

AUGMENTATION DE LA DURÉE DE VIE UTILE DES PONTS : LIGNES DE CONDUITE POUR LES PHASES D'ÉTUDES DE PROJET, DE CONSTRUCTION ET D'ENTRETIEN

RESUME

Le Comité Technique National a réalisé le volume "Augmentation de la durée de vie utile des ponts : lignes de conduite concernant les phases d'étude de projet, de construction et d'entretien", afin de tracer des lignes de conduite pour toutes les phases de la vie de l'ouvrage visant à augmenter sa durée utile de vie.

Plus précisément, le volume comprend 5 sections:

1. Introduction dans laquelle, après le préambule, nous avons considéré indispensable de fournir un tableau de la Réglementation de référence.
2. Lignes d'analyse générale comprenant une description résumée du patrimoine d'ouvrages présents sul territoire, l'analyse des désordres les plus fréquents, de leurs causes et des méthodologies mises en œuvre pour les localiser.
3. Choix et description des typologies d'intervention : après une rapide panoramique des principales méthodes, description d'exemples de travaux réalisés; puis une étude détaillée des méthodes de soulèvement des tabliers adoptées actuellement, et une rapide documentation sur les dispositifs (appuis, joints, etc.) utilisables de nos jours.
4. Caractéristiques des matériaux : cette section décrit en particulier les "matériaux novateurs" utilisés au cours des interventions décrites, dans lesquelles bien souvent la technologie applicative n'a pas été traitée par la réglementation en vigueur.
5. Recommandations pour les nouvelles constructions, s'adressant surtout aux concepteurs, signalant les mesures de précaution qui permettent d'améliorer et de prolonger la vie utile des ouvrages et d'économiser les futurs coûts de gestion.

1. INTRODUCTION

Le volume technique présente les lignes de conduite pour les différentes phases d'étude de projet, de construction et d'entretien des ponts routiers, concentrant l'attention sur la gestion, avec l'objectif d'augmenter la durée de vie utile des ouvrages d'art. On a souhaité atteindre cet objectif en s'inspirant aux deux cadres d'action possibles : celui des ouvrages déjà en service, avec une série d'exemples de travaux d'entretien ordinaire, extraordinaire, ainsi que des interventions d'urgence; et celui des nouveaux ouvrages, établissant une série de conseils, fruits de l'expérience, afin d'améliorer les études de projet.

2. RÉGLEMENTATION DE RÉFÉRENCE

Nous avons recueilli une sélection de normes nationales et communautaires pour les ouvrages publics, pour la réalisation des ponts routiers et des ouvrages correspondantes.

VIADUC POGGETTONE E PECORA VECCHIA

Lieu du viaduc



TITRE DE L'OUVRAGE : Viaduc "Poggettone e Pecora Vecchia"

CONCEPTEURS: Ingénieurs A. Carè and G. Giannelli

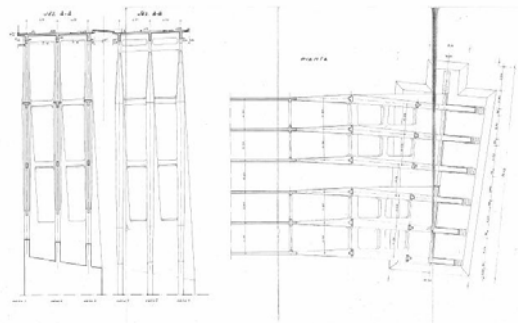
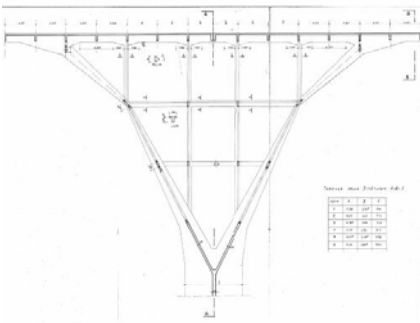
LIEU: autoroute A/1 Milan - Naples, Km 244.

ANNÉE DE RÉALISATION : 1960

SCHÉMA STATIQUE : Pont à arc aux poutres en béton armé



Vue de dessus



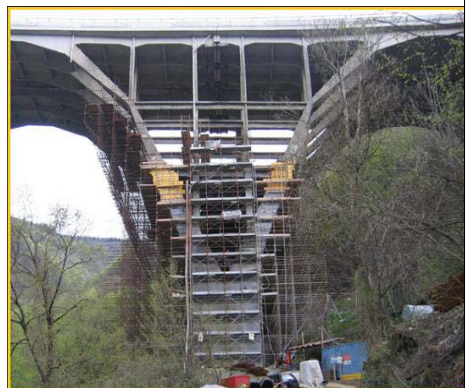
Détail du projet



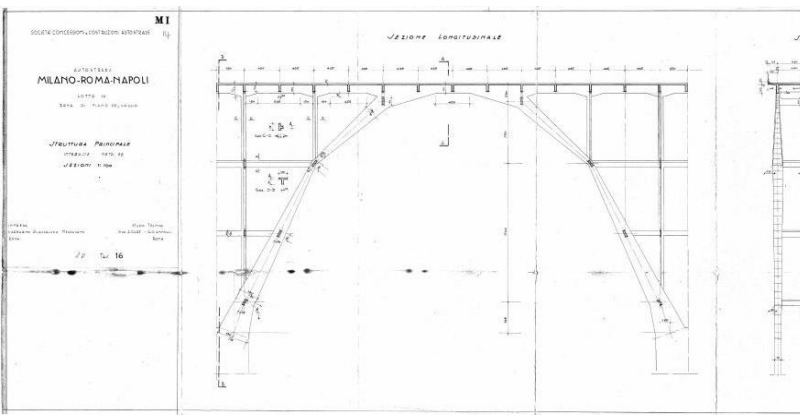
Vue latérale



Vue de dessus



Travaux d'entretien



Détail de projet



Détail d'une pile

Figure 1 – Fiche typologique

Cette sélection comprend également les références normatives relatives à la remise en état des ponts ou de parties de ponts, aptes à augmenter leur cycle de vie utile.

La liste des normes a ensuite été divisée en différents thèmes, pour faciliter sa consultation: normes de caractère général, aciers, protection contre le feu, contrôles des structures, appuis, joints de chaussées et barrières de sécurité, durabilité du béton armé, normes parasismiques, géotechnique, étanchéité, et arguments divers.

3. LIGNES GÉNÉRALES D'ANALYSE

3.1. Le patrimoine des ponts présent sur le territoire

Le panorama des ponts qui constituent le patrimoine italien est vaste et varié, aussi bien en ce qui concerne les matériaux que la typologie des structures, avec de grandes diversités parmi les différentes parties structurales et les éléments qui les composent.





Détérioration causée par les actions physiques: délavement	
	
<p>Manque de tuyaux de drainage et d'avaloirs</p>	<p>Délavement et corrosion au niveau des porte-à-faux</p>
	
<p>Délavement et corrosion des poutres de bordure</p>	<p>Délavement et corrosion des chevêtres</p>

Figure 2.

Cette diversité est typiquement liée à l'époque de construction; à ce propos, nous avons volontairement omis les ponts dits historiques, qui, de par leurs caractéristiques, méritent

un traité à part. L'échantillon significatif des typologies les plus récentes provient du patrimoine de ponts gérés par l'ANAS et par les sociétés Autoroutières Concessionnaires. L'arc temporel relatif à ce patrimoine couvre un siècle d'histoire.

On commence par les ouvrages les moins récents, parmi lesquels les structures à arc sont les plus nombreuses.

Avec la construction de l'Autoroute dite du Soleil, on a assisté à une période où la fantaisie des concepteurs a eu libre cours, avec la réalisation d'ouvrages extrêmement variées et avec l'utilisation des matériaux les plus divers (béton armé, béton armé précontraint, acier-béton armé) et qui, souvent, sont présents sur le même ouvrage.

Une deuxième période de construction a suivi, pendant laquelle on a préféré orienter les choix conceptuels vers des solutions les plus uniformes possible, dont l'expression la plus courante est le schéma de la poutre en béton armé précontraint simplement appuyé.



Figure 3.

La vastité des ouvrages d'art présents en Italie a poussé à l'introduction d'autres schémas statiques: la poutre en porte-à-faux; la travée continue ou continue uniquement en dalle; la poutre-caisson simplement appuyée ou continue; le portique ou semi-portique; l'haubanné et le suspendu.

Le travail a été organisé au moyen de fiches, fournies selon un ordre typologique et chronologique, qui décrivent globalement les ouvrages, avec des photographies et des dessins (voir Figure 1).

3.2. Les causes de détérioration des ouvrages

La compréhension des causes de détérioration des ouvrages est essentielle pour concevoir une bonne intervention de remise en état; une intervention qui, en plus de l'élimination des dégâts pouvant déjà être recensés, vise également à l'élimination des situations qui ont généré le désordre à l'endroit même où il a été relevé, empêchant qu'il ne puisse se propager à d'autres secteurs encore sains de l'ouvrage.

Causes de détérioration des ouvrages				
causes inhérents à l'ouvrage	vieillessement		retrait fluage relaxation	
	erreurs de conception		erreurs de calcul ou d'approche sous-estimation des volumes de trafic sous-estimation d'autres données projet spécifications insuffisantes matériaux sous-estimation difficultés réalisation	
	erreurs de réalisation	matériaux non conformes aux spécifications		granulats inadéquats courbe granulométrique non respectée
		matériaux appliqués incorrectement		cure incomplète rapport eau/ciment erroné manque ou insuffisance de vibration
		mauvaise assemblage		erreurs dans le système d'appuis recouvrement de béton inadéquat
actions extérieures	environnementales	physiques/ mécaniques	gel et degel délavement /érosion fatigue abrasions surchargement	
		chimiques	sulfates carbonatation sels chlorures sulfures granulats alcalins acides eau pure courants vagabonds	
		biologiques	encrassement biologique	
	accidentelles	naturelles	inondations tremblements de terre glissements de terrain éruptions affaissement du terrain	
		anthropiques	collisions incendie explosions	

Tableau 1: Causes de détérioration des ouvrages

Les causes qui déterminent la détérioration des ponts peuvent être attribuées à un grand nombre de facteurs; dans le volume en objet, la première distinction effectuée a été celle entre les désordres liés directement à l'ouvrage, et par conséquent propres à chaque pont, et les dégâts dus à des facteurs extérieurs.

Parmi les premiers, figurent les défauts dus au vieillissement naturel du matériau; puis les défauts dus aux erreurs conceptuelles; enfin, les défauts dus à une mauvaise réalisation.

Parmi la deuxième catégorie, les dégâts dus à des facteurs extérieurs, il faut distinguer ceux liés au milieu dans lequel l'ouvrage se situe, des défauts dus à des causes accidentelles.

Des images illustrent les dégâts, classés selon les causes qui les génèrent.

On propose donc une "Liste de désordres des ponts" à utiliser lors des contrôles de l'état de conservation des ouvrages; les défauts sont rassemblés par groupes; d'abord ceux qui sont typiques de parties structurales spécifiques, puis ceux qui, au contraire, sont typiques d'un matériau spécifique, et enfin, les défauts ayant une origine ou des caractéristiques particulières.

Le Tableau 1 récapitule les descriptions qui précèdent.

4. METHODES ET SYSTEMES DE CONTROLE ET SURVEILLANCE DE L'ETAT DES PONTS

Les systèmes actuellement utilisés pour le contrôle de l'état des ponts, et la détection des désordres qui les affectent, se basent essentiellement sur les inspections visuelles, comme indiqué, justement, par les normes de référence.

Les prescriptions correspondantes contenues dans ces normes sont les suivantes:

- la surveillance qui s'exprime par des "visites" aux ouvrages, effectuées selon une "fréquence prédéfinie" ; ces visites sont :
 - une inspection trimestrielle, à effectuer accompagné de techniciens;
 - une inspection annuelle, à effectuer accompagné d'ingénieurs (uniquement pour les ouvrages les plus importants) ;
 - une inspection extraordinaire, à effectuer accompagné d'ingénieurs, chaque fois que l'on apprend une situation anormale ou peu claire sur un ouvrage;
- la rédaction d'un rapport est prévue après chaque inspection trimestrielle, annuelle ou extraordinaire; en plus du résultat des relevés effectués, ces rapports pourront indiquer, le cas échéant, les interventions suggérées, un avis final, et promouvoir également des contrôles à faire effectuer par des spécialistes.

De même, nous avons résumé les modalités pour la réalisation de l'inspection visuelle. Pour compléter ces opérations, toutes les informations seront recueillies dans une banque de données; qui permettra d'organiser les informations selon des critères préconstitués et d'effectuer des recherches et élaborations avec et sur les données recueillies.

Après les inspections, les ouvrages peuvent être divisés en ouvrages pour lesquels une intervention doit sans nul doute être effectuée, ouvrages en bon état et ouvrages pour lesquels l'inspection visuelle s'est révélée insuffisante pour définir la situation avec précision et, pour lesquels il faut donc prévoir des contrôles instrumentaux supplémentaires.

Ces derniers ont été classés et introduits dans différents tableaux (essais localisés, globaux et monitoring), puis classés par matériaux, objectifs et essais.

5. CHOIX ET DESCRIPTION DES TYPOLOGIES D'INTERVENTION

Après une brève présentation du processus décisionnel, nous avons illustré les principales techniques d'intervention; celles-ci peuvent être cataloguées selon la classification fournie ci-après, qui comprend trois grandes familles.

De plus, nous avons indiqué les méthodes d'intervention comme "passives" ou "actives", avec référence explicite à la technique d'application du renforcement. Évidemment, les méthodes actives exigent un engagement plus important du concepteur, mais elles permettent souvent d'obtenir une plus grande sécurité de réussite de l'intervention.

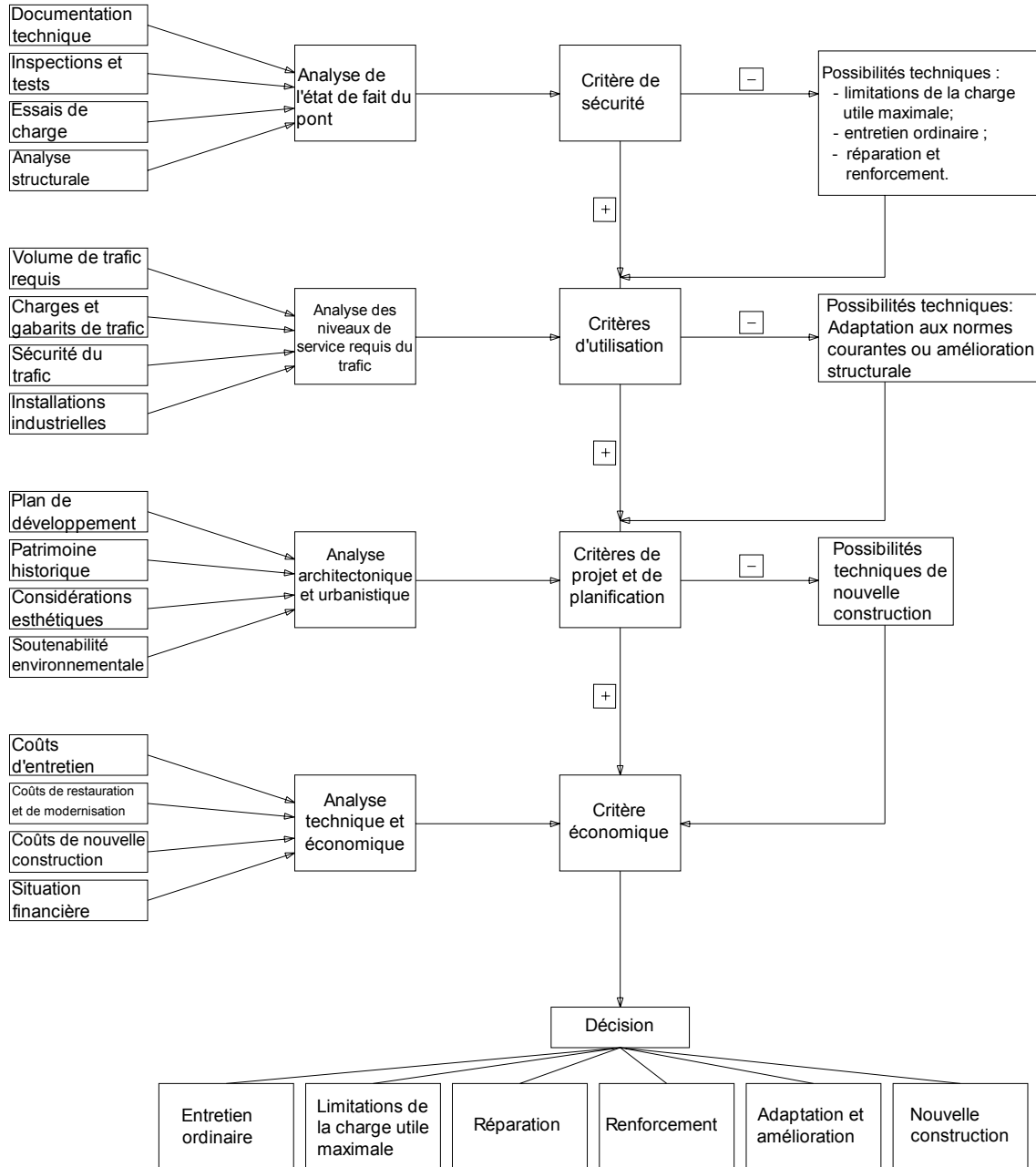


Tableau 2: Le processus décisionnel

5.1 Trois types de mesures techniques

5.1.1 Méthodes aptes à diminuer le niveau des sollicitations extérieures sur l'ouvrage

- Renforcement consistant à alléger les structures ou reconstruction partielle (diminution des charges permanentes).
- Limitation des charges moyennant la mise en place de panneaux indicateurs ou de barrières physiques (limitation des charges accidentelles) .
- Nouveaux éléments, donc une nouvelle répartition des charges accidentelles.
- Adaptation moyennant la pose de nouveaux appuis ou systèmes de liaison (diminution des frottements et des forces parasites).

Toutes les méthodes ci-dessus sont classables parmi les méthodes "passives".

5.1.2. Méthodes en mesure d'augmenter l'hyperstaticité de l'ouvrage ou capables d'appliquer de nouvelles forces extérieures :

- Renforcement moyennant câbles ou barres de précontrainte extérieures .
- Renforcement moyennant l'imposition de pré-réglages aux liaisons d'appui .
- Renforcement moyennant l'introduction de nouvelles liaisons .
- Renforcement moyennant la réalisation d'une continuité structurale.
- Amélioration moyennant dispositifs parasismiques élasto-plastique.

Toutes les méthodes ci-dessus peuvent être classées parmi les méthodes "actives".

5.1.3. Méthodes en mesure d'augmenter la résistance des éléments

- Renforcement et augmentation de la résistance finale avec du Béton-plaqué .
- Renforcement et augmentation de la ductilité moyennant des éléments CFRP .
- Renforcement moyennant la récupération des déformations, l'augmentation de la section résistante et l'introduction d'éléments plats de raidissement .
- Renforcement moyennant le chemisage des structures existantes .
- Renforcement et adaptation avec reconstruction partielle d'éléments structuraux .
- Renforcement moyennant la construction de nouvelles sous-fondations .
- Adaptation moyennant l'élargissement des fondations existantes .
- Adaptation ou remplacement des dispositifs structuraux (appuis, joints de chaussée, barrières de sécurité, systèmes d'évacuation des eaux et étanchéité).

Les méthodes exposées appartiennent pour la plupart à la catégorie des interventions "passives". Toutefois, assez souvent ces méthodes sont combinées avec des systèmes de précontrainte extérieure, les faisant ainsi entrer dans la deuxième classification.

La multiplicité des solutions fait qu'aucun document, sauf au prix d'une extension lourde et peu pratique, ne peut posséder un caractère exhaustif. Nous avons donc essayé de concentrer notre exposition à un nombre suffisant d'exemples typiques sous la forme d'une fiche, dans l'intention de fournir des méthodes et d'en identifier la valeur technique.

5.2. Schémas italiens standardisés

Les travaux proposés, sous forme de fiche, ont été regroupés suivant le schéma de la récente réglementation italienne qui distingue entre les : "Interventions finalisées à l'augmentation de la sécurité de la construction", c'est-à-dire celles de renforcement ou de réparation, et les "Interventions qui découlent de nouvelles exigences et/ou de transformations de la construction" qui correspondent à l'adaptation et à l'amélioration.

5.2.1 *Intervention de renforcement*

L'intervention de renforcement est l'ensemble des travaux et interventions capables de conférer à la structure intéressée un degré de sécurité plus important que celui qu'elle possédait avant l'intervention.

5.2.2. *Intervention de réparation*

L'intervention de réparation est l'ensemble des interventions capables de ramener la sécurité de l'ouvrage au niveau qui existait avant le dommage ou l'état de déchéance.

5.2.3. *Intervention d'adaptation*

Le but de l'intervention de adaptation est d'adapter la sécurité de l'ouvrage dans les cas suivants:

- pour élargir et/ou surélever la structure;
- en présence de variations significatives touchant l'ouvrage, à cause d'une augmentation des charges;
- par souci de mise en conformité à de nouvelles dispositions de loi.

5.2.4. *Intervention d'amélioration*

L'intervention d'amélioration est l'ensemble des travaux, concernant des parties individuelles de la structure, nécessaires afin de conférer à la totalité de la structure un degré de sécurité plus important.

INTERVENTION PARTICULIÈREMENT URGENTE

Projet pour la mise en sécurité d'un pont percuté (Pont Selice)

Informations générales :

- Organisme de gestion : Autostrade S.p.A. (A14 – échangeur de Imola – Tronçon Bologne - Faenza) ;
- Type de pont : à tablier en béton armé précontraint isostatique ;
- Age : la première implantation remonte à trente ans ; les travaux d'élargissement à quinze ans
- Dimension : 1 travée de 18 m environ, avec 2 chaussées à quatre voies ;
- Année de conception: 2001
- Situation du trafic routier pendant la situation d'urgence : ouverture à un trafic autoroutier réduit - limitation à sens unique alterné pour le trafic situé au-dessous.

Défauts :

- Impact central par un véhicule hors gabarit, au niveau des poutres de bordure et centrales de chaque côté des chaussées.
- Perte totale de la précontrainte de plusieurs des poutres heurtées, avec cassure totale de la section résistante.
- Perte partielle de la précontrainte pour certaines poutres, avec diminution des coefficients de sécurité à la rupture.
- Rotation de la poutre de bordure.
- Chute de débris sur le trafic passant en dessous du pont.
- Encombrement de la chaussée de la route nationale située au-dessous, causé par la mise en place des tours d'étayage.

Contrôles :

- Inspection visuelle de l'état de fissuration.
- Évaluation au moyen d'un scléromètre et pull-out de la résistance à la compression et de l'adhérence superficielle du béton.
- Évaluation moyennant traction d'échantillons de torons de câble.
- Essai de charge vertical statique de l'ouvrage au terme des réparations.

Opérations minimales pour garantir la possibilité d'utilisation de l'ouvrage :

- Étayage des poutres.
- Sectionnement des torons de câble dégradés.
- Démolition des éléments risquant de se détacher.
- Réduction du trafic sur le pont moyennant des panneaux indicateurs.
- Réduction du trafic sous le pont moyennant la mise en place d'un sens unique.

Options conceptuelles concernant la remise en état définitive :

- Chemisage complet des poutres sérieusement endommagées sur toute la longueur de ces poutres.
- Chemisage localisé des poutres partiellement endommagées avec sectionnement de plus de 4 torons (entre deux traverses successives).
- Renforcement moyennant l'utilisation de CFRP pour rétablissement du moment à l'état-limite ultime (poutres avec moins de 4 torons endommagés).
- Remise en état des poutres légèrement endommagées (dommage cortical).
- Protection du pont contre d'éventuels heurts dans le futur.

Évaluations conceptuelles minimales :

- Évaluation du degré et de l'étendue d'endommagement des poutres afin de choisir la technologie de remise en état la plus adéquate.
- Évaluation du degré d'extension des fissurations.
- Évaluation du moment et du cisaillement résistant ultime résiduel ainsi que du moment et du cisaillement résistant pouvant être obtenu.
- Évaluation de l'état de fait pour ne pas altérer l'équilibre global du tablier et pour la conservation des rigidités transversales préexistantes.
- Évaluation de la tension d'adhérence maximale entre les surfaces en acier et le béton (adhérence avec résines époxydiques, connecteurs au cisaillement).

Feed back du projet de remise en état :

- Effet immédiat : réouverture au trafic autoroutier.
- Espérance de vie : trente ans.
- Coût du projet par rapport à la valeur de l'ouvrage : 70%
- Coût de l'éventuelle reconstruction, en termes d'alourdissement du trafic et, donc, de pertes économiques: plus de 1000 fois la valeur de l'ouvrage.
- Effet sur le trafic routier : la route a été ouverte de nouveau aux transports exceptionnels en moins de trois mois

Recommandations concernant les futurs projets :

- Augmentation des gabarits d'espace libre minimum.
- Mise en ouvrage de poutres rectangulaires à section pleine (étant la travée petite) avec coulage de la dalle par-dessus.
- Protection de la poutre de bordure contre les véhicules hors gabarit moyennant la mise en place de portiques de limitation .

Poutres endommagées et mesures d'intervention rapides



Réparation avec CFRP et simulation numérique du diagramme Moment – Fléchissement

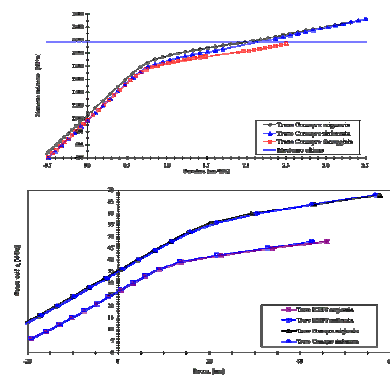
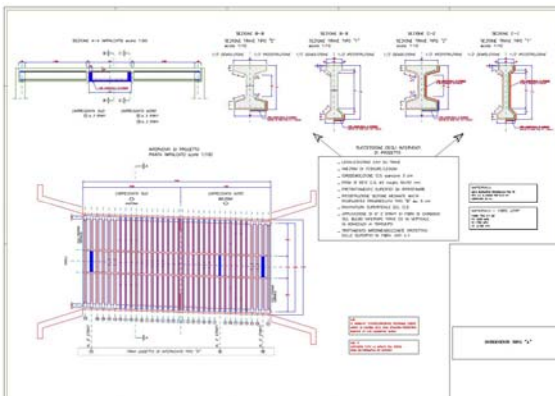


Tableau: Quantité et position des renforcements

Poutre	Description	Dimensions renforcements
Comapre	Fléchissement: renforcement de l'intrados de la poutre	2 couches sur la base 1.3x3.5m
	Cisaillement: bandes transversales	2 bandes transversales 0.3x1.2m
ICEFS	Fléchissement: renforcement de l'intrados de la poutre	2 couches sur la base 0.8x3.5cm
	Cisaillement: bandes transversales	2 bandes transversales 0.3x1m

Méthode d'application :

- élimination du béton armé détérioré ou dégagé, sans endommager les armatures ;
- sablage de la zone à renforcer, y compris les fers d'armature, afin d'éliminer la pellicule de corrosion et pour réaliser le nettoyage de toute l'armature au degré Svensk A3 (jusqu'à mettre à nu le métal)
- remise en état du recouvrement du béton de la zone détériorée avec de mortier Emaco à retrait compensé aussi bien dans l'air que dans l'eau ;
- arrêt complet du trafic routier sur la voie située juste au-dessus de la zone à renforcer ;
- éventuelle injection à l'intérieur des fissures les plus importantes ;
- application d'un primaire spécifique ;
- une fois sec au toucher, application du renfort longitudinal et après seulement, application du renfort transversal ;
- réouverture au trafic au plus tôt à 24 heures après la fin de l'application des renforcements ;
- après 48 heures environ, peinture anti-ultraviolets, et/ou enduit ou finition de protection au ciment.

Opérations de renforcement des poutres intermédiaires et schéma de remise en état

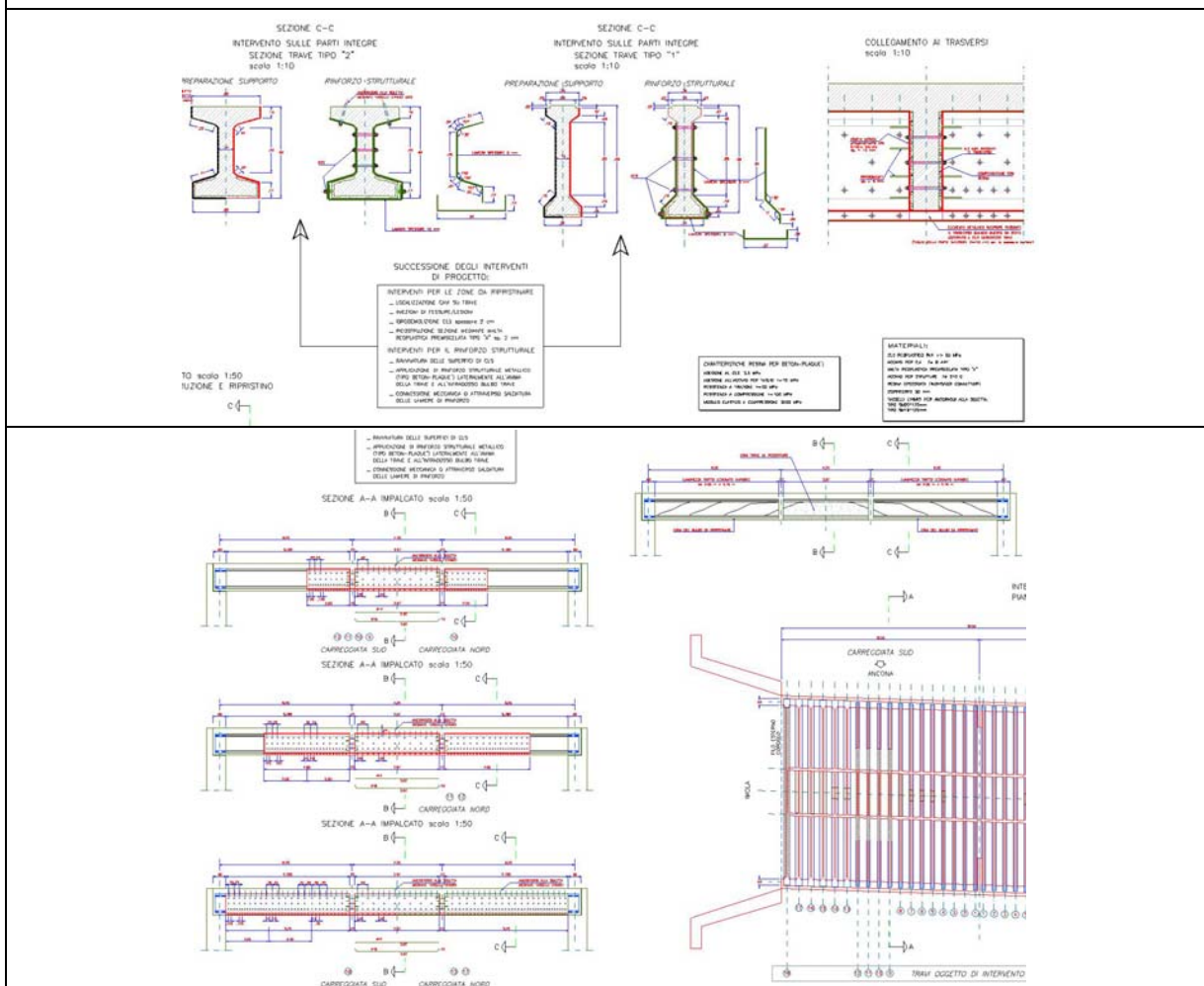


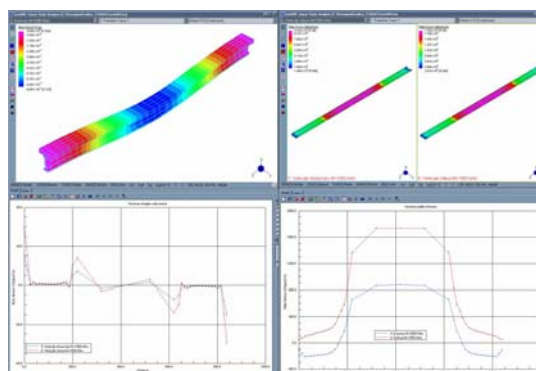
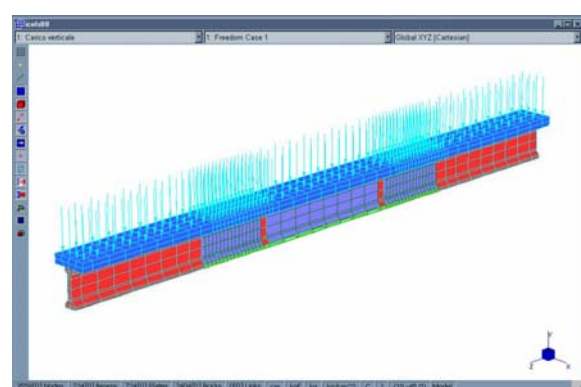
Tableau : Propriétés mécaniques des matériaux utilisés lors de l'opération proposée (les valeurs négatives indiquent la compression)

Matériau	Module élastique E [GPa]	Résistance caractéristique f_k [MPa]	Résistance état limite f_{du} [MPa]	Effort de tension [MPa]
béton armé dalle exist.	20	-35	-17	==
béton poutres précontr.	20	-55	-27	==
Torons Comapre	190	1900 limite rupture	1350	1000
Torons ICEFS	190	1500 limite rupture	1200	900
CFRP type MbraceC1-30	230	3400	2200	==

Tableau: Contraintes de flexion dues au poids propre M_{pp} , aux charges de service M_s et aux charges ultimes M_u

type de poutre	M_{pp} [kN*m]	M_s [kN*m]	M_u [kN*m]
Comapre	775	1450	2175
ICEFS	335	1000	1500

Opérations de renforcement de la poutre de bordure et simulation numérique FEM des effets de flexion et de cisaillement sur le béton armé précontraint et les bandes d'acier



Renforcement statique des poutres par reconstruction de la section et placage successif au moyen de tôles en acier Fe 510 de 8-10 mm d'épaisseur, soudées sur place et fixées au béton armé par boulonnage passant de part en part.

Les travaux devront être effectués conformément aux prescriptions suivantes :

- Démolition des portions de poutre sérieusement endommagées à la lance à eau et/ou au burin.
- La démolition devra être effectuée en conservant les armatures existantes.
- Préparation des surfaces de contact entre le vieux substrat de béton et la nouvelle coulée.
- Mise en œuvre d'une armature supplémentaire et de crochets de liaison en acier type FeB44k.
- Reconstruction de la section avec du mortier rhéoplastique renforcé avec des fibres Rck > 50 MPa.
- Préparation par sablage des surfaces à renforcer, avec éventuel chanfreinage des arrêtes et injection des microfissures.
- Remise en état des surfaces par étalage de mortier tixotrope des sections non reconstruites.
- Perforations des tôles et des structures en béton armé pour réaliser le logement des boulons passants.
- Sablage jusqu'au métal nu des tôles sur les deux faces, jusqu'à un degré de propreté Svensk A3 (Svensk Standard).
- Juste après sablage, pose des tôles séparées d'environ 3 mm des surfaces en béton préalablement préparées, et bloquées au moyen de boulonnages passants de part en part et d'entretoises.
- Soudage des tôles sur place (à pénétration totale)
- Stucage du périmètre de la tôle à l'aide d'une résine époxydique à deux composants assurant tenue en place et étanchéité, apte à garantir une parfaite tenue aux pressions internes d'injection.
- Positionnement contextuel de petits tubes d'injection ou d'évent, en cuivre ou d'un autre matériau reconnu parfaitement compatible, tout le long du périmètre, espacés de max. 40 cm: (les petits tubes devront être positionnés de manière à garantir la pénétration uniforme de la résine et le remplissage total et parfait de tous les vides).
- Injection d'une résine époxydique superfluide, au moyen d'une unité spécifique de pompage permettant de réguler la pression; au terme de la phase d'injection, l'unité de pompage devra maintenir la pression interne d'injection pendant un délai permettant de garantir la compensation des fuites de comblement dues à la pénétration du produit dans le béton armé ou les micro-fissures.
- Cycles de peinture finale des tôles.

Essais de réception



MATÉRIAUX UTILISÉS

BETON ARMÉ RHEOPLASTIQUE $R_{ck} > 50 \text{ MPa}$
 ACIER POUR ARMATURE POUR BETON Fe B 44k
 MORTIER RHEOPLASTIQUE PREMELANGE TYPE « A » POUR ÉPAISSEURS JUSQU'À 2 cm.
 MORTIER RHEOPLASTIQUE PREMELANGE TYPE « B » POUR ÉPAISSEURS JUSQU'À 5 cm.
 ACIER POUR STRUCTURES Fe 510, C
 RESINES EPOXYDIQUES (POUR LES CONNECTEURS)
 RECOUVREMENT DE BETON 30 mm
 CHEVILLES CHIMIQUES POUR ANCRAGES SUR LA DALLE :
 TYPE SM20*170 mm
 TYPE SM16*125 mm

CARACTÉRISTIQUES DE LA RESINE POUR BETON-PLAQUE.

ADHÉRENCE SUR LE BETON ARMÉ 3,5 MPa
 ADHÉRENCE SUR L'ACIER EN CISAILEMENT $\geq 15 \text{ MPa}$
 RÉSISTANCE À LA TRACTION $\geq 50 \text{ MPa}$
 RÉSISTANCE À LA COMPRESSION $\geq 100 \text{ MPa}$
 MODULE ELASTIQUE DE COMPRESSION 3000 MPa

CARACTÉRISTIQUES DES FIBRES CFRP

FIBRE TYPE CI-30
 F_t 3500 MPa
 F_c 1750 MPa
 $S = 0,165 \text{ mm}$

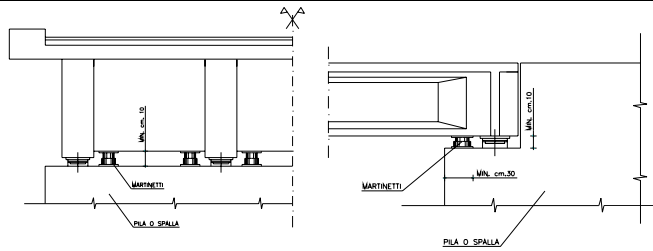
6. SOULEVEMENT DES TABLIERS

Un vaste chapitre a été dédié au soulèvement des tabliers, en essayant, dans ce cas, d'exposer les solutions possibles à un problème plutôt fréquent.

Le soulèvement des extrémités de tablier effectué par contraste entre la tête de pile et la structure du tablier représente la principale technique employée dans la pratique d'entretien afin de pouvoir intervenir sur la structure toute entière.

Cette opération présentant des caractéristiques et des méthodologies également très différentes, selon les objectifs préfixés et la typologie du tablier sur lequel on travaille, le volume souhaite fournir la liste des techniques mais également un schéma d'approche au problème, indiquant une méthodologie permettant de choisir et d'étudier la solution la mieux adaptée, résolvant en même temps les problématiques qui leurs sont reliées.

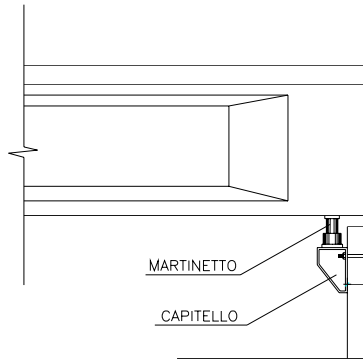
Principales méthodes de soulèvement



A) Soulèvement au moyen d'éléments interposés entre culée /chevêtre et poutres



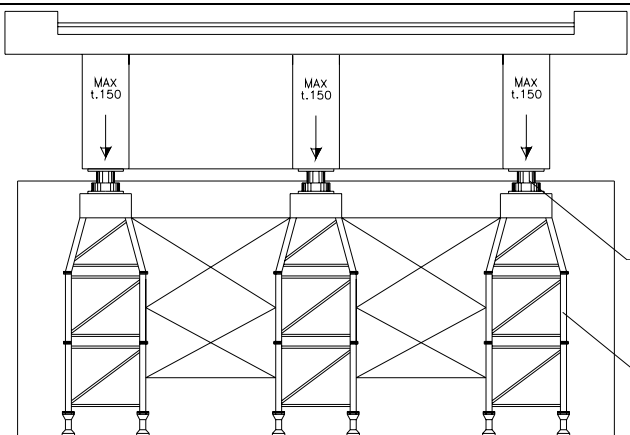
Vérins hydrauliques



B) Soulèvement par le bas avec consoles (métalliques ou en béton armé) de support pour les vérins entre la culée et poutres



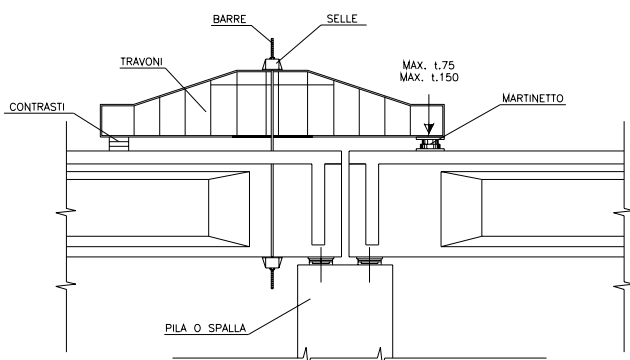
Vérin sur console métallique sous poutre en béton



C) Soulèvement par le bas au moyen de tours de vérinage



Étayage d'un ouvrage percuté à l'aide de tours en treillis



D) Soulèvement par le haut au moyen de poutres métalliques



Soulèvement d'une travée en porte à faux

7. CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX UTILISÉS POUR LES INTERVENTIONS

Nous avons souhaité fournir une aide à tous ceux qui traitent ces sujets, en décrivant les produits récemment introduits sur le marché ; produits qui offrent une nouvelle liberté d'étude et de conception, ainsi que de meilleures espérances de vie pour les ouvrages.

Cette présentation désire être un support technique opérationnel, laissant les études détaillées, également plus théoriques, aux publications spécialisées.

8. RECOMMANDATIONS FINALES POUR LES NOUVELLES CONSTRUCTIONS

Autrefois l'optique dans laquelle se plaçait le concepteur, prenait avant tout en compte le respect des contrôles de sécurité pour chacune des parties structurales. La constatation d'un nombre toujours croissant d'ouvrages détériorés a amené la totalité des professionnels du secteur à reconsidérer au moment de l'étude de projet, l'aspect, aujourd'hui inéluctable, de la durabilité.

Dès la fin des années 1970, les résultats de l'expérience acquise pendant le service et les contrôles des ouvrages ont été tenus en compte d'une façon significative dans le cadre de la conception.

Ce n'est pas un hasard si la Norme Italienne des ponts du 2/80/80 mentionne pour la première fois le projet et le contrôle des accessoires non structuraux tels que joints de chaussée, étanchéité, systèmes d'évacuation des eaux météoriques qui se sont révélés de plus en plus de véritables "points faibles" du pont.

La solution de conception ne devra donc pas être basée uniquement sur des choix strictement structuraux ou sur la durabilité inhérente aux matériaux constitutifs en tant que tels, mais aussi sur le respect de contraintes et exigences qui engendrent dans le temps des répercussions pratiques et économiques.

Le contrôle dans le temps de l'état des ponts a identifié, dans quelques situations, des solutions conceptuelles qui ont mise en évidence une multiplicité d'aspects critiques.

Les éléments qui ont été pris en compte par l'étude en vue de réaliser une conception future satisfaisante ont été rassemblés de façon générique dans les catégories suivantes :

- durabilité du matériau ;
- typologie structurale ;
- dimensionnement des éléments ;
- éléments accessoires ;
- détails de construction ;
- réduction des dommages accidentels en service.

En outre, des mesures ont été analysées qui permettent de :

- rendre plus faciles les activités de surveillance
- rendre plus aisées les opérations d'entretien
- assurer la sécurité pour les usagers et le personnel .

Naturellement, ceci contribuera à diminuer les coûts de gestion en permettant éventuellement de dédier des ressources plus consistantes à l'entretien des ouvrages.