

# トピックフォーラム

## 震災フォローアップ

学会誌では、阪神・淡路大震災の特集として、地震直後の1995年2月に「速報」がスタートし、1996年6月に「震災フォーラム」および「委員会レビュー」が終了するまで、約1年半にわたり阪神・淡路大震災に関する様々な記事を掲載してきました。今回、特集終了後に有益な意見、知識、情報などが寄せられることを大いに期待し、新たに「震災フォローアップ」を新設することになりました。投稿要領は、巻末の「土木学会誌 企画・投稿のご案内」に示された、区分 E、企画名「トピックフォーラム」を御参照下さい。会員の皆様の、積極的な投稿を期待します。

(担当幹事 杉山 郁夫)

### ■ 阪神淡路大震災でコンクリート構造物が受けた被害について思うこと

Opinion on the Damage of Reinforced Concrete Structures due to Hanshin Awaji Great Earthquake

名誉会員 仁杉 巖 Iwao NISUGI

平成7年1月17日。その日は私共大手私鉄にとっては運賃値上げをするためのマスコミに対する事前レクチャーの予定の日であった。7時過ぎだったろうか、家内が飛んで来て「関西で大きな地震があったようよ」と言っている。早速飛び起きてテレビにかじりついたが、淡路島や神戸で大地震があって詳細は分からないが、何かただごとではないなと思った。その時私の頭に浮かんだのが山陽新幹線の六甲トンネルや新神戸駅がどうなっているかということだった。1966年頃、私は国鉄本社の建設担当の常務理事であって、新大阪～岡山間の新幹線のルート選定の実質的な責任者として六甲トンネルのルートの最終決定をしたので、地震発生が6時前ということで、列車はまだ走っていないなと思ったが、六甲トンネルや新神戸駅が崩壊してはいないかと心配したわけである。

新神戸駅を今の位置に決めるまでには色々な経緯があった。大阪から明石方に新幹線を通す場合、在来線のどこかの駅に張り付けた新幹線の駅を造るのが、神戸市にとっても鉄道営業上からも望ま

しいと思ったのだが、この案だと人家の密集地を通すこととなり、地元との設計協議や用地買収に莫大な工費を要し、工期は長くなって建設当事者の計り知れない苦労が予想された。そのため、神戸駅は造らず西明石駅で乗降をしていただくように六甲山の中心部の比較的地質の良いところにトンネルを抜くという原案を作り、当時の宮崎神戸市長と話し合いをした。その時、宮崎市長から神戸に駅を造らない限り協力できないという強い希望があったので、現在の新神戸駅の位置に駅を造る案と、もっと北側の200mほど山中に入れた位置に新駅を造り、動く歩道で200mを結ぶ案を考えたが、後者は旅客の扱いがひどく面倒になると考えられた。そこで、地質の状況から見ると、施工上防災上種々問題があると思ったが、当時この付近の地震活動は比較的平穏であると聞いていたし、また、断層の動きについてはまったく予測が出来なかったので、現実的な利点を重視して、現在の位置の新神戸駅を決めたわけである。

新神戸駅の工事を始める頃には私はすでに国

鉄を退職していたが、この付近に断層があることが分かっていたので後輩の方々が設計施工について各種の工夫をされていたようで、今度の地震でその断層が動かなかったこともあったが、駅施設には大きな被害がなかったことで、後輩技術者の配慮が生きたと思ひ敬意を表する次第である。トンネル本体にも多少のひび割れが出た程度で大きな被害がなかったのは幸いであった。

私は、地下構造物は四方が土中とか山中にある場合、解放面がないので、地震による被害は比較的小さいと考えているが、今度の地震で大開駅などが大きな被害を受けたのは、土被りが薄く、その上、横のスパンが長かったことと天井の支えが柱であったことが被害を大きくしたのではないかと思っている。私の恩師であり、大正・昭和にわたりわが国コンクリート技術の発展に大きな業績を残された東京大学教授の故吉田徳次郎先生は私に、「障子は紙を張ってあると強いが、紙を張っていないと非常に弱い」ということを何回も言われた。今度の地震による建物の被害を見ると、構造的に色々計算し、耐震的に造られていても、壁がなく柱だけで受けていた部分が崩壊した例が沢山あるようで、吉田先生の指摘されたことが実証されているように思える。鉄道では高架橋の被害が大きく、仕事の早かったJRでも復旧に3ヶ月位かかっている。この崩壊は、付近を通る断層が動いたために、今まで設計する時に想定していなかったような大きな力が構造物に作用したことが原因の大きな部分を占めているようで、今後の設計については土木学会はじめ各方面で研究されているので、その結果によって新しい設計なり補強方法など、早く良い指針が定められることを期待している。

ただ今回の構造物の被害を見て感じたことがいくつもある。一つはコンクリートの質の問題である。私が大学を卒業する1938年頃より少し前までは、コンクリートの配合比として鉄筋コンクリートで1:2:3とか無筋コンクリートで1:3:6が用いられており、それも容積比なのか重量比なのかははっきりせず、入れる水の量は練り混ぜにち

ょうどよい位適当に入れるといった現場も見受けられたものである。練り混ぜにはミキサを使い機械で練り混ぜることが多かったが、小さい現場では手練りで労務者2人が鉄板の上に材料を置き四角のスコップで右と左から声を掛けながら練り混ぜるといった光景がよく見られた。セメント水比が強度や耐久性を支配するといった考え方が明解にされたのは1930年頃からはなかるうか。今ではコンクリートといえば品質管理の行き届いた生コン工場からミキサ車で運ばれるものと考えられる人が多いが、生コン工場が日本で初めて出来たのは、アドミックスチュアによってコンクリートの分離が防げるようになった1950年代になってからである。私が1960年頃国鉄の名古屋幹線工事局長として東海道新幹線の名古屋地区の工事を担当した頃には豊橋辺りにはまだ生コン工場がなく、私共発注者と建設業者とが協力して生コン工場を作ったという状況であった。その後はコンクリートを現場で練り混ぜるということが少なくなり、コンクリートの製造は生コン工場ということが定着し、コンクリートの品質管理も生コン工場が受け持つこととなり、土木技術者の中にコンクリートの品質管理という考え方が薄れてきたのではなかるうか。そして、山陽新幹線などの工事ではコンクリート用の細骨材に河川砂や山砂が不足したため瀬戸内海の手砂を使うことが多くなったようである。コンクリートの製造の鉄則の中に海砂を鉄筋コンクリート用の骨材として使う場合、十分塩分を抜いてから使うというのがあるが、被災したコンクリートにはこの鉄則がしっかり守られていなかったのではないと思われる例が見られた。今度の地震による高架橋の崩壊にコンクリートの質がどの程度関係したかは十分勉強していないので私にはよく分からないが、コンクリートの質の問題もこの際十分再検討すべきであろうと思っている。特に近年は良質な骨材資源の枯渇化がますます深刻となっている。骨材の品質の問題は、コンクリートの強度や耐久性に関わる大きな問題であるとともに経済的にも大きな影響があるので、関西以西の関係者のみならず土木技術者皆

が知恵を絞ってよい解決法を見出すよう期待している。

設計・施工面でもう一つ気になるのはすでに各所で指摘されている柱の帯鉄筋の問題である。破壊された柱の写真をみると、帯鉄筋の間隔が広すぎたり、帯鉄筋のアンカーが十分とれていないため帯鉄筋が本来の働きをしていないと思われるような姿が見られる。私は終戦直後の1948年頃、土木学会のコンクリート標準示方書の改訂に際して、鉄筋コンクリート部門の主査を命ぜられていたので、鉄筋コンクリート柱では帯鉄筋や螺旋鉄筋がきわめて重要であることはよく認識しており、柱の帯鉄筋がしっかり設計施工されていないと鉄筋コンクリート柱は柱として弱くなると考えていた。1989年にサンフランシスコ付近のサンアンドレアス断層の一部が動いて高速道路の高架橋が崩壊して大きな被害を出したことがあった。その際、写真を見る限りでは柱の帯鉄筋の間隔がひどく広いのにびっくりし、朝日新聞社発行の月刊「Asahi」4月号に、「アメリカはコンクリート技術でも日本より先進国だったのに、なぜこんな設計の鉄筋コンクリート柱が造られていたのか理解に苦しむ」と書いたが、阪神大震災の被害の結果を見ると日本もあまり偉そうなことは言えないようである。

この、砂の塩分と帯鉄筋の二つの問題を見て私が思うのは、近年鉄筋コンクリートおよびプレストレストコンクリート構造物が目覚ましい発展をしているのは大変喜ばしいことだが、これらのコンクリート構造物に不具合が見られたというのは、土木技術者が「皆で渡れば怖くない」式の、技術に対する厳格な対応が欠けていたのではないかという危惧である。もしそうだとすれば、これを機会に反省し、コンクリート技術の基本をしっかり守り、後世に立派な構造物を残していけるよう皆で努力する必要があるのではないか。特にRC・PCの構造物は、自動車、電気製品等のようにしっかりした設備の工場で製造されるものとは違い、全国の気象条件の厳しい野外で少数の管理技術者のもとで造られている。完成したコンク

リートは風雨に曝されて機能は低下し、色々な災害にも見舞われる。そういう中で耐久性を強く求められるとなると、現場におけるコンクリート作業はきわめて重要なものとなる。コンクリートに関するさまざまな研究や改善などは大変重要であるが、その成果を実現するためにはこれを製造する各現場が、コンクリートの設計や施工の原則を厳格に守って、欠陥のないコンクリートを造ることが前提となる。

最後に私が平成7年3月の始めにJR西日本の案内で被災現場を見たときに感じたことを述べてみたい。破壊した高架橋を見ると、線路方向に対して前後の方向では持ち合っているため倒れずに横方向に倒れているものが大部分であった。私が若い頃に高架橋の設計をしたときのことを思い返してみても、横方向（線路直角方向）を縦方向（線路方向）より強くするという意識で設計したことはなかった。もちろん横だけ考えればよいというものではないが、設計の一つの着眼点として横方向の強度を重視するというのを考えてみる必要があるのではないか。また、丸形の支柱の高架橋が横倒しになっている写真を見ると、色々な事情があったとは思いますが、柱は横長の角柱がよいと思うのだが…。復旧のやり方でも、JR西日本は桁の部分が無傷で残ったので、桁をジャッキアップして鉄板で巻くという方法を採用して比較的早く復旧できた。この方法は、先ほど私が述べた鉄筋コンクリート柱の帯鉄筋の重要さといった観点から見て、適切な方法であったと思う。一方、私鉄は、壊れた高架橋を全部取り壊して新しい高架を造っているが、今後はこの二つの方式について十分に検討し、色々な状況下における復旧方法を確立しておき、緊急な事態に対応できるように準備すべきであろう。もう一つ、スパンの長いPC桁のラーメン式橋台の崩壊が目についたが、これらについては今後もっと強度を上げるよう再検討すべきであろう。

以上思いついたことを書き並べたが、老技術者の思いつきがお役に立てばと思いきや筆を執った次第である。