

12. Comparaison accélérométrique des secousses sismiques dans deux parties de la ville de Tôkyô

par Mishio ISHIMOTO,

Institut de Recherches sur les Tremblements de terre.

(Lu le 20 octobre 1931, reçu le 20 décembre 1931.)

1. Introduction.

Dans le mémoire précédent,¹⁾ nous avons remarqué que les secousses sismiques observées à la surface terrestre n'ont plus les caractéristiques des ondes envoyées directement du foyer sismique. Quand les ondes primaires arrivent dans la couche superficielle, elles provoquent des ondes secondaires; ces dernières sont considérées comme des ondes stationnaires ayant 0.3 seconde de période produites à la surface et elles constituent la plupart des inscriptions sismographiques. Nous affirmons ceci surtout d'après les inscriptions obtenues à Hongô, à notre Institut, avec notre sismographe accélérométrique.

Certes, on sait depuis l'invention du sismographe qu'il y a toujours une telle période d'oscillation²⁾ dans les secousses sismiques surtout dans le cas de faibles séismes. Néanmoins, pour les séismes de grande intensité, l'apparition habituelle des ondes, dont la période et l'amplitude sont aussi grandes, nous empêchaient de constater l'existence d'ondes ayant 0.3 seconde de période; lesquelles, donc, ont échappé aux yeux des sismologues depuis une cinquantaine d'année.

Il n'est pas rigoureux, certainement, de vouloir discuter toutes les caractéristiques des secousses sismiques d'après les inscriptions faites par le sismographe du type ordinaire. On sait que le sismographe du type ordinaire inscrit toujours le déplacement du terrain et son inscription sismique ne peut pas s'appliquer tout de suite pour étudier les conditions

1) M. ISHIMOTO, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 9 (1931), 473.

2) Le Prof. F. Omori a compilé les résultats sismiques obtenus en deux stations, Hongô et Hitotubasi qui se trouve dans la partie basse de Tôkyô. (Publ. Earthq. Inv. Comm., No. 10 et 11) Dans ces publications, le Prof. Omori emploie le mot "rides" pour les secousses dont l'amplitude et la période sont également petites. Il a trouvé que la période moyenne des rides est de 0.3 s. près de Hongô et a pensé qu'elles étaient indépendantes des secousses principales, parce qu'elles n'ont pas une grande amplitude.

dynamiques des bâtiments sous l'action sismique. Pour étudier ce problème, on est bien obligé d'adopter le sismographe accélérométrique.

Comme nous l'avons signalé dans le mémoire précédent, il y a des ondes prédominantes dans les secousses sismiques à Hongô et ce fait sera expliqué en introduisant la période propre du terrain. Cette considération nous suggère que les ondes sismiques observées seraient une sorte d'ondes stationnaires dans une couche superficielle de terrain ayant des paramètres d'élasticité un peu différents. Partant de cette idée, nous voulons, donc, exécuter une observation sur les ondes prédominantes, et savoir s'il y en a à Sitamati, la partie basse de Tôkyô. Une station a été installée ainsi à Marunouti, juste en face de la gare centrale de Tôkyô. L'observation a été effectuée à partir du 3 août avec un sismographe accélérométrique du même type. Certes, nous pouvons considérer la station de Hongô comme représentative de Yamanoté, la partie haute de la ville; et la station de Marunouti comme celle de Sitamati, la partie basse de la ville.

Nous avons, de suite, réussi à enregistrer un certain nombre de séismes ayant une intensité assez grande pour nous permettre de comparer les caractéristiques des secousses sismiques produites dans deux parties de la ville. D'après cela, nous pouvons constater que les ébranlements sismiques aux deux stations sont tout à fait différents, soit en période, soit en amplitude. Nous pouvons, donc, conclure que les ondes primaires jouent un rôle important pour provoquer les changements de phase dans les secousses, mais la période, l'amplitude et la durée des secousses seront déterminées entièrement par les conditions de la couche superficielle, sur laquelle nous faisons l'observation.

2. Géologie de Tôkyô.

La ville de Tôkyô se trouve au bord de la mer, sur le golfe de même nom. Une terrasse ayant 30 m de hauteur occupe la partie ouest de la ville. La couche superficielle à cet endroit se compose de la couche diluviale (la couche de Narita et celle d'akatuti³⁾): sous cette couche nous trouvons la couche de Tôkyô qui serait une couche tertiaire. L'autre partie de la ville, plate et basse, est composée par la couche alluviale et le fleuve Sumida la traverse presque en son milieu. Nous trouvons aussi la couche de Tôkyô sous cette couche. La partie basse de ville est divisée en deux, Sitamati et Kôtô par le fleuve. (Fig. 1).

³⁾ C'est une matière d'origine volcanique qui forme la couche superficielle dans la région de Kantô: on lui donne souvent le nom de "loam".

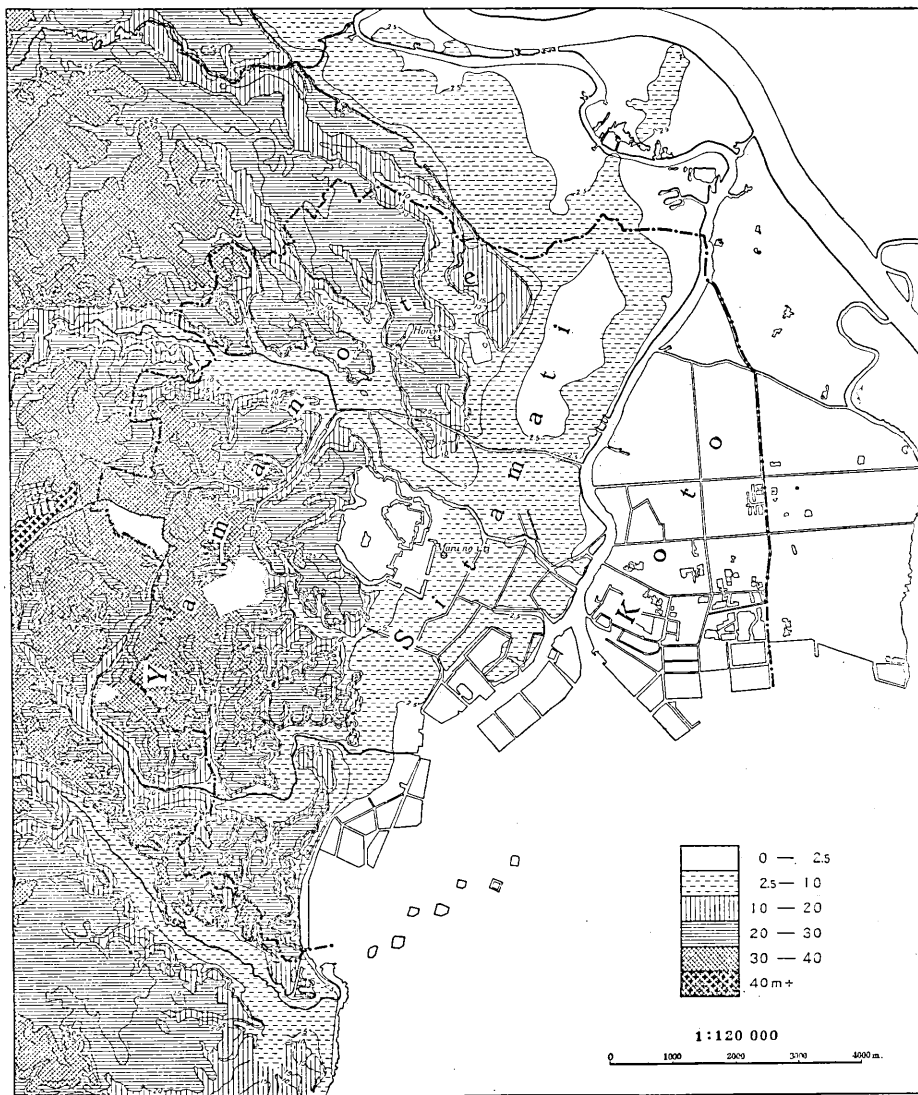


Fig. 1. Carte topographique de Tôkyô.

Les études géologiques de Tôkyô ont été poursuivies surtout après la grande catastrophe de 1923: c'est parce que le Bureau pour la reconstruction de la ville, institué juste après la catastrophe, a exécuté des sondages à la tige partout dans la ville pour connaître la résistance

des couches.⁴⁾ M. K. Nisio a exécuté aussi le sondage par rodage dans le même but.⁵⁾ Les faits obtenus ainsi nous donnent une certaine idée de la nature de la couche superficielle ainsi que de son épaisseur.

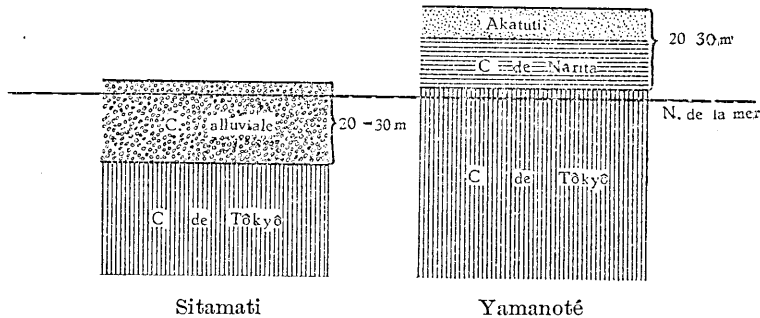


Fig. 2. Coupe schématique de Tôkyô.

D'après les données, nous pouvons faire le schéma de la coupe de la ville. (Fig. 2) Cela nous montre qu'il y a 20 à 30 m de couche diluviale à Yamanoté et la même épaisseur de couche alluviale à Sitamati. A Kôtô, cependant, la couche alluviale se trouve un peu plus épaisse qu'à Sitamati. Nous pouvons ainsi conclure que s'il n'y a pas les mêmes conditions sismiques entre les deux parties de la ville, cela dépendra simplement de la différence des paramètres d'élasticité de la couche superficielle.

A l'occasion d'un grand tremblement de terre, on s'aperçoit que l'action sismique n'est pas la même dans les différentes parties d'une même ville et on a l'habitude de dire "le sous-sol n'est pas bon" pour la région où les maisons sont détruites en très grand nombre. Quoique cette observation ait été déduites simplement des expériences, nous apercevons toujours de grands dommages produits à l'endroit où le terrain n'est pas assez solide: pour cela on ne sait rien sur le mécanisme de l'action des ébranlements sismiques.

D'une part, nous pouvons exprimer la solidité de terrain en fonction du paramètre d'élasticité et de l'épaisseur de la couche superficielle. D'autre part on peut adopter la période propre d'oscillation de la couche, si elle existe, comme la mesure de la solidité du terrain. Il est certain que la période propre d'oscillation de la couche est sensiblement grande à l'endroit où les sédiments sont de date récente. En comparant les secousses sismiques aux deux endroits, nous avons constaté le fait comme

4) Mémoire sur la géologie de Tôkyô et Yokohama, (1929) publié par ce Bureau.

5) K. Nisio, *Journ. Min. Inst.*, Japan, 45 (1929), 811 ; 46 (1930), 29 et 109.

on le verra plus loin que la différence la plus importante entre les secousses est celle de la période prédominante dans les secousses de la couche superficielle du terrain. Il paraît que cette différence peut donner la différence de dommage aux bâtiments et il faut exécuter l'étude des propriétés élastiques de la couche superficielle ainsi que la nature des ébranlements produits sous l'action des ondes primaires envoyées du foyer sismique.

3. Observation à Hongô.

L'appareil que nous avons installé dans la cave de notre Institut est le sismographe accélérométrique décrit dans le mémoire précédent. La sensibilité de l'appareil a été déterminée : 1 mm de déviation de la plume correspond à 0.98 gal pour la composante N-S et 0.99 gal pour la composante E-O.

Certainement, nous ne pouvons pas déterminer la variation diurne de température dans la cave ; néanmoins la variation annuelle de température se trouve de 10°-25° C. et cette variation a une influence sur la viscosité de l'huile de l'amortisseur. Quoique nous voulions éviter cette influence, nous la trouvons quelques fois pendant la longue période. Nous faisons, cependant, régler de temps en temps la viscosité de l'huile en la mélangeant de pétrole pour tenir toujours l'appareil dans les conditions de l'amortissement critique.

Nous avons installé l'appareil sur un bloc de ciment qui est séparé de la base du bâtiment. Ce bloc de ciment montre, cependant, le même mouvement que le bâtiment au temp des séismes et nous croyons qu'il n'y a aucune différence de mouvement entre eux.

Nous avons déjà parlé de l'ébranlement du bâtiment⁶⁾ considérant qu'il y a certaine différence entre le mouvement du sol et celui du bâtiment. Nous avons constaté, d'une part en installant séparément deux microsismographes hors et dans le bâtiment, que les ondes ayant 0.1 seconde de période prédominent à la surface terrestre, tandis que ces ondes disparaissent entièrement dans le bâtiment. D'autre part, les ondes ayant 0.3 seconde de période apparaissent toujours aux deux endroits. Conséquemment, nous avons conclu que le bâtiment oscille avec une période propre. Mais, maintenant, il faut revoir ce phénomène, parce que ces petites ondes existent à la surface du sol. Il est plausible que ces ondes ne paraissent pas dans le bâtiment, dont les fondations se trouvent 3 mètres de profondeur de la surface, où nous n'observons

6) M. ISHIMOTO et R. TAKAHASI, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 7 (1929), 175.

que les ondes ayant 0.3 seconde de période. D'après ce fait, nous pouvons conclure que les secousses sismiques inscrites sur le bloc de ciment de la cave sont considérées comme celles produites nettement dans le terrain, sauf pour les ondes dont la période demeure assez courte.

Nous pouvons tirer ces considérations aussi dans le même mémoire par les mots: "le bâtiment s'incline comme faisant partie du terrain, suivant la pente des ondes" ou "nous pouvons supposer que les mouvements d'un point du bâtiment représentent ceux des ondes superficielles."

Comme nous le verrons plus tard, dans les inscriptions obtenues sur le bloc de ciment, nous trouvons des valeurs diverses de périodes pour certain type de séisme: ce fait nous donne une preuve que le bâtiment n'a en aucune façon d'ébranlements faisant penser à une oscillation propre.

Les inscriptions obtenues à Hongô, surtout pour les forts séismes nous montrent certaines caractéristiques des ébranlements. Nous remarquons quelquefois une seule onde solitaire apparue au début de la phase S: ondes ayant une amplitude plusieurs fois plus grande que les autres. Ce fait nous suggère que les ondes préliminaires ont une propriété analogue aux ondes de choc autant que les ondes restent dans la croûte. Il y a deux ou trois beaux exemples dans les inscriptions ci-jointes.⁷⁾ L'existence des ondes solitaires dans les secousses sismiques a été prouvée depuis le premier mémoire sur l'observation accélérométrique. Cette fois-ci, nous remarquons très nettement l'existence d'une onde solitaire au début de la phase S qui nous fait entrevoir une autre nature des ondes sismiques de grande intensité issues du foyer.

4. Observation à Marunouti.

La station de Marunouti se trouve, dans la partie basse de Tôkyô, à 3.5 km au sud de la station de Hongô. Comme l'appareil a été installé sur le sol même, il inscrit toujours une succession de secousses produites par des trains, des camions, etc. Cependant, ces amplitudes restent comparativement petites et elles ne gênent en rien les inscriptions sismiques. La sensibilité de l'appareil a été déterminée et est de 1 mm de déviation de la plume pour 0.78 gal pour la composante N-S, et pour 0.89 gal pour la composante E-O.

Comme nous n'avons pris aucune précaution pour éviter les variations

7) Voir les inscriptions des séismes du 16 et du 18 Sept. (1931).

thermiques d'air, il y a eu quelque changement de la viscosité de l'huile dans l'amortisseur. Quoique la viscosité varie dans certaines limites, il n'y a que peu de changement dans la valeur de la sensibilité surtout au voisinage de la période propre de l'appareil et il ne donne aucune objection pour relever des secousses sismiques ayant 0.6 seconde de période, considérées comme prédominantes à Marunouti.

Nous avons aperçu tout de suite une différence de type des secousses en comparant les inscriptions obtenues aux deux stations. Nous voulons, cependant, faire une discussion de la différence de période prédominante aux deux stations dans le chapitre suivant.

Nous constatons généralement que la durée des secousses est toujours longue à Marunouti, tandis que l'onde solitaire apparaît dans les secousses à Hongô. Quant à la durée des secousses il nous paraît qu'elles s'amortissent très vite à Hongô mais elles s'amortissent très peu à Marunouti. Ce fait nous donne quelque idée sur la constitution de la série des ondes primaires. Il nous semble que les périodes des ondes primaires restent comparativement petites au début tandis qu'elles augmentent progressivement vers la queue. Nous voyons, donc, que la durée des secousses est assez longue à Marunouti où la période propre du terrain se trouve comparativement grande et que les amplitudes des secousses augmentent suivant le passage du séisme. Nous pouvons relever un exemple de secousses produites à Marunouti, dont l'amplitude maxima a eu lieu 50 secondes après le début de la phase S.⁸⁾

L'apparition des ondes solitaires dans les secousses n'est pas distincte à Marunouti. Cela dépend certainement de ce que la période propre d'oscillation est comparativement grande à cet endroit: les propriétés des ondes primaires seront perdues quand elles viennent à la couche superficielle du terrain et la perte sera d'autant plus grande que la période propre de la couche est plus grande. En tout cas, il faut faire remarquer que les secousses ne restent plus pareilles en deux stations qui sont éloignées seulement de 3.5 km. Nous nous inclinons à considérer, donc, que le rôle de la couche superficielle est très important pour déterminer la condition locale des secousses. Nous voulons, en effet, examiner le phénomène sismique rapporté à l'existence de la couche superficielle du terrain.

5. Comparaison de la période prédominante.

Nous avons réussi à enregistrer aux deux stations un certain nombre

8) Voir l'inscription obtenue pour le séisme du 28 Septembre 14^h (Fig. 9^{bis}).

de séismes pendant les mois d'août et de septembre. Le tableau I montre les forts séismes ressentis à Tôkyô et leurs épicultres sont indiqués sur la carte. (Fig. 3.) Dans le tableau I, nous marquons toujours la différence de la valeur d'accélération: le plus grand rapport de l'accélération est de 3·6 à l'occasion du séisme apparu le 10 août. Nous pouvons distinguer très bien que les rapports dépendent généralement de la distance épictentrale: Hongô oscille plus que Marunouti pour les séismes dont la distance épictentrale est petite. Pour expliquer cela, nous pensons simplement au fait que le terrain possède une période propre d'oscillation qui n'est pas la même en chaque endroit. Les ondes primaires conservent les ondes de courte période autant qu'elles ne voyagent pas à une grande distance. Conséquentment elles peuvent provoquer une grande accélération des secousses dans une région où la période propre d'oscillation demeure assez courte.

Or, nous savons, d'ailleurs, que dans un grand tremblement de terre,

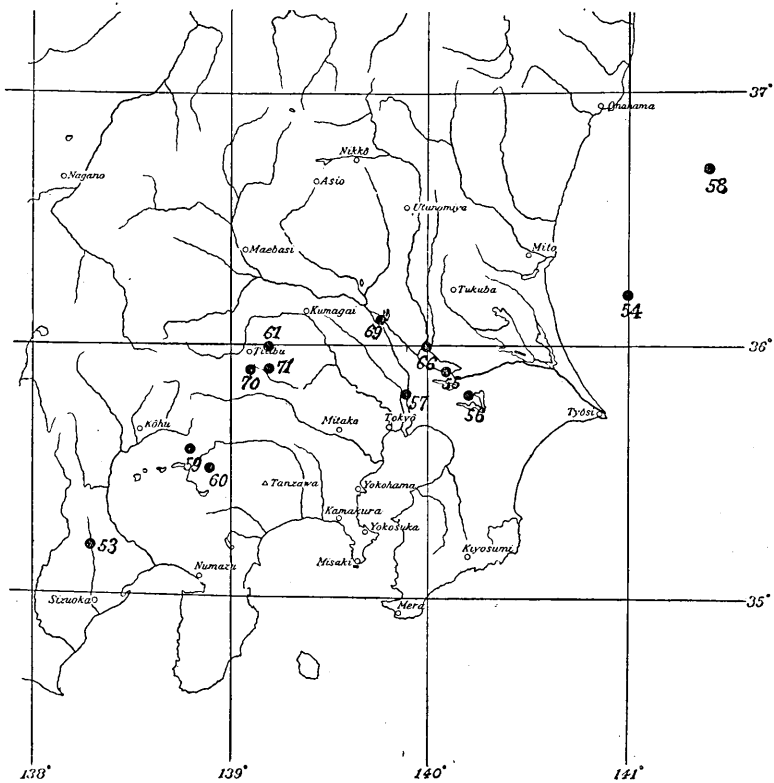


Fig. 3. Positions épictentrales.

Tableau I.

No.	temps d'occurrence (1931)				accélération maxima			épicentre		distance épicen- trale	
					Hongô	Marunouti	rapport	$\lambda(E)$	$\varphi(N)$		
53	Août.	10 ^j	23 ^h	34 ^m	32 ^s	3.3 ^{gal} (N)	12.0 ^{gal} (O)	3.63	138°3	35°2	141km
54		18	14	40	42	3.5 (S)	6.5 (O)	1.86	141.0	36.2	120
55		19	8	43	45	1.5 (N)	2.0 (O)	1.33	140.1	35.9	36
56		27	8	49	33	3.3 (E)	2.2 (S)	0.67	140.2	35.8	38
57	Sept.	7	5	35	05	31.5 (S)	20.0 (E)	0.64	139.9	35.8	17
58		9	4	09	31	3.5 (N)	2.7 (E)	0.77	141.4	36.7	180
59		16	21	43	23	41.9 (O)	27.0 (N)	0.64	138.8	35.6	88
60		18	15	13	45	19.8 (S)	13.4 (O)	0.63	138.9	35.5	82
61		21	11	20	10	74.6 (O)	—	—	139.2	36.0	64
66		24	13	26	25	3.9 (E)	4.4 (N)	1.13	140.0	36.0	19
69		28	4	50	40	11.9 (N)	8.7 (N)	0.73	139.8	36.1	48
70		28	13	54	28	5.6 (N)	6.4 (O)	1.14	139.1	35.9	67
71	Oct.	3	2	36	55	6.9 (N)	9.1 (E)	1.32	139.2	35.9	59

la distribution catastrophique ne se réalise pas simplement. Nous voyons souvent des maisons détruites dans une région située assez loin de l'épicentre, sans avoir aucune destruction dans la région intermédiaire.

Nous savons aussi que l'on observe le même phénomène dans le cas d'un séisme né dans le sein de la croûte assez profonde. Les propriétés générales de ce type de séisme ont été déjà étudiées spécialement par un sismologue japonais⁹⁾: on a constaté que ce type de séisme donne toujours une distribution anormale de l'intensité sismique. D'après notre considération, cependant, cela est simplement une conséquence de l'existence d'une période propre d'oscillation à chaque région dépendant de l'épaisseur et du paramètre d'élasticité de la couche superficielle. Nous reverrons ce type de séisme encore plus loin.

Nous avons essayé de chercher la période propre des deux stations d'après la méthode suivante. Prenant une valeur d'accélération (3 gal) comme référence, nous avons lu les positions des ondes dans les inscriptions agrandies 4 fois par un procédé photographique et les chiffres sont lus jusqu'au dixième de millimètre, qui correspond à 0.02 seconde. Il est certain que l'intervalle de deux positions successives mesure la période des secousses. En déterminant le nombre d'ondes (n) pour

9) K. WADATI, *Geophys. Mag.*, 1 (1928), 162 et 2 (1929), 1.

chaque intervalle, nous avons obtenu la courbe en cloche¹⁰⁾ correspondant à chaque séisme; la période prédominante des secousses se trouve au maximum de l'ordonnée de la courbe.

Les courbes en cloche obtenues sont représentées dans les figures. Nous pouvons tout de suite distinguer deux valeurs de la période prédominante dans les secousses aux deux stations: elle est 0·3 seconde à Hongô et 0·6 seconde à Marunouti. Il est très remarquable que la distribution de la période dans la courbe varie surtout avec la distance épacentrale du séisme. Nous pouvons tirer un bel exemple de la courbe obtenue avec le séisme du 10 août. (Fig. 4) La distance épacentrale de ce séisme a été fixée à 140 km environ qui est une des plus grandes distances épacentrales. Il a provoqué une accélération plusieurs fois plus grande à Marunouti comme nous avons déjà dit.

Ce fait nous laisse à considérer le mécanisme de la production des secousses à la surface terrestre. Un séisme voisin peut produire des secousses dans une région où la période propre d'oscillation demeure assez courte, tandis que le séisme lointain ne peut que provoquer des secousses dans une région où la période propre d'oscillation reste assez longue. Nous pouvons, donc, conclure que les ondes primaires sont constituées par celles de courte période, qu'autant qu'elles restent près du foyer.

Les discussions sur ce sujet ont été faites mathématiquement par K. Sezawa¹¹⁾ qui nous a montré que les ondes peuvent provoquer des

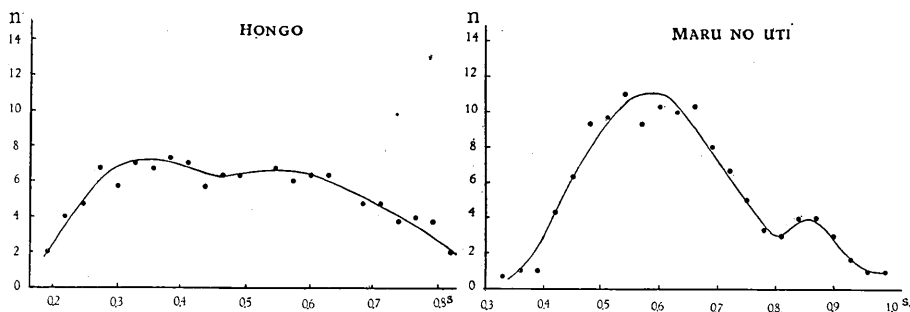


Fig. 4 Courbe en cloche pour le séisme du 10 Août (1931) No. 53.

10) Pour avoir les courbes en cloche, on pense quelque fois qu'il est mieux de prendre $n \times$ période pour l'ordonnée, mais cette fois-ci nous prendrons simplement n : c'est parce que nous voulons regarder le nombre d'oscillations dans la série de secousses qui a un rapport serré avec les actions sismiques sur les problèmes du génie.

11) K. SEZAWA, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 8 (1930), 1.

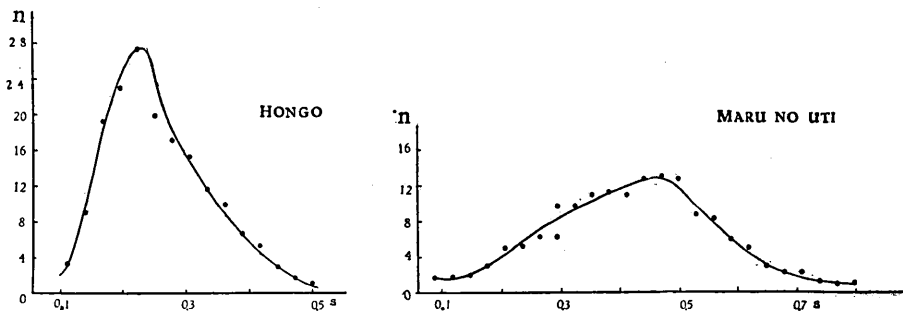


Fig. 5. Courbe en cloche pour le séisme du 7 Sept. (1931) 57.

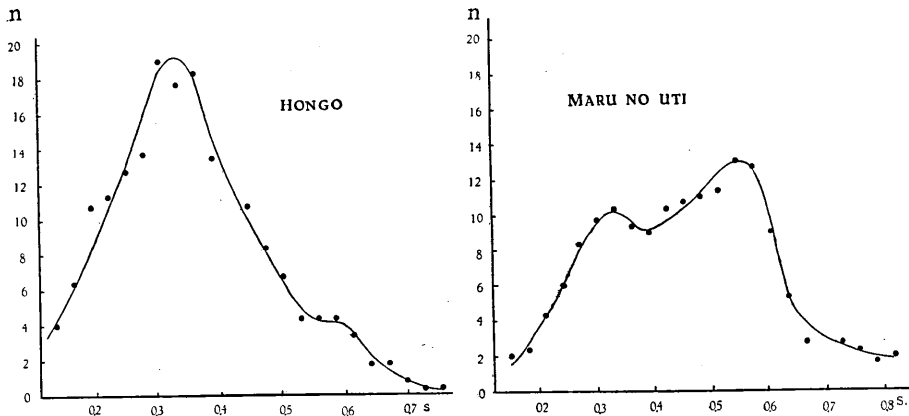


Fig. 6. Courbe en cloche pour le séisme du 16 Sept. (1931) No. 59.

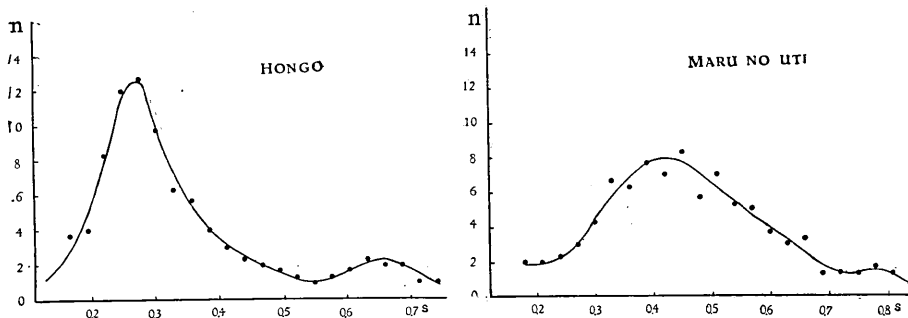


Fig. 7. Courbe en cloche pour le séisme du 18 Sept. (1931) No. 60.

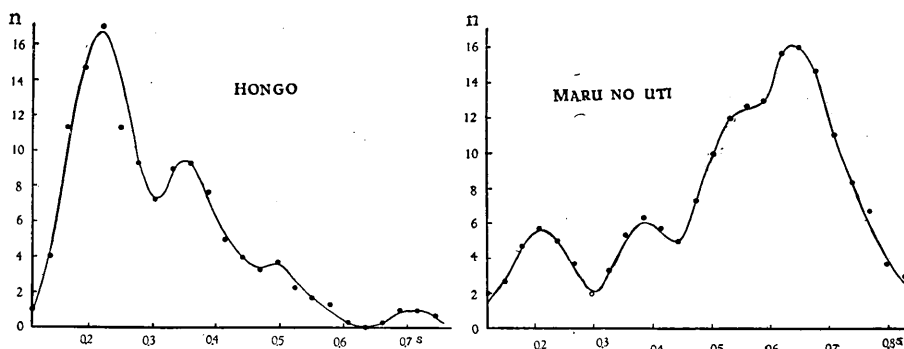


Fig. 8. Courbe en cloche pour le séisme du 23 Sept. 5^h. (1931) No. 69.

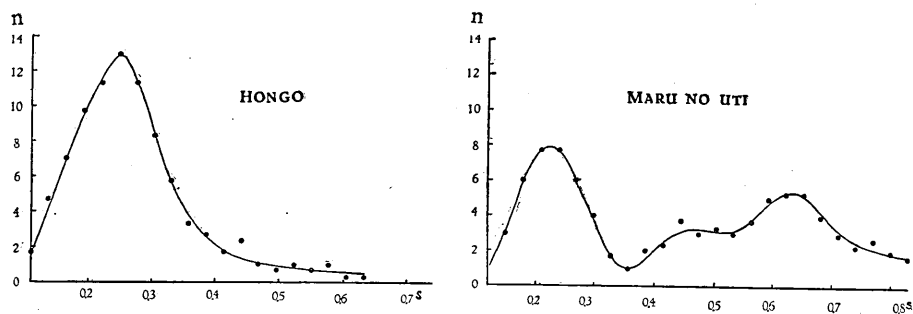


Fig. 9. Courbe en cloche pour le séisme du 28 Sept. 14^h. (1931) No. 70.

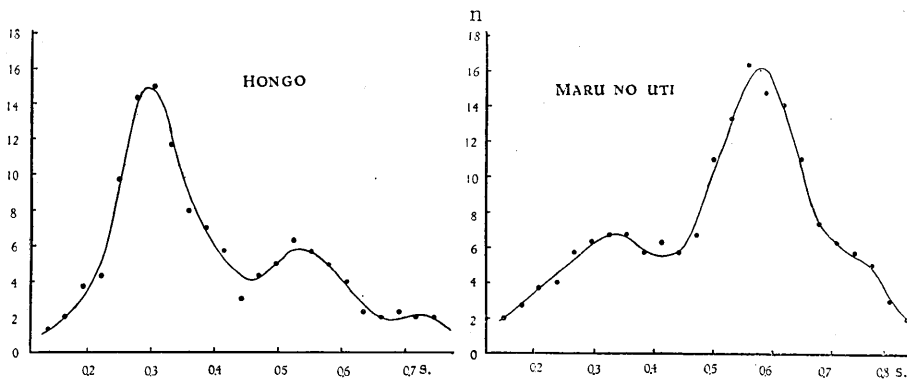


Fig. 10. Courbe en cloche pour le séisme du 3 Oct. (1931) No. 71.

secousses à la surface terrestre où la période propre d'oscillation reste plus grande que les périodes dans les ondes originelles.

Pour décider la période prédominante dans les secousses, nous avons pris une période correspondant à la position maxima de la courbe: mais nous voyons souvent deux ou trois maxima qui correspondent aux périodes prédominantes de deux stations. Ce fait nous suggère que les ondes prédominantes ont une influence les unes sur les autres. De plus nous constatons un certain nombre de maxima dans la courbe obtenue avec le séisme du 28 septembre 5^h. (Fig. 8) Ce phénomène sera

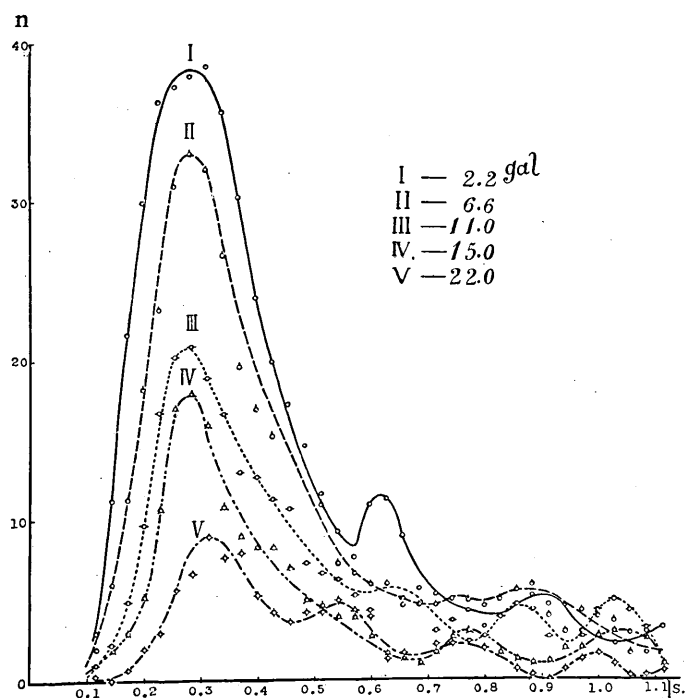


Fig. 11. Une série de courbes en cloche pour le séisme du 21 Sept.

expliqué d'une part par l'existence de plusieurs modes correspondant aux régions différentes dans et aux environs de Tôkyô; d'autre part par l'existence de plusieurs modes d'oscillation dans une même région. En ce moment, nous n'avons encore aucun moyen de juger ce phénomène.

En tout cas, il est remarquable que les secousses sismiques montrent de telles distinctions entre deux stations qui ne sont qu'à 3.5 km de distance dans la ville de Tôkyô. Le sismographe du type ordinaire servira bien pour savoir le temps d'occurrence ou l'apparition des différentes

phases dans les secousses sismiques surtout pour les séismes lointains: mais il n'est pas commode pour inscrire les ondes ayant une plus grande accélération qui sont toujours masquées par des ondes dont la période et l'amplitude sont grandes. En employant le sismographe accélérométrique, il est certain, comme nous l'avons déjà dit qu'on peut tirer les caractéristiques des secousses sismiques qui ont un rapport serré avec la nature de la couche superficielle du terrain.

Il y a encore un problème inaperçu: ce sont les ondes de la période prédominante: détiennent-elles toujours les grandes amplitudes? Nous voulons le montrer avec un exemple utilisant les secousses du séisme du 21 septembre 1931 observées à Hongô.¹²⁾ C'est le séisme qui a donné les plus fortes secousses à Tôkyô depuis l'installation du sismographe accélérométrique.

Nous voulons essayer d'avoir plusieurs courbes en cloche avec les ondes qui donnent certaines valeurs de l'accélération.¹³⁾ Elles sont représentées dans la Fig. 11. où nous constatons que les ondes ayant 0.3 seconde de période prédominent toujours dans les courbes. Ce fait nous apprend que les ondes prédominantes ont généralement la plus grande accélération: c'est-à-dire, la période prédominante est toujours 0.3 seconde indépendamment de la valeur de l'accélération. Malheureusement, nous n'avons pas réussi à enregistrer les secousses de ce séisme à Marunouti, mais nous croyons qu'un tel rapport existera toujours dans cette région suivant le fait que l'on ne trouve jamais d'ondes de grande amplitude n'ayant pas la période prédominante.

6. Remarques.

D'après le fait que les secousses se transforment entièrement dans deux stations éloignées seulement de plusieurs kilomètres, nous sommes obligés d'installer d'autres stations plus rapprochées l'une de l'autre. Telles installations seront nécessaire surtout pour l'étude des propriétés des secousses sismiques en relation avec la nature de la couche superficielle.

Presque toutes les villes du Japon ont été construites sur une couche sédimentée récemment par le fleuve: la période propre d'oscillation d'un tel endroit se trouve toujours grande. D'autre part, nous savons que les maisons bâties en un tel endroit sont attaquées fréquemment par les

12) Son inscription est montrée dans ce Bulletin 10 (1932), 264. Fig. 12.

13) Nous n'avons pas pu mesurer la période dans un certaine partie de secousses, étant mal inscrites: mais, l'aspect général des courbes restera le même.

secousses sismiques. Ce fait sera expliqué par les secousses prédominantes de longue période¹⁴⁾ qui peuvent causer la destruction surtout de maisons en bois. On conclut souvent du fait qu'il y a beaucoup de dommages le long du bassin du fleuve, que les secousses sismiques ont un rapport serré avec les failles tectoniques. Vraiment, on s'incline à fixer la position épiscopale sur le fleuve, en observant que là ont eu lieu les plus grands dommages; mais cela n'est pas juste en tout cas suivant nos idées. Nous avons des exemples pour lesquels la région épiscopale n'est pas le centre du dommage.

Nous pouvons conclure que les ondes primaires produisent des ondes secondaires en arrivant à la surface terrestre: ces dernières sont probablement des ondes stationnaires de la couche superficielle. Conséquemment l'épaisseur et la propriété élastique de la couche jouent un rôle important pour déterminer l'amplitude et la période des secousses produites.

Il est vraisemblable que les ondes primaires conservent les courtes périodes autant qu'elles restent tout près du foyer. Mais les ondes primaires s'amortissent pendant leur voyage dans la croûte où l'on trouve de la viscosité solide. Nous pouvons appliquer cette considération à la distribution anormale des secousses produites par un séisme dont le foyer se trouve assez profond.

Quand les ondes primaires voyagent dans la croûte, les ondes de courte période s'amortissent plus vite. Si les ondes de 0.6 seconde environ de période conservent une certaine valeur de l'amplitude dans la série des ondes primaires, elles pourront provoquer des secousses de grande amplitude à Marunouti tandis qu'elles ne donneront aucune secousse remarquable à Hongô. Tel phénomène sera réalisé partout au Japon à l'occasion d'un séisme ayant un foyer assez profond qui pourra donner des ébranlements à peu près dans une même condition. Il nous semble que ce type de séisme conserve bien les ondes de courte période; suivant la raison que les ondes traversent toujours la partie profonde de la croûte. En arrivant à la surface terrestre, elles peuvent provoquer une oscillation propre à chaque endroit: cette période varie suivant les conditions élastiques de la couche superficielle. Nous voyons, en conséquence, une distribution anormale des ébranlements sismiques.

Un phénomène analogue est aussi remarqué à l'occasion d'un grand tremblement de terre. Naturellement, la région où la distribution anormale des secousses apparaît, est limitée par le fait que le foyer ne

14) Elle sera probablement plus de 0.6 seconde.

se trouve pas assez profond. Nous pouvons le constater dans les cartes montrant le degré des secousses: le degré est déterminé généralement par le pourcentage des maisons détruites. Nous en avons deux exemples: le grand tremblement de terre de Kantô¹⁵⁾ et le grand tremblement de terre de Tango.¹⁶⁾ Les ébranlements sont toujours grands à l'endroit où il y a une couche alluviale. Pour le grand tremblement de terre d'Idu, nous avons remarqué une distribution anormale de secousses surtout dans le bassin de la rivière Kanô.

Il faut remarquer, en tout cas, que même dans la ville de Tôkyô nous pouvons relever une distribution anormale de secousses sismiques. Nous croyons que la cause d'une telle distribution a son origine dans les propriétés élastiques de la couche superficielle du terrain. Nous voulons, en effet, discuter prochainement les propriétés élastiques du sol d'après les observations des secousses sismiques.

12. 東京市内二ヶ所 (本郷、丸ノ内)

における地震動加速度比較

地震研究所 石本 巳 四 雄

1. 地表において観測される地震動は、表面層の自己振動が誘發される結果として、地殻内における一次波動とは著しく異つたものである事は前論文において述べたものである。實際、本郷においては約 0.3 秒と云ふ自己振動周期が見出されて居る。

元來地震動中に各土地固有の振動の存在する事實は相當以前から認められた事であつたが、變位地震計を使用して居た事から、強震程度の地震においては脈動性振動に邪魔されて表面層固有振動の影響を認める事は困難の状態にあつた。

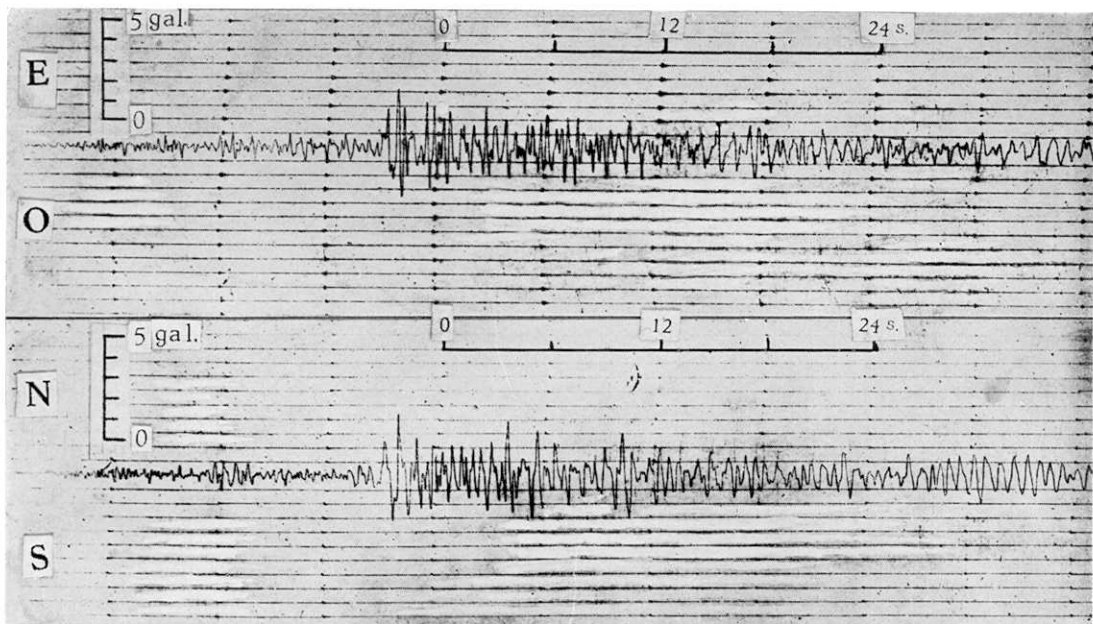
各土地に固有振動の存在する事實を確める爲めに、八月上旬から丸ノ内、東京驛前に加速度地震計を設置して観測を開始し、相當震度の大である多くの地震について記象を得、本郷、丸ノ内における地震動特性を比較して見たのである。

2. 東京の地形は大別して山手、下町となり、本郷は山ノ手代表、丸ノ内は下町代表と考へる事が出来る。山ノ手は約 20 m の厚さの洪積層と其の下部の東京層、下町は 20^m—30^m の沖積層と其の下部の東京層とから成つて居る關係上、若し山手、下町において地震動中表面層の影響がありとすれば、其れは全く洪積層、沖積層の厚さと彈性係数とに専ら關係するものであると推定出来る。從來大地震の場合、家屋の倒壊を標準として地盤が悪いと云ふ言葉が屢々用ひられて居るが、之れは大略表面層の彈性狀況を言ひ表はしたものと見られる。

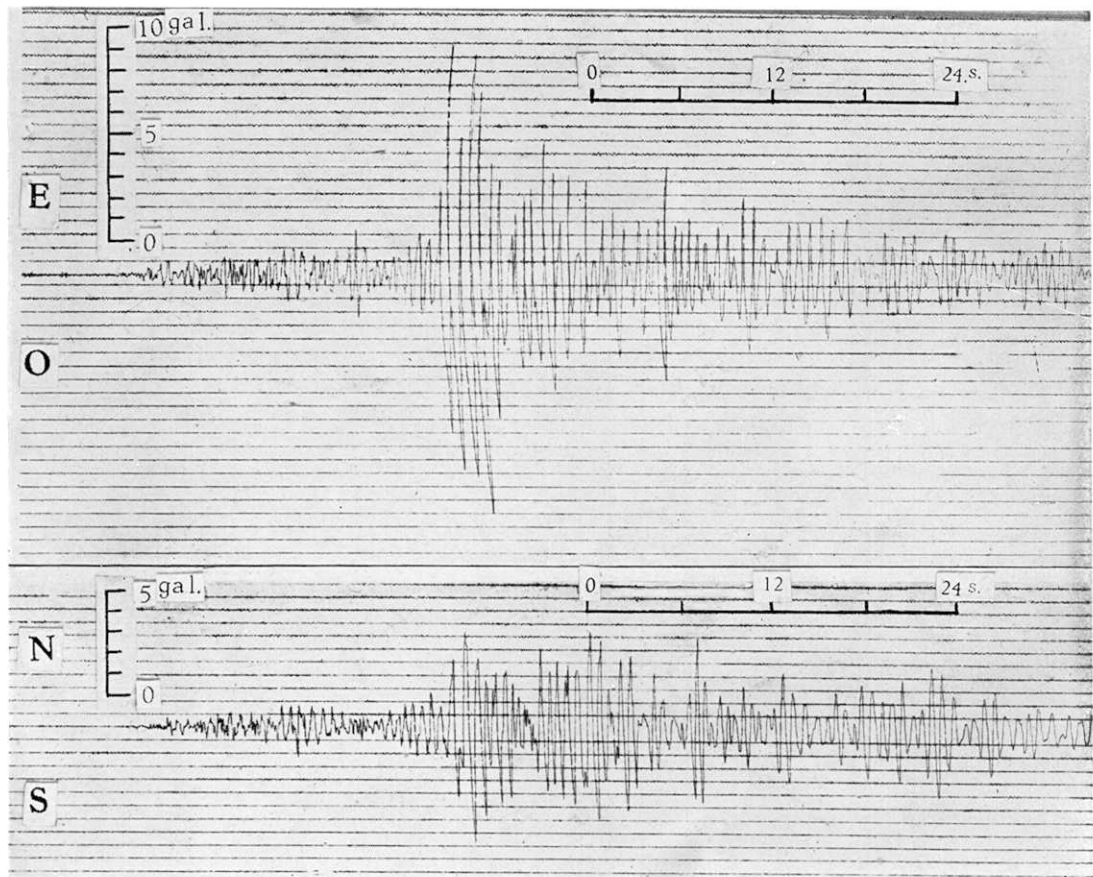
15) T. MATSUZAWA, *Bull. Earthq. Inv. Comm.*, No. 100. A.

16) H. HOMMA, *Tikyû*, 9 (1928), 357.

Hongô



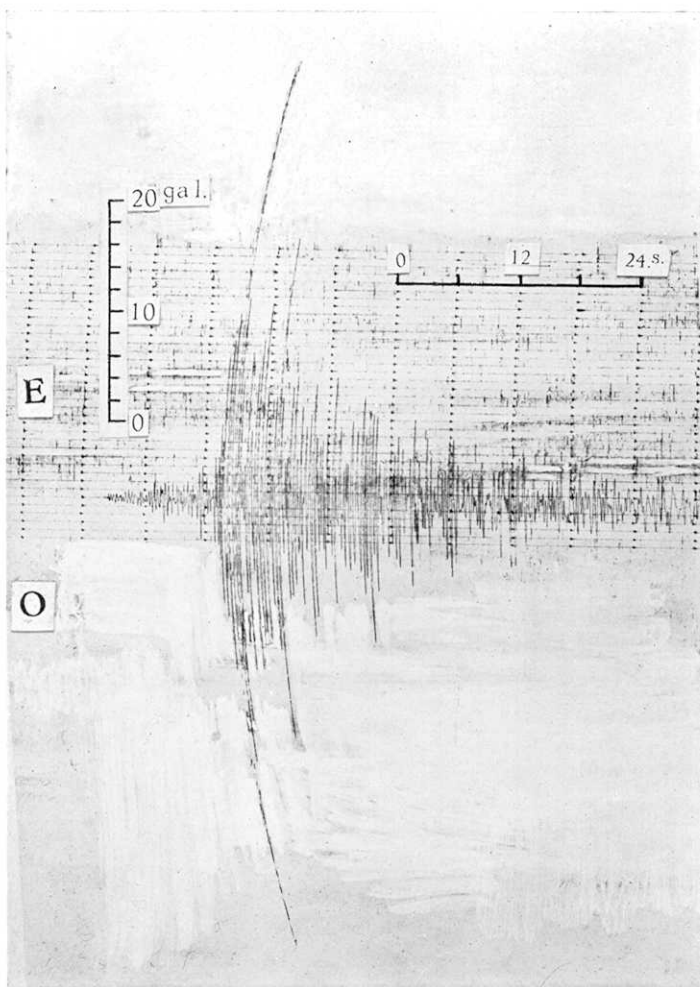
Marunouti



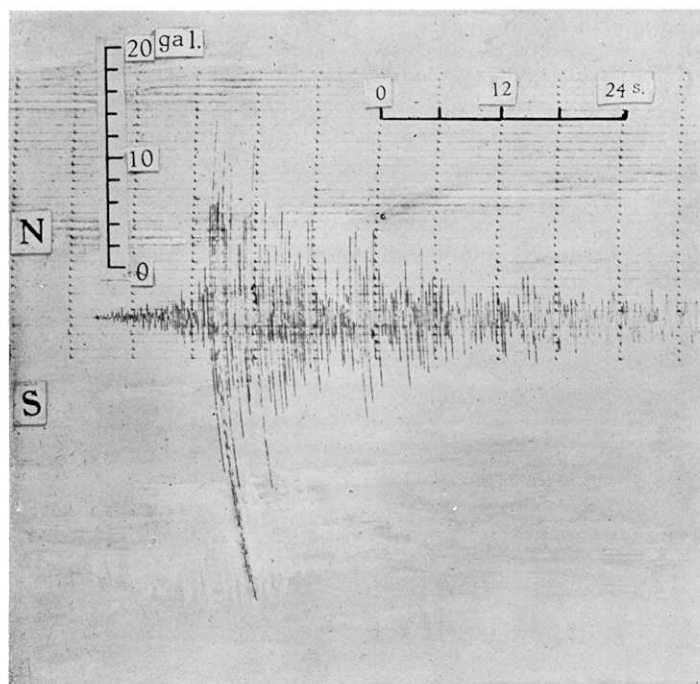
(震研彙報、第十號、圖版、石本)

Fig. 4^{bis} Inscription obtenue pour le séisme du 10 Août. (1931) No. 53.

Hongô



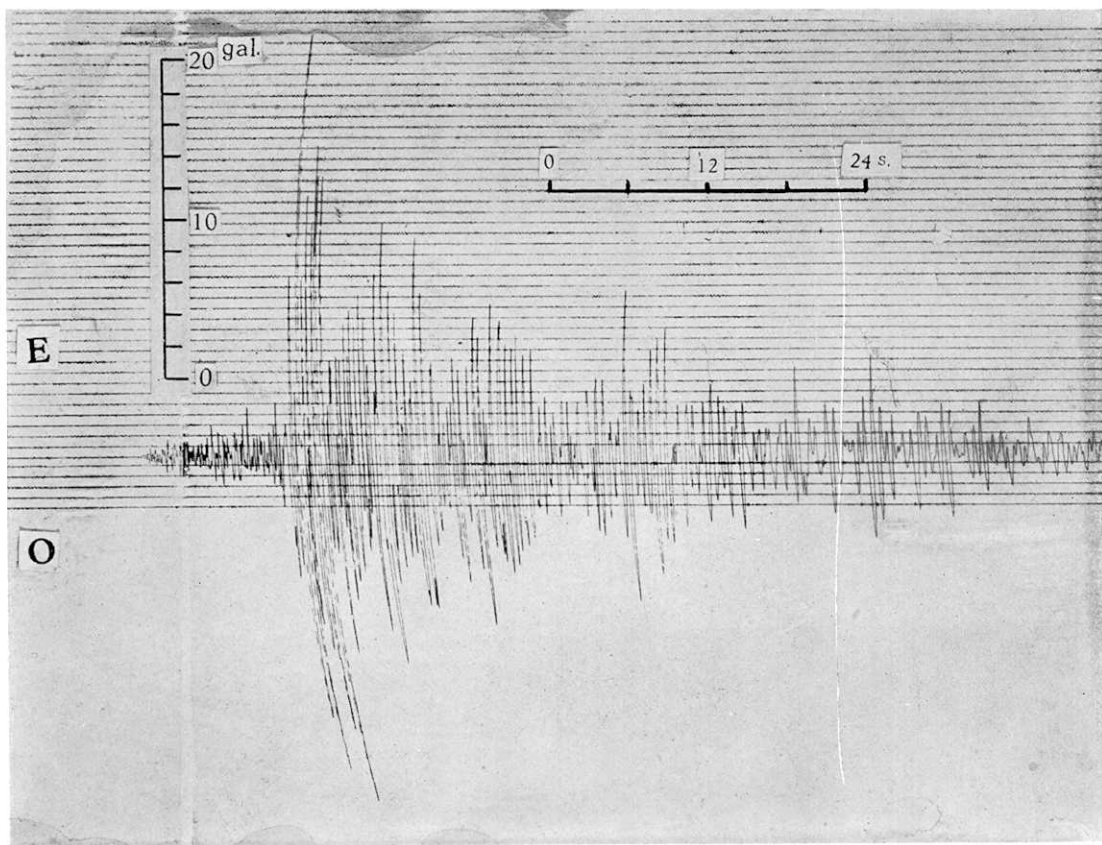
Hongô



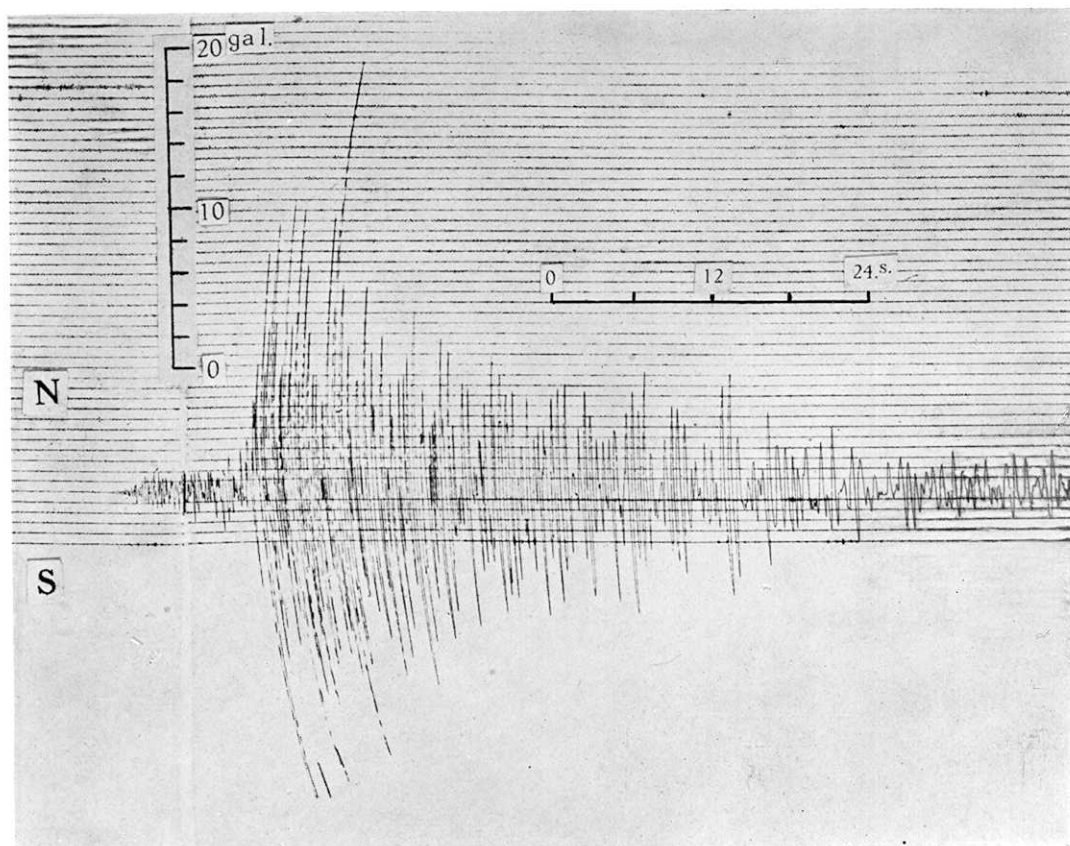
(震研彙報、第十號、圖版、石木)

Fig. 6^{bis} Inscription obtenue pour le séisme du 16 Sept. (1931) No. 59.

Marunouti

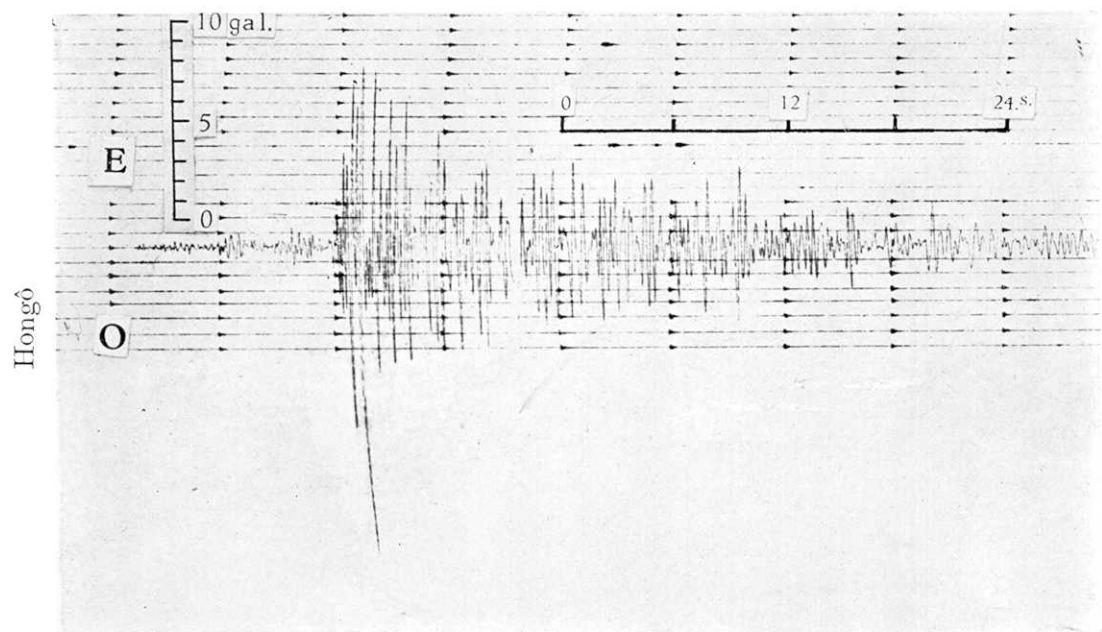
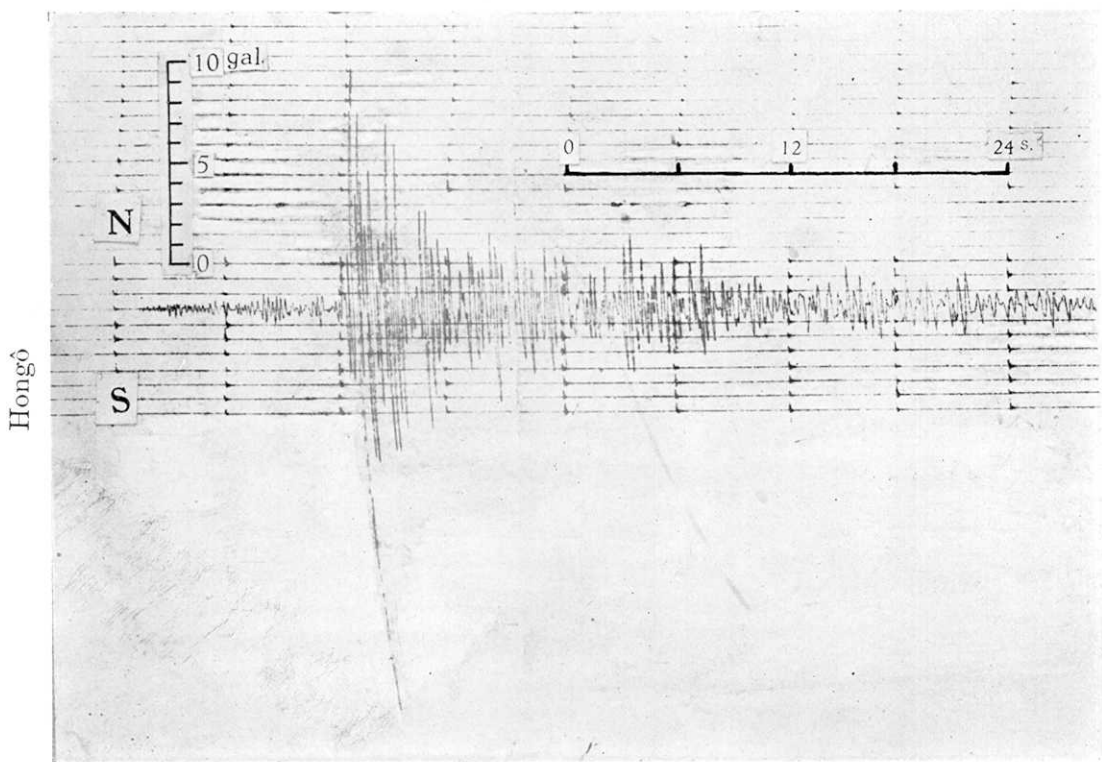


Marunouti



(震研彙報、第十號、圖版、石本)

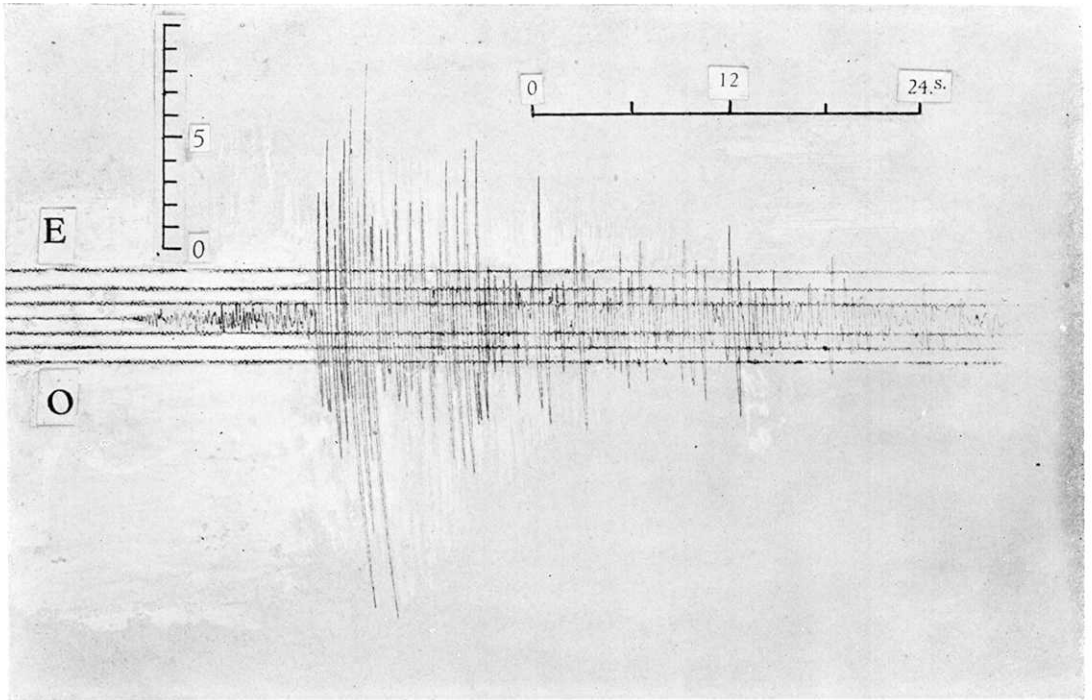
Fig. 6^{ter}. Inscription obtenue pour le séisme du 16 Sept. (1931) No. 59.



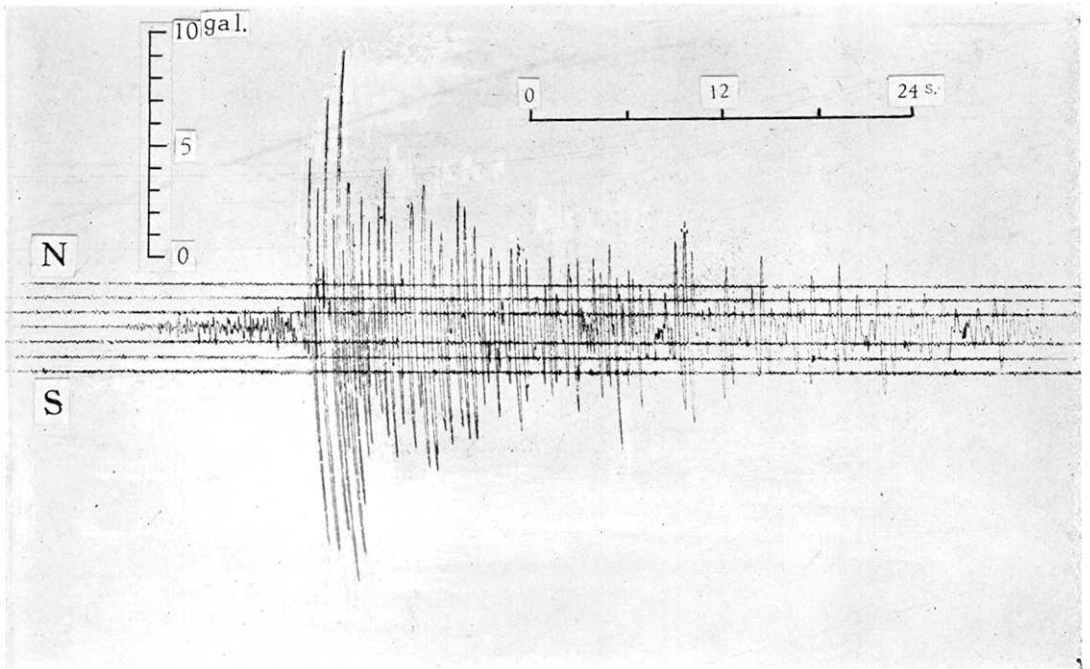
(震研彙報、第十號、圖版、石本)

Fig. 7^{bis} Inscription obtenue pour le séisme du 18 Sept. (1931) No. 60.

Marunouti



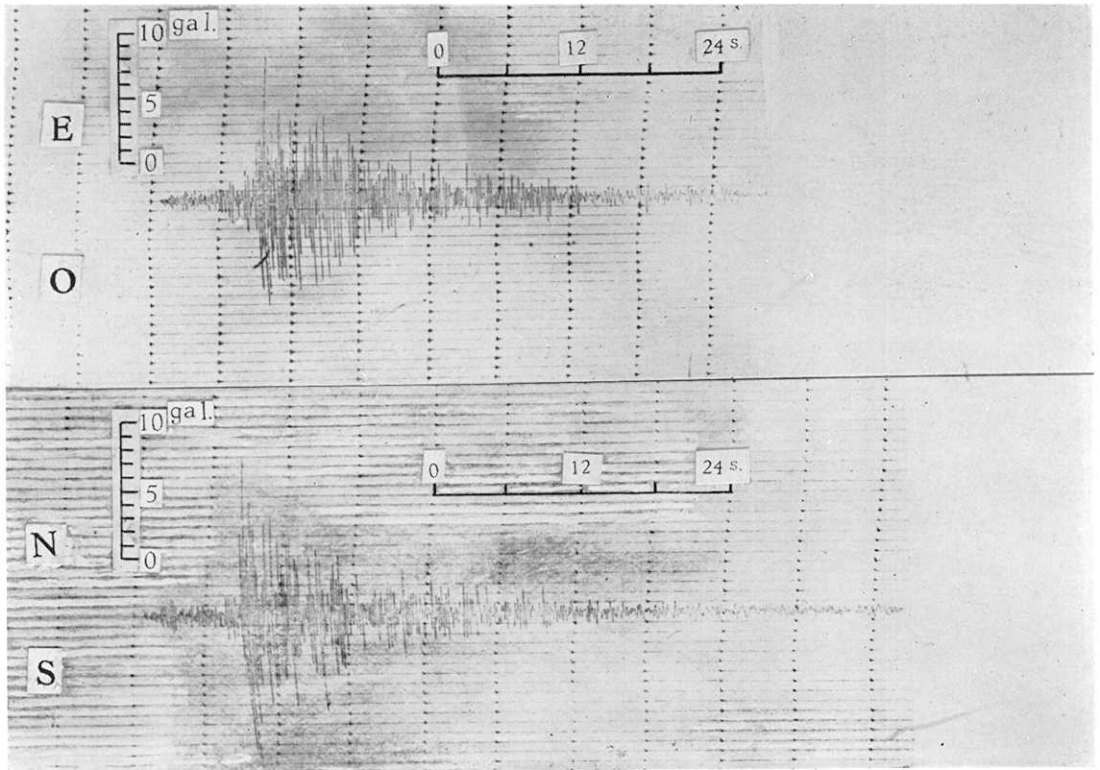
Marunouti



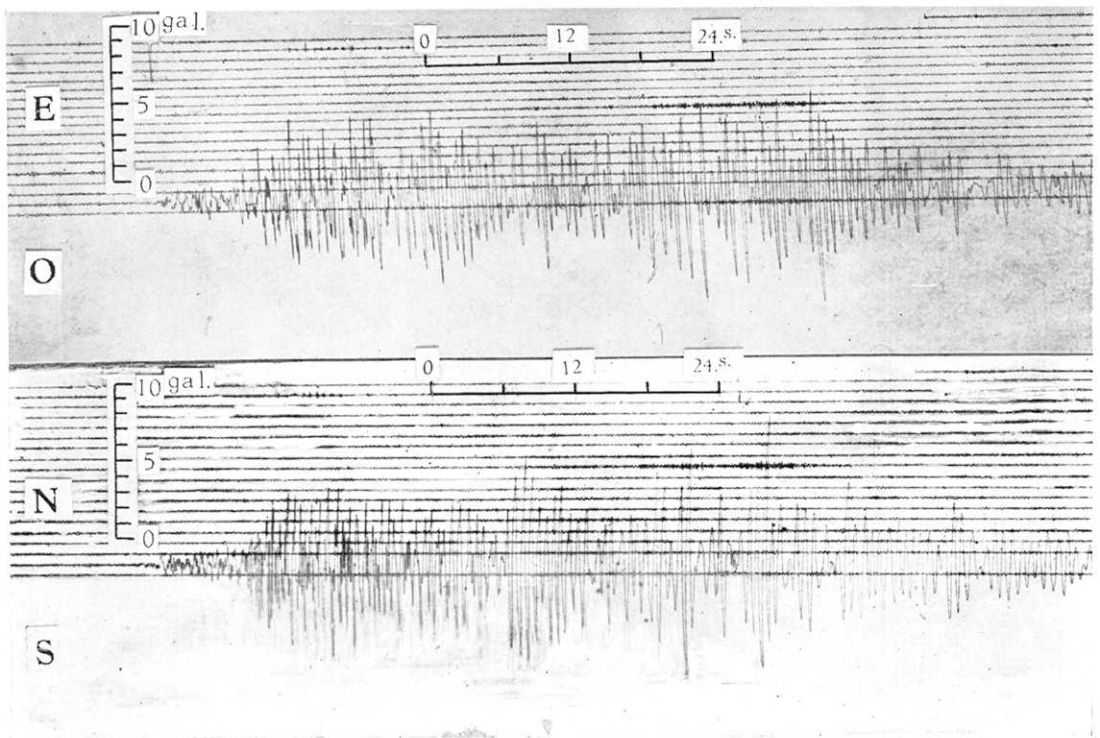
(震研彙報、第十號、圖版、石本)

Fig. 7^{ter} Inscription obtenue pour le séisme du 18 Sept. (1931) No. 60.

Hongô



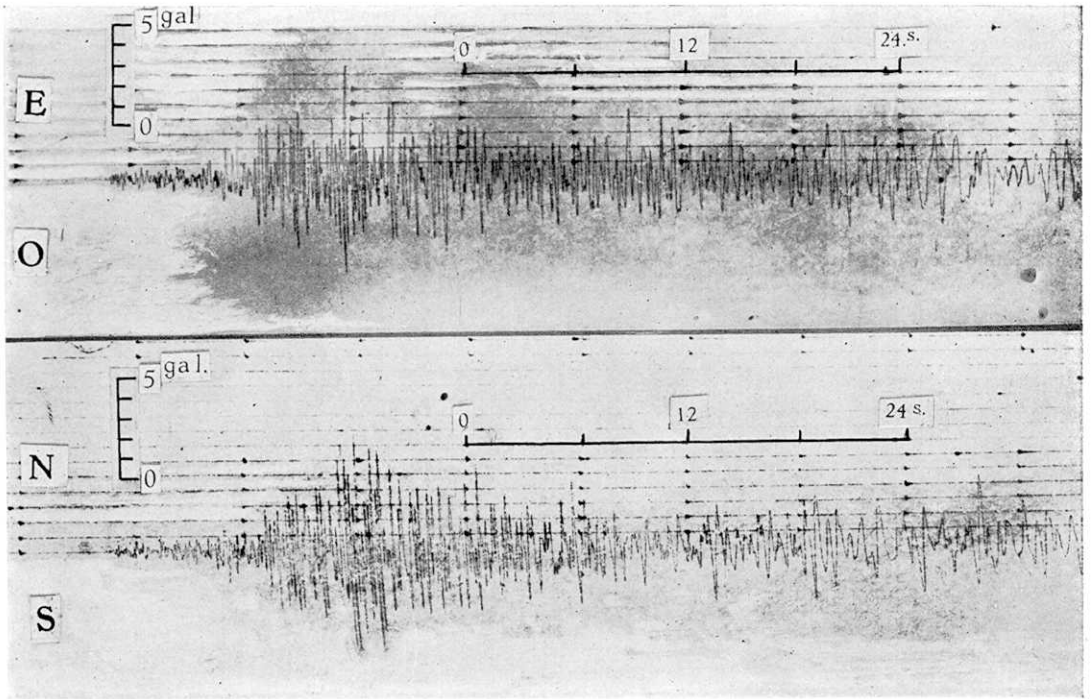
Marumouji



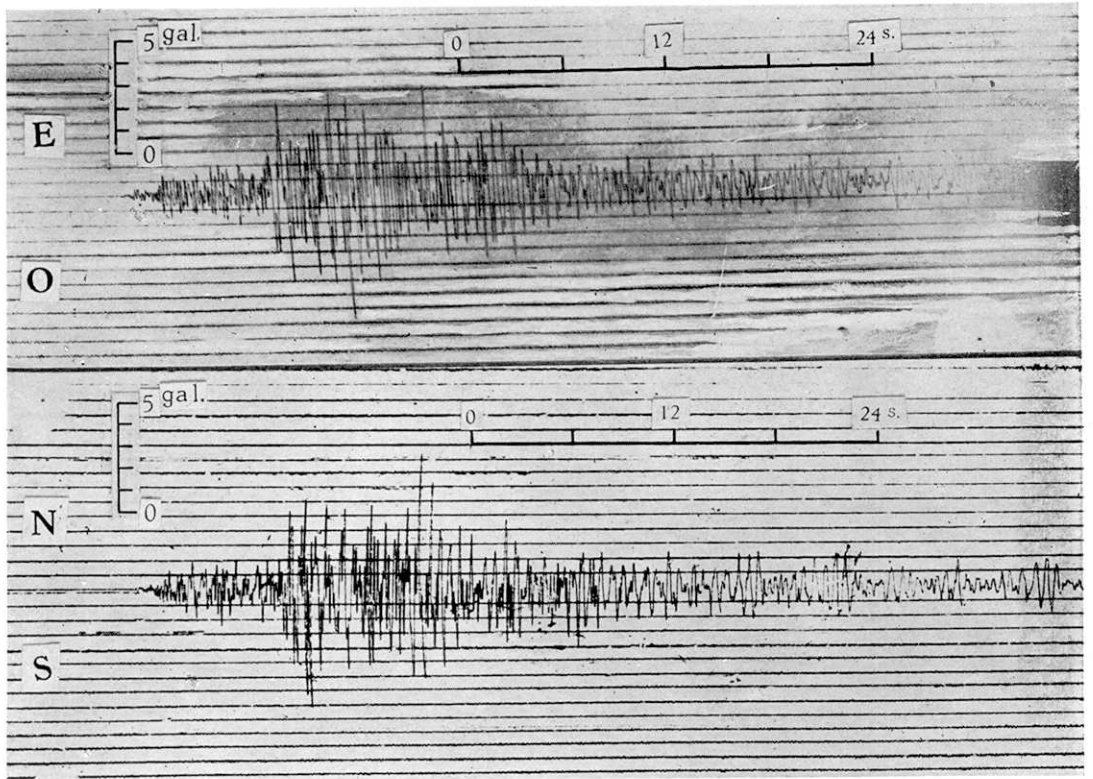
(震研彙報、第十號、圖版、石本)

Fig. 8^{bis} Inscription obtenue pour le séisme du 28 Sept. 5^h (1931) No. 69.

Hongô



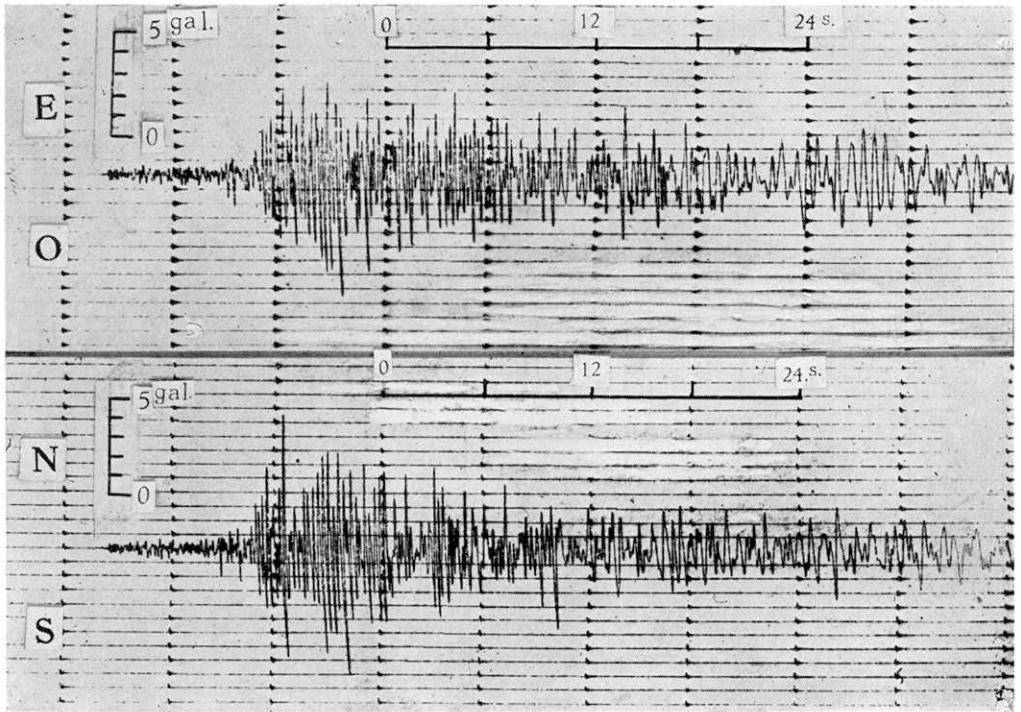
Marunouji



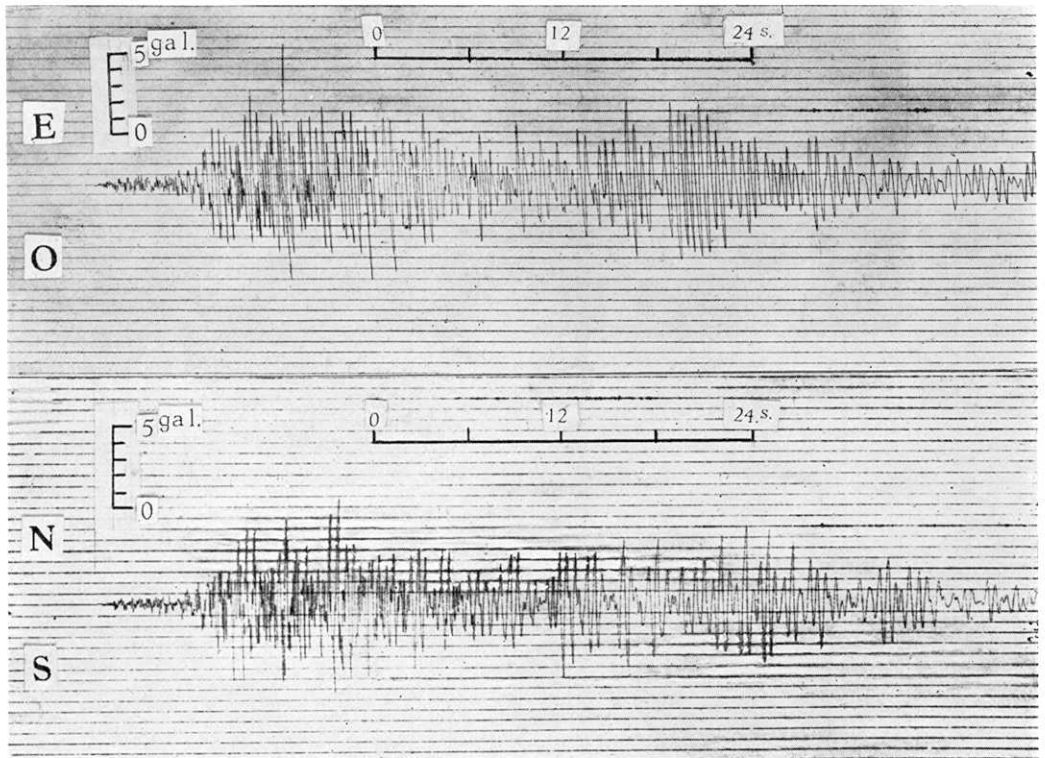
(震研彙報、第十號、圖版、石本)

Fig. 9^{bis} Inscription obtenue pour le séisme du 28 Sept. 14^h (1931) No. 70.

Hongo



Marunouchi



(震研彙報、第十號、圖版、石本)

Fig. 10^{bis} Inscription obtenue pour le séisme du 3 Oct. (1931) No. 71.

3. 本郷における観測は地震研究所地下室において行はれたものであるが、建物と土地との間に振動差違がないと云ふ事は種々の観測から證明されて居る。

得られた地震記象中、S波の初めにおいて一般震動に比較して數倍の加速度を有する單獨波の出現が見受けられるが、之れは相當震度の大である地震に特有のものであると同時に、地震の本性が全く衝撃性を帯びた波動であると云ふ證明を與へるものである。

4. 丸ノ内における観測は器械を地表に設置した關係上、自働車、汽車による土地の微動も絶えず記録されて居るが、地震動記録上には障礙をなさない。地震動中單獨波の殆ど見受けられない事は、表面層の固有振動周期が比較的大である結果と信ぜられる。

5. 兩観測所における地震動の根本的差違は震動中に卓越する周期が異なる事であつて、兩地點の記象を基として周期の頻度曲線を畫き、その極大値に相當して卓越周期を見出す事から其の土地の固有振動周期が決定された。本郷においては0.3秒、丸ノ内においては0.6秒が固有振動周期として見出された。

又加速度の値については、近い地震においては本郷の方が大、一般に遠い地震においては丸ノ内の方が大となる。之れは地震波が地殻内を通過する間に固體粘度の影響を受けて、小周期の波が次第に消失する結果と見られる。即ち近い地震は小周期の波動を多分に含有する事から、本郷は大なる振動をなすに引替へ、遠い地震は大なる周期をもつ地震波動から成立する爲めに、丸ノ内が大なる振動を爲すものと見られる。

なほ九月廿一日秩父地震の本郷観測結果からは卓越周期を有する振動が同時に大なる加速度を生ぜしめるものである事が判明した。

6. 吾々が經驗する地震動は全く表面層の影響を受けて居る事から、地震動の研究も此の方面から爲す必要がある。日本の都市は多くの場合、自己振動周期の大なる沖積層上に建設されて居るが、沖積層は多く地殻構造線、例へば川、斷層等と場所的關係を保つて居る。沖積層上の地震被害が大である事から、地震學者の中には構造線と地震被害との間に密接な關係を考へる者もあるが、上述の理由により適當でない。震央は地震被害と全く別場所であつて差支へなく、斯様な實例もある。

深層地震に関して異常震域の存在が認められて居るが、之れも上述の如く地震波の本性と表面層存在との必然的結果と考へられる。深層地震は震源が比較的深い關係上、相當廣範圍に亘つて同様の波動を興へるが、若し其の際地殻内部を通過して表面に達せんとする地震波中、0.6秒附近の周期を有する波が卓越して居るならば、各土地の自己周期も此の附近にある關係上所によつて比較的大なる震動が誘起される所と小なる震動が誘起される所との別が生ずる筈である。大地震の際に認められる異常被害分布も同様の考の下に説明される。