市づくりにおいて留意すべき視点として以下の3点をあげている。

3.1 留意すべき視点

- ①自立した生活圏の形成
- ②日常性と災害時との調和
- ③市民・事業者・市の役割分担と連携

3.2 安全都市の体系

前述の3つの視点に留意し、都市の総合的な防災性能を高めるために、以下の3つの要素を「安全都市の体系」として考えている。

- ①防災生活圏
- ②防災都市基盤
- ③防災マネジメント

3.2.1 防災生活圏

震災の教訓の一つとして、地域の人々の助け合いによる緊急時の防災活動など、地域を中心としたコミュニティの重要性があげられる。この教訓から、生活の広がりに応じ、最低限自立できる生活圏の形成を位置づけている。

ここでは、企業を含めた地域での助け合いなどによる活動事例を2つほど紹介する。

①企業市民としてのボランティア活動のとりくみ（P&G社。六甲アイランド）

- 六甲アイランドの社員や住民の脱出用にチャーター船を用意。
- 社員のボランティア活動として、被災地各地の避難所などに当社製品を配布。
- 六甲アイランド全体のできるだけ早い復興をめざし設立した「六甲アイランド復興委員会」に参加。
- 避難所での餅つき大会、ぜんざいパーティなどのイベントに参加。

②真野地区での住民組織の活動

真野地区（神戸市長田区）では、30年前から公害反対運動を通じてまちづくり活動が活発に行われ、その成果として他の地区にはないコミュニティを形成していた。その結果、震災時に以下のような成果を生じている。

- 初期消火の成功
- 迅速な体制づくり
- 地元企業の協力…初期消火への協力や避難所などに施設を開放した。
- コミュニティと住民の多様性の力
- ボランティア活動

このように、地域における防災力を高めるためには、日常の福祉活動やまちづくりなどにより地域コミュニティを育むことが重要である。そのため、神戸市では概ね小学校区で「防災福祉コミュニティモデル事業」を推進しており、来年度以降の本格実施をめざしている。

- 進捗状況…平成7年度に11地区モデル実施。

平成8年度中に11地区結成予定（H8.12現在：4地区）

- 活動内容…防災訓練・講習会の実施、防災資機材の配備、防災マップの作成等

3.2.2 防災都市基盤

同時多発の出火、断水等による広域への火災の拡大や、交通渋滞やライフラインの復旧の遅れにより、その後の都市生活に大きな影響が生じた教訓から、災害の拡大を予防する安全な市街地を形成するとともに、迅速な消防活動・救急活動が展開でき、速やかに都市生活の安定を確保できる防災力の強い都市をつくる必要がある。

主な施策として、

“水とみどりのネットワーク”の整備 自然災害の予防、災害に強いライフラインの整備などがあり、特にライフラインの整備については以下の様に様々な対策が講じられている。

- ①電 気：的確な情報収集、設備の耐震構造化、災害対策資機材の確保、二次災害の防止
- ②通 信：耐震対策の見直し、通信センターの分散、ケーブルの光化・地中化、伝送路の多ルート化、重要通話の確保、IPネットワークシステムの導入検討（輻輳対策）
- ③水 道…配水管の耐震化、大容量送水管の整備、緊急貯留システムの整備
- ④下水道…管渠および処理場の耐震性の向上、処理場間の連絡による非常時の代替機能の確保、高度処理水及び雨水の有効利用
- ⑤ガ ス…耐震設計の強化（予防）、初動体制・情報収集機能の強化（緊急）、マイコンメータの設置促進、復旧：供給ブロックの細分化、資機材の確保など

3.2.3 防災マネジメント

災害時に的確な対応をするためには、日頃からの災害への十分な備えと、緊急時に状況に応じて的確に対応できるシステム、および人の判断力が必要である。

主な施策として、

情報収集処理能力の強化、救急救命体制の強化、消防力の強化、ボランティア活動の支援、災害弱者対策の充実、災害文化の継承などがあげられる。

4. 終わりに

神戸のまちは、ハード面の復旧はかなり進み、復旧の時期から本格的な復興をめざす時期にきている。しかし、乗り越えていけないといけない難しい問題は山積している状況である。これからも、みなさまのご協力、ご支援をいただきながら、一日も早く災害に強く安全なまち、そして魅力あるまちとして復興するようがんばっていききたい。

大震災の教訓を生かすために

阪神高速道路公団 出口 正義

1. 高速道路の被害と復興に及ぼす影響

- (1) 1日も早い復旧を目指して
- (2) 安心で安全かつ沿道環境にも配慮した道路構造に復旧

2. 地震直後の対応

- (1) 初期対応
- (2) 応急対策
- (3) 復旧計画（設計）

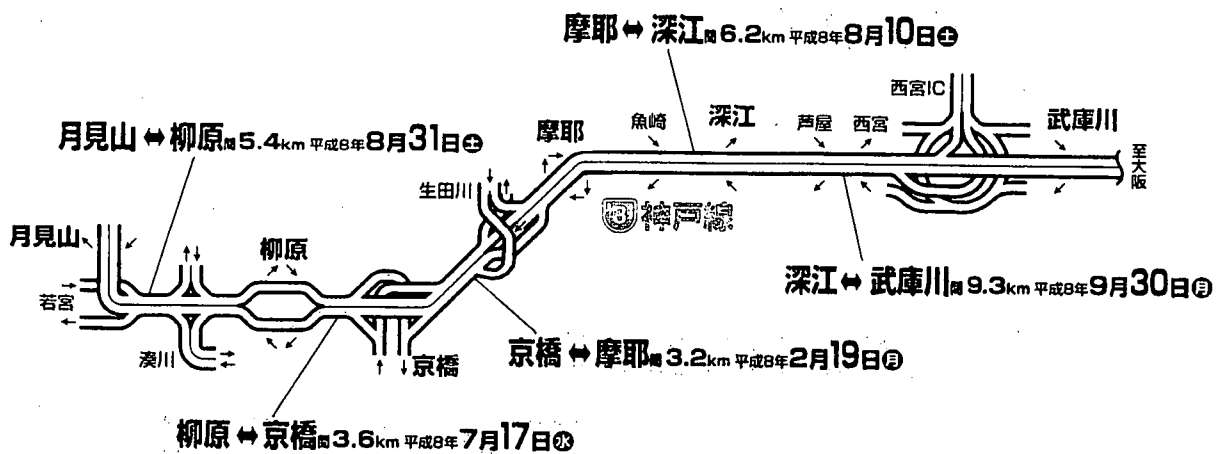
3. 復旧工事

- (1) 経験がなく、条件の厳しい工事
- (2) 設計・施工における創意工夫
- (3) 延べ250万人の総力戦

4. 技術者の立場から

- (1) 技術力の結集
- (2) 今後の取り組み

5. その他



受注者の立場から

(株)大林組 畑 昭雄

1. 応急復旧・本復旧工事の実施

受注者（建設業者）は各々の持っている組織力、動員力、技術力を活かして復旧工事を実施してきた。工事は次の段階で行ってきた。

(1) 二次災害防止のための緊急工事

余震によって崩壊の恐れのある橋梁、高架構造物の仮受け又は撤去、ビルディングの倒壊抑止のための盛土、擁壁・斜面の崩壊抑止処置、危険区域の通行止め処置等。

(2) 生活のための応急復旧工事

一般道路の仮復旧（陥没・隆起した路面の整形、道路内への倒壊物の撤去等々）、上下水道・電力・ガス・通信設備の土木関連仮復旧……これらの工事は本復旧工事を行うための準備工の役割も兼ねている。

(3) 都市機能を復元するための工事

道路、鉄道、高架構造物、港湾施設、工場施設、擁壁等に代表される土木構造物の本復旧工事。

これ以外にも、人として企業として人命救助や緊急物資・機材の調達と配送等は当然ながら行ってきた。

2. 今回の復旧工事の反省

建設事業に携わる我々は、災害発生と同時に自主的に素早く現場にかけつけ二次災害防止活動に協力するという教育を受け、その伝統を引き継いできた。それゆえ今回の大震災直後の緊急対応にも、あらゆるところで協力することが出来た。また、建設会社の施工部門と研究、設計部門が即時、即応の対応で復旧工事の遅滞ない進捗を支援した。

しかし今回は今までに経験した災害に較べ規模があまりにも大きかった。従って被害が大規模かつ広範囲であったこと、また日常の備えに油断があったことなどにより今後の貴重な反省材料、問題点を残した。それは、下記の疑問である。

(1) 災害に遭遇した時、建設事業に携わる者としての行動をとったか。

(2) 建設会社としての役割を速やかにこなせたか。

(3) 指令部署（発注者、所有者、管理者等）、地域住民の要求にこたえられたか。

(4) 災害復旧を担当する建設グループ間のコミュニケーションは計れたか。

3. 発注者への要望

土木技術者が担当した復旧工事の殆どは公共建造物或いは工場建造物で、発注者の指示、許可なしでは成し得ない工事である。

震災直後は被害の規模等が不明確であったため、各管理者は当初最寄りの業者に緊急指示をバラバラにしていたため、その指示が重複する或いは指示漏れがある等のトラブルが若干生じた。その後、発注者側の対策本部が設けられるに到り、混乱は解消されていった。

全体的に復旧作業中は指示・決定が遅く、イライラした時もあったが、突貫工事を行った結果、殆どの復旧工事が予定より早く終了した。しかし、より早く復旧するため次の事項の改善をお願いしたい。

- (1) 関係官庁の調整
- (2) 法規制の枠
- (3) 各発注者の対策本部間での施工監督の分担、施工の優先順位の決定
- (4) 設計基準の設定

4. 今後の課題

建設事業に携わる我々は、人、組織、技術の各々について少なくとも以下のことをしていかなければならないと思っている。

- (1) 土木技術者としての有事に際した自主的行動規範の徹底。
- (2) 受注者（建設業者）としての体制（組織・準備・広報等）の整備。
- (3) 被災物の調査・診断・判定方法の確立。

土木学会阪神淡路大震災対応技術特別研究委員会名簿

氏名	会社名
《委員長》	
廣田 良輔	鉄道建設公団 副総裁
《副委員長》	
石原 研而	東京理科大学 教授
清野 茂次	(株) リンテックコンサルツ 社長
野尻 陽一	鹿島建設 (株) 副社長
《委員》	
岩本 利行	(株) クボタ 鉄管研究部 部長
榎波 義幸	駐車場整備推進機構 専務理事
菊池 禎二	(株) 大林組土木技術本部設計第一部 部長
木邑 正	新日本製鐵 (株) 建材開発技術部 担当部長
佐伯 光昭	日本技術開発 (株) 土木本部 副本部長
柴山 知也	横浜国立大学建設工学科 助教授
高久 達将	日本鋼管 (株) 橋梁建設部 主席
富坂 国彦	大成建設 (株) 土木本部設計第二部 部長
野村 貞広	(株) ビーエス 土木技術部 副部長
前原 康夫	八千代エンジニアリング (株) 第二事業部 部長
山本 幸司	名古屋工業大学 社会開発工学科 教授
《幹事》	
今泉 正次	五洋建設 (株) 技術本部第一技術部 部長代理
大保 直人	鹿島建設 (株) 技術研究所第一研究部 室長
後藤 洋三	(株) 大林組 技術研究所土木第五研究室 室長
斉藤 悦郎	(株) フジタ 技術研究所土木研究部 主任研究員
田蔵 隆	清水建設 (株) 技術研究所地下技術研究部 部長
田中 努	(株) リンテックコンサルツ 総合技術部 室長
田中 良弘	大成建設 (株) 技術研究所構造研究部 室長
矢部 正明	株式会社社長大 事業部構造防災部 グループマネージャー

◎設計技術検討部会

○：グループリーダー

氏名	会社名
《部会長》	
佐伯 光昭	日本技術開発 (株) 土木本部 副本部長
(橋梁WG)	
○ 矢部 正明	(株) 長大 長大橋第一グループマネージャー
竹田 哲夫	鹿島建設 (株) 技術研究所第一研究部
田蔵 隆	清水建設 (株) 技術研究所 地下技術研究部 部長
中村 公信	日本鋼管 (株) 橋梁建設部
橋本 至	北海道開発開発コンサルト (株) 橋梁部副技師長
藤岡 茂夫	日本交通技術 (株) 設計第一部長
二神 健次	パシフィックコンサルツ (株) 構造部地震防災課 次長
(河川・砂防WG)	
○ 須田 文夫	(株) 建設技術研究所ダム水工本部 技術第6部次長
杉本 隆	日本工営 (株) 東京事業部防災部第一課
星川 俊男	日本建設コンサルト (株) 技術三部 部長
水木 茂	(株) ニュージ イッダム砂防部 部長
(地中構造物WG)	
○ 田中 努	(株) リンテックコンサルツ東京事業部耐震防災室室長
岡部 洋	(株) クボタ水情報システム部 課長
嶋田 芳久	(株) 近代設計事務所都市施設事業本部取締役本部長
立石 章	大成建設 (株) 土木設計計画部解析技術室
真鍋 進	日本技術開発 (株) 土木本部地震防災部 課長
(港湾WG)	
○ 熊谷 忠輝	(株) 日本港湾コンサルト設計本部第三グループ 部長
小宮 喜一	西松建設 (株) 土木設計部設計課 副課長
斉藤 征剛	三井共同コンサルト (株) 環境・港湾本部副本部長
生田目 信	セトコンサルト (株) 東京本部水工港湾部 次長
三藤 正明	五洋建設 (株) 構造耐震グループ 開発課 課長
(地盤・土工WG)	
○ 向山 栄	国際航業 (株) 河川・砂防防災部防災グループ 主任技師
加藤 広可	サココンサルト (株) 土質部 土質第一課
森本 巖	基礎地盤コンサルト (株) 技術本部技術部地震防災室長

◎施工技術検討部会

○：グループリーダー

氏名	会社名
《部会長》	
菊池 禎二	(株)大林組 土木技術本部設計第一部 部長
《副部会長》	
藤田 親	清水建設 (株) 土木本部設計第一部 部長
《部会幹事》	
田中 良弘	大成建設 (株) 技術研究所構造研究部 室長
斉藤 悦郎	(株)フジタ 技術研究所土木研究部グループリーダー
《部会委員》	
(第一WG)	
○貞光 誠人	大成建設 (株) 土木本部土木設計第一部橋梁設計室 室長
興 守	(株)宮地鉄工所 第一設計部設計開発課 係長
辻野 修一	佐藤工業 (株) 技術本部中央技術研究所土木研究部
中山 政義	(株)日本構造橋梁研究所 設計第2部次長
中村 一樹	オリエンタル建設 (株) 技術部 副部長
(第二WG)	
○嶋田 三朗	前田建設工業 (株) 技術本部技術研究所 副所長
丹羽 外二	(株)日本港湾コンサルタント 施工技術部 部長
藤森 一男	清水建設 (株) 土木本部設計第一部 課長
松本 隆夫	東洋建設 (株) 土木本部土木技術部 部長
(第三WG)	
○脇田 和試	(株)間組 土木本部技術設計部 課長
木戸 義和	(株)熊谷組技術本部土木技術部ソフトグループ 副部長
高松 伸行	東急建設 (株) 技術本部土木技術部技術第2課
田中 弘	日本工営 (株) コパル事業本部東京事業部都市土木部課長
戸島 敏雄	(株)クボタ鉄管研究部 課長

土木学会阪神淡路大震災対応技術特別研究委員会

◎防災システム部会委員名簿

○：グループリーダー

氏名	会社名
《部会長》	
山本 幸司	名古屋工業大学社会開発工学科教授
《部会幹事》	
今泉 正次	五洋建設 (株) 技術本部第一技術部 部長代理
《部会委員》	
荒 勇	前田建設工業 (株) 施工本部土木部 課長
岡井 大八	大阪ガス (株) 技術部土木建築技術子一ム 課長
清水 栄二	清水建設 (株) 土木本部技術第一部 副部長
下西 四郎	(株)浅沼組土木本部技術企画課 課長
神野 嘉希	西日本旅客鉄道 (株) 鉄道本部 主幹 (土木防災担当)
鈴木 雅夫	日本電信電話 (株) 関西設備建設総合センター 土木技術部長
谷内 隆	飛島建設 (株) 土木本部技術部設計第二課 担当課長
野永 健二	(株)銭高組土木本部P C部技術課 課長
平田 均	東急建設 (株) 施工本部土木部土木工務部計画課 副参事
広根 政義	関西電力 (株) 土木補修課 副長
宮内 和則	(株)利エンタルコパル東京事業本部都市・地域部 技術主幹
村田 信之	(株)熊谷組技術本部土木技術部PCグループ 副長
森 眞彦	中央復建コパル (株) 東京支社駐在 理事
森田 修二	(株)奥村組電算センター-数値解析制御グループ 係長
湯根 清二	(社)日本水道協会工務部技術課 技術専門員