

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 122 (1996)
Heft: 25

Artikel: Kobe: l'expérience d'un an de reconstruction
Autor: Lachet, Corinne / Koller, Martin G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-78879>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Kobe: l'expérience d'un an de reconstruction

Par Corinne Lachet,
étudiante préparant
une thèse en
sismologie, LGIT,
Université de
Grenoble, B.P. 53X,
F-38041 Grenoble
Cedex,
Martin G. Koller, ing.
dipl. EPFZ/SIA-ASIC,
Dr. ès sc. techn.,
Résonance
Ingénieurs-Conseils SA,
rue J. Grosselin 21,
1227 Carouge

(Photos C. Lachet,
mars 1996)

Introduction

Le grand séisme du Hanshin du 17 janvier 1995 détruit en partie la ville de Kobe. Des images catastrophiques d'incendies gigantesques, d'une autoroute surélevée penchée sur le côté et de milliers de bâtiments et maisons effondrés font le tour du monde et laissent deviner la souffrance profonde d'une population lourdement touchée. Qu'est devenue la ville de Kobe depuis, quelles sont les expériences après une année de reconstruction ?

Bilan des dégâts

Il faut rappeler que le séisme, d'une magnitude de 7,2 sur l'échelle de Richter, a été provoqué par une faille verticale de type coulissage, située en partie juste sous la ville de Kobe. On a déploré plus de 5300 morts et 27 000 blessés, tandis que le nombre de foyers effondrés ou détruits par les incendies s'élevait à plus de 400 000. Le coût total des dégâts causés par le séisme est estimé à 10 trillions de yens (100 milliards de francs suisses).

L'ensemble des structures détruites dans la ville a produit une quantité de décombres de 20,5 millions de tonnes: 80 % de ces gravats ont été dégagés dans les huit mois suivant le séisme, dont 60 % ont été recyclés (par exemple pour la construction de surfaces en remblais gagnées sur la mer), le reste des matériaux non combustibles étant stocké dans des sites de déchets provisoires.

Aujourd'hui, toutes les voies de communication (routes, chemins de fer) sont à nouveau en service, excepté le tronçon de la ligne intérieure de Kobe de la voie express du Hanshin, dont la réparation to-

rale est prévue pour fin octobre 1996. Quant au port, dont le fonctionnement a également été rétabli, sa réfection complète s'étalera sur environ deux ans.

Reconstruction et restructuration de l'urbanisme

Un programme de reconstruction établi sur dix ans a été mis en place. Sous le nom de « Hyogo Phoenix Plan ». Si les secteurs logement, industrie et infrastructures font l'objet d'un calendrier prioritaire sur trois ans, l'ensemble du programme est beaucoup plus ambitieux et intègre la reconstruction de toute la région du Kansai dans un plan général de développement, dont le thème de base est: « Coexistence harmonieuse entre la population et la nature, la population et elle-même, la population et la société ».

Le programme de reconstruction prévoit un nombre important de mesures d'urbanisme destinées à mieux faire face aux désastres engendrés par des séismes. Des zones non construites seront réservées sous forme d'espaces verts où la population pourra se réfugier en cas de danger, lors d'incendies en particulier. Ces secteurs, dont l'emplacement a été choisi en fonction de leur proximité des systèmes de transport, abriteront des centres de gestion des secours, tandis que de petits parcs secondaires seront aménagés au sein des quartiers habités. D'autre part, un réseau de canaux traversant la ville sera développé pour un approvisionnement suffisant et constant en eau en cas de besoin, et des espaces coupe-feu seront aménagés le long des grandes rues et des rivières ou canaux. La constitution de ces espaces verts

permettra en outre de développer des bases de loisirs, qui amélioreront la qualité de vie de cette région hautement urbanisée. Des oppositions se manifestent toutefois parmi les habitants qui ne pourront pas reconstruire leur maison à son ancien emplacement.

L'efficacité des moyens de circulation sera améliorée, ce qui les rendra plus opérationnels en cas de désastre. De nouvelles artères principales seront construites et les réseaux de transport par air, terre et mer seront densifiés, avec un recouvrement des différents types, de manière à aménager des voies de communication interchangeables. En particulier, des lignes de chemin de fer secondaires seront créées, qui pourront servir de voies de secours en cas de catastrophe. Les gares constitueront des points de jonction entre les trafics par rail et par route et leur abords immédiats offriront des places pouvant servir de refuge. Des études sont également en cours afin de réduire le trafic routier et améliorer les transports en commun grâce au développement de systèmes « park and ride ».

En ce qui concerne les services industriels (eau, électricité, gaz), il est prévu de construire des conduites souterraines très résistantes aux séismes, avec des centres de distribution secondaires, afin d'éviter les problèmes dus aux coupures généralisées qui se sont produites lors du séisme. Cela devrait permettre une remise en service partielle plus rapide en cas de catastrophe. Quant aux moyens de télécommunication, un nouveau réseau faisant notamment appel aux fibres optiques sera installé pour demeurer opérationnel en cas de séisme.

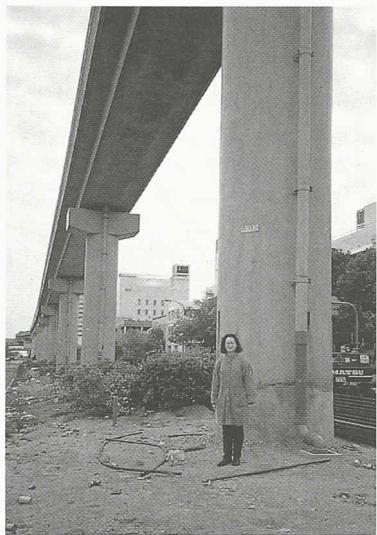


Fig. 1

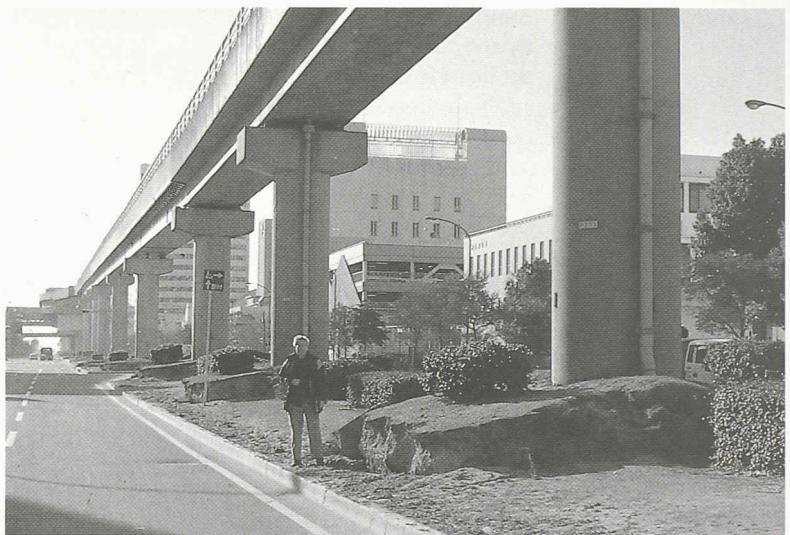


Fig. 2



Fig. 3

Fig. 4



Fig. 1,2.- Tassemement quasiment homogène sur l'île de Port Island dû à la liquéfaction du sol (Fig. 1: juste après le séisme; Fig. 2: quatorze mois plus tard)

Fig. 3,4.- Remplissage des quais effondrés avec des blocs concassés (Fig. 3: juste après le séisme; Fig. 4: quatorze mois plus tard)

Réhabilitation des zones ayant subi un phénomène de liquéfaction

Les nombreuses parties de la ville qui ont été gagnées sur la mer sont construites sur des zones de remblais le long des côtes et sur des îles artificielles. C'est dans ces zones que se sont produits d'importants phénomènes de liquéfaction.

Sur *Port Island*, des affaissements spectaculaires atteignant un mètre, voire plus le long des bordures de l'île, se sont produits. La figure 1 montre très nettement la modification du niveau du sol le long des piliers de la voie ferrée qui relie l'île au centre-ville. La photo de gauche a été prise immédiatement après le séisme, celle de droite est récente. On voit toujours sur le pilier la trace de l'ancien niveau du sol, bien que des travaux de nivellement aient été effectués.

Certains quais de chargement et déchargement des bateaux ont été réparés provisoirement. Les parties effondrées ont été comblées avec d'importants volumes de blocs concassés (fig. 4), les fissures plus modestes étant colmatées par du béton. Les grues, à l'origine montées sur rails, sont provisoirement posées sur des cales pour rétablir l'horizontalité. La réparation complète du port devant s'étaler sur deux ans, ces mesures provisoires ont permis une reprise rapide des activités.

Le dépôt de la compagnie pétrolière *Nihon Oil*, décrit par les auteurs de la première contribution consacrée ici à ce séisme¹, a été revisité par le premier auteur du présent article. Ce dépôt est lui aussi situé sur une zone remblayée. Lors de l'événement, les quais de livraison du pétrole par bateaux ont glissé de plusieurs mètres vers la mer, et certains réservoirs de stockage se sont légèrement inclinés à cause de la liquéfaction du sol.

L'ensemble du sous-sol ayant subi une extension importante, des fissures sont apparues en de nombreux endroits et un système de soutènement métallique a été mis en place. Paraissant intacte, la zone de chargement des camions citerne avait toutefois été laissée telle quelle, jusqu'au jour où le sol s'est largement fissuré sous le poids d'un camion, indiquant la présence d'un vide sous la plate-forme. Celui-ci a été comblé par une injection de béton, mais de tels dommages cachés sont encore susceptibles d'apparaître en plusieurs endroits.

Certains réservoirs, très endommagés, ont été détruits. D'autres, faiblement inclinés, ont été soigneusement vérifiés et remis en service tels quels. Un des grands réservoirs qui avait subi une forte inclinaison a été entièrement réparé, soulevé, et sa base refaite, ce qui a constitué la plus lourde réparation effectuée sur le site. Enfin, d'autres réservoirs endommagés ont été vidés et restent actuellement inutilisés.

L'alimentation souterraine en eau et en électricité, totalement détruite lors du séisme, a été entièrement reconstruite. Pour le réseau électrique, des compensateurs ont été ajoutés afin de permettre une légère extension des câbles en cas de mouvement du sol. Quant à la distribution d'eau, des tuyaux de vinyle remplacent les anciennes conduites en fer. S'ils ne résistent pas mieux en cas de séisme, ils ont l'avantage d'être moins chers et plus faciles à réparer.

La production générale de l'usine a été complètement arrêtée à la suite du séisme. Les travaux de restauration ont commencé fin avril 1995 et bien qu'à un rythme inférieur au précédent, les activités ont pu reprendre fin novembre.

Réfection des ponts

De nombreux ouvrages d'art ont été fortement endommagés, le cas le plus spectaculaire étant la voie express du Hanshin dont une por-

tion s'est complètement renversée sur le côté.

Peu après le séisme, chaque pilier de la voie express a été inspecté en détail. Les plus endommagés ont été détruits, tandis que les moins abîmés ont été réparés et renforcés. En ce qui concerne les piliers en béton armé, les parties ayant subi des dégâts ont été nettoyées de leurs gravats, des armatures en fer ont été replacées, et du béton a été injecté dans la partie à réparer. Ensuite, tous les piliers ont été emballés d'une couche de béton supplémentaire fortement armée, de 20 à 30 cm d'épaisseur, puis ceinturés d'une plaque métallique (fig. 5, 6 et 9). Une pellicule de résine époxy assure la liaison entre plaque métallique et béton. Ces mesures de renforcement augmentent considérablement la résistance et, surtout, la ductilité des piliers. Le but des travaux est en effet d'assurer la résistance de la voie express du Hanshin dans le cas d'un nouveau séisme d'une ampleur équivalente à celui de 1995.

Quant aux piliers métalliques, ceux qui ont subi un faible flambage ont été redressés à l'aide de marteaux et, au besoin, chauffés afin de leur rendre leur forme initiale. Pour ceux qui ont été plus fortement endommagés, ayant par exemple subi une déformation de type «elephant footing», les parties abîmées ont été changées, le reste du pilier intact étant préservé. Le remplissage des piliers métalliques par injection de béton jusqu'à une certaine hauteur a été préconisé par certains, bien que l'efficacité d'une telle mesure reste encore discutée.

L'autoroute étant construite sur des zones alluvionnaires ou de remblais, chaque pilier est fondé sur des pieux de profondeur variable (en moyenne 30 m) qui le fixent dans un terrain de type «rocher» (N>50 lors d'un STP, *Standard Penetration Test*). Ces fondations ont été systématiquement contrôlées à l'aide de forages et

¹MARTIN G. KOLLER, JOST A. STUDER, THOMAS WENK: «Le grand séisme du Hanshin du 17 janvier 1995, IAS N° 8 du 29 mars 1995

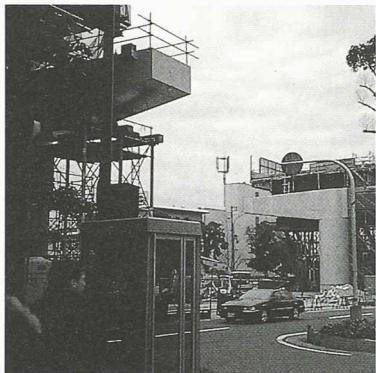


Fig. 5



Fig. 6

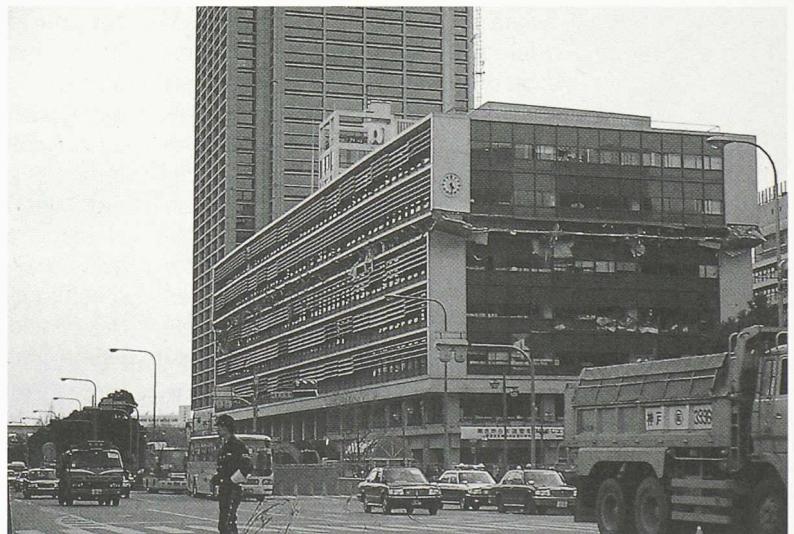


Fig. 7

Fig. 8

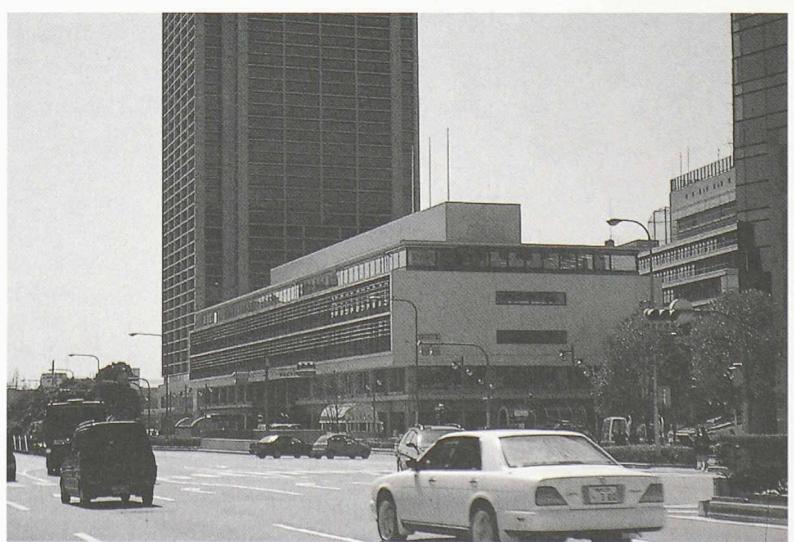


Fig. 5,6.- Réparation et renforcement des piliers en béton armé de la voie express du Hanshin (Fig. 5: l'armature de la couche de renforcement en béton armé est visible en haut; Fig. 6: travaux terminés, le béton de renforcement est habillé par des plaques métalliques)

Fig. 7,8.- Bâtiment de l'administration communale de Kobe avec un étage intermédiaire effondré (Fig. 7: juste après le séisme; Fig. 8: après la réhabilitation, quatorze mois plus tard)

d'observations par caméra vidéo. Dans certains cas, une très légère fissuration a été décelée, à laquelle on a remédié par colmatage à l'aide de résine époxy. A l'issue de ces vérifications, l'ensemble des fondations ayant été déclaré sain, chaque pilier est reconstruit sur son emplacement existant. Signalons cependant que pour les viaducs des lignes de chemin de fer, on n'a pas procédé à de telles vérifications en profondeur.

Les parties de l'autoroute effondrées sont actuellement en cours de complète reconstruction. Dans ces portions, le tablier en béton a été remplacé par un tablier métallique beaucoup plus léger. Toutefois, le poids total de l'ouvrage ne sera que légèrement inférieur à celui qu'il remplace, car il sera complété par des murs antibruit et des bandes d'arrêt d'urgence. Des isolateurs constitués d'élastomère et de plomb seront placés entre tablier et piliers afin d'assurer un bien meilleur comportement sismique. Les connections entre chaque tronçon de tablier sont en outre remplacées par un modèle de type câble, qui offre une liberté de mouvement aussi bien latéral que longitudinal accrue (figure 10). Dans nombre d'endroits, en effet, les mouvements latéraux avaient eu raison de l'ancien système de barres en « V ».

Reconstruction des bâtiments

Les bâtiments ayant été fortement endommagés par le séisme ont été démolis rapidement et il n'en reste actuellement que très peu en cours de démantèlement. Les espaces autrefois occupés par ces immeubles sont recouverts de goudron et font office de parking en attendant la reconstruction.

Pour les bâtiments moins endommagés, toutes les possibilités de réparation sont soigneusement envisagées avant de recourir à la démolition. Sur les façades de nombreux bâtiments on peut ainsi voir les traces de colmatage des fissures qui s'étaient formées dans les murs. Certains immeubles

ayant subi l'effondrement d'un étage intermédiaire se voient maintenant dépourvus de leurs étages supérieurs, le nouveau toit se situant au niveau de l'étage effondré, tandis que des travaux de réparation classiques sont effectués dans les étages inférieurs. La figure 8 montre un exemple de cette technique de réhabilitation : il s'agit de l'un des bâtiments de l'administration communale de Kobe. Moins coûteuse qu'une reconstruction complète, cette méthode permet en outre de remettre assez rapidement en service certains immeubles. En l'occurrence, le bâtiment en question rouvrait ses portes au public le 25 mars 1996.

Les zones anciennement occupées par les maisons traditionnelles en bois qui ont brûlé, sont actuellement laissées en terrains vagues, et occupées par des habitations temporaires, en attendant le début des programmes de reconstruction de ces quartiers. Il est donc vrai qu'un grand nombre d'habitants sont encore logés dans des conditions précaires.

Finalement, un peu partout dans la ville, fleurit un nouveau type de maisons très modernes, en préfabriqué, rapidement montées, faisant appel à de nouveaux matériaux et à des structures dont les qualités ignifuges et de résistance aux séismes et aux typhons semblent très grandes, si l'on en croit les tests présentés dans les vidéos publicitaires chez les fabricants.

Conclusions

Les expériences de la première année de reconstruction à Kobe appellent les commentaires suivants.

- L'efficacité des travaux de réparation réalisés en un an est impressionnante. A première vue, un visiteur pourrait ne pas remarquer l'impact produit par le séisme sur la ville, bien qu'il reste actuellement un gros problème de logement.
- Malgré la rapidité avec laquelle les travaux sont accomplis, les exigences de qualité paraissent

respectées, notamment au niveau de la sécurité des structures endommagées.

- Enfin, il semble que la population ait su développer un esprit persistant d'entraide et d'espérance favorisant la reconstruction à tous les niveaux. La création spontanée d'associations de quartier et le développement du bénévolat témoignent de cet élan, aussi bien que les peintres amateurs qui décorent les nombreuses barrières de chantiers...

Remerciements

Le présent article est basé sur une enquête menée sur place fin mars 1996. Les auteurs tiennent à remercier sincèrement

- M^{es} K. Peters et K. Zaugg de leur aide pour l'organisation de la visite,
- MM. le Dr. Nakamura du *Railway Technical Research Institute* (Tokyo), le Dr. Naganuma de la *Hanshin Express Way Public Corporation* (Osaka), Kawashima du *Kobe Fire Department* (Kobe) et Tsuchiya de la *Nihon Oil Company* (Kobe), du temps mis à disposition et des informations fournies,
- M. Aguirre de son aide comme interprète.

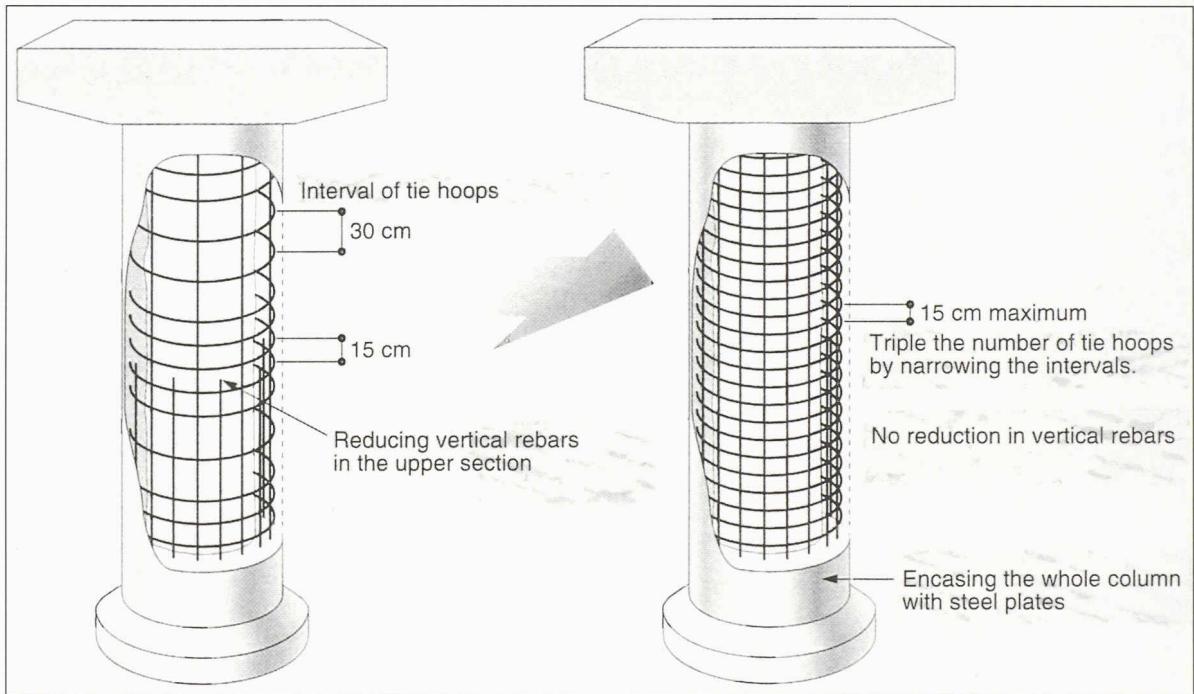


Fig. 9

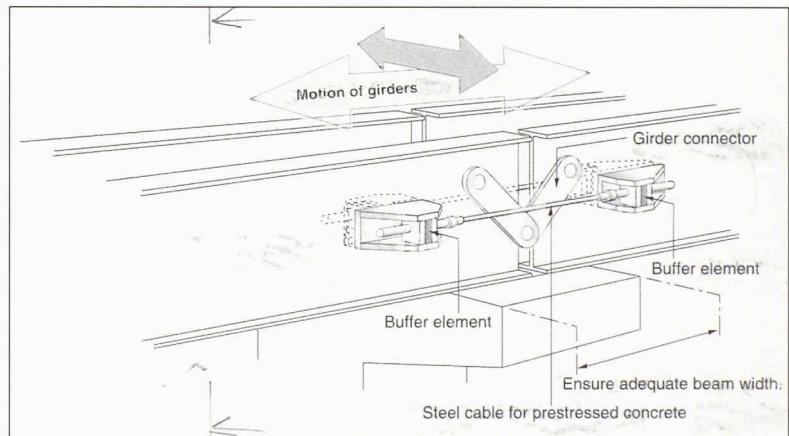


Fig. 10

Fig. 11

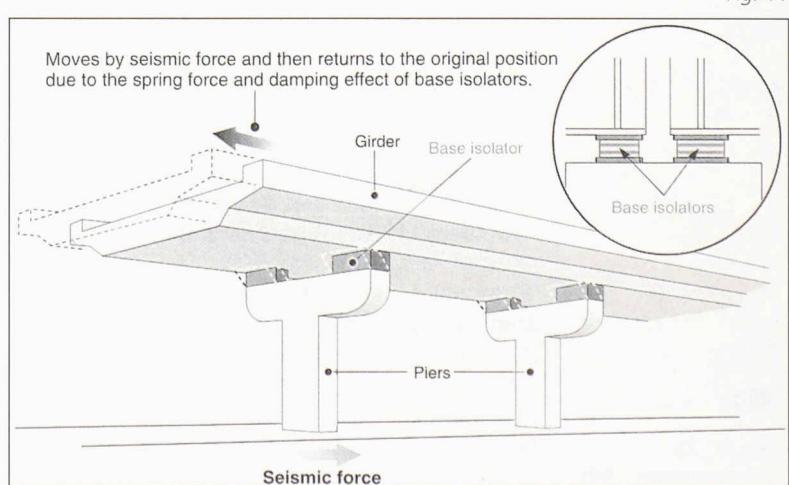


Fig. 9.- Schéma de l'armature des piliers neufs ou renforcés par comparaison avec l'ancienne conception

Fig. 10.- Schéma de la nouvelle liaison des tabliers par des câbles de précontrainte et de l'ancien système de barres en « V »; le nouveau système se verra rajouté partout.

Fig. 11.- Pilier de la voie express du Hanshin en cours de reconstruction; à l'exception de la partie qui sera reconstruite juste au-dessus, le tablier est quant à lui réutilisé.