

Le béton armé et les tremblements de terre

Autor(en): **Mollins, S. de**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin technique de la Suisse romande**

Band (Jahr): **35 (1909)**

Heft 12

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-27574>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

répété des opérations analogues pour chacun des nœuds du système, on additionne membre toutes les relations obtenues. Il est alors immédiatement visible que l'équation résultante obtenue est précisément celle qui correspond à la déformation virtuelle définie par les masses m_i .

D'après cela, la méthode qui précède résulte de considérations très élémentaires. Cependant, comme nous allons le voir, il n'était pas inutile de faire ressortir les liens qui la rattachent au principe des travaux virtuels.

En premier lieu, on conçoit sans aucune peine, en effet, que la recherche des masses fictives conduisant à une équation renfermant une seule tension inconnue peut être singulièrement facilitée lorsqu'on sait que ces masses représentent les déplacements virtuels que subissent les nœuds du système lorsqu'une seule barre s'allonge infiniment peu.

D'autre part, supposons que le système considéré soit librement dilatable. Il est alors possible d'attribuer aux diverses barres des allongements infiniment petits absolument arbitraires. Le principe des travaux virtuels permettra donc, dans ce cas, de déterminer les tensions produites dans toutes les barres, ce qu'on exprime en disant que le système considéré est statiquement déterminé. On peut affirmer, dès lors, que dans tout système statiquement déterminé, il est possible de faire correspondre à chaque barre un ensemble de masses fictives telles que l'équation correspondante renferme comme seule inconnue la tension dans la barre considérée.

On peut remarquer maintenant que la méthode suivie au paragraphe 90 pour le calcul de la tension dans la barre (l_{17}) n'est qu'un cas particulier de celle que nous venons d'exposer. Les masses fictives correspondent aux nœuds de la couronne supérieure de la coupole et ont été concentrées aux points m_1, m_2, \dots , de la figure fondamentale 2 de la planche VI. Elles sont égales en valeur absolue, mais alternativement de signes contraires. De plus, il est visible qu'elles correspondent à une déformation virtuelle qui n'allonge que la barre (l_{17}) et ne déplace que les nœuds de la couronne supérieure.

La méthode qui précède est évidemment applicable aux systèmes plans. Mais comme on peut, dans ce cas, supposer que toutes les masses fictives sont égales entre elles, on retombe sur une méthode connue et qui, sauf erreur, a été signalée pour la première fois par M. Saviotti.

Pour déterminer les travaux virtuels à l'aide de la règle énoncée, les déplacements virtuels ont été, dans tout ce qui précède, remplacés par des masses fictives. Il est clair qu'on peut aussi remplacer les forces données et les tensions inconnues par de nouvelles masses fictives, les déplacements virtuels des nœuds étant alors représentés par des vecteurs. On est ainsi conduit, pour la recherche des tensions, à une nouvelle méthode, qui est, en quelque sorte, dualistique de la précédente. Mais comme elle exige, en tout premier lieu, la recherche de la figure réciproque de la figure fondamentale par rapport à la circonférence directrice, elle ne paraît guère susceptible d'applications simples, et nous nous bornons, ici, à la signaler sans la développer.

Le béton armé et les tremblements de terre.

Conférence de M.S. de Mollins, faite le 27 mars 1909 devant la Société vaudoise des ingénieurs et architectes.¹

Choix des matériaux.

Les qualités demandées aux matériaux correspondent à la définition même du béton armé.

Les matériaux anciens tels que : bois, maçonnerie, métal, ne donnaient que de mauvais résultats, tant par l'insuffisance de leur résistance aux secousses sismiques que par leur destruction facile par l'incendie qui suit toujours ou accompagne tout tremblement de terre.

Je n'insisterai que sur l'une des principales qualités intrinsèques à réaliser par les matériaux employés, qualité suffisamment mise en lumière par d'autres communications.

L'homogénéité, qui permet l'unité de vibration et d'accélération, facteur indispensable à la conservation des édifices en cas de séisme. Or, qu'un édifice soit construit en maçonnerie ou en maçonnerie et métal, chacune des parties vibre pour son compte avec les accélérations correspondantes et l'on assiste alors dans les séismes à ce spectacle courant de la projection de matériaux en tous sens (fig. 1).



Fig. 1. — Brisure des constructions en bois, ce qui montre l'insuffisance de liaison entre les diverses parties de la construction.

Cette remarque permet de ramener à leur juste valeur toutes les appréciations théoriques élogieuses sur les constructions composées de matériaux hétérogènes, juxtaposés, et plus ou moins bien réunis. Dans cette catégorie rentrent toutes les constructions en bois et toutes les constructions en métal avec remplissage ou garniture en maçonnerie, *terra cotta*, tôle, brique, etc.

Le béton armé, outre ses qualités de grande résistance, de continuité, d'élasticité et d'incombustibilité, offre au plus haut point cette qualité d'homogénéité indispensable : le métal en éléments de petit échantillon emprisonnés dans la masse la rend fibreuse en même temps que la gangue enveloppe celui-là, le protège et rend son action uni-

¹ Cette conférence est la reproduction d'une conférence faite par M. Flament devant la Société des ingénieurs civils de France.

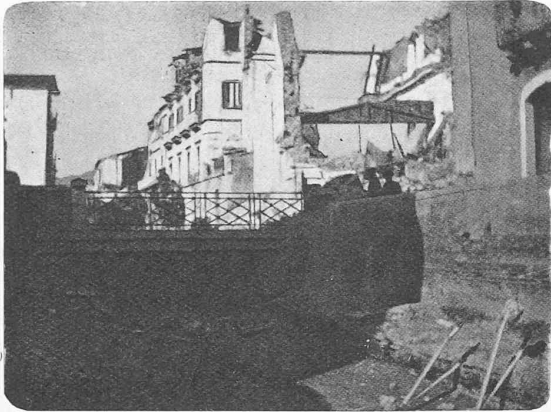


Fig. 2. — Couverture du torrent Portalegui, à Messine.

forme. Les assemblages peuvent être d'une rigidité incomparable et défier tous les mouvements.

En un mot, tout le monde est d'accord pour reconnaître que le béton armé, judicieusement conçu et appliqué, est le seul procédé de construction actuellement à la disposition des ingénieurs et des architectes, comme susceptible, sinon d'éviter totalement les grands cataclysmes du globe, tout au moins de les atténuer dans la plus large mesure et par suite d'épargner un grand nombre de vies humaines.

Ces espérances ne sont d'ailleurs pas hypothétiques et le béton armé, quoique jeune, possède déjà son histoire, toute contemporaine, mais vécue.

Il serait trop long de développer ici cette histoire que je vais résumer en deux citations :

1^o *Rapport sur l'état des constructions en béton armé après le désastre du 28 décembre 1908 à Messine :*

Les renseignements qui suivent ont été pris sur place par un ingénieur de la maison Hennebique qui a assisté à la conférence. Ces renseignements établissent la tenue parfaite de tous les éléments de béton armé, système Hennebique, construits dans certains édifices, et notamment dans ceux se trouvant aux endroits les plus tourmentés. Aucune des constructions de ce système n'a été endommagée quelque violents qu'aient été les efforts qu'elles ont subis.

Voici l'énumération rapide des principales de ces constructions :

Couverture du torrent Portalegui. Intacte, malgré l'énorme masse de décombres qui s'est accumulée dessus (fig. 2).

Pont sur le Portalegui. Est intact (fig. 3).

Moulin de Natale, en béton armé. Intact (fig. 3).

Maisons en béton armé restées intactes dans un quartier dont toutes les autres constructions ont été ruinées. C'est à cette circonstance que le propriétaire et sa famille doivent la vie alors que tous leurs voisins ont péri. (Fig. 4).

2^o *Appréciation de la construction en béton armé par le Service géologique des Etats-Unis, lors du tremblement de terre de San-Francisco, le 18 avril 1906 ; citation textuelle :*

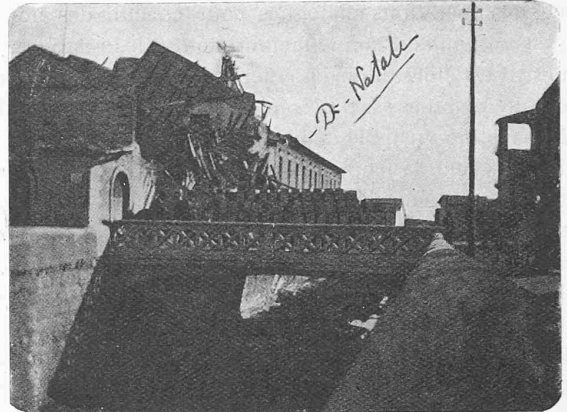


Fig. 3. — Pont sur le Portalegui. La première maison derrière, en construction ordinaire est détruite. Plus loin les moulins de Natale, en béton armé, sont restés debout.

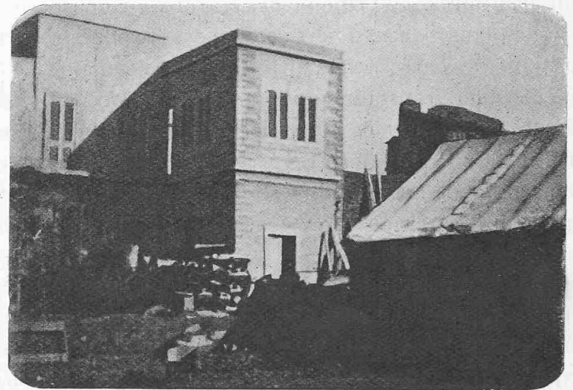


Fig. 4. — Maisons d'habitation en béton armé, à Messine restées indemnes au milieu d'un quartier entièrement détruit.

« Malheureusement, pour San-Francisco, il n'y avait que peu de constructions en béton armé au moment de la catastrophe, mais elles se sont bien comportées pendant le tremblement de terre et le feu en résultant. »

Le béton, principalement le béton armé, à cause de sa forte résistance et de sa grande continuité, a prouvé qu'il était le plus satisfaisant des matériaux. Sa structure monolithique donne un matériel résistant merveilleusement aux secousses, car *il se meut d'une seule pièce* ; en outre, il offre à l'incendie le *maximum de résistance*. »

Notez, Messieurs, que ces constructions avaient été conçues sans préoccupation spéciale en vue de résister aux séismes. Nous insistons donc encore tout spécialement sur ce point qui montre que, sans prévisions spéciales et sans supplément de dépense d'aucune sorte pour les assemblages, les constructions en béton armé sont de nature à résister aux séismes les plus violents sans se déformer.

Si donc maintenant nous profitons de l'expérience brutale des catastrophes pour améliorer encore les constructions en béton armé, nous aurons contribué dans des proportions importantes à rendre plus précieux encore un matériau déjà classé en premier rang de ceux à employer.

Amélioration des maçonneries.

La façon défectueuse des maçonneries à Messine, autant que la médiocre qualité des matériaux employés, paraît avoir été la principale cause de généralisation du désastre.

On pourrait très sensiblement améliorer les constructions ordinaires tout au moins contre les séismes légers, en observant certaines règles déduites de la comparaison entre la stabilité d'une boîte toute en béton armé et celle d'une maison de mêmes dimensions construite à la façon ordinaire.

Le principe de cette amélioration serait de proscrire tous les éléments constructifs n'ayant pas de stabilité propre, comme la voûte formant plancher qui, par ses poussées, jette les murs dehors au premier frisson terrien, ainsi que toutes les mauvaises maçonneries composées d'éléments hétérogènes de densités différentes.

La construction serait alors faite de la meilleure maçonnerie, du meilleur mortier, et parfaitement chaînée, par les planchers en béton armé.

Quant à la fondation, on pourrait peut-être augmenter un peu les empattements, par des semelles en béton armé; mais nous verrons tout à l'heure en parlant des fondations que l'amélioration de celles-ci est relativement secondaire et doit passer au second plan de nos préoccupations, étant donnée leur moindre importance dans les effets des séismes.

Fondations.

Les avis les plus divers ont été émis à ce sujet. Les partisans de l'enracinement n'en veulent pas démordre, leurs adversaires sont tout aussi tenaces.

En cette matière encore, il n'est pas de règle initiale absolue, tout dépend du sol.

Nous voyons dans les projections qu'avec le sol mauvais de Messine et les constructions précaires qu'on y rencontrait des immeubles ayant beaucoup souffert en leur superstructure, ne présentent pas de désordres du côté des fondations.

C'est ainsi que l'on peut voir par les photographies que tout à côté des parties les plus bouleversées de la construction, on retrouve immédiatement les éléments parfaitement horizontaux et verticaux, indice certain de l'immuabilité des fondations.

Ceci se passe aussi bien dans les étages inférieurs des constructions dont la partie supérieure a été détruite par défaut de stabilité comme nous l'avons démontré, que dans les parties immédiatement voisines des constructions détruites de fond en comble.

Au point de vue fondations, que risque la boîte indéformable en béton armé? Rien que l'inclinaison d'ensemble, désagréable certainement, mais non irréparable, ni sérieusement dangereuse.

On a parlé de mouvements sismiques d'apparence giratoire, mais cela n'existe pas, car les mouvements sismiques procèdent par ondulations parallèles qui se font sentir fort

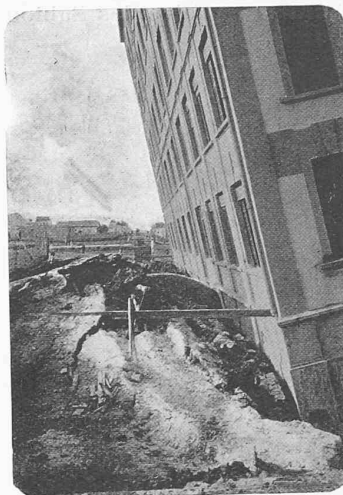


Fig. 5. — Minoterie de Tunis. Le bâtiment en s'inclinant a fait refluer la vase dont la croûte solidifiée à la surface s'est craquelée.

loin du point de choc qui leur donna naissance en allant toujours s'atténuant, ondulations analogues aux ondes concentriques produites par le choc d'un corps tombant dans l'eau.

Si ces ondes atteignent obliquement une construction déformable, incapable de résistance, dont les divers éléments obéissent instantanément à la cause de ruine qui les sollicite, ceux-ci s'inclinent successivement

de proche en proche en semblant tourner sur eux-mêmes, ce qui donne créance à l'existence d'un mouvement giratoire, alors que, en réalité, on n'en a que l'apparence, qui concorde parfaitement avec les constatations faites et rapportées par les survivants qui déclarent avoir vu tourner les constructions avant de s'abattre.

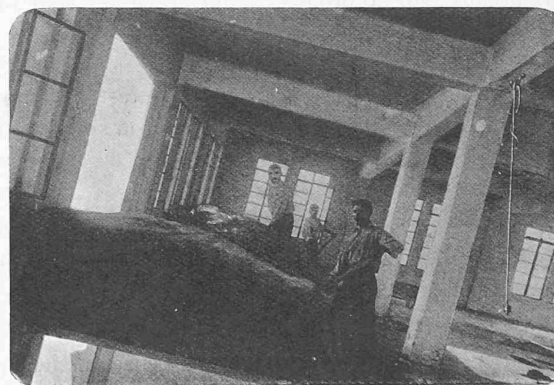


Fig. 6. — Minoterie de Tunis. Vue de l'intérieur du bâtiment (à droite un fil à plomb donne le sentiment de l'inclinaison).

Les effets des séismes à San-Francisco, prouvent qu'en tous les points du globe les accidents des tremblements de terre sont exactement les mêmes, et que les constatations que nous avons rapportées peuvent s'appliquer d'une façon générale et intégrale à tous les pays.

L'exemple le plus curieux de la cohésion du béton armé est celui de la grande minoterie de Tunis construite sur la croûte durcie par le soleil d'un lac de boue; elle a brisé cette croûte (fig. 5 et 6) et s'est inclinée d'une façon inquiétante. Par des charges de gravier et de rails, on l'a redressée, mais elle s'était enlissée de trois mètres dans la boue. Le bâtiment n'a eu aucune crevasse et n'a subi aucune déformation quelconque.