

qui interviennent dans le problème qui nous occupe l'impossibilité d'une étude statistique ne fait d'ailleurs aucun doute. Malfaçons, erreurs accidentelles, etc., devront toujours être classées parmi les impondérables. Pour s'en prémunir il faudra donc se ménager une certaine marge de sécurité quand bien même on serait arrivé à faire entrer dans le calcul des probabilités les principales causes de fluctuation. Ceci semblerait exclure la possibilité de s'affranchir entièrement de la notion de marge de sécurité et ferait apparaître la nouvelle méthode comme un remède seulement partiel aux inconvénients de l'ancienne. En outre des risques sérieux paraissent pouvoir résulter de la difficulté d'établir une nette distinction entre les deux parties du calcul, celle qui serait redevable des méthodes statistiques et celle qui resterait attachée à la notion de marge de sécurité.

Toute une autre série d'obstacles que l'on doit surmonter quand on veut appliquer le calcul des probabilités à l'étude des constructions provient de la complexité même du problème mathématique auquel on se heurte.

Si l'on n'a affaire qu'à deux variables: charge de rupture, contrainte de rupture d'un matériau la question semble au premier abord assez facile. En fait, pour pouvoir effectuer un rapprochement direct entre les deux facteurs, il faut savoir passer de la connaissance de la charge extérieure à celle de la contrainte induite. On ne peut en effet songer à établir directement la loi de dispersion de cette dernière. Dès lors le problème posé n'étant pas linéaire (parce qu'on est au voisinage de la rupture) le calcul se complique, surtout si l'on essaye de tenir compte non seulement des phénomènes plastiques locaux mais aussi des phénomènes d'adaptation qui prennent naissance dans l'ensemble de la construction. Evidemment tout cela peut se simplifier par des approximations, mais alors il faut augmenter la marge de sécurité adoptée par ailleurs.

Cependant le cas de deux variables n'est encore que très particulier. Tout au plus s'applique-t-il aux constructions en acier. Dans le béton précontraint, la prise en compte de deux variables seulement ne peut se faire qu'au prix de simplifications discutables. On peut par exemple négliger l'effet des variations de résistance de l'acier; ce qui revient pratiquement à admettre que les sections se rompent toujours par écrasement du béton. Mais comment pourrait-on fonder sur une telle restriction une méthode générale de dimensionnement? Ne risquerait-on pas, pour faciliter le calcul, d'écarter les solutions les plus intéressantes au point de vue économique?

En fait, dans le calcul du béton précontraint, il semble bien que l'on doive tenir compte de trois facteurs au moins: charge, résistance de l'acier, résistance du béton; et rien n'autorise à penser que l'on puisse étudier séparément l'effet de l'un quelconque des trois. Dès lors le calcul de la probabilité de rupture se complique considérablement. On pourra, par exemple, tracer une « surface de rupture » rapportée à

trois axes sur lesquels on porte les valeurs des trois variables, attribuer aux éléments de volume un poids spécifique fonction des probabilités qui correspondent à leurs coordonnées et faire le rapport des volumes situés de part et d'autre de la surface de rupture. Resterait alors à comparer la probabilité de rupture ainsi calculée à la probabilité de rupture considérée acceptable, compte tenu de la marge de sécurité dont nous avons parlé.

Cette méthode, remarquons-le, n'est qu'un procédé de vérification. Etant donnée sa complexité nous ne voyons pas comment on pourrait la transformer d'une façon simple et plausible en procédé de dimensionnement.

Les observations sur l'application du calcul des probabilités au dimensionnement

Sur la mise en compte du fluage dans les constructions hyperstatiques précontraintes (*)

Dans une note présentée par ailleurs M. Levi a mis en évidence une propriété caractéristique des solides visco-élastiques, c'est à dire des corps constitués par un matériau susceptible de fluage: à savoir la capacité que possède un corps de cette nature, lorsqu'il supporte l'action d'un système de charges permanentes, de donner lieu à l'apparition de nouvelles réactions si on le soumet, après que les charges sont déjà entrées en action, à des liaisons supplémentaires.

Le phénomène s'explique très simplement si l'on observe que le fluage tend à faire augmenter graduellement la déformation du corps soumis à l'action des charges. Si de nouvelles liaisons interviennent, la déformation due au fluage, qui par hypothèse est semblable à la déformation élastique préexistante, ne peut pas avoir lieu librement; d'où l'apparition des réactions supplémentaires.

M. Levi a montré que ces réactions, à effet retardé, sont semblables à celles qui prendraient naissance si l'on introduisait les liaisons avant l'entrée en action des charges et que, dans les constructions en béton, le rapport de similitude est extrêmement élevé; autrement dit que l'entrée en action retardée des liaisons ne se traduit pas forcément par une forte réduction des réactions correspondantes.

Nous voulons attirer ici l'attention sur l'importance que la prise en compte de ce phénomène peut avoir dans l'étude d'un grand nombre de constructions précontraintes.

Il est en effet tout à fait courant qu'une construction précontrainte soit réalisée par l'assemblage d'éléments fabriqués isolément, lesquels supportent déjà une partie importante de la charge permanente au moment de la mise en tension des câbles de solidarisation. C'est le cas par exemple des structures formées par l'assemblage de poutres à

(*) Comunicazione presentata al 1° Congresso Intern. del Cemento armato precompresso.

ment des constructions, et plus particulièrement du béton précontraint, que nous venons d'exposer très brièvement sont essentiellement négatives. Faut-il en déduire qu'à notre avis le constructeur n'ait rien à tirer des études qui ont été faites dans cette direction? Ce n'est pas du tout ce que nous voulons dire. Nous croyons en effet que l'introduction des méthodes statistiques, bien qu'elle ne puisse servir comme base exclusive des procédés de dimensionnement, est seule capable de donner un sens précis à la notion de marge de sécurité et d'éviter les erreurs nuisibles auxquelles on peut être facilement conduit quand on généralise sans discernement les artifices de calcul que comportent les méthodes usuelles.

Franco Levi

câble. Celles-ci en effet ne sont avantageuses au point de vue économique que si, au moment où elles sont mises séparément en état de précontrainte, elles supportent déjà une fraction importante du poids mort.

Imaginons alors qu'une poutre continue soit formée par une série de travées dont la mise en précontrainte a été réalisée quand chacune d'elle fonctionnait comme une poutre sur appuis simples, travées que l'on solidarise après coup par la mise en tension de câbles chevâlets passant sur les appuis. Au début, avant le blocage des appuis, l'action des charges permanentes agissant sur les poutres doit être calculée en régime isostatique. Il en est de même de l'effet du câble. Après la solidarisation le nuage fera naître des moments sur appuis semblables à ceux qui seraient apparus si la charge permanente et la précontrainte étaient intervenues sur la poutre continue. A la longue, le fait d'avoir réalisé la continuité avec un certain retard n'aura qu'un effet très réduit sur le régime des efforts. Il me semble que c'est là une circonstance très favorable qu'il serait regrettable de négliger.

Un autre exemple très caractéristique est celui d'un portique à deux rotules dans lequel on introduit deux rotules provisoires aux extrémités de la traverse afin que la mise en précontrainte de celle-ci ne puisse donner lieu à l'apparition d'une poussée négative importante provoquée par le raccourcissement axial. On a souvent recours à cet artifice quand la traverse comprend un grand nombre de joints entre claveaux qui se tassent lors de la mise en tension des câbles. Dans une construction de ce genre, et en régime purement élastique, la poussée hyperstatique due à la charge permanente qui agit sur la traverse avant la suppression des rotules provisoires serait entièrement perdue. Il en serait de même pour la poussée hyperstatique provoquée par la précontrainte. En régime visco-élastique les rotules devront réagir pour contenir le déplacement que les appuis tendront à

subir sous l'action du fluage, on tendra donc à se rapprocher du régime normal.

Le phénomène en question peut d'ailleurs se compliquer considérablement dans la pratique. Il peut en effet se produire que la mise en précontrainte de la traverse n'entraîne pas le décentrement complet. Supposons par exemple de schématiser le cintre sous la forme de deux soutiens intermédiaires. Dans ce cas, au moment de la mise en tension des câbles, la traverse se comportera comme une poutre continue sur quatre appuis dont les réactions finales dépendront de la fois de la charge agissant sur la traverse, de la position des appuis et du parcours du câble.

Après blocage des rotules provisoires, on verra apparaître une première fraction élastique X_1 de la poussée lors de la suppression des appuis intermédiaires (fraction évidemment équivalente à la poussée déterminée dans le portique hyperstatique par deux forces équivalentes

aux réactions des appuis, supprimés mais de signe contraire). Par la suite l'intervention du fluage fera naître une poussée supplémentaire qui tendra à combler l'écart existant entre la poussée X_1 et la poussée X_2 qui aurait pris naissance sous l'effet simultanée: a) de la charge agissant sur la traverse supposée appliquée de façon normale sur le portique disposant de toutes ses liaisons; b) de l'effet de la précontrainte appliquée elle aussi au portique complet.

Il est à peine besoin de souligner que les exemples que nous venons de décrire ne sont que des cas particuliers. Il suffit en effet d'examiner de près les procédés de réalisation les plus courants des constructions précontraintes pour se rendre compte que le phénomène de la « solidarisation rétroactive » est susceptible de se vérifier très fréquemment et d'avoir très souvent des conséquences importantes.

Giorgio Dardanelli

Gli autoalveari

Autorimesse con box disposti quali celle di un alveare in una incastellatura metallica girevole. Questa disposizione dei box in più strati sovrapposti permette un notevole risparmio di area fabbricabile.

L'idea di costruire autorimesse ad alveare nel tipo Auto Prater Automatic (brevetto Vailati) comparso in modello alla Fiera d'Autunno 1951 di Parigi e che si spera sarà presentato in prototipo alla Fiera di Milano 1952, ha destato vivo interesse in tutto il mondo. Siamo informati che la realizzazione della carpenteria metallica dell'alveare e delle relative apparecchiature elettriche è ormai avviata con l'appoggio di una grande Società metallurgica lombarda.

In attesa di vedere in funzione il primo esemplare, si vogliono qui illustrare per sommi capi le possibilità di applicazione dell'autoalveare.

Premettiamo che l'alveare è composto di tanti box ognuno formato da una pedana di appoggio larga 2,10 e lunga 5,50 sostenuta da due anelli di diametro 2,50 interno costituenti il cerchio limitatore del box cilindrico.

Una serie di 6 box disposti in circolo su un piano verticale costituisce l'alveare minimo.

Disponendo altri 12 box in circolo concentrico attorno ai primi sei si ottiene l'alveare medio a 18 box.

Su un terzo circolo concentrico si possono disporre altri 18 box e si ottiene l'alveare massimo a 36 box.

Come tipi derivati dall'accoppiamento coassiale di due alveari si ottengono gli alveari:

- doppiominimo a 12 box;
- doppiomedio a 36 box;
- doppiomassimo a 72 box.

Si potrebbe proporre ai costruttori di realizzare autoalveari di tipo medio o massimo in cui il giro esterno sia composto di box di diametro di metri 2,00 o 2,10 adatti a vetture di piccola cilindrata. In tal modo si potrebbero avere alveari medi a 20 box anziché a 18 box ed alveari massimi a 40 box anziché a 36 box pur diminuendo di qualche poco il diametro del complesso.

Fermando il nostro esame al tipo di alveare attualmente in costruzione e volendo elencare sinteticamente le sue caratteristiche essenziali diremo che: esso gira attorno ad un perno centrale; le pedane si mantengono orizzontali durante il giramento dell'alveare; salvo il comando a mano da usarsi in caso di mancanza di energia elettrica, tutti i comandi sono elettrici ed automatici; l'alveare può girare nei due sensi; il percorso massimo che può fare un box per portarsi in corrispondenza della porta di uscita su strada è di mezzo giro, che può essere compiuto in meno di un minuto.

Non vogliamo analizzare in questa sede le caratteristiche dei meccanismi, della carpenteria e delle apparecchiature elettriche costituenti l'interno mobile dell'alveare. Nè vogliamo descrivere i sistemi di protezione antincendi, di raccolta delle eventuali fughe di olio o benzina, di ventilazione ecc. Basterà dire che il tutto è studiato secondo i severi regolamenti antincendi oggi in vigore.

Vogliamo qui soltanto accennare brevemente alle applicazioni degli autoalveari in rapporto alle esigenze edili e urbanistiche. Diremo subito che gli autoalveari saranno sempre seminterrati. Il centro del sistema rotante potrà essere sistemato in varie posizioni comprese tra due metri sotto il piano stradale e 3,60 sopra detto piano.

Per posizioni più alte o più basse occorreranno rampe esterne. Gli alveari a 6 oppure 18 oppure 36 posti saranno contenuti rispettivamente in camere con diametri di metri 8,10 oppure 13,70 oppure 19,00.

Ne consegue che il fondo della camera potrà essere a quota compresa tra metri:

6,20 e 0,60 sotto il piano d'accesso per gli alveari minimi;

8,85 e 3,25 sotto il piano d'accesso per gli alveari medi;

11,50 e 5,90 sotto il piano d'accesso per gli alveari massimi.

Le esigenze edilizie e le caratteristiche dei sottosuoli e delle acque sotterranee consiglieranno caso per caso di scegliere il tipo più adatto e di fissare la profondità di posa più opportuna.

Le camere contenenti gli alveari saranno profonde circa metri 6 per i tipi semplici e metri 12 per i tipi doppi.

Queste camere potranno essere isolate oppure adossate o incorporate ad edifici. Vedansi nell'illustrazione due tipi studiati in funzione di esigenze locali differenti: l'una di tipo isolato studiata per un autoparcheggio su area stradale aperta, con annessa stazione carburanti e negozio bar; l'altra di tipo incorporato ad edificio, studiata per una autorimessa da costruirsi in fondo ad un cortile di un palazzo.

Chi conosce il valore delle aree fabbricabili centrali e la difficoltà di costruire rimesse sotto i fabbricati d'abitazione per le severità dei regolamenti antincendi e per non voler sciupare aree preziose per le rampe di discesa, apprezzerà in alto grado quella che è la caratteristica peculiare dell'autoalveare: minimo fabbisogno di area fabbricabile per la costruzione dell'autorimessa.

Infatti con il tipo minimo si hanno 6 posti per vetture di grande cilindrata su un'area coperta di $(6,50 \times 9,20) = 60$ mq.; con il tipo medio si hanno 18 posti su un'area coperta di $(6,50 \times 14,50) = 95$ mq.; con il tipo massimo si hanno 36 posti su un'area coperta di $(6,50 \times 20,20) = 130$ mq.

Si va cioè da 10 mq. per vettura a 5,3 mq. ed a 3,6 mq. rispettivamente per gli alveari minimi, medi e massimi.

È evidente il vantaggio ottenibile in confronto alle normali autorimesse: infatti nei soliti garages disposti su un sol piano, tra area del box $(6,00 \times 2,30)$ per vettura di grande cilindrata e aree perse per muri, passaggi e rampe si giunge facilmente ai 17-20 mq. per vettura. Nei garages su due piani si giunge ai 10-11 mq. di area fabbricabile coperta, per ogni macchina ricoverata.

Il risparmio di area fabbricabile rappresenterà un utile marginale netto effettivo qualora il costo di costruzione di un box nell'alveare non superi il costo di costruzione di un box in una comune autorimessa.

In effetti la parità nel costo di costruzione è raggiungibile e lo vogliamo qui dimostrare.

Esemplifichiamo l'alveare medio a 18 posti: sommando al costo previsto di Lire 4.500.000 per la parte meccanica ed elettrica, il costo del fabbricato prevedibile in Lire 5.000.000 (mc. 1250 vuoto pieno \times L. 4.000 al mc); si ottiene una spesa di costruzione di Lire 9.500.000 pari a Lire 530.000 per box.

Per l'alveare massimo a 36 posti si avrà rispettivamente Lire 7.500.000 per la parte meccanica ed elettrica e Lire 9.000.000 per il fabbricato e quindi un totale di Lire 16.500.000 pari a Lire 460.000 per box.

L'esame delle cifre sopra esposte ci condurrà a concludere che la conve-