

2008年度土木構造技術者のための講習会(6月3日開催)

橋梁用高性能鋼材 加藤講師への質問と回答

質問1	高性能鋼の使用について、はだか使用と安定化処理はどのように使い分けるのか？
回答	主に景観上の目的ですが、流れさびの防止をしたい場合は安定化処理、特に流れさびの問題がなければ裸使用と考えています。耐候性については、最終的には同じレベルになると考えています。
質問2	高性能鋼材の単価について
回答	通称物価版(版という字はどう書くか分かりませんが)とされている建設物価を見ていただければ、オフィシャルな価格は分かると思います。多分、会社で積算関係に携わられている方にお聞き頂ければ詳しく分かると思います。
質問3	市街地における横断歩道橋への耐候性鋼材の適用について 一般に耐候性鋼材の仕様が可能なサイトで、横断歩道橋に耐候性鋼材は適用できるのでしょうか？ ○鋼材使用量が少ない ○歩行者の手にふれやすく、保護性さびの形成に難あり ○景観面からも？ (ラスコール 500等を使用すれば対応は可能か？)
回答	飛来塩分量が0.05mdd以下と見なされている地域であれば、裸使用はできると考えています。ラスコールでは一旦被覆されますが最終的には保護性さびが形成されます。保護性さびは触れば手に付きますが、実際に歩道橋にも耐候性鋼は使用されているので、手で触られるといっても、保護性さびが脱落しつってしまうような事態はあまり考えられないと思います。ご質問にある鋼材使用量が少ない、というのは申し訳ありませんが意味が分かりません。誠に申し訳ございませんがご了承下さい。
質問4	BHSが橋梁用鋼材として高い性能を有している事は理解できました。一方、「米国鋼橋市場動向調査報告書」にはHPSと呼ばれる高性能鋼材について紹介されています。利用技術推進体制を見ると米軍も参加していることから土木、建築に限らず多分野に渡って使用可能な鋼材という理解でよろしいでしょうか？ また、BHSと具体的に何が大きく異なるか教えていただけると助かります。
回答	BHS 500, 700に相当するHPS 70, 100を比較すると、降伏点、シャルピー、サルファ、予熱温度の緩和(=Pcm)など、BHSの方が少しづつ優れています。BHS鋼はHPS見本として日本で制定した規格です。日本の橋梁用鋼材への要望を考慮し、従来の60キ口鋼(SM570)に対して高強度化を図るとともに、50キ口鋼(SM490Y)と同等の加工性(溶接性、施工性)を兼ね備えた鋼としています。BHS鋼は橋梁用途を念頭に開発された鋼で、要求特性も橋梁用を前提として設定されています。ただし、要求特性を満たせば他の需要分野への適用も考えられる鋼です。

2008年度土木構造技術者のための講習会 (6月3日開催)

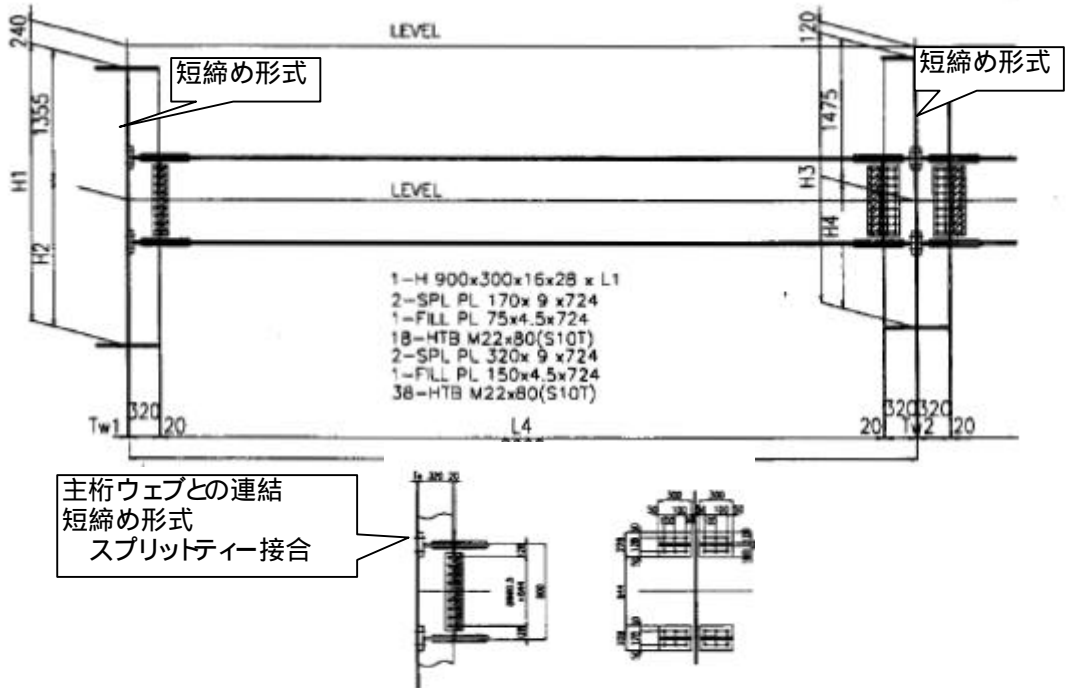
橋梁用高性能鋼材
柳沼講師への質問と回答

質問 1	耐候性鋼材の突合せ溶接について、さび安定化への影響を教えてください。								
回答 1	耐候性鋼材には耐候性鋼材用の溶接材料が使用されます。周知のとおり、耐候性鋼には5元素のほか、Cu、Cr、Ni等が添加されており、JIS規格にその添加量が規定されています。耐候性鋼材用の溶接材料についても、JIS規格により、溶接方法別に化学成分の添加範囲が規定されており、鋼材と同様なさび安定化が期待できます。 以下に耐候性鋼材および耐候性鋼用溶接材料のJIS規格における化学成分規定の抜粋を示します。 なお、JIS規格ではありませんが、高ニッケル系耐候性鋼材用の溶接材料についても、各溶材メーカーで開発されています。								
	耐候性鋼材JIS規格 (JIS G 3114)								
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni
	SMA400AW SMA400BW SMA400CW	0.18以下	0.15 ~ 0.65	1.25以下	0.035以下	0.035以下	0.30 ~ 0.50	0.45 ~ 0.75	0.05 ~ 0.30
	SMA490AW SMA490BW SMA490CW	0.18以下	0.15 ~ 0.65	1.40以下	0.035以下	0.035以下	0.30 ~ 0.50	0.45 ~ 0.75	0.05 ~ 0.30
	SMA570W	0.18以下	0.15 ~ 0.65	1.40以下	0.035以下	0.035以下	0.30 ~ 0.50	0.45 ~ 0.75	0.05 ~ 0.30
	耐候性鋼用被覆アーク溶接棒JIS規格 (JIS Z 3214)								
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni
	DA5016W DA5816W	0.12以下	0.90以下	0.30 ~ 1.40	0.040以下	0.030以下	0.30 ~ 0.70	0.45 ~ 0.75	0.05 ~ 0.70
	耐候性鋼用炭酸ガスアーク溶接ソリッドワイヤJIS規格 (JIS Z 3315)								
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni
	YGA-50W YGA-58W	0.15以下	0.30 ~ 1.20	0.70 ~ 1.80	0.030以下	0.030以下	0.30 ~ 0.60	0.50 ~ 0.80	0.05 ~ 0.70
	耐候性鋼用炭酸ガスアーク溶接フラックス入りワイヤJIS規格 (JIS Z 3320)								
		C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni
	YFA-50W YFA-58W	0.12以下	0.90以下	0.50 ~ 1.60	0.030以下	0.030以下	0.30 ~ 0.60	0.45 ~ 0.75	0.05 ~ 0.70
耐候性鋼用サブマージアーク溶着金属品質区分 JIS規格 (JIS Z 3183)									
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni	
S502AW S582AW	0.12以下	0.90以下	0.60 ~ 2.20	0.030以下	0.030以下	0.30 ~ 0.60	0.45 ~ 0.75	0.05 ~ 0.70	

質問 2

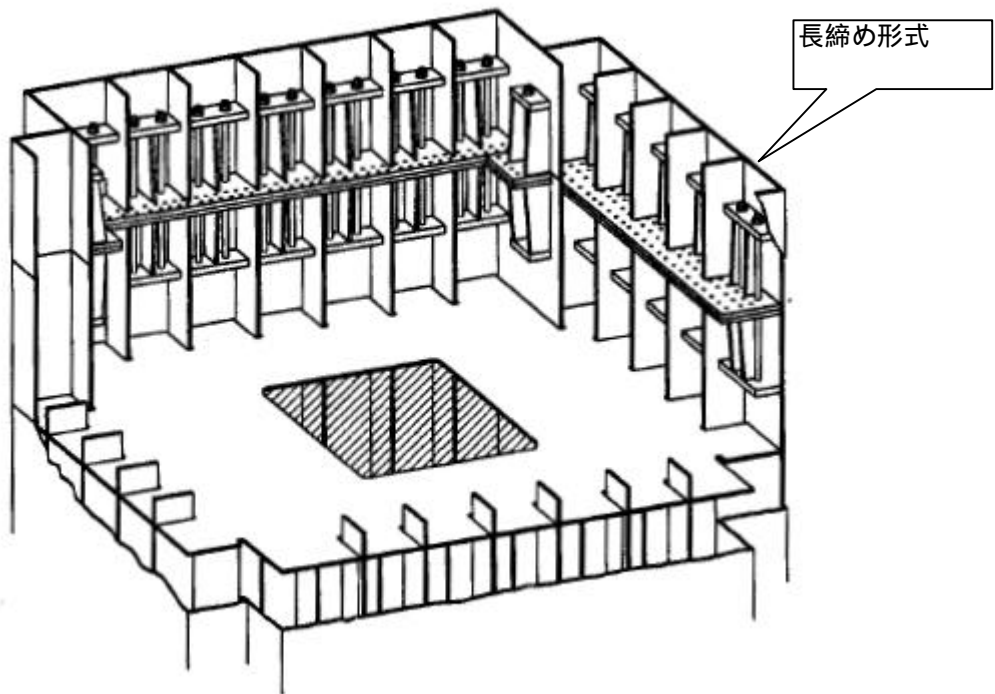
高力ボルト引張接合、短縮形式、長縮形式が橋梁において具体的にどこで使用されているか。違いがよく分からない

(1) 短縮め形式 主桁と横桁の取り合い部など



回答 2

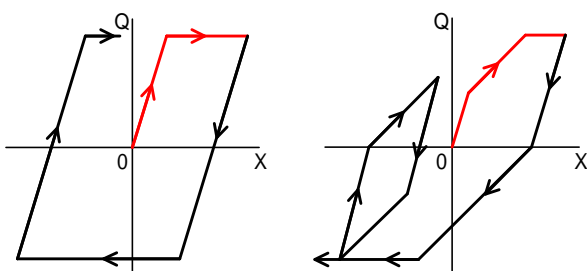
(2) 長縮め形式 主塔の水平継手など



【参考文献】 日本鋼構造協会 橋梁用高力ボルト引張接合設計指針 ,JSS 05-2004

鋼構造物の耐震 制震性能設計

矢部講師への質問と回答

質問1	バイリニアモデル、トリリニアモデルとはどんなモデルですか？
回答	<p>構造物や構造要素 (部材) に荷重が作用し変形していく過程で示す性質を、復元力特性という。具体的には、弾性域では剛性、非弾性域ではひびわれの発生や各部が順次降伏する等が原因で生じる剛性の低下や最大耐力と最大耐力後の変形による耐力低下の性状などを表す荷重と変形の間係をいう。荷重には、一方向に漸増するものや、地震動のように正負に大きく変化しながら繰返し作用するものもあり、作用する荷重によっても復元力特性は異なってくる。一方向に漸増する荷重に対して構造物や構造要素が示す荷重 - 変形関係 (復元力特性) を、骨格曲線という。また、地震のような繰返し荷重に対して構造物や構造要素が示す荷重 - 変形関係 (復元力特性) を履歴曲線という。実際に動的解析等に用いられる復元力特性は、図-1に示すように骨格曲線 (赤色) と履歴曲線から構成される。</p> <p>図-1の(1)に示すように、荷重と変形の間係を2本の直線 (弾性域の剛性と非線形域の剛性の2つで表現) で表したものをバイリニアモデル (bilinear:2本の線の) 、図-1の(2)に示すように、荷重と変形の間係を3本の直線 (弾性域の剛性と非線形域を2つの領域に分けた2つの剛性の3つで表現) で表したものをトリリニアモデル (trilinear:3つの線の) という。</p> <p>繰返し荷重に対するバイリニアモデルとトリリニアモデルの履歴曲線については、道路橋示方書 耐震設計編, pp.338-339を参照してください。</p> <div style="text-align: center;">  <p>(1)バイリニアモデル (2)トリリニアモデル 図-1 復元力特性 (骨格曲線と履歴曲線) の一例</p> </div>

質問2	道示耐震設計編の耐震性能の3つのレベルの違いがわかりにくい。違いを具体的にイメージする方法はありますか？
回答	<p>講習会でも述べましたが、耐震性能1を除けば、専門家でも耐震性能2や耐震性能3を、具体的に説明するのは難しいと思います。そのような試みをしているものとして、講習会で紹介しました阪神高速道路京都高速の‘京都高速道路の地震に対する取り組み’があります。是非、みてください (http://www.kyoto.hanshin-exp.co.jp/d_machi/d-3.html)。</p>

質問3	<p>多くの論文やテキストを見ると、橋梁用ゴム支承は免震効果が高く有用であるとの記載があります。しかしながらゴム支承は時間経過に伴って鉛直変位 (長期荷重により生じる) が増大し、伸縮装置部を車両が走行する際の衝撃が大きくなるといった報告も耳にします。</p> <p>その結果、衝撃による損傷で床版が早期に劣化することになります。一方、鋼製支承は長期的な鉛直変位はゴム支承よりも小さいため、衝撃による損傷は小さいとされています。</p> <p>これらを考えると、鋼製支承に耐震性能を与えた支承形式は存在しないのでしょうか。</p>
回答	<p>ゴム支承にも、いろいろなゴム支承がありますが、ここでは、ゴムと鋼板を重ねた積層ゴム系の支承を対象にお答えします。また、想定する橋梁も、一般的な高架橋を想定してお答えします。</p> <p>1995年兵庫県南部地震の被災を受けて、鋼製支承からゴム系支承へ道路橋の支承構造は大きく変わりました。確かに、初期のころは、ゴム系支承にしたために、交通車両による桁の振動が大きくなったという報告もあったようですが、現在のゴム系支承はそのような点も踏まえて、設計・製作されています。また、機能分離型の支承のように、鉛直方向の支持機能は鋼製すべり支承、水平方向の支持機能はゴム系支承でという工夫も数多く採用されています。</p> <p>鋼製支承は、従来型のように力に耐えるだけの支承ですと、その規模が大きくなり、使用される橋梁も限られてきます。機能分離型の支承のように、鋼製支承とゴム系支承の良いところを生かしお互いを補完するような形の支承が、質問にある支承に近いのではと思っています。</p> <p>何れにしても、地震後の輸送機能を確実に確保するためには、支承や伸縮装置に更なる技術開発が必要だと思います。</p>

質問 4	<p>近年、耐震補強工事として長大橋（トラス、アーチ、吊橋等）などの大規模工事が多くなっています。これらの長大橋の耐震設計には、オイルダンパーやダンパーブレスなどの制震部材を併用している設計が見られます。しかし、これら制震部材を用いた設計方針や手順について道示でも詳細は記述されていないため、以下の点について困惑することがあります。</p> <p>構造モデルの設計条件（節点条件、非線形特性、減衰 等） 設計時の留意点（例として、アーチ橋に座屈拘束ブレスを使用した際の継手構造の設計など） 解析、設計計算結果の着目点</p> <p>以上の点について、参考となる文献などありますか？</p>
回答	<p>ご指摘のとおり、ほとんどがメーカーの資料しかなく、私も何時も悩みます。制震部材や制震装置は、土木分野よりも建築分野で実績が多く、歴史も長いので、日本建築学会の論文集等に、貴重な実験結果等が報告されています。</p> <p>また、全て建築分野ですが、次のような書物もあります。</p> <p>1) (社)日本構造協会の「履歴型ダンパー付骨組の地震応答性状と耐震設計法(1998.9)」 2)和田先生達が書かれた「建築物の損傷制御設計」丸善、平成10年9月」 3)井上先生が書かれた「建築鋼構造の理論と設計」京都大学出版会、2003.8.」(改訂版が鹿島出版会から建築鋼構造 - その理論と設計 というタイトルで出版されている。)</p> <p>橋梁分野では、(財)土木研究センターの道路橋の免震構造研究委員会が、免震支承と制震装置を対象に、マニュアルを作成する予定です。まだ、時間はかなりかかります。</p>

2008年度土木構造技術者のための講習会(6月3日開催)

鋼構造物の架設 金子講師への質問と回答

質問 1	<p>現在、曲線半径の小さい(R < 700)連続合成 2主鈹桁を検討しています。 床版は場所打ちの PC床版を考えています。</p> <p>設計における問題点、架設における問題点があれば教えて下さい。</p>
回答	<p>2主鈹桁橋で曲率半径の小さい施工例を調べましたところ、一番小さな曲率で R = 700m の竹原橋 (JH大阪建設局 山陽道) がありました。本橋の諸元を記しておきます。(普通は 1000m 以上です)</p> <p>施工時期 : 平成 11 年 6 月 ~ 平成 13 年 5 月 (内 床版工事の期間は平成 12 年 7 月 ~ 平成 13 年 5 月)</p> <p>橋梁形式 鋼 7 径間連続 2 主桁 (41.2 + 5@54.0 + 41.2) 幅員 9.4m 床版厚 30cm 床版支間 6.0m 張出長 2.2m</p> <p>コンクリート諸元 : 強度 40N/mm² W/C44.0% スランプ 11.0cm 早強 膨張剤</p> <p>工法 移動型枠 (1 台) 工法 ジャッキアップ・ダウン併用</p> <p>受注会社 : アルス製作所 移動型枠を保有していないので協力会社は川重か</p> <p>いずれにせよ、一番難しい施工法を採用しているので、ひびわれの発生がないという前提で、出来る出来ないの話はありません。</p> <p>周知の通り、2主鈹連続桁橋は、早強・高強度コンクリートの使用上から水和熱・乾燥収縮を検討し、さらに PC 緊張応力・打設時のステップ毎の応力度の変化などを考慮して設計施工しなくてはなりません。今回のように曲率要素が入ってくると、それらの検討に加えて捩れ・変形の要素も付加して検討しなければならないでしょう。(完成系・架設系) ここでいう完成系とは、全長にわたって一日で打設されることはないでしょうから、厳密には架設系を考慮した完成系ということになると思います。</p> <p>少しでも、現場が楽な床版を選択すれば、発熱・緊張の要因が工場で完了しているループ継ぎ手を持つプレキャスト床版が挙げられます。ただし、15 程度の床版ブロックを施工できる重機の上架が鈹桁(非合成)で問題なければなりません。ただしコスト面では輸送費の分は割高にはなりません。工程短縮条件が付加すれば採用すべき床版形式です。</p> <p>場所打ちには、移動型枠工法と固定型枠工法がありますが、最近は固定型枠が主となっており、ねじれの要素を勘案すると固定型枠工法がよいと考えられます。場所打ち打設で小さい曲率となると片勾配が伴いますので、内側(低い方)から打設しなくてはなりませんが、打ち継ぎ目の時間間隔を考えてコールドジョイントの発生を防ぐ必要はあります。</p> <p>その他、壁高欄施工時に床版からの拘束を受けて、乾燥収縮によるひび割れの影響は避けて通れません。収縮の時期に膨張が期待できて応力が打ち消しあう膨張材の使用は不可欠と考えます。</p>

2008年度土木構造技術者のための講習会(6月3日開催)

鋼構造物の維持管理
阿部講師への質問と回答

質問1	さび外観評価基準(案)により、評価2・1となった耐候性鋼橋梁について、これまでの補修実績を教えてください。
回答	さび外観評価基準(案)の「評価2.1」のものに対する補修実績とのことですが、私自身が直接関与したものでの実績はありません。むしろ、他の講師の方がいろいろ実績を持っておられるのではないのでしょうか。
質問2	現状で実際に橋梁の点検を行っているのは、どのような業種の技術者ですか？ 管理者(自治体)?、コンサルタント?、建設会社? (橋梁メーカーに勤務していますが、当社では、点検業務をしていない現状です)
回答	管理箇所によっていろいろなケースがあるようです。最も多いのは鋼橋では製作したメーカーにお願いするケースと設計コンサルタントにお願いするケースが多いようです。最近では、「責任」という面と「部内人材の活用」という面から、直轄での検査に力を入れようとする動きが出てきています。これは歓迎すべきことだと思いますが、現時点では「技量と経験」面で課題もあるようです。 今、課題となっている長寿命化とか予防保全といった面で、検査で重要なのは、単に損傷を探すことだけでなく、安全性とか耐久性といった「性能」を把握することが重視されるようになります。そのためにはそれなりに設計能力とか製作・施工技術に関する知識や経験が必要になります。また、予防保全が重視されると、「身近でこまめな」対応も必要になります。特に、点検・検査は物の使用量で出来栄が決まるのではなく、中身に対する信頼性といった無形のものが出来栄えになるのです。その場合は、手間に関する負担を十分に考慮した契約も重要になってきます。これも今後の課題と考えます。
質問3	今年度、小支間橋梁を対象に現状劣化状況を把握するため、ひずみ、振動数を計測し、将来的には安価なモニタリングシステムを提供したいと考えています。 しかしながらファブリケータ側としては、計測だけでは利益を上げることができず、モニタリングを実施するにあたり、社内説明も非常に困難でした。阿部講師としては、どこが出資し、民間としてはどのように関わっていけばよいとお考えでしょうか？
回答	新技術の導入による事業化については今後重要になるとは思いますが、半面、大変大きな課題といえます。現時点ではそれぞれがいろいろ模索している段階ではないかと思えます。私自身も適切な体制がよいか取り組んでいる最中としか言いようがありません。その中で、私に取り組んでいることについて項目だけ触れてみます。 ① センシングやモニタリングのハードシステムの「販売に徹するのか、管理業務を含めた業務を事業の対象とするか」です。私としては後者でなければ事業としては成立しにくい気がします。しかし、反面、責任の問題も絡んできます。 ② 特に安全に関する技術では、高度なものであっても、これまでの業務体制をガラッと変えてしまう物や仕組みは導入しにくいものです。従って、運用管理などこれまでのオペレーションを十分活かした体制を前提にした仕組みに対する配慮があるように思えます。
質問4	既存不適格構造物について (具体的にいいます) 既設プラント構造物(煙突:長さ100m~180m)ですが、建設は昭和40~45年、当時の基準法には適合していますが、現在の基準法で計算すると、おそらく不適合。いわゆる既存不適格構造物になると推量できます。 今までは、エンドユーザーの意向にそっていました。 ⇒例えば大がかりな補修等を行わない(昔のまま)ときは、既存不適格でよしとする。 しかし、今現在、法的には既存不適格構造物をそのままにしておくことは問題ないのでしょうか？ エンドユーザーは対社会的よりも法的に間違っていないか?を問題視されます。
回答	「既存不適合構造物」と「欠陥構造物」は分けて対応すべきかと思えます。 というのは、基本的に両者が求めている「安全」は異なっているということです。 すなわち、同じ「安全」でも、前者の、設計基準など決まった水準に対して要求する性能があるかどうかという「規定上要求する安全」と、後者の「実際の危険に対する安全(保有性能)」が異なるということです。勿論、これらを「イコール」としてすべてが整備できればそれにこしたことはありません。 例えば、耐震基準が変わったからといって、即、それ以前の構造物が「危険だ」と言い切れないのと同じです。現状でまず水準を認識することから始まり、要求水準に出来るだけ早く持つていける方法を具体化することが重要だと思います。その意味で、去年の米国におけるミネアポリスの橋梁崩落事故に対する勧告は参考にすべき例だと思います。