

JR東日本における 品質確保に向けた取り組み

東日本旅客鉄道株式会社 構造技術センター 課長 つきしま 築嶋 だいすけ 大輔

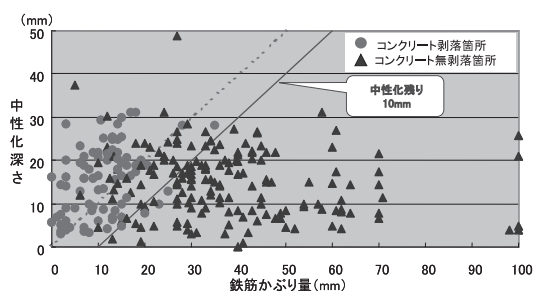
1. はじめに

鋼構造物の溶接不良による疲労き裂やコンクリート構造物のかぶり不足・充填不良による鉄筋腐食など、鉄道構造物に生じる多くの変状の発生およびその発生時期には、施工時の初期欠陥の有無が大きく影響している。図—1に、鉄筋の腐食膨張によるコンクリートの剥落事象とかぶりの関係を調査した結果を示す。ほとんどの剥落は、中性化深さに関係なく設計かぶり30mmに満たない箇所が発生しており、施工時のかぶり不足に起因した事象であることがわかる。

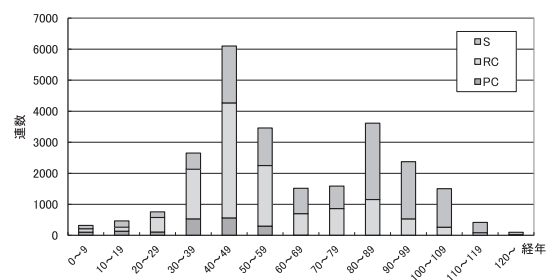
次に、当社が維持管理している橋りょうの数量および経年を図—2に示す。多くの橋りょうが、

建設後30年以上経過しており、今後、維持管理費用の急激な増大が懸念される。また、新幹線においては、2030年から大規模改修を実施することが決まっているが、今後、限られた人材と予算の中で膨大な構造物を維持していくためには、大規模改修工事や設備更新に関連した新設・改良・改修工事において品質確保を徹底することにより、メンテナンスを軽減することが不可欠である。

一方、適切な設計、適切な施工（材料選定を含む）が成されなかった場合でも、構造物の変状として顕在化するのは供用開始後数年経ってからという場合が多く、構造物が完成してから行う検査だけでは目視できない箇所があるなど、十分な品質を確保することは難しい。さらに、不具合や変状が生じて、設計、施工、検査、維持管理の業務が一連になっていないと、その原因が放置され



図—1 剥落箇所（有無）の中性化深さとかぶり関係



図—2 橋りょうの経年別数量

何ら改善されないまま新たな構造物の建設が繰り返されてしまう。

そのため、当社では持続的な品質確保・向上の実現に向け、個別の設計・施工仕様の工夫の他、設計・施工の途中段階における確認強化、設計・施工・検査・維持管理の情報の共有、および共有した情報を各段階へ適切にフィードバックすることについて重点的に取り組んできている。

以下に、当社における構造物の品質確保に向けた主な取り組みについて紹介する。

2. 品質確保・向上を持続するための体制

当社における土木工事は、12支社、3工事事務所において設計施工管理にあたっている。主に修繕工事を担当する支社には13の土木技術センターがあり、大規模な新設工事を担当する工事事務所には工事区やプロジェクトセンターがあり、それぞれ現場の施工管理にあたっている。工事量が多く、工事箇所も広範囲に渡るため、工事の品質確保のためには、各々の工事における課題の共有・水平展開が重要となる。

そこで、平成5年2月に、社内全域の土木構造物の設計施工維持管理を指導する組織として、本社建設工事に構造技術PT（プロジェクトチーム）が発足し、その後、常設組織の建設工事事務

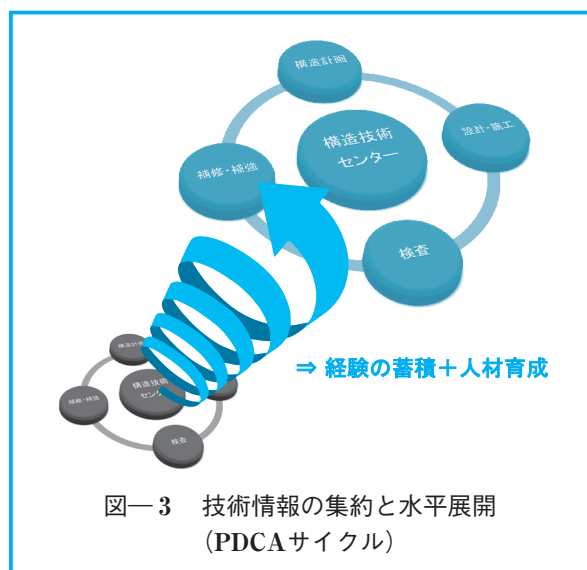


図-3 技術情報の集約と水平展開 (PDCAサイクル)

造技術センター、平成26年7月からは、メンテナンス担当部署の人材を加えた形で構造技術センターを拡充し、当社における設計、施工、維持管理業務の支援指導および設計・施工・検査・維持管理に関わる技術基準類の制定・改訂業務を行っている。設計・施工・検査・維持管理に関わる一連の情報を集約し、各段階の技術基準にフィードバックすることに加えて、施工の不具合事象や推奨事例のデータベース化や情報誌などを活用しタイムリーに情報発信を行うことで、持続的な構造物の品質確保・向上を図っている（図-3）。

さらに、本機関での業務経験を積んだ社員が各支社、各工事事務所と人事交流することで、会社全体の技術力の底上げの役割も担っている。

3. 設計・施工管理の徹底

(1) 設計の途中段階における確認

当社では、設計成果物を社員が審査している。設計管理の徹底は、構造物の施工性や品質にも大きく影響する。そこで、設計の手戻りを防ぐと共に構造計画を含め、より質の高い設計成果物とすることを目的に、設計内容の中間確認を行うこととし、「土木構造物設計監督・完成検査の手引き」により設計管理業務の進め方を定めている。中間確認の内容と時期を図-4に示す。

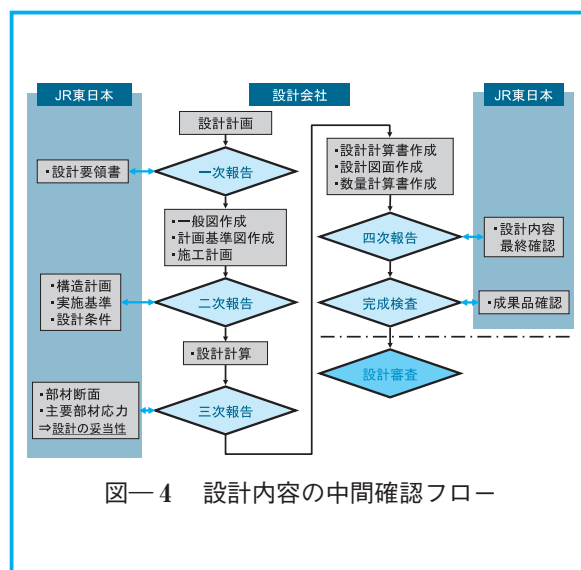


図-4 設計内容の中間確認フロー

(2) 施工の途中段階における確認

当社では、工事の進捗に合わせ、要所で施工計画書検討会を実施している。検討会には工事担当者として施工会社の他、安全や設計の技術担当者が参加し、安全ルールが守られているか、技術基準類に準拠した施工計画になっているか施工会社と相互に確認している。

同様に、施工の品質についても監督員が要所で確認している。構造物を維持管理する会社として、特に、しゅん功検査等の時点で目視や非破壊検査により確認できないものは、施工途中で確実に確認し、品質を確保することが重要となる。そこで、鉄筋コンクリート構造物等の鋼材配置の状態や直接基礎の支持層の確認など、構造物の機能・安全性に大きく影響し、且つ完成後の補修が困難な品質管理項目については、社員が「原則毎回、施工確認」することとしている。

4. 構造種別毎の品質確保に向けた主な取り組み

(1) 鋼構造物の品質管理

当社の鉄道鋼構造物の品質管理は、品質管理審査方式を併用する対物検査方式により実施されている。

品質管理審査方式とは、鋼構造物は、製作会社の品質管理が適正であれば、品質は確保されるという考えに基づくもので、製作会社の品質保証機能を信頼するというシステムである。この方式では、製作会社の工場毎に、当社が要求する品質の保証をどのような方法で行うのかを記載した『品質管理実施計画書』を提出し、承認を受けている。

また、鋼構造物は、1品毎に契約がなされ、当該構造物の『製作要領書』が提出され、承認を受けている。そして、1品毎に仮組立検査を中心とした対物検査の実施により、鋼構造物としての品質を確認するとともに、この仮組立検査時に『品質管理実施計画書』および『製作要領書』に記載された事項が確実に実行されているかを確認している。

以下に、品質管理体系の要旨について紹介する。

① 品質管理体系

現在、当社の鉄道鋼構造物の品質管理は、品質管理審査方式を併用する対物検査方式により実施されている。これは、製作会社の品質保証機能を信頼するシステムとなっているため、製作工場毎に当社が要求する品質を確保できる工場であるかを審査し、承認している。

また、鉄道鋼構造物においては、溶接部の品質の如何が“疲労き裂”につながるため、溶接作業に従事する溶接工についても高い技量を要求している。現在、当社では、溶接に関するJIS資格を有する溶接工を前提に、構造技術センター社員が立会いのもと技量試験を行い、溶接工の認定を行っている。

1) 品質管理実施計画書

当社の土木工事標準仕様書¹⁾では、製作工場毎に『品質管理実施計画書』の提出を義務付けている。この『品質管理実施計画書』に記載される主な事項は、以下のようなものである。

- (i) 組織
- (ii) 品質管理体制
- (iii) 品質管理に関する規定類
- (iv) 使用設備・機器等およびその管理方法
- (v) 製作に従事する作業者の技術管理
- (vi) 材料・部品・製品等の保管や出荷の管理方法
- (vii) 外注購入品の管理方法
- (viii) 製作工程ごとの試験、検査方法
- (ix) 製作中に発生した不具合の処理方法
- (x) 外注・購入品の資料、作業管理シート、試験・検査記録、手直し報告書等の保管

この『品質管理実施計画書』の提出時に、製作工場に構造技術センター社員が出向き、工場の使用設備・機器や管理方法等を確認し、鉄道鋼構造物を製作できる工場か否かを審査している。

2) すみ肉溶接技量試験

上記の審査により、鉄道鋼構造物を製作でき

る工場と判断された場合、次のステップとして、溶接工に対して技量試験を実施している。試験方法については、文献^{1), 2)}を参照された。この技量試験に合格した溶接工が、鉄道鋼構造物の溶接に従事することにより、品質を確保している。

3) 製作要領書

製作要領書は、1品毎に契約された当該鋼構造物の製作にあたって、どのような材料を用い、どのような方法・工程で製作するのかを説明したものである。この場合、記載される内容が、実作業に則して具体的に示されていることが重要である。以下に記載すべき主な事項を示す。

- (i) 施工体制
- (ii) 品質管理方法
- (iii) 材料および部品

当該鋼構造物製作に必要な鋼材、溶接材料、高力ボルト等の使用材料。

(iv) 製作方法・製作工程

鋼構造物製作の手順は、製作会社によって異なるが、概ね次のような手順で行われる。

- (ア) 設計照査
- (イ) 材料確認

- (ウ) 原寸
- (エ) 切断、孔明け、加工
- (オ) 組立
- (カ) 溶接
- (キ) 仮組立
- (ク) 塗装
- (ケ) 荷造り、運搬
- (v) 試験および検査
- (vi) 輸送
- (vii) 製作工期
- (viii) その他

4) 作業管理シート

鋼構造物の品質には、溶接部の割れやサイズの過不足あるいは外観形状のように完成後の検査で判るものと、鋼材の誤使用や溶接部の延性や靱性能のように完成後の検査では確認できないものもある。これらについては、製作時に作業が適正に実施されたかを管理することによって品質を確保することになる。このため、製作工程の作業の管理にあたっては、管理シートにより管理することとしている。土木工事標準仕様書³⁾において、表—1に示すような作業項目毎の管理シートによる管理を求めている。表—

表—1 作業管理項目

管理シート	管 理 事 項	
原寸管理シート	寸法、部材の取り合い、材質および開先の指示、建築限界・施工基面、溶接施工条件や架設施工条件などの確認	
材料管理シート	ミルシートの照合、さびおよびきずの有無の確認、材質の指示の確認、材料の炭素当量や割れ感受性組成の確認、板取（応力方向とロール方向）などの確認	
鋼板切断管理シート	切断方法、ノッチの有無、切断面の精度および粗度、切断寸法の精度、材質指示などの確認	
突合せ溶接作業管理シート	温度、湿度などの確認、溶接材料および作業場の管理、開先、清掃、さびの有無の確認、溶接条件（溶接法、電流、電圧、速度、層数等）、溶接工の資格の確認、予熱、組立溶接、エンドタブの取付けおよび	放射線透過試験および超音波探傷試験の判定、溶接部の仕上げ範囲と仕上げ方向の確認、仕上げない場合の余盛の高さ確認などの確認
すみ肉溶接作業管理シート	取外し、欠陥の手直し、加熱矯正方法、表面の仕上げ、溶接管理者などの確認	予びずみ、肌すき、自動溶接を使用する場合のプライマーの除去方法、サイズなどの確認
高力ボルト接合管理シート	孔の位置のけがき、孔の大きさ、カエリ取り、ゲージの貫通と停止率、肌すき量、パイロットホール位置、接合部接触面の処理、高力ボルトの締付などの確認	
仮組立管理シート	寸法、通り、キャンパー、部材の取合い（ボルト継手や現場溶接継手を含む）、肌すき量、目違い、ギャップなどの確認	
塗装作業管理シート	作業場の管理、塗装区分、塗装種類、塗料の使用量、塗膜厚、むら、傷の程度、溶接ビード部の処理などの確認	

表—2 管理シートの例

(突合・隅肉)溶接作業管理シート(半自動溶接・手溶接)															工事略称 工事略称									
作業		作業条件				作業前の確認							作業後の確認					欠陥の補修						
月日	作業者	仕上りマーク	材質	板厚	設計脚長	予熱	裏ハツリ	溶材	電流(A)	気温(℃)	錆	予熱	温度	結露	形状	取付	組立用溶接ビード		割れ	ブローホール	アンダーカット	オーバーラップ	ビード外観	脚長
							有無										良否							
							有無										良否							
							有無										良否							
							有無										良否							
							有無										良否							
							有無										良否							
							有無										良否							

管理シート記入要領
 (1)工事略称は受注報告書の社内略称を記入。
 (2)仕上りマーク下段に()書で部材名を記入。
 (3)材質は何れか強度の高い方を記入。
 (4)板厚は両方の部材とも記入。
 (5)作業条件、作業前後の確認欄は実施チェックを記入し、良であれば○、欠陥は個数で記入(脚長は寸法)、手直し欠けは△で記入。
 (6)脚長の測定は溶接線の中央で正しい記入する。
 (7)欠陥補修欄は補修月日、者、使用溶材、作業要領を記入。

2に管理シートの例を示す。

管理シートは、作業者が作業中に自分で確認するための記録表であり、必要な作業や手順のもれや過ち防止、後で問題を発見した時の原因のトレース等のためにも必要である。これは、PDCAサイクルでいうところの「Check」の要素を担う位置づけであり、品質管理審査方式による品質管理の要点となる。

(2) コンクリート構造物の品質管理

平成11年6月に発生した山陽新幹線福岡トンネルにおける覆工コンクリート落下事故を契機に、当社では、初期欠陥の無い構造物をつくることを目指して、設計、施工、検査の各段階において様々な施策を導入してきた。

これまで導入してきた主な取組みについて次に紹介する。

① コンクリートの剥落対策

1) 標準配合とかぶりの見直し

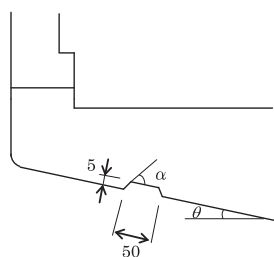
コンクリート片の剥落が公衆安全性に大きく影響する高らん、ラーメン高架橋や桁の梁スラブに関しては、コンクリートの耐久性に影響するW/Cを50%以下とし、梁スラブの側面、下面のかぶりは施工誤差分を加えた値としている。配合とかぶりの例を表一3に示す。

2) 水切り形状

従来用いられていた三角形の水切りは、幅が狭く深いため、水切り機能の不具合やかぶり不足などの施工不良が生じ易く、水切り部では、鉄筋の腐食膨張によるコンクリート片の剥落が多発していた。そこで、確実に水が切れること、および水切り部でのかぶり不足を防止するため、従来用いられていた三角形の水切りを図—5のように変更した。

表—3 コンクリート配合と標準かぶりの見直し例

構造物・部材・部位			変更前			変更後		
			セメントの種類	耐久性から定まる最大のW/C (%)	標準かぶり (mm)	セメントの種類	耐久性から定まる最大のW/C (%)	標準かぶり (mm)
RCラーメン 高架橋	スラブ・はり (上層)	上面	普通ポルトランドセメント又は高炉セメント	スラブ：55 はり：60	30	普通ポルトランドセメント又は混合セメント	50	30
		側面・下面						35
	はり (中層)	上面・側面・下面						



溝の角度（ α ）

$0^\circ < \theta \leq 12^\circ$	$45^\circ < \alpha \leq 60^\circ$
$12^\circ < \theta \leq 27^\circ$	$\alpha = 60^\circ$
$27^\circ < \theta$	別途検討*

※ 上表は実験で確認された範囲の値を示したものである。 θ が27度より大きい場合は、 α を60°以上に設定すると良いが、90°近くなると脱型時に水切りの角が欠ける等の不具合が生じやすいので、不具合が生じない範囲で α の角度を決定する。

図-5 水切り形状（変更後）

3) コンクリート受け入れ時の単位水量試験

コンクリートの単位水量は硬化後のコンクリートの品質に大きく影響するため、生コンクリート受け入れ時の単位水量試験を平成13年より導入している。

4) 剥落危険箇所への合成短繊維混入

かぶりの確保を徹底することと並行して、コンクリート片の剥落が公衆安全性に大きく影響する箇所については、剥落防止対策として合成短繊維を混入している。剥落防止性能については、ハンマー打撃による性能確認試験方法を考案し、土木工事標準仕様書¹⁾に定めており、この試験により性能が確認できた繊維を採用している（図-6）。

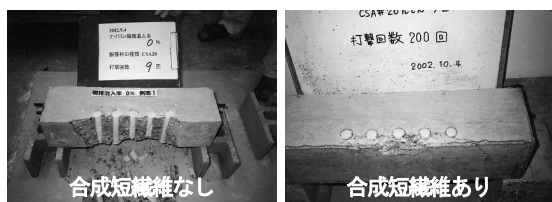


図-6 合成短繊維の性能確認試験

5) 打音検査およびかぶりの非破壊検査

完成後の検査時においても、具体的な打音箇所や打音方法を仕様書に定めた上で、コンクリート打音試験を実施している。また、直接目視できない鉄筋のかぶりについても非破壊試験により確認している。なお、合否判定について

は、測定誤差を考慮した基準値を土木工事標準仕様書¹⁾に定めている。

② ASR対策

JIS規格で無害と判定される骨材を用いた場合でもASRによる変状が発生する場合があるため、当社では、独自の判定基準を設けている（図-7）。無害の判定基準は厳しくしているが、同時に混合セメントの採用等、無害でない骨材（準有害、E有害）を排除しない対策を規定している。

この規定により、現在施工中の新潟駅付近連続立体交差化事業では、全面的にフライアッシュを混和材として用いたコンクリートを採用している。

③ PC鋼材の破断対策

1) 主ケーブルの防錆

主ケーブルの防錆のため、PEシーすを使用

骨材のアルカリシリカ反応判定区分	対 策
E有害	混合セメント等による対策
準有害	アルカリ総量を2.2kg/m ³ に規制する対策もしくは 混合セメント等による対策
E無害	無対策

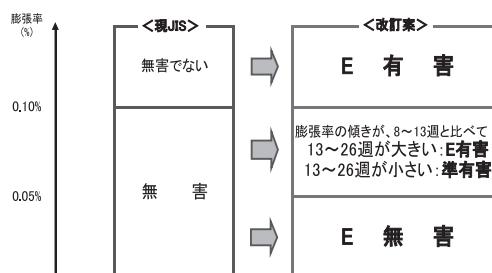


図-7 ASR判定基準（モルタルバー法）

している。また、グラウト時には、グラウトキャップを使用し、グラウト後にキャップを外して充填確認をしている。また、プレキャストブロックを連結させるような構造では、ケーブルに樹脂被覆ケーブルを用いることとしている。

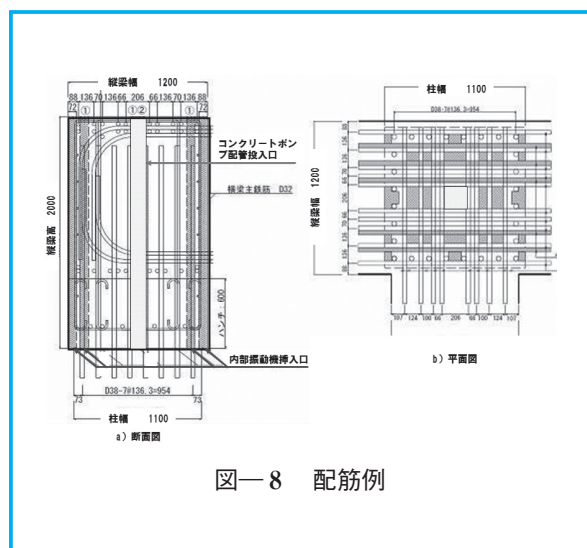
2) 横締め鋼材にプレグラウト材を使用

横締め鋼材のグラウト不良により、鋼材が破断し突出する事象が発生したため、横締めには、プレグラウトタイプの鋼材を用いることとしている。

④ 施工性への配慮および施工計画の充実

1) 配筋図

高架下利用の高度化に伴う長スパン化の要請と、兵庫県南部地震以降に続く設計地震動の巨大化に伴い、ラーメン高架橋の配筋は非常に密なものとなっている。物理的に組み立て不可能な場合や、コンクリート充填不良を引き起こす原因となっている場合もあったことから、配筋が過密となる部材接合部の鉄筋取り合い、およびコンクリートの打設の筒先や振動機の挿入可能箇所を図面に明示することとしている(図—8)。



図—8 配筋例

2) スランブ

配筋や打設環境に応じたコンクリートの充填性を確保するため、スランブは現場にて任意に定めてよいこととしている。

3) コンクリート打設計画の具体化

コンクリート施工時の不具合事象は、施工計画の不備に起因することが多い。そこで、コンクリートの打込みに必要な検討事項を具体的に計画することを施工計画書に明記することとしている。具体的には、打込み体制、ポンプ車の配置と台数、コンクリートポンプ配管投入口的位置、照明設備、打込み順序、打込み速度、打重ね時間間隔等について詳細な計画書を作成することとしている。

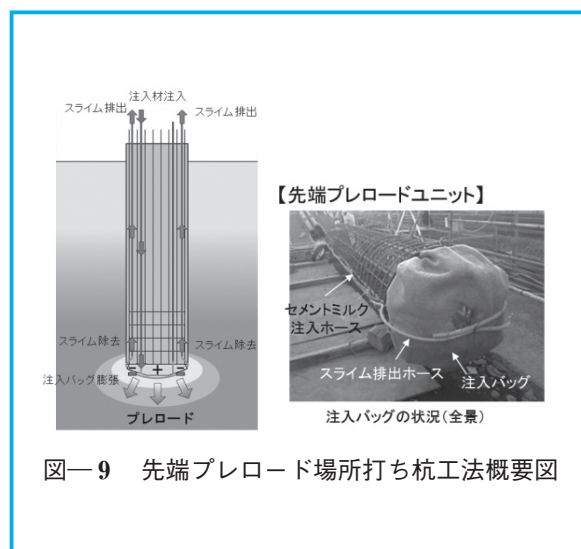
⑤ 信頼性の高い工法の開発、採用

1) 熱間押抜きガス圧接工法

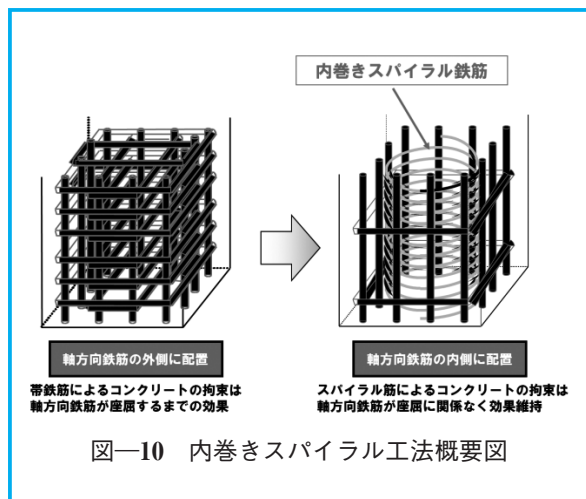
鉄筋の継手工法については、外観目視による検査が可能な熱間押抜きガス圧接工法を用いることを原則としている。

2) 先端プレロード場所打ち杭工法(図—9)

昨今、杭の支持力不足により供用に支障をきたす事例も報告されているが、当社では、杭先端の支持力の信頼性を向上させるため、特殊な注入バッグを鉄筋かごの先端に取付け、杭体コンクリートが硬化した後、注入バッグに固化材料を注入し杭先端部にプレロードを与えることができる工法を開発し、高架橋等の1柱1杭方式の構造等で採用している。



図—9 先端プレロード場所打ち杭工法概要図



3) 内巻きスパイラル工法（図一10）

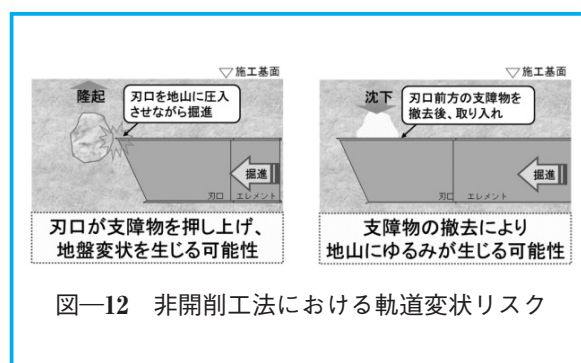
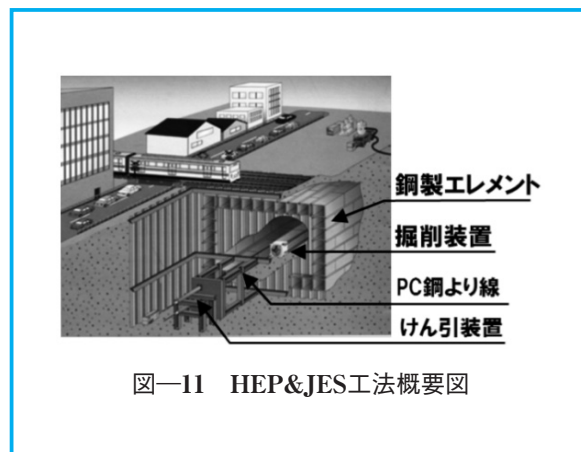
巨大地震に対する安全性を向上させるため、高架橋柱には大きな変形性能を付与することができる内巻きスパイラル鉄筋を配置することとしている。

(3) トンネル・線路下横断構造物の品質管理

① 信頼性の高い工法の開発、採用

鉄道の線路下を横断する道路などの構造物を施工する工事（以下、線路下横断工）は、軌道変位による列車運転支障を生じさせる恐れがあるため、鉄道事業者である当社が自治体等から受託し、施工管理を行っている。これまで当社では、軌道影響を抑えた線路下横断工法として、特殊な継手（JES継手）を有する小断面の鋼製エレメントを到達側から順次けん引挿入し、エレメント同士の継手内部をグラウトすることで構造物として一体化するHEP&JES工法を開発し、多くの施工を行ってきた（図一11）。

しかしながら、土被りの浅い箇所では、けん引中に刃口が支障物を押し上げることによる地表面（軌道）の隆起や、支障物の取り込み跡の空隙による軌道沈下（図一12）が懸念されるため、より信頼性の高い工法が求められていた。そこで、支障物による軌道への影響を抑えた地盤切削JES工法を開発し、実施工に採用している（図一13）。地盤切削JES工法は、刃口先端に取り付けた切削ワイヤー（ワイヤーソー）により、玉石等の支障



物ごと地盤を切断しながらエレメントをけん引する工法で、支障物による軌道変状を防止できる。

② 補助工法（薬液注入工）の品質管理の徹底

過去に掘削の補助工法として用いた薬液注入工において、所定の注入材や量が注入されていなかったことが原因で、道路陥没事故を発生させた経験から、グラウト濃度測定装置を用いた濃度管理に加えて注入量や注入圧を記録するチャート紙の管理を徹底している。具体的には、工事に用いる

