

41. *Echelle d'intensité sismique et accélération maxima*

par Mishio ISHIMOTO,

Institut de Recherches sur les Tremblements de terre.

(Lu le 21 juin 1932, reçu le 20 juin 1932)

I. Introduction.

Quand nous voulons exprimer l'intensité de secousses sismiques, nous adoptons une échelle d'intensité. Nous classons l'intensité sismique en degrés suivant la sensation humaine ainsi que d'après la destruction des cheminées, des maisons etc. sous l'action des secousses. Certainement il y a une relation serrée entre l'accélération maxima des secousses et la sensation humaine ou la destruction d'un objet. Nous trouvons ainsi une certaine échelle¹⁾, définie suivant l'accélération maxima des secousses. Mais, il est bien regrettable qu'on n'ait pas encore exécuté une comparaison avec la valeur accélérométrique obtenues par l'observation pour toutes les sortes de séismes. Certes, nous déterminons habituellement l'accélération sismique par un calcul sur l'amplitudes et la période dans les inscriptions faites par le sismographe du type ordinaire. Nous remarquons toujours une sorte d'ondes dont l'amplitude devient assez grande pour nous empêcher d'avoir une vraie accélération des secousses. D'un autre côté, le regretté Prof. Omori²⁾ a exécuté une expérience sur une table oscillante observant le moment où un bloc en bois va glisser ou tomber. Il a déterminé, donc, la valeur de l'accélération maxima produite au moment d'un grand tremblement de terre. Mais, personne après lui n'a utilisé ses résultats. C'est probablement parce qu'il y a très peu de cas où les secousses sismiques seront représentées par son échelle. Cette fois-ci les secousses produisent des sinistres.

Parmi les échelles d'intensité sismique, celle de Rossi-Forrel et celle de Mercari sont souvent employées: néanmoins nous citerons ici seulement l'échelle internationale. D'un autre côté, il y a une autre échelle au Japon, adoptée par l'Observatoire Central de Météorologie depuis plusieurs dizaines d'années et utilisée ici. Nous voulons, donc, avancer nos discussions en employant les degrés représentés par cette échelle. Voici un tableau expliquant les correspondances entre deux échelles.

1) L'échelle de Cancani.

2) F. OMORI, *Publ. Eq. Inv. Com.*, 4 (1910), 69.

Tableau I.

| Echelle internationale | Echelle de l'Observatoire Central de Météorologie du Japon. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I Mouvement microséismique noté par les séismographes seulement. | 0 Non ressentie par l'homme. |
| II Secousse enregistrée par les séismographes et constatée seulement par un petit nombre d'observateurs au repos. | I <i>légère</i> Secousse constatée par les personnes au repos ou attentives. |
| III Ebranlement constaté par plusieurs personnes au repos ; assez fort pour que la durée ou la direction puissent être appréciées. | |
| IV Ebranlement constaté par des personnes en activité, faiblement en plein air, mieux dans les maisons ; ébranlement des objets mobiles, des portes des fenêtres, craquement des planchers. | II <i>sensible médiocre</i> Sentie par tout le monde ; ébranlement des fenêtres et des portes. |
| V Ebranlement constaté en général par toute la population ; ébranlement d'objets plus lourds ; de meubles et de lits ; tintement de quelques sonnettes. | |
| VI Réveil général des dormeurs ; tintement général des sonnettes, oscillations des lustres, arrêt des pendules ; ébranlement apparent des arbres. Des personnes effrayées sortent des habitations. | III <i>assez forte</i> Ebranlement des maisons, bruit des fenêtres ; arrêt des pendules ; ébranlement des objets suspendus ; ébranlement de l'eau dans les cuvettes. |
| VII Renversement d'objets mobiles ; chute des plâtras du plafond et des murs ; tintement des cloches dans les églises ; épouvante générale sans dommage aux édifices bien construits. | IV <i>forte</i> Ebranlement très fort de maisons ; renversement d'objets mobiles ; l'eau des cuvettes est projetée. |
| VIII Chute des cheminées ; lézardes dans les murs. | V <i>très forte</i> Lézardes dans les murs ; Renversement des tombes, des lanternes de pierre ; chute des cheminées. |
| IX Destruction partielle ou totale de quelques édifices. | |
| X Des bâtiments très solides sont détruits. Il se produit des fentes dans le sol. L'eau des rivières, lacs, etc. est projetée. | |
| XI Catastrophe - Destruction des bâtiments, ponts, digues. Rails tordus, débordement des eaux, | VI <i>désastreuse</i> Destruction des bâtiments, montagnes effondrées ; grands changements topographiques apparaissent. |
| XII Grande catastrophe — Aucune œuvre ne subsiste, montagnes effondrées. ébranlée—Des chutes d'eau se forment, etc. | |

Certes, quoique nous faisons les divisions précises dans l'échelle, il n'apporte pas beaucoup de résultats : car il y a des conditions diverses dans les objets soumis aux secousses : par exemple toutes les maisons ne sont pas construites avec les mêmes matériaux ni avec la même solidité : la stabilité à la chute n'est pas égale pour tous. Nous constatons d'ailleurs que la nature des secousses sismiques varie énormément avec la nature superficielle du terrain. Telles circonstances nous empêchent aussi de faire l'estimation statistique de l'intensité sismique correspondant à chaque endroit. Ainsi nous n'avons que sept degrés dans l'échelle au lieu de douze.

D'un autre côté, il y a l'échelle de Cancani représentée par l'accélération maxima des secousses. Probablement, il a adopté les valeurs d'accélération calculées d'après l'inscription sismographique du type ordinaire. Ses estimations ne s'accordent pas bien, naturellement, avec les résultats obtenus par l'observation directe de l'accélération. Nous allons en parler plus tard.

Or, nous avons construit l'année dernière un sismographe accélérométrique et l'observation se fait continuellement dans notre Institut. Pendant une année, nous avons réussi à enregistrer de nombreux séismes ayant des intensités diverses. Classant ces séismes dans les degrés de l'échelle, nous avons essayé de déterminer l'accélération maxima des secousses correspondant à chaque degré.

Nous avons déjà parlé dans le mémoire précédant³⁾ de l'accélération sismique observée en deux stations qui se trouvent dans la ville même de Tôkyô et constaté que la période prédominante dans les secousses donne des valeurs différentes correspondant aux deux stations. Nous avons, donc, donné en conclusion que les secousses sismiques de grande accélération ne sont que des ondes du type stationnaire produites secondairement à la surface terrestre par l'arrivée des ondes primaires. Ainsi, même dans le domaine de la discussion de l'intensité sismique, nous sommes obligés de tenir compte de ce fait ; autrement ce n'est plus le même phénomène que nous observons. D'une part, si nous fixons le degré de l'intensité sismique d'après la sensation humaine à la partie basse de Tôkyô et d'autre part si nous examinons les inscriptions sismographiques de la station qui se trouve dans la partie haute de la ville, cette manière de comparaison ne pourra nous donner des résultats rigoureux. Heureusement, comme tous les chercheurs de notre Institut habitent dans la partie haute de la ville, il n'apparaîtra pas

3) M. ISHIMOTO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 10 (1932), 171.

beaucoup de différence entre l'inscription sismique et la sensation humaine.

2. Observation accélérométrique des séismes.

Nous avons déterminé l'accélération maxima pour chaque séisme enregistré par le sismographe accélérométrique installé dans la cave de notre Institut. Nous étudions seulement les deux composantes horizontales. Cette manière d'étude ne sera pas juste sous les conditions réelles. Mais nous constatons que l'accélération de la composante horizontale devient ordinairement plusieurs fois plus grande que celle de la composante verticale surtout dans la portion principale des secousses. Il nous semble, en effet, que la considération de la composante verticale reste inutile dans le but que nous poursuivons.

Nous avons compté tous les séismes ressentis représentés dans le Bulletin de notre Institut. Le nombre de séismes correspondant à chaque degré est représenté dans le Tableau II.

Tableau II.⁴⁾

| degré | nombre de séismes |
|-------|-------------------|
| 0 | 12 |
| I | 50 |
| II | 17 |
| III | 5 |
| IV | 2 |

Comme il n'y a pas eu de séisme des deux degrés V et VI, nous ne pouvons pas dire leur grandeur en valeur de l'accélération. En étudiant dans les inscriptions accélérométriques des séismes non-ressentis, nous avons déterminé leurs accélérations maximas.

On enregistre les accélérations horizontales des séismes par deux composantes et on a, donc, besoin de les composer pour avoir l'accélération maxima des secousses. Cette manipulation est, cependant, assez difficile; car pour faire cela on doit tenir compte de la phase de secousses qui nous demande 0,01 s. d'exactitude, laquelle n'est pas réalisable dans nos inscriptions. Ainsi nous avons mesuré séparément l'accéléra-

4) D'abord on avait mis les deux plus grands séismes dans le degré V; mais après on les a remis dans IV.

tion maxima pour chaque composante. Cette manière de mesure est permise ; car, dans les conditions les plus mauvaises, nous obtenons la mesure 1 au lieu de 1,4 ($=\sqrt{2}$) : mais nous considérons, en tout cas, le logarithme de la valeur d'accélération et cette différence reste, donc, de 15 pourcent, qui est d'une précision suffisante pour notre but. La plus mauvaise condition ne sera pas possible quand les secousses sismiques ébranlent d'une façon assez irrégulière.

Comme nous l'avons déjà constaté, les secousses sismiques se composent toujours à Hongô d'ondes ayant 0,3 s. de période. Nous ressentions les secousses constituées par des ondes de cette période. Si la période prédominante des secousses n'est pas constante pour chaque séisme, la distinction des secousses deviendra plus compliquée.

Comme la période propre d'oscillation du sismographe accélérométrique est de 0,15 s., la sensibilité de l'appareil varie même dans la région de 0,3 s. suivant le degré d'amortissement. Nous exécutons de temps en temps l'étalonnage en employant une fil de caoutchouc qui peut exercer une force d'amplitude constante ayant différentes périodes. Nous faisons, ainsi, la correction sur les valeurs de l'accélération maxima suivant les résultats d'étalonnage.

La détermination du degré de l'intensité a été exécutée par M. T. Yasuda qui a une expérience d'une trentaine d'années. Ses décisions sont représentées aussi dans le Bulletin. M. T. Yasuda habite à la partie haute de la ville et il n'y aura pas de différence entre son expérience et l'inscription sismométrique. Dans le Kisyô-yôran, cependant, on ne note pas le degré surtout pour les petits séismes. Quoiqu'on décide les degrés de secousses dans les autres régions, ils ne sont pas utilisables pour notre but : strictement dit, l'évaluation de l'intensité doit faite au même point où retrouve le sismographe accélérométrique.

En tout cas, comme la fixation de l'intensité dépend entièrement de la sensation humaine, on ne peut pas donner une fixation exacte quand l'intensité tombe juste au milieu de deux degrés consécutifs. Certainement, quant à la distinction du séisme au seuil de sensation il y a tant de conditions sur la perception et la limite devient vague. Nous allons en parler dans le chapitre suivant.

3. Accélération maxima et échelle de l'intensité.

Nous avons arrangé les accélérations maximas de secousses correspondant aux degrés de l'échelle. Comme la figure 1 représente, les

accélérations maximas se partagent très bien dans les quatre degrés de l'échelle.

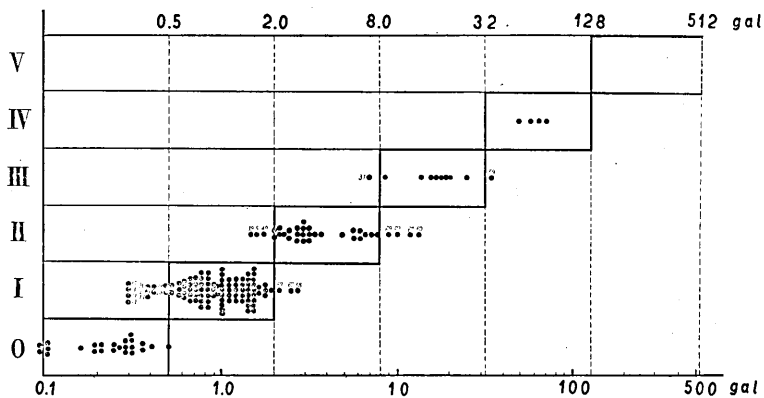


Fig. 1. L'échelle de l'Observatoire Central de Météorologie représentée par l'accélération maxima de secousse.

Ce que nous trouvons une certaine déviation sera expliqué par le fait suivant: 1° il y a une onde solitaire distinguée des autres, 2° la sensation humaine n'est pas toujours la même dans toute la journée, 3° le lieu de perception n'est pas égal, dans ou dehors de la maison, 4° on estime le séisme comparativement petit quand il fréquente et *vice versa*; on verra un bel exemple sur les séismes du 9 Juin (No. 31) et du 18 Sept. (No. 60). Quoique l'accélération maxima du premier soit plus petite que celle du second, on les a classé inversement dans deux degrés III et II. Ces conditions nous empêchent d'avoir une conclusion exacte. Ainsi, il est impossible de décider le degré de la secousse suivant une simple accélération maxima surtout quand il y a une onde solitaire dans les secousses. Dans ce cas-là, il est mieux de compter plusieurs nombres d'ondes qui donnent les grandes accélérations. Dans les secousses sismiques du type ordinaire il y a toujours plusieurs d'ondes ayant la grande accélération et une simple accélération maxima d'une onde devient un paramètre pour décider du degré de l'intensité suivant la sensation humaine. Nous montrons, ainsi, deux types de séismes dans le tableau III.

Nous allons, en effet, prendre une valeur moyenne des ondes de plus grande accélération comme paramètre dans les secousses sismiques. Cette définition de l'accélération maxima satisfera notre intention pour déterminer le degré de l'intensité pour tous les séismes. On verra un

Tableau III.

Ondes ayant les plus grandes accélérations dans les secousses sismiques.

| | | | | | | | | | |
|---------------------------|------|------|------|-----|---------------------------|------|------|------|-----|
| le 9 juin, 1931 (No. 31) | | | | | le 11 juin, 1931 (No. 32) | | | | |
| N | S | O | E | gal | N | S | O | E | gal |
| 5.3 | 6.2 | 5.1 | 8.1 | | 12.4 | 18.6 | 19.9 | 15.2 | |
| 5.2 | 5.7 | 4.7 | 6.2 | | 12.4 | 13.6 | 14.2 | 13.7 | |
| 5.2 | 5.3 | 4.6 | 5.7 | | 11.4 | 12.4 | 11.6 | 10.1 | |
| 4.6 | 5.2 | 3.5 | 5.3 | | 9.7 | 10.3 | 10.6 | 8.1 | |
| 4.4 | 5.2 | 3.5 | 4.9 | | 9.3 | 10.3 | 10.6 | 7.8 | |
| le 17 juin, 1931 (No. 34) | | | | | le 7 sept. 1931 (No. 57) | | | | |
| N | S | O | E | gal | N | S | O | E | gal |
| 39.1 | 64.4 | 60.0 | 67.7 | | 17.7 | 26.0 | 13.7 | 16.7 | |
| 37.1 | 45.6 | 45.0 | 58.0 | | 16.0 | 12.0 | 12.9 | 14.2 | |
| 35.6 | 44.0 | 42.0 | 58.0 | | 14.0 | 8.6 | 10.9 | 12.0 | |
| 33.3 | 32.4 | 29.0 | 56.0 | | 9.5 | 8.2 | 10.5 | 10.9 | |
| 25.4 | 24.4 | 29.0 | 50.0 | | 8.6 | 7.2 | 9.7 | 9.3 | |
| le 16 sept. 1931 (No. 59) | | | | | le 18 sept. 1931 (No. 60) | | | | |
| N | S | O | E | gal | N | S | O | E | gal |
| 15.2 | 21.6 | 33.6 | 30.9 | | 9.9 | 16.9 | 12.5 | 7.4 | |
| 13.2 | 20.0 | 19.5 | 19.5 | | 8.2 | 6.1 | 7.2 | 7.2 | |
| 12.8 | 12.9 | 17.7 | 15.0 | | 7.8 | 6.1 | 5.1 | 6.8 | |
| 10.3 | 12.0 | 16.1 | 14.2 | | 7.0 | 5.8 | 4.8 | 6.5 | |
| 9.5 | 12.0 | 12.5 | 13.7 | | 5.8 | 5.8 | 4.8 | 6.5 | |
| le 21 sept. 1931 (No. 61) | | | | | le 28 sept. 1931 (No. 69) | | | | |
| N | S | O | E | gal | N | S | O | E | gal |
| 41.8 | 47.4 | 62.0 | 50.0 | | 9.9 | 9.1 | 6.6 | 8.9 | |
| 41.8 | 40.3 | 46.3 | 50.0 | | 7.0 | 8.1 | 5.7 | 5.6 | |
| 41.1 | 39.5 | 41.4 | 41.5 | | 6.8 | 6.6 | 5.6 | 5.2 | |
| 39.5 | 39.0 | 36.4 | 32.4 | | 6.6 | 6.2 | 5.6 | 4.8 | |
| 36.3 | 37.4 | 35.1 | 31.6 | | 5.0 | 6.2 | 5.6 | 4.8 | |

bel exemple pour le séisme du 16 Sept. 1931 (No. 59); quoique ce séisme aie en une onde solitaire ayant 33,6 gal de l'accélération maxima, son degré a été décidé à III.

Quant à la détermination de la valeur de seuil de la sensation humaine, nous pouvons citer plusieurs études exécutées par les sismologues. Le Prof. Omori⁵⁾ a donné 1,7 gal d'accélération d'après les inscriptions sismiques ; Cancani a donné 0,25 gal dans son échelle absolue et McAdie⁶⁾ a donné 1 gal dans son échelle. Récemment le regretté Prof. K. Suyehiro⁷⁾ a donné plusieurs valeurs pour les différentes périodes de secousses avec une expérience sur une table oscillante. Nous montrons ici les valeurs d'après ses données :

Tableau IV. (d'après le Prof. Suyehiro)

| Période de secousse | Accélération maxima pour la limite de perception. |
|---------------------|---------------------------------------------------|
| 1.49 s. | 0.89 gal |
| 1.72 | 1.34 |
| 1.94 | 1.57 |
| 2.18 | 1.66 |
| 2.38 | 1.73 |

Suivant ses résultats, la valeur de seuil s'accorde bien avec celle obtenue par le Prof. Omori dans le domaine des grandes périodes tandis qu'elle devient plus petite quand la période approche de zéro.

Comme nous voyons dans la fig. 1, la valeur de seuil est trouvé 0,5 gal. Cette fois-là on estime que les secousses ont 0,3 seconde de période. D'un autre côté, nous entendons souvent le bruit des fenêtres secouées par un séisme, sans aucune sensation de secousses. Par suite il est possible qu'il y ait le cas où la nature de la sensation ne soit pas le même et les secousses artificielles ne s'accorderont pas bien avec l'observation directe du phénomène naturel.

Or, nous savons l'existence d'une loi qui peut relier la sensation à la stimulation extérieure. C'est la loi de Fechner. Nous pouvons appliquer cette loi aussi à notre cas. Comme on le voit, dans la Fig. 1, le rapport entre le degré de l'intensité des secousses et l'accélération maxima obéit aussi à cette loi. Quand l'accélération augmente quatre fois, le degré avance d'un. Si nous supposons que la loi de Fechner s'applique même pour les grandes secousses, nous aurons une échelle représentée

5) F. OMORI, *Publ. Eq. Inv. Com.*, 11 (1902), 60; 22 A (1908), 37.6) A. McADIE, *Bull. Seis. Soc. Amer.*, 5 (1915), 123.7) K. SUYEHIRO, *Proc. Imp. Acad.*, 5 (1929), 411.

entièrement par la valeur de l'accélération. Voici, le tableau représentant l'échelle de l'Observatoire Central de météorologie avec les accélérations maximas.

Tableau V.

Echelle de l'Observatoire Central de Météorologie représentée par l'accélération maxima.

| | | |
|-----|-------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I | 0.5 — 2 gal | } d'après les observations à Hongô où la période prédominante dans les secousses est 0,3 seconde. |
| II | 2 — 8 | |
| III | 8 — 32 | |
| IV | 32 — 128 | |
| V | 128 — 512 | |
| VI | 512 — ∞ | |

On comprendra tout de suite que cette échelle ne s'accorde pas bien avec celle de Cancani. Néanmoins, notre échelle se base sur le fait observé directement avec le sismographe accélérométrique.

D'un autre côté, cette échelle coïncide très bien avec les résultats donnés par le Prof. Omori⁸⁾ : il a exécuté une expérience sur la table oscillante pour déterminer l'accélération maxima causant le glissement ou la chute d'un bloc de pierre. Ainsi, il a comparé ses résultats aux faits produits par les secousses sismiques et il a déterminé son échelle surtout dans le domaine des intensités catastrophiques des séismes. Nous allons citer ses conclusions :

Tableau VI.

Echelle du Prof. Omori.

| | |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| I | l'Accélération maxima arrive à 30 gal Beaucoup de personnes s'enfuient en dehors ; fissures aux murs en briques de mauvaise construction ; détachement de plâtras du mur de quelques vieux <i>dozôs</i> (magasin japonais) ; renversement d'objets mobiles ; ébranlements des maisons accompagnant des bruits de craquements ; ébranlement apparent des arbres et arbustes ; l'eau des piscines est troublée par la boue ; arrêt des pendules ; chute des cheminées de très mauvaise construction. |
|---|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

8) F. OMORI, *loc. cit.*

Tableau VI. (*suite*)

II l'Accélération maxima arrive à 90 gal

Lézardes dans les murs des maisons japonaises ; un peu d'inclinaison aux vieilles maisons en bois ; chute de pierres tombales et de lanternes en pierre de mauvaise construction ; quelques changements aux sources theramiques etc ; **cheminées d'usine sont intactes en général.**

III l'Accélération maxima arrive à 120 gal

Chute d'un quart des cheminées d'usine; destruction partielle ou totale des bâtiment en briques de mauvaise construction ; destruction totale de quelques vieilles maisons en bois et greniers ; **chute de quelques pierres tombales et de lanternes de pierre**; déchirement de *Syôzi* (partie intérieure des maisons japonaises); glissement des tuiles du toit des maisons en bois ; chute de quelques fragments de roche dans la montagne.

IV l'Accélération maxima arrive 200 gal

Chute de toutes les cheminées d'usines; destruction partielle ou totale de la plupart des maisons en briques ; destruction totale de quelques maisons en bois ; les portes et *syôzis* des maisons japonaises sortent de leurs glissières; il se produit plusieurs centimètres de crevasses dans le terrain mou ; destruction légère de quelques digues ; destruction partielle des ponts en bois ; **chute des lanternes de pierre du type ordinaire.**

V l'Accélération maxima arrive à 250 gal.

Destruction totale de tous les bâtiments en briques de type ordinaire ; **destruction totale de 3% de maison en bois**; chute de quelques *teras* (temples bouddhistes); destruction sévère des digues; rails tordus légèrement; **chute de pierres tombales du type ordinaire**; détachement *d'isigaki* (mur en pierres); crevasses de quelque 50 cm apparaissant au long des digues ; débordement des eaux des lacs, rivières, etc.; quelque perturbation à l'eau des puits ; chutes de terrain dans la montagne.

VI l'Accélération maxima arrive à 400 gal

Chute des *teras* ; **destruction totale de 50% à 80% de maison en bois**; détachement partiel des digues ; dépression des routes en terrain mou arrêtant la circulation; rails tordus ; destruction des grands ponts en fer ; destruction partielle ou totale des ponts en bois ; chute de pierres tombales même de construction stable ; éjections d'eau ou de sable des crevasses ; destruction des magasins creusés en sous-sol ; nombreuses chutes de terrain dans la montagne.

VII l'Accélération maxima dépasse de beaucoup 400 gal

Destruction totale de tous les édifices, sauf quelques maisons en bois; quelques maisons, portes etc. sont projetées; chutes de terrain de grande importance accompagnant les failles, glissements de terrain etc.

Certainement, le Prof. Omori fait correspondre le degré I de son échelle au degré V de l'échelle de l'Observatoire : pourtant quand nous les lisons attentivement, nous trouvons une autre correspondance qui s'accorde mieux avec les faits produits. (Tableau VII)

Certes, il y a une certaine différence au passage de V et VI dans les deux dernières échelles. Vraiment, d'une part nous avons obtenu

Tableau VII.⁹⁾

Comparaison de trois sortes d'échelles.

| Echelle d. l'Obs. Météo. | Echelle d'Omori | Echelle de l'auteur |
|--------------------------|--------------------|---------------------|
| I | | 0.5 - 2 gal |
| II | | 2 - 8 |
| III | I (-30 gal) | 8 - 32 |
| IV | II (30-120) | 32 - 128 |
| V | III, IV (120-250) | 128 - 512 |
| VI | V, VI, VII (250-∞) | 512 - ∞ |

512 gal pour la limite de V en étendant la loi de Fechner, d'autre part le Prof. Omori regardait la destruction des maisons : son point de vue ne reste plus dans le domaine de la sensation humaine. Il est possible, donc, qu'il y ait une telle différence.

D'un autre côté, on est obligé de considérer la période prédominante des secousses quand on fait attention à la destruction de maisons en bois. Certes, à la partie haute de la ville, les maisons en bois sont comparativement résistantes pour les grandes accélérations car la période prédominante des secousses est de 0,3 seconde. A la partie basse de la ville, cependant, les maisons sont détruites avec une accélération comparativement petite à cause du fait que sa période est assez grande. Suivant ce fait, il y apparaîtra, naturellement, une différence entre les degrés V et VI dans les deux parties de la ville. Il est nécessaire, donc, que l'on soit obligé de considérer la période prédominante des secousses, quand on fait l'estimation de l'accélération maxima pouvant détruire des maisons.

4. Accélération maxima du grand séisme.

Jusqu'aujourd'hui nous déterminons l'accélération maxima d'un séisme suivant l'inscription obtenue par le sismographe du type ordinaire. En effet, nous remarquons toujours des ondes dont l'amplitude et la période sont également grandes dans les secousses. Nous obtenons, ainsi, une valeur de l'accélération maxima comparativement petite pour les

9) Quoique le Prof. Omori aie exécuté son expérience sous les périodes assez grandes, ses résultats s'accordent très bien à ceux obtenus sous les conditions naturelles, c'est-à-dire la période dans les secousses demeure 0,3 seconde.

grands séismes. Le tableau VIII montre les accélérations maximas obtenues pour les grands séismes apparus récemment au voisinage de Tôkyô :

Tableau VIII.

Accélérations maximas des grands séismes. (à Hongô)

| Dates. | périodes | accélérations maximas. | auteurs |
|-----------------|----------|------------------------|---------|
| 20 juin (1894) | 1·8 s. | 88·8 gal | Omori |
| 8 dec. (1921) | 1·7 | 24·6 | „ |
| 26 avril (1922) | 2·0 | 33·0 | „ |
| 14 jan. (1923) | 1·3 | 25·0 | „ |
| 1 sept. (1923) | 1·35 | 97·0 | Imamura |
| 15 jan. (1924) | 1·8 | 36·0 | „ |

Bien que tout les séismes soient de degré V et VI, leur accélération maxima reste assez petite. Mais quand nous faisons attention à la période de l'accélération, nous comprenons tout de suite que l'objet d'observation ne reste plus le même. Probablement, la période prédominante des secousses de grande accélération était toujours 0,3 seconde à Hongô. Nous savons que toutes les lanternes de pierre ont été renversées par les secousses produites dans la ville au moment du grand séisme de 1923, tandis que l'accélération maxima estimée par l'inscription sismographique était seulement de 97 gal. D'après l'expérience sur la table oscillante, les blocs de pierre ne se renversent jamais sous l'action de secousses dont l'accélération reste à moins de 100 gal.

La comparaison de l'accélération maxima obtenue par deux sortes d'inscriptions, nous montre une grande différence entre eux. En tout cas nous constatons que les accélérations déterminées par le sismographe du type ordinaire ne représente pas le fait réel surtout pour discuter l'action catastrophique de secousses.

5. Remarques.

Pour expliquer l'échelle de l'intensité sismique, nous sommes obligés d'employer le sismographe accélérométrique. La période prédominante de secousses ne demeure pas la même partout, mais elle est toujours à peu près constante dans la même région pour tous les séismes. Au

moment d'un grand séisme nous remarquons toujours une destruction groupée de maisons en bois le long d'un fleuve ou d'une vallée. L'accélération produite en ces endroits ne sera pas aussi grande que nous l'imaginons. D'un autre côté, quoique nous ne voyons aucune maison détruite sur la colline, l'accélération maxima sera assez grande. La figure 1 a été déterminé suivant les résultats obtenus à Hongô, et nous ne pouvons pas l'appliquer directement aux autres stations. Pour établir une échelle pour l'intensité sismique, nous devons tenir compte de la période prédominante dans les secousses sismiques dans la région en question.

41. 震度階と地震最大加速度

地震研究所 石本巳四雄

1. 地震の強さは人體感覺及び物體の轉倒、破壊等を標準として制定された震度階に據つて表はす事になつて居る。然るに一方震度と最大加速度との間に密接の關係が行はれる事から、二三の絶對震度階の制定も試みられて居る。然し何れも實際の震動加速度を直接觀測したものではない。

2. 著者は昨年來、本郷臺において直接地震の加速度觀測を行つて居るが、此等を中央氣象臺制定の震度階により決定されたものと比較して見たのである。地震の最大加速度としては水平二成分の値を別々に採用したが、大した不都合は生じない。

3. 第一圖は以上の結果を圖に示したものである。即ち震度と最大加速度との間には Fechner の法則が行はれて居り、其の法則を延長する事によつて次の如く震度階を最大加速度の値で表す事が出来る。

| | |
|------------|-----------|
| 0 無感覺 | 0—0.5 gal |
| I 微震 | 0.5— 2 |
| II 弱震(弱き方) | 2— 8 |
| III 弱震 | 8— 32 |
| IV 強震(弱き方) | 32—128 |
| V 強震 | 128—512 |
| VI 烈震 | 512—∞ |

なほ此の範圍に當 然らぬものは震度決定或ひは最大加速度の採用において多少不備の點のある結果である事が判つた。なほ以上は何れも本郷觀測であつて、卓越周期が 0.3 秒である事を注意して置く必要がある。

4. 從來の大地震の最大加速度は變位地震計の記象に據つて居た關係上、比較的小なる値を與へて居るが、物體の轉倒、破壊等の觀測に従へば恐らく加速度は數倍大なるものであつたと想像される。但し此の場合の周期も 同じく 0.3 秒程度のもものと信ぜられる。

5. 從來の絶對震度は單に最大加速度のみを以て表して居るが、實は各地における大なる加速度を與へる震動は其地方特有の周期であるから、震度を加速度として表す場合、其の周期をも顧慮しなければ完全なものとはならない。