

【論説】

土木技術とフレッキシブルな対応

Civil Engineering and its Flexible Correspondence

専務取締役 木村 康宏
Managing Director Yasuhiro KIMURA



振返ってみると、土木構造物は大地にリジットに定着し、かつ半永久的に存在するという前提のもとに設計施工されてきた。しかし最近の軟弱地盤上での構造物、あるいは重交通下での都市高速の高架橋等、従来と違った対応、柔軟なフレッキシブルな対応を迫られるものが多くなってきた。以下、これらのことについて言及してみたい。

由来土木の構造物は地震力、水力、土圧力といった自然力に抗して、あるいはフレッキシブルに対応してつくれられてきた。県の土木部にいた頃、災害時にはいろいろの事を体験させられた。河川工事を見ていると水制工、蛇籠と併用した聖牛工等は水流に柔軟に対応しながら、巧みに水流の方向を河身に追いやり、提防あるいは河岸を防護する。富士川の雁（かりがね）提防は水を以て水を制する河川工作物の傑作の一つに数えられている。このように河川工作物には、自然力が水流という流体であるためか、極めてフレッキシブルに対応している例を見ることが多い。首都高速湾岸線の建設には各種工作物があったが、やはり全精力を傾けた東京湾沈埋トンネルが主体をなした。周囲の地盤が洪積層の上に堆積した厚い極めて軟弱な地盤であり、その中に埋められる長大構造物であったので、その設計、施工とも極めてフレッキシブルな対応を迫られた。先ず本トンネルについて述べよう。

首都公団の担当した湾岸線、大井埠頭より市川に至る全区間は、すべて新しく造成され、未だ15年を経ていない埋立地であった。従って地盤の沈下、構造物の築造後の沈下、あるいは変位は重大な関心事で、特に江東、荒川周辺地区の洪積層の地下水の汲み上げによる沖積層の圧密沈下は、沈埋トンネルの設計そのものに重大な影響を及ぼした。トンネル区間が約1kmであったから、中央で1m程度沈下しても、本四公団の鉄道併用吊橋における塔支点上の角折れに対する類の心配はなかったため、この沈下を許容する基礎構造とした。特に沈下が激しいと予想された東側に対しては、特殊なキャップをほどこした杭を最小限に打ち、無理のない縦断線形までの沈下は許される構造とした。約1,000mのトンネル区間にに対して、長さ115mのエレメント9個を考え、それらのジョイントをフレッキシブルにすることによって、この沈下に追随できる構造としたのである。諸外国の地盤の比較的

良好なところにおけるものと違って、沈下量が格段に大きい事、従って角折れの大きいことからジョイントの止水には特別の工夫がこらされた。次に問題となったのはいかに地震力に対応するかであった。基盤層の上に厚く堆積した軟弱地盤の中に、浮力を受けて軽いが、埋められる質量の大きな長大な構造物が、拡大された地震力に対してもいかに応答するかは、本トンネルの耐震委員会での議論の焦点であった。トンネルの各位置での軟弱層の厚さ、地盤の固有周期、地震波の種類によって複雑な影響を受けるが、沈埋函のジョイントのフレッキシブルな構造が、トンネルの各種の断面力を軽減するのに非常に効果があり、平均して半減し得ることを確かめることができた。これを実際の設計にいかに反映させるかは、先ず防水を絶対条件とするため、実験を伴なう難かしい問題であった。これらを克服してフレッキシブルな継手が適用されたわけである。以上のように東京湾トンネルは建設される位置の地盤状況の特性、構築された構造物が長大な沈埋トンネルという特殊なものであったにしても、従来の土木構造物と違って周囲状況に極めてフレッキシブルに対応した一例といえよう。

最近完成した鉄道の沈埋トンネルとして、東京湾内の品川埠頭と13号埋立地を結ぶ台場トンネルがある。前記トンネルのような大断面であることの制約からくる鉄筋コンクリート構造と異なって、断面が小さいことから、有利な鋼殻構造が採用された。そして、その材質の利点および形状の長所を生かし、前記トンネル以上の地盤沈下に対応できるように、特にジョイント部には工夫をこらして設計され、完工をみた。水中で浮力を受けた軽い構造物となるため、その点を特に利用し、敢えてリジットな構造でなく、沈下に対応させた方がより経済的であり、また少しも安全性を害さないと判断したためであった。まことにフレッキシブルな対応といえよう。

最近都内に日本では不向きと思われてきた多くの超高層ビルを見るようになってきた。柔構造物という言葉も珍らしいものではなくなってきたが、これも自然力に対する一つのフレッキシブルな対応といえる。超高層ビルが成立する理由は次のようにいわれている。一つには次第に明らかになってきた地震動の性質が、長周期な振動周期を持つ構造物に対して不都合に作用しないというこ

とと、もう一つは高さが高いため全体的に可撓性の大きい構造が得られるので、主要構造部材の応答応力が線型範囲内に納り易い、塑性領域に入ってもごく微量であるということにつきるようである。場所場所によつていかなる地震動を適用するか、研究の余地は充分あるようであるが、地震記録の地上または建築物内での整備とともに、さらに設計が合理的になることが期待されている。地震力の性質が世界的にも明らかになるにつれて、それらの性質の間隙をぬつて成立した柔剛造は建築の面で自然力にフレッキシブルに対応したものといえるであろう。

フレッキシブルな対応となると、土木構造物では、特に我国では地震力に対するものが多くなるが、現在関越自動車道において、高橋脚の橋梁に対して耐震的にユニークな設計が行なわれ、着工の段階に至っている。地震力の応答応力を上廻る部材の設計をしようとする従来の基本的な考え方に対して、異なった方向よりアプローチをはかっている。それは高橋脚であることの特性、すなわち長周期な振動特性をもつた柔構造物としてとらえ、さらに左右の橋台上で主軸を橋軸方向で水平にバネ支持することによって、橋脚に作用する水平力の負担を軽減し、結果として橋脚剛性の低下を可能とし、全体構造を長周期な振動特性を有する構造たらしめた事である。これによって地震動に対する応答倍率、変位量を低減し、種々の断面力を小さく押えた事である。免震構造という言葉を使用しているが、まさに地震力に対する土木構造物のフレッキシブルな対応ということができる。

話が軟弱地盤あるいは地震力等の自然力に対する技術的な対応に狭められ、数例の引用となってしまったが、なにも自然力ばかりではなく、異質な対応を迫られている都市高速道路についても言及してみたい。

最近都市内の耐久建築物の建替えの激しさが目につく。主たる理由は建物が機能的意味で耐用年限に達したと考えるのが妥当であり、オフィスビルのそれは現在では20～30年の短スパンとなったといわれる。進行を必要とする都市再開発と関連した場合も多いのであるが、短サイクルとなったことから、これから建築物は造る時から破壊、膨大な廃棄物の処理、更に省資源の立場から資源のリサイクルというシステム的処理の対応に迫られている。

ひるがえって同じく都市内の土木構造物、特に高速道路の高架構造物の場合を考えてみよう。これらの構造物は前述したような自然力に耐えるのみで事足りるものではない。日夜走行する各種の交通車輌はまさに外力となって作用している。いずれは損傷し、架替えを必要とする時期に遭遇する。建築物と対比して大いに違うところは、架替えするについて代替物のないことである。単独の橋ならば、都市の密度の高い道路の一結節点であるから、迂回路も可能であろう。現に2年前に隅田川の新

大橋が約60年のライフサイクルをもつて、モダンな斜張橋に架替えられた。少なくとも日交通量は4万台を越えていたであろうから、近辺の橋梁ならびに街路にはかなりの負荷を与えたはずである。こと高速道路となると問題は全く別の様相を帯びる。回廊制御等が可能な諸外国の高速道路と様相が異なって、現段階では有効な迂回路がないからである。現在東京地区の高速道路延長は湾岸線を含め約118km、1日の利用台数は約60万台、中心部の延長約13kmの内環状線が、約8本からなる放射線の連絡路線となっている。このため環状線を一部分でも利用する車は40万台を越すものとみられている。従ってこの環状線上で一旦事故があり、長時間交通が途絶すれば、東京の中心部の交通は麻痺してしまう。放射線においても類似の事が起ることは想像に難くない。幸いにして高架構造自体の欠陥にもとづくこの種の事故が、不断の補修により未然に防がれている。このように酷使されている環状線の交通量を減らし、各放射線の有効利用をはかるためには、しばしば色々の機会にいわれているようにもう一つ外側に中央環状線、さらには都市間高速道路を区部の外周で連絡する外郭環状線が必要となってくることであるが、これらの必要性の意味は、さらに各々の路線に対して迂回路が形成されるということである。

大学時代橋梁を教えて下さった田中豊先生が、陛下に橋梁について御進講を申し上げたところ、「橋梁の寿命はどのくらいか?」との御下問に、その返答に窮したと話されたことがある。国鉄では50～60年と踏んでいたようであるが、都内の高速道路の酷使の現状では果してそれが期待できるであろうか。現在の経済成長下、また環境問題への対応が難しくなってきている時、中環、外環ともその建設には長年月を必要とするであろう。それまではドラスチックな修理はまず不可能である。従って衆知を集めて補修対策を練ることが必要であるが、首都高速に限らず高速道路の場合、今後の橋梁として、破損に際してフレッキシブルな対応が取り易く、ライフサイクルを長くし得るものを見掛けるべきであろう。最近研究調査が進み、実現に近づいている延長500mに近い多径間連続桁のたぐいは、高架構造の補修上最も弱点とされる伸縮継手を極端に少なくすることができ、さらに地震力に対しても橋脚の剛性等適切な構造諸元の選択によって、極めて有利な構造型式となり得るという意味において、外力(地震力)、内力(交通車輌)に極めてフレッキシブルに対応したものといえよう。戦前鴨緑江の橋の建設に際し、耐震構造を意識してラティストラスを採用したというが、これを思わせるものがある。まさに土木構造物の建設に当つて、景観の創造等を含めて、広い意味でフレッキシブルに対応していくべき時代がきたと思える。