

17 部 構造力学と数学，歴史，失敗事例

01 章 シースム 配布挨拶,技術雑感

西村宣男

' 21. 02. 00

加藤久人

山口隆司

三好崇夫

第 1 回

ご挨拶 シースム勉強会会員の皆様 西村宣男

照査のための構造力学・番外編の説明

研究ノート NN-08-05 番外編 1 掘割構造函体／変断面部材のアーチアクション

研究ノート NN-08-07 番外編 2 骨組の弾塑性解析のための効率的要素／変断面要素

照査のための構造力学第 1 章序論

照査のための構造力学 第 2 章 初等骨組理論と拡張骨組理論（拡張骨組理論基礎編）

第 2 回

研究ノート NN-08-08 番外編 3 連続ばりの級数解法／付帯条件付ガラーキン

研究ノート NN-08-31 番外編 4 高階微分方程式の解

照査のための構造力学（シースム 2-01） 2. 4 組み立て断面部材の換算剛性

照査のための構造力学（シースム 2-2） 2. 6 はりのねじり

第 3 回

研究ノート NN-08-02 番外編 5 トラス橋の耐震設計に関する研究課題

研究ノート NN-07-45 番外編 6 橋梁のリダンダンシー設計の勧め

照査のための構造力学（シースム 2-5） 2. 5 積層ばりの曲げ

照査のための構造力学（シースム 2-7） 2. 7 閉断面はりの断面せん断変形（断面変形）

照査のための構造力学（シースム 2-8） 2. 8 弾性床上のはり

第 4 回

研究ノート NN-08-02 番外編 5 トラス橋の耐震設計に関する研究課題

研究ノート NN-07-31 番外編 7 製作鋼管の冷間成形による材料特性の変化

研究ノート NN-08-18 番外編 8 設計照査と技術者倫理

照査のための構造力学（シースム 2-9） 2. 9 吊橋の膜理論

照査のための構造力学（シースム 3） 離散的構造解析法と古典力学コラボレーション（拡張骨組力学）

第 5 回

研究ノート NN-07-30 番外編 9 連成座屈強度の評価について

研究ノート NN-08-33 番外編 10 鋼製橋脚の最大強度に関する基礎的検討

照査のための構造力学(シースム 3-4) 2 主桁橋梁架設系の安定性

第 6 回

研究ノート NN-08-39 番外編 11 橋梁事故と技術者倫理

研究ノート NN-08-38 番外編 12 トラス or ラーメン／たわみ角法の限界

照査のための構造力学(シースム 3-6) 波形鋼板ウェブ PC 桁橋梁

第 7 回

研究ノート NN-08-40 番外編 13 構造力学, 直観力養成のためのトレーニング問題（その 1）

研究ノート NN-08-41 番外編 14 腐食減厚による鋼板の残留応力再分配と初期たわみの変化

照査のための構造力学(シースム 4) 応力集中の纏め方

研究ノート NN-08-53 番外編 円孔を有する帯板の応力集中に関する資料

第 8 回

研究ノート NN-08-50 番外編 15 トラス部材の 2 次応力について

研究ノート NN-08-55 番外編 16 構造研究における失敗と解決策の発見一体験談

照査のための構造力学(シースム 4) 応力集中

第 9 回

研究ノート NN-08-10 番外編 17 鋼製ラーメン隅角部のせん断変形を考慮するための弾塑性モデル

研究ノート NN-08-45 番外編 18 構造力学, 直観力養成のための骨組力学問題 (その 2)

第 10 回

研究ノート NN-09-04 番外編 19 鋼部材の基本強度の評価と限界状態設計

研究ノート NN-09-03 番外編 20 構造力学教育論

第 11 回

研究ノート NN-08-42 番外編 21/鋼桁の耐荷力評価に関する研究課題

研究ノート NN-09-06 番外編 22 膨張材の効果を考慮した合成構造の応力解析

第 12 回

研究ノート NN-09-10 番外編 23 今後の土木鋼構造の計画・設計・建設に関わる戦略 於. 構造懇話会

研究ノート NN-09-11 番外編 24 直観力養成のための構造力学(その 3) 力学用語の誤使用例や説明不足

第 13 回

研究ノート NN-09-15 番外編 25 日本鋼構造協会会員制度の見直しに関する提言 (案)

第 14 回

研究ノート NN-09-16 番外編 26 トラスの固有振動に関する補足

研究ノート NN-09-12 番外編 27 トラス橋のリダンダンシー評価のための数値シミュレーション法

第 15 回

研究ノート NN-09-20 番外編 28 土木学会平成 21 年度全国大会研究討論会 “設計の無駄と余裕”

第 16 回

研究ノート NN-09-21 番外編 29 薄板骨組み構造の結合解析における結合点の処理

第 17 回

研究ノート NN-09-30 技術雑感 1 直接基礎立体交差橋梁 (UFO) 見聞録

第 18 回

研究ノート NN-10-02 技術雑感 2 構造力学と数学に関する体験と反省

第 19 回

研究ノート NN-10-05 技術雑感 3 高力ボルト摩擦接合継手に関する研究余話

第 20 回

研究ノート NN-10-07 番外編 30 高力ボルト接合に関する Q & A (その 1)

研究ノート NN-10-04 技術雑感 4 鋼構造・構造設計分野における障害者雇用の実態

第 21 回

研究ノート NN-10-08 技術雑感 5 魚釣り力学 1 竿捌きの力学的解釈について

第 22 回

研究ノート NN-10-11 技術雑感 6 魚釣り力学 2 釣り糸の力学的解釈について

研究ノート NN-10-14 技術雑感 7 鋼構造技術者の品格

研究ノート NN-10-15 技術雑感 8 大阪淡路地区の開発計画とその進捗度

第 23 回

研究ノート NN-10-10 技術雑感 9 鋼構造分野における女性研究者・技術者問題について

第 24 回

研究ノート NN-11-06 技術雑感 10 災害に強い社会システムの構築を目指して

研究ノート NN-11-07 技術雑感 11 AASHTO におけるボルト接合関連条項の紹介と考察

第 25 回

研究ノート NN-11-11 技術雑感 12 鉄道好きの独り言 (車窓前面展望を見ての疑問など)

研究ノート NN-11-09 技術雑感 13 跨座型モノレールの技術開発に関する記録簿

第 26 回

研究ノート NN-11-15 技術雑感 14 震災対応で再び問われる企業倫理

平成 20 年 5 月

シースム勉強会会員の皆様

西村宣男

ご 挨 拶

皆様にはご健勝のこととお慶び申し上げます。

大阪大学を退職して早 3 年が経ちました。この間、コンピュータ時代における構造解析・構造設計のあり方、とりわけ構造力学教育について、大学における 40 年間の経験に基づいた専門書の出版を目指して、関係資料の収集を行って参りました。しかし、出版社から本を出すだけでは情報伝達が一方的となってしまう、私が意図する著者と読者との双方向からの情報交換による教育方法の構築に繋がらないと考えるに到り、“構造力学に強い設計技術者になるための勉強会（シースム勉強会）”を立ち上げ、これまでに収集した情報を会員の皆様にメール配信することで、本の出版に替えることに致しました。

配信いたします資料は“照査のための構造力学”と称する専門書の手稿と、この本には入れられなかった構造解析に関する諸問題や技術者倫理に関する小文で、“照査のための構造力学・番外編”と称しています。資料に含まれる図表の貼り付けが遅れ気味ですが、完成している部分から、逐次配信いたします。

この度、第 1 回の資料を配信いたします。内容は以下の通りです。

- (1) 挨拶状（本ファイル）
- (2) 照査のための構造力学 第 1 章 序論
- (3) 照査のための構造力学 第 2 章 2.1, 2.2, 2.3
- (4) 照査のための構造力学・番外編の説明
- (5) 番外編 1 掘割構造函体／変断面部材のアーチアクション
- (6) 番外編 2 骨組構造の弾塑性解析のための効率的要素／変断面要素

送りました資料に関する質問や、日頃の構造解析・構造設計に関する業務の中で、困っておられる問題についてのご相談がありましたら、お気軽にメールにて問い合わせ下さい。

皆様の益々のご発展をお祈り申し上げます。

メールアドレス n.nisimura@gaia.conet.ne.jp

電話・ファクシミリ（供用）06-6323-4931

平成 20 年 7 月 1 日

シースム勉強会会員の皆様

西村宣男

第 2 回メール配信に寄せて

拝啓, 時下益々ご清栄のこととお慶び申し上げます. 予定より若干遅れましたが, この度, 第 2 回目の資料を配信いたします. 今回の資料は以下の通りです.

本送付票

照査のための構造力学第 2 章 2.4~2.6 (2.5 は修正点が見つかり, 次回に配信することに致しました)

照査のための構造力学・番外編 3/連続ばりの級数解法

照査のための構造力学・番外編 4/高階微分方程式の解

6 月末時点で本勉強会の会員数は 66 名になっております. 会員の内訳は, 教育機関関係 24 名, コンサルタント 8 名, 橋梁製作会社 28 名, 高速道路(株)6 名です. 設計照査能力の向上を勉強会の目的の一つとして掲げておりますので, コンサルタントの技術者の皆様にもう少し参加して頂きたいと考えております. なお会員名簿は個人情報保護の観点に立ち, 当面は公表しない方針で居りますので, ご了解願います.

配信資料の図表および数式は, 私に処理技術が無いので, 大阪大学の三好崇夫先生と舞鶴高専の玉田和之先生にお願いして, 電子データ化し貼り付けております. 今回配信した資料の中で“照査のための構造力学・番外編 4/高階微分方程式の解”は直前に作成しましたので, 両先生に依頼して数式を正式な形式に打ち直す時間が取れず, 慣れないと分かり辛いかも知れませんが, ご容赦願います.

今後も月に 1 回のペースで資料の配信を行う予定です. 照査のための構造力学の配信には 10 回程度必要かと思います. 質問あるいは要望等御座いましたらご遠慮なく連絡下さい.

暑さに向かう折, 皆様にもご自愛下さい.

敬具

平成 20 年 7 月 16 日

シースム勉強会会員の皆様

西村宣男

第 3 回メール配信に寄せて

拝啓, 時下益々ご清栄のこととお慶び申し上げます. 予定より早く準備が完了しましたので, 第 3 回目の資料を配信いたします. 今回の資料は以下の通りです.

本送付票

照査のための構造力学第 2 章 2.5

照査のための構造力学第 2 章 2.7

照査のための構造力学第 2 章 2.8

照査のための構造力学・番外編 5/トラス橋の耐震設計に関する研究課題

照査のための構造力学・番外編 6/橋梁のリダンダンシー設計の勧め

既に配信した資料の中に誤記や説明不足の箇所が含まれていると思います. 最大の問題は私の視力の衰えで, 暗がりが見えない症状から眼のかすみや視野狭窄に進んでいると感じています. このことが入力ミスに気が付かないとか, 集中力の欠如を招いているようです. 数名の会員の方から誤記等のご指摘を頂いておりますが, 今後とも遠慮なく資料の問題点をご指摘頂きます様, お願い申し上げます.

8 月 4 日の土木学会鋼構造委員会の橋シンポ (法政大学), 8 月 5 日の関西道路研究会・道路橋調査研究委員会の報告会 (大阪市大文化交流センター), 9 月 10 日土木学会全国大会, 11 月 20・21 日の日本鋼構造協会鋼構造シンポジウムなどに参加する予定です. 懇親会等でお会いできれば, 橋の設計照査の重要性などについてお話したいと思っております.

敬具

平成 20 年 8 月 21 日

シースム会員の皆様

西村宣男

第 4 回メール配信に寄せて

拝啓, 時下益々ご清栄のこととお慶び申し上げます.

今夏も猛暑続きでしたが, 何とか乗り切れそうです. 第 4 回の資料の準備が完了しましたので配信致します. 今回の配信資料は以下の通りです.

本送付表

照査のための構造力学第 2 章 2.9

照査のための構造力学第 3 章 3.1~3.3

照査のための構造力学・番外編 5/トラス橋の耐震設計に関する研究課題 (前回間違っ
てバージョンの違うファイルを添付したため, 一部の方は読めないと連絡がありましたので, 念のため doc バージョンで再送いたします)

照査のための構造力学・番外編 7/製作鋼管の冷間成形による材料特性の評価

照査のための構造力学・番外編 8/設計と技術者倫理

なお, 照査のための構造力学第 3 章 3.1~3.3 は 3.4MB とファイルのサイズが大きくなってしまいました. パソコンによってはファイルを開けない場合があるかも知れませんのでご注意ください.

次回メール配信は 9 月末を予定しております. 暫くは残暑が続くと思いますが, お体に御気を付け下さい.

敬具

シースム勉強会第 5 回配信に寄せて

平成 20 年 9 月 21 日

西村宣男

シースム勉強会会員の皆様, ようやく秋の気配が感じられるようになりました. 9 月 10 日からの土木学会全国大会へ参加する心算でしたが, 私的な都合で断念せざるを得なくなり, 誠に残念でありました.

天高く馬肥ゆる秋と申しますが, 昨今の空の色は昔に比べて透明感が失われているように思えます. 尖閣諸島に国際環境観測所を設けて, 西の大国から流れてくるミストの実態を明らかにすることは意地悪と取られるでしょうか.

予定通り第 5 回のメール配信資料をお送り致します. 会員の募集について, 5 月以降は積極的には行っておりませんが, 9 月 15 日現在, 80 名になりました.

資料の準備状況としては, 第 6 回配信分 (10 月) で拡張骨組理論に関連した第 2 章・第 3 章が終わります. 残りの第 4 章応力集中は第 7 回配信分 (11 月), 第 5 章板曲げと集中力の分散は第 8 回配信分 (12 月) で“照査のための構造力学”の本編は完了します. 応力集中問題の図等の整理に少し手間取る可能性があります, 順調に行けば年内に終了する可能性があります. 番外編の方は無尽蔵ですが, そろそろ来年度における勉強会のあり方について考えたいと思っています.

シースム勉強会第 6 回配信に寄せて

平成 20 年 10 月 27 日

西村宣男

シースム勉強会会員の皆様, 第 6 回メール配信資料をお届け致します. 今回お送りする資料は以下の通りです.

1. 本送付票
2. 照査のための構造力学, 第 3 章 6 節 7 節
3. 照査のための構造力学・番外編 11/橋梁事故と技術者倫理
4. 照査のための構造力学・番外編 12/トラス or ラーメン/たわみ角法の限界

今回の配信で照査のための構造力学の第 2 章および第 3 章が終了いたしました. これらの章では, 拡張骨組理論と称する一般の初等構造では触れられない理論とそれらの今日的な活用例を解説いたしました.

勿論, 構造工学に長けた技術者となるにはそれだけの知識では不十分です. 鋼薄肉構造物の設計では, 局部応力の処理方法, 耐力問題に対する知識の獲得が必要です. 照査のための構造力学では第 4 章において応力集中現象, 第 5 章において局部応力問題と集中力の分散過程を解説いたします. 耐力問題については, 必要な情報を照査のための構造力学・番外編として, 今後もお届け致します.

世の中は, アメリカにおけるサブプライム問題などを起点として巻き起こっている世界的な金融不安に脅かされて, 大きな変動期を迎えようとしています. 昔から文系社会と理系社会の対峙がありました. 確実に理工学を通じて社会の発展に貢献してきた理系社会と, そこに巢食って上手く利を貪ろうとする文系社会の縮図が現れているようにも思えます. 共産主義国家が崩壊して (未だ建前として共産主義を唱えている大国と異端児として頑張っている小国はありますが) 約 20 年経ちました. 今, 20 年前に勝利したはずの資本主義国家の危うさが見えております. どのように世の中が動いて行くにせよ, 理系人間は社会の福祉向上のための技術力を磨き続けたいと思っています.

シースム勉強会第 7 回メール配信に寄せて

平成 20 年 11 月 26 日

西村宣男

シースム勉強会会員の皆様, 第 7 回メール配信資料をお届け致します.

早いもので, 本年も後 1 ヶ月を残すのみとなりました. 5 月より開始いたしました「照査のための構造力学」のメール配信を月 1 度のペースでなんとか処理して参りました. 私には図を電子データとして作成する能力がありません. また一太郎ではできていた数式表示も, 文書作成をワードに替えてから自分で処理したことがないので, 会員の三好崇夫先生 (阪大) と玉田和也先生 (舞鶴高専) に大変な負担を掛けています.

眼を患って暗闇が怖くなり, 趣味の夜釣りに行けなくなって 3 年が経ちました. それで 1 日中パソコン相手に原稿を打ち込んだり, インターネットでの調べ事をやったりしております. また週に 1 度, 大阪大学の奈良研究室で, 院生の相談に乗ったり資料の整理を行い, 帰り際に寄り道をして大阪の下町である天神橋筋の立飲み屋で一杯やるのが唯一の慰めです.

さて, 今回から“照査のための構造力学”は第 4 章応力集中に入ります. この問題に対しては, 西田正孝先生の著書“応力集中”が有名ですが, これとは少し異なる切り口で応力集中を整理するために, 聊か時間を要し, 三好先生を煩わせて新たな計算を行っておりますので, 最終バージョンをお届けすることはできません. 今回お届けする資料は以下の通りです.

1. 本送付票
2. 照査のための構造力学, 第 4 章・応力集中の纏め方, 研究ノート NN-08-48.
3. 円孔を有する帯板の応力集中に関する資料, 研究ノート NN-08-53.
4. 照査のための構造力学・番外編 13/構造力学的直観力養成のためのトレーニング問題, 研究ノート NN-08-40.
5. 照査のための構造力学・番外編 14/腐食減厚による鋼板の残留応力再配分と初期たわみの変化, 研究ノート NN-08-41.

シースム勉強会第 8 回メール配信に寄せて

平成 20 年 12 月 26 日

西村宣男

シースム勉強会会員の皆様, 第 8 回メール配信資料をお届け致します.

毎月の配信資料作成のための準備作業に急かされてか, 本年は例年に無く真面目に勉強ができたように思います. 皆様や元の研究室の学生の質問に対する回答, その他, 気付いたことを書き留める忘備録として, 20 年近く研究ノートを作成していますが, 本年は 60 編になりました. 殆ど週に 1 編のペースです. 平均すると A4 版 6 ページですから, 合計 350 ページを超えています. その一部は照査のための構造力学・番外編として, 皆様にもお届けしておりますが, 20 年分を系統的に整理し直してみようと思っております.

会員の皆様からのシースム勉強会に対する要望をお聞きしたいと考え, 12 月 28 日に大阪駅の近くで懇親会を開催いたします. 案内を関西在住の方および暮れに帰阪される方に限定してお送り致しましたところ, 10 数名の方にご参加頂けることになっております. ご参加が適わない方も, 勉強会に対するご要望がありましたら西村までお送り下さい.

今回お届けする資料は以下の通りです.

1. 本送付票
2. 照査のための構造力学第 4 章応力集中 (その 1)
3. 照査のための構造力学・番外編 15/トラス部材の 2 次応力について, 研究ノート NN-08-50
4. 照査のための構造力学・番外編 16/構造研究における失敗と解決策の発見, 研究ノート NN-08-55

この内, 照査のための構造力学第 4 章応力集中 (その 1) については, 新しく解析を行った部分の数値計算の精度に問題があり, 再評価を行っているため数値解析とは関係の無い部分に限定いたしました. 続きは次回配信致します.

シースム勉強会第 9 回メール配信に寄せて

平成 21 年 1 月 29 日

西村宣男

シースム勉強会会員の皆様, 本年もよろしくお願い申し上げます. 第 9 回メール配信資料をお届け致します.

本日は橋梁工学の兄弟子であり, 社会勉強の師でもあった大阪市立大学名誉教授中井博先生の葬儀でした. 学問の共通の師であった小松定夫先生が, 1966 年に大阪市立大学助教授から大阪大学教授へと昇進されて以来, 中井先生には数限りなくお世話になりました. 橋梁見学研究会と称する集まりを主宰され, 三上市蔵先生, 渡邊英一先生, 小林紘士先生, 北田俊行先生, それに私も加えて頂いて, 方々へ出かけました. 橋梁見学の後には必ず漁業が付いておりました. 先生は早起きで, 5 時に起きて大学へ出かけるまでの 2, 3 時間は本原稿を執筆されていました. また季節によって早朝農業で沢山の野菜を収穫されていました. 半農半漁で中途半端だから漁業の腕が上がらないと悪口を言っておりましたが, 今は先生のご冥福をお祈りするばかりです.

暮れから新年にかけて, 筆の進み様が芳しくありません. “照査のための構造力学・本編” の作業が滞っています. 焦ることなく着実に目標を達成したいと考えております.

今回お届けする資料は以下の通りです.

1. 本送付票
2. 照査のための構造力学・番外編 17/鋼製ラーメン隅角部のせん断変形を考慮するための弾塑性モデル, 研究ノート NN-08-10
3. 照査のための構造力学・番外編 18/直観力養成のための構造力学演習問題 2, 研究ノート NN-08-45

シースム勉強会第 10 回メール配信に寄せて

平成 21 年 2 月 24 日

西村宣男

シースム勉強会会員の皆様, 今年も暖冬のように, 大阪市内では今のところ降雪ゼロが続いています. 第 10 回メール配信資料をお届け致します.

私の方から積極的に会員を増やすための働きかけはやっておりませんが, 徐々に増えて現在 86 名になりました. 年度末でサポートして頂いている先生方が学生の研究指導でご多忙ということもあって, “照査のための構造力学・本編” の作業は進んでおりません. この時期は, 私の日頃の考えを番外編として取り纏めることに専念致しました.

大学を退職して 4 年間, 社会活動として日本鋼構造協会の学術委員会委員長を務めてまいりました. 本年 5 月で後任の方に引き継いで頂くこととなります. 協会における学術活動の活性化を目指して, (1)個人会員の増強, (2)論文集の学術誌資格取得, (3)日本学術会議の協賛団体加盟, (4)他学協会との学術連携, (5)若手研究者対象研究助成制度の充実, などに取り組んで参りました. 学術委員会関連では通算 13 年間に亘り係わって参りましたが, この 4 年間は事務局の協力を得て, かなり積極的に活動することができたと自負しています. それでも当初の目標を達成するには到らず, さらに継続的に上記の目標を推進する必要があると思っています.

学術委員会の新委員長は井上一朗京大教授 (建築) が予定されていますが, 井上先生は以前は大阪大学で同僚であった方で, その手腕に大いに期待しています. シースム勉強会会員の皆様で, 日本鋼構造協会の個人会員 (第 2 種正会員, または準会員) に加入されていない方は, 是非加入していただきたいと思っています.

今回お届けする資料は以下の通りです.

1. 本送付票
2. 照査のための構造力学・番外編 19/鋼部材の基本強度の評価と限界状態設計, 研究ノート NN-09-04
3. 照査のための構造力学・番外編 20/構造力学教育法, 研究ノート NN-09-03

シースム勉強会第 11 回メール配信に寄せて

平成 21 年 4 月 12 日

西村宣男

シースム勉強会会員の皆様, 第 11 回メール配信資料をお届け致します.

3 月 25 日から仙台-青森と回って参りました. 下の娘が仙台から青森の大学へ転勤するのに事寄せた家族旅行で, 秋保温泉から浅虫温泉と回りましたが, 私の目的は鰯ヶ沢のなぎさブリッジを見学することで, 家族と別れて不便な五能線鰯ヶ沢へ, 秋田で寝台急行日本海に乗り継いで帰阪する予定でした. 残念ながら青森に滞在した 3 日間は連日の吹雪で, 鰯ヶ沢行きは断念せざるを得ませんでした.

なぎさブリッジは吊橋と斜張橋を組み合わせた斜張吊橋で, 八戸工大におられた塩井先生 (現 J S S C 専務理事) が指導された新形式橋梁です. 同様の橋梁形式を私が関係した大阪市の淀川を渡る橋梁でも検討いたしましたが, 財政難で大阪市の橋梁工事は始まっておりません. 取り付け道路の用地買収は少し進展しています. この橋梁は中央径間長 800m と本格的で, 将来吊橋を凌駕する超長大橋梁の形式の候補の一つに考えられています.

今回から番外編の中に, 以前研究ノートとして纏めて置きながら, 外部に公表していなかった研究成果を加えることに致しました. 基本原理は私から当時の大学院生に渡して, 彼らの努力により一応の成果を纏めながら, 外部に公表するにはあと一段の検討が必要と思い保留していた研究です. 共同研究者に敬意を表して連名とすることに致しました.

今回お届けする資料は以下の通りです.

1. 本送付票
2. 照査のための構造力学・番外編リスト (既刊と予定)
3. 照査のための構造力学・番外編 21/鋼桁の耐荷力評価に関する研究課題, 研究ノート NN-08-41.
4. 照査のための構造力学・番外編 22/膨張材の効果を考慮した合成構造の応力解析, 研究ノート NN-09-06.

シースム勉強会第 12 回資料配信に寄せて

平成 21 年 6 月 12 日

西村宣男

シースム勉強会会員の皆様

拝啓, 時下益々ご清栄のこととお慶び申し上げます.

さて, この勉強会を立ち上げて 1 年が経過し, 今回で 12 回目の資料配信を行うことができました. 当初の計画では“照査のための構造力学”の配信が完了している筈であります, 応力集中の章から作業が滞り, ここ数回は番外編の配信のみに終わっています. 今月から再び“照査のための構造力学”の編集作業に戻って, 残りの 4 章と 5 章の完結に務めたいと思っております.

今回配信する資料は以下の通りです.

1. 本送付票
2. 番外編 23 / 今後の土木鋼構造の計画・設計・建設に関わる戦略について
3. 番外編 24 / 直観力養成のための構造力学 (その 3) / 力学用語の誤った使い方や説明不足
4. 番外編の一覧表

2. は今月神戸大学で開催された構造懇話会の特別講演として話題提供させて頂いた資料に手を加えたもの, 3. は現役の頃, 講義で学生たちに話していたことの再録です. また“照査のための構造力学・番外編”も数が増えてきたので, 整理のために一覧表として纏めたもので, 前回, 私のミスにより Office2007 バージョンで送ってしまったため一部の方々 (多くのかも知れません) には読み取れなかったのではと思い, アップデートして Office2003 バージョンで再度お送り致します.

敬具

シースム勉強会第 13 回資料配信に寄せて

平成 21 年 7 月 17 日

西村宣男

シースム勉強会会員の皆様

拝啓, 時下益々ご清栄のこととお慶び申し上げます。

シースム勉強会第 13 回配信資料をお届け致します。今回の資料は勉強会の趣旨からは少しかけ離れていますが、鋼構造分野の活性化を念じている私の喫緊の仕事に関係しております。この 6 月より日本鋼構造協会の理事を仰せ付けりましたが、理事会で執行部の提案に異議なしと叫ぶ“異議なし理事”ではなく、鋼構造分野の発展に自発的に貢献したいと考えております。これまで関わってきた学術委員会の検討事項で実現できなかった各種の提案を実現するために、“日本鋼構造協会会員制度の見直しに関する提言（案）”を纏め執行部に提案いたしました。シースム勉強会会員の皆様にも、鋼構造協会のあり方についてお考え頂きたく、また皆様に御協力頂く局面が訪れる可能性も有ります。これまで日本鋼構造協会では担当理事制を採用していませんでしたが、会員制度を中心とした鋼構造協会のあり方に関して担当理事を定め、高梨会長（会員委員会委員長兼務）のもとに、これからの 2 年間で実現するべく、鋭意検討する場をお作りいただけたようです。

今回、配布する予定のもうひとつの資料は準備が整わず、次回送りと致しました。これはトラス橋のリダンダンシー評価に関する研究の概観と推奨される構造モデルに関するものですが、次回（8 月上旬予定）をご期待下さい。

配布資料

1. 本送付票
2. 照査のための構造力学・番外編 25／日本鋼構造協会の会員制度の見直しに関する提言（案）

なお、これまでにお送りした資料の中で読み取りができないものや欠落しているものがありましたら連絡下さい。パソコンのファイルの整理を行いましたので、簡単にデータが取り出せるようになりました。

敬具

シースム勉強会第 14 回資料配信に寄せて

平成 21 年 8 月 27 日

西村宣男

シースム勉強会会員の皆様

拝啓, 時下益々ご清栄のこととお慶び申し上げます.

甲子園の高校野球が終わった途端に大陸性高気圧が入り, 秋の気配が感じられるようになりました. 皆様におかれましてはこの暑かった夏を無事に乗り越えられましたでしょうか.

シースム勉強会第 14 回配信資料をお届け致します. 今回から通常の資料に戻りますが, “照査のための構造力学” 本編の第 4 章の整理にてこずっております. 本編は今しばらくお待ち下さい. 今回, 配布する資料はトラス橋に関するもので, リダンダンシー評価に関する研究の概観および連続トラスの固有振動特性に関する補足資料です. トラス橋のリダンダンシー評価は総合的知識を必要とします. 静的強度は勿論, 振動特性, 破断特性, 構造法などに関する経験と知識が必要となります. 今回はリダンダンシー評価に関する研究の概観とトラスの振動特性について纏めました.

配布資料

1. 本送付票
2. 照査のための構造力学・番外編 26/トラス橋のリダンダンシー評価のための数値シミュレーション法の概観, 研究ノート NN-09-12.
3. 照査のための構造力学・番外編 27/トラス橋の固有振動に関する補足, 研究ノート NN-09-16.

来週には福岡での土木学会全国大会が開催されます. 維持管理・耐荷力懇親会には参加する予定です. お会いできることを楽しみにしております.

敬具

シースム勉強会第 15 回資料配信に寄せて

平成 21 年 9 月 29 日

西村宣男

シースム勉強会会員の皆様

拝啓，時下益々ご清栄のこととお慶び申し上げます．

8 月 30 日の衆議院選挙は民主党の大勝に終わり，鳩山宇宙人内閣がスタートいたしました．半世紀を超える自民党支配が終焉し，我が国にも“change”の時が訪れたと海外メディアから評価されています．建設分野でも行政と業界の馴れ合い体制が終焉の時を迎えることとなりますが，新しい体制を具体的に描くことができておりません．唯言えることは，行政主導ではなく，国民の賛同を重視した建設行政の進め方に移行してゆくことになると思います．そのためには情報公開が最重要課題です．

シースム勉強会第 15 回配信資料をお届け致します．長らく滞っていた“照査のための構造力学・第 4 章応力集中”を再開いたします．この間，第 4 章の構成を再検討いたしました．応力集中問題に関するデータベースの構築を目標とし，データの検索を容易にする内容構成と致しました．すでに第 4 章の一部はお届けいたしておりますが，再度，第 4 章の冒頭から新しい資料をお届けいたしますので，以前の第 4 章は破棄してくださいますようお願い致します．

配布資料

1. 本送付票
2. 照査のための構造力学・第 4 章応力集中（その 1）
3. 照査のための構造力学・番外編 28／土木学会平成 21 年度全国大会研究討論会“設計の無駄と余裕”に寄せて，研究ノート NN-09-20.

敬具

シースム勉強会第 16 回配信に寄せて

平成 21 年 12 月 14 日

西村宣男

拝啓, シースム勉強会会員の皆様におかれましては, ますますご清栄のこととお喜び申し上げます.

前回 (第 15 回) のメール配信直後に自宅のパソコンに不具合を生じ, office 系のソフトが全て飛んでしまいました. 大量のワード文書, メール記録が消失し, 一時は茫然自失でした. 再度, office を立ち上げて, プロバイダーに連絡してメールを立ち上げました. これまでに会員の皆様に配信したシースムのデータは大阪大学の三好先生に CD ファイルで頂きましたので支障は有りませんでした, 配信していない研究ノートや作成中の文書ファイルについては, ほとんどはアウトプットが残っているものの, 再度入力し直すには相当の気力が必要です. 一番の痛手は応力集中問題のデータベースの基礎データの消失で, 復旧には少し時間が必要です. 10 月および 11 月の配信は休ませて頂きましたが, 今月から復活致します.

今回は番外編の研究ノートのみを配信することでご容赦ください. 資料は以下の通りです.

1. 第 16 回配信案内 (本票)
2. 照査のための構造力学・番外編 29: 薄板骨組構造の結合解析における結合点の処理, 研究ノート NN-09-21.

敬具

シースム勉強会第 17 回配信に寄せて

平成 22 年 1 月 13 日

西村宣男

拝啓, シースム勉強会会員の皆様, 新年おめでとう御座います. 20 年以上前から無駄を省く名目で, 年賀状を書くことを絶っておりますが, シースム通信を利用して会員の皆様にご挨拶申し上げます.

今回から照査のための構造力学, 同・番外編以外に技術雑感を配信することに致しました. 技術雑感の第 1 号は昨年暮れに建設現場の見学の機会を得た直接基礎立体交差橋梁 (UFO) に関するものです. 自動車交通の混雑する都市部の平面交差点に急速施工により立体交差化し, 交通混雑を緩和するとともに, 交差点における自動車事故の発生を抑制することは, 便利で安全な交通インフラを目指す施策として今後も実現しなければなりません. この種の立体交差橋梁のさきがけとなった UFO の開発のお手伝いをした経験と, 直接基礎橋梁の地震時挙動の解明に関する基礎的研究に遣り残している課題があることへの想いから, 技術雑感として纏めたものです.

今後, 技術雑感として取り上げる予定の題材としては, 橋梁建設業界の再編, 橋梁技術者の倫理, 橋梁業界と社会福祉の連携などを考えています.

今回配信する資料は以下の通りです.

1. 第 17 回配信案内 (本票)
2. 技術雑感 1 : 直接基礎立体交差橋梁 (UFO) 見聞録, 研究ノート NN-10-01.

敬具

シースム勉強会第 18 回配信に寄せて

平成 22 年 2 月 16 日

西村宣男

拝啓，シースム勉強会会員の皆様，冬至から 2 カ月近く暦が進み，夜明けの時刻が 6 時代になって参りました．このところ目覚めの時刻は 4 時半から 5 時頃で，未だ外は真っ暗ですが，徐々に薄明るくなる夜明けの静寂を何も考えずに眺めているのが，何より贅沢な気分させてくれます．

年始からの 50 日間は論文査読や幾つかの研究指導に追われて，シースム勉強会の作業はほとんど進んでおりません．前回の配信から 1 月が経ちましたので，急遽，技術雑感第 2 号を作成し，18 回目の資料配信とすることに致しました．

今回配信する資料は以下の通りです．

1. 第 18 回配信案内（本票）
2. 技術雑感 2：構造力学と数学に関する体験と反省，研究ノート NN-10-02.

敬具

シースム勉強会第 19 回配信に寄せて

平成 22 年 3 月 5 日

西村宣男

拝啓, シースム勉強会会員の皆様, 寒暖が周期的に入れ替わるこの頃ですが, 温暖化は間違いなく進行しているようです. 今年もあと 2 週間ほど経ちますと, 桜の季節がやって参ります. 例年, 大阪造幣局の通り抜け, 奥琵琶湖の海津大崎, 吉野山などを巡っていますが, 春の陽光は視力に障害がある私にとっては何よりの贈り物で, 気分が高揚して参ります.

先月より, 構造設計および鋼構造分野における障害者雇用問題の調査をしております. 成熟した社会においては, 社会的弱者を健全者は仲間として受け入れ (インクルージョン) する制度を築くことが大切で, 行政からの支援に加えて, 企業の協力も必要とされています. 厚生労働省が所管する障害者雇用促進法は, その適用範囲を広げてきています. 私共の構造設計・鋼構造分野においても, この法律の円滑な運用に対する考え方を勉強しなければならないと思い, 今回実態調査を行うことに致しました. この調査結果は技術雑感第 4 号として纏める予定ですが, アンケートの回答期限を 3 月末としておりますので, 次回の配信でお送りいたします.

今回は, これまでの配信資料では殆ど触れなかった高力ボルト接合に関する研究体験を纏め, 技術雑感第 3 号を作成し, これを 19 回目の資料配信とすることに致しました. 15 年間の教授在籍中に, 22 名の方に学位を取得して頂きましたが, このうち高力ボルト関係は 2 名で, 高力ボルト接合は決して私の専門分野とは言えませんが, 15 年ばかりの研究期間にやり残した思いもあり, 亡備録を兼ねてノートにいたしました.

今回配信する資料は以下の通りです.

1. 第 19 回配信案内 (本票)
2. 技術雑感 3 : 高力ボルト摩擦接合継ぎ手に関する研究余話, 研究ノート NN-10-05.

年度末で転勤される方もおられると思います. メールアドレスが変更になる場合は, ご一報ください.

敬具

シースム勉強会第 20 回配信に寄せて

平成 22 年 4 月 13 日

西村宣男

拝啓，シースム勉強会会員の皆様，新年度が始まり，新入社員や新入生と思しきフレッシュマンが目につく季節となりました．世の中の景気については，デフレスパイラルが懸念された一時期より少しだけ光が差してきたような気配が感じられるようになってきました．明るい話題としては，東京スカイツリーの建設進展，女性宇宙飛行士の活躍，東北新幹線・九州新幹線の開業迫るなどがありますが，政局の混迷に関する暗いニュースにうんざりしている視聴者にとって新鮮に映ります．

3 月末に締め切った障害者雇用アンケート調査に，シースム勉強会会員の中で何人かの方々にもご協力頂きました．この場を借りて御礼申し上げます．今回の配信資料の中に，結果を取り纏めたレポートを加えましたのでご一読ください．

また前回の配信資料に高力ボルト継手に関する研究余話として，高力ボルト接合への想いを書かせて頂きましたが，そこで書き切れなかったことやボルト接合に経験のない方に対する導入的な解説として，高力ボルト接合に関する Q&A なるノートを作成しました．

今回配信する資料は以下の通りです．

- 1 第 20 回配信案内（本票）
2. 技術雑感 4：鋼構造・構造設計分野における障害者雇用の実態，研究ノート NN-10-04.
- 3 照査のための構造力学・番外編／高力ボルト接合に関する Q&A（その 1），研究ノート NN-10-04.

敬具

シースム勉強会第 21 回配信に寄せて

平成 22 年 5 月 13 日

西村宣男

拝啓, シースム勉強会会員の皆様, 連休は如何お過ごしでしたでしょうか. 先月の最終日に, この 2 年間, シースム勉強会配信資料の作成に協力頂いていた大阪大学三好崇夫助教が日立造船橋梁設計に転任されることになったので, 歓送会を 20 名程度の関係者で開催しました. これからは力学に強い橋梁設計技術者として活躍して頂きたいと期待しております. これまでの配信資料の数式表記と図表の貼り付けなどの大半の作業は三好君の支援に頼っておりましたので, 今後は自分自身で技術を習得し, 作業することになります. 当面は数式や図表のない資料となることをお許しください.

連休の後半には家族旅行で下呂温泉・飛騨高山へ参りました. 行楽地は何処も観光客で溢れておりました. 下呂温泉の著名な旅館に宿泊し, 館内ツアーと称するイベントで, 工夫を凝らした施設や著名な作家の美術品の数々を拝観いたしました. この新緑の季節は視力に障害を抱えた私でも木々の葉の一枚一枚が鮮明に見え, 気分が高揚いたします.

さて, シースム勉強会の資料配信の第 1 回は平成 20 年 5 月でしたから, 今月で丸 2 年を経過したことになります. 最大のピンチは昨年 10 月に自宅のパソコンから Office 系の全てのソフトが消失し, 当然ワード文書も同様で, 作成中の資料や配信済み資料 (第 1 回~第 14 回) も消えてしまいました. また会員のメールアドレスも消えましたので, およそ 100 人分のアドレスを再度打ち込む作業も, 視力障害を抱える私にとって大変でした. 色々な出来事がありますから, それらを克服することに喜びが感じられるようです.

今回配信する資料は以下の通りです.

- 1 第 21 回配信案内 (本票)
2. 技術雑感 5 : 魚釣り と 力学 I, 竿捌きの力学的解釈について, 研究ノート NN-10-08.

敬具

シースム勉強会第 22 回配信に寄せて

平成 22 年 7 月 27 日

西村宣男

拝啓, シースム勉強会会員の皆様, 梅雨明けと同時に関西の代表的夏祭りである京都の祇園祭, 大阪の天神祭が猛暑をもたらしたような気配です. 資料配信が 2 カ月空いたのは, 挿入する図の貼り付けに戸惑っていたからです. これまで 21 回の配信資料は三好崇夫君に頼っていましたが, 今回からは自分で対処しようと思い, 説明書を購入して作図の技術を習得しようと致しましたが, このところの急激な視力低下によりままならず, 結局大学院生の藤田君の手を借りることになってしまいました.

さて, 今回の配信資料は技術雑感の 3 編です. 鋼構造分野における女性研究者・技術者問題に関する資料も作成に取り掛かっていますが, 調べるほど奥が深く軽々には書けないこと, 我が家の女性労働の専門家(長女)が間近に迫った自身の学位論文発表準備で相談に乗って呉れないことで, 次回回しと致しました.

今回配信する資料は以下の通りです.

- 1 第 22 回配信案内(本票)
2. 技術雑感 6/魚釣り力学 2, 釣り糸の力学的解釈について, 研究ノート NN-10-11.
3. 技術雑感 7/鋼構造技術者の品格, 研究ノート NN-10-14.
4. 技術雑感 8/大阪淡路地区の開発計画とその進捗度, 研究ノート NN-10-15.

何れも気楽に読んで頂けると幸いです. どうか皆様の感想やご意見を返してください.

敬具

シースム勉強会第 23 回配信に寄せて

平成 23 年 4 月 8 日

西村宣男

拝啓, シースム勉強会会員の皆様, お久しぶりです。昨年の梅雨時から視力低下が著しく, パソコンの文字がぼやけてしまい, シースム勉強会の資料作成と配信を休止しておりました。3 カ月おきに阪大病院眼科の診察を受けておりますが, これまでは視力低下の原因を特定できず, 主治医からは適切な指示を得られず悩んでおりました。先月下旬, 診察を受ける前の視力検診では, 右目の視力は遂に 0.1 となりました。専ら視野の欠けている左目で微かに周囲を見ていたのですが, 医師の診察を待つ間に奇跡が起きました。眼底写真を撮るために散瞳の目薬を差したのですが, 診察を待つ間に右目の視力が徐々に回復し, 左目より良く見えだしたことに気がきました。このことを診察の時に医師に申しましたところ, 後期白内障の可能性が有るとの判定で, 眼内レンズの裏に付着した汚れをレーザーで散らす処置を受けたところ, 右目の視力は 1 年前の状態に復活しました。一時失明も覚悟していたのですが, 現在, 気分はルンルンで, 早速シースム勉強会の資料作成を再開し, 9 カ月振りに第 23 回の配信を行うことに致しました。まだ急激に負荷を掛けるのが心配で, ぼちぼちとペースを上げることに致します。

さて, 今回の配信資料は技術雑感の 1 編です。鋼構造分野における女性研究者・技術者問題に関する資料です。我が家の女性労働問題の専門家(長女)がサバティカルイヤーで 3 月よりフランスへ行ってしまいましたので, チェックをして貰えず, 独断と偏見に満ちた内容になっているかもしれません。我が国の将来を考えると, 女性研究者・技術者問題は重要になって来るように思います。

今回配信する資料は以下の通りです。

- 1 第 23 回配信案内(本票)
2. 技術雑感 9/ 鋼構造分野における女性研究者・技術者問題について, 研究ノート NN-10-10.

この原稿を作成している最中も, テレビでは東日本大震災と, その影響をまろに受けた福島原発の事故, 東日本の電力不足問題を報道しています。次回の配信では, 20 数年前我が国がバブルに踊っていた時期に考えていた日本社会システムの多極化・重層構造化について述べたいと思います。

敬具

シースム勉強会第 24 回配信に寄せて

平成 23 年 5 月 5 日

西村宣男

拝啓, シースム勉強会会員の皆様におかれては如何お過ごしでしょうか. 橋梁技術者の方々からは東日本大震災の罹災地の橋梁点検に出掛けたとの便りも寄せられています. 津波によって流失した橋梁は除いて, M9.1 の巨大地震に対しても橋梁群は耐えていたそうです. 阪神・淡路大震災の際の橋梁被害とは異なっているのは, 直下型と海洋プレート型の地震動特性の相違にあるのでしょうか. ただ建築の先生から東北新幹線の R C 橋脚の被害を見て, 土木技術はこの程度ですかと嘲笑されたのには参りました. 仙台付近の東北新幹線は阪神・淡路大震災の前に建設されたので, 阪神・淡路大震災の教訓は反映されていないと思いますが, 補修・補強方法も洗い直す必要が有るのかもしれませんが.

さて, 今回の配信資料は, 前回の配信で予告しました“災害に強い社会システムの構築を目指して”と題する技術雑感 1 編と, 米国における高力ボルト接合の現状を調査するために行った AASHTO のボルト関連条項の紹介と我が国の道路橋を対象とした規準の比較と若干の考察を纏めた技術解説 1 編です.

前者は, 40 代の半ばから考えていた我が国の社会システム建設の根幹をなす考え方を, 今回の東日本大震災の惨状と混乱を契機に纏めたものです. ご笑読下さい.

後者は, 財団法人災害科学研究所における“鋼橋の終局強度に関する研究会”の活動として行っている設計規準のあり方を検討する作業の一部で, 研究会内に留めず, 高力ボルト接合に関心をお持ちの方々にも参考にして頂くために纏めた資料です.

今回配信する資料は以下の通りです.

1. 第 24 回配信案内 (本票)
2. 技術雑感 11/災害に強い社会システムの構築を目指して, 研究ノート NN-11-06.
3. 技術解説 1/AASHTO におけるボルト接合関連条項の紹介と考察, 研究ノート NN-11-07.

敬具

シースム勉強会第 25 回配信に寄せて

平成 23 年 6 月 3 日

西村宣男

拝啓, 本年度は梅雨の到来が早く, 西日本の農業にとっては恵みの雨になっていますが, 東日本の罹災地の方々にとっては浸水や土砂災害などの追い打ちが心配されるところです。

この度は思いがけず土木学会田中賞研究業績部門を頂くことになり, 過日, 土木学会総会に出席して参りました。鋼構造委員会からの推薦を頂いたようで, 関係各位に厚く御礼申し上げます。

阪大関係者の各賞受賞者には, 論文賞の長井正嗣先生, 江藤剛治先生, 田中賞研究業績部門は同輩の松井繁之先生, 同論文賞に長井正嗣先生と賑やかでしたが, 何れも 60 歳を越えており, 若い研究者が含まれていないことに寂しい思いを致しました。私共の教育が適切であったのか反省すると同時に, 現役の先生方に善処方をお願いしました。

さて, 今回の配信資料は 2 編の研究雑感ですので, お気軽にお読みください。一つ目は跨座型モノレールの構造物に関する研究の記録簿です。一般交通機関としての跨座型モノレールは, 東京モノレール, 多摩モノレール, 大阪モノレール, 北九州モノレールおよび沖縄モノレールがありますが, 大阪大学が大阪モノレールに最も接近して立地している関係で, 構造物関係の技術的問題に関わってきました。色々な課題について技術者の方々と研究を行い, 合理化に貢献できる項目についてはモノレールの管理者に提案致しましたが, 全てが実現したわけではなく, 幾つかの課題については心残りの感が有ります。この思いを風化させないために記録簿として残しておこうと考えたものです。

二つ目は趣味のレベルですが, 最近インターネットで全国の鉄道の車窓展望動画を見ることが日課のようになっていきます。土木工学を学んでいる者として, 鉄道に関して幾つかの疑問や意見が有りますので, 纏めてみました。シースム勉強会の会員の中に鉄道関係の方もいらっしゃると思いますが, 私の疑問にお答え頂ければ幸いです。

今回配信する資料は以下の通りです。

1. 第 25 回配信案内 (本票)
2. 技術雑感 12/ 跨座型モノレールの技術開発に関する記録簿, 研究ノート NN-11-09.
3. 技術雑感 13/ 鉄道好きの独り言(車窓前面展望を見ての疑問など), 研究ノート NN-11-11.

敬具

シースム勉強会第 26 回配信に寄せて

平成 23 年 7 月 5 日

西村宣男

拝啓, 関西では気象庁の梅雨明け宣言が出ていないのに, 雨が少なく猛暑が始まっています. まだ蟬の声が聞こえてこないのです, 梅雨明けは少し先になるようです. 来る日も来る日も大震災の関連と永田町の政争のニュースに, 不見識ながら聊かうんざりしています. 建設的な内容のニュースが少ないことがこのように鬱な気分になっているのであらうと思います.

2025 年を最終年度として社団法人や財団法人の再申請と認可の手続きが進行しています. 私共に関係した団体では, 土木学会は本年 2 月に, 新しい制度での公益社団法人として認可を受け再出発したことは, 共益・公益事業を支える学会として当然とはいえ, 同慶の到りです. 日本鋼構造協会は一般社団法人として本年後半に申請する予定になっています. できることなら公益社団法人として申請すべきではと考え, 協会に意見を申ししてきましたが, 現状の日本鋼構造協会の体質から企業会員と個人会員の権利を同等に考えることを求める公益法人の必要条件を満たすことは無理が有るようで, 残念ながら理事会で一般法人申請に同意せざるを得ませんでした. なお日本建築学会が一般社団法人で申請したことも影響したと思います.

公益社団法人と一般社団法人のどこが違うのかと言う議論が有ります. 税制上の優遇策では大きな差は無いと言われており, 公益法人は毎年の検査業務が大変で公益であることのメリットが少ないと説明されていますが, 本当でしょうか. このことに関連して, インフラの整備や管理運営を担っている公益企業と一般企業を比較し, 税制はか種々の特典が与えられている公益企業の倫理について, 今回の配布資料で考えてみました.

正しい企業倫理が確立していない企業においては, 今回のような大災害時にその欠陥があからさまになるように思います. 組織の運営の責任を担っておられる方々には私の考え方には賛同頂けないかもしれませんが. 底辺にはこれからの日本人の生き方に関する根幹思想が関係していますが, 今回はその議論は割愛しています.

今回配信する資料は以下の通りです.

1. 第 26 回配信案内 (本票)
2. 技術雑感 13/震災対応で再び問われる企業倫理. 研究ノート NN-11-16.

敬具

研究ノート NN-09-30 シースム勉強会技術雑感 1

直接基礎立体交差橋梁 (UFO) 見聞録

平成 21 年 12 月

西村宜男

概要: 平成 21 年 12 月 18 日, 宇都宮市の新 4 号バイパス問屋町交差点で施工中の立体交差橋梁工事を見学する機会を得た。その報告方々, UFO の開発に係わった者としての感想や技術課題について述べてみたい。

1. UFO 開発の経緯

1980 年代の後半に日立造船の設計部長であった榎木通男氏と設計課員であった福本和弘氏 (現技術総括部部長) が私の研究室を訪ねて来られ, 急速施工立体交差橋梁の開発に関する共同研究を申し込まれた。開発する橋梁は杭基礎やケーソンを設けない直接基礎橋梁で, 下部工は比較的良好な地盤を整地するだけで, 交通混雑する平面交差点を短期間に立体交差化し, 交通の円滑化を図るものである。このような橋梁はコンクリート橋については前例^{注1)}があるが, 鋼製橋梁については, 直接基礎形式はほとんど例を見ないものであった。今日では橋梁メーカー各社が独自の急速施工橋梁に関する試案を有しているが, この開発プロジェクトはその先駆けとなるものであった。

検討会は 2 カ月に 1 回程度で約 1 年続けた。初回, 計画案の橋梁を単に急速施工立体交差橋梁と称されていたが, この新しい工法に対して業界の注目を集めるように, 適切なネーミングを考えるように要望したところ, 2 回目の検討会で“UFO(Uni-Fly-Over)”の案を提案頂き, これを愛称とすることとした。工事期間は最短で 100 日, 橋体の架設工事は夜間とするため, 基本的には鋼材はもとよりアプローチ用の RC 擁壁等もプレキャスト化するなど基本計画が纏められた。橋梁製作に用いる技術は特に新規技術はないので, 特許等は申請しないこととなった。

UFO の適用第 1 号は大阪府堺市の北花田交差点の立体交差化であった。この交差点は大阪府下の交通事故発生率ワースト 1 で, 立体交差による事故発生率の低減が期待されていた。この交差点の南北方向の地下には大阪市交通局の地下鉄御堂筋線が通っており, 交差点には北花田駅舎函体が埋設されている。従って立体交差橋梁の設置による地下鉄函体への悪影響を回避することが, この架橋地点の特殊な条件であった。上部工重量が支点部に集中することを緩和するために, この橋梁では交差部を除いて地中ばかりによって連続的に支えて上部工重量を分散する形式となった。この橋梁の完成は 1996 年であった。その後, UFO は国土交通省四国地方整備局国道 11 号の原田交差点 (丸亀市) そして今回の関東地方整備局国道 4 号問屋町交差点 (宇都宮市) に採用されている。何れも輻輳する平面交差道路の渋滞緩和と交通安全対策として実施されている。

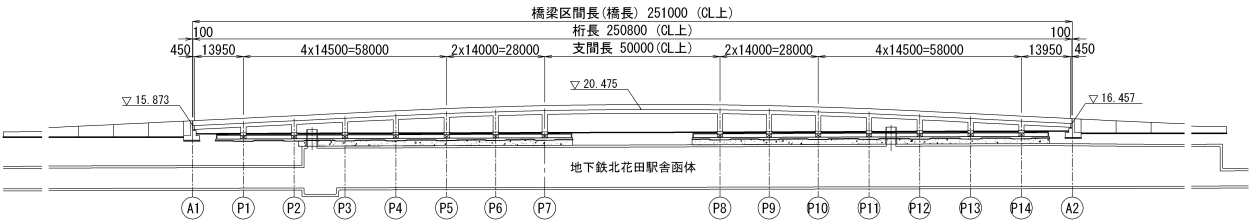
図-1 に 3 橋の側面図を示す。架橋地点の地盤条件等によって側径間の構造形式が大きく変化している。この点について整理すると,

- (1) 北花田高架橋が両側にそれぞれ 7 径間の側径間を有し, 側径間が連続した支持ばりで支えられているのに対して, 原田高架橋では 6 本の間橋脚の 2 本ずつを支持ばりで連結し, 更に問屋町高架橋では 2 本の間橋脚はそれぞれ独立した支持ばりで支えている。

注 1): 例えば阪神高速道路 13 号東大阪線法円坂交差点東付近の高架橋。この地点は難波宮跡公園に隣接しており, 地下埋設遺跡の可能性があるのでこれの攪乱を避けるために直接基礎方式を採用しており, 急速施工とは無関係である。

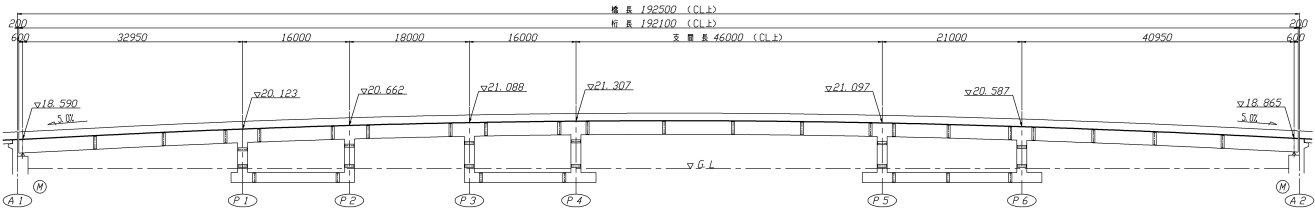
北花田高架橋

側面図



原田高架橋

側面図



問屋町立体

側面図

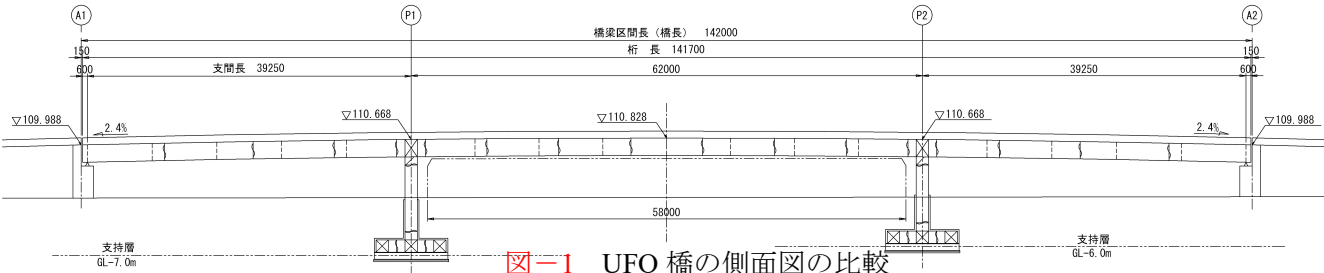


図-1 UFO 橋の側面図の比較

UFO の開発時には新規技術は採用していない橋梁であると考えていたが、規模の大きい立体交差橋梁に直接基礎方式を採用することについて、特に地震時挙動について施工側に説明するためのバックデータの作成にはレベルの高い調査研究が必要であると考えた。そこで北花田立体交差橋梁の完成後、大学において、直接基礎橋梁の地震時挙動の解明と耐震設計法の確立を目的とした基礎研究を続けた。

レベル 1 地震に対して基礎の滑動が生じないことを保証することは容易である。一般的な地盤では、滑り係数は 0.4~0.5 程度確保されるから、最大 0.3G 程度のレベル 1 地震力では滑動は生じない。転倒についても上部工の重心位置と幅員のバランスによって十分な安全性を確保できる。これに対して水平方向加速度が 0.5 をはるかに超過するレベル 2 地震に対しては、滑動を始めとして地震時安全性に関しては十分な検討が必要である。

12・高力六角ボルト
(M22、器下80)

油圧アクチュエータ

鉄板

鉄板取付け座

土槽

レーザー式変位計

油盤

LMガイド (YHK)
SRR-SNS 3SLC 1SS+360X-1

33

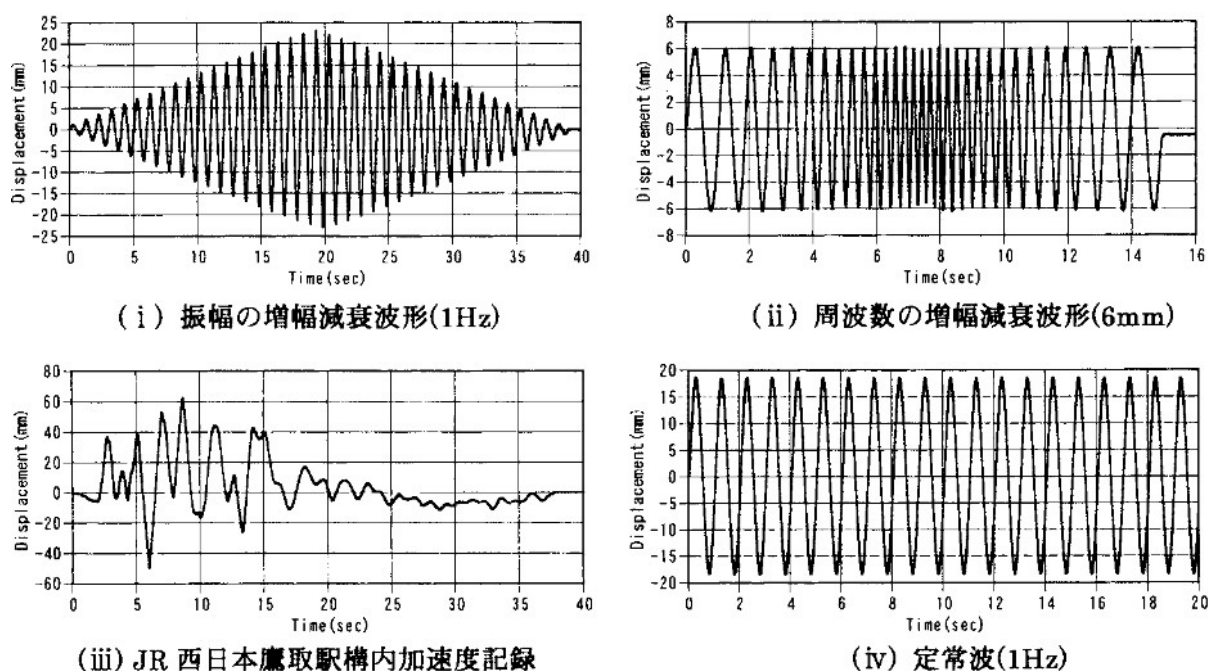


図-3 振動実験で考慮した入力地動波

造物に相当する剛体模型を置いて各種の地盤振動を発生させる。この装置によって①初期滑動限界と地盤特性の関係，②反復滑動特性（滑動と付着の繰り返し），③構造物の重心位置の影響などの滑動特性を調査した¹⁾。

入力地震としては，滑動特性を明らかにするために，以下の基本波形から実測強震記録までを考慮した。（図-3）

- ① 一定周波数一定変位振幅波形，② 一定周波数振幅増減波形，③ 一定振幅増減周波数波形，④ 強震記録波形（神戸地震 JR 鷹取駅観測記録）

地盤としては一定含水比で締め固めたまさ土（普通地盤），その表層を乾燥させた場合（表層乾燥地盤）および粒径の粗い砂礫を表層に挽き詰めた場合（表層碎石地盤）を考えた。

構造物を想定した剛体模型は，基礎底板にほぼ同形の鉄板 0 枚～8 枚を積み重ねて，設置圧と重心高さを变化させた。

この実験によって得られた主な知見は以下の通りである。

- 1) 滑動限界加速度に關係する静止摩擦係数は，普通地盤，表層乾燥地盤および表層碎石地盤の順に，それぞれ 0.46, 0.43 および 0.38 であった。接地圧，重心高さ，振動振幅および地動周波数が実験の範囲では滑動限界加速度に与える影響は見られなかった。
- 2) 構造物・地盤間の動摩擦係数は非常に小さく，再付着限界は滑動中の地盤と構造物底板の速度が等しくなった時で定義できる。但し，構造物の加速度が滑動限界加速度以下であることが，再付着限界の付帯条件となる。
- 3) 繰り返し滑動において，地盤崩壊を伴わなければ滑動限界加速度や滑動量が繰り返し履歴によって大きく変化することはない。

なお，剛体構造物モデルの場合，一旦滑動限界を越えると，入力地震動のタイプに拘わらず残留滑動

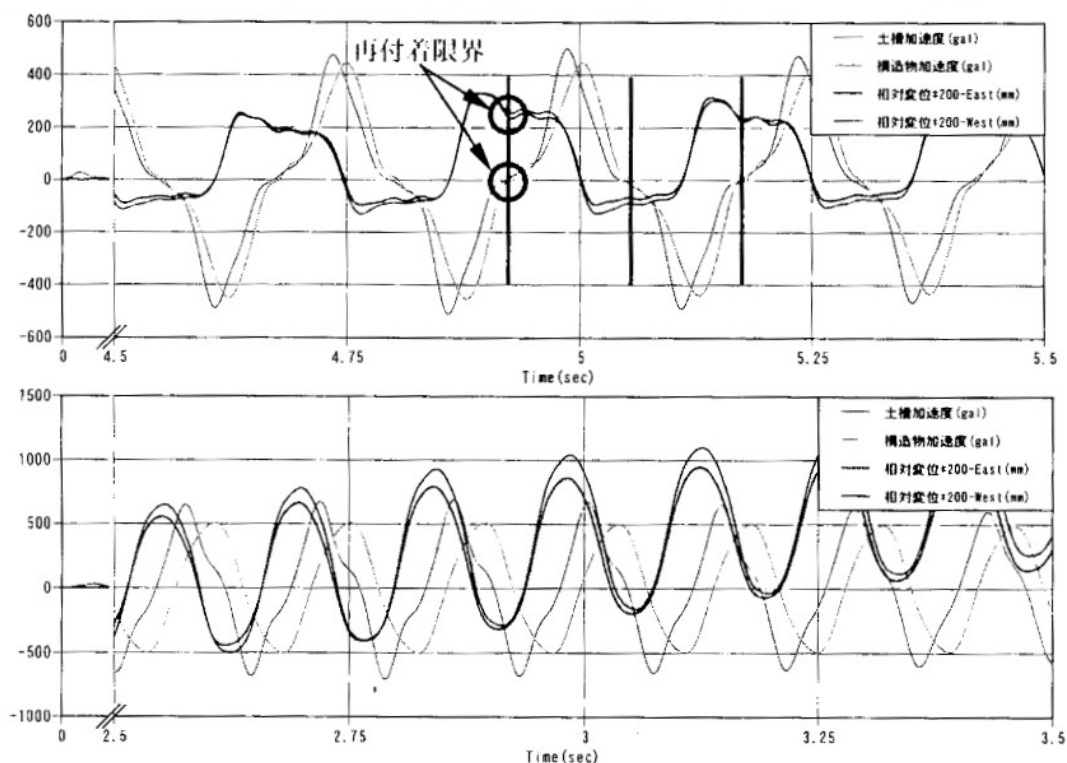


図-4 加速度と相対変位（200 倍）－拡大図 上図（4Hz）下図（7Hz）

量が発生する可能性がある。線状構造である実橋の場合は全橋にわたり同時に滑動を生ずる可能性は低い，このような弾性構造体の滑動特性は数値シミュレーションによって明らかにする必要がある。図-4 に滑動実験結果の一例を示す。

(2) 数値シミュレーションソフトの開発

実験的研究に並行して数値シミュレーションソフトの開発にも取り組んだ。実験では振動台の規模の制約もあって構造物は剛体としたが，数百mの長さを有する実際の立体交差橋の地震時特性を把握するには弾性体である上部構造を再現しなければならない。振動台の上に実橋梁の変形挙動を再現するモデルは相似率の関係もあって再現困難である。従って数値シミュレーションソフトの再現性は相似率の制御が可能な剛体モデル実験に留め，実橋の耐震挙動は数値シミュレーションによって解明することが適切であると考えた。

最初は地盤と構造物の間に水平変位の関係を制御するインターフェース要素を組み込んで，地盤と構造物の連成解析を実施した。この数値シミュレーションではインターフェース要素が剛-線形ばね（一定せん断応力以下では剛，限界せん断応力を越えると線形ばねとなる）で表現されているので，滑動を含む地盤 - 構造物間の非線形性を厳密には再現できていないこと，構造物を弾性体として扱っていることでレベル2地震における実挙動の再現には満足できる結果は得られていない。このことを改善するには

- 1) 大地震時に滑動と再付着を繰り返す地盤と構造物間の相互作用を精度よく表現するためにはアダプティブ有限要素法^{注2)}の適用により，精度のよい地震時滑動解析を行う必要がある。滑動によって地盤と構造物の共有節点に食い違いが生じるので，地盤側の要素を刻々再分割することにより，滑動に

注2)：アダプティブ有限要素法とは，解析の過程で大きな変形や局部応力の発生個所が変化するために初期の要素分割が不適切になるため，解析の進行とともに要素分割を最適に自動修正する機能を有する有限要素法を総称して言う。金属の成形過程の追跡などに活用されている。

よって分離した節点間の釣り合い等を避ける機能を導入する. この要素の自動再分割機能を有する有限要素法がアダプティブ有限要素の一種である. 一般に有限要素の特性値 (応力履歴等) は個々の要素に帰属するが, 要素の自動分割を行うためにアダプティブ有限要素法においては, 要素の特性値は場に帰属するように変更し, 新しい要素分割における各要素の特性値は場のデータから補間して取り込むアルゴリズムも一つの方法である.

- 2) 大地震時には, 構造物が弾性を保つことは保障されないので, 構造物の塑性化を考慮できる構造解析ソフトを用いる必要がある. 地盤と構造物の地震時挙動を時刻歴応答解析によって追跡するため, 計算時間が極度に大きくならないように, 構造モデルを理想化する必要がある.

などの機能を有するソフト開発が必要である.

また地盤の塑性変形や液状化を考慮すべきとの要望もあるが, 基本的に直接基礎橋梁は安定した地盤の場合に採用することが前提条件であり, 地盤の非線形性を含まないソフトであっても, 地盤の応力の応答値が異常値を越えないことを照査することで, 設計上は事足りると考えている.

(3) 耐震設計法の開発

このような構造解析ソフトによる数値シミュレーション結果を蓄積することにより, レベル2地震において地盤と構造物間の滑動を許容する場合の耐震設計法を確立することが重要である. 以下のような調査項目が挙げられる.

- 1) 橋梁のような線状構造物に作用する橋軸直角方向地震動は全長にわたり同時入力とはならないので, 入力地震動の位相差 (進行波) を考慮した解析により滑動特性を明らかにする.
- 2) 各種の入力地震波による滑動特性と残存滑動量を調査して, 許容滑動量に関する情報を提供する.
- 3) 残存滑動量が存在する場合の残存応力評価法を確立し, 必要に応じた復旧工法を提案する.

3. 直接基礎橋梁の発展の可能性

大地震時に地盤と構造物の変位をアイソレートして構造物への負担を軽減する考え方は, 立体交差橋梁に限らず, 構造的な制約があるが一般橋梁に対しても適用可能である. 明白な活断層地帯を横切る地点に橋梁建設が必要な場合, 下部工と直結された橋梁では, 地盤のずれを上部構造の変形によって吸収できなければ, 上部構造に重大な損傷が発生する. これに対して直接基礎橋梁では, 一定以上の地盤移動に対して地盤と構造物間の滑動によって地盤のずれを吸収できるから, 上部構造の被害を軽減できる.

このような構造の適用に際しては, 以下の項目について検討する必要がある.

- 1) 断層帯に対してどれくらいの道路区間の橋梁を直接基礎とするのか.
- 2) 水平方向以外の地盤のずれに対する追従性の検討と構造の工夫.
- 3) 地盤のずれが発生した後の修復工法.

4. 橋梁技術者への期待

前述のように橋梁メーカーの数だけ急速施工橋梁の試案があり, その幾つかは実際に適用されているが, 殆どの橋梁案は杭基礎と直結する構造形式であり, UFO のような直接基礎を採用した橋梁は他に例

がない。そのような特徴のある UFO もこの度の問屋町立体交差橋で 3 番目の適用となった。架橋地点の条件が異なることから, 3 橋の形態は変化しているが, それを進化と捉えてよいのだろうか。

どの場合も前述のようなレベル 2 地震に対する詳細な検討は行われていないと思われるが, 若手の橋梁技術者にはこの研究ノートで述べた課題の克服に挑戦して頂きたい。

参考文献

- 1) 大阪大学土木構造研究室: 直接基礎構造物の地震時滑動に関する実験的研究—研究成果報告書, Note OUCS-0233, 2002.

研究ノート NN-10-02

技術雑感 2

構造力学と数学に関する体験と反省

平成 22 年 2 月 15 日

西村宣男

要旨：40 年間大学に在職して構造力学教育と研究に携わったが，その間に体験した力学を表現し求解するための数学について反省を込めて振り返ってみた。

1. 文系から理系への転機と土木工学への志望

中高一貫の受験校に通っていたが，中学時代は文系志望で，2 時間近く掛った通学の車中は多くの小説を読み耽った．また中学 3 年から高校の運動クラブ（ハンドボール）に入り，高校の途中で受験勉強のために退部するまで，勉強よりクラブ活動に熱中していた．インターハイにも出場できたけれど，屋外ハンドボールが間もなく廃止になることや，高校の身元保証人をお願いしていた教頭先生の指導もあって，受験勉強に集中することにしたが，文系で理論（理屈だと思っている）と称することに反発を覚え，明確に理論を取り扱う理系に志望を変えることにした．理系の中でも最も文系に近いと感じていたことと，小学生の頃から自信を持っていた地理についても関わりがあると思い，土木工学にターゲットを絞った．そんな訳で根っからの理系的思考回路を形成することなく土木工学に進んだので，私の数学に関する知識は中途半端である．常識を数式で表現することが私の手法で，数学的な理屈付けは多くの場合後付けであった．

2. 吊橋の膜理論

大学に奉職した時の研究テーマは卒業研究の延長で，プレキャスト R C スラブの強度設計法であったが，2 年目に小松定夫先生が教授として赴任され，私の研究テーマはセバーン橋のような新形式吊橋となった．1967 年当時，離散的手法を用いて多自由度構造の計算を行うには計算機環境が整備されていなかったため，吊橋の膜理論の範疇で取り扱うこととした．しかし斜めハンガーの効果を考慮した微分方程式は吊材長に関係した変数係数となり，その数値計算は簡単ではなかった．最初の内は大学の同級生であった同僚の林正さんから頂いたヒントでガラーキン法による級数解法にチャレンジしたが，変数係数の項は基準関数の直交性が成立せず，級数の項数の多元連立方程式を解く必要があり，成功しなかった．やむを得ず学生時代に習った差分法を適用して，強引に解く羽目になった¹⁾．

小松先生から与えられた吊橋の形式はレオンハルト教授が提案したモノケーブル吊橋で，ケーブルと 2 本の吊材および補剛桁で構成される三角形断面は閉断面の高いねじり剛性が

期待できるので長大化するほど有利であろうとの推奨理由であった。残念ながらこの特長は数値計算結果によっても、また同時に行った模型実験によっても立証することはできなかった。理由は吊材の弾性変形によって、特にねじりモーメントが大きくなる主塔付近の長い吊材の弾性変形が予想外に大きく、その影響により閉断面の特長が失われることにあった。この分析によりモノケーブル吊橋に関する研究は取り止めることにした。

なお余談までに、大阪市で建設された此花大橋は自碇式モノケーブル吊橋であるが、吊材は鉛直の 1 面のみでありレオンハルト教授の提唱した 3 角形断面を構成していない。ねじり剛性は専ら箱断面の補剛桁が担っている。長大吊橋に適用する場合も補剛桁断面の桁高を若干大きく取って大きなねじり剛性に期待することになるであろう。但し、桁高は耐風性能との兼ね合いで決定される。

次に小松先生から与えられたのは、道路・鉄道併用吊橋として計画されていた本四連絡橋で、ダブルデッキ構造の下層に複々線鉄道軌道を配置するため、断面の形状を保持できない可能性がある。横フレームの剛性をどの程度確保すれば補剛トラス桁のねじり剛性の低下を防止できるか明らかにせよとの指令であった。鉛直たわみ、水平たわみおよび補剛トラスの断面変形を含むねじりに関する微分方程式を導き、鉛直たわみとねじりの連成解、水平たわみとねじりの連成解、断面形状を保持するための横フレームの必要剛性等について数値解を求めた。この問題についてはガラーキン法による級数解法により良好な解を得ることができた^{2), 3)}。

ガラーキン法では境界条件を満足する級数解を必要とする。2 ヒンジ吊橋に対しては級数解として調和関数 (sine および cosine 関数) が境界条件を満たしており、良好な収束性を示した。連続吊橋に対して適用できる級数については試行錯誤が必要であったが、構造力学的発想により吊橋全長に対して両端の境界条件を満たす調和関数を適用し、中間支点で変位が拘束される拘束条件を付加する方法が良好な結果をもたらすことに気付いた。数学的に表現すると付帯条件付き変分法に該当することが後で判明した。一般に級数解では変位の収束性が良くても、変位の 2 階ないしは 3 階の導関数で与えられる断面力の収束性はあまり良くない。これに対して付帯条件のラグランジェ乗数として用いる中間支点反力の収束性は変位と同程度に良好であり、従って外力と支点反力に関する力の釣り合い条件を用いて計算される断面力の収束性も同様に良好であることが確認できた。

3. 変断面はりに適した級数解

ところで級数解を適用する吊橋の補剛トラスは等断面と仮定していたが、実構造は作用応力に応じて部材断面を変化させるから、設計では補剛トラスの剛性変化を考慮する必要がある。そこで級数解であっても剛性の変化を考慮できる方法について検討した。

トラス桁の曲げ剛性はステップ状に変化するから変位を表す級数解を連続関数で表現すると、剛性の変化点で曲げモーメントやせん断力が急変する不都合を生じる。集中外力が

作用していなければ断面力が連続量で表現できるように曲率を剛性の逆数で表されるウェイトを付けた関数を考えた．たわみ角およびたわみは曲率の積分で与えられるから，このような関数の適用によって，変位と断面力を連続した関数で評価することができる．

導入した級数の適用性を変断面圧縮部材の弾性曲げ座屈の問題で確認したが，極端な変断面でなければ級数の第 1 項を用いるだけで，厳密解と変わらない座屈荷重を得ることができた．剛性が変化する補剛トラスを有する吊橋の鉛直たわみの計算にも適用してみたが，結果は良好であった．

このような関数は構造力学的直観で決定したが，数学的には区分的多項式によるスプライン法の一種に該当すると考えている．この方法を吊橋のねじり問題に応用することを試みたが，ねじり問題では弦材が関係するそり剛性と斜材が関係するねじり剛性が別個に変化するから，その両方に対応できる関数を探し出すことはできなかった．その内，計算機環境が整備され，吊橋専用の有限要素や一般骨組構造を対象としたマトリックス変位法が吊橋の立体解析に適用できるようになったため，級数解法にはそれ以上は拘らなくなった．

4. 耐力力曲線の同定

鋼構造物，部材，構成板要素の耐力力に関する研究成果を実務設計に役立たせるには，関係する主なパラメータを含む耐力力式の形で提案することが求められる．耐力力の基礎資料は実験データあるいは有限要素法等による数値シミュレーション結果として離散的に与えられるから，適切な関数を選択して，基礎資料にフィットするように係数を同定する作業が必要となる．また耐力力式の一手手前で，構造物に含まれる初期不整や材料強度などの確率量を含めた耐力力モデルを作成して，耐力力そのものを確率量として評価し，強度の平均値や下限値に相当する耐力力式を提示する場合もある．

この場合，選択する耐力力式の形が問題であり，力学能力と共に数学能力が問われるところである．基本となる数式は初期たわみの効果を含む弾性理論から導かれる関数形を採用し，総合的に初期不整の影響度を表す初期不整係数などを導入して適用範囲を拡張する．圧縮部材や曲げ部材の耐力力式としてはペリー・ロバートソン公式が基本式として用いられている．

圧縮部材および曲げ部材の耐力力式を検討した際，このペリー・ロバートソン公式に適切な関数を付加して，残留応力と初期たわみの任意の大きさを考慮できるように拡張することを学生たちに課題として与えた．初年度の学生は思考の柔軟性が乏しく，上手く纏められなかったが，2 年目の学生は要領よく 2 つの論文^{4), 5)}に纏めてくれた．各種の関数の特徴を理解しておくことが思考の柔軟性に繋がったようである．

5. 入試合格者判定ソフト

この問題は力学とは無関係であるが，構造解析を通じて獲得したデータ処理能力が，入試に関する合格者決定業務を通じて大学に貢献できた例である．1980 年代の後半から大学入学試験制度の改革が行われ，受験生に同レベルの複数大学受験機会を与えること，全国統一の共通 1 次試験（現在の入試センター試験）を実施することを柱とした改革であった．最初の 2 年間は複数の大学の合格発表の後に，受験生が行きたい大学を選択する事後選択性が行われたため，各大学の入試担当者には大変な負担が掛った．当時大阪大学工学部の教務委員長であった室田明教授から，合格者数の決定方式を考え工学部全体の入試作業が円滑に行えるよう協力せよとの業務命令を受けた，入試の 5 カ月ほど前の教務委員会で私が考えた合格者決定方式の説明を行うとともに入試ワーキングの編成をお願いした．

当時の大阪大学工学部は 23 学科編成で，機械系 3 学科，化学系 3 学科，電気系 4 学科は系として一括募集，残りの 13 学科は個別募集とし，系については第 3 希望まで，学科のみであれば第 5 志望まで認めて，質の高い受験生を確保する方式を採用していた．従って系や学科単独では合格者を決定できず，23 学科を総合的にデータ処理して合格者を決定する必要があった．これに加えて新しい入試方式では他大学への流出者を考慮して合格者数を決定する必要が生じた．最初の 2 年間は京都大学，大阪大学，名古屋大学，九州大学は B 日程入試，東大，東工大，東北大学，北大は A 日程入試に区分された．大阪大学の場合は A 日程大学との併願が可能であった．

合格者決定方式の最大のポイントは他大学への流出者の推定法にあった．この推定のためには，受験生の学力レベル，出身地，現役浪人の区別，併願大学，併願大学の合格レベル，所在地などのデータが必要である．個々の受験生の併願大学は受験票に記入させることとした．受験生の学力レベルは共通 1 次試験成績を充てることとし，他大学の合格レベルについては受験産業のデータを参考として決定した．複数の大学に合格した場合，大阪大学を選択する割合については各募集単位ごとに特性が異なるから，若手の教授・助教授で編成された入試ワーキングにデータの作成をお手伝い頂くこととした．

このような諸条件を考慮した合格者決定モデルでは，各合格者を残留 1，流出 0 と区別するのではなく，0.0～1.0 の数値で与えられる残留係数 β 値を評価し，入試成績の上位者から順に積算した β 値の総和が各募集単位の定員に達したところで合格者数を確定する方式である．この評価モデルは私の常識を数式化したもので，ファジー推論を勉強したことは無いが，合格者の残留・流出を決めつけないことから一種のファジー推論に該当すると考えている．

教務委員会では，他学科の長老教授から合格者数の上限値と下限値を示すべきと要求があったが，管理運営的理由から平均値（最確値）のみしか示さないと御断りをした．若し上下限値を示すと，できるだけ多くの学生を確保したいとの各募集単位の思惑が働いて，過大な合格者数となる恐れがあったからである．教務委員長から要求された合格者数決定方式の精度は，最終手続き者が工学部全体で定員の 0.0%～5%であった．マイナスになると追加募集の作業が入るから避けなければならない．5%を越えると教養部の語学教育のク

ラス増になることが教養部に迷惑をかけられないとの理由であった。幸いにもこのモデルを適用した2年間は2%以下の精度で業務を完了することができた。因みに他大学への流出者は定員の20%を越えていた。その後入試方式は毎年のように改正され、現在の形になった。余りに受験生の立場を配慮し過ぎた事後選択制は2年間で廃止となり、3年目から電算処理で合格者を決定する必要はなくなったが、この経験が買われてその後も数年間合格者決定業務に関係した。

それまで工学部の中で土木工学科の評価はあまり高くなく、土木工学科の助教授であった筆者が作成した合格者数決定ソフトの信頼性は、教務委員会の中で必ずしも高く評価された訳ではなかった。そこでそれまで永年にわたり合格者判定に使用されていた応用物理工学科教授の作成されたソフトを用いて、筆者の算出した募集単位ごとの合格者数を用いて確認計算が行われた。勿論結果に差異はなかった。電子計算機のプログラミング技術は工学部のプログラミング教育を担当していた応用物理の教官が優れていると思うが、複雑な構造物の解析を行っていた筆者の数的処理能力は彼等に比べて劣っていたとは思われない。幸いにも作成した合格者数決定ソフトは良好に機能したので、幾らかでも土木工学科の評価を高めることができたことに安堵した。

6. あとがき

40年間の研究生活で各種の微分方程式や偏微分方程式を取り扱ってきたので、微分方程式の解法については、聊かの知識体系を構築することができたように思われる。実務設計に長じた技術者（匿名）から微分方程式は実務に役立たないと批判されたこともあるが、数学に関する知識は適切な設計公式を同定する場合にも役に立つ。

最近では経済学を研究している娘から依頼されて、マクロ経済学におけるハミルトニアン表記の最適化問題や費用対効果の分析法の解説に取り組んでいる。残念ながら数学的把握力に欠け、常識論に頼っているため、経済用語を理解できなければ先に進めない。悪戦苦闘しているが、今のところの成果は4勝1敗くらいか。

参考文献

- 1) Komatsu,S., Nishimura,N., Minami,K.: Structural characteristics of long span suspension bridges with inclined hangers, Technology Reports of Osaka University, Vol.21, 1971.
- 2) 小松定夫・西村宣男：吊構造の横断面変形を考慮した吊橋に立体解析，土木学会論文報告集，No.236，1975.
- 3) 小松定夫・西村宣男：横荷重を受ける吊橋の変形と応力について，土木学会論文報告集，No.248，1976.
- 4) 西村宣男・青木徹彦・西井学・福本ゆう士：鋼柱部材の基本強度の統一評価，土木学会

論文集, No.410, 1989.

- 5) 西村宣男・久保全弘・西井学・福本ゆう士: 鋼はり部材の横ねじれ座屈強度の統一評価,
土木学会論文集, No.418, 1990.

研究ノート NN-10-05

研究雑感 3 / 高力ボルト摩擦接合継手に関する研究余話

平成 22 年 3 月 5 日

西村宣男

概要：高力ボルト摩擦接合継手に関する研究の概観は土木学会論文集¹⁾に，また引張継手も含めた高力ボルト継手の力学特性と設計法は鋼構造協会誌の連載²⁾で纏めたが，筆者の専門分野は鋼構造の立体解析や耐荷力問題であり，接合に関しては門外漢であった．本稿ではざっくりばらんに高力ボルトに関する研究に携わった経緯や，高速道路会社との共同研究，示方書の改訂に関係した国土交通省への働きかけ，継手の設計・施工上の諸問題に関する共同研究に触れ，設計技術者の方々の参考に供したいと考えた．

1. 研究の始り

昭和 50 年頃までの関西における鋼構造研究は，小西一郎先生を中心とした分業体制が敷かれており，接合は神戸大学西村昭先生，耐風は京都大学白石成人先生，耐震は同じく山田善一先生，薄肉構造や耐荷力は小松定夫先生のテリトリーであった．小松門下の筆者がボルト接合の研究に手を出すことはなかった．関西道路研究会道路橋調査研究委員会の文献調査小委員会において米沢博先生や伊藤鉦一先生の薫陶を受けたが，欧米の鋼橋に関する文献紹介の際に，伊藤鉦一先生から，日本の高力ボルト継手のボルト本数は多過ぎるように思う．この問題を若手の研究者で取り組んでほしいと何度かけし掛けられた．直ぐには対応できなかったけれど，我が国の設計示方書の高力ボルト接合に関する条項がコンサーバティブであることは脳裏に刷り込まれた．小西先生の逝去や小松先生の退官等を経て，昭和 60 年頃には関西における研究の分業体制が崩れていった．

平成 2 年に小松先生の後継の構造研究室を担当することになったが，駒井鉄工の秋山寿行君が研究室にやってきて，学位論文の指導を希望された．テーマは特にないとのことだったので，伊藤鉦一先生のことを思い出し，高力ボルト摩擦接合継手の設計の合理化を研究テーマとして薦めたところ，高力ボルト継手に何の問題があるのですかと質問が来た．秋山君にとっても筆者にとっても，高力ボルト接合に関しては，いわば零からの出発となった．当時の欧米の鋼構造設計規準は手元にあったので，同じ力を伝達するのに規準の違いによって継手の板厚やボルト本数，従って経済性にどの程度の差が生ずるのか，その差の原因を明らかにすることから出発した．欧米の設計規準に従うと我が国に比べておよそ $2/3$ のコストで高力ボルト接合の設計施工ができること，その原因が主にすべり係数とボルト孔控除にあることを明らかにすることができた³⁾．

2. 継手実験

神戸大学の西村昭先生は，偶さか筆者の父親と同姓同名で，関西道路橋研究会の視察旅行にご一緒させて頂いた折などでは“お父ちゃん先生”と呼ばせて頂いた．先生のボルト継手に関するご研究は実験的研究が中心であった．遅ればせながら高力ボルト接合の研究に参入した我々も，継手の力学特性を実験

により確認することが大切と考え、摩擦接合継手のすべり実験から取り組んだ。

実験技術として最も腐心したのはボルト軸力の計測で、初期導入軸力管理、軸力の経時的変化（リラクゼーション）および載荷時の軸力変化を精度よく計測するために、全てのボルトにひずみゲージを貼付したが、そのキャリブレーションで躓いた。最初、秋山君が工場で使用しているボルト軸力計測のための治具を用意したが、その精度が芳しくなく、計測する度に 2~3 割の変動が観測された。問題は軸力の偏心であった。幸いにも大阪大学の建築工学科の脇山広三先生は、大学院生の頃からボルト接合に関する研究を専門に続けておられ、脇山先生の研究室からクラゲと称するボルト軸力検定用の治具を借用でき、精度のよいキャリブレーションを行うことができた。クラゲと称する治具は圧縮力を引張力に変換してボルトに偏心なく軸力を載荷できる優れ物で、大いに役立ち快く貸して頂いた脇山先生に感謝している。なお脇山先生とは軟式野球のライバルで、先生の率いる建築チームと筆者の土木チームとでビール券を懸けて何度か対抗試合を行った。筆者が 30 代の中頃に、肩を痛めるまではほとんど土木チームがビール券をせしめていたが、その後は脇山先生の緩い球が打てず、苦杯を舐めていたことを思い出す。このような交流が実験の際に役立ったことを記して感謝の意を表します。

最初の継手実験では、すべり強度と母材あるいは連結板の降伏強度の比を変化させて、この強度比 β 値が継手耐力に与える影響を調査した。第 1 号試験片は β 値が小さく母材降伏がほとんど継手すべり耐力に影響を与えないタイプであったが、予想外に低いすべり耐力となった。実験当日は梅雨時の極めて湿度が高い状態で、摩擦面が結露した状態で締めつけた可能性があったため、それ以降の供試体では摩擦面の乾燥状態に留意したため、第 1 号のような低いすべり係数は観測されなかった。

高力ボルト接合に関する研究は、1990 年代の鋼桁橋の構造合理化に関する技術開発に関連して進展した。大学で自主的に行った実験以外に橋梁メーカーとの共同実験としても以下のような項目について調査を進めた。

○プレートガーダー腹板の現場ボルト接合部における水平補剛材の処理 ⁴⁾

○テーパフランジの高力ボルト接合 ⁵⁾

○フィラーを有する摩擦接合継手のすべり強度 ⁶⁾

○高力ボルト・溶接併用継手の強度と施工法 ⁷⁾

これらの内容については後述する。

3. 高力ボルト継手の数値シミュレーション

高力ボルト接合に関する研究に取り組んで直ぐに、実験だけでは高度な研究を達成できないとの思いを強く持った。継手内部の複雑な応力分布や母材・連結板の降伏の影響は実験では詳細に観測し難いので、数値シミュレーションを併行して行うことによって、全容を解明できると考え、数値シミュレーションソフトの開発に取り組んだ。このソフト開発の担当者は助手の亀井義典君とし、優秀な学生をサポートに付けた。

高力ボルト摩擦接合継手のすべり挙動と塑性化の複合問題を対象とした解析ソフトを **SABOL(Slip Analysis of Bolted Joint)** と称しているが、基本は 20 節点アイソパラメトリックソリッド要素によってボルトセットを含めた構造モデルを表現し、母材と連結板間の摩擦面上の節点はダブル節点として、すべり挙動を表現している。ソフトの基本構成は高木優任君（現新日鐵）の貢献 ⁸⁾ が大きい。

SABOL の機能を拡張して，すべりが発生した後，ボルト軸とボルト孔壁が接触して支圧状態となり，やがて最小断面での破断に至るまでの追跡は池端文哉君（現パシフィックコンサルタント）の貢献⁹⁾が大きい．すべりが生じた後はダブル節点間の力学条件は成立しなくなるので，アダプティブ有限要素法（要素の自動再分割機能）の適用が必要であることを指導したが，この改良には大変な労力を必要とするため，果たせなかったことが心残りである．

鋼桁を対象として曲げを受ける場合の高力ボルト摩擦接合継手のすべり限界強度は現行の設計を合理化する上で効果的である．SABOL をこの問題に適用できるように機能拡張するのに，かなりの苦労を必要としたが，石川誠君の貢献¹⁰⁾でこの問題をうまく処理することができた．

阪神淡路大震災において鋼製橋脚柱部材のボルト接合部にすべりを生じたような痕跡が観察された．この現象をシミュレーションによって再現するためには，SABOL に反復すべりを追跡する機能を追加する必要があった．この問題は西村昭先生のお弟子さんであった石原靖弘氏（片山ストラテック）との共同研究¹¹⁾で取り扱った．広島工業大学の皆田理先生の指導で行われた実験による知見を参考に，一旦すべりを発生して支圧状態になり，作用力の反転により逆向きのすべりが発生する場合に対応するためのリセット機能を導入してシミュレーションを行ったが，解析ケースが少なく，全ての継手に適用できる所までの確信は得ていない．このことも心残りである．

筆者が大学を退職した後で，高力ボルト摩擦接合継手における被接合材の板厚差の許容値に関する課題を，駒井鉄工の秋山寿行君，木村君と共同研究を行った．日本橋梁建設協会で実施された実験データの再現解析を SABOL によって行うとともに，パラメトリックに適用範囲を補完するための数値シミュレーションを実施して，実務における合理化のための提言¹²⁾を行った．

4. 道路橋示方書のボルト関連条項の改訂要求

以上のような実験的および解析的研究により，高力ボルト摩擦接合継手の諸問題を検討し，この分野の全容が見えてくると，欧米の規準に比べてかなり安全側に定められている道路橋示方書の関連条項が気になってきた．そこで道路橋示方書の管理について中心的役割を果たしている国土交通省の土木研究所に2度ばかりお邪魔して，橋梁研究室（西川室長）の皆さんに，示方書改訂に向けての提言を行った．また土木学会鋼構造委員会においても，新しい設計法の試案を披露させて頂いた．道路橋示方書の平成14年度の改訂版で，筆者らの主張していた改正案の中の1項目である孔引きによる抵抗断面（純断面）の算定について10%の緩和が採用された．しかし摩擦面の処理状態によるすべり係数の区分，孔を有する板断面の引張に対する抵抗断面の緩和，多列ボルト継手におけるすべり強度の低減，フィラーを有する継手のすべり強度の低減などを総合的に考慮した筆者らの提案とは程遠いものであった．次回の改訂に向けて高力ボルト接合の関連条項の見直しに期待したい．

我が国に高力ボルト接合技術導入について中心的役割を果たされ，また現行の道路橋示方書のボルト接合関連条項の制定に大きな影響を与えられた田島二郎先生は，筆者らの高力ボルト接合に関する論文にも全て目を通されていて，ある時，現行の示方書の条項を変えても良いけれど，その場合，適用範囲などを細分してくださいと言われたことが，強く印象として残っている．現行の道路橋示方書の規定は，例えばすべり係数について一律に0.4のフラットバリューを定めているのは，種々の構造特性や施工条件を考慮して，最低限確保できる値として定められているが，摩擦面の処理状態を分類して0.4～0.6の

値を選択できるようにすることを示唆されたものと考えている．その分，設計者と施工者の情報交換が必須となるが，橋梁技術の高度化は技術者にとって望ましい方向であると考えている．

5. 高力ボルト継手の設計・施工における問題

高力ボルト接合に関する研究を 10 年以上続けているうちに，ボルト屋としても評価されるようになり，実務に関連して様々な方面から相談が寄せられるようになった．製作や施工における不始末の話はここでは書けないので，差しさわりのない問題について紹介する．

(1) プレートガーダーの高力ボルト接合部腹板の補剛法⁴⁾

水平補剛材を有するプレートガーダーにおける高力ボルト継手部腹板パネルの連結板外側に水平補剛材材片を取り付ける必要性は，当該パネルのアスペクト比とウェブ連結板の幅との関係で決まる．連結板の外側部分の桁軸方向幅が狭ければ，申し訳程度に短い水平補剛材材片を取り付けても補剛の効果はないし，幅厚比によっては不要かもしれない．日本橋梁建設協会の設計部会からこの問題に対する研究を委託され，駒井鉄工と共同で取り組んだ．

道路橋示方書の適用範囲である水平補剛材 1 段および 2 段の場合について，ウェブの連結板の外側に補剛材材片を省略できる範囲を数値シミュレーションによって明らかにした．(図-1 参照) ボルト接合部の構造法であるが，接合問題より薄板の耐荷力問題の色彩が強い課題であった．この研究成果は阪神高速道路の設計標準に取り入れられている．

同種の問題としては，関西空港連絡橋の箱桁架設時に発生したボルト接合部腹板の変形の問題が思い

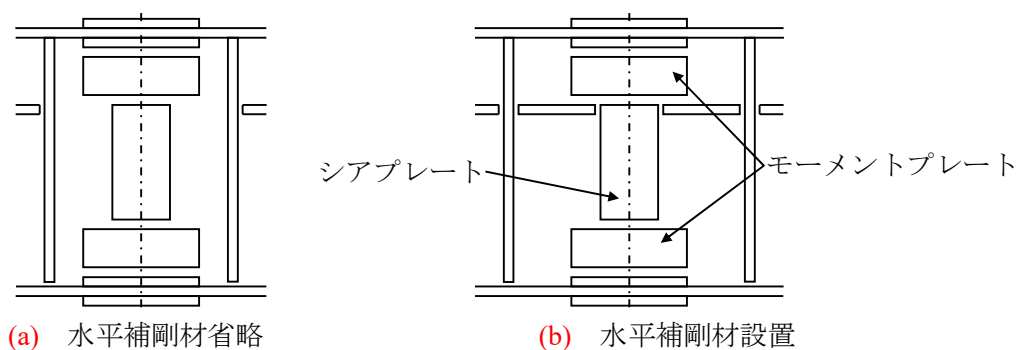


図-1 鋼桁ボルト接合部ウェブの水平補剛材

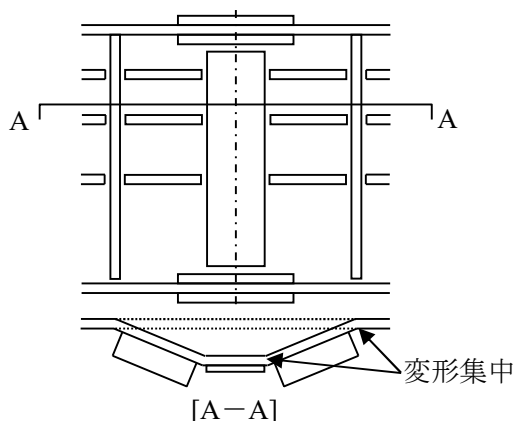
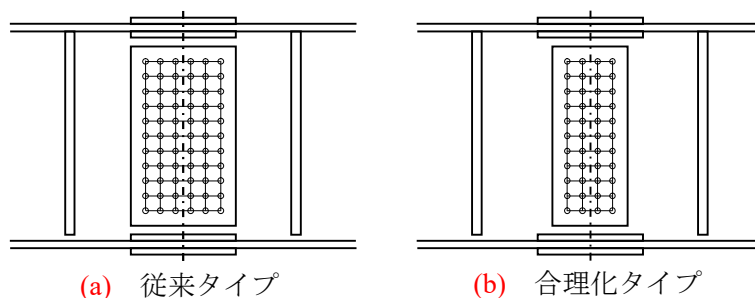


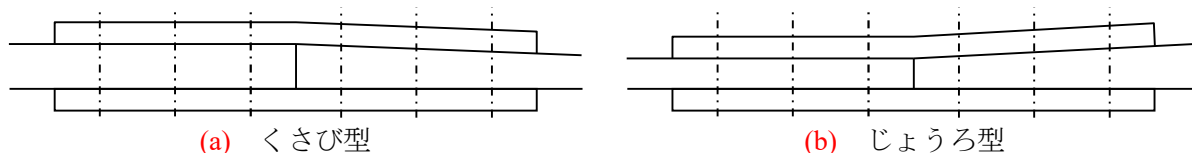
図-2 多段水平補剛材を有する鋼桁ボルト接合部ウェブの変形



(a) 従来タイプ

(b) 合理化タイプ

図-3 合理化桁ボルト接合部ウェブボルト配置の合理化



(a) くさび型

(b) じょうろ型

図-4 等厚部を省略した LP 鋼板の高力ボルト摩擦接合継手

出される。この箱桁橋のウェブの水平補剛材は3段以上で道路橋示方書の適用範囲外にあるが、高力ボルト接合部のウェブパネルの水平補剛材の処理は道路橋示方書が適用される鋼桁と同様の構造法が適用された。鋼床版の現場溶接接合によるウェブの収縮ひずみの影響もあって、ボルト接合部に作用した圧縮応力によってウェブの面外たわみが生じた。(図-2 参照) 工事に参画した橋梁メーカー数社の全てに、大なり小なりこの変形が見られたので、接合部の構造法に基本的な問題があったものと推測した。

(2) 鋼桁ウェブの連結板の合理化¹⁰⁾

曲げを受ける鋼桁の高力ボルト摩擦接合継手はフランジ接合とウェブ接合で構成される。現状の設計はフランジとウェブに対して個々に設計を行っているが、実際は両者の協働作用があり、単独にすべることはない。またウェブの継手は最縁のボルト位置での桁応力に対応するように設計されるため、特にモーメントプレートとシアプレートを一体化した連結板では、長方形配置のボルトの桁中立軸近辺のものは十分な余裕を持つようになっている。合理化桁構造に対する新技術に対する志向が強かった 1990 年代、当時の道路公団中部支社管内の鋼桁橋では、フランジとウェブの協働作用を考慮することによって、ウェブ高力ボルト継手のボルト列は必要最少に合理化されている。(図-3 参照)

当時関係していた日本道路公団四国支社の橋梁についても中部支社の考え方を導入するように進言したが、構造部長の反対で実現しなかった。その構造部長は現在中日本高速道路株式会社の高橋文雄社長であったのは、学生時代からの彼を知っている筆者としては非常に面白い経験であった。基本的に一つの橋梁建設に際して、同時に新しい技術を複数導入することには反対するとの考えであったと聞いた。因みに当該橋梁はジャッキアップ回転工法で架設した宿茂高架橋で、架設工法以外に、前述の LP 鋼板フランジの高力ボルト接合、高力ボルト・溶接併用継ぎ手、RC 橋脚と 2 主桁の剛結構造など複数の新技術が採用された。

(3) LP 鋼板フランジの高力ボルト接合⁵⁾

1990 年代の中頃、合理化鋼桁橋に対応する新技術として、LP 鋼板フランジを採用することによって桁の断面変化を行う方法が開発された。当初はテーパプレートにボルト連結のための等厚部を設けたプロファイルが製作されていたが、板厚変化は最大でも 5mm/1m であるから、等厚部を省略しても高力ボルト接合が可能であると判断した。このことを実証するために実験を行った⁵⁾。板厚の変化率

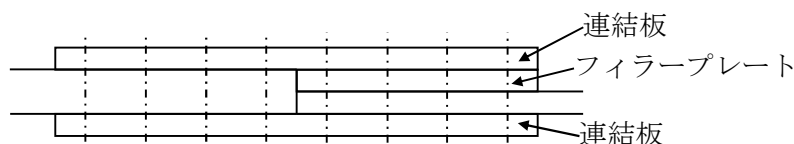


図-5 フィラーを有する鋼桁の高力ボルト摩擦接合継手

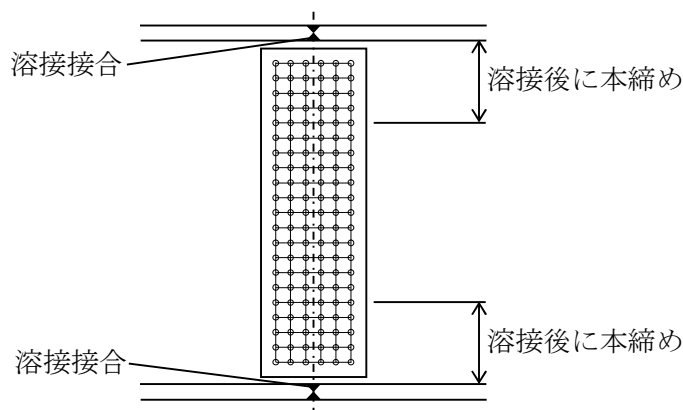


図-6 高力ボルト溶接併用継手

が異なる個所に高力ボルト摩擦接合を適用する場合、板厚が増加する側のすべり係数現象が懸念されたが、ボルト締め付けによる連結板のスプリング効果により接触圧が増加するため、すべり係数の低下は見られなかった。(図-4 参照)

(4) フィラーを有するフランジ継手のすべり耐力

鋼桁橋の製作の合理化が進められた結果、フランジの突き合わせ溶接を廃して、フランジ幅は一定として、断面変化は接合部における板厚変化によって対応するようになった。すなわち、接合部の両側で板厚が異なるフランジを接合するため、板厚調整のためのフィラープレートを有する高力ボルト摩擦接合継手が一般的に使用されるようになった。極端な場合、薄側のフランジ板厚とフィラー厚が等しい場合も見受けられた。道路公団中部支社、川田工業との共同研究で実大桁供試体を用いたすべり実験が行われた。(図-5 参照) 実験結果のすべり係数は等厚の継手に比べて6割程度に低くなった。試験体のフィラー厚とフランジ厚(厚部側)の比は0.5の1体だけであったので、供試体の追加を要請したが叶わなかったのは残念であった。この課題は数値シミュレーションでやり残している。

(5) 高力ボルト・溶接併用継手の施工法⁷⁾

鋼桁橋の合理化設計の試みとして現場溶接による主桁接合が行われるようになったが、現場での施工管理の負担が大きいことから、全断面溶接を避け、ウェブは高力ボルト接合によることとし、フランジのみ溶接接合とする併用継手が検討された。主桁の張り出し架設において、ウェブのボルト継手で張り出し部の自重を支えておき、フランジの溶接接合を行う場合、フランジの溶接收縮によるウェブ高力ボルトへの悪影響やフランジの残留応力の悪影響を回避する施工方法の検討が必要となった。

筆者が関係した JH 四国支社の宿茂高架橋はジャッキアップ回転工法で建設されたため、主桁のボルト接合は主桁を垂直に建てた状態で行われたため、張り出し部の自重による曲げやせん断力が作用しない状態で施工されたため、一般の橋梁とは条件が異なる。溶接時にフランジから主桁高さの1/3のウェブの高力ボルトを仮締めし、フランジの溶接後に本締めすることにより、フランジの溶接部の熱収縮によるボルトへの悪影響やフランジの残留応力の発生を回避することができた。(図-6 参照) この評価は

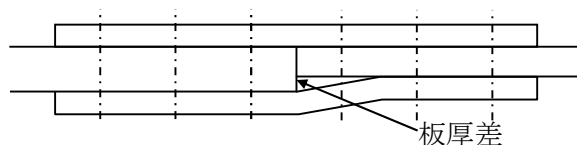


図-7 高力ボルト摩擦接合継手における被接合材の板厚差

SABOL による数値シミュレーションで行ったが、担当した中村貴史君（現 JR 九州）の貢献が大きい。

(6) 高力ボルト摩擦接合継手における被接合材の板厚差の問題¹²⁾

道路橋示方書の接合に関する条項において、高力ボルト摩擦接合部における被接合材（母材とフィラーを含む）の板厚差については、板厚差が無いことを原則とすると記されている。マーケットサイズの鋼板を使用する限り、厚側フランジ板厚と薄側フランジ板厚とフィラーの合計厚を完全に一致させることは困難である。また鋼板厚には公差が認められていることも問題を複雑にしている。（図-7 参照）日本橋梁建設協会よりこの問題への対応のための資料作成を依頼され、駒井鉄工の技術者と共同で研究を行った。事前に行われた実験の再現解析とパラメトリック解析を SABOL によって行い、結果を整理して対処法を提示した。

提示内容を要約して述べると、

- 1) 高力ボルト摩擦接合継手の品質保証を目的として、設計および製作段階において、被接合材の板厚差のすべり係数低下に対する影響を排除する現実的な方策として、板厚差の許容値は 1mm（片面板厚差は 5mm）とする。
- 2) 連結板厚 t_s が 16mm を越える厚板の高力ボルト摩擦接合継手においては、上記の制限に加えて設計時に内側縁端距離 a を

$$a = t_s + 24(mm) \geq 40(mm)$$

とする。

6. 今後の展開

筆者が大学を退職して 5 年が経とうとしている。この間、高力ボルト接合に関する問題に関与したのは、前述の被接合材の板厚差の許容値に関する論文¹²⁾と日本鋼構造協会誌の連載²⁾のみである。まだ遣り残した課題もあり、何より道路橋示方書の高力ボルト接合に関連する条項の高度化に貢献できていないことに拘りを持っている。

高力ボルト接合に関しては、以下のような課題に取り組む必要があると考えている。

- ① 現在、橋梁に対する高力ボルトとしては、遅れ破壊に対して保証された F10T が用いられているが、建築分野で開発され超高層ビルなどで使用実績を積んできている超高強度ボルトの適用性を検討する必要がある。高強度鋼材の接合には F10T の 1.5 倍の伝達能力を有する超高強度ボルトを適切に使用することによって、高力ボルト接合の合理化が達成できると考えている。
- ② 摩擦接合だけでなく打ち込みボルトによる支圧接合についても、適正使用を検討するべきである。とりわけ橋梁の補修・補強工事において、摩擦面の状態に影響される摩擦接合より、支圧接合の方が信頼性が高い場合がある。

筆者が高力ボルト接合に関する研究で学位論文を指導した 2 名の弟子は、研究成果を社会に役立てることに執念が足りないようなので、この分野の進展は、法政大学の森猛教授と大阪市立大学の山口隆

司教授に委ねるしかないと思っている.

参考文献

- 1) 西村宣男・秋山寿行・亀井義典：高力ボルト摩擦接合継手に関する最近の研究動向，土木学会論文集，No.675/I-55，2001.
- 2) 西村宣男・森猛・山口隆司・秋山寿行・亀井義典：連載．土木分野における高力ボルト接合，日本鋼構造協会誌，No.63～69，2007～2008.
- 3) 秋山寿行：高力ボルト摩擦接合継手の限界状態に関する研究，大阪大学学位論文，1996.
- 4) 秋山寿行・西村宣男・松村達生・大塚勝：プレートガーダー高力ボルト継手部腹板の補剛構造の合理化，構造工学論文集，Vol.40A，1994.
- 5) 亀井義典・中村貴史・秋山寿行・高木優任・西村宣男：等厚部を省略した LP 鋼板の高力ボルト摩擦接合継手のすべり強度試験，構造工学論文集，Vol.46A，2000.
- 6) 亀井義典・池端文哉・西村宣男：低材質フィラープレートを用いた高力ボルト摩擦接合継手の限界状態，構造工学論文集，Vol.43A，1997.
- 7) 中村貴史・西村宣男・亀井義典．雨森慶一・新井正樹：高力ボルト・溶接併用継手における高力ボルト施工法に関する検討，鋼構造年次論文報告集，Vol.7，1999.
- 8) 西村宣男・秋山寿行・亀井義典・高木優任：鋼 I 桁の高力ボルト摩擦接合曲げ継手部の限界状態に関する実験，鋼構造年次論文報告集，Vol.1，1993.
- 9) 亀井義典・池端文哉・西村宣男：高力ボルト摩擦接合引張継手の限界状態区分に関する解析的研究，土木学会論文集，No.584/I-42，1998.
- 10) 石川誠・亀井義典・西村宣男：曲げを受ける鋼桁高力ボルト継手部の限界強度に関する解析的研究，土木学会論文集，No.759・I-67，2004.
- 11) 石原靖弘・小林剛・皆田理・西村宣男：地震被害を受けた高力ボルト摩擦接合継手の特性調査と繰り返しすべり実験，土木学会論文集，No.747/I-65，2003.
- 12) 秋山寿行・木村充・小澤克郎・西村宣男：被接合材片に板厚差を有する高力ボルト摩擦接合継手のすべり耐力，土木学会論文集，vol.63，No.1，2007.

研究ノート NN-10-04

技術雑感 4/ 鋼構造・構造設計分野における障害者雇用の実態

平成 22 年 4 月 10 日

西村宣男

概要：成熟した社会において，社会的弱者を共に支える社会システムを構築することが求められています．障害をもつ人達が自立し，社会活動に参画できるように様々な専門分野および組織が連携していくことが，障害者自立支援法の基本には据えられています．そこでは，具体的な自立支援策の柱の一つとして，障害者雇用が掲げられています．鋼構造・構造設計産業分野においても，それは例外ではありません．本稿では，鋼構造・構造設計産業分野における障害者雇用の実態をアンケート調査に基づいて把握し，鋼構造産業に対する社会的評価を確立するための行動指針の提言を行なうことを目的とします．

1. 障害者雇用促進法の改正と就業実態調査

(1) 障害者雇用促進法

平成 21 年度に出された『障害者白書』によると，身体障害者（約 356.4 万人），知的障害者（約 41 万人）および精神障害者（約 285.8 万人）となっています．このうち，労働年齢とされる 18 歳から 64 歳までの障害者は，身体障害者約 123.7 万人，知的障害者約 27.4 万人，精神障害者は約 174.2 万人とされています．障害者の社会経済活動への参加を促進するための法律として，「障害者の雇用の促進等に関する法律」（以下，「障害者雇用促進法」と略します）があります．障害者の雇用の促進と職業の安定を図ることを目的として定められたこの法律の大きな特徴として，障害者雇用率制度と障害者雇用納付金制度があり，いずれも事業主に対する措置です．

障害者雇用率制度とは，障害者雇用促進法に基づき常用雇用者 301 人以上の企業は常用労働者の総数の 1.8% の数の障害者の雇用を義務付けるものです．2006 年の障害者雇用促進法の改正¹⁾により，精神障害者（精神障害者保健福祉手帳所持）についても，他の障害者と同様の適用を受けることになりました．障害者納付金制度とは，障害者の雇用率未達成の場合は障害者雇用納付金（1 人月額 5 万円）を徴収，超過して雇用している場合は障害者雇用調整金（1 人月額 2 万 7 千円）を支給する制度です．業種によっては障害者が在宅で就業することも認められており，この場合特例調整金が支給されるように，同年から改正されました．さらに事業主が障害者を雇用するために整備する施設や，介助者の配置などに対して助成金が支給されるようになりました．

一方，障害者本人に対する支援策として，職業リハビリテーションが実施されています．職業リハビリテーションでは，求職を希望する障害者に対して，総合的な職業訓練や指導，就職斡旋などを行ないます．これらの職業相談・紹介，職場定着指導にはハローワークが，

就職に向けたカウンセリングや職業評価などは地域障害者職業センターが，就職のみならず生活全般を含めた支援を障害者就業・生活支援センターがそれぞれ連携しながら，障害のある人たちの就職準備期から職場定着に至るまで支援を行なっています。

厚生労働省は，障害者雇用促進制度の展開をより充実したものとするために，平成 21 年 4 月より同法の適用対象企業の規模を 201 人以上に改正²⁾しました。平成 27 年からはこれを 101 人以上と対象範囲を拡大することになっています。

(2) 障害者雇用の実態

厚生労働省の調査によると³⁾，平成 20 年時点において以下のような実態が報告されています。

1) 身体障害者

- ・就業率は重度障害者 33%，非重度障害者 54%，全体で 43%となっています。
- ・年齢別では 20 歳～55 歳の範囲で雇用率は 50%以上となっています。
- ・職種内容は，事務，技術職，サービス，生産労務の割合が高く，健康な従業員が何らかの理由で障害を発症した後も，同じ職種で雇用が継続されていることが表れています。
- ・就業形態は常用雇用と常用外雇用の割合が拮抗しています。
- ・不就業者の就業希望割合は 60%程度となっています。なお不就業者の 1/3 は就業経験を持っています。

2) 知的障害者

- ・就業率は重度障害者 43%，非重度障害者 61%，全体で 53%となっています。
- ・年齢別では 20 歳～50 歳の範囲では就業率は 50%以上となっています。特に 20 歳代前半では 70%となっていますが，年齢層が高くなるにつれて就業率が低下する傾向にあります。
- ・就業形態は常用雇用が 20%，常用外雇用が 80%となっています。
- ・不就業者の就業希望割合は 40%程度となっています。希望就業形態は常用（20%）より臨時・アルバイト，授産施設・作業所など常用外希望（80%）となっています。

3) 精神障害者

- ・就業率は 1 級障害者 12%，2 級障害者 15%，3 級障害者 25%，全体で 17%となっています。
- ・年齢別では 15 歳～55 歳の範囲では 18～26%となっています。
- ・職種内容は，事務，技術職，サービス，生産労務の割合が高くなっています。
- ・就業形態は常用雇用と常用外雇用の割合が拮抗しています。
- ・不就業者の就業希望割合は 60%を越え，希望就業形態は常用雇用が 40%，常用外希望が 56%となっています。

2. 鋼構造分野における障害者雇用

(この章は多くの方々に協力頂いた障害者雇用実態アンケート調査の結果に基づいてお
ります)

(1) アンケートの規模と概要

1) アンケートの対象と規模

今回、障害者雇用に関するアンケートをお送りした企業数は 16 社で、その内、回答を頂
いた企業数は 14 社、回収率は 87.5%でした。依頼先は確実に回答を頂ける企業で、それな
りの地位にある筆者の知人としたため、回収率は高くなっていますが、データには偏りが
出ないように配慮しています。

依頼先は①製鋼会社、②鉄構会社、③橋梁会社、④設計事務所（コンサルタント）で、
原則、従業員数が 201 人以上に限定しています。追加で依頼した 1 社のみ 200 人以下の設
計事務所が入っています。

2) アンケートの概要

今回の実態調査は、鋼構造・構造設計分野における障害者雇用の実態を知ること重点
を置いたため、障害者福祉の観点からの専門的な質問は含んでおりません。調査データの
質問項目は、以下の 12 項目です。

①障害者雇用の有無、②障害者雇用率、③障害者の区分、④障害者の就業形態、⑤就業
状況、⑥障害者雇用助成金の活用の有無、⑦在宅雇用の有無、⑧障害者の定期的フォロー
体制、⑨一般従業員に対する障害者理解のための研修、⑩障害者雇用を担当する部署、⑪
厚生労働省等所管行政との関わり、⑫障害者雇用計画の有無

(2) 障害者雇用の実績と考察

1) 障害者雇用の有無

回答を頂いた 14 社中、13 社が障害者を雇用していました。該当者がいない 1 社は、常用
雇用者数が障害者雇用促進法の定める 201 名以下の設計事務所であり、以下の統計処理で
は、この設計事務所は除外します。

2) 障害者雇用率

12 社の障害者雇用率の平均は 1.69%、鉄鋼平均（2 社）2.25%、鉄構平均（3 社）1.82%、
橋梁平均（5 社）1.43%、設計事務所平均（3 社）1.67%です。障害者雇用促進法が定める
雇用率を満たしている企業が 6 社と約半数でしたが、鉄鋼 100%、鉄構 67%、橋梁 20%、
設計事務所 33%であり、企業の規模を反映したデータとなっています。

3) 障害者の区分

全ての企業が身体障害者を雇用しているのに比べ、知的障害者を雇用している企業は
46%、精神障害者を雇用している企業は 7.7%となっています。身体障害者は、健常な常用
雇用者が業務上の事故により障害を受けた後においても、雇用が継続されている場合が多
いようですが、これに比べて知的障害者や精神障害者の雇用は厳しい状態にあります。

4) 障害者の就業形態

就業形態は殆どが常用雇用です。2 社のみが常用雇用に加えて，常用雇用以外の形態で雇用しています。

5) 就業状況（職種）

障害者を雇用している企業の 83%が事務職，75%が技術職，25%が生産工として受け入れています。設計事務所のように生産工がいない企業もありますが，職種の分野は企業分野や規模には関係しないようです。

6) 障害者雇用助成金の活用の有無

42%の企業が障害者雇用助成金を活用していますが，障害者雇用率 1.8%の基準を上回っている企業の割合と合致しているのは当然のようです。

7) 在宅雇用の有無

非常用雇用の行っている 1 社のみこの制度を活用しています。設計事務所や鋼構造の製作会社の設計部門で，解析や設計能力に優れた身体障害者をこの形態で雇用する可能性があります，その他の障害者区分に適用することは困難なようです。

8) 障害者雇用のための関連会社の有無

障害者雇用に特化した関連会社を設立している企業は 15.4%で規模の大きな企業にのみ見受けられます。身体障害者以外の区分の障害者を雇用するための方策として有効であると思いますが，企業の体力が関係しているようです。

9) 障害者に対する定期的フォロー

雇用している障害者に対する定期的なフォロー（労働環境整備など）を行っている企業は 25%と低い水準にあります。

10) 一般従業員に対する障害者理解のための研修等

一般従業員に対して障害者理解のための研修を行っている企業は 17%と低い水準にあります。

11) 障害者雇用計画の有無

障害者雇用促進法に沿って，障害者の雇用計画を考えている企業は 46%となっています。

以上述べた鋼構造分野における障害者雇用の実態調査結果を，産業界全体あるいは他分野における実態と比較してみたいのですが，全体を対象とした前出の厚生労働省の実態調査は障害者の視点から纏められており，一方，今回の調査は企業の視点から纏めているので，対等に比較できる項目は少ないのですが，以下の項目については，鋼構造分野の特徴が表れていると思います。

- ・ 障害者の雇用形態は殆どが常用雇用であり，常用と非常用が拮抗している産業界全般の傾向とは異なっています。その分，重度の障害者は受け入れていないのかもしれませんが。
- ・ 障害者雇用助成制度の活用は，大規模企業の割合が大きいようです。中規模以下の企業では，障害者雇用促進法の主旨に沿った運用を行うほどの企業としての体力が整っていない

ないせいかもしれません。

- ・重度障害者の雇用を拓く意味での在宅雇用制度の活用は浸透していないようです。
- ・雇用している障害者に対する定期的フォローや一般従業員に対する障害者雇用問題の啓蒙等の研修制度の普及は全般に低い水準にあるようです。

3. 鋼構造分野における障害者雇用問題への取り組み

鋼構造分野として障害者雇用をはじめとした様々な社会問題に対して前向きに取り組むことは、産業分野の品格の評価に繋がると考えます。鋼構造分野を代表する組織としては日本鋼構造協会があります。技術系の学術団体である日本鋼構造協会として、障害者雇用問題に対する適切な取り組み方を考えてみます。

もとより鋼構造技術の発展と普及を目的とした日本鋼構造協会において、目的に合った調査研究のテーマと雇用問題を同列に取り上げるのは適切ではないことは自明です。しかし、公益社団法人として社会貢献を謳っている団体としては、社会の動静を見守りながら、協会会員に対する啓蒙や必要に応じて実態調査などを行うことが重要であると考えます。同種の問題としては技術者倫理問題、女性技術者・研究者問題（男女共同参画社会の形成）、バリアフリー社会の構築のための施設デザインの推進などがあります。成熟した社会における多方面の市民との共生への対応を考えることは、公益社団法人の品格を示す一つの施策であると考えます。

これらの課題について対応する組織を協会内に設ける必要はなく、協会内外の専門家による講演や協会誌への記事によって、協会員にその重要性を周知することと、日本鋼構造協会の姿勢を示すことが適切ではないかと考えています。

4. あとがき

今回の鋼構造分野における障害者雇用に関する調査と分析は、筆者にとって専門外の課題であり、的外れなレポートになっていないか案じながら、作業を進めました。偶さか青森県立保健大学に勤めている娘が、障害者福祉の専門家で、アンケート調査の質問内容や、本レポートの分析結果について彼女の意見を参考に致しました。

なお、障害者の障害レベルと雇用の関係や、障害者の区分ごとの雇用実態など、より深い企業の対応についても興味のあるところですが、本レポートの目的である鋼構造分野における障害者雇用に関する情報を広く知って頂くことから外れるので、触れないことに致しました。

参考資料：

- 1) 厚生労働省：障害者雇用促進法改正，平成 18 年 4 月。

- 2) 厚生労働省：改正障害者雇用促進法，平成 21 年 4 月．
- 3) 厚生労働省職業安定局：身体障害者，知的障害者及び精神障害者就業実態調査と調査結果について，平成 20 年 1 月．

研究ノート NN-10-08

技術雑感 5/魚釣り力学 1
竿捌きの力学的解釈について

平成 22 年 5 月 10 日

西村宣男

概要：筆者の趣味は小学生の低学年から続けてきた魚釣りで、大学において 40 年間構造力学の研究と教育に携わった経験を活かして、魚釣りと力学の関係について一度は文章を書いてみたいと思っていました。ここ 5 年近く、視力障害のため夜目が利かず、危険防止のため家人から夜釣りを許可されていないので、釣行を諦めていますが、その憂さ晴らしに、表題について書いてみることに致しました。寝た児を起こすことになるかも知れませんが・・・。

1. 魚釣りへの目覚めから趣味へ

小学生の頃、昭和 23 年～27 年にかけて、広島県三原市で暮らしていましたが、当時は閑な時代で、放課後に習い事や塾はなく、専ら同年代の仲間と遊んでいました。色々な遊びをやりましたが、魚釣りは最も魅力的でした。近所の西野川（地元では帝人川と呼んでいました）に架かる曙橋（この橋も帝人橋と呼んでいたように記憶しています）の上から、満ち潮時に、掛けバリ仕掛け（ギャング釣りと言う）でサヨリを掛けたり、引き潮時に河原で掘ったゴカイを餌にハゼの束釣りもいたしました。当時は、市街地の西端を南北に走る呉線より西は殆どが田圃で、その中を縦横に走るクリークでマブナ釣りや調整水門周りの汽水域でのボラ釣りもやりました。10 歳にも満たぬ子供が大人顔負けの釣果を挙げ、意気揚々と家に持って帰りましたが、母親からはあまり歓迎されませんでした。

中高大学の期間は球技の方に重点が移り、魚釣りは夏休みなど帰省時にする程度でしたが、この趣味が復活したのは 30 歳代の中頃からでした。最初は神戸の垂水漁港を本拠地として、投げ釣りやぶっ込み釣りでカレイやアイナメを狙っていましたが、やがて淡路島の富島港（阪神淡路大震災では野島断層の近くで大変な被害が出ました）に本拠を移し、多種多様な魚を狙うようになりました。スーパーで購入した 2,000 円のへら竿を愛用し、はぜや小アジなどの小物から、メバル、カサゴ（関西名ガシラ）、メジナ（同グレ）、クロダイ（同チヌ）までに対応しました。今回の竿捌きの力学的解釈は、5.2m のへら竿による多様な魚のあしらい方がテーマとなります。

筆者の魚釣りの信条は、第 1 に漁師の邪魔をしないこと、第 2 に漁師の世話にならないことで、遊漁船には乗らず、釣り場は自ら開拓し密かに爆釣することを旨と致しておりました。約 10 年間の単独釣行で淡路島の漁港の大半は港内の石の位置（ポイント）が頭の中に入っている状態になりました。学生たちと釣行するようになったのは、研究生生活に幾らか余裕のできた 40 代半ばからで、土曜日の午後研究室でゼミを行い、夕方になると学生の

有志と車に道具と食料を積み込んで、フィッシングゼミと称して淡路島に向けて出発です。フェリーで淡路島へ渡るには 3 時間以上掛りましたが、明石海峡大橋が開通してからは、研究室から淡路島まで 1 時間少々で行けるようになりました。午後の 7 時頃から翌朝の 5 時頃までが釣り時間で、速攻で大学の研究室に帰り、釣果を様々に調理して朝から宴会と言った行事を月 1 回程度は行っていました。

構造研究室では 20 年間以上にわたって、三重県志摩半島の和具浦にある大阪大学セミナーハウス（7, 8 月のみ開業）への 2 泊 3 日のゼミ旅行を定例行事としていました。筆者は 3 日間釣り三昧、手漕ぎボートで真珠筏の間を探り、キス、ベラを束釣りしました。親しくなったセミナーハウスの管理人の親爺さん（大学が地元の漁師さんに開業期間管理を依頼している）から、漁師より沢山釣ってはいけないとか、英虞湾の魚を全部釣るなど冗談を言われたほど良く釣れました。

2. 釣り竿の機能と強度について

(1) 釣り竿の調子

竿（ロッド）は変断面構造で、手前が最も径が太く、先端へ行くほど径が細くなります。断面変化は一様ではなく、先端が急に細くなる場合を先調子、全体が平均的に細くなる場合を胴調子と呼んでいます。相対的に先調子は硬い竿、胴調子は柔らかい竿と言えます。先調子の竿を使えば、魚のあたりをダイレクトに感知できますから、ハゼ、アジ、メバルなど小魚の釣りに適しています。一方、胴調子の竿は大きく変形する傾向にありますから、あたりを取る感度には劣るけれど、暴れる魚をあしらうには都合がよく、中型以上の魚に適していると言えるでしょう。

夜釣りでメバルやカサゴを狙う場合、一応小型の電気ウキを付けますが、魚のあたりを取る目的ではなく、暗い中で釣り糸（ライン）の位置を知るためです。先調子と胴調子の中間の竿を用い、糸は張り気味にして魚のあたりを手元でダイレクトに感知します。障害物の陰にいる魚の鼻先に餌を持って行き、あたりがあればすかさず合わせることが数釣りの秘訣です。

(2) 竿の変形とエラスティカ

釣竿の変形や強度を定量的に知りたい場合、取りあえず竿尻を固定端とした片持ちばりの竿先に結わえた釣り糸の先端に魚の重量を負荷し、弾性有限変位解析によって竿の各部に作用する断面力を求めます。取りあえずと称したのは、竿を支える釣り人の手元は決して固定端の条件を備えている訳ではないからです。釣竿の力学はまさにエラスティカの世界です。

竿に作用する断面力は、軸力、せん断力および曲げモーメントで竿の曲がり具合によって決まります。断面積が小さい竿の先端部は引張の軸力が卓越しますし、竿尻に近い径が

太い部分では全ての断面力が作用します。断面力の分布と大きさには竿尻における角度が大きく影響します。素人に釣りを教えるとき、魚が掛ったら竿を立てろと言いますが、これは曲げモーメントを大きくして竿を変形させ、竿の弾力を有効活用することにより、魚の動きに柔軟に対応するためで、次章で述べる竿捌きのところで詳しく述べることにします。

(3) 竿の強度

この頃の釣竿は複合材料製のロッドが多くなっていますが、グラスロッドとカーボンロッドが双璧でしょう。これらの材料は一方向繊維をマトリックスと称する樹脂で固めた複合構造です。繊維方向に対しては鋼材並みの強度を発揮しますが、繊維直角方向の強度は相対的に弱く、竿をうっかり踏み付けると脆く壊れた経験が多いと思います。これらの複合材料も日進月歩で、最近ではガラス繊維や炭素繊維を心材とした薄膜をロッドの円周方向に巻くことによって、格段に軽くて強い竿が開発されています。また繊維をバイアスに編み込んでマトリックスで固定する技術が開発されていますから、竿の軽量化と高強度化が更に進むものと考えられます。

しかし、筆者が使用していたスーパーの 2,000 円のへら竿はグラスロッドで、高価なカーボンロッドには手を出さないのであります。それでも大切に扱えば 10 年程度は使用可能です。複合材料を傷つけると衝撃力（無理な合わせ）を掛けたときに脆性的な破壊損傷の原因となります。

一般に、振り出し竿の先端の一節はソリッド断面、2 節目以降はパイプ断面になります。筆者の経験から言うと、竿が壊れるときは、ガイド付きのリール竿であれば、うっかりラインがガイドに絡まった状態で無理やりリールを巻くとか、錘の付いた仕掛けを遠投した時など、使用方法に問題がある場合が多いようです。ただし隣国の安価な釣り具で、材料の信頼性が乏しい場合を除きます。振り出し竿ではガイドがありませんので、糸が絡むことも少なく、また重たい仕掛けを使うこともありませんから、踏み付ける以外、殆ど壊れることはありません。

複合材料の竿のパイプ断面がどれだけの曲げに耐えられるかを調べることは、構造解析屋にとっては訳もないことです。解析方法としては、直交異方性の積層構造で曲面を表現できるアイソパラメトリックソリッド要素を用いた有限要素法が適しています。解析範囲は継ぎ目のリング間とし、弾性有限変位解析で求めた断面力を作用させて、発生応力が直交異方性材料の破壊損傷則を越えるか否かを照査します。竿軸方向の応力とともに、管曲げ応力が重要な影響を与えます。

3. 竿捌きの力学的解釈

(1) 竿の持ち方

ヘラブナ釣りの映像をご覧になった方は、釣り人が片手で竿を持ち、合わせから取り込みまで、竿を持った腕の角度を変えるだけで一連の形にはまった動作を思い出されるでしょう。これに対してアユ釣りでは竿尻を肩幅より広い間隔で両手持ちとして、おとりアユをポイントに誘導します。このように竿の持ち方は、片手持ちと両手持ちに分けることができますが、一つの釣りの中で竿の持ち方は片方に固定する訳ではなく、2つの持ち方を適宜取り混ぜて魚に対応することが、竿捌きの基本です。

波止からの根魚釣りにおいても、狭いポイントに正確に仕掛けを送り込み、魚が掛ると素早く底を切るまでは両手で竿をコントロールします。一旦、釣り人のペースになれば、できるだけ竿を立てて片手持ちで手首を固定して魚を取り込みます。片手持ちでは竿尻に作用する大きなモーメントには耐えられませんから、両手持ちとしますが、魚が足元まで近づくと竿尻に掛かるモーメントは竿を立てることによって小さくなるので、片手持ちでも対応できるのです。

(2) 全身を使う

一旦、魚が掛ってからの竿捌きの上手下手によって魚を取り込めるか逃がすかが決まります。ここまでの記述では魚釣りは静力学で扱えるような印象を与えたかも知れませんが、実は魚釣りは動的問題なのです。しかも釣り人の意識が反映される知識支援動的問題として捉えなければなりません。難しい表現を致しましたが、要は魚の強い引きがあった時、竿を持つ腕の手首は固定したままで、足腰の屈伸により柔軟に対応しますと、竿やラインやに大きな負担をかけずに、魚を取り込むことができるのです。このような竿捌きは一朝夕には習得できませんが、数を重ねて体得することが必要です。アユ釣り名人大西満さんの釣りは実にダイナミックで全身を上手く使っています。

(3) ワンドでのヘラブナ釣り

筆者の住まいは淀川の畔にあり、徒歩で10分も行けば大阪工業大学の対岸にある葦原に到ります。工大側は有名な人工的ワンドですが、反対の右岸側は戦争中に米軍の爆撃でできた爆弾穴に川水が溜まったものの他、自然に形成されたワンドが葦原の中に隠れています。平時は淀川の本流とは繋がっていませんが、増水時には数か所のほぞに川水が侵入して本流とワンドが繋がります。3月から4月にかけての増水期に本流から沢山の鮒がこのほぞを通じてワンドに侵入して4月後半から5月にかけて産卵します。産卵を終えた鮒は梅雨時の増水時にまたほぞを通じて本流に帰ってゆきます。この葦原の中に地元の釣り人しか知らない隠れたヘラブナ釣り場がありました。1980年前後は4月上旬に私鉄のストライキがあり、1日電車は動きませんので大学へ行くのはやめて、早朝からヘラブナ釣りに専念しました。産卵直前の鮒は食欲旺盛で、最もよく釣れた日にはふらしに3杯(およそ60尾)、6割は尺ブナを午前中に釣り上げました。

使用する竿は前述のスーパーで買った2,000円のへら竿で、片手で同じポイントへ仕掛け

を投入するにはやや重いので，両手を使ったオーバーハンドで投入します．うっかりすると周りの葦に仕掛けが絡まる恐れがありますから，熟練の技が必要です．合わせも両手を使いますが，ヘラブナを手元に引き寄せ竿を立てた後は片手で竿を持ち，もう一方でタモ持ち掬い取ります．

この秘密の釣り場は，建設省淀川工事事務所が独善的に造成した人口ワンドによって壊滅的被害を受け，かつての特長を失ってしまいました．人口ワンドは通年本流と大きな水路で繋がっており，侵入したブラックバスによって幼魚が食べ尽くされてしまったのです．そのうえ大阪市の菅原城北大橋の建設工事のため，筆者の秘密の釣り場は 3 年にわたる新入禁止のためすっかり様変わりしてしまいました．建設省も大阪市の担当者は我々の仲間であり，正式な抗議は致しませんが，現地の特殊事情を知らない生物学者の指導だけでなく，地元の自然をよく知っている釣り人の意見を取り入れれば，自然のサイクルを破壊していき暴挙は避けられたと思います．他の土木工事においても同様の意図しない自然破壊が発生する可能性に十分注意する必要があると考えます．

4. 魚釣りに関するデータベース

(1) 情報の入手

良い釣果を得るには狙った魚の釣期，潮回り，天候の 3 拍子が揃う必要があります．それが休日に当たればサンデーアングラーにとっては申し分ありません．おっと今は毎日が日曜日の生活ですのに，釣行できないのが残念です．

潮回りや天候は簡単に予測データを入手できますが，釣期についてはスポーツ新聞の釣り欄が最も早くて直近のデータを提供してくれます．週刊の釣り新聞や月刊の釣り雑誌では早くて 1 週間あるいは 1 か月前のデータとなりますから，余り参考になりません．筆者のように漁師さんの世話にならない釣りの場合は，新聞にも殆ど情報が載ることがないので，過去の経験に頼るしかありません．但し，釣期は年によって多少ずれることがあるので，100%の信頼はありません．釣具屋さんと親しくなれば最新の情報を得ることができません，マイポイントの情報は自分で調べるしかありません．

(2) 釣行の記録

几帳面な性格であれば，毎回の釣行記録を書き残しておき，次回以降の釣行に対して適切な情報を活用できたであろうと反省しています．根が横着である筆者は，全く記録に類するものを残していないので，携帯する釣り道具類が増える結果になりました．

一体，年間にどれくらいの釣果を得ていたかを思い出します．単独釣行をしていた頃は，1 回の釣行で平均して 50 匹，年 15 回の釣行で合計 750 匹程度になります．この中には淀川のヘラブナは含めていません．学生たちと釣行するようになってからは，1 回の釣行で平均して 100 匹，年 10 回の釣行で約 1,000 匹と，単独釣行の場合と大差がありません．その理

由は筆者と学生一人の釣果に 5 対 1 の差があるうえ, 様々なトラブル解決のため筆者が釣りに専念できないからです.

5. あとがき

大学を退職した後は, 淡路島に家を借りて連日魚釣りに興じ, 合間に鋼橋の技術相談などで社会と繋がる優雅な生活を夢見ておりました. 退職 1 年前に発症した緑内障のせいで, 私の計画は頓挫しました. 今はテレビの釣り番組やパソコンで見るインターネットの動画配信が, 釣り心を慰めてくれるのみです. 自ら光を発するテレビやパソコン画面は見ることができますが, 反射光で見る新聞は大見出しのみで小さい文字の記事は, 殆ど読む気力も起きなくなりました.

このような状態でも何らかの社会貢献を通じて社会との繋がりを保ちたいと思い, シースム勉強会を立ち上げました. 配信回数は 20 回を越えましたが, 可能な限り継続したいと思っております.

本稿では竿捌きを力学的に記述することが目的でしたが, 力学以外の内容に多くを割き過ぎたように思います. 釣りをしている最中に力学的解釈を考えることはありません. 後で反省する時に多少考える程度ですから, そのような習慣が為せる業かも知れません. 悪しからず.

研究ノート NN-10-11

技術雑感 6／魚釣り力学 2

釣り糸の力学的解釈について

平成 22 年 6 月 10 日

西村宣男

概要：魚釣りの技術を向上させるには，竿捌きとともに釣り糸の性質を理解して，適切な素材と仕掛けを選択することが肝要です．今回はケーブルの力学と共通する釣り糸について力学的解釈を述べることにします．

1. 釣り糸素材の強さと伸び

(1) 釣り糸の専門用語

最初に魚釣りの世界で用いられる，釣り糸に関する用語について説明しておきます．釣り糸をラインと呼ぶことは魚釣りを趣味としない方でもご存じのことでしょう．できるだけ“釣り糸”と書きますが，魚釣りの世界における用語として定着している場合には“ライン”の表現も使用しますので，了解ください．

釣り糸は部分によって名称が変わります．竿釣りの場合，はりを結ぶ先端部分をハリスと言い，特に上質の糸を使用します．この部分は魚に気付かれないように細く透明であることが条件となります．ハリスの長さは対象魚によって変わりますが，0.5mから 2m程度が一般的です．竿の先端からハリスまで，リールを使う場合はリールに巻かれている糸の部分も含めて道糸と称しています．大物を狙う場合はハリスと道糸の間にクッションゴムを入れて衝撃的な引きを緩和することがあります．また溪流釣りなどで竿先と道糸の間に天井糸と呼ばれる特殊な糸を挿入して，釣り糸との竿の絡みを防ぐこともトラブルを回避するために有効です．

道糸に要求される条件は，水深従って道糸の長さや釣り場の気象条件にもよりますが，第 1 に対象魚の引きに耐えられる強度，第 2 に魚のあたりを鮮明に感知するための硬さ（伸びが小さいこと），リールを用いる釣りではリールへの馴染みのよさなどが挙げられます．

最近流行っているルアーフィッシングでは別の条件があるようですが，筆者はルアーはやりませんので省略いたします．

(2) 釣り糸素材の種類

釣り糸の素材として現在使われているのは，ナイロン，PEライン，フロロカーボン，ザイロンがあります．これらの素材が出現する以前は，天然テグスと称する天蚕蛾から取り出された白色透明な糸が用いられていました．天然テグスは 1.5mほどの長さで，一般にはハリスとして用い，道糸としては安価な麻糸や絹糸が用いられていました．

戦後間もなく開発されたナイロン糸は釣り糸の革命的素材です．柔軟性に富んで扱い易

いこと, ハリスとして必要な半透明であること, 何より安価であること, 更にはハリスと道糸を 1 本でも使用できることにより, 魚釣りブームを推進した原動力の一つとなりました. 欠点と言えば, 柔軟性が故に伸び剛性が小さく, 魚のあたりに対する感度がやや鈍いこと, 傷付いた場合の強度が極端に低下することが挙げられます.

超高分子量ポリエステルである P E ラインはナイロンに比べて伸びが小さいことから, ナイロン糸の欠点をカバーする素材として感度を重視する釣りで使用されています.

フロロカーボンにはフッ素系樹脂繊維で比重が大きく (ナイロンの 2 倍), ラインを早く沈めたい釣りに有効です.

ザイロンは 20 世紀末に現れた新素材で, 釣り糸としては新参者です. ザイロンの名称は究極の繊維であることを表すためにアルファベットの最終文字 Z を頭文字とし, 最も一般的な繊維であるナイロンのイメージを活かしたものだそうです. 高強度・高弾性の素材で, ナイロンの 7 倍, アラミド繊維 (ケブラー) の 2 倍の強度を有していますが, 耐光性に弱い欠点を有しています.

以前, 複合材料のケーブルを研究した際にこの素材の可能性に注目したことが有ります. 比強度では炭素繊維を上回るけれど, 直射日光を避けるために外部に炭素繊維等で被覆する必要があるため, 本来の性能を 100%活用することは難しいと考えていました. 釣り糸としても同様に他の材料で被覆した構造として開発が検討されているようです. 何れにせよ新世紀に注目される素材であると思います.

(3) 釣り糸の強さと伸び

我が国では釣り糸を号数で表示しています. 元々は一定の長さの糸の重さで区別していたようですが, 現在の尺貫法では糸の断面積に関係しています. 1 号の釣り糸の径は 0.165mm で, 2 号は断面積が 2 倍で径は 0.235mm となります. 号数は同一の素材であれば糸の引張強度の相対値を表すこととなりますが, 素材が異なれば同じ号数でも強度が異なることとなります.

欧米では釣り糸は強さで表示されています. 釣り文化が古くから発達した英国流に釣り糸の等級としてはポンドが使われています. ポンドテストで決定される引張強度が直接使われますから, 全ての素材に共通で, 釣り人にとっては分かり易いかもしれません. しかし魚種によって釣り糸の号数が大体決まっている我が国の釣りの文化も捨て難く, 両方の表示が併用されるであろうと思います.

以上は無傷な釣り糸の強さを表示したのですが, 実際の釣りにおいて, 釣り糸の強度は別の重要な要因の影響を受けます. それはハリスと道糸等の結び目に関係しており, 結束強度と呼ばれています. 一般部より強度が低下しない糸同士あるいは糸とサルカンの結束方法に習熟することが, 釣技上達にとって重要です.

一方, 強度とともに釣り糸の特性として重要な伸び剛性に関しては, 市販の製品に表示されておりませんので, 前述の素材について実験されたデータからナイロン糸の弾性係数

を 1 とした場合の比率で示しますと, PE ラインは 7, フロロカーボン は 1, ザイロンは 8 程度となり, PE ラインとザイロンは伸びにくい素材であると言えます。

2. 魚釣りの方法と釣り糸の力学

前章で釣り糸に関する基本的な項目を説明しました。ここからは実技における釣り糸に絡む釣技について力学的に説明します。

(1) 投げ釣り

キスやカレイからイシモチや真鯛まで投げ釣りで狙う魚種は多様ですが, 投げ釣りの技は投げ竿とラインおよび錘を含めた仕掛けのバランスについて論ずることになります。投げ釣りでのラインの長さは数 10m から 100m を超えますので, ラインに作用する潮流や風の影響が重要です。

魚信を的確に感知するには, 竿先から仕掛けまでを出来るだけ直線に保つ必要があります。軽いけれどラインには自重が作用していますから, ラインは懸垂曲線を描き完全に直線にはなりません。張力を増せば錘が手前に移動することも一直線にはならない理由です。しかし自然界には潮流や風の作用による抗力がラインに作用するため, ラインは横方向に湾曲することになります。抗力はラインの太さに比例しますから, 許される限り細いラインを選ぶことになります。ラインの湾曲によって魚信は不鮮明になりますから, 潮止まりの時間帯に集中して釣ることになります。残念ながら潮止まりと魚の活性とが一致しない可能性があるのです, 潮の動き始めの短時間が釣り時になります。

(2) 船釣りの底取り

船からの釣りには, 浮子を使い中層の魚を狙う浮子釣り, 巻き餌かごや錘の付いた仕掛けで底近くを狙う釣り と ルアー釣りが あります。ここでは

この釣りの第 1 のポイントは正確に底取りして船頭の指示する海底からの距離の層に仕掛けを保持することです。潮の流れがあるとき, 道糸には錘による張力の他に潮の流れから受ける横方向の力が作用し, 仕掛けは船の直下ではなく斜めに下がって行きます。錘が海底に着くと道糸の張力が緩み, 仕掛けが底に着いたことが分かりますが, 水深が深く潮の流れが強いときは錘の着底が分かり辛いので, 慣れない釣り人はどんどん道糸を繰り出します。仕掛けは益々潮に流され, 道糸は大きく湾曲して張力は錘分だけでなく流れによる成分(道糸の傾斜による)が増えるので, 底取りが難しくなります。潮の流れがある場合にも上手く底取りするには, もたもたせず道糸を送り出し, 最初の着底の信号を確実に感じ取ることに慣れることが肝要です。

底取りに関するエピソードを一つ紹介しましょう。構造・橋梁工学を専門とする関西の大学の先生方のグループで, 明石海峡での船釣りです。口の悪い船頭に当たったのが不幸の始まりでした。底取りが上手くできない H.N. 先生に向って船頭が “あんたは下手や” と

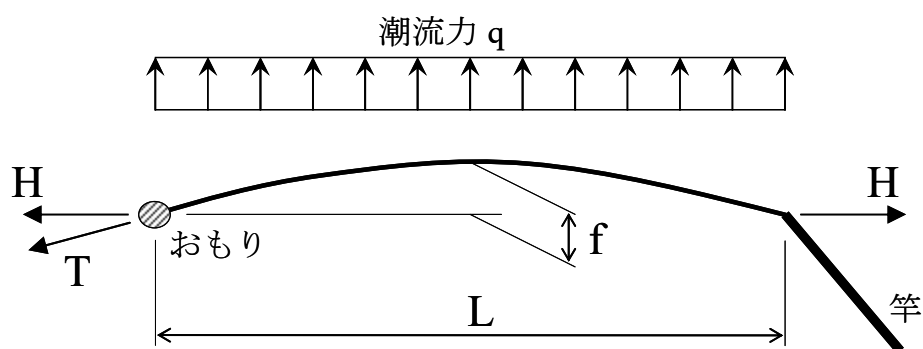


図-1 投げ釣りにおける潮流により湾曲した道糸

言いました。虫の居所が悪かったのか H.N.先生は“俺は帰るから岸に付けろ”と。売り言葉に買い言葉か、船頭は須磨海岸の波止に付け、先生は帰ってしまいました。当日の釣果は芳しくありませんでしたが、陸上がりして釣果を等分に分け、その日の夕方、ご自宅が H.N.先生の近所である E.W.先生が釣果を持参されたときには、H.N.先生のご機嫌はすっかり直っていたそうです。

3. 湾曲した道糸の感度

潮流や風によって湾曲した道糸における魚のあたりに対する感度を構造力学的に論じてみましょう。

図-1 は投げ釣りにおける錘 A と竿 B の間を潮流によって湾曲した道糸が結んでいる状態の模式図です。簡単のため道糸が潮流から受ける抗力 q は AB 間で等分布すると仮定します。道糸の AB 方向の張力 H は

$$H = qL^2/8f$$

ここに、 f は湾曲した道糸の中間点の垂距を表します。

道糸の張力 T は潮流による抗力 $qL/2$ と H の合力で与えられます。錘の重量を W 、錘と海底との摩擦係数を 1 とします。錘の位置における道糸の張力 T が W を超えると錘は動くことになります。一旦、錘が活動を始めると摩擦係数は静止摩擦から動摩擦に変わりますので、仕掛けが落ち着かず、ポイントがずれてしまいます。

魚のあたりは錘に遊動式で取り付けられた仕掛けが A において B と反対方向に引っ張られることで表現します。置き竿の場合は釣竿の穂先の動きが、手持ちの場合は釣り人の手に魚信が伝わります。道糸が直線に近いと魚信は軸力として伝播しますから、道糸の長さと弾性係数に関係しますが、殆どダイレクトに捉えることができます。これに対して潮流によって湾曲した道糸の場合は、魚のあたり（点 A に与えられる強制変位）の一部は湾曲した道糸の変形に吸収されますので、釣り人に伝わる魚信は小さくなり、合わせのタイミングを失うことになります。

4. おわりに（釣り場の自然環境保護のために）

本稿で説明しましたように，最近の釣り糸は殆どが化学繊維で，自然界の中で分解することはありません．釣りが終わったときの後片付けで，釣り糸の類はついうっかりと海中に捨ててしまうことがあります，岸边にはこのように放棄された釣り糸等がたくさん残されています．単に釣り場を汚すだけではなく，魚が寄り集まる環境を壊してしまう原因ともなりますので，使用済みの道具類は纏めて持ち帰り，所定の場所に捨てるように心掛けたいものです．

研究ノート NN-10-14

技術雑感 7／鋼構造技術者の品格

平成 22 年 6 月 10 日

西村宣男

概要：近刊の技術情報雑誌“JSSC”に，新たに設けられた読者欄“読者から”に筆者による“日本鋼構造協会への個人会員登録の勧め”が掲載されている．この欄の創設と記事の内容について若干の関わりがあるので，補足説明のために本稿を纏めた．

1. 日本鋼構造協会における筆者の役割

筆者が JSSC における協会運営関係に関わったのは，鋼構造シンポジウムが創設され，その中核となる鋼構造年次論文報告集の編集委員会であった．初代委員長は現会長の高梨晃一先生で，筆者は副委員長として土木分野の総括を担当した．2 年後，高梨先生の後を継いで委員長になり，1 期半の 3 年間委員長を務めた．暫く間をおいて，再度協会から呼び出しを受け，協会の組織再編成によって生まれた学術委員会（委員長 森田耕次先生：鋼構造論文集，鋼構造年次論文報告集，学術交流を総括する常設委員会）の副委員長を 2 期 4 年間務めた．

更に森田先生の後を継いで学術委員長とした 2 期 4 年間務め，ようやく昨年，井上一朗先生に後を委ねて JSSC 本部から引退できると思っていた．思い返せば通算 13 年間に亘り学術関係の運営に携わったことになり，後は地元の関西地区連絡会を通じて JSSC と関わりを持つ心算であった．ところが計良常務理事から高梨会長からの指名で理事会に加わり，しかも会員委員会担当理事として尽力せよとの連絡を受けて，これを承諾し現在に到っている．

協会これまで筆者が担当していたのは学術関連であるが，学術委員会を担当しながら，協会における学術活動の活性化のための基本となる個人会員数を増加させることの重要性に気付き，これを実現するための提言を行ってきた．本来，会員とその構成に関わる課題は会員委員会マターであり，学術委員会から会員制度に関する提言を行うことは越権行為であると考えるが，学術活動の活性化を旗印として関係各位にはご理解頂いたと思っている．会員委員会の委員長であった青木博文先生とは 2 回にわたり会員制度について懇談した．学術委員会からの提言の全てが実現したわけではないが，協会事務局のサポートの下で，以下のような項目が実現した．

- ① 準会員の中に学生会員の制度を設け，鋼構造研究に関わっている学生・院生に対して会費の割引と鋼構造論文集の無償配布を行うようにした．大学を卒業・修了した時点で通常の準会員に転じ，所定の年限の経験を積んだ後に正会員に移行する道を拓き，個人会員の増加とともに会員の若返りを意図した制度である．
- ② 大学等研究機関に所属する若手研究者に対する研究助成制度の充実を図り，学術研

究を促すとともに, この分野の個人会員の一層の増加を意図した制度である。

- ③ 企業に在籍する技術者を対象とした育成制度の一環として, “鋼構造技術者育成のための講習会” が継続的に開催されている。鋼構造協会のサービスを充実させることによる個人会員の拡大を意図している。
- ④ 技術情報誌 “JSSC” に読者欄を設け, 協会に対する会員からの提案・情報を掲載できるようにした。このことにより, 会員と協会の関係がより身近なものとなるよう期待している。

これらの改善は協会内の関連する委員会の協力により推進された。これ以外に, 未だ実現できていない項目としては,

- ① 個人会員の中で鋼構造協会の委員会活動や管理・運営に貢献された個人会員に対してフェロー会員の称号を付与する。現在, 企業の個人会員の方で会社をリタイアされると同時に鋼構造協会も退会される場合が多いが, 鋼構造技術者の評価を高めるためにも, 企業とは独立した技術者であって欲しいと考えている。できれば生涯会員として鋼構造分野の発展に関心を持って頂きたい。なお鋼構造協会では, 一定期間個人会員を継続された方の会費免除の規定があるが, このことは余り知られていない。
- ② 学術委員会からの提案ではないが, 事務局案として第 1 種会員 (企業会員) に対して 5 名/社程度の技術者を個人会員として登録して頂く。この方策によって個人会員数を現在の 600 名から倍増できる。

などがある。

2. 日本鋼構造協会の会員構成の特殊性

日本鋼構造協会は 1965 年に発足 (初代会長永野重雄氏) している。当初は製鉄業, 鉄構業, 建設業, 設計会社など鋼構造関係企業の技術に関する交流の場であり, 個人会員は鋼構造関連の大学教授などに制限されたサロンの色彩を有していた。1980 年代の鉄鋼不況により一時期鋼構造協会の活動は低迷したが, 1990 年に社団法人として衣替えし, 組織改編, 個人会員の増強等を踏まえて, 協会活動は徐々に活性化し, 鋼構造シンポジウム (鋼構造年次研究発表会) の開催, 鋼構造論文集の発刊, 業績表彰の再開等, 現在の姿に到っている。

鋼構造協会の発足当初は, エリート技術集団としての協会運営が行われたが, 社団法人化や日本学術会議より協力学術団体として承認を受け, 更には現在進行中の公益法人の見直しの潮流の中で, 公益社団法人としての要件が明確にされ, 協会の会員構成の見直しが必要となってきた。すなわち, 公益社団法人たるものは鋼構造関連企業 (法人会員) の集団ではなく, 法人会員と技術者・研究者など個人会員で支えられた団体でなくてはならない。

残念ながらこのことが鋼構造技術者には理解されておらず，また鋼構造協会の設立当初の協会内の慣習が依然として残されており，企業の技術者の個人会員登録が進展しない原因となっている。

一方，土木分野で多いが，発注者側の機関は特別会員として，格段に廉価な会費で参加している。それらの機関に所属している技術者・研究者で個人会員として登録されている方は極めて少なく，5 指に余る程度である。また分割民営化が進んだ JR や高速道路株式会社は特別会員のままであったり，一部だけが第 1 種正会員登録されたが，多くは未登録で残されている。これらは何れ近い内に解決しなければならない課題である。

3. 鋼構造技術者の品格

学術委員会において，協会内における学術活動の活性化のための 1 手段として，個人会員増強に関する作戦を議論した時に，企業技術者の登録が少ないので，第 1 種会員（企業）の技術者・研究者の個人登録を推進すべきとの意見に対して，第 1 種会員の委員から反対の意見が出て困惑したことを覚えている。この委員の言い分は，第 1 種会員である会社が多額の会費を負担しているので，その社員である個人が更に会費を払う必要は無いと言うものであった。この考え方には日本鋼構造協会が企業の主導でスタートした当時のもので，今日の公益社団法人の有り方としては通用しない。土木学会や日本建築学会等多くの社団法人は個人会員と法人会員で構成されているが，法人会員の会費に社員の個人会費を含めている所はない。

企業の技術者・研究者を個人会員として登録し，協会の個人会員を増加させる策については，鋼構造協会の事務局長と何度か懇談したことがある。かなり有力だった試案は企業の技術者・研究者を 1 社あたり 5 名程度，個人会員として登録する。現在の第 1 種会員数は 150 社程度であるから，個人会員数は忽ち 1,300 名を越えることになる。この場合の個人会費の扱いについては無料から正規会費まで様々な意見があり，成案を得るまでには至っていない。

冒頭にも述べたように，日本鋼構造協会は法人会員と個人会員の協働によって支えられる団体であり，技術者・研究者個人は企業とは独立した倫理感を持って，鋼構造技術を通して社会に貢献しなければならない。

4. あとがき

参考までに技術情報誌 JSSC の“読者から”に掲載された筆者の原稿を末尾に掲げておきます。昨年の夏頃に投稿して，協会から何の連絡もなかったのですっかり失念しておりました。協会の担当者であった寺尾氏が昨年度末で退職されたことが原因かも知れませんが，事前に何らかの連絡を頂きたかったと思います。これを契機として，会員委員会担当

理事としての役割を果たしたいと考えています．なお技術情報誌 JSSC の“読者から”の欄は本年度から開始されたように思います．奇しくも言い出しっぺの筆者の一文と，先輩教授である福本先生の構造安定に関する図書の推薦が一緒に掲載されていました．10 年近く先輩の福本先生がまだ頑張っておられますので，筆者も及ばずながら，社会に貢献して行きたいと改めて思った次第です．

参考：技術情報誌 JSSC 2010 SPRING/No.1

日本鋼構造協会への個人会員登録の勧め

西村宣男

日本鋼構造協会[JSSC]は、おそまきながら平成 20 年に日本学術会議から永年の悲願であった協力学術研究団体として承認された．日本学術会議における協力学術団体としての審査には、協会における学術活動の実績や理事会の構成などが対象となるが、企業会員が主体である団体に対する評価には厳しいものがあつた．しかし JSSC における学術活動は他の学術団体に比べて遜色のないものであり、日本学術会議に対する協会事務局の積極的な対応もあつて今回の承認に繋がつたと考えている．

定款にあるように日本鋼構造協会は、鋼構造に関する学術研究・技術開発を推進し、鋼構造の長所を活かして積極的に普及することにより社会に貢献することを目的としている．この活動は鋼構造に関する法人団体およびぎじゅつしゃ・研究者の協働によって推進される．

現在、日本鋼構造協会の会員は法人会員（第 1 種正会員．特別会員）と個人会員（第 2 種正会員・準会員）で構成されているが、個人会員数は 600 名前後で推移している．例えば同種の社団法人である日本コンクリート工業協会の個人会員数が 8,000 名程度であることに比べると、個人会員数が圧倒的に少ない．これは、個人会員の内、およそ 400 名が大学の研究者で、法人会員に所属する技術者・研究者の個人会員登録が少ないことが問題である．

数年前から、このような会員構成の問題を改善するための提言を行い、学生会員制度の創設、若手研究者を対象とした研究助成制度の充実、技術者育成制度の実施など会員サービスを充実して頂いた．残念ながらこのような会員サービスの充実が個人会員の顕著な増加に繋がっていない．JSSC では講演会・講習会・シンポジウム・論文発表への参加者に対して会員であることの制限や非会員に対する差別は設けられていない．このことは他の学協会には見られない特筆すべきことで、鋼構造技術の発展を目指す協会としての品格であると考ええる．

鋼構造技術者の社会的評価を向上させるためには、企業や組織から独立した社会的責任感を有する独立性が必要であり、このことから日本鋼構造協会は技術者・研究者と鋼構造

関連団体とで対等に支えられた組織となることが望まれる．技術者の個人会員登録がその証であるとする．現在進行中の中期 3 カ年計画では，個人会員の倍増を目標として掲げているが，現状ではその達成が危ぶまれる状態にある．あらためてここに，鋼構造協会の企画行事に参加されている技術者の方々の個人会員登録を強く勧める次第である．

研究ノート NN-10-15

技術雑感 8／大阪淡路地区の開発計画とその進捗度

平成 22 年 6 月 10 日

西村宣男

概要：筆者が 30 数年にわたり住まいしている東淀川区淡路は阪急電鉄の京都線（大阪梅田－京都河原町間）と千里山線（天神橋筋 6 丁目－北千里間）が平面交差している阪急淡路駅を中心として開けた街で、比較的古い住宅密集地です。この地区に幾つかの開発計画が持ち上がり、当初は平成 23 年頃の完成を目指して進められておりましたが、昨今の経済情勢により開発計画は大幅に遅れ、実現は平成 27 年頃にずれ込む模様です。筆者も一部の開発計画に関係致しましたが、差し障りのない範囲で開発計画の概要を記録しておきたいと思い、本稿を書き置くことに致しました。

1. 淡路地区の開発計画

淡路地区の主要な開発計画としては、以下の 4 事業があります。

- ① 阪急淡路駅の立体化と周辺市街地の再開発、
- ② JR 城東貨物線の複線旅客化と JR 淡路駅の建設、
- ③ 都市計画道路歌島－豊里線の未開通区間の建設、
- ④ 都市計画道路新庄－長柄線の橋梁建設と周辺道路整備。

2km 四方程の狭い地域にこれだけの事業が集中しますから、線形等の関係でお互いに影響しあうこととなります。また関係する主な機関としては、国土交通省近畿地方整備局、大阪市建設局・都市整備局、JR 西日本、阪急電鉄があり、それらの機関や地元住民の間の意見を調整する協議会が必要であるように思いますが、今のところは事業展開が遅いこともあって、静かに進行しているように思えます。4 つの事業のあらましを説明しておきましょう。

(1) 阪急淡路駅の立体化と周辺市街地の再開発

現在、阪急電鉄の京都線と千里山線とが淡路駅で平面交差しています。この 2 線を立体化し、同時に周辺市街地の再開発を行う国庫補助事業で、この地区の整備計画の中心となります。都市近郊鉄道の立体化事業は 1960 年代から 50 年に亘って続けられていますが、淡路駅の工事は阪急電鉄にとって最大の難工事となるでしょう。淡路駅で平面交差し相互に電車が乗り入れる機能をそのまま維持して立体化する工事は、土木技術者としても必見のプロジェクトです。

立体化事業は淡路駅だけでなく、隣の崇禅寺、柴島駅および下新庄駅を含め、総延長 6.9km に及びます。淡路駅は 1 階～3 階がコンコース等、4 階が大阪梅田および天下茶屋方面行き乗り場、5 階が京都河原町および北千里方面行き乗り場となる予定です。現在の阪急



図－1 淡路地区の開発計画

電鉄は地上を走り，城東貨物線はその上を高架で交差していますが，この高架工事で阪急電鉄が城東貨物線の上を越えるようになります。

阪急淡路駅の南東側を中心に市街地整備事業が実施されます。新しい道路や駅広場が造成されますが，既に道路予定地の家屋の立ち退きが進められています。

(2) JR 城東貨物線の複線旅客化と JR 淡路駅の建設

JR 城東貨物線は吹田貨物駅から学研都市線の鳴野・放出を経由して大和路線の久宝寺・百済貨物駅を結ぶ貨物専用線でした。この内，放出 - 久宝寺間は 1 昨年複線化し，JR 東大阪線として旅客用に整備されました。鳴野以北については現在貨物専用ですが，この線は阪急淡路駅のすぐ東側を高架で通っています。今の軌道は単線ですが主要な構造物は複線用に造られていますので，複線化工事は短期間にできると思います。城東貨物線の淀川を渡る橋梁は赤川鉄橋と称されていますが，この橋梁も複線仕様でできています。軌道は単線のみで片側は大阪市建設局が借りて木製歩道橋を設置し地元の住民に使われています。複線化の後は歩道橋が無くなりますから地元の人々のために何らかの代替施設が必要となります。

阪急電鉄と交差する付近には JR 淡路駅が新設され，阪急淡路駅との連絡通路が設けられる予定です。なお城東貨物線の北部分（鳴野 - 吹田間）の旅客営業は神崎川を越えて吹田市に入ってすぐに現在の線から分岐し，新大阪へ向かいます。そのための用地は確保されていますが，電車の輻輳する東海道線には新線の電車を吸収する余裕がありませんので，その扱いと新大阪駅の利用ホームの問題が未解決であると聞いています。

(3) 都市計画道路歌島 - 豊里の未開通区間の建設

この計画道路は東海道新幹線の新大阪駅開業に伴う市街地再開発の一環として 1960 年代に都市計画決定がなされながら事業は捗らず，最近では淡路地区で年間約 100m 程度の整備工事が進められているに過ぎません．ネックとなっているのは阪急京都線および千里山線との交差で，淡路駅の立体化工事の進捗を待って，事業が完成する見込みであります．

(4) 都市計画道路新庄 - 長柄線の橋梁建設

新庄 - 長柄線は自動車交通の輻輳する府道大阪 - 高槻線の交通量緩和のために，東淡路地先から淀川を渡り，毛馬水門の南側で大川を渡り谷町筋を結ぶ道路です．淀川を渡る橋梁は，当初の計画案より変更し，斜角約 30 度で渡河する長大橋として計画されています．この橋梁の計画は大阪市建設局を中心として淀川を管理する国土交通省近畿地方整備局淀川工事事務所および河川計画，景観設計，生態保全および橋梁設計に関する学識経験者で構成する検討会（座長 中川博司京大名誉教授）で審議し，橋梁形式について新しい計画案をまとめました．橋梁設計の専門委員は筆者のみで，設計コンサルタントの協力を得て，中央径間長 800m の自碇式斜張吊橋案を作成しました．検討会の審議にかかる前の計画案は斜角約 60 度で，中央支間長 300m 強の斜張橋でしたが，国土交通省のスーパー堤防計画を阻害しないことや立ち退き家屋を最小限にする案として新しい計画案が作成されました．また河川の流れを阻害しないように，河川敷内に建設する橋脚は 2 箇所のみとするため，中央径間長は 800m となりました．さらに架橋現地は大阪伊丹空港に着陸する航空機の航路に当たるため，構造物に対する厳しい高度制限が課せられており，支間長に対する主塔高さが大きい斜張橋は適さず，吊橋との中間の主塔高さで建設できる斜張吊橋が採用されました．現地の地盤は深い沖積層であり主ケーブルを定着するアンカレッジの設置が困難なことから，主ケーブルを主桁に定着する自碇式吊橋となりました．

我が国の斜張吊橋としては青森県鯉ヶ沢のなぎさブリッジがありますが，本橋は世界にも類のない大規模なものとなりました．架設工法やケーブルの定着構造についても綿密な調査が行われています．

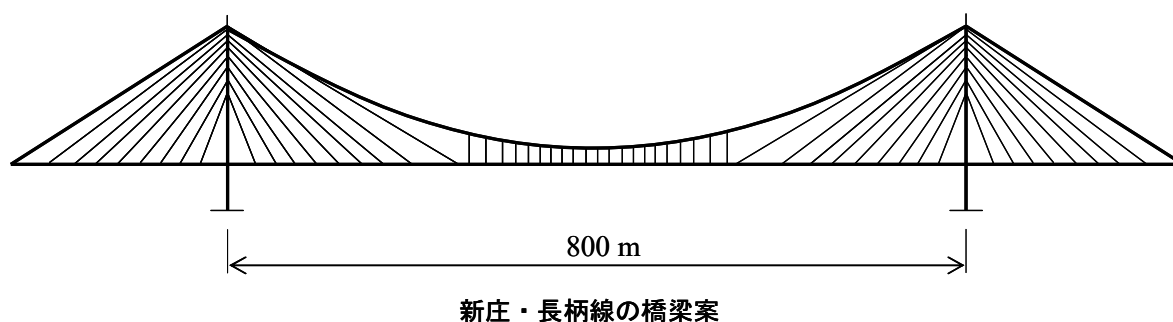


図-2 斜張吊橋の概要

2. 我が町淡路の変遷と活性化に向けて

1970 年に淡路の隣の下新庄に居を構えて 40 年，今のマンションに移って 32 年間，この辺りで暮らしています．当時淡路は物価が安く，交通の便も良くて住み易い街というイメージがありました．淡路駅近くの庶民的な市場を中心として，安い飲み屋街や小規模のスーパーなどがあり，比較的活性がありました．しかしこの街は時代の変化に適応できない根本的な欠陥を有しています．それは自動車交通に対して全く対応できない古い街並みが殆ど変化することなく続いていることです．地区内の道路は狭くまた曲がりくねって一方通行が多く，また駐車場も殆どなく，まるで地域外からの来訪者を拒絶しているような街になっています．モータリゼーションの進行とともに，街の活性は徐々に失われて行きました．

阪急電鉄の利用者にとっては便利な街ですが，方々の都市にできている大型スーパーを中心とした商業施設や，電車で 5 分から 10 分で行ける天神橋筋や十三あるいは梅田などの繁華街に比べて明らかに集客力の面で劣ることが，特別な魅力のない住宅密集地と見られる要因となっているように思われます．道路交通事情を改善するための都市計画道路は，1960 年代から決定されておりますが，その早期実現を阻んでいる要因は建設費の問題や地上を走る阪急電鉄による障害だけでなく，地元民の再開発に対する消極性にあるように感じています．

前章で説明した開発計画によって淡路地区は交通の面で大変貌を遂げることは明らかです．大阪市北部の中核地区として商業や文化面での活性化を成し遂げるには，地域住民の発展意欲が欠かせないと思っています．交通面の利便性が明らかになり，それでも地元の発展意欲が湧かなければ，これは大資本の格好のターゲットになります．

街の再開発を行政に委ねるだけでなく，商店街や自治会も参画した協議会を早急に立ち上げる必要があります．その際，以下の項目を考慮して頂く必要があると思っています．

- 1) 淡路地区の商店街を中心とした古い街並みの住民と，駅から少し離れた集合住宅の住民の双方の関連が薄いことがこの街の活性化に悪い影響を与えているように思います．再開発に当たっては両方の住民の交流を考慮し，イベント等に反映することが重要でしょう．
- 2) 街造りに当たっては，電車の利用者のみを対象とするのではなく，新しく開通する道路による車利用者についても配慮した施設を設ける必要があります．そのためには大型の駐車施設の建設が欠かせません．
- 3) 阪急淡路駅の周辺にある公共施設としては，東淡路区役所，同淡路支所，クレオ大阪北館，淀川キリスト教病院などがありますが，駅からそれらの施設への導線を分かり易くすることのほか，集客力のある文化的な施設の建設が望まれます．

研究ノート NN-10-10

技術雑感 9/鋼構造分野における女性研究者・技術者問題について

平成 22 年 5 月 10 日

西村宣男

概要: 男女雇用機会均等法¹⁾が施行されて久しいが, 土木分野, 中でも鋼構造産業分野における女性技術者・研究者の割合の増加傾向は必ずしも芳しいものではない. 1980 年代の後半から, 大学の土木系学科に入学する女子学生が増え始め, 一部の建設会社においても積極的に採用する動きが出てきたが, この動きは一過性で, 女子学生の受け入れ先は公務員と設計コンサルタントに固定してきた感がある. 主に大学に居て感じていた女性研究者・技術者問題の方向性について考えるところを述べてみたい.

1. 国家戦略としての女性労働問題

一般に男女雇用機会均等法と称されている法律²⁾が制定されたのは 1985 年であるが, その法律の前身である勤労婦人福祉法が制定されたのは 70 年代の前半で, 我が国の高度成長期の最中であった. 当時は, 現在のように労働力問題や少子化問題が顕在化していない社会情勢であったため, この法律の施行によっても就業面での女性の社会進出が際立って増加することはなかった. しかし 1980 年代の中頃から社会構造の変化により, 就業面での女性の社会進出の幅が広がり, 量的にも増加する傾向が現れた. 1990 年代に入ると, 我が国の少子化傾向が歴然と進行してきて, 近い将来の人口減少, ひいては労働力不足による国力の低下が懸念されるようになった. 欧州の先進諸国においても少子化傾向は共通であるが, 各国それぞれの事情により労働力不足を補う方策を得ており, 我が国のような急激な人口減少に伴う労働力不足が予測されている国は稀である.

ようやく 1999 年になって男女共同参画社会基本法が制定されたのは, 就業面において男女雇用機会均等法では不十分で, 女性が働く職場環境や社会慣行まで是正することの必要性が認識されてきたことの反映と見ることができる. この法律の具体的行動計画として, 例えば大学における女性研究者の育成を目指した特別研究員制度 (出産・育児によって中断した女性研究者の職場復帰の支援) や女性研究者支援モデル育成事業が実施されたが, その施策の成果が現れるには相当の期間が必要であるし, 一般業種の中における女性技術者・研究者の拡大に対して引き金としての役割も果たす使命も担っているのである.

労働力不足に対する国家戦略としては, ① 女性に対して専門的職業の門戸を開放すること, ② 高齢者の労働力を活用すること, ③ 良質な外国人労働者を受け入れる共生社会の構築が挙げられる. 現在, 有効には活用されていないこれらの労働力資源を, それぞれの特性を活かし, バランスよく有効活用する中長期の国家戦略が必要である. 高齢者の労働力を有効に活用するには, 永年培ってきた経験を若年労働者に伝えるアドバイザー的

役割が有効であるが、電子情報化を含めた技術革新に対応できる人材は少ないのが難点である。外国人労働者の場合も、長期間に亘る安定した労働力としては期待し辛い面がある。そのように考えると、女性は最も信頼のおける労働力資産と考えることができる。そこで、ここでは女性の就業に関する課題を中心に議論を進めることにする。

労働力不足に対処する政策を国家戦略として立案し、基本理念を国民に説明したうえで、具体案を提示して実行することになるが、現行の政府の組織では、基本理念は国家戦略局（この原稿を書いている最中に菅内閣は国家戦略局の立ち上げを断念したのでこれに替わる組織が必要となる）で纏め、具体策は関連する省庁の協力によって立案する。女性労働問題に関しては内閣府、厚生労働省、文部科学省、財務省辺りが関与することになる。厚生労働省は、女性の就業に関する職場環境整備や労働条件に関係した有効な政策の立案と実施を担う。文部科学省は、高度な知識労働者として育成するための女性教育環境の改善に取り組む。そして財務省は、これらの政策に必要な予算の確保を、中期的展望の下でサポートする。少子化問題担当大臣は、少子化傾向に歯止めを掛け、適正な出生率を確保するための専門的情報を整理して、政策の推進に対して側面的な支援を行う。

これらの政策の実行に当たり最も重要なことは、基本理念を正しく国民に説明して理解を得ることである。現状では男女共同参画や少子化対策などの政策が個別的に説明されるだけで、国家戦略との関連が総理大臣の施政方針演説や国家戦略担当相の談話でも述べられていないように思われる。個々の政策を企業や各種団体で受け入れ実現するためには種々のハードルが横たわっている。そのハードルを越えて政策を実現するには基本理念が受け入れられる状況を創造すると同時に、ブースターとしてのインセンティブが必要であろう。

2. 建設分野における女性研究者・技術者の実態

1990 年代の初め頃、文部科学省より大学の教員に占める女性教員の割合を増やすよう要請があった。男女雇用機会均等法の施行の一環としての文部科学省の対策であったと考えられる。大阪大学においても土木工学科に入学してくる女子学生が徐々に増え始め、2000 年になると 10~15%程度となったが、累積すると数十人になる女子学生の中から教員として採用できる人材は見当たらなかった。個人の能力の問題ではなく、土木工学分野における男女共同参画に関する一般的な認識が熟成されていなかったことが原因ではないかと考えている。

大学内には託児所や更衣室などが備わっており、女性研究者にとって大学の就業環境は建設分野の企業に比べて必ずしも劣悪とは言えない。しかし、新しい分野を切り開く女性研究者を育成するためには中長期的な対策が必要である。厳しい定員削減の中で試行的に女性研究者に割り振るポストを設ける余裕もなく、文部科学省からの要請に応えることはできなかった。全国的にみても建設分野に関係した大学教員の増加傾向は見られていない。

一方, 民間建設業においても 1990 年前後, 女性技術者の雇用に積極的な企業が現れたけれど, バブル経済の崩壊による雇用環境の変化によって建設業における女性技術者の雇用は縮小した。現在でも女性技術者に門戸を開いているのは, 公務員と設計コンサルタントとなっている。

このような動向の中で, 女性技術者同士の連携の動きが現れた。土木技術者女性の会は 1983 年に結成され, 全国 4 地区 (北海道, 関東, 中部, 関西) の活動と本部における総会, 会誌発行, 見学会, 土木学会への委員派遣などを通じて, 女性技術者の情報交換を行っている。会員数は 150 名程度となっており, 建設分野における今後の女性技術者の発展の基礎となることが期待される。

今一つ望まれるのは産業分野を越えた女性研究者・技術者との交流である。男女共同参画学協会連絡会 (2002 設立) は, 先に述べた行政の男女共同参画社会基本法に呼応した組織で加盟学協会数は 41, オブザーバー参加は 21 学協会の組織である。建設分野では日本建築学会が加盟学会, 土木学会, 地盤工学会および日本鉄鋼協会はオブザーバー参加である。この連絡会の活動としては, 理系の研究者・技術者を対象として, 年 1 回のシンポジウム開催, 報告書発行, 関連アンケート調査の実施, 男女共同参画問題への提言, 資料収集などを行っている。

3. 女性研究者・技術者のための環境整備

女性に対して, 男女雇用機会均等法を適用して雇用の門戸を開くだけでは, 女性研究者・技術者の比率を増やすことはできない。職場に求める条件として, ① 出産・育児のための休業制度, ② 一定の休業の後, 職場に復帰するための支援, ③ 職場環境の整備, が挙げられる。現状では職業分野によってこれらの条件の達成度に差が見られるので, 前述の男女共同参画社会学協会連絡会や女性研究者技術者委員会などとの情報交換によって, 属する職業分野における改善を求めて行くことが必要である。

女性研究者・技術者の比率を欧米の先進国並みにするには, 個々の職場における労働条件での配慮に加えて, 我が国の社会慣習の改革も必要である。子育ての大半を女性に委ねているようでは, 女性の社会進出の妨げになる。子育てには男性ももっと負担するべきで, それを可能にするには時間外労働が普通になっている我が国の働き方を見直さなければならない。最近耳にするようになったワークライフバランスの考え方²⁾は, 男性が家庭生活よりも職場生活を重視する傾向が強い我が国の実態を是正し, 何よりも冒頭に述べた国家戦略を達成するための一つの条件を満たすことに繋がると考える。

4. 鋼構造分野において望まれる対応

近年, 鋼構造研究者・技術者の集まりである鋼構造シンポジウムにおいても, 女性参加

者の姿が散見されるが, 全参加者に占める割合は 5% 程度であろう。土木・建築を問わず鋼構造分野の職場における女性研究者・技術者の受け入れ状況は依然として厳しい。例えば大手鉄鋼メーカーの研究所において, 材料開発の分野では高等教育を受けた女性研究者が採用されているが, 建設関連部門では女性研究者に対する門戸は未だに開かれていないようである。

様々な職業分野の中で女性研究者・技術者の進出状況には濃淡が有る。男女間の身体能力差が問われるような軍隊・警察・消防の分野においても女性隊員の進出が報じられている。建設分野の中でも鋼構造分野においては, 基本的に女性研究者・技術者の進出にバリアを立てる理由は見当たらない。他の職業分野への女性進出が明確になった段階においてもなお慣習的に女性を排除しているような職業分野は, 優秀な男性研究者・技術者にとっても魅力のない業種と評価されるであろう。

1983 年, パリで開催された国際会議 (International Colloquium on Stability of Metal Structures) に初めて参加した際に, 筆者が発表したセッションの司会者はドイツの女性老研究者であったことを思い出す。

余話：女性研究者・技術者の卵を育む

大阪大学の土木工学科（現在は地球総合工学科の社会基盤工学科目）に女子学生が受験するようになったのは, 本文中にも述べたように 1980 年代の後半からで, 最初の合格者は他大学に流出し入学手続きをすることはなかった。（筆者は当時, 工学部の入学試験合格者決定のキーマンを務めていたので, この辺りの事情に詳しい）入学者の第 1 号は牛島さん（現大阪府）で福本教授（当時）の研究室で, 橋梁景観の研究を選んだ。当初, 女子学生の増加は予想したが, 研究室としては計画系を選ぶであろうと力学系の我々としてはたかを括っていた感があった。あにはからんや最初の 10 年間, 女子学生は曖昧な計画系の研究より, 結論が明確な構造系の研究を好んだようで, 私の研究室は女子学生が少なくとも 1 人はいる状態が続いた。2000 年に入った頃, 女子学生から先生の研究室は土曜日も登校しなければならないのですかと尋ねられた。そんなことは当たり前, 土曜日こそ時間に制限なく研究の議論ができると答えたところ, それから定年まで女子学生は研究室に来なくなった。1 学年に数名の女子学生が入学するようになると, 気質が変わってしまうこと（同級生同士の情報交換により, しんどい研究室は避ける傾向が有る）, 当時は私にワークライフバランスについての認識が無かったことによる。

私の研究室を巣立った女子学生 5 名（院修了 4 名, 学卒 1 名）の内, 谷口さん（福井県）, 和田さん（中央復建）, 木島さん（西脇市）は土木技術者として健闘している。

参考文献

- 1) 厚生労働省：雇用の分野における男女の均等な機会及び待遇の確保等に関する法律，昭和 47 年 7 月 1 日法律第 113 号，最終改正；平成 20 年 5 月 2 日法律第 26 号.
- 2) 荒金雅子・小崎恭弘・西村智：ワークライフバランス入門 - 日本を元気にする処方箋，ミネルヴァ書房，2007.

研究ノート NN-1106

技術雑感 10／災害に強い社会システムの構築を目指して

平成 23 年 4 月 14 日

西村宣男

概要：2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災による直接被害額は 20～30 兆円とも言われていますが、東日本の工業地帯の多くの工場の罹災の影響によって、原材料不足や部品納入困難などにより、我が国全体の工業生産力に波及し、間接的被害額も直接被害額と同程度と予測する考えもあります。地震の規模が有史以来最大であったとはいえ、社会構造の脆弱さに、改めて社会システムのあり方を見直す契機になるのではないかと考えています。1980 年代の後半、我が国がバブル景気に踊っていた頃、筆者が考えていた社会システムのあり方について、改めて想いを述べることにいたしました。

1. 社会システムの重層化

今から 25 年ばかり前のことでありました。当時、我が国は土地価格の高騰を中心としたバブル経済の最中ではありましたが、10 年後の 2000 年には建設分野のビッグプロジェクトは終焉し、以降の建設投資は急速に縮小すると予測する意見がありました。産業界は効率化を求めて、本社機能を東京に集中し、これに合わせて社会資本への投資も首都圏に集中し地方は疲弊する、所謂、一極化が加速されて行きました。孔子は 40 にして迷わず、50 にして天命を知ると仰せでしたが、その年齢に近くなった時、我が国の将来を憂いて、国家構造の多極化と重層化の必要性を思い付き、同窓会誌（構築会だより）にそのことを書いた覚えがあります。

その内容は以下のようなものでした。「21 世紀に入ると目ぼしい建設プロジェクトは無くなり、建設投資額が縮小する可能性が予想されるが、経済の効率化を第 1 義とした国家運営は予想せざる自然災害によって根底から覆されることが懸念される。未曾有の災害時にも強かに耐え抜くことができる国土建設が必要であり、そのために一定の建設投資が継続されなければならない。基本は道路・鉄道・電力・情報通信網など国土の基本となるシステムの重層化であり、国土の一部が壊滅的な災害を受けた時も、直ちに代替機能が発揮されるように備えておくことである。」この時点では縮小傾向が予想される建設投資額を少しでも緩和したいと言う下心が有ったことは否定しませんが、経済の余力が有る内に、国力の柔軟性を担保するために必要な投資を促す意図が有りました。

その後、1995 年の阪神・淡路大震災を経験しました。当時、JH 西日本の舞鶴道が未開通であったため、神戸付近に集中する交通機関(中国自動車道、阪神高速神戸線、同湾岸線、国道 2 号線、同 49 号線、山陽新幹線、JR 神戸線等)の罹災により、復興支援に向けての物資輸送の困難さを思い知りました。被害が阪神間に集中したことにより、電力不足や全国規模の原材料不足を引き起こすことはなかったのは、すでに国土機能の東京 1 極集中化が

進行していたために，関西の局所的被害の影響が全国規模に波及することは無かったためでしょう．交通網のネットワーク化の重要性は，自然災害を受けた時の物資輸送で顕著に現れます．

そして 16 年経ち，今回の東日本大震災が発生しました．その日は財団法人災害科学研究所の評議員会に出席し，14 時頃帰宅してパソコンを開いておりました．2 秒前後の周期で継続時間の長い揺れを感じました．最初は色々な障害を持つ自身の体のせいかと思いましたが，天井からぶら下げている照明器の揺れを見て，相当な規模の地震であることに気が付き，テレビを付けました．案の定，テレビは東北・関東の太平洋側に巨大地震が発生し，津波警報が発せられたことを伝えておりました．

今回の大震災の発生から 1 カ月が経ちましたが，この間，テレビや新聞の報道を見ながら感じた災害に対する社会の動向は，以下のようでありました．

- 1) 交通機関の内，鉄道については，大動脈である東北新幹線，東北本線，常磐線の被害が大きく，RC ラーメン橋脚構造の多い東北新幹線の復旧には，阪神淡路大震災における例から判断して，3 カ月程度が必要でしょう．新幹線については高速鉄道としての代替経路が無いので，東北新幹線の機能はその復旧まで待つほかはありません．被災された方々に対する支援物資や復旧のための資材の鉄道輸送は在来線が担っていますが，日本海回りの羽越線・奥羽本線を経由して石油製品などの定期的な貨物輸送が行われたとの報道が有りましたが，支線の貨物取扱能力が切り捨てられている昨今，物資が広範囲に亘る罹災地の隅々にまで円滑に届いたかまでは見届けられませんでした．
- 2) 同じく交通機関の高速道路網については，東北道，常磐道が通行止めとなりましたが，面的なネットワークが形成されていたため，北陸道，日本海東北道（一部は日沿道）の日本海沿いルートと磐越道，山形道，秋田道の横断道路が機能して支援物資の輸送は比較的順調に行われたようです．この点は阪神・淡路大震災の時より重層化（ネットワーク化）が進展した成果であろうと考えます．
- 3) 航空輸送については，空港施設と管制システムが重要ですが，強震動による直接的被害を受けた花巻空港は数日で，津波による甚大な被害を受けた仙台空港は約 1 カ月で一部の機能を回復しました．仙台空港の機能の完全回復にはなお数カ月を要すると考えられています．
- 4) 電力に関しては，被害の影響がここまで深刻な事態を招くとは予想も付きませんでした．原子力発電所（福島原発）および幾つかの火力発電所の罹災により，関東の発電量不足が深刻な事態を招き，計画停電などで首都圏にも重大な被害が生じました．一気に広まった節電機運により，当面は計画停電は避けられそうですが，今夏の熱さのピーク時や次の冬季の暖房需要が高まった時期を乗り切ることの困難さが懸念されています．冷静に考えてみますと，電力会社は全国を 10 地域に分割されており，各社はそれぞれの地域の中での電力需要に応えたネットワーク化には取り組んでいるが，地域を越えた広域のシステム化・ネットワーク化，取分け周波数の異なる東日本と西日本の間の緊急時の相

互電力供給については、殆ど識者な話題にも上っていなかったことは、私共も反省しなければならないと考えます。電力業界が極めて閉鎖的で、部外者からの建設的意見に拒否反応を示したりする体質も問題もあるのではないのでしょうか。

5) 情報通信網

巨大地震時に震源近くの地域への固定電話回線が繋がり難くなることはよく経験します。強震による回線の故障や殺到する安否情報の問い合わせが原因です。これに対して近年普及している携帯電話は通信回線を必要としないことから、災害時の緊急通話に威力を発揮することが期待されているが、今回のような震災では中継局や地上局も罹災することにより、期待した機能を発揮できなかったようです。

なお筆者はアンチ携帯人間で、家族全員が携帯で頻繁に連絡を取り合っている中で、携帯の操作を覚える気もありません。電車の中で過半数の乗客が携帯とにらめっこしているこの文明は異常としか見えません。

6) この項の纏め

以上のような社会基盤の災害時の脆弱性を避ける国土建設が必要であることが、今回の東日本大震災の教訓として強調するべきではないか、このことを実現するための建設投資の必要性を主張しても建設分野の我田引水とは取られない世論が生まれたのではないかと考えています。

2. 社会システムの多極化

東日本大震災のもう一つの特徴は、福島原子力発電所の津波による罹災と放射能汚染の問題です。放射能汚染の範囲は福島県内の原子力発電所の近傍に留まらず、関東から東北の広い範囲に及んでいます。汚染された地域の農畜産物や水産物による放射能摂取に対する懸念から、それらの製品の過剰なまでの忌避により、地域の農家や漁業関係は震災の 2 次的被害を受けることになりました。

それでも今回の地震は首都圏を直撃したものではありません。我が国にとって最も憂慮されるのは首都圏から東海・関西の一带にかけてのフィリピン海プレート境界に発生する巨大地震です。関東は北米プレートの下に沈み込むフィリピン海プレート（相模トラフ）、東海・関西はユーラシアプレートの下に潜り込むフィリピン海プレート（南海トラフ）の影響を受けています。終戦直後の 1946 年の昭和南海地震から既に 60 年以上、この一带には際立った地震は発生していません、すなわち地殻のひずみが溜まった状態にあるのです。有史以来、この一帯で発生した巨大地震の数はかなりの回数になりますが、関東と関西が同時に巨大地震による被害を被った経験は無いのは異なるトラフが関係しているように思えます。南海トラフに沿った東海、東南海および南海地震の震源域の規模は 200~300km と考えられてきましたが、これらの同時発生も懸念されています。東日本大震災の震源域は日本海溝に沿って 500km にも及ぶようです。

このような我が国の国土構成の特徴を考えると、機能の一極集中化の危うさが心配されます。できることなら各種の機能を分散化（多極化）して、一つの地域が壊滅的な災害を受けた時も、迅速に代替機能が立ちあがるように国土建設を計画し実行しておくことが肝要です。

3. 成熟した社会の目指す国家像

前項までは災害に強い国土形成のために、社会システムの重層化と多極化が必要であることを述べました。このような方針を国民に受け入れられるためには、理想的な国家像に関する基本的な考え方が必要となります。

1868 年の明治維新以来、100 年の間、我が国は欧米の先進諸国に追い付くことを国家方針とし、行政主導型の政策を採ってきました。特に 1960 年代から 1980 年代にかけての経済成長は著しく、GDP は米国に次ぐ世界第 2 位となりました。この辺りで全世界と調和した共生的環境を創造するための国家経営戦略を考え直さなければならなかったのではないのでしょうか。1990 年頃のバブル経済破綻とその後の行政の無策による失われた 20 年、経済成長は頭打ちとなり、2010 年には我が国に代わって GDP 世界第 2 位となった中国や、独特な経済発展策を採る韓国の経済成長に怯える情けない国になってしまいました。

最早、GDP で国の価値を評価するのは愚の骨頂です。国の価値は国民一人一人の幸福感で評価するべきであると考えます。ある調査によると、国民の幸福感や住み易さで上位の国は人口や国土面積において比較的小規模な国々です。現状の健康保険制度や年金制度を維持して行くためには、自己責任を重視した米国型の低負担・低福祉では対応できず、北欧型の高福祉・高負担に近いレベルの高負担が求められるように思います。その一部が災害に強い国土形成の原資となるのです。我が国の予算に占める建設投資額の割合が他国に比べて高すぎると建設投資を削減する論拠にされてきましたが、自然災害に対する危険度に応じた建設投資が必要であることを無視した議論になっています。

4. あとがき

筆者が日頃から考えていた国家像や建設技術者としての理念は断片的でありましたが、今回の東日本大震災を眺めていて、全体の関連が纏まってきたように思い、本稿を作成しました。

全国にテレビ報道に連動した定点カメラが随所に設置されています。テレビ報道を通じてのリアルタイム報道により全国民は津波被害の実態を知ることができました。今回の被災地をどのような方法で復興するのか、その資金をどのように調達するのが政府はもちろん国民にも問われています。それだけでなく本稿に述べたようなタフな国家構造の建設を目指す準備も忘れてはならないと考えています。

第 2 東名高速道路の建設現場を案内して頂いた時，災害時の第 1 東名高速道路の代替機能になると説明を受けましたが，僅か 10～20km 程度離れただけでは巨大地震時には双方が被害を受け代替機能は果たせないのではないかと感じておりました．高速道路に関しては幾つかの代替経路が出来上がっております．第 2 東名高速道路の建設理由は，満杯となっている第 1 東名高速道路の交通容量を補うためと言えれば良いのです．正当な理由で建設の必要性を訴えることが重要で，説明が付かない場合ややまよかしの理由では，どのような工事も実施してはならないのです．

後日談：大震災の発生後，大学時代のクラブ(バスケット部)の仲間で，原子力関係に携わっていた後輩から，原子力発電の事故に関係した情報がリアルタイムに 20 数件のメールで送られて参りました．メールの内容は当事者である東京電力，内閣府，原子力保安院の間の遣り取りも含まれており，マスコミによる報道とは少し違う局面が見えていたように思いました．彼は最近第 1 線を退いたのですが，我が国が過去に経験したことのない原発事故の有りのままを，出来るだけ多くの人に知って貰いたいと思うプロ意識が，部外者である私たちへの配信になったものと考えております．そう言えばクラブの後輩にもう一人原発関係者が居りました．彼は原子力発電の運転のための技術者を養成する学校の校長をしていたのですが，2002 年，北海道開催された土木学会全国大会の際に，札幌 - 小樽間の J R の電車の中で偶然にも出くわしました．そのとき北海道電力泊発電所の原発の不具合があり，その対策のため隠密裏に現地に急いでいたものと思います．非常にばつの悪そうな顔をしていたのが印象的でした．

研究ノート NN-1107

技術雑感 11/AASHTO におけるボルト接合関連条項の紹介と考察

平成 23 年 4 月 20 日

西村宣男

概要：我が国の橋梁設計示方書の改訂作業の参考資料として、米国の橋梁設計示方書である AASHTO 最新バージョンにおける高力ボルトに関する条項の構成と要約した内容について紹介する。現行の道路橋示方書のボルトに関する条項と AASHTO の条項との相違点について考察し、改訂規準に対する要望事項を述べた。

1. AASHTO におけるボルト接合関連規定の構成

最初に AASHTO におけるボルト関連条項の構成について紹介する。第 6 章 (section 6) が鋼構造に関する規定であるが、その中でボルトに関しては、6.4 材料(Materials)および 6.13 接合(Connections and Splices)で触れている。なお高力ボルトの施工に関する記述は設計指針である第 6 章には見当たらない。

(1) 6.4 材料(Materials)におけるボルト関係条項

6.4.3 ボルト, ナット, ワッシャー(Bolts, Nuts and Washers)においては, ボルト, ナットおよびワッシャーについて, 関連規定を指示している。

ボルトについては, 引張強度 420MPa の普通ボルトおよびスタッドは ASTM A 307 に, 引張強度 840MPa の高力ボルトは AASHTO M 164M (ASTM A 325M) に, クラス 10.9 および 10.9.3 の高力ボルトは AASHTO M 253M (ASTM A 490M) に従う。

その他, 耐候性鋼材およびそれ以外の鋼材に対するボルト品質の要求や亜鉛メッキしたボルトの使用上の注意に対する関連規定に従うこととしている。

ナットについては, 基本的には AASHTO M 164M (ASTM A 325M) のボルトに対しては AASHTO M 291M (ASTM A 563M) のナットを適用する。その他のボルトに対するナットについて対応する規定に従うことが指示されている。

ワッシャーについては, 鍛造鋼ワッシャー(Hardened Steel Washers)に対する標準規定 AASHTO M 293M (ASTM F 436M) に従うこと, 亜鉛メッキしたワッシャーについては 6.4.3.1 に従うことが指示されている。

(2) 6.13 接合(Connections and Splices)における高力ボルト関係条項

6.13.1 一般

主要部材の接合部は, 限界強度が以下の値を下回らないように設計するものとする。

- ・接合部における係数倍された荷重による応力と同一箇所の係数倍された強度の平均値
- ・部材あるいは要素の係数倍された曲げ, せん断および軸力の 75%。

その他, 溶接接合およびボルト接合共通の留意事項として, 以下の事項を挙げている.

- ・接合構造は対称とすることを原則とする. 偏心構造は避けることとする. 偏心構造を避けられない場合は偏心によるせん断力やモーメントを考慮して設計する.
- ・縦桁, 床ばり, 桁の端部の接合部の板厚は 10mm 以上とする.
- ・縦桁, 床ばり, 桁の端部は高力ボルトによって連結する. 高力ボルト接合が適さない場合は溶接接合を使用して良いが, 鉛直荷重とともに端部の回転によって生ずる曲げモーメントに対して抵抗できるように設計する.

6.13.2 ボルト接合 (Bolted Connections)

6.13.2.1 一般

ボルト接合された鋼部分は塗装しても無塗装でも良いが, ボルト締め付け後は一体とならなければならない. 契約書では全ての接合部表面はボルトおよびナットに隣接した部分も含めて汚れなどを除去する.

高力ボルト接合は, すべり限界接合と支圧限界接合に区分する.

6.13.2.1.1 すべり限界接合 (Slip-Critical Connections)

交番応力, 大きな衝撃力, 強い振動あるいは接合のすべりによる応力およびひずみが構造物の使用性に害を与える個所にある接合はすべり限界として設計するものとする.

- ・疲労荷重が作用する接合
- ・過大孔に取り付けられたボルトにせん断が作用する接合
- ・短い長孔および長い長孔で力が孔の長軸に垂直な場合でせん断が作用するボルト
- ・大きな交番応力を受ける接合
- ・溶接とボルトを併用した接合
- ・軸引張あるいは軸引張とせん断が共存する接合
- ・6.13.6.1.3 に規定された条項に従って設計された場合を除き, 標準孔ないしは第 1 列が作用力と長孔が直交した長孔に軸圧縮力が作用する接合
- ・設計者の判断で, すべりが接合ないしは構造の挙動においてクリティカルである接合で, 契約書において指示された接合

6.13.2.1.2 支圧限界接合 (Bearing-Type Connections)

支圧限界接合は軸圧縮のみを受ける場合または横構(bracing member)の場合のみ許可され, 強度限界状態について係数倍された強度 R_r を満たさなければならない.

6.13.2.2 係数倍された強度 (Factored Resistance)

すべりが限界状態となる継手について, 荷重組み合わせ II において 1 本のボルトの係数倍された強度, R_r , は以下にとる,

$$R_r = R_n \quad (6.13.2.2-1)$$

ここに, $R_n = 6.13.2.8$ に規定する公称強度

限界状態における係数倍された強度 R_r , あるいは継手のボルト継手の係数倍された強度 T_r , は

$$R_r = \phi R_n \quad (6.13.2.2-2)$$

$$T_r = \phi T_n \quad (6.13.2.2-3)$$

ここに, R_n = ボルト, 継手, 被接合要素の公称強度

- ・せん断を受けるボルトについては, R_n は 6.13.2.7 で規定される.
- ・支圧接合における被接合要素については, R_n は 6.13.2.9 で規定される.
- ・引張あるいはせん断を受ける被接合要素については, R_n は 6.13.5 に規定される.

T_n = ボルト 1 本の公称強度

- ・軸方向引張を受けるボルトについては, 6.13.2.10 に規定される.
- ・引張とせん断を受けるボルトについては, 6.13.2.11 に規定される.

ϕ = 6.5.4.2 に規定した抵抗係数で, 以下にとる.

- ・ ϕ_s せん断を受けるボルト
- ・ ϕ_t 引張を受けるボルト
- ・ ϕ_{bb} 支圧されるボルト
- ・ ϕ_y, ϕ_u 引張などを受ける被接合材
- ・ ϕ_y せん断を受ける被接合材

6.13.2.3 ボルト, ナットおよびワッシャー(Bolts, Nuts and Washers)

(6.4.3 と重複するので省略)

6.13.2.4 孔(Holes)

6.13.2.4.1 形式

6.13.2.4.1a 一般

他の個所で規定しない限り, 高力ボルト接合では標準孔を用いる.

6.13.2.4.1b 過大孔

過大孔はすべりが限界状態となる継手で用いても良い. 支圧が限界状態となる継手では使用してはならない.

6.13.2.4.1c 短い長孔

短い長孔はすべりを限界状態とする継手および支圧を限界状態とする継手で使うことができる. 孔はすべりを限界状態とする継手では方向を考えなくて良いが, 支圧を限界状態とする継手では荷重方向に直角とする.

6.13.2.4.1d 長い長孔

長い長孔はすべりを限界状態とする継手および支圧を限界状態とする継手で使うことができる. 孔はすべりを限界状態とする継手では方向を考えなくて良いが, 支圧を限界

状態とする継手では荷重方向に直角とする

6.13.2.4.2 孔のサイズ

孔の寸法は表 6.13.2.4.2-1 の値を越えてはならない.

[表 6.13.2.4.2-1 は付表として巻末に示す]

6.13.2.5 ボルトの寸法 (Size of Bolts)

ボルトの径は 16mm を下回らないものとする. 径 16mm のボルトは, 64mm の脚長のアンクルおよび構造詳細を満たすために 16mm のボルトが必要となるフランジを除き主要部材に用いてはならない.

計算によって決定されないアンクルの場合は

- ・ 50mm の脚長に対して 16mm 径ボルト
- ・ 64mm の脚長に対して 20mm 径ボルト
- ・ 75mm の脚長に対して 24mm 径ボルト
- ・ 90mm の脚長に対した 27mm 径ボルト

6.13.2.6 ボルト間隔 (Spacing of Bolts)

6.13.2.6.1 最小間隔と縁端距離

標準の孔のボルト中心間の最小間隔はボルト径の 3 倍以上とする. 過大孔や長孔を用いる場合は, 力の作用方向および直角方向に, 隣り合うボルト孔の縁間距離の最小値はボルト径の 2 倍以上とする.

6.13.2.6.2 閉じボルトの最大間隔

継手で湿気の侵入に対するシーリングでは, 自由端に沿った列における間隔は

$$s \leq (100 + 4.0t) \leq 175 \quad (6.13.2.6.2-1)$$

自由端に隣接した列と千鳥に配置され, ゲージ長が $16 + 4.0t$ より小さく, 第 2 列が有る場合は, 千鳥配置の間隔 s は以下の条件を満たすものとする.

$$s \leq 100 + 4.0t - (3.0g/4.0) \leq 1.75 \quad (6.13.2.6.2-2)$$

ここに, t = 薄い方の板ないしはアンクルの板厚(mm)

g = ボルト間のゲージ(mm)

6.13.2.6.3 ステッチボルトの最大間隔

ステッチボルトは 2 枚以上の鋼板あるいは形鋼を機械的に組み立てるために用いられる. 圧縮を受ける場合, ステッチボルトの間隔は $12.0t$ を越えてはならない. ボルトの隣り合った列間のゲージ g は $24.0t$ を越えてはならない.

2 つの隣り合った列間の千鳥配置のピッチは

$$p \leq 15.0t - (3.0g/8.0) \leq 12.0t \quad (6.13.2.6.3-1)$$

引張材のピッチはここで規定する圧縮材のピッチの 2 倍を越えてはならない。

6.13.2.6.4 圧縮部材の端部におけるステッチボルトの最大間隔

圧縮部材の構成要素を接合するボルトのピッチは部材の最大幅の 1.5 倍の間においてはボルト径の 4 倍を越えないものとする。部材幅の 1.5 倍を越えると 6.13.2.6.3 に規定された最大ピッチまで、ピッチを徐々に増しても良い。

6.13.2.6.5 端部の距離

全てのタイプのボルトについて孔の中心から測った部材端部の距離は表 6.13.2.6.6-1 に規定された端部の距離を下回らないものとする。過大孔や長孔が用いられる場合は、最小の縁端距離はボルト径を下回らないものとする。

最大の端部距離は 6.13.2.6.6 で規定された縁端距離にとる。

6.13.2.6.6 縁端距離

最小縁端距離は表 1 にきていされた値とする。最大縁端距離は薄い側の板の 8 倍か 125mm を越えないものとする。

[表 6.13.2.6.6-3 は付表として巻末に示す]

6.13.2.7 せん断強度 (Shear Resistance)

力の作用方向に平行に測った外側の連結材間の距離が 1270mm より小さい高力ボルトないしは ASTM A 307 ボルトの公称せん断強度は、以下のようにとる。

- ・ねじ部がせん断面の外にある場合、

$$R_n = 0.48 A_b F_{ub} N_s \quad (6.13.2.7-1)$$

- ・ねじ部がせん断面に含まれる場合

$$R_n = 0.38 A_b F_{ub} N_s \quad (6.13.2.7-2)$$

ここに、 A_b = 公称径に対応したボルトの断面積

F_{ub} = 6.4.3 に規定されたボルトの最小引張強度(MPa)

N_s = ボルトのせん断面の数

6.13.2.8 すべり強度 (Slip Resistance)

すべりが限界状態となるボルトの公称すべり強度は次式による。

$$R_n = K_h K_s N_s P_t \quad (6.13.2.8-1)$$

ここに、 K_h = すべり面の数

K_s = 表 2 に示す孔径係数

N_s = 表 3 に示すすべり面の状態係数

P_t = 表 1 に示す最小ボルト軸力

[表 6.13.2.8-1, 表 6.13.2.8-2, 表 6.13.2.8-3 は付表として巻末に示す]

6.13.2.9 ボルト孔の支圧強度 (Bearing resistance at Bolt Holes)

- ・ 孔の間隔および縁端距離が板厚の 2 倍を下回らない場合,

$$R_n = 2.4dtF_u \quad (6.13.2.9-1)$$

- ・ 孔の間隔および縁端距離が板厚の 2 倍を下回る場合,

$$R_n = 1.2L_cdtF_u \quad (6.13.2.9-2)$$

- ・ 支圧力に直角方向の長孔での孔の間隔および縁端距離が板厚の 2 倍を下回らない場合,

$$R_n = 2.0dtF_u \quad (6.13.2.9-3)$$

- ・ 支圧力に直角方向の長孔での孔の間隔および縁端距離が板厚の 2 倍を下回る場合,

$$R_n = L_cdtF_u \quad (6.13.2.9-4)$$

ここに, d = ボルトの公称径(mm)

t = 連結される板の厚さ(mm)

F_u = 表 6.4.1-1 の連結される板の引張強度(MPa)

L_c = 支圧力の作用方向における孔の純間隔ないしは孔と縁端の距離

6.13.2.10 引張強度 (Tensile Resistance)**6.13.2.10.1 一般**

引張を受ける高力ボルトは外力による引張に加えて 6.13.2.10.4 に規定するてこ力による引張を加えた軸力に対して設計する.

6.13.2.10.2 公称引張強度

公称引張強度は

$$T_n = 0.76A_bF_{ub} \quad (6.13.10.2-1)$$

ここに, A_b = ボルトの公称径に関する面積 (mm²)

F_{ub} = 6.4.3 で規定されたボルトの公称引張応力(MPa)

6.13.2.10.3 疲労強度

軸方向引張を受ける高力ボルトが疲労作用を受ける場合, ボルトの応力振幅は疲労設計活荷重に 3.6.1.4 に規定される疲労荷重による動的効果と, 疲労荷重の繰り返し作用によるてこ力を加えて, 式 6.6.1.2.2-1 を満たすものとする.

ボルトの応力振幅の計算にははボルトの公称径を用いて良い. てこ力は外的作用荷重の 60%を越えてはならない.

低炭素の ASTM A 307 ボルトは疲労荷重を受ける接合では使用してはならない.

6.13.2.10.4 てこ作用

てこ作用による引張力は

$$Q_u = [3b/8a - t^3/328\,000]P_u$$

ここに, Q_u = 係数倍された荷重によるボルト 1 本当たりのてこ作用による引張力,

負の場合は 0(N)

P_u = 係数倍された荷重によるボルト 1 本当たりの直接の引張力(N)

a = ボルト中心から縁端までの距離(mm)

b = ボルト中心からフランジフィレットの先端までの距離(mm)

t = 薄い方のフランジ板厚(mm)

6.13.2.11 引張とせん断の組み合わせ

せん断と軸引張を受けるボルトの公称引張強度 T_u は次式による.

・ $P_u/R_n \leq 0.33$ の場合

$$T_u = 0.76A_bF_{ub} \quad (6.13.2.11-1)$$

・ その他の場合

$$T_u = 0.76A_bF_{ub} \sqrt{1 - (P_u / \phi_b R_n)^2} \quad (6.13.2.11-2)$$

ここに, A_b = 公称径に対応したボルト径(mm²)

P_u = 係数倍された荷重によるボルトのせん断力(N)

R_n = 6.13.2.7 に規定されたボルトの公称せん断強度(N)

表 2.4.101 で規定された荷重組み合わせ Service II の下でせん断と軸引張を受ける場合,,
すべり限界継手におけるボルトの公称強度は, 次式倍した 8.13.2.8d で規定されるすべり強
度を越えてはならない.

$$1 - T_u/P_t \quad (6.13.2.11-3)$$

ここに, T_u = 荷重組み合わせ Service II の下で係数倍された荷重による引張力

P_t = 表 6.13.2.8-1 に規定された最小要求ボルト張力.

(6.13.3 は溶接接合)

2. 高力ボルト接合関連条項に関する考察 (現行道示との比較)

(1) 全般

この節では, 設計規準における高力ボルト接合に関する力学条項について, AASHTO と
道路橋示方書とを比較し, 相違点を明らかにするとともに, 相違の理由を考察する.

道路橋示方書では, リベット接合の時代に用いられていた組立部材 (レーシング材ない
しはタイプレートで主材を連結した部材) に関する条項は, 1975 年改訂版で削除されたが,
AASHTO では連結材を高力ボルトに替えて現在でも組立部材に関する条項が有効になって
いる.

(2) ボルトの種類

高力ボルトの種類については, 基本的には 1950 年代に米国の技術が導入されたので, そ
の時期の技術レベルを踏襲している道路橋示方書の高力ボルト関連条項は AASHTO のそれ
と大差は無い. その後半世紀に亘る技術革新の成果の設計示方書への反映システムの違い

が現行の両示方書の差となっている。高力ボルトの種類に関しては以下の通りである。

1) ボルト強度

高力ボルトの標準の種類に関して, AASHTO では ASTM A325M および ASTM A490M, 道示では F8T および F10T で殆ど同じである。高力ボルトの導入後に我が国では F11T および F13T が採用されたが, 遅れ破壊による損傷により橋梁では殆ど使用されなくなった。その後, 我が国ではボルト形状と材料の選択により遅れ破壊に強いボルト SHTB が開発され高層ビルの接合材としての使用実績が挙がってきているが, 橋梁には使用されていない。

2) ボルトサイズ

高力ボルトの直径は 16mm~36mm までで両国で差は無い。

3) トルシアボルト

我が国では六角ボルトに替わるものとしてトルシアボルトの使用が一般的となっているが, AASHTO にはトルシアボルトの記述が見当たらない。

(3) ボルト孔径および配置

ボルト径と孔径の関係について, 我が国ではボルトサイズに関係なく一律に孔径はボルト径+2.5mm であるのに対して, 付表 6.13.2.4.2-1 に示すように AASHTO では, ボルトサイズに関して, 孔径はボルト径+2.0mm~5.0mm となっている。どちらが合理的かは製作精度のレベルに関係しているが, 太いボルト径により大きな余裕を与えることが必ずしも合理的とは限らない。ボルトの間隔や縁端距離については両規準で大差は無い。

(4) すべり強度

- ・ AASHTO では, すべり強度には, すべり面の状態係数と孔径の影響が考慮されている。道示は 0.4 の一定値が採用されている。
- ・ 欧州の規準などで考慮されている多列ボルトによるすべり強度の低減係数は両方とも考慮されていない。(道示では最大列数の制限あり)

(5) 支圧強度

- ・ AASHTO では, 支圧強度が支配する継手の各種破壊状態を想定した強度評価式が与えられている。
- ・ 道示では, 支圧強度を前提とした高力ボルトの使用は一般には認めていないので, 強度の計算式は示されていない。(計算法はリベット接合に準ずるため, 橋梁技術者の一般常識の範囲)

(6) 引張強度

- ・ AASHTO では, 高力ボルト引張接合に関して, てこ力を考慮した設計法が規定されている。疲労に関しても留意事項を示している。
- ・ 道示では, 高力ボルト引張接合継手に関する詳細規定は示されていない。(実務では使用例が有り, 日本鋼構造協会の設計マニュアルが適用されている)

3. 設計規準における高力ボルト関連条項の方向性

以上は，AASHTO におけるボルト接合関連規定の概要と，道路橋示方書との比較について述べてきたが，最後に我が国の道路橋設計示方書の改訂において，考慮されたい要望事項を述べる．内容は詳細な事項は避けて，適用範囲の拡大，構造と設計の合理化に繋がる事項を挙げることとする．

(1) 摩擦面の処理状態に応じたすべり係数の採用

道路橋示方書では高力ボルトのすべり係数は摩擦面の処理状態によらず安全側に，通常の処理状態では最も低い一定値 0.4 を採用している．前述の ASSHTO でも示したように欧米の規準では摩擦面の処理状態に応じて 0.3～0.55(通常は 0.45 ～0.55)を採用しており，必要ボルト本数の低減を可能にしている．

(2) より高強度のボルト使用の承認

鋼橋においては SM570 の使用が増えてきており，現在一般的に使用されている F10T のボルトではボルトの必要本数が多くなり，母材の孔引きの影響が大きい．建築分野で高層ビルに使用されている F15T クラスのより高強度のボルト使用を可能にすることによって，構造の合理化が達成できて，経済性が発揮される．ただし，F15T は母材強度とのバランスが大切で，普通鋼の接合には適さない．

(3) 軸力以外に曲げやせん断が作用する継手の設計の合理化

これまで採用されてきた曲げモーメントやせん断を受ける鋼桁の接合部の設計法は，フランジとウェブの連結を個々に照査するために，かなり安全側になっている．フランジ連結とウェブ連結の相互作用を認めた設計法の採用により連結部の合理化が可能となる．

(4) 引張接合，支圧接合に関する規定の整備

これまで鋼橋の高力ボルト接合はほとんど摩擦接合と考えられてきたが，引張接合や支圧接合を考慮することによって，構造設計の自由度が増すこと，とりわけ鋼橋の維持管理における補修・補強工法の柔軟性を増すことができる．それに備えた条項の追加が望まれる．

(5) 施工に関する条項の改訂

高力ボルト接合部における施工管理に関係して，導入軸力の管理や耐久性に関わる防錆処理などの技術を向上させるため，建築分野では高力ボルト施工管理士の資格を要求し，日本鋼構造協会での認定試験が行われている．鋼橋分野においてもこのような資格認定を導入することにより，製品の品質向上を図る必要がるかもしれない．

付表

Table 6.13.2.4.2-1 最大孔寸法

ボルト径	標準孔径	過大孔径	短い長孔	長い長孔
d	Dia.	Dia.	Width×Length	Width×Length
mm	mm	mm	mm	mm
16	18	20	18×22	18×40
20	22	24	22×26	22×50
22	24	28	24×30	24×55
24	26	30	26×33	26×60
27	30	35	30×37	30×67
30	33	38	33×40	33×75
36	39	44	39×46	39×90

Table 6.13.2.6.6-1 最小縁端距離

ボルト径	標準縁端距離	圧延鋼板，形鋼，ガス切断縁
mm	mm	mm
16	28	22
20	34	26
22	38	28
24	42	30
27	48	34
30	52	38
36	64	45

Table 6.13.2.8-1 最小要求ボルト軸力

ボルト径	要求軸力 Pf(×10 ⁵ N)	
mm	M164(A325M)	M253(A490M)
16	91	114
20	142	179
22	176	221
24	205	257
27	267	334
30	326	408
36	475	595

Table 6.13.2.8-2 K_h 値

標準孔	1.00
過大孔及び短い長孔	0.85
力の作用方向に直角な長い長孔	0.70
力の作用方向に平行な長い長孔	0.60

Table 6.13.2.8-3 K_r 値

表面状態がクラス A	0.33
表面状態がクラス B	0.50
表面状態がクラス C	0.33

研究ノート NN-11-111

技術雑感 12/鉄道好きの独り言(車窓前面展望を見ての疑問など)

平成 23 年 5 月 15 日

西村宣男

概要: 今回は趣味の話に致します。筆者の第 1 の趣味は魚釣りですが、眼を患って夜釣りに行けなくなってから、第 2 の趣味である鉄道にのめり込んでいます。純粋に鉄道を楽しみたいのですが、どうしても土木屋としての視点が頭をもたげて、疑問を感じたり、システムのあり方について意見を言いたくなります。そのように胸に溜まった事柄を纏めてみました。

1. 鉄道と私

幼い頃からの趣味は地図を見ること、それも昭和 20 年代で高速道路も無い時代ですから、勢い鉄道中心に頭の中に地図帳が記憶されて行きました。親に買ってもらった地図帳と玉川百科事典の第 19 巻日本地図と第 20 巻世界地図の 2 巻が小学 3 年から 4 年に掛けての愛読書でした。勿論、大学受験の社会科は地理を選択しましたが、特別に勉強する必要は有りませんでした。中学 3 年間は自宅があった山口県岩国から広島まで列車で通学しました。最初のうちは蒸気機関車の牽引する列車でしたが、後半は新しく導入されたディーゼル車も加わりました。しかし長距離列車はまだ蒸気機関車が牽引しておりました。

大学に奉職した昭和 40 年前後から我が国も本格的な車社会に突入し、筆者自身も自動車免許を取得しました。社会は鉄道中心の交通体系から高速道路網の拡大とともに複合交通体系に変わって行きました。頭の中の地図帳にも鉄道網に高速道路網が加わり、より複雑になりました。昭和 55 年頃から新幹線を利用した出張が増え、頭の中の地図帳はやがて映像に変わることになりました。例えば、東海道新幹線は東京 - 新大阪間で在来の東海道線と 17 回交差します。基本的には新しく建設された新幹線が在来線の上を通過するのですが、3 か所は逆に新幹線が在来線の下を潜ります。その様子が映像として記憶されているのです。因みに山陽新幹線は 23 か所で在来線(山陽本線と鹿児島本線)と交差しますが、全て新幹線が在来線の上を越えます。

6 年前大学を退職したのを機に、鉄道の趣味が復活しました。暫くは“乗り鉄”で大都市近郊の特別ルールを活用して、最低料金(大阪では 120 円)で近畿圏の JR を乗り尽くしました。ただし途中駅で駅外に出ることができず、また同じ駅を 2 度通ることができない制約が有ります。お勧めのコースは大阪駅から紀州路快速に乗って和歌山へ、和歌山線・桜井線を経て奈良へ、奈良から関西線で 2 駅目の木津で学研都市線に乗り換えて京橋へ、京橋から大阪環状線で天満駅までの約 5 時間半の南回りコース、大阪駅を敦賀行きの新快速で出発し、湖西線で近江塩津へ、北陸線の新快速で米原を経由して東海道線の草津で下車、草津線に乗り換えて終点の柘植へ、関西線で奈良を経由して天王寺、大阪環状線内回りで

天満駅までの約 7 時間の北回りコース, 大阪駅から福知山線丹波路快速で篠山口へ, 各駅停車に乗り継いで谷川へ, 谷川から加古川線で加古川へ, 加古川から山陽本線快速で芦屋へ, 各駅停車に乗り換えて立花駅までの西回りコースは上手く乗り継ぐと 4 時間ですが, 加古川線の列車本数が少ないので, 下手をすると乗り継ぎに時間を要し, 6 時間は掛ります. たまに車掌さんが検札に来ますが, 特別ルールを説明すると納得してくれます. このような気ままな小旅行の際もメモ用のノートを持参します. 空いた車内や乗り換えの待ち時間は研究ノートの構想を練るのに適しています.

“乗り鉄”は近畿圏の小旅行だけでなく, 学会などの機会を活用して全国各地へと広がって行きます. 昨年は北海道で開催された土木学会の帰りに函館と青森を経由して, 予てからの念願であった五能線の快速リゾートしらかみに乗車しました. 今年の夏は九州の 3 活火山, 阿蘇, 桜島, 新燃岳を回る予定です. 勿論 JR 九州自慢の特急“指宿の玉手箱”, “はやとの風”, “いさぶろう・じんべい”の他, 九州新幹線も体験するスケジュールを立てています.

2. 列車前面展望と軌道等に関する疑問

鉄道に関する興味は, 最近ではインターネットによる車窓展望動画が満たしてくれます. お馴染みの YouTube, 鉄チャンネル, 車窓コムなどを見えています. 車窓展望には側面展望や後方展望も有りますが, 鉄道マニアにとっては前面展望が最も興味を引きます. 周辺の景色や植生の観察の他, 軌道に関する様々な方式, 信号系統の確認など, 結構忙しく見えています. 軌道については学生の頃に鉄道工学で習った古い知識しか有りませんが, 幾つかの疑問を持っています. 鉄道総研にいる卒業生に尋ねてみようと思っていますが, 機会を逸しています.

1) 脱線防止レールの配置

車窓前面展望では, 曲率半径が小さい軌道区間に脱線を防止する目的で設置される脱線防止レールが目につきます. 脱線防止レールの配置には 4 種類あるようです. 最も標準的な配置は, カーブの内側レールの軌道内部に 50mm ばかり離して補助レールを敷設するタイプで, 遠心力が掛る外側レールを車輪が越えるいわゆる乗り上げ脱線を防止することが期待できる軌道構造です. 速度超過による転倒を防ぐ機能は無いようです.

積雪地帯では内側レールと補助レールの間で雪が凍結すると脱線防止機能が消失する可能性が有ることから, カーブの外側レールの外部に補助レールを敷設するタイプが多用されています. この構造では脱線を防止することはできませんが, 車両が軌道敷きから大きく外れることを防止する構造です. 同じ意味でカーブの内側レールの外部に補助レールを敷設する場合も, カーブの内側が谷であったり, 重要施設が存在する場合は納得できますが, 効果のほどは疑問です.

一番理解に苦しむのはカーブの外側レールの内側に補助レールが敷設されているケース

です。カーブの内側に向かって乗り上げ脱線が生ずる可能性は低いと思いますので、このタイプの実施例は余り多くないものの、疑問に感じています。

2) 回避線のポイント構造

単線の鉄道において列車交換ができる駅から出発し単線に合流する直前に、信号無視をして閉塞された区間への列車の侵入を防止するための回避線が設けられています。回避線は短くその先は砂利の山になっており、暴走列車を止める構造になっています。

筆者の疑問は回避線へのポイント構造にあります。殆ど全てのポイントの右側レールの分岐構造は通常のポイントと同様ですが、左側レールは分岐構造になっていない場合が多いように思います。その理由についてあれこれ想像しています。

- ① 車両の動きには右側レール上の車輪が優先するから、左側車輪は乗り上げ脱線させて車両は回避線に入る。
- ② 現在の ATS 等が完備された車両制御システムでは回避線の意味がなくなっており、走行性に配慮してレールの連続性を重視している。
- ③ 鉄道安全基準で回避線の設置が義務付けられており、基準を満たすための方便として回避線が残されている。

この辺りの真実を知りたいと思います。

3) 信号機に関する疑問

信号機の色配列に疑問を感じています。基本的な 3 色信号でも青が上段の場合と下段の場合があります。同一路線内で混在している場合もあり、最初は一般部と場内信号の区別かと思いましたが、そうでもないようです。この混在は JR でも私鉄でも見受けられますが、混在の真意を知りたいと思います。

3. 交通事業への提言

(1) 地方鉄道の運営形態

昭和 30 年代の後期から始まった車社会を中心とした高度成長期に、効率化に乗り遅れた多くの地方鉄道が廃止されてきました。採算の取れなくなった JR の地方路線も廃止されるか、地方自治体を主体とした第 3 セクターの経営によりかろうじて存続している路線が増えています。筆者の周辺でも、小学生時代に乗った尾道鉄道(尾道ー市間)、鞆鉄道(福山ー鞆間)、井笠鉄道(笠岡ー矢掛間)、片上鉄道(片上ー和気ー棚原間)、下津井電鉄(茶屋町ー下津井間)などの民営鉄道、宇品線(広島ー宇品間)、可部線可部以北(可部ー三段峡間)等の JR 線が廃線となりました。生まれ故郷の錦川清流鉄道(川西ー錦町間)は旧国鉄の岩日線が第 3 セクターとして存続している例です。また三江線(三次ー江津間)は現在 JR 西日本の管轄ですが、存続が危ぶまれている路線の代表です。

欧米でも不採算路線が廃止されていますが、幾つかの路線は観光路線として生き残っています。しかし営業的には成立が難しく、運転や保線などは経験者のボランティアで支え

られている所が多いと聞いています。営業距離は路線によってまちまちですが、数十キロに及ぶ本格的な路線も有るようです。このような鉄道では生活路線の機能も果たしているようです。NPO やボランティア組織で鉄道営業免許を取得することは、規制が厳しい我が国では困難ですが、欧米におけるこの種の鉄道の運転営業形態を調べてみる価値は有るようです。

我が国では廃線になった路線の一部を利用した施設が有り、動態保存されている列車を用いた模擬運転が行われている個所が幾つか存在していますが、路線は短く生活路線としての機能を保っている訳ではありません。高齢化が進む我が国において、老人にとって最も安定し信頼性のある交通機関として、過疎地の鉄道を存続させる仕組みを考えることも必要ではないかと考えています。

(2) 車社会の見直し

筆者は 1967 年に運転免許証を取得しました。それから数年は北海道から九州まで乗り尽くしましたが、6 年後の 2 度目の更新の際に、公共交通機関が発達した都会に住む個人が自動車を保有することは、余りにも酷い公害発生源として加担することになると考え、免許証の更新を破棄しました。教習所に通わず門真の免許試験所に飛び込みで取得した免許証で、経費が掛っていないことも簡単に破棄できた理由です。無公害車あるいは低公害車が一般的になればまた運転を再開するつもりでしたが、今の視力では不可能になりました。土木工学科の同期生が道路建設に関わる職業を選択することは当然ですが、運動クラブの同期生もまた、タイヤ製造会社、石油元売り会社、製鉄会社など車に関係する企業に就職しました。それほどまでに車社会が我が国の高度成長の中心であった時代を反映していました。

しかし、このところ、特に 2000 年以降の学生達は車を保有することの願望が薄いように見受けられます。大学が学部生の車通学を許可しないことや、親の経済状態の影響も少しは有ると思いますが、“若者の自動車離れ”と称されているように、人間としての生き方に関係した根本的な理由を若者は無意識に感じているのかも知れません。確かに乗用車は便利で、自家用車を所有することが一種のステータスとして評価されてきましたし、また GDP の拡大にも自動車産業が果たした貢献は大きいと思いますが、反面、車社会の弊害が大きくなってきていることにも目を向ける必要が有ります。慢性的な都市の道路交通マヒ、連休時の高速道路の渋滞に加えて、排気ガスや二酸化炭素の過剰な排出は道路周辺の環境悪化に留まらず地球規模の温暖化の一因となっています。成熟した社会では上手な車の利用方法が重要視される必要が有ります。鉄道等公共交通網が発達した地域における移動は乗用車ではなく極力公共交通機関を利用すべきでしょう。車の効用を否定している訳ではありません。その便利さに流されて、負の影響に眼を瞑る生き方はスマートではないと考えます。

4. あとがき

今回の東日本大震災の津波によって流された三陸の鉄道の復活を心配しています。気仙沼線や山田線など JR 所管部分については、企業の体力があり程なく復旧すると思いますが、第 3 セクターの三陸リアス鉄道については企業の経営基盤が弱く、自力での完全復旧は困難ではないかと案じています。地域の人々にとっては生命線とも言える生活路線の再建のために、政府や JR による財政的並びに技術的支援が望まれます。

研究ノート NN-11-09

技術雑感 13/ 跨座型モノレールの技術開発に関する記録簿

平成 23 年 5 月 10 日

西村宣男

概要: 1986 年頃から大阪モノレールの技術委員会に関わり, また委員会解散後も跨座型モノレールの技術を支えているメーカーやコンサルタントの技術者の方々と, 構造の合理化に関する検討を続けました. その際の思い出深い幾つかの逸話を紹介し, 研究記録として若い技術者の方々に引き継いで頂きたいと思います.

1. 単弦トラスドアーチ橋の耐荷力

大阪モノレール技術委員会(委員長 伊藤富雄阪大名誉教授)の最後の時期に南茨木駅以南, 柴原駅以西の本線伸延区間および万博記念公園から北進する彩都線の計画が議題となりました. その中で南茨木駅の次の沢良宜駅付近で中央環状線を越えるための支間長 m の橋梁はモノレール特有の特殊な形式(単弦トラスドアーチ橋)が採用されています. 筆者はその耐荷力評価を担当しました.

跨座型モノレールの大型橋梁では一般に主橋梁の床組の上に軌道桁が設置される構造となるため, 走行面から桁下までが高い構造となりますが, この橋梁ではアーチ橋の補剛桁と鋼製軌道桁を同一平面上に置き, 走行面を上下させることなく桁下空間の確保を可能にしています. すなわちアーチ補剛桁と 2 本の軌道桁の並列 3 箱桁の合成効果を考慮し, 補剛桁の桁高そのものも低く抑えています. 橋梁全てを鋼部材で構成された骨組構造としてモデル化し, 研究室で開発した NAFRAM と名付けた骨組構造の耐荷力解析ソフトを使用して, 部材の塑性化の拡がりを極限荷重に到るまで追跡しました. 全ての荷重組み合わせケースについて所定の安全性が確保されていることが確認されました. 単弦構造ではありませんが面外方向への不安定現象が発生することはありませんでした.

アーチ系橋梁の座屈・耐荷力に関する研究は大阪大学の得意とする分野で, 波田凱夫先生, 崎元達郎先生, 新家徹先生が学位論文を取得されています. 筆者は立ち入ることのない分野でしたが, この単弦トラスドアーチ橋の耐荷力評価を経験したことで, 大森邦雄氏(元横河ブリッジ)の学位論文指導に役立ちました.

2. 阪神・淡路大震災による損傷と原因究明

1995 年 1 月 17 日未明に阪神淡路大震災が発生しました. 震源より 40~50km 離れて立地している大阪モノレールでも, 地震による揺れにより幾つかの被害が発生しました. 周辺に設置されている強震計の記録を調べて頂いたところ, 地盤水平方向に 250gal~400gal 程度であったことが分かりました. 主な損傷は PC 軌道桁を支えている深礎杭の変形による数本

の RC 橋脚の傾き(小路駅付近), 駅舎の耐震連結板のボルトせん断破壊(南茨木駅), RC 軌道桁を支える支承部品の脆性破壊など(千里中央駅付近, 山田駅付近, 南茨木駅付近)で, 比較的軽微であったため, 地震当日は運休したものの, 翌日からは営業運転を再開しました. 橋脚が傾いたため軌道桁にも傾きが生じた区間は, その補修工事が終了するまでは徐行運転していました.

地震当日から数日たって, 大阪高速鉄道(大阪モノレール)の技術部長が風呂敷包に入れた損傷した支承部品を抱えて, 大学の研究室を訪ねて来られました. 支承部品とは PC 軌道桁の水平反力を橋脚に伝えるせん断キーで通称“ダボ”と呼ばれています. 断面 100mm×100mm の鋳鋼製でせん断強度としては 230ton 位は有りますから, 60ton の PC 桁に 1G 程度の水平加速度が作用しても十分な耐力が保証されていると考えられてきました.

明瞭な脆性破壊面を呈しているダボを見ながら, 破壊の原因を究明するための検討項目や実験について相談しました. すぐに気付いたことは 1)ダボの基盤と突出部の境界面で破壊していることから, 突出部の基部における応力集中がかなり大きいことが推定される, 2)地震力の効果は単純な重量×水平加速度ではなく, 衝撃的な作用であった可能性が有る, でした. 鋳鋼の衝撃力に対する基本強度も含めて実験と数値シミュレーションが計画されました. 実験及び数値解析項目は以下の通りです.

1) 鋳鋼材料の破壊靱性に関する高速衝撃試験機による実験

ダボの材料である鋳鋼を用いた標準供試体を対象として, 高速衝撃試験機による破壊靱性値を調べる実験を, 住友金属工業の波崎研究所の装置を借用して行いました. 破壊靱性値には温度が影響することが知られていますので, 常温と 0° C での計測を行いました. 0° C の計測は震災当時の気温に基づいています.

2) 実大供試体を用いた静的破壊実験

大阪モノレールの千里中央運転指令所にあった支承部品の予備品を用いて, ダボの静的な破壊実験を常温と 0° C の 2 ケース行いました. 併せてダボ突出部と基盤の境界における応力集中係数を低減するための形状改良品についても実験を行いました.

実験結果は, 現行品では 120ton (常温) 110ton(0° C)で脆性破壊が発生しました. 一方, 形状改良品では 220ton(0° C)程度となり応力集中による破壊強度の低下が小さいことが判明しました. この実験を通じて, 以下に述べる応力集中の影響が大きいこと, 地震時の脆性破壊はこの応力集中だけでは十分に説明できないことが明らかになりました.

3) ダボ構造の応力集中に関する数値解析

ダボの突出部基部の応力集中は, 研究室のアイソパラメトリック立体要素(20 節点)を用いた 3D 応力解析ソフトを用いて行いました. 設計で用いられた垂直応力についても塑性化に関わる相当応力についても応力集中係数は, 基盤から突出部への境界付近において 9~10 程度と高く, 脆性破壊の引き金の一つの原因であることが確認できました. 1978 年の宮城県沖地震の際に橋梁の沓に脆性破壊が見られたことから応力集中が高くなる鋭角的な断面変化を支承構造から除くように通達が出ていますが, 時の流れとともに忘れられていた注

意事項です。このダボ構造では面積が広い基盤から 1/3 程度の突出部に急変しており、応力集中係数をより高めています。

そこで基盤と突出部の境界面に溶接により 10mm アールを付けた物を形状改良品と名付けそのモデルの解析も行いました。応力集中係数は現行品の約 1/2 以下に低減しました。この応力解析は当時大学院生であった池端文哉氏(現パシフィックコンサルタント)の貢献が大でありました。

4) 橋梁システムの地震時における衝突解析と衝撃力の評価

ダボの応力集中だけでは地震時の脆性破壊を説明できないことから、地震時の力の作用について調べることにしました。ダボの破壊が発生した箇所は異種の構造、すなわち一般的な RC 橋脚上の PC 軌道桁間ではなく、駅舎や分岐桁等の特殊構造物と一般軌道部との境界にある支承であることから、地震応答振動の位相差により 2 つの構造の相対変位が大きくなり、激しい衝突現象が生じた可能性が考えられました。隣り合った跨座型軌道桁の遊間は 30mm しかなく、橋軸方向の衝突が発生する可能性が大きいのです。

解析モデルは駅舎—一般軌道桁—分岐桁が連続する区間の下部構造を含めた上部構造(この箇所で脆性破壊が発生)と、一般軌道桁が連続する区間(基礎の剛性を変えている)を選びました。入力地震波は JR 新大阪駅の観測記録で最大加速度を 400gal に調整致しました。

一般軌道桁では、応答は固定支承側の橋脚の変形による 1 次モードが卓越していますが、隣り合った橋梁の基礎剛性の相違により、10 周期辺りから位相差が大きくなり 2 回の衝突が発生しました。衝突衝撃力は 60ton 程度で、脆性破壊を発生させるには不十分です。

一方、駅舎を含む構造系では、下部構造の相違により入力開始から間もなく衝突が発生し、その回数は 10 回を越えました。衝突衝撃力は最大で 160ton を越え、静的実験の結果を十分に超える結果となりました。

5) 検討結果の実構造への反映

以上の実験や解析を総合して、耐震性に優れた支承構造とするため

- ・ダボの基盤から突出部の断面変化部に適切なアール(10mm)を付けて応力集中を緩和する。
- ・固定支承の位置決めのための調整くさびを、鋼製から薄い鋼板と強化ゴムを張り合わせた積層板に替えることにより、衝撃力を吸収する。

の 2 点の提言を行いました

大阪モノレールでは地震によって損傷した支承のダボのみ溶接によるアールを付けた形状改良品を用いて補修しましたが、緩衝効果のあるくさびに取り替えることは見送られました。

3. 沖縄のモノレール(ゆいレール)

阪神・淡路大震災の後、沖縄の那覇市に空港から市街地を經由して首里城を結ぶ新交通

システムの建設が本格化しました。採用された形式は大阪モノレールと同様の跨座型モノレールで、前述の研究グループで開発した支承構造の採用を沖縄県庁の担当者に勧めるために 2 回訪問し、県庁の多数の関係者の前で講演会を 2 回行いました。幸い沖縄で採用されることになり、研究開発の努力が報われることと、沖縄のモノレールでは地震時に阪神・淡路大震災で発生したような支承構造の破壊は発生しないことの大きな喜びが味わえました。

那覇市内の跨座型モノレールは“ゆいレール”と名付けられ、市民や観光客に利用されています。沖縄では、以前はサトウキビを積みだすための軽便鉄道があったようですが、新たにモノレールの開業によって那覇市内は近代都市としての景観が見られるようになったこと、沿線の再開発が加速されたことなど、良い影響がうかがえるようです。将来、普天間までの伸延の計画が有るように窺っていますが、筆者の元気なうちに実現することを願っています。

沖縄では 3 度、海釣りを経験しました。一番印象深いのは沖縄島から 50km ばかり南東にあるパヤオ(漁礁)でキハダマグロ、カツオなどを狙った釣行です。大漁の釣果を那覇の郷土料理店に持ち込んで宴会を開いたのも懐かしい思い出です。

4. 大阪モノレールについて

地震被害の原因調査の後も、跨座型モノレールに関する研究は関係組織の方々と研究会を組織して継続しました。現在の跨座型モノレールは 20m~22m の支間長の PC 桁が主流であるため橋脚が林立し、都市景観上好ましくない。そこで軌道桁の支間長を約 2 倍の 40m 程度に上げ橋脚本数を減少させるための合成構造軌道桁の開発に取り組みました。

課題のひとつに、走行面を兼ねるコンクリート断面の幅が 500mm に制限されるためコンクリート断面と鋼桁断面の比が道路橋の合成桁に比べて小さく、従って温度変化やコンクリートの乾燥収縮によるコンクリート部分の応力変化がより厳しいことが挙げられます。この課題を解明するために、研究会会員の工場のスペースを拝借し、40m の実大合成桁模型を作製し、各種の計測と施工性の検討を行いました。コンクリート打設時の硬化熱による温度応力、日射による温度応力、乾燥収縮による応力変化、コンクリートのひび割れなどについて 2 年程度に亘り観測が続けられました。跨座型モノレールの合成構造軌道桁の可能性を否定するような計測結果は観測されませんでした。構造の合理化をより一層推進するために、例えば近年開発されている高強度・高耐久性のコンクリート新材料の活用などについて、技術革新を続けることも必要でしょう。残念ながらこの構造の採用は実現していませんが、新しい路線や伸延区間での活用を望んでいます。

また跨座型モノレールの走行振動はゆりかもめや南港ニュートラムのようなゴムタイヤ式 AGT に比べてやや大きいように感じますので、数値シミュレーションや現地観測によってこの問題の解明にも取り組みました。この課題は神戸大学に行かれた川谷充郎先生にお

願いました．1 車両当たり 10 自由度を持つ振動体の 4 両編成が軌道桁上を走行する時の車両変位や加速度を調べ，乗客の乗り心地について調べました．結果は車両系の乗り心地に関する規準における制限値以内に収まっていました．またこの研究は，地震時における跨座型モノレールの走行安定性に関する研究にも引き継がれました．

大阪モノレールは，現在開業している門真市駅から中央環状線沿いに久宝寺地区を経て堺市に到る南進計画があります．軟弱地盤が多いこの地区では，深礎杭による多数の RC 橋脚を並べるより支間長を飛ばした合成構造の方が経済的ではないかと考えています．

残念ながらこの南進計画は JR 西日本の大阪東線と競合するとの理由で，建設実施が遅れています．

大阪モノレールでは重要な課題があります．現在，大阪空港から門真市駅までの 21.2 km は，営業距離が世界一と称していますが，現在の所要時間は 36 分かかります．門真市駅から堺市まで延長すると営業距離が 40km を越えます．そうすると現在の最高時速 70km を超える高速化が求められます．あるいは各駅停車だけでなく急行運転も必要となるかも知れません．そのためには東京モノレールで開始された待避線を有する駅舎構造を導入することも考える必要が有るでしょう．

大阪モノレールは，開業当初，乗車率の低さが問題とされていましたが，大阪空港までの延伸や沿線の事業所の増加とともに，特に通勤時間帯の乗客が増えてきたようです．筆者も阪大病院に通うために月に 3 往復程度は南茨木－阪大病院前間のモノレールを利用するようになりました．

研究ノート NN-11-15

技術雑感 14／震災対応で再び問われる企業倫理

平成 23 年 6 月 25 日

西村宣男

概要：東日本大震災の発生から 100 日経ちました。本来、復旧から復興に向けての槌音が鳴り響くはずのこの時期においても、民主党政権の対応は鈍く、罹災地からの不満の声が挙がっています。今回はこの震災対応でクローズアップされた企業倫理について、論じてみようと思います。

1. 電力会社の閉鎖性

東日本大震災に付随して発生した福島第 1 原発の事故以来、電力各社にとっても原子力発電に対する対応策を長期的視点に立って再考することが求められています。我が国において原子力発電が始まったのは、1963 年の東海村動力試験炉ですが、商用炉は 1970 年の関西電力美浜原発、さらに今回事故が発生した東京電力の福島第 1 原発が 1971 年に始まっています。

大学における原子力開発研究はこの動きと連動しています。大阪大学では 1957 年に工学研究科に原子核工学専攻が設置され、さらに 1962 年に原子力工学科が誕生しています。発足して間もなく工学部の中では入試難易度に関して筆頭学科となりました。当時は社会的にも期待される産業分野であったからでしょう。しかし 25 年後のチェルノブイリ原発の事故(1986)を契機として原子力工学科の人気は一挙に低下し、工学部 23 学科の最下位を船舶海洋工学科と争う状態に陥りました。大学重点化の構想の中で原子力工学科は電子情報エネルギー系として電気系と組んでおりましたが、居心地は良くなかったようで、2005 年には建設系を離脱した環境工学科と組んで環境エネルギー工学科となりました。環境工学科は土木や建築の後始末はご免被りたいと建設系から離脱したのですが、今度は原子力の後始末かと揶揄しておりましたが、現状は原子力とは無関係な教育研究が行われているようです。

少し脱線しましたが、本筋に戻ります。1960 年代は総発電量に占める水力発電の割合が高く、電力会社にとって社会的対立はダムによって水没する山間部の住民対策位でしたが、産業を含む社会活動の発展のために電力量の飛躍的拡大が国是となり、火力発電や原子力発電への依存度が増加して行きました。それとともに発電所周辺の住民等による火力発電による排気ガス公害や原子力発電における放射能漏れを懸念する反対運動が盛り上がったため、電力会社の対外対応が変わって来たように感じています。

筆者が関係した一つのエピソードを紹介しましょう。電力会社の送電鉄塔の多くは電縫鋼管部材に用いたトラス構造ですが、海岸に近いルートでは部材の腐食が激しく、孔食による部材座屈強度の低下が懸念されていました。この問題を電力会社と共同で研究するこ

とになり, 問題点の整理と研究の進め方について協議しました.

送電鉄塔の設計は電気学会の規準に準拠しており, 基礎データは日本建築学会がサポートしたように思います. 電縫鋼管は STK400 材の熱間ロールしたコイル材を冷間成形により巻き戻し(アンコイルング), 平坦化(レベリング), 成管(コイルング)および整形(ストレッチング)の塑性工程を経て製造されるので, STK400 の本来の降伏応力度とは大きく異なっています. 土木分野では電縫鋼管を構造部材としては用いないので, データが有りません.

そこで先ず電縫鋼管の材料特性を調べる研究¹⁾から取り掛かったが, 電縫鋼管の製造ラインごとに工程が少し異なるので, 我が国の全ての製造会社のラインにおける塑性履歴を追跡しました. 結果的には整形工程(ストレッチング)で受ける塑性加工の影響が卓越することから, 見かけの降伏強度は全てのラインで大差ないことが分かりました. 公称降伏応力度 235MPa の STK400 材は鋼管に塑性加工される時, 見掛けの降伏応力度は 370~390MPa に上昇しておりました. 電気学会の規準では電縫鋼管の降伏応力度は STK400 の塑性加工前の値を用いていますので, 中程度の細長比の部材であれば座屈強度が過小評価されていることになります.

孔食被害を受けた部材の座屈強度の評価を基本として, 腐食パターンの分類と維持管理面における腐食程度の判定法などを纏めました, 研究成果を公表する段階になって, 電力会社から, この研究は送電鉄塔を対象としていることが分からないように表現して欲しいと言う要望がありました. 電力関連施設で社会的に問題となるような事柄はオープンにしたい電力会社の姿勢に呆れかえりました. 研究費を電力会社から貰っている訳でもないこと, 現行のスペックで曖昧な箇所を修正し, 維持管理のための資料を提供していることに對し受け入れ難い要望であることから, 研究論文²⁾は電力会社を除いた研究グループとしました. 腐食による部材座屈強度の低下は規準において座屈強度評価をかなり安全側に評価していることによってカバーされていることが分かりました.

電力会社の姿勢は第三者から説明が求められる可能性が有る情報については, 極力外部に漏らさない方針を取っており, 説明責任(アカウンタビリティ)や法令順守(コンプライアンス)が重視されるようになってきた現在の社会動向とはかけ離れた企業体質を持つようになったことに聊か心配しております.

2. 鉄道会社の社会性

我が国の鉄道会社もピンからキリまでありますが, ここでは旧国鉄を引き継いだ JR 各社を対象とします. 中曽根首相のとき(1987)に, JR 貨物を含めた 7 社に分割民営化されましたが, 30 年を経過してようやく各社の特色が現れてきたように感じています.

JR 西日本は信楽高原鉄道(1991)と福知山線(2005)で 2 つの大きな列車事故を経験しました. 事故原因が自然災害や第 3 者が関与するものではなく, 鉄道会社の内部事情によるものであるところに, 鉄道会社の安全に対する取り組み(企業倫理)が厳しく問われることになりま

した。

JR 北海道は不採算路線の大胆な切り捨てに対する住民の不評を在来線の高速化を中心とした近代化でカバーしているように見ておりましたが，つい先日，石勝線の車両火災事故が発生しました。危うく大惨事に至る可能性もありましたが，幸運にも人的被害は免れましたが，緊急時の対応マニュアルの不備が指摘されています。

JR 東海は好調な東海道新幹線を抱え，またリニア新幹線計画も実現性を帯びて JR グループの中で最も注目を集めています，近い将来に発生が予測される東海大地震の際に予測される甚大な被害が心配でなりません。その影響は阪神淡路大震災における山陽新幹線の被害・復旧と経済的影響や，今回の東日本大震災における東北新幹線の被害・復旧と経済的影響に比べはるかに深刻であることが予想されるからです。筆者は JR 東海を現役の頃は年 50 往復以上も利用してきました。電子情報化が進んだ現在，JR 他社が車内検札を原則廃止しているなかで，JR 東海のみ一貫して車内検札を続けています。卒業生の JR 東海社員に聞くと社長の方針とのことですが，検札に掛る車掌の負担を軽減し，その分，社内の安全保持に重点を置いたらと考えるのは筆者だけでしょうか。

JR 九州は独自の営業戦略を持っているように感じています。今春開業した九州新幹線だけでなく各種の個性的な観光列車を走らせて，観光客の誘致に熱心に取り組んでいます，リピーターや外国人観光客を引き付けるような地元自治体や観光産業との一層のコラボレーションが必要ではないかと考えます。

JR 四国は他の 5 社に比較して利用者数の絶対数が少なく厳しい営業状態が続いています。四国内の観光地を巡るツアーも殆どがバス利用で JR を利用するツアーは少ないように感じています。JR 四国の技術のトップにいる教え子は分割民営化の際に，出身地が四国に近い岡山であるとの理由でただ一人 JR 四国に配置された不運な人(本人談)ですが，都市部の高架化などで頑張っていることが伝わってきます。

さて，今回の大震災の被害を被った JR 東日本についての評判ですが，首都圏を中心に関東・東北・甲信越の広範囲に事業を展開し，東北新幹線を始めとした新幹線網，私鉄や地下鉄との相互乗り入れを含む首都圏の電車網の完成など，技術面と営業面における発展には敬意を払ってきました。しかし今回の大震災の当日，首都圏の中心地域に 10 万人を超える帰宅困難者が彷徨っているなかで中心駅において一般人を排除してシャッターを降ろしたと聞き，鉄道企業の社会的責任が十分に理解されていないことに聊かがっかりしました。鉄道各社は営業時間が終了した夜間はシャッターを降ろして，浮浪者のねぐらとなることを排除するようになっています。そのような日常的な状況と多数の帰宅困難者が発生した大震災時に同一のマニュアルで対応することは間違っているとは思いませんか。正確な情報ではありませんが，私鉄各社は終夜開通に向けてシャッターを開いていたこととの対照に愕然と致しました。緊急時の対応マニュアルについて予め関係機関と協議しておくことの重要性が，今回の大震災で分かりました。

3. 高速道路株式会社の社会性

東日本大震災による高速道路の被害は比較的軽微で、早期に復旧が完了して、罹災地域への救援物資や復旧資材の運搬に貢献できたように思います。ただ路面の不陸等を完全に補正することなく車両の通行を認めたために、通行車両の振動が大きく、走行車からの貨物の落下が多かったようです。後続車が落下物に衝突したり、落下物を避けようとして急ハンドルを切ったためと考えられる車両事故が発生したようです。救援物資等の輸送は緊急を要するため、高速道路の不陸を生じた路面の補修を完全な水準で確保することは困難であると思いますが、路面不陸の程度に応じた速度規制等についても細かい配慮が必要ではないかと考えます。

本来、震災とは無関係ですが、高速道路の料金の問題がマスコミを賑わしました。6月19日をもって土日の上限1,000円割引や料金無料化の社会実験は終了となりました。変わって罹災地の住民や復興支援の車両を対象とした地域的無料化がスタートしましたが、民主党政権の選挙公約に振り回された感が有り、料金制度の変更の皺寄せで営業を廃止せざるを得なかった中小の汽船会社やフェリー会社に対する救済措置等が取り残されているように思います。筆者が愛用していた明石-岩屋間のたこフェリーが廃止になりました。このルートは元は明岩フェリーと称した道路公団経営の路線で、混雑時には5時間待ちになるほど賑わったフェリーでした。明石海峡大橋の開通で最初の打撃を受け、さらに土日の高速道路通行料上限1,000円の試行は、この零細企業に決定的なダメージを与え廃止に至ったようです。たこフェリーの廃止と相前後して明石港と富島港を20分で結ぶ高速艇ジェノバラインも廃止されました。富島は筆者の淡路島における海釣りのホームグラウンドで、この航路も良く利用していました。こちらはたこフェリーとは異なり車両は運びませんが、明石海峡大橋の開通によるバス路線の拡大や、阪神淡路大震災で罹災した富島の復興事情が、必ずしも民間の高速船事業の支援に繋がらなかったことが原因ではないかと考えています。

高速道路(株)については、今回の大震災において社会から批判されるような対応は無かったと思いますが、高架道路を中心とした大都市の高速道路や、大地震の発生確率が高い地域の高速道路の地震対策に関する対応は、今の内に幅広く進めておくべきでしょう。

4. 社会的使命を担う企業の倫理観

社会インフラの建設・維持管理・運営を担う公益企業は、元々は半官組織でありました。行政組織の効率化のために、電力会社、国有鉄道、日本道路公団、日本電信電話公社など次々と分割民営化され、民間会社になりましたが、社会インフラを維持する名目で、一般民間会社とは異なり、様々な優遇措置が与えられています。従って、一般営利企業とは異なる企業倫理が求められます。このような企業の第1の目的は国民の福祉向上に寄与する

ことであり，企業の内向きの都合が優先されてはならないのです。

それぞれの公益企業が正しい企業倫理を確立できているか否かは，今回の大震災のような緊急時に明白になってきます。一般営利企業ですら社会貢献が求められるこの時代において，公益企業の社会性を糺すことが重要ではないかと考えます。そのためには予め色々な局面を想定し，公益企業として取るべきパフォーマンスを整理しておくことが必要となります。“想定外”は免罪にはなりません。

参考文献

- 1) 西村宣男・竹内修治・村上茂之・讃井一将：電縫鋼管の製造工程における降伏応力度の変化と残留応力，鋼構造論文集，Vol.4，No.13，1997.
- 2) 西村宣男・竹内修治・村上茂之・田淵敦彦・伏見義仁：断面に欠損を生じた縁径鋼管部材の残存強度の評価法，鋼構造年次論文報告集，Vol.9，2001.