

技術の創造研究会 兵庫耐震工学研究センター見学印象記

技術の創造研究会会長
株式会社畑村創造工学研究所代表
東京大学名誉教授 畑村洋太郎

見学日時 : 2013年3月1日(金) くもり
見学施設 : 兵庫耐震工学研究センター E-ディフェンス
見学者 : 技術の創造研究会 45名
案内 : 独立行政法人 防災科学技術研究所
減災実験研究領域長 兵庫耐震工学研究センター長 梶原 浩一様
特任参事 兵庫耐震工学研究センター 運営監理室長 阿部 健一様
記録 : 2013年3月7日
行程 : 08:30 東京駅発 のぞみ17号
11:22 新神戸駅着
12:20 E-ディフェンス着
12:25 自己紹介
12:40~13:25 説明
13:30~14:20 見学
14:30~15:55 発表・質疑
17:00~18:50 懇親会@ANAクラウンプラザホテル神戸
19:22 新神戸駅発 のぞみ54号
22:13 東京駅着

【動機】

2007年12月10日に兵庫耐震工学研究センターの設備を見学し、同13日に実大橋脚破壊実験を見学した。通常の品質保証のための確認試験では破壊するまではやらず、保証しようと思ふところまでをやるだけである。しかし、たとえば「4」まで保証するものを破壊試験により「10」まで大丈夫なことが確認できると、この4から10までが余裕分となり、それが安心を与えることになる。見学当時も破壊実験の必要性を非常に強く感じたが、実際に破壊実験を行ってどの程度で壊れるかを確認することが必要だと痛感したのが福島原発事故である。福島原発事故では、地震の揺れによって設備に致命的な損傷が発生したかどうかを現場で確認することが困難である。実大試験によって確認することができれば、地震でどのようなことが起こったかを検証することが可能になると考えられるからである。

このような貴重な施設があることを是非会員皆に知ってもらいたいと考え、技術の創造研究会の見学先に選んだものである。

【見学内容】

3次元振動の実験装置(図1, 2)のアクチュエータ(図3(後掲)), 水平方向および垂直方

向の継手 (図 4, 5), 震動台を支えるスト
ッパ (図 6), 油圧アクムレータ (図 7 (後
掲)) などを実見し, 屋外にある実大実験
で壊れた建物 (図 8) などを見た.



2013/3/1
畑村撮影

図1 Eディフェンスの加振機の模型



2013/3/1
畑村撮影

図2 震動台
(大きさ: 20m × 15m, 最大変位: 水平±100cm, 垂直±50cm,
1200トンの実大試料に水平0.9G, 垂直1.5Gの加振が可能)



2013/3/1
畑村撮影

図4 XY方向の3次元継手



2013/3/1
畑村撮影

図5 Z方向の3次元継手



図6 Z方向のストップ



図8 実大試験で壊れたモデル校舎

【見学で考えたこと】

(1) 稼働率

質疑応答の中で稼働率に関する質問が出た。

実大実験を年 8 件行うとほぼフル稼働となるということであった。実験は 24 時間体制で行うのかと思ったが、周辺住民から苦情が来るとのことで夜間は稼働させることはできないようである。供試体の準備や震動台へのセットアップなども含めると、1つの実験に1か月以上がかかり、年 8 件で一杯ということになるそうだ。

一方、技術の創造研究会の会員はほとんどが民間企業に勤務しており、そのような民間の視点からは、これだけの設備投資をしたからにはもっと稼働率を上げて社会に貢献すべきだし、利益を上げることも考えなければおかしい、と疑問を持ったようだ。設備投資の償却を考えれば 5 年位で元を取ることを考えて当然だと考えたのである。施設の建設にかかった費用は 450 億円だと聞いたが、5 年で元を取ろうと思うと年間 90 億円、10 年で考えると 45 億円の売上になるような運用を考えなければおかしいと感じたようである。

議論はすれ違ったままであったが、とても面白かった。実際には収益を上げるために設備を高稼働率にしようとするれば保守管理の問題が起こるし、それ以前に職員の意識の問題、また防災研の“経営陣”が“経営する”という意識を持っているかという問題が一番大きくでてくると思う。収益を上げることを目指すとすれば事業団のようなものを作らなければとてもできるものではないが、さて耐震実験を請け負うような事業団などというものが成り立つのであろうか。

また、兵庫耐震工学研究センターは独立行政法人防災科学技術研究所の研究施設である。独立行政法人の組織に自分たちでお金を稼ぎ、自分たちで稼いだお金をすべて自由に使えるような独立性があるのだろうか。実質的には細かい運用に至るまで何もかも文科省が差配していると思われるが、これは組織運営としては非常にいびつな形ではなかろうか。

2012 年 12 月に起こった笹子トンネルの天井コンクリート盤の落下事故の背景にもこのようにいびつな組織運営の問題があると考えられる。事故前の 2012 年 9 月に中日本高速道路の新

東名高速道路の建設現場を見学して、色々話を聞いたが、中日本高速道路は道路の通行料金などで収益を上げることは許されず、パーキングエリアで収益を上げることだけが許されているそうだ。そういうことならば、収益が上がる場所だけに関心が集まるのは自然である。結局非常にいびつな組織運営になると考えられるが、これは組織内の人たちの責任ではなくて、システム全体を作っている社会構造の問題ではないだろうか。

実はこれと全く同じ問題が東京大学にも起こっている。東大の工学系研究科の研究室の現況を聞く機会があったが、東大の中でも約4割の教官が特任教授のような限定的な雇用になっていて、しかも研究費は実質的には半分以上を自分たちで稼がなければならない体制になっていると聞いた。これは独立行政法人という形を取ると必ず起こることである。社会の中で効率を良くすることは必要であるが、独法化によって大学が本来の目的に合う方向に進めるのかどうかは大いに疑問である。

今回兵庫耐震工学研究センターを見学して、組織運営の問題が根本的に解決されなければ、組織内の人たちが非常に苦しむのではないかと感じた。予算をどんどん削られて、保守や安全管理等に十分なお金が回らなくなり、人も回らなくなって、最後に事故が起こるというシナリオを考えると恐ろしい気がする。笹子トンネルはよそ事ではないのだ。

(2) 油漏れ

施設の地下にある駆動装置を見学した。少くらの油漏れはあるのではないかと見ていたが、1ヶ所もなかった。私の経験では、油圧装置をいじると必ずどこかで漏れる。また、実際に使われている建設機械など、油圧を使う装置は、必ずどこかに油漏れがあって汚れているものである。ところが、ここの油圧駆動装置には全く油の汚れがない。すごいことだと思った。

質疑の中でボルトの緩みについて話がでた。ボルト1本がスポンと抜けるという事故があったそうだ。そこで総点検してみると、60本ボルトで緩みが見つかったという話である。油圧配管の管と管の接続部分は全てフランジ継手になっている。例えば直径200~300mmの管では、おそらく20本程のボルトで接合されていると考えられる。そのボルト1本ずつをトルク管理(?)により緩まないようにしているそうだ。地震の波形を模した振動を加えようとすれば、油圧が急激に上下するのを極く短時間に何回も繰り返すことになる。実大建物の破壊実験をやっている訳であるが、実際には油圧駆動装置の破壊実験をやっているようなものである。このような意識をきちんと持っているから、油が抜けていないのだと思った。

ボルトが1本抜けたときに総点検し、60本のボルトの緩みを発見したことは素晴らしい。しかし、そのときにボルト一本の脱落から逆に、油漏れに対する考え方や設備に対する考え方にまで遡ることが大事である。もしも規定や基準通りに運用しているから大丈夫と考えているのであれば、いつか見落としのところで大事故を起こすことになる。せっかく気が付いた1本のボルトの脱落から、逆演算によって自分たちの考え方にまで踏み込んで見直しをすることができていれば良いと思う。ここまでの議論はしなかったが、そんなふう感じた。

ボルト締結については、緩みのメカニズムをきちんと把握しておくことが必要である。たぶんメーカーではそのようなことをものすごくうるさくやっていると思うが、この施設で働く人たち全員がその考えを共有していることが大事であろう。ネジが緩むには、雄ネジと雌ネジの

間に働いている力の波形が時間に対して対称形にならず、鋸歯状波のような形で速く立ち上がりゆっくり落ちるといったような波形が繰り返しており、マイクロにボルトの回転を促進していった、最後に接触が外れて力がなくなったところでツルツルと振動だけで抜けて行ったのではないと思う。

(3) 油圧について

この装置は誰も見たことがないような巨大な油圧システムである。メインのシリンダは内径が 1.5m、外径はおよそ 1.8m で、シリンダの肉厚は 150mm と推測される。シリンダのストロークが片側 1m なので、内筒の直線部分は 4m くらいあるのではないかと思う (図 3)。

普通の建設機械や産業機械で使用する油圧は、電動のポンプで作動油を圧送し、圧力が不足する分をアキュムレータで補うと考えるのが基本である。しかし、ここではいったんアキュムレータに作動油全てを送り込み、そのガスの膨脹を使って油圧を瞬時に押し出すというメカニズムで考えられている。通常の電動の油圧機器とは全く違う駆動方法だと考えるべきである。とても面白い。

アキュムレータを見学させてもらった (図 7) が、なぜアキュムレータがこれほどゴツイものになるのかをもう少し説明してもらえたら、皆がとても納得したのではないか。これを電動でやろうと思ったら、そんなモータもないし、発電所を新たに 1 つ作らなければならなくなる。さらにまた蓄電も必要となり、こんな大がかりなものを動かすことはできないだろう。

見学とは直接関係ないが、油圧の単位について考えた。油圧は 70 気圧を単位としているということである。なぜこんなに中途半端な数字なのか不思議に思って調べてみたら、油圧が発達するときにアメリカで圧力の単位として使っていた「psi (pound-force per square inch)」を気圧に換算したためであった。例えば、

$$1000\text{psi} = 0.454 \times 10^3 \text{kgf} \div 2.54^2 = 70.4 \text{kgf/cm}^2 \quad (\text{1inch を } 2.54\text{cm とする。})$$



図3 水平方向の油圧シリンダ(上方の青い筒)
(内径1.5m, 外径1.8m(?))



図7 駆動源となる油圧アキュムレータ

となる。70.4kgf/cm²は要するに70気圧、7MPaである。油圧は1000psi毎に区切って考えるので、70気圧を1単位としていることになるのだそうだ。

ここで使っているのは280気圧、28MPaだと聞いた。かなりの高圧である。一般の産業用のものは昔は140気圧だったが、今から30年程前に210気圧になった。また、今から20年程前にはどの産業でも大容量のものは280気圧になっていったのではないだろうか。建設機械は機動性が必要となるために重量を小さくしなければならず、350気圧位になっているのではないかという気がする。

なお、ここでこういうことを述べたのは、単位もそうだが、技術に関わるものには発達してきた経緯があって現在の形ができあがっていると考えからである。技術を考える上では、その来歴を考えないと正しく判断できない場合が多い。油圧の単位はその好例である。

(4) 実大実験

Eーディフェンスの開設は2005年であった。そして同じ年に原発の耐震安全性を確認する目的で作られた多度津工学試験所が閉鎖されたということである。私はその話を聞いて、実大実験はもう必要ないという判断は先々の事故に繋がるのではないかと思っていた。もう十分に学んだ、これ以上学ぶ必要はないという考え方そのものの中に傲慢を感じるからである。そしてその通りに福島原発事故が起こった訳である。多度津試験所の閉鎖と福島原発事故を結びつけて考える人はほとんどいないと思うが、私にはそう見える。

その分野にどれだけ知識や経験が集積されていたとしても、実際の事故を考えるときには実大実験は必須である。甘く見たら必ず事故に結びつくとは私は思っている。事実、福島原発事故では配管等が地震で損傷したことが事故の要因の一つではないかという疑念を持ち続けている人たちがいる。このような現実を見ると、とにかく実物が壊れるところまで実験してみることが非常に大事だと思われるのである。多度津試験所の震動台は300億円をかけて作ったが、スクラップにして売ったら3億円にしかならなかったと聞いた。この真偽はどうでもいい。それよりも、もう実大実験を必要としない、多度津試験所から得られる地震対策に必要な知識は十分獲得したという考え方、またはその背後に見える原発業界や電力業界の傲慢が事故の要因の一つと言えるのではないだろうか。

【謝辞】

50人弱もの大勢の人数で押しかけたにも拘わらず、震動台の下の駆動装置まで見たいという希望もかなえて戴き、見学者一同が大喜びだった。技術の創造研究会の会員は日本の産業界の中で開発や運営を担当している者ばかりなので、今回の見学はこれからの日本の産業や技術を考える上でおおいに役立つに違いない。見学させて戴いて、誠にありがとうございました。

ところで、今回の見学でこんなことをしてほしかったという希望がいくつかある。その1つは構造と駆動の詳しい説明が欲しかったということである。この震動台はふつうに考えている油圧機器とは全然違う構造になっていて、このような大出力のものを動かすのに蓄圧して動かすしかないことについて詳しい説明が欲しかった。

また、研究結果の紹介があったが、実験結果の動画をもっとたくさん紹介することによって、危険が他人事ではなく、自分に関わるものだという意識を持てるのではないかと思われる。こ

2013/3/7 記録
2013/4/22 修正

こで行われた実験のうち公開で行われているものはHPで実験映像が解説付きで公開されているそうだ。解説付きの映像で勉強することによって研究センターのファミリーができていくのではないかというようなことを考えた。

どうもありがとうございました。

以上