

呉工業高等専門学校

研 究 報 告

第15巻 第1号 (通巻第24号)

昭和54年8月 (1979)

目 次

1. On Designing a Situational Syllabus	石 井 淳 二.....	1
2. インポリュート接合カムの研究 (第1報) —往復従動節—	糸 島 寛 典.....	31
3. 楕円接合カムの研究 (第1報) —往復従動節—	糸 島 寛 典.....	47
4. 快適照度の研究.....	原 田 一 彦.....	61
5. コンクリート杭の打撃引張応力の推定に関する研究.....	久 良 喜代彦.....	65
6. 鉄筋コンクリート筋違入骨組の実験的研究 (第3報) 接合部について.....	福 原 安 洋.....	83
昭和53年度本校教官による他誌発表論文一覧表		93
研究報告総目次 (通巻第11~20号)		97

On Designing a Situational Syllabus

(Syllabus Design) 石 井 淳 二

Junji ISHII

In Japan English is generally regarded as the most important and useful foreign language to learn. As a means of communication, however, it is used only in very limited places such as diplomatic and commercial circles and perhaps some colleges and universities where English is a compulsory subject.

The aim of this paper is to try to design and exemplify part of a one-year situational syllabus which will be able to cater for the fundamental needs of the first year student at a senior high school in Japan at present.

CONTENTS

I. Introduction	2
II. Language Acquisition and Language Learning	3
III. Communicative Competence	4
IV. Definition of the Syllabus	5
V. Constraints of the Syllabus	6
A. Language Planning	
B. Learners	
C. Teachers	
D. Schools	
E. Prospective Teachers	
VI. Aims of the Syllabus	8
VII. Approach to Language Teaching and Learning	9
VIII. Presentation of the Syllabus	10
A. Situations	
B. Syntax	
C. Vocabulary	
D. Phonology/Phonetics	
IX. Criteria for Selection and Grading	13
X. Components of the Syllabus	14
A. Situations	
B. Syntax	
C. Situational Variables	

D. Linguistic Activities	
E. Semantico-Grammatical Categories	
F. Categories of Communicative Function	
XI. Sample Lessons	22
XII. Methods of Assessment	24
XIII. Evaluation of the Syllabus	25
XIV. Appendix	26
Notes	29

I. Introduction

In Japan all children start their nine-year compulsory education at the age of six, staying six years at the elementary school and then three years at the junior high school. During the first six years they are not given any formal lessons in English. Then at the junior high school they are given thirty-four lessons per week and, for the first time, English is introduced and taught as a foreign language. At present, however, it is only three English lessons (or perhaps four at some schools) a week that are given to them at this stage.

After their completion of compulsory education, about nine students out of ten go further to the senior high school. There they have five lessons in English (or six at some schools) each week. English is one of the optional subjects at both stages but it can be said to be virtually a compulsory one since it is taught at all schools except a small number of private schools.

Finally, approximately two-thirds of the senior high school graduates receive higher education at a college or a university, where English is normally optional.

However, the average student's gains and results are not always satisfactory in spite of the long time and energy he spends in learning English. It is often pointed out that the average high school graduate's achievement in learning English is far from what it ought to be or is expected to be, and therefore criticized that it must be due to the incompetence of the Japanese teachers of English.

At this point, the present writer is not unwilling to admit the criticism, but in fact this is not the only reason. Traditionally, for example, the learning of English in Japan has been directed primarily towards obtaining Western ideas through books. Hence great emphasis has been placed on the reading and writing of English. The result is that the so-called grammar-translation method has been dominant for many years.

The most important thing here will be to understand that it is high time the English teacher reconsidered the present situation in which teacher and student are placed, including the approach to English teaching and learning, the method, the student's aims and objectives, and so forth.

It is true that the student has learned something about the grammatical rules and lexical items of English before he has graduated. However, what he lacks seems to be the ability to internalize the rules of English, that is, the rules of the structure and use of En-

glish. What the student needs most will be the early proper exposure to, and the use of, English. He must be exposed to English sounds constantly. Also, attempts should be made to encourage all students to use English so that they can participate actively in linguistic activities in the classroom from the very beginning.

Since passing the entrance examinations is so important for the senior high school student, he is forced to tackle the kinds of tests that require him to translate English into Japanese or vice versa and solve quiz-like grammatical questions. This is far from testing the student's overall proficiency in English. Consequently the teacher is inclined to concentrate on giving lists of difficult literary words and grammatical rules of English that have often turned up or are likely to appear in examinations. Quite naturally, therefore, classroom activities are teacher-centred, not learner-orientated.

This kind of teaching and learning will inevitably lead to the fact that the Japanese student does not receive a proper training in using English. This fact may be one of the vital reasons why the average student is not able to use English as a means of communication. Many teachers rely too heavily on the grammar-translation method, which emphasizes mainly translation and the memory of grammatical rules and difficult lexical items.

II. Language Acquisition and Language Learning

In planning this syllabus the present writer has adopted one of the current views that "the language learning capacity of the adult is of the same nature as that of the child."¹

For example, Corder states as follows: "I propose therefore as a working hypothesis that some at least of the strategies adopted by the learner of a second language are substantially the same as those by which a first language is acquired."²

Language is unique to all human beings and Chomsky assumes that a human child is genetically endowed with a special programme of how to go about becoming a fluent speaker of his mother tongue in such a short time.

According to Newmark and Reibel, "The child proceeds in an incredibly short time to induce a grammar of the language far more complex than any yet formulated by any linguist. We must, therefore, assume that the child is somehow capable of making an enormous contribution of his own. We may call this contribution his language learning capability...."³ They argue that this language learning capability must organize and store the structurally diverse data of the language in such a way that it will be available for use in the future. Further they go on to state: "Since any successful language learning program must ultimately teach the use of sentences, if the adult learner can, like the child, contribute a knowledge of the form of sentences, a presentation of sentences organized in terms of the situation they share rather than they form they share would seem clearly the more efficient one."⁴

Thus they stress that what is necessary and sufficient for language learning to take place is situational rather than grammatical cohesion. The argument here depends mainly on the assumption that the strategies and processes of second language learning are essentially the same as those of first language acquisition. If this assumption is accepted, then it may be that a situation-based syllabus will be of great significance for second language learning.

However, it should be kept in mind that first language acquisition and second language learning are not completely identical, even if they are similar or analogous. For example:⁵

- (1) Language acquisition takes place during the period when the infant is maturing physically and mentally, and necessarily there must be some connection or interaction between the two processes. On the other hand, the adult second language learner is neurologically mature.
- (2) The motivation for learning in each case is different and cannot be equated.
- (3) The data given to the infant acquiring language are different from those given to the learner.
- (4) Second language learning normally takes place under formal instruction.
- (5) The second language learner already has a command of his mother tongue before learning the target language, while the infant does not.

Despite all these differences, however, Corder states, "We can conclude from this not that the process of acquiring language and learning a second language must be different, but rather that there are some fundamental properties which all languages have in common (linguistic universals) and that it is only their outward and perhaps relatively superficial characteristics that differ; and that when these fundamental properties have once been learned (through their mother-tongue manifestations) the learning of a second manifestation of language (the second language) is a relatively much smaller task."⁶

III. Communicative Competence

In order to understand and use a language we need a communicative as well as a grammatical competence. In other words, what the student is trying to develop is not only the so-called formation rules of English, but in addition the speaking rules termed by Hymes. He says, "There are rules of use without which the rules of grammar would be useless. Just as rules of syntax can control aspects of phonology, and just as semantic rules perhaps control aspects of syntax, so rules of speech acts enter as a controlling factor for linguistic form as a whole."⁷ It is true that the student must develop the ability to produce and understand utterances which are grammatical, but what is more he must know when to select a particular utterance which is appropriate to the context. Here context means both the situational and the verbal context of utterances. These utterances must be situation-related.

By experience the present writer has noticed that his students can perform very well in practice but cannot use English coherently and to the point in a real situation. This means that they lack communicative competence.

What he is most concerned with here is how to develop communicative competence in the student, that is, how to help the student pass from the stage of storing linguistic knowledge of English to the stage where he can actually use this knowledge in verbal interaction with other people. Many teachers, in fact, are trying to achieve this in terms of meaningful drills and communicative drills. Even in a communicative drill, however, it seems very difficult for autonomous verbal interaction to take place. Rivers states in this connection, "My guess is that the majority of students, feeling insecure in their knowledge of the language, would remain in the area of pseudocommunication."⁸

Division of Essential Processes of Second Language Learning⁹

Balasco		Rivers	Valette
Pre-nucleation	Skill-Getting	Cognition	I. Mechanical Skills II. Knowledge
		Production (Pseudocommunication)	III. Transfer
Nucleation	Skill-Using	Interaction	IV. Communication
Post-nucleation			
Mastery			

In planning a situational syllabus, the teacher will inevitably be faced with the problem of how to work out authentic situations in the classroom, since it is a formal and artificial setting. Needless to say, it would be impossible in most cases to set up real communicative situations there. At this point, Corder says, "The only pedagogical solution available at the present time is to ensure that the language data to which the learner is exposed be presented 'in context', i.e. as part of continuous discourse or dialogue, and in a situational context, if necessary, simulated."¹⁰

The teacher must work out situations from the very beginning, and every student should be encouraged to try to use English for their needs. In other words, the student is expected to perform the functions of establishing and maintaining social relations, seeking and giving information, expressing his ideas and thoughts, persuading, and so on.

IV. Definition of the Syllabus

This is a one-year situational syllabus which will cater for the fundamental needs of the first year student at the senior high school in Japan. This syllabus is different from the current one in the sense that the latter is more a grammar-based one.

Sociologically, language can be defined as a means of communication. Then the intrinsic object of learning English is to be able to communicate in it. The student is expected to be able to use what he has learned from the beginning for his needs, however little it may be. With respect to the components of the syllabus, grammar, vocabulary and pronunciation teaching should go simultaneously, since the structure of language is a system of systems.

"A finished syllabus is," as Corder says, "the overall plan for the learning process."¹¹ My definition of the syllabus is as follows:

- (1) The syllabus must make explicit the approach to the learning of the target language. Therefore, the syllabus designer must be very familiar with the current theories of teaching and learning the target language.
- (2) It must be so organized as to meet the aims, objectives and needs of the learner.
- (3) It must take into account all the constraints that the learner has.
- (4) It must specify what components must be given to the learner.

- (5) It must make explicit in what sequence they can be learned most efficiently.
- (6) It must include the methods of assessment.

V. Constraints of the Syllabus

A. Language Planning

In Japan language planning is organized and carried out by the Ministry of Education. Every three or four years so far, it has produced an authorized syllabus for the teaching of English in junior and senior high schools. It decides on the number of teaching hours and authorizes teaching textbooks. It is also responsible for making a curriculum or course of study and administering the public examinations. It decides on the number of subjects to be taught, defines their general aims and decides the number of subjects to be assessed in the public examinations.

However there is always a great gap between the general aims proposed by the syllabus and the actual achievements of the student. It seems that the student's needs are neglected or thought little of.

B. Learners

The students for whom this syllabus is meant are junior high school graduates aged fifteen or sixteen. They have already learned English for the past three years. They have learned about a thousand words and basic structures of English. However they have not been given enough opportunity to hear and speak English in various communicative settings. At this level, therefore, emphasis should be placed on getting meaning across in learning English.

Physically and mentally they are just at the stage between childhood and adulthood. It is true that they can make abstract generalizations and infer rules like the adult, but differs in degree from learner to learner. Therefore, the teacher must take into account the variable factors of the individual learners.

The intrinsic object of learning English is to be able to communicate. In order to do so each learner must acquire a grammatical minimum, that is, a common core of English which reflects most situations in which the learner will be placed. This linguistic minimum is the threshold level termed by Wilkins.

It is true that the learner has already learned most of this grammatical core during the past three years. However, he is unable to communicate in English, because he has not been given enough training in the use of English. Therefore, the learner should be encouraged and helped to learn rules of use, rearrange what he has already learned for the purposes of communication, and make his English more effective and useful for his needs.

C. Teachers

It seems to be taboo to talk about the quality of the English teacher, but it does give many problems in Japan. There are indeed a fairly great number of teachers who are adequately trained, but, on the other hand, there are also quite a few who have had very little training. Particularly in junior high schools in rural districts, the average quality of the

teacher seems to be a little low. It is mainly because there was too great a demand for English teachers, especially just after the war. Consequently there must be many teachers who have great difficulty with the command of English.

The Japanese teachers of English may be divided into the following categories according to their academic backgrounds:

- (1) Those who are university graduates and have a degree in teaching English as a foreign language.
- (2) Those who are university graduates, have received teacher training but have a degree in other subjects.
- (3) Those who are university graduates, have a degree in other subjects and have not received teacher training.
- (4) Those who are college graduates and their major is in teaching English as a foreign language.
- (5) Those who are college graduates but their major is not English.

It seems that quite a few old teachers belong to categories (3), (4) and perhaps (5). In 1955, the Steering Committee of the Foreign Language Program of MLA set up criteria for the language teacher in junior and senior high schools. The following¹² is part of the criteria:

(a) Aural Understanding:

Minimal—the ability to get the sense of what an educated native says when he is enunciating carefully and speaking simply on a general subject.

Good—the ability to understand conversation at average tempo, lectures, and news broadcast.

(b) Speaking:

Minimal—the ability to talk on prepared topics (e.g., for classroom situations) without obvious faltering, and to use the common expressions needed for getting around in the foreign country, speaking with a pronunciation readily understandable to a native.

Good—the ability to talk with a native without making glaring mistakes and with a command of vocabulary and syntax sufficient to express one's thoughts in sustained conversation. This implies speech at normal speed with good pronunciation and intonation.

(c) Reading:

Minimal—the ability to grasp directly (i.e., without translating) the meaning of simple, non-technical prose, except for an occasional word.

Good—the ability to read with immediate comprehension prose and verse of average difficulty and mature content.

(d) Writing:

Minimal—the ability to write correctly sentences or paragraphs such as would be developed orally for classroom situations, and the ability to write a short, simple letter.

Good—the ability to write a simple "free composition" with clarity and correctness in vocabulary, idiom and syntax.

Unfortunately, it goes without saying that there are only a small number of teachers

who can satisfy the criteria of "good" and that the majority of the teachers cannot meet even the minimal criteria, particularly in aural understanding and speaking. In order to remedy this situation, therefore, in-service training should be open to every teacher who needs it. At the same time, the current teacher training system must be revised so that more proficient teachers can be made available. The teachers should be encouraged and helped to study abroad and participate in intensive training courses to improve their command of English. Also it may be necessary to employ more native teachers of English in Japanese classrooms and their advice should be reflected in the curriculum and the methods of teaching.

D. Schools

Junior and senior high schools in Japan are either public or private. Most of the junior high schools are public, but about half of the senior high schools are private. All the schools are to conform to the rules and regulations set up by the Ministry of Education.

Most schools have a language laboratory and other facilities useful for learning English, but the use of them may not be proper or sufficient. The schools in rural areas have a reasonably small population of students but those in urban areas may have a few thousand students, because of the phenomenon of rapid increase of population there. The number of students is about forty or fifty per class, which is too big and unsuitable for the teaching and learning of English.

As the present writer has already mentioned above, the Ministry of Education designs the syllabus and decides on the number of teaching hours of all the subjects, the average number of teaching hours of each subject, and so on. This always brings about a conflict between each subject in order to get a few extra teaching hours, since how to put all the subjects into a whole curriculum is left in the charge of individual schools.

E. Prospective Teachers

At present the English teacher in Japan has to teach eighteen hours a week on an average, and his initial salary is approximately £200. This amount of money is not enough to live comfortably, especially in a big city because of the rapid increase in prices and taxes.

Quite naturally, therefore, college and university graduates who have a high command of English do not want to become teachers, but would rather work in a big company or corporation where they can make more money. Problems of various kinds make it more difficult to better and improve the present situation of English education in Japan.

IV. Aims of the Syllabus

This syllabus seeks to enable the first year students in the senior high school to use English in a meaningful and relevant way and to gain further knowledge and experience. The main aims of this situational syllabus are as follows.

- (1) To provide the student with a common grammatical core of English, that is, the threshold level, based on the notional categories.
- (2) To help him communicate effectively and to be intelligible in his speech.
- (3) To enable him to read comfortably any form of written English relevant to his stage of learning.

- (4) To help him write effectively and with reasonable precision according to his needs and purposes.
- (5) To help him understand the culture of English-speaking people, which is relevant to achieve the above aims.

Specifically this syllabus tries to help the students to¹³

- (a) Understand oral instruction and directions
- (b) Understand news broadcasts and TV programmes relevant to his stage of learning
- (c) Understand a talk and conversation on topics relevant to him
- (d) Participate in a conversation on topics relevant to him
- (e) Make a telephone call to make an appointment with friends
- (f) Give oral instructions and directions
- (g) Describe a location or an event orally or in writing
- (h) Report on an accident or on personal hobbies orally or in writing
- (i) Give a short talk on topics interesting to him
- (j) Summarize what is read or spoken orally or in writing
- (k) Read and understand English literary work relevant to his level
- (l) Make notes on what is read or spoken
- (m) Write a short letter to his friends or foreign pen pals
- (n) Write simple stories and dialogues
- (o) Translate simple Japanese into English
- (p) Translate English into Japanese, etc.

It seems reasonable to think that every student will need a basic common core of English, i.e., the threshold level, irrespective of the fact that he will become a college or university student, businessman, diplomat, interpreter, lawyer, translator or whatever.

In fact what matters most is that the student should learn something basic and useful that will increase his communicative competence in some of the areas of the use of English that he is most likely to come across after finishing the course.

VII. Approach to Language Teaching and Learning¹⁴

As Ausubel says, "...theories of learning and theories of teaching are interdependent rather than mutually exclusive. Both are needed for a complete science of pedagogy, and neither one is an adequate substitute for the other. Theories of teaching must be based on theories of learning but must also have a more applied focus, that is, be concerned with more engineering kinds of problems."¹⁵

According to Carroll, "The learning of second languages requires both the acquisition of knowledge about rules and the formation of the habits described by these rules. Language teaching procedures can be improved by application of psychological knowledge concerning the learning of language habits."¹⁶ Thus he proposes what he calls "a cognitive habit-formation theory."¹⁷

Psychologically speaking, the language learner is regarded as an information processor. It might well be [that behaviorism and cognitivism are not mutually exclusive but can be complementary in language learning. If this view is true, then foreign language learning can

be possible through two types of channel, that is, the channel of S-R conditioning and that of cognitive learning.

Then it is necessary and important to make effective use of these two channels according to language learning factors. The following are a few of the possible factors illustrated.

(a) Stages of Cognitive Development

Before the age of puberty, pattern drilling may be effective in foreign language learning. However, with the full development of the learner's cognitions, cognitive learning will be better and more dominant.

(b) Levels of Linguistic Complexity

It is well known that the human short-term memory span is "seven plus or minus two" units.¹⁸ Learning long sentences which require complex processing may give much burden on the learner's short-term memory and his assimilation will be difficult. In learning sentences including complex transformations or embedded sentences, analytic explanation will be effective to the learner's better understanding of them.

(c) Degrees of Verbal Ability

Cognitive learning will be more effective for students with a high verbal ability, whereas audiolingual habit learning will be better for those with a low verbal ability.¹⁹

The conclusion may be, as Carroll says, that: "In language teaching, as in other kinds of instruction, probably the critical factor in success is in managing the learning procedures of the student in such a way that at any given stage of learning the student is learning just what he needs to learn, being given the appropriate strategy for that learning to take place, and being properly reinforced in that learning."²⁰ There is no single best method. Students are different. Teachers are different as well. Every effort must be made to provide students with as many different learning experiences as possible.

VIII. Presentation of the Syllabus

A. Situations

Situations are given to the students through all the materials, particularly in the form of a dialogue or conversation. This inevitably involves many actional and functional roles to play or things to do in English. According to Rivers, "Acting out a dialogue makes even memorization a meaningful activity instead of an artificial classroom technique: Even great actors must memorize their roles, and memorization is thus accepted as a normal activity of real life."²¹

However, it is not enough for students merely to repeat or parrot the dialogue for a conversation. They must try to involve themselves in the situations where they are actual role-players. In order to achieve this, first, dialogue material should be memorized thoroughly until every student can make the appropriate exchanges. As soon as he can act out a given role, a student will be able to seek more possibilities of new combinations and applications of each pattern or expression to refer to various meanings. In this way he is prepared for the act of option when he wants to express similar meanings at later stages.

Each situation must be explained and acted out for students. For this purpose, it is desirable to make full use of a language laboratory where audio-visual aids such as pictures,

slides, TV sets, tape recorders, etc. are available. There students can enjoy watching, for example, TV programmes where the situation is acted out by native speakers. This gives them a clear understanding of what they are expected to do in English. Also the occasional participation of native speakers can make the student's learning more interesting, exciting and real. Surely this can add to the time of his exposure to English.

B. Syntax

Structures to be taught are presented first in mini-situations which follow full situations. The assumption behind this is that the separate teaching of a structure from its situation will be meaningless or not useful. In other words, a new structure will best be taught in its appropriate situation.

Therefore, syntactically different structures, if they express the same function, should be put into the same situation in order to give students a wide variety of choice of expressions and an idea that language is not stereotyped.

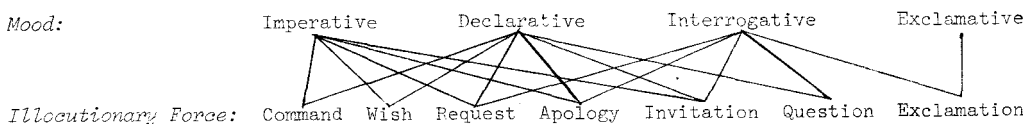
Suppose a situation where one wants the window open. Then it is possible for the student to make a right choice among a great many expressions according to the situation where he is placed. The following are some of the possible utterances.

- (1) Open the window!
- (2) Will you open the window?
- (3) Let's open the window.
- (4) Do you mind opening the window?
- (5) Is there any reason we can't open the window?
- (6) I wish the window were open!

In this connection, Huddleston says, "It is clear, then, that the illocutionary force of an utterance is not fully determined by the linguistic structure of the sentence uttered. Illocutionary force is similar in this respect to reference: the referent of a referring expression is not fully determined by the linguistic structure of that expression."²²

For example, the English mood categories provide for a more or less exhaustive syntactic classification of sentences, whereas there are many more different types of illocutionary forces. Therefore, the student must distinguish between the syntactic mood category of a sentence and the function of an utterance in a speech situation. He should not believe that the only use of a declarative sentence is that of making a statement. Furthermore he can promise, advise, congratulate, apologize, thank, open buildings, close meetings, and so on.

Thus the relationship between the mood and illocutionary force categories is not one-to-many, but many-to-many. This pattern of relationships can be shown as follows.²³



Grammar should be explained clearly to students whenever it is necessary either in English or in Japanese. However, the teacher should always bear in mind at this point that

what the student needs is not the explanation of the English grammar itself, but the actual use of English.

C. Vocabulary

Lexical items should also be presented in connection with appropriate contexts and situations. They should not be taught in isolation because their meanings are normally determined by their contexts. In teaching vocabulary, the use of word-for-word translation can be very misleading and dangerous in getting the meaning across. Most students have mistakenly the naive belief, as Rivers²⁴ points out, that English and Japanese have a basic one-for-one equivalence. For example, Japanese students often use 'become' instead of 'come' mistakenly in the following sentence: 'He came to like it'.

Therefore, it is necessary to let the student know that there is not always a straightforward equivalence between Japanese and English. Hence knowing the meaning of an isolated word is not sufficient. It is also necessary to know how to use it in the appropriate context. Lexical items should not be given in isolation.

D. Phonology/Phonetics

The student must acquire the ability to recognize and produce the whole range of sounds used by the native speaker of English.

The process in which the student may acquire the English sound system seems to be as follows: his starting point is the Japanese sound system and his final point is a stage where the English sound system is separate from and simultaneously coexists with that of Japanese, and code switching can take place according to his needs. However, students at this level are at a stage where one speech sound system cannot completely be separate from the other and both are mixed up, that is, the English phonemes may be a diaphone of the Japanese phonemes.

The following points may be of some help to the teacher in teaching pronunciation.

- (1) The teacher must understand what the phonemes or functional sound units of English are, that is, those which are recognized by the native speaker as making a difference in meaning.
- (2) He must understand the physical aspects of sound production.
- (3) The nature of the difficulties must be made clear. In other words, the teacher must have a clear understanding of the areas of difficulty for students. This becomes very important where the phonemic systems of the two languages do not coincide.
- (4) Audio-visual aids, such as tapes, records, TV programmes, etc. should be used in pronunciation teaching as often as possible.
- (5) The teacher should give aural-discrimination exercises whenever necessary. These may be accomplished by the use of minimal pairs, simple phrases and sentences. For example, tongue twisters may be interesting to students: e.g. 'She sells seashells at the seashore' (for the discrimination between /s/ and /ʃ/).
- (6) The material for pronunciation should be well designed and interesting, since drill in pronunciation demands a lot of patience and time both on the side of the teacher and the student.

As for the teaching of phonetic symbols, it is not relevant in the sense that those symbols are too abstract for the student to acquire a better pronunciation of English.

There is another kind of learning associated with the proper acquisition of the timing of rhythm units. These are so-called suprasegmental features of English, such as stress, pitch, length and intonation. The teaching of these features has been neglected for too long in Japan, but is very important. According to Corder, "The problem lies in learning the rhythmical system of English, not learning to articulate particular individual sounds."²⁵

IX. Criteria for Selection and Grading

Ideally speaking, all the teaching materials should be selected and graded by as many criteria as possible, that is, in terms of frequency, simplicity, importance, relevance, interest, etc.

Situations can be selected and graded in such a way that more simple and familiar ones come first. For example, a situation which involves two friends talking about their hobbies must be much easier to handle and therefore more relevant to students at this stage than one which involves two scientists discussing the law of gravitation or nuclear power. In the former case, it is expected that the language presented will recur time and again at later stages of learning. However, it goes without saying that familiarity or simplicity is not the only criterion for selection and grading.

Most of the situations are given in the form of a dialogue or conversation between two or more interlocutors. Consequently the style used is a little informal. In the case of written or reading material, it will be more formal. However, the best style to be taught at this level is a neutral one, that is, the consultative style.²⁶

As far as structures are concerned, simple ones should be used as often as possible. Frequent use of complicated sentences like embedded ones will not be appropriate or relevant at this level, since it makes the student's learning load heavy.

Concerning vocabulary, proper consideration should be given to it from the beginning. The appropriateness of lexical items will depend very much on the needs of the student. Experience tells the present writer that the student who has learned English for three years, faced with an occasion to use English in a real context, often finds that he lacks the very words that he needs most then. Therefore, the main aim of vocabulary selection should be to remedy this problem.

According to Wilkins, "The more language teaching is orientated towards meeting the needs of the learners, the more likely it is that the situations used for teaching will produce 'useful' language without it having been necessary to draw up an inventory of lexical items beforehand."²⁷

At the same time, the teacher should bear in mind that teaching vocabulary is teaching how words relate to the external world and how they relate to one another. After all, selection of vocabulary will depend very much on the situations presented and the student's needs. Perhaps new words to be given during the course will be from three to five hundred.

X. Componts of the Syllabus

A. Situations

Situations can be presented in terms of simplicity or familiarity. In other words, more simple and familiar situations are given first and less familiar ones later. For example, a classroom situation must be more familiar and ordinary to students than; say, a court or police registration situation. However familiar situations are not always interesting or useful. For example, a travel situation would be more interesting and exciting to most students than a family breakfast situation.

At the same time, in deciding the order of presentation of situations, the teacher should take into account the kind of language that reflects particular situations. In other words, certain particular situations are more likely to reflect a common core of English. Therefore, it would be better to present such situations first so that students can come across the common language time and time again later.

Perhaps it would be better to present mini-situations first in order to familiarize students with the notions or functions they learn in the main situation. In this way students can be exposed to a variety of expressions in which the same notion or function is expressed.

B. Syntax

Structures are predictable to some extent by the kind of situation presented. In a particular situation the student will need to express some particular notions and functions which are different from those in another. These notional and functional categories will require some particular structures.

The teacher should take care to see to it that basic structures presented in the earlier situations will recur time and again in the later ones.

C. Situational Variables

In a situational syllabus, it is important to define what social and psychological roles the student must play, the settings in which he will use English, the linguistic activities in which he will be involved and the topics that he will be interested in and talk about. These are the conceptual and extralinguistic determinants of language and language use. The following list will serve as a guide.

(a) Social Roles

1. teacher/student
2. buyer/seller
3. asker/giver
4. stranger/stranger
5. friend/friend
6. parent/child

(b) Psychological Roles

1. respect
2. admiration
3. affection

4. sympathy
5. neutrality
6. equality
7. fear
8. pity

(c) Settings

1. geographical location: country, region, locality
2. place: square, street, park, garden, sports field, beach, countryside, mountain, lake, sea; house, flat, room; shop, restaurant, hotel, school, hospital, station, theatre, church, coffee house, post office, telephone booth, department store, market, airport, etc.

These are broad categories of settings where students will be placed when they have to use English. These settings should be introduced in terms of the relevance to the needs of the student, even if they are not so familiar to him. For example, the setting of customs and immigration office is more relevant and useful to the student than that of surgery room, because most students are likely to go abroad sooner or later. Care must be taken to make sure whether the settings adopted are relevant and necessary to most students.

(d) Topics

1. Personal Details

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.1 name | Japanese and English names |
| 1.2 nationality | Japanese, British, American, French, Canadian, Chinese, Korean, German, Italian, etc. |
| 1.3 place of residence | |
| 1.4 age | |
| 1.5 sex | |
| 1.6 occupation | |
| 1.7 past experience in education | |
| 1.8 date and place of birth | |
| 1.9 likes and dislikes | |
| 1.10 hobbies | |
| 1.11 wishes | |

2. Family

- | | |
|-----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2.1 name | |
| 2.2 age | |
| 2.3 sex | |
| 2.4 occupation | parent's occupations (e.g. teacher, doctor, businessman, lawyer, butcher, carpenter, farmer, housewife, etc. |
| 2.5 grandparent | |
| 2.6 relative | nephew, niece, etc. |

3. Home

- | | |
|-----------------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| 3.1 type of accommodation | house, flat, bungalow, cottage, etc. |
| 3.2 room | living, room, kitchen, bedroom, bathroom, etc. |
| 3.3 furniture | table, desk, sofa, stool, cupboard, etc. |
| 3.4 amenities | TV, radio, telephone, cooker, refrigerator, etc. |
| 3.5 surroundings | park, field, pool, farm, school, pond, mountain, etc. |
| 4. School | |
| 4.1 size and type of school | |
| 4.2 teacher | |
| 4.3 student | |
| 4.4 subject | Japanese, English, chemistry, art, music, etc. |
| 4.5 facilities | pool, playing field, TV, tennis court, etc. |
| 5. Transport | |
| 5.1 means of transport | bicycle, bus, taxi, car, railway, underground, boat, airline, etc. |
| 5.2 fares | |
| 5.3 ticket | |
| 5.4 station/airport/harbour | |
| 6. Communication | |
| 6.1 telephone | |
| 6.2 telegram | |
| 6.3 letter | |
| 7. Entertainment | |
| 7.1 TV/radio | |
| 7.2 movie/play/concert | |
| 7.3 sport | football, baseball, tennis, swimming etc. |
| 7.4 outing | picnic, hiking, excursion, etc. |
| 8. Health | |
| 8.1 type of institution | clinic, surgery, hospital, chemist |
| 8.2 dentist/doctor | |
| 8.3 parts of the body | throat, chest, stomach, tooth, back, head, etc. |
| 8.4 illness/disease | cold, headache, toothache, etc. |
| 8.5 medicine | aspirin, jelly, ointment, etc. |
| 9. Shopping | |
| 9.1 market | |
| 9.2 department store | |
| 9.3 shop | |
| 9.4 stall | |
| 9.5 food and drink | fish, vegetable, meat, fruit; cod, onion, pork, apple; coffee, tea, etc. |

- 9.6 price
- 10. Weather
 - 10.1 season spring, summer, autumn, winter
 - 10.2 temperature
 - 10.3 snow/rain
- 11. Culture
 - 11.1 New Year
 - 11.2 Easter
 - 11.3 Christmas
- 12. Social Relations
 - 12.1 friendship
 - 12.2 correspondence
 - 12.3 invitation

The above is a suggestive list of topics that will be interesting and useful to the student and could be dealt with in various situations. At this level, what the student is expected to do is to learn to ask and answer simple questions about the topics introduced, understand simple talks and given information, write a letter or a short story, and read and understand English relevant to his stage of learning. At this level, the student is not expected to talk about, for example, police registration or bank management. Nor is he expected to read and appreciate Shakespeare. He is not expected to compose a creative long story either.

Topics reflecting the cultural elements of English-speaking people will develop in the student a positive attitude towards learning English, and help him to have a better understanding of their way of thinking and life.

Care must be taken to see that a situation to be given will include as few topics as possible at an early stage.

D. Linguistic Activities

Since learning English is a psychological process, the student's terminal behavior aimed at by this syllabus can be described in terms of the so-called four skills. The following will show what the student is expected to do after the completion of this one-year course.²⁸

(a) Speaking

1. Pronounce the sounds of English and its intonations and liaisons in a manner comprehensible to a native speaker.
2. Use the active vocabulary and grammar presented during the year in comprehensible sentences.
3. Speak for a few minutes on any of the topic areas studied.
4. Carry on a spontaneous conversation for a few minutes with the teacher or classmates on a familiar topic studied during the year.
5. Use familiar expressions for carrying out daily class activities such as asking

for explanations, directions, etc.

(b) Listening

1. Indicate whether groups of sounds heard are the same or not.
2. Understand all familiar directions in English that are used in classroom management.
3. Demonstrate understanding of sentences containing the vocabulary and grammar taught either by selecting appropriate answer choices or by giving comprehensible oral responses.

(c) Reading

1. Read with comprehension the written English instructions in learning material for completing course requirements.
2. Read with comprehension the dialogues and narratives presented in class, as evidenced by response to oral questions or to true-false or multiple-choice open-book reading tests.
3. Read simplified, unfamiliar material in magazines or readers.

(d) Writing

1. Spell accurately all the words presented during the year.
2. Demonstrate understanding of sound-letter correspondences of English by spelling accurately from dictation words taught during the year.
3. Write a coherent, comprehensible, and generally accurate composition of 50-100 words in any of the verb tenses taught.

These four skills do not occur in isolation but in a sort of order or coordination. Therefore, for example, reading cannot be best taught or learned totally exclusive of the other skills. Thus the efficient learning of reading will involve writing or speaking.

E. Semantico-Grammatical Categories²⁹

(a) Time

1. Point of Time
 - a. now, then, later
 - b. yesterday, today, tomorrow
 - c. days, months, years, dates
 - d. last week, this morning, yesterday evening
 - e. It's a quarter to three, at half past eight
2. Duration
 - a. for+NP(durational nouns)
 - b. since+NP(point of time)
 - c. expressions as in 1. d above
 - d. durative aspect applied to present and past time, i.e. is/was/has been taking
3. Time Relations
 - a. present tense
 - b. past tense
 - c. be going to+V

- d. will/shall + V
 - e. present perfect
 - f. before/after + NP
 - g. present/past/future V + NP
- 4. Frequency
 - a. adverbs: never, sometimes, often, always, usually, seldom
 - b. verbs: present tense (habitual meaning)
 - c. adverbials: on + NP; every + day/week/Monday; daily, weekly, monthly, yearly
- 5. Sequence
 - a. first, secondly, thirdly, then, next, finally, at last
- 6. Age
 - a. old, young
 - b. fifteen years old, fifteen-year-old, fifteen years of age
- (b) Quantity
 - 1. Grammatical Number
 - a. singular/plural (concord)
 - 2. Numerals
 - a. cardinal numbers: 1-100, 1000 (+ indications about remainder of system)
 - b. ordinal numbers: first, second, third... hundredth (+ indication about remainder)
 - 3. Quantifiers
 - a. all/a lot of/many/few/some/no + countable N
 - b. all/a lot of/much/some/a little/no + uncountable N
 - c. not any/not a + count/uncount N
 - d. a piece/sheet/slice/lump of + uncount N
- (c) Space
 - 1. Dimensions
 - a. distance: foot, metre, kilometre, mile; high, tall, short; thick, thin; wide, narrow
 - b. size: big, small
 - c. shape: circle, triangle, square, rectangle
 - 2. Location
 - a. prepositions: in, on, at, in front of, behind, near, opposite, under, beside
 - b. verbs: inhabit
 - 3. Motion
 - a. prepositions: to, from, in(to), on, out of, up, down
 - b. verbs: approach
- (d) Matter
 - a. nouns
 - b. verbs
 - c. adjectives

(e) Case³⁰

- | | |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Agentive | a. agent as subject: John swims well. |
| 2. Objective | a. objective as object: John opened the door.
b. objective as subject: The door is open. |
| 3. Dative | a. dative as indirect object or prepositional phrase: Give John the ticket/Give the ticket to John. |
| 4. Instrumental | a. instrumental as prepositional phrase: John ate the rice with a spoon. |
| 5. Locative | a. locative as subject: Oxford is beautiful.
b. locative as prepositional phrase: It is windy in Colchester. |
| 6. Factive | a. Mary is knitting a <i>sweater</i> . |
| 7. Benefactive | a. <i>Mary</i> received a present. |

(f) Deixis

- | | |
|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Person | a. subject pronouns
b. object pronouns
c. possessives
d. reflexives |
| 2. Time (see (a) above) | |
| 3. Place | a. demonstrative pronouns
b. demonstrative adjectives
c. here/there |
| 4. Anaphora | a. personal pronouns
b. articles |

The above list does not include all the notions that students may want to express in relation to the situations given during the course. However, it must include most of the general notions which will be relevant to students.

F. Categories of Communicative Function³¹

- | | |
|---------------------|------------------------------------------------------|
| (a) Modality | Notes and Examples |
| 1. Certainty | Positive/negative certainty are expressed through |
| 1.1 Total certainty | positive/negative declarative sentences which do not |
| 1.2 Probability | contain any modal modification; certain, probable, |
| 1.3 Possibility | possible, impossible |
| 1.4 Nil certainty | |
| 2. Necessity | social necessity; necessary |
| 3. Conviction | |
| 3.1 Strong positive | believe |

- | | |
|------------------|-----------------------------------------------|
| 3.2 Intermediate | think, suppose, hope, guess, imagine, suspect |
| 3.3 Weak | doubt |
| 3.4 Negative | deny |
4. Volition

4.1 Intention	I'm going to..., I'll...
4.2 Want	I'd like to..., I want...
 5. Obligation incurred

5.1 Duty	I must/have to/ought to/should...
5.2 Responsibility	I'm responsible for...
5.3 Promise	I promise
 6. Tolerance

6.1 permission	Can/May I...?
6.2 Consent	Yes/Of course (you can)
- (b) Modal discipline and evaluation
1. Judgement
 2. Release

2.1 Forgiveness	Excuse me (for)/That's all right
-----------------	----------------------------------
 3. Approval

3.1 Praise	Good, That's fine
3.2 Appreciation	Thank you for...
 4. Disapproval
- (c) Suasion
1. Suasion

1.1 Suggestion	Let's..., Shall we...?, How/What about...?, I wonder...
1.2 Advice	I advise..., You'd better..., Why don't you...?
 2. Prediction

2.1 Warning	Be careful
2.2 Direction	
2.3 Invitation	How about a drink?
- (d) Argument
1. Information

1.1 Asserted	declarative sentences
1.2 Sought	
1.2.1 Request	Would you..., please?, Would you mind..?
1.2.2 Question	interrogatives, tag-questions, WH-word questions
 2. Agreement

	That's right, I agree (with you)
--	----------------------------------
 3. Disagreeemt

	I disagree (with you)
--	-----------------------
 4. Denial

- | | |
|-------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| 4.1 Negation | grammatical negation |
| 4.2 Declining | I'm afraid I can't come, Unfortunately I can't..., No
thank you |
| 5. Concession | |
| (e) Rational enquiry and exposition | |
| 1. Cause/Reason | because, since, as |
| 2. Condition | if |
| 3. Concession | but, though |
| 4. Result | so... that, such... that, too... to |
| 5. Purpose | (in order) to, so that, for |
| 6. Comparison | as tall as, taller than, tallest; more interesting, most
exciting |
| (f) Personal emotions | |
| 1. Positive | |
| 1.1 Pleasure | It's a very good play |
| 1.2 Surprise | This is a surprise |
| 2. Negative | |
| 2.1 Disappointment | It's a very disappointing play |
| 2.2 Anxiety | anxious, worry |
| 2.3 Sorrow | |
| (g) Emotional relations | |
| 1. Greeting | common greetings and phatic formulae |
| 2. Sympathy | |
| 3. Gratitude | Thank you. |
| (h) Interpersonal relations | |
| 1. Status | consultative style |
| 2. Politeness | polite |

The above is not a complete but a suggestive list of the functional categories which will be relevant to the communicative needs of the student at this level. It would not be relevant here to introduce functions such as authorising, commanding, ordering, flattery, etc.

XI. Sample Lessons

Unit A: *Greeting (1)*

(a) Practice the following conversation.

A: Good morning. How are you?

B: Oh, good morning. I'm fine and how's everything with you?

A: I'm fine, too, thank you.

(b) Practice the following conversation.

Junko: Konnichiwa, Charles.

Charles: That means "Good afternoon," doesn't it?

J: That's right. It does.

C: Then why did you say that? It's only 10:30 in the morning. You must say "Good morning."

J: In English you must say "Good morning," but in Japanese we can say Konnichiwa.

C: Then the words are not the same!

J: No, not just the same. You say "Good afternoon" after 12 o'clock, but we can say Konnichiwa after around 10 o'clock.

Unit B: *Welcome to Japan!*

Scene: Haneda Airport. Charles Friendly, 16, arrives in Tokyo to spend the summer with the Yamakawa family, but he cannot find them. He goes to the Information Desk to ask for help.

Charles: Good morning, miss.

Information: Good morning, sir. May I help you?

C: Yes, I just arrived from America, but I can't find my friends.

I: Shall I page them for you?

C: Will you, please?

I: What is their name?

C: Their family name is Yamakawa. My pen pal's first name is Junko.

Junko: (At the desk beside him) Why, that's me! Are you Charles? Charles Friendly?

C: Junko! Here you are! Where were you? Of course, I'm Charles.

J: But you're so tall! You didn't tell me you were so tall. I've been looking for a shorter boy.

C: And I've been looking for a girl in a kimono. But you have on a miniskirt.

J: I'm so happy to see you. Welcome to Japan!

C: And I'm happy to be here. Such a busy place!

J: My family's waiting over there. Come on over and I'll introduce you. They'll be surprised to see you're so tall.

Unit A: *Introduction (2)*

(a) Practice the following conversation.

A: My name is _____ .

B: How do you do? I'm _____ .

(b) Practice the following conversation.

A: How do you do ? I'm very happy to meet you.

B: I'm happy to meet you, too.

(c) Practice the following conversation.

Junko: Let me introduce you to some of my friends.

Charles: Thanks. I'm happy to meet them.

J: This is Ken Sato. He is one of my classmates. Ken this is Charles Friendly.

C: I'm very glad to meet you.

Ken: I'm happy to meet you, too.

Unit B: *Hello, Everyone.*

Scene: Junko takes Charles to meet her family.

Junko: Mother, I found him at the Information Desk. I was going to have him paged and he was going to have me paged. Charles, let me introduce you to my family.

Charles: Hello, everyone.

J: Charles, this is my mother. She doesn't speak much English.

Mother: How do you do? You're very tall.

C: I'm very glad to meet you, and your English is very good.

J: And this is my father. He stopped smoking about a week ago, so he doesn't know what to do with his hands.

Father: How are you, Charles? How's the weather up there?

C: (Laughs) Fine, sir. It's a little warmer than down there, I think. And you must have been to America to learn that joke.

F: Yes. And everyone there called me "Shorty".

C: I'm glad there's no easy nickname for "tall".

J: And this is my brother, Yasuo. We call him Yatchan, for short, but now that he's in the last year of high school he doesn't like it so much.

Yasuo: Hi, Charles. I'm really surprised to see you are so tall.

C: If you try not to notice it, I'll call you Yasuo, and not Yatchan.

Unit A (semi-situation) should be presented before Unit B (main situation). Unit A is much shorter and easier for the student to deal with than Unit B. Both units are familiar to him, but Unit B includes more topics than Unit A. The important point is that the words and structures in Unit A recur in Unit B.

XII. Methods of Assessment

According to the regulations, all the students in the senior high school must take at least three examinations, each at the end of the term. These examinations are administered and carried out by individual schools.

Traditionally, too much emphasis has been placed on written examinations in Japan. This is irrelevant and invalid in terms of the assessment of the overall abilities of the student. Therefore, aural/oral as well as written examinations are necessary for him. Special emphasis should be put on oral examinations, even if it is difficult to assess his speaking ability objectively. In oral examinations, it seems difficult to deal with full situations but every teacher may be able to handle minisituations. Oral tests must assess each student as fairly as possible. For example, even a short answer like 'Yes' or 'No' should be regarded as correct as long as it makes sense, since emphasis is placed on getting meaning across.

Tests of pronunciation should also be included in oral examinations. These tests consist of not only the identification and discrimination of the English phonemes but also supra-segmental features such as stress, rhythm and intonation. The following list may be of some help as an example of checking the student's speaking ability.

Items \ Assessment	A	B	C	D
Intelligibility				
Intonation				
Speed				
Stress				
Individual word (Phonemes)				
etc.				

Written examinations include tests of structures, lexical items, aural comprehension, composition and translation. These tests can be more objective than oral ones. The meaning of a word can best be learned in context. Therefore, as far as lexical items are concerned, they should not be tested as isolated ones. Also the teacher should bear in mind that too much emphasis should not be placed on testing translation.

XIII. Evaluation of the Syllabus

There are no simple linguistic situations. In fact the use of English in real situations is a very complicated process. It inevitably includes a great many variables such as interlocutors, age, sex, social and psychological factors, topics, settings, time, and so on. Therefore, even the most simple situation, on the face of it, may require very complex language.

In designing this syllabus, linguistic content is deliberately limited to the threshold level. Naturally this will bring about some degree of inconvenience and unreality on the part of the student.

This syllabus has tried to identify the possible language situations in which the student will engage, the topics which will be relevant to and interest him, and the possible functions which he will need sooner or later. However, it is difficult to say which of these are most useful and necessary to each student.

The present writer has also tried to define a speaker's communicative competence,

but it has turned out to be beyond him.

At later stages the student will be able to control the language he produces, but he cannot control the language he hears outside and perhaps even in the classroom. In this case the student must be exposed to a much wider range of English simultaneously.

Also practice in verbal interaction should be individualized because students learn different things according to their own needs, in different ways, and at different paces. The number of variables which are involved in the teaching and learning of English is really too great. Therefore, ideally speaking, all the students should be given a 'personalized' syllabus of their own.³² They should be given various kinds of tasks so that they can choose their own way, their own place, their own time, their own company, and so on. In reality, however, the teacher has to teach forty to fifty students at a time in the same classroom, not individual students. Consequently any syllabus cannot but be something of a compromise.

At this point Corder states, "We are clearly not yet able to give any firm answers about how to design a syllabus. One thing is certain: there is no such thing as a perfect, ideal or logical syllabus."³³

The present writer only hopes that it would be better to walk into his classroom and say to his students, 'Today let's imagine we are in a post office in England', rather than 'Let's have a grammar lesson today'.

XIV. Appendix

The Communicational Syllabus

This syllabus is concerned with the practical needs of the form-five leaver. With the increasing use of Bahasa Malaysia in most areas of real-life communication, the need for the English language for general utility purposes diminishes. It does not, however, disappear altogether. Rather, it assumes an increasingly narrow, defined role and to a certain degree becomes specialised.

The central question underlying all treatments and all learning of the English language at the upper secondary level of education becomes simply this: What are the English language skills the average form-five leaver is expected to have? To answer this question, it is necessary to consider the job situation in the next few years. The kind of job the school leaver can be expected to hold will certainly require him to be proficient in Bahasa Malaysia to meet his main communicational needs, whether social or formal. Yet, because much of the recreational and professional material in the work environment will remain in English, and because at present and for the immediate future, many areas of work will rely on English to a significant degree, the school leaver's ability to use English will increase his value to his potential employer.

This syllabus seeks to cater to these needs; its terminal outcomes are meant to be immediately useable on the job market.

It may here be asked why the syllabus is not geared towards meeting the needs of potential tertiary students. The reason is because ninety percent of form-five leavers enter the job market and do not expect to participate in tertiary education. Furthermore, the

needs of tertiary education are different. In the universities and colleges the emphasis is on specialised, concentrated language skills. The needs of tertiary education are at present being met by the language service units in these universities and colleges. This syllabus, however, is specially designed to equip the majority of form five leavers, those who are also ending their formal education, with the language skills that will enable them to participate in the most common English language activities that go together with the kinds of jobs they are likely to hold.

The bias towards meeting the needs of the average form-five leaver does not mean that the potential college student will not benefit from learning this syllabus. The communicational syllabus is flexible enough to be useful to him. The syllabus specifies a number of language products, and suggests strategies for realising these products. While specifying the product, it does not lay down the maximum or minimum level to be reached. For all practical purposes, the minimum level is simply where the communicational *intent* is successfully conveyed, irrespective of the linguistic finesse. The maximum level is, of course, native speaker ability. The focus of attention is on whether the student manages to communicate, how effectively he does so, and how he can improve on the communication skills he has.

The syllabus therefore requires the teacher to determine his students' ability in coming up with the products, and to concentrate on overcoming those shortcomings which prevent the students' displaying their maximum communicational impact. It follows, then, that every student is assumed to be able to communicate at some level in English. Once this level has been determined, the student can be taught to increase his skills. This applies equally to the advanced student and the weaker student. It is expected that weaker students will improve quantitatively and advanced students qualitatively.

The communicational syllabus is a logical extension of the whole English language curriculum. The primary syllabus concentrates on the acquisition of the fundamental grammar and structures; the lower secondary syllabus attempts to give these components a context of use. It follows that the next step is to determine the types of linguistic products that the student is expected to handle, on the assumption that his learning experience should consist of matching these component skills of the language to his expected out-of-school needs to communicate.

The basic definition of a product as used in this syllabus is a piece of comprehensible information, written, spoken or presented in a non-linguistic form. A letter is a product, and so is an instruction, a message, a report or a map or a graph produced through information gleaned via language. The syllabus lists these products and suggests situation which can generate them, but it does not define their form by presenting required models. There is no attempt, for example, to hold up a piece of formal correspondence as the model business letter. For any particular product, the teacher is expected to set a target which is appropriate to the class he is teaching. The target letter for a weak class will be very simple while for an advanced class it can require knowledge of subtle stylistic differences. It is the teacher's job to know his students' standard of English well enough to choose an appropriate target for them based on the description of the product given in the syllabus.

A greater portion of the notion of a product is contained in the *means* by which an

effective product is to be realised. The effectiveness of any student product depends on the quality of the teacher, that of the student himself, and the teaching aids used. In other words, the communicative impact of a product is determined by the interaction of the following:

1. the student's propensity to learn, as determined by his background in the language,
2. the teacher's exploitation of this propensity, and
3. the available teaching aids, class time and inter-student reinforcement.

It is therefore necessary for the teacher himself, utilising the skills of his profession, the materials at hand, and his knowledge of his students' ability, to map the route to a product. The syllabus merely describes the products; only the individual teacher can visualise the quality of that product in the context of his classroom.

The Teaching of English in Malaysian Schools (Form IV-V)

In line with the education policy, English is to be taught as an effective second language. The programme seeks to enable those who participate in the education system to utilise the English language in a meaningful and relevant way, both in the pursuit of further knowledge and experiences and in the everyday context of need to communicate. Specifically, the programme seeks to enable the student

1. to communicate effectively and be *internationally* intelligible in his speech,
2. to understand any form of instructional or recreational material written in English of a level relevant to his stage of learning, and
3. to write effectively and with precision for different purposes.

The Communicational Syllabus is designed to realise the above objectives. More specifically, it seeks to enable the student to

- a. follow oral instructions and directions
- b. understand local news broadcasts and TV programmes
- c. follow and understand a talk on specific topics
- d. follow and understand a conversation or discussion on day-to-day matters
- e. participate in a conversation or discussion
- f. make a telephone call and converse through that medium
- g. give oral instructions
- h. describe an object, a location or an event, orally or in writing
- i. verbally or in writing report on an incident, a process, discussion, etc.
- j. verbally or in writing explain and demonstrate a process, and experiment, etc.
- k. give a short talk such as a welcoming address, introduction of a person, expression of thanks, etc.
- l. orally or in writing summarise what is read or heard
- m. present an argument citing premise and enumerating points in support
- n. read and understand English language newspapers
- o. read for information and pleasure from various sources
- p. scan a text for specific information
- q. cite major ideas and/or organisation of ideas in what is read

- r. make short notes on what is read or heard
- s. evaluate and assess the development of ideas, thoughts or arguments in what is read or heard, and make inferences or conclude
- t. write letters—personal, social or formal
- u. summarise what is read with attention paid to the following:
 - 1. stated details
 - 2. inferences, conclusions, character traits, viewpoints, etc.
- v. write simple stories and dialogues
- w. translate from Bahasa Malaysia letters, notes, documents, articles, etc.
- x. transcribe material received orally.

***** Terima Kaseh *****

Note: The above is what Miss Ai Hua Tan from Malaysia spoke to the other M.A. students specialising in Applied Linguistics at the University of Essex on the thirty-first of January in 1977.

NOTES

1. P. Strevens, "Two Ways of Looking at Error-Analysis," (1969), p. 5.
2. S. Pit Corder, "Idiosyncratic Dialects and Error Analysis," *Error Analysis: Perspectives on Second Language Acquisition*, ed. J.C. Richards (London: Longman, 1974), p. 22.
3. L. Newmark and D.A. Reibel, "Necessity and Sufficiency in Language Learning," *Readings in Applied Transformational Grammar*, ed. M. Lester (2nd ed.; New York: Holt, Rinehart and Winston, 1970), pp. 228—229.
4. *Ibid.*, p. 230.
5. See S. Pit Corder, *Introducing Applied Linguistics* (Harmondsworth: Penguin, 1973), pp. 109—110; also see C.J. Dodson, *Language Teaching and the Bilingual Method* (London: Pitman, 1967), pp. 59—60.
6. S. Pit Corder, *ibid.*, p. 115.
7. D.H. Hymes, "On Communicative Competence," *Sociolinguistics*, eds. J.B. Pride and J. Holmes (Harmondsworth: Penguin, 1972), p. 278.
8. W.M. Rivers, *Speaking in Many Tongues* (Rowley, Massachusetts: Newbury House, 1972), p. 21.
9. See R.M. Valette, "Developing and Evaluating Communication Skills in Classroom," *TESOL Quarterly*, Vol. VII, No. 4 (1973), p. 410; also see W.M. Rivers, *ibid.*, p.22.
10. S. Pit Corder, *op. cit.*, p. 93.
11. *Ibid.*, p. 296.
12. See The Bulletin of the National Association of Secondary School Principals, Vol. XXXIX, No. 214, (1955).
13. See The Appendix.
14. See J. Ishii, "The Applied Linguist and Recent Work in the Psychology of Language," *Memoirs of the Kure Technical College*, Vol. XIV, No. 1 (July 1978), pp. 5—12.
15. D.P. Ausubel, *Educational Psychology: A Cognitive View* (New York: Holt, Rinehart and Winston, 1968), p. 14.

16. J.B. Carroll, "Current Issues in Psycholinguistics and Second Language Teaching," *TESOL Quarterly*, Vol. V, No. 2, p. 101.
17. *Ibid.*, p. 110.
18. G.A. Miller, *The Psychology of Communication* (Harmondsworth : Penguin, 1967), Ch. 2.
19. K. Chastain, "A Methodological Study Comparing the Audio-Lingual Habit Theory and the Cognitive Code-Learning Theory—A Continuation," *MLJ*, Vol. LIX, No. 4 (1970), pp. 257—266.
20. J.B. Carroll, *op. cit.*, p. 113.
21. W.M. Rivers, *op. cit.*, p. 56.
22. R. Huddleston, *An Introduction to English Transformational Syntax* (London : Longman, 1976), p. 131.
23. *Ibid.*, p. 129.
24. W.M. Rivers, *Teaching Foreign-Language Skills* (Chicago : University of Chicago Press, 1968), p. 242.
25. S. Pit Corder, *op. cit.*, p. 254.
26. See M. Joos, *The Five Clocks* (New York : Harcourt, Brace and World, 1961).
27. D.A. Wilkins, *Linguistics in Language Teaching* (London : Edward Arnold, 1972), p. 118.
28. R.S. Disick, *Individualizing Language Instruction* (New York : Harcourt Brace Jovanovich, 1975), pp. 192—193.
29. See D.A. Wilkins, *The Linguistic and Situational Content of the Common Core in a Unit Credit System* (Strasbourg : Council of Europe, 1972).
30. See C.J. Fillmore, "The Case for Case," *Universals in Linguistic Theory*, eds. E. Bach and R.T. Harms (New York : Holt, Rinehart and Winston, 1968).
31. See D. A. Wilkins, *op. cit.* Also see W.P. Robinson, *Language and Social Behavior* (Harmondsworth : Penguin, 1972), p. 44.
32. S. Pit Corder, *op. cit.*, p. 322.
33. *Loc. cit.*

(Received April 15, 1979)

インボリュート接合カムの研究 (第1報)

—往復従動節—

(機械工学科) 糸 島 寛 典
福 永 恭 一*

Studies on the Connective Involute Cam (Report 1)

—Reciprocating Follower—

Hironori ITOSHIMA
Kyōichi FUKUNAGA

The connective involute cam has a profile composed of three involute curves and the three evolutes (the locus of the center of curvature) of the three involute curves consist of three adjacent circular arcs.

If a cross point of the two evolutes is a rotating center of the cam, then the acceleration at the starting point and the stop point in each stroke can be zero

In this paper, the motion of the reciprocating offset follower with a circular arc is analysed. The maximum acceleration of the follower, the pressure angle and the specific sliding of cam are discussed.

§ 1 緒 言

円弧カムのように数個の円弧を接合したカムではその曲率中心の軌跡が不連続となるため、従動節の加速度曲線が不連続となり、2次の加速度が無限大となり衝撃を生ずる¹⁾。

インボリュート接合カムは数個のインボリュート曲線をその曲率中心の軌跡すなわち縮閉線（この場合円である）が連続するように接合してカムの輪郭とし、行程の始点と終点の曲率中心を一致させカムの回転中心となるようにしたカムである。

このカムでは両行程の始点と終点において従動節の加速度を零にすることができるだけでなく、途中の加速度曲線を連続にすることができ、等2次加速度カムあるいはサイクロイダルカムに近い運動を与えることができる。

本報告においては各行程に基礎円の大きさの異った3個のインボリュート曲線を接合してカムの輪郭とし、輪郭をカムに固定された回転 \times 座標で表わし、従動節の円弧（あるいはローラ）をもつ往復かたより従動節として、その運動を解析し、最大加速度、最大の押進め角、滑り率を調べ、理想的な加速度線図が得られるカムの設計を行う。

* 徳山工業高等専門学校、機械電気工学科

§ 2 記 号

r_{g1}, r_{g2}, r_{g3} : 第1, 2, 3 インボリュート曲線の基礎円半径

α, β, γ : 第1, 2, 3 インボリュート曲線の作用角

Σ : 往き行程のカムの作用角

R_0 : カムの基礎円半径

t : カムの高さ

n_2, n_3 : r_{g2}, r_{g3} の r_{g1} に対する比

ϕ : インボリュートのパラメーター

K : γ/α

ε : 輪郭上の点と始点の曲率半径のなす角

θ : カムの回転角

r : 従動節の円弧(ローラ)半径

e : かたより量

ϕ : 押進め角

ρ_T : カムの曲率半径

ω : カムの角速度

σ_1 : カムの滑り率

θ_d : カムの上昇点の停留角

σ_2 : 従動節の滑り率

θ_e : カムの下降点の停留角

μ : 摩擦係数

H : 従動節のリフト

k : 従動節の下降点の高さ

h : 従動節の変位

$d^2h/d\theta^2$: 従動節の加速度係数

$dh/d\theta$: 従動節の速度係数

§ 3 インボリュート接合カムの構成

3 個のインボリュート曲線を接合するために図 1 に示すように中心をそれぞれ O_1, O_2, O_3 とし、半径をそれぞれ r_{g1}, r_{g2}, r_{g3} とする 3 個の円を考え、円 O_1, O_3 は O 点で交わり、円 O_2 は円 O_1, O_3 と P, Q 点で接している。

O 点より円 O_1 に接線 OA を引き、 OA の長さを R_0 とし、 A 点を円 O_1 に巻かれた糸の端として円 O_1 に対しインボリュート曲線を描き、接点 P より円 O_1, O_2 の共通接線の交点を B 、基礎円 O_1 の交点を G とし、曲線 AB をカムの第 1 インボリュート曲線とす。円 O_1 上の円弧 OP は第 1 インボリュート曲線 AB の縮閉線である。接線 OA, PB のなす角を α とすればこれが第 1 インボリュート曲線の作用角であり、図 1 から $\angle OO_1P = \alpha$ となる。

B 点を円 O_2 に巻かれた糸の端とし、円 O_2 に対する B 点のインボリュート曲線を描き、 Q 点における円 O_2, O_3 の共通接線の交点を C とすれば、曲線 BC はカムの第 2 インボリュート曲線で、円弧 PQ はその縮閉線となる。接線 PB, CQ の交角を β とすれば β は第 2 インボリュート曲線の作用角で、図 1 から $\angle PO_2Q = \beta$ となる。

次に C 点を円 O_3 に巻かれた糸の端とし、円 O_3 に対しインボリュート曲線を描き、 O 点における円 O_3 の接線の交点を D とすれば曲線 CD はカムの第 3 インボリュート曲線で、円弧 QO はその縮閉線となり、接線 CQ, OD の交角を γ とすれば、 γ は第 3 インボリュート曲線の作用角で、図から $\angle OO_3O_2 = \gamma$ となる。

インボリュート曲線の接合点 B, C においてその曲率中心はそれぞれ点 P, Q で、その左右の点の曲率中心は P, Q 点の左右に存在するので、カムの輪郭の曲率中心の軌跡は連続していることがわか

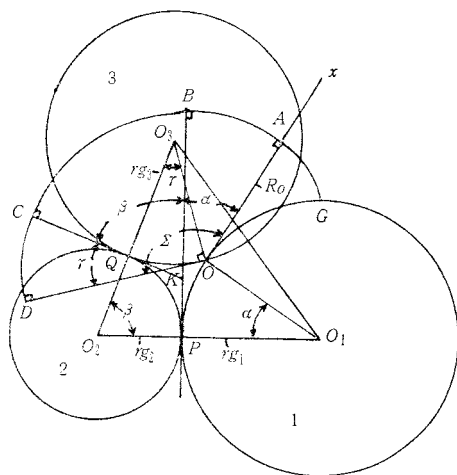


図1 インボリュート接合カムの作図

る。往き行程のカムの輪郭が構成された。

作用角 $\angle AOD$ を Σ で表わせば、 $\angle O_1O_2O_3$ において $\angle O_1OA = \angle O_3OD = 90^\circ$ から明らかに

$$\alpha + \beta + \gamma = \angle O_1OO_3 = \angle AOD = \Sigma \quad \dots\dots\dots(1)$$

となる。次に OD の長さを求めれば次式となる。

$$\overline{OD} = \overline{CQ} + r_{g3}\gamma, \quad \overline{CQ} + r_{g2}\beta = \overline{PB} = R_0 + r_{g1}\alpha \quad \dots\dots\dots(2)$$

\overline{OD} と \overline{OA} の差を t とすれば t はカムの高さで、 \overline{OD} と t は次式のようになる。

$$\overline{OD} = R_0 + r_{g1}\alpha - r_{g2}\beta + r_{g3}\gamma \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$t = \overline{OD} - R_0 = r_{g1}\alpha - r_{g2}\beta + r_{g3}\gamma = \widehat{OP} + \widehat{OQ} - \widehat{PQ} \quad \dots\dots\dots(4)$$

図1から O 点が円 O_1 、 O_3 の接点となれば $\Sigma = 180^\circ$ になることがわかる。次に

$$n_2 = r_{g2}/r_{g1}, \quad n_3 = r_{g3}/r_{g1} \quad \dots\dots\dots(5)$$

とおき、これを式(4)に代入して、 α 、 β 、 γ を度で表示すれば次式が得られる。

$$r_{g1} = \frac{180^\circ t}{\pi(\alpha - n_2\beta + n_3\gamma)} \quad \dots\dots\dots(6)$$

3.1 R_0 の最小値

図1において明らかにカムの最小曲率半径 $\rho_{min} = \overline{CQ}$ であり、 $\rho_{min} > 0$ 、 $\overline{CQ} > 0$ となり、式(2)から $\overline{CQ} = R_0 + r_{g1}\alpha - r_{g2}\beta > 0$ となるので、このときの R_0 を R_{0min} とすれば次式が得られる。

$$R_{0min} = r_{g2}\beta - r_{g1}\alpha = r_{g1}\pi(n_2\beta - \alpha)/180^\circ \quad \dots\dots\dots(7)$$

$$R_0 = R_{0min} + \overline{CQ}, \quad \overline{CQ} = R_0 + r_{g1}\alpha - r_{g2}\beta \quad \dots\dots\dots(8)$$

§ 4 作用角 Σ 、 α 、 β 、 γ と t を指定して基礎円半径 r_{g1} 、 r_{g2} 、 r_{g3} の求め方

図2は図1の $\angle O_1O_2O_3$ を示したもので、 $\triangle OPQ$ において各辺の長さとは各頂角は図から明らかに次式のようになる。

$$\begin{aligned} \overline{OP} &= 2r_{g1}\sin\frac{\alpha}{2}, \quad \overline{PQ} = 2r_{g2}\sin\frac{\beta}{2}, \\ \overline{OQ} &= 2r_{g3}\sin\frac{\gamma}{2} \quad \dots\dots\dots(9) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \angle OPQ &= \frac{\alpha + \beta}{2}, \quad \angle OQP = \frac{\beta + \gamma}{2}, \\ \angle POQ &= 180^\circ - \frac{\Sigma + \beta}{2} \quad \dots\dots\dots(10) \end{aligned}$$

$\triangle OPQ$ の正弦の法則から、辺と頂角に次の関係がある。

$$\frac{\overline{OP}}{\sin\frac{\beta + \gamma}{2}} = \frac{\overline{OQ}}{\sin\frac{\alpha + \beta}{2}} = \frac{\overline{PQ}}{\sin\frac{\Sigma + \beta}{2}} \quad \dots\dots\dots(11)$$

式(9)を上式に代入して n_2 、 n_3 を次めれば次式のようになる。

$$n_2 = \frac{r_{g2}}{r_{g1}} = \frac{\sin\frac{\alpha}{2} \sin\frac{\Sigma + \beta}{2}}{\sin\frac{\beta}{2} \sin\frac{\beta + \gamma}{2}}, \quad n_3 = \frac{r_{g3}}{r_{g1}} = \frac{\sin\frac{\alpha}{2} \sin\frac{\alpha + \beta}{2}}{\sin\frac{\gamma}{2} \sin\frac{\beta + \gamma}{2}} \quad \dots\dots\dots(12), (13)$$

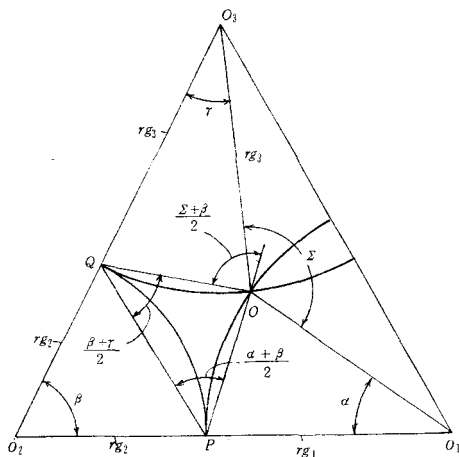


図2 α 、 β 、 γ の関係

上式により Σ , α , β , γ が指定されれば, n_2 , n_3 が求まるから更にカムの高さ l が指定されれば式(6)より r_{g1} が求められ, 上式より r_{g2} , r_{g3} が決定される。次に式(7)より R_{0min} が次式のように求まる。

$$R_{0min} = \frac{t(n_2\beta - \alpha)}{\alpha - n_2\beta + n_3\gamma} \quad \dots\dots\dots(14)$$

この場合 図1の $\overline{CQ} = 0$ となるので, $\overline{CQ} = \rho_c$ とし, 適当な ρ_c を与えれば $R_0 = R_{0min} + \rho_c$ となる。

4-1 各基礎円が同大の場合

$r_{g1} = r_{g2} = r_{g3} = r_g$ の場合は図1から明らかに $n_2 = n_3 = 1$, $\alpha = \gamma$ となり次式が次られる。

$$\Sigma = 2\alpha + \beta \quad \dots\dots\dots(15)$$

上式を式(12), (6)に代入すれば α , β , r_g は次式のように Σ , l を指定して求められる。

$$\beta = 2\sin^{-1}\left(\frac{1}{2}\sin\frac{\Sigma}{2}\right), \quad \alpha = \gamma = \frac{1}{2}\left\{\Sigma - 2\sin^{-1}\left(\frac{1}{2}\sin\frac{\Sigma}{2}\right)\right\} \quad \dots\dots\dots(16), (17)$$

$$r_g = \frac{180^\circ t}{\pi(2\alpha - \beta)} = \frac{180^\circ t}{\pi\left\{\Sigma - 4\sin^{-1}\left(\frac{1}{2}\sin\frac{\Sigma}{2}\right)\right\}} \quad \dots\dots\dots(18)$$

図3は $t=1$ とし, $\Sigma = 60^\circ \sim 180^\circ$ に対する $\alpha = \gamma$, β , r_g , R_{0min} の値を図示したもので, $\Sigma < 120^\circ$ 場合は r_g が非常に大きくなる。

§ 5 作用角 Σ と基礎円半径を指定した場合の α , β , γ の求め方

図2において $\Delta O_1O_2O_3$ と ΔO_1OO_3 により Σ を指定して β を求めれば次式のようになる。

$$\begin{aligned} \cos\beta &= \frac{(r_{g1} + r_{g2})^2 + (r_{g2} + r_{g3})^2 - r_{g1}^2 - r_{g3}^2 + 2r_{g1}r_{g3}\cos\Sigma}{2(r_{g1} + r_{g2})(r_{g2} + r_{g3})} \\ &= \frac{n_2^2 + n_2 + n_2n_3 + n_3\cos\Sigma}{(1+n_2)(n_2+n_3)} \quad \dots\dots\dots(19) \end{aligned}$$

上式を更に変形すれば β は次式で求められる。

$$\sin\frac{\beta}{2} = \sqrt{\frac{n_3}{(1+n_2)(n_2+n_3)}} \sin\frac{\Sigma}{2} \quad \dots\dots\dots(20)$$

次に α を求めるには図2より

$$\begin{aligned} \overline{OO_3}^2 = r_{g3}^2 &= \{(r_{g2} + r_{g3})\cos\beta - (r_{g1} + r_{g2}) \\ &\quad - r_{g1}\cos\alpha\}^2 + \{(r_{g2} + r_{g3})\sin\beta \\ &\quad - r_{g1}\sin\alpha\}^2 \quad \dots\dots\dots(21) \end{aligned}$$

が得られるのでこれから α を求めれば次式のようになる。

$$\sin(\alpha + \delta) = \frac{1 - n_3\cos\Sigma}{\sqrt{1 + n_3^2 - 2n_3\cos\Sigma}}, \quad \tan\delta = \frac{1 + n_2 - (n_2 + n_3)\cos\beta}{(n_2 + n_3)\sin\beta} \quad \dots\dots\dots(22)$$

同様に γ を求めれば次式が得られる。

$$\sin(\gamma + \delta') = \frac{n_3 - \cos\Sigma}{\sqrt{1 + n_3^2 - 2n_3\cos\Sigma}}, \quad \tan\delta' = \frac{n_2 + n_3 - (1 + n_2)\cos\beta}{(1 + n_2)\sin\beta} \quad \dots\dots\dots(23)$$

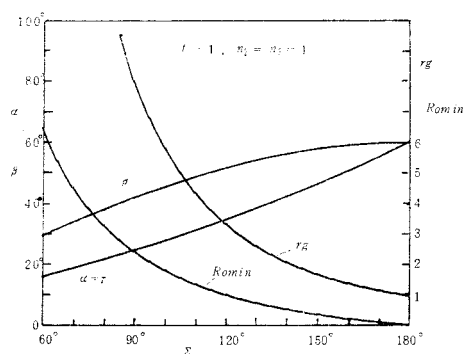


図3 基礎円が同大の場合の Σ , t を指定した α , β , γ と r_g

§ 6 往き行程のカムの輪郭の方程式

図4においてカムの輪郭上の任意の点 T をとり、 T 点における曲率中心を T' とすれば TT' は基礎円の接線となり、接線 OA 、 TT' の交角を ε とし、 ε をパラメータとしてカムの輪郭の方程式を求める。

6.1 第1インボリュート曲線 $AB(0 \leq \varepsilon \leq \alpha)$

図4において第1インボリュート曲線 AB の起点を G_1 とし、 O_1G_1 を x' 軸、それに直角に y' 軸の $x'y'$ 座標と O A を x 軸、 O_1O を y 軸とする xy 座標を考える。 AB 上の任意の点 T の法線と x 軸のなす角を ε とす。

O_1T' と x' 軸の交角を ϕ とすればインボリュート曲線 AB は次式のように $x'y'$ 座標で示される。

$$\begin{aligned} x' &= r_{g1}(\cos \phi + \phi \sin \phi), \\ y' &= r_{g1}(\sin \phi - \phi \cos \phi) \end{aligned} \quad (24)$$

次に y 軸と x' 軸の交角を ϕ_1 として $x'y'$ 座標を xy 座標に座標変換すれば変換式は次式ようになる。

$$x = x' \sin \phi_1 - y' \cos \phi_1, \quad y = x' \cos \phi_1 + y' \sin \phi_1 - r_{g1} \quad (25)$$

図4から $\phi - \phi_1 = \varepsilon$ 、 $\phi_1 = R_0/r_{g1}$ なので式(24)を式(25)に代入して ε を用いれば第1インボリュート曲線の xy 座標の方程式は次式ようになる。

$$x = r_{g1}(-\sin \varepsilon + P_1 \cos \varepsilon), \quad y = r_{g1}(\cos \varepsilon + P_1 \sin \varepsilon - 1)$$

$$\text{ただし, } P_1 = \varepsilon + (R_0/r_{g1}) \quad (26)$$

6.2 第2インボリュート曲線 $BC(\alpha \leq \varepsilon \leq \alpha + \beta)$

図5において円 O_2 が第2インボリュート曲線の基礎円で、その起点を G_2 とし、 O_2 を原点とし、 O_2G_2 を x'' 軸とし、これと直角に y'' 軸をとり、 $x''y''$ 座標を考える。第2インボリュート曲線 CB 上の任意の点 T とその曲率中心 T' をとり、 $\angle G_2O_2T' = \phi'$ とすれば T 点の $x''y''$ 座標の x'' 、 y'' は式(24)と同様に次式で表わされる。

$$\begin{aligned} x'' &= r_{g2}(\cos \phi' + \phi' \sin \phi'), \\ y'' &= r_{g2}(\sin \phi' - \phi' \cos \phi') \end{aligned} \quad (27)$$

法線 TT' と x 軸の交角を ε とすれば PB と TT' のなす角は $\varepsilon - \alpha$ となり、 $\angle PO_2T' = \varepsilon - \alpha$ から $r_{g2}(\phi' + \varepsilon - \alpha) = R_0 + r_{g1}\alpha$ となるので、これから ϕ' を求めれば

$$\phi' = \frac{r_{g1} + r_{g2}}{r_{g2}} \alpha + \frac{R_0}{r_{g2}} - \varepsilon = \Theta - \varepsilon, \quad \Theta = \frac{r_{g1} + r_{g2}}{r_{g2}} \alpha + \frac{R_0}{r_{g2}} \quad (28), (29)$$

となる。次に $x''y''$ 座標を xy 座標に変換すれば変換式は次のようになる。

$$\left. \begin{aligned} x &= -(r_{g1} + r_{g2}) \sin \alpha - y'' \cos \Theta + x'' \sin \Theta \\ y &= (r_{g1} + r_{g2}) \cos \alpha - x'' \cos \Theta - y'' \sin \Theta - r_{g1} \end{aligned} \right\} \quad (30)$$

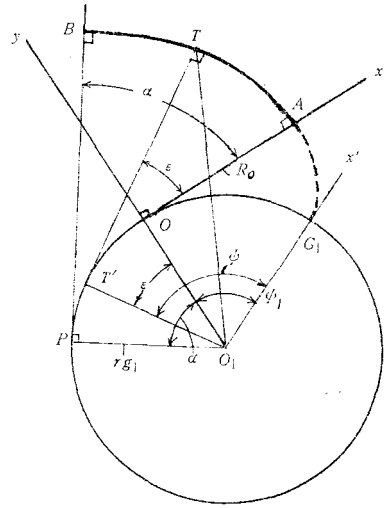


図4 第1インボリュート曲線

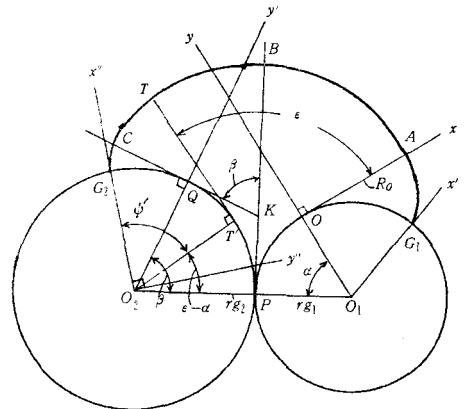


図5 第2インボリュート曲線

ただし, $\theta = \phi' + \varepsilon$

上式に式(27)を代入すれば第2インボリュート曲線の x, y 座標は次式のようにになる。

$$\left. \begin{aligned} x &= -(r_{g1} + r_{g2}) \sin \alpha + r_{g2} (\sin \varepsilon + P_2 \cos \varepsilon) \\ y &= (r_{g1} + r_{g2}) \cos \alpha - r_{g1} - r_{g2} (\cos \varepsilon - P_2 \sin \varepsilon) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (31)$$

ただし $P_2 = \theta - \varepsilon$, $\theta = \frac{r_{g1} + r_{g2}}{r_{g2}} \alpha + \frac{R_0}{r_{g2}}$, α と ε は radian

6.3 第3インボリュート曲線 $CD(\alpha + \beta \leq \varepsilon \leq \Sigma)$

図1の第3インボリュート曲線 CD の方程式を考える。図6において第3インボリュート曲線の起点を G_3 とし、 CD 上に任意の点 T をとり、その曲率中心を T' とし、 TT' と x 軸のなす角を ε とす。 O_3G_3 を x''' 軸とし、 O_3 を原点として図のように y''' 軸をとり、 $\angle T'O_3G_3$ を ϕ'' とすれば第3インボリュート曲線 CD の $x'''y'''$ 座標は前と同様に次式で示される。

$$\left. \begin{aligned} x''' &= r_{g3} (\cos \phi'' + \phi'' \sin \phi'') \\ y''' &= r_{g3} (\sin \phi'' - \phi'' \cos \phi'') \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (32)$$

図6において OD と TT' のなす角は $\alpha + \beta + \gamma - \varepsilon$ となり、 $\angle OO_3T'$ に等しいので

$\widehat{OG_3} = r_{g3} (\phi'' + \alpha + \beta + \gamma - \varepsilon) = r_{g3} \gamma + \widehat{CQ} = r_{g3} \gamma + R_0 + r_{g1} \alpha - r_{g2} \beta$ となり、これから ϕ'' を求めれば次式のようにになる。

$$\phi'' = \varepsilon + \frac{R_0}{r_{g3}} + \frac{r_{g1}}{r_{g3}} \alpha - \frac{r_{g2}}{r_{g3}} \beta - (\alpha + \beta) = \varepsilon - \Delta \dots\dots\dots (33)$$

$$\Delta = (\alpha + \beta) - \frac{R_0}{r_{g3}} + \frac{r_{g2}}{r_{g3}} \beta - \frac{r_{g1}}{r_{g3}} \alpha = \varepsilon - \phi'' \dots\dots\dots (34)$$

図6において点 O_3 より x 軸に重線 O_3H を下せば、 O_3H が y''' 軸となす角は

$$\begin{aligned} \angle HO_3y''' &= \phi'' - 90^\circ + (\alpha + \beta + \gamma - \varepsilon) + 180^\circ - (\alpha + \beta + \gamma) \\ &= \phi'' + 90^\circ - \varepsilon = 90^\circ - \Delta \end{aligned}$$

となるので、 x 軸と y''' 軸のなす角は Δ となる。よって $x'''y'''$ 座標の x, y 座標への変換式は次式のようにになる。

$$\left. \begin{aligned} x &= -(y''' \cos \Delta + x''' \sin \Delta - r_{g3} \sin \Sigma) \\ y &= x''' \cos \Delta - y''' \sin \Delta - r_{g3} \cos \Sigma \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (35)$$

上式に式(32)を代入して第3インボリュート曲線を x, y 座標で示せば次式のようにになる。

$$\left. \begin{aligned} x &= -r_{g3} (\sin \varepsilon - P_3 \cos \varepsilon - \sin \Sigma) \\ y &= r_{g3} (\cos \varepsilon + P_3 \sin \varepsilon - \cos \Sigma) \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (36)$$

ただし $P_3 = \varepsilon - \Delta$, $\Delta = \alpha + \beta - \frac{R_0}{r_{g3}} + \frac{r_{g2}}{r_{g3}} \beta - \frac{r_{g1}}{r_{g3}} \alpha$

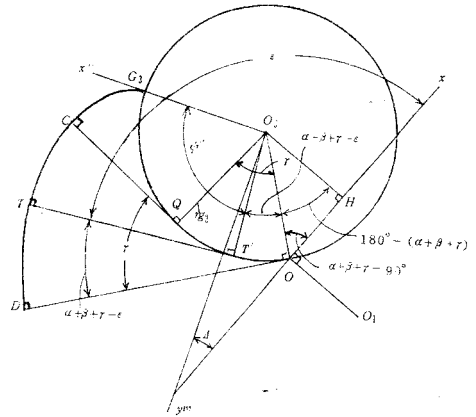


図6 第3インボリュート曲線

6.4 計算例 例として $t=1$, $\Sigma=120^\circ$, $\alpha=20^\circ$, $\beta=90^\circ$, $r=10^\circ$ の場合, 式(12), (13)より $n_2=0.30965$, $n_3=0.06677$ が得られるので式(6)より $r_{g1}=4.26422$, 式(5)より $r_{g2}=1.32043$, $r_{g3}=9.08499$ が求まり, 式(14)より $R_{0min}=0.58563$ が求まるので $R_0 > R_{0min}$ のために $R_0=1.5$ とし, 式(26), (31), (36)を用いて $\varepsilon=0 \sim 120^\circ$ に対しカムの輪郭の x y 座標を求めて輪郭を描いたものを図7に示す。図から明らかなように滑らかな輪郭が得られた。接合点 B , C における曲率半径を ρ_B , ρ_C で示した。

図8は基礎円が同大の場合で $t=1$, $\Sigma=150^\circ$ と指定すれば式(17), (16)により, $\alpha=r=46.12091^\circ$, $\beta=57.75819^\circ$, 式(18)により $r_g=1.66154$ となるので $R_0=1.5$ の場合と $R_0=2$ の場合の往き行程のカムの輪郭を式(26), (31), (36)を用いて前例と同様に描いたもので両輪郭共滑らかな曲線となる。両輪郭の法線方向の距離は等しく0.5であり, $R_0=1.5$ の輪郭上の任意の点 T をとり, 法線を立て $R_0=2$ の輪郭の交点を M とすれば, M を中心とし, 半径0.5の円は T 点で $R_0=1.5$ の輪郭に接するので, 往復従動節の半径 r の円弧(ローラ)で基礎円半径が R_0 の場合の従動節の運動は基礎円半径が R_0+r のナイフエッジ従動節の運動と一致する。よって運動はナイフエッジ従動節の場合を考え, 円弧従動節の場合のカムの輪郭は基礎円半径を R_0-r として描けばよい。

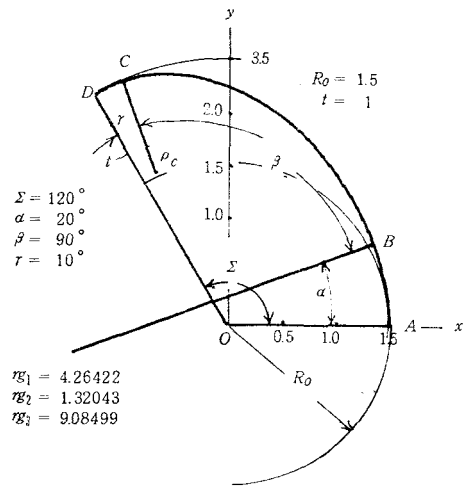


図7 往き行程のカムの輪郭

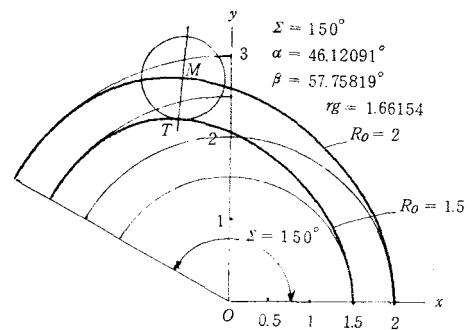


図8 同大基礎円の往き行程のカムの輪郭

§7 かたより往復ナイフエッジ従動節の運動

図9に示すように原点 O を回転中心とする回転 x y 座標と点 O を原点とする固定直角座標 ξ η を考え, x 軸と η 軸の交角を θ とし, x y 座標が時計回りに回転しているものとする。 e だけ左側にかたよって η 軸に平行な行程をもつナイフエッジ従動節を考え, これは x y 座標上のカムの輪郭と M 点で接触している。 M 点の x y 座標を ξ η 座標に座標変換すれば

$$\xi = x \sin \theta - y \cos \theta = -e, \quad (37)$$

$$\eta = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (38)$$

となる。従動節の下降点の高さを k , 従動節の変位を h とすれば

$$h = \eta - k, \quad k = \sqrt{R_0^2 - e^2} \quad (39), (40)$$

となる。 $dh/d\theta$, $d^2h/d\theta^2$ を求めれば次式のようになる。

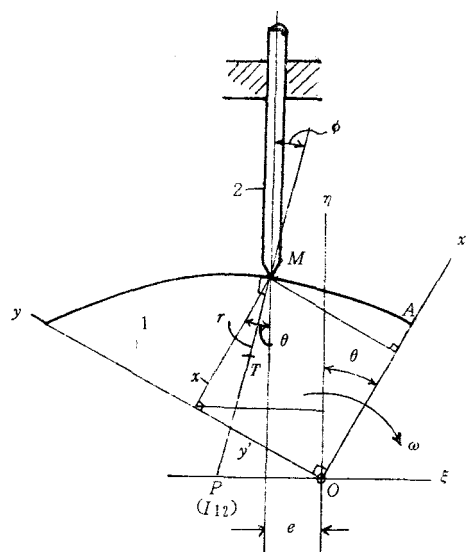


図9 かたより往復ナイフエッジ従動節の運動

$$\frac{dh}{d\theta} = \frac{dx}{d\theta} \cos\theta + \frac{dy}{d\theta} \sin\theta + e \quad \dots\dots\dots(41)$$

$$\frac{d^2h}{d\theta^2} = \frac{d^2x}{d\theta^2} \cos\theta + \frac{d^2y}{d\theta^2} \sin\theta + \eta \quad \dots\dots\dots(42)$$

次に式(37)より未定係数法で θ を求めれば次式のようにになる。

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y}{x} - \sin^{-1} \frac{e}{\sqrt{x^2 + y^2}} \quad \dots\dots\dots(43)$$

7.1 第1インボリュート曲線における運動 ($0 \leq \varepsilon \leq \alpha$)

図1の第1インボリュート AB 間の運動を求める。式(26)を θ で微分すれば

$$-\frac{dx}{d\theta} = -r_{g1}P_1 \sin\varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad \frac{dy}{d\theta} = r_{g1}P_1 \cos\varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad P_1 = \varepsilon + \frac{R_0}{r_{g1}} \quad \dots\dots\dots(44)$$

$d\varepsilon/d\theta$ を求めるために式(37)を θ で微分し、式(44)を代入すれば

$$-\frac{d\varepsilon}{d\theta} = \frac{\eta}{r_{g1}P_1 \cos(\theta - \varepsilon)}, \quad \eta = x \cos\theta + y \sin\theta \quad \dots\dots\dots(45)$$

となるので式(44)に上式を代入すれば次式が得られる。

$$\frac{dx}{d\theta} = -\frac{\eta \sin\varepsilon}{\cos(\theta - \varepsilon)}, \quad \frac{dy}{d\theta} = \frac{\eta \cos\varepsilon}{\cos(\theta - \varepsilon)} \quad \dots\dots\dots(46)$$

上式を式(41)に代入して $dh/d\theta$ を求めれば次式が得られる。

$$\frac{dh}{d\theta} = \eta \tan(\theta - \varepsilon) + e \quad \dots\dots\dots(47)$$

この式を θ で微分して加速度係数 $d^2h/d\theta^2$ を求めれば次式のようにになる。

$$\frac{d^2h}{d\theta^2} = \frac{\frac{dh}{d\theta} \sin(\theta - \varepsilon) \cos(\theta - \varepsilon) + \eta \left(1 - \frac{d\varepsilon}{d\theta}\right)}{\cos^2(\theta - \varepsilon)} \quad \dots\dots\dots(48)$$

また式(44), (45)を θ で微分すれば次式を得る。

$$\frac{d^2x}{d\theta^2} = -r_{g1} \left\{ (\sin\varepsilon + P_1 \cos\varepsilon) \left(\frac{d\varepsilon}{d\theta} \right)^2 + P_1 \sin\varepsilon \frac{d^2\varepsilon}{d\theta^2} \right\} \quad \dots\dots\dots(49)$$

$$\frac{d^2y}{d\theta^2} = r_{g1} \left\{ (\cos\varepsilon - P_1 \sin\varepsilon) \left(\frac{d\varepsilon}{d\theta} \right)^2 + P_1 \cos\varepsilon \frac{d^2\varepsilon}{d\theta^2} \right\}$$

$$\frac{d^2\varepsilon}{d\theta^2} = \frac{\left(P_1 \frac{dh}{d\theta} - \eta \frac{d\varepsilon}{d\theta} \right) \cos(\theta - \varepsilon) + \eta P_1 \left(1 - \frac{d\varepsilon}{d\theta} \right) \sin(\theta - \varepsilon)}{r_{g1} P_1^2 \cos^2(\theta - \varepsilon)} \quad \dots\dots\dots(50)$$

式(49), (50)を式(42)に代入すれば式(48)のように $d^2h/d\theta^2$ が求まる。

7.2 第2インボリュート曲線における運動 ($\alpha \leq \varepsilon \leq \alpha + \beta$)

図1の第2インボリュート BC 間の運動を求める。式(31)を θ で微分すれば

$$-\frac{dx}{d\theta} = -r_{g2}P_2 \sin\varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad \frac{dy}{d\theta} = r_{g2}P_2 \cos\varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad P_2 = \frac{r_{g1} + r_{g2}}{r_{g2}} \alpha + \frac{R_0}{r_{g2}} - \varepsilon \dots\dots(51), (52)$$

$d\varepsilon/d\theta$ を求めるために式(37)を θ で微分し、式(51)を代入すれば

$$\frac{d\varepsilon}{d\theta} = \frac{\eta}{r_{g2}P_2 \cos(\theta - \varepsilon)} \quad \dots\dots\dots(53)$$

が得られるので、これを式(51)に代入すれば

$$\frac{dx}{d\theta} = -\frac{\eta \sin \varepsilon}{\cos(\theta - \varepsilon)}, \quad \frac{dy}{d\theta} = \frac{\eta \cos \varepsilon}{\cos(\theta - \varepsilon)} \quad \dots\dots\dots (54)$$

となり、式(46)と一致するので、 $dh/d\theta$ 、 $d^2h/d\theta^2$ は式(47)、(48)のようになる。式(41)、(42)を利用する場合は式(51)、(53)を θ で微分して

$$\frac{d^2x}{d\theta^2} = -r_{g2} \left\{ (-\sin \varepsilon + P_2 \cos \varepsilon) \left(\frac{d\varepsilon}{d\theta} \right)^2 + P_2 \sin \varepsilon \frac{d^2\varepsilon}{d\theta^2} \right\} \quad \dots\dots\dots (55)$$

$$\frac{d^2y}{d\theta^2} = r_{g2} \left\{ -(\cos \varepsilon + P_2 \sin \varepsilon) \left(\frac{d\varepsilon}{d\theta} \right)^2 + P_2 \cos \varepsilon \frac{d^2\varepsilon}{d\theta^2} \right\} \quad \dots\dots\dots (56)$$

$$\frac{d^2\varepsilon}{d\theta^2} = \frac{\left(P_2 \frac{dh}{d\theta} + \eta \frac{d\varepsilon}{d\theta} \right) \cos(\theta - \varepsilon) + \eta P_2 \left(1 - \frac{d\varepsilon}{d\theta} \right) \sin(\theta - \varepsilon)}{r_{g2} P_2^2 \cos^2(\theta - \varepsilon)} \quad \dots\dots\dots (57)$$

となり、式(42)から $d^2h/d\theta^2$ が求められる。

7.3 第3インボリュート曲線における運動 ($\alpha + \beta \leq \varepsilon \leq \Sigma$)

図1の第3インボリュートC D間の運動を求めるには式(36)を θ で微分すれば

$$\frac{dx}{d\theta} = -r_{g3} P_3 \sin \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad \frac{dy}{d\theta} = r_{g3} P_3 \cos \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta} \quad \dots\dots\dots (58)$$

$$P_3 = \varepsilon - (\alpha + \beta) + \frac{R_0}{r_{g3}} + \frac{r_{g1}}{r_{g3}} \alpha - \frac{r_{g2}}{r_{g3}} \beta \quad \dots\dots\dots (59)$$

次に式(37)を θ で微分し、式(58)を代入すれば

$$\frac{d\varepsilon}{d\theta} = \frac{\eta}{r_{g3} P_3 \cos(\theta - \varepsilon)} \quad \dots\dots\dots (60)$$

となるので、これを式(58)に代入すれば、 $dx/d\theta$ 、 $dy/d\theta$ は式(46)に一致するので $dh/d\theta$ 、 $d^2h/d\theta^2$ は式(47)、(48)から得られる。

式(58)、(60)を θ で微分すれば

$$\frac{d^2x}{d\theta^2} = -r_{g3} \left\{ (\sin \varepsilon + P_3 \cos \varepsilon) \left(\frac{d\varepsilon}{d\theta} \right)^2 + P_3 \sin \varepsilon \frac{d^2\varepsilon}{d\theta^2} \right\} \quad \dots\dots\dots (61)$$

$$\frac{d^2y}{d\theta^2} = r_{g3} \left\{ (\cos \varepsilon - P_3 \sin \varepsilon) \left(\frac{d\varepsilon}{d\theta} \right)^2 + P_3 \cos \varepsilon \frac{d^2\varepsilon}{d\theta^2} \right\} \quad \dots\dots\dots (62)$$

$$\frac{d^2\varepsilon}{d\theta^2} = \frac{\left(P_3 \frac{dh}{d\theta} - \eta \frac{d\varepsilon}{d\theta} \right) \cos(\theta - \varepsilon) + \eta P_3 \left(1 - \frac{d\varepsilon}{d\theta} \right) \sin(\theta - \varepsilon)}{r_{g3} P_3^2 \cos^2(\theta - \varepsilon)} \quad \dots\dots\dots (63)$$

となり式(49)、(50)の r_{g1} 、 P_1 をそれぞれ r_{g3} 、 P_3 に置換えた式となる。

7.4 計 算 例

図7のデータで $\Sigma = 120^\circ$ 、 $r = 0$ 、 $R_0 = 1.5$ 、 $e = 0$ の場合の $d^2h/d\theta^2$ を θ を横軸にして求めたものを図10に示す。図から $\varepsilon = 0^\circ$ 、 120° の往き行程の始点と終点の $d^2h/d\theta^2$ は零となるが、第2、第3のインボリュートの接合点Cの $d^2h/d\theta^2$ は非常に大きくなる。

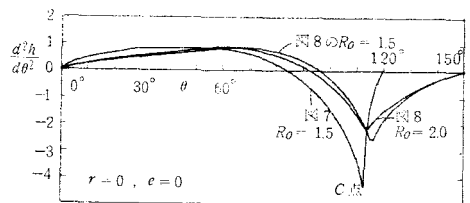


図10 ナイフエッジ従動節の往き行程の加速度

次に図8の基礎円が同大のカムのデータで $d^2h/d\theta^2$ を描いたものを図10に示す。 R_0 が大きい方が最大加速度をとるC点の $d^2h/d\theta^2$ の値が小さくなる。よって作用角 Σ が小さい程、基礎円半径 R_0 が小さい程接合点Cの $d^2h/d\theta^2$ が非常に大となる。そこで R_0 を大きくすればよいが、カムが大きくなるので、従動節をナイフエッジにしないで円弧半径 r を大きくとり、 R_0+r を大きくする。

§ 8 加速度線図と接合点B, Cの加速度

図11は $\Sigma=120^\circ$, $\alpha=10^\circ$, $R_0=2$, $e=0$ で $\beta+\gamma=110^\circ$ とし、 $\gamma=20^\circ\sim 40^\circ$ の場合の θ に対する $d^2h/d\theta^2$ を示す。図から R_0 , Σ , α が一定の場合 γ を大きくすれば接合点Cの位置は変わるが $d^2h/d\theta^2$ に余り変化はない。

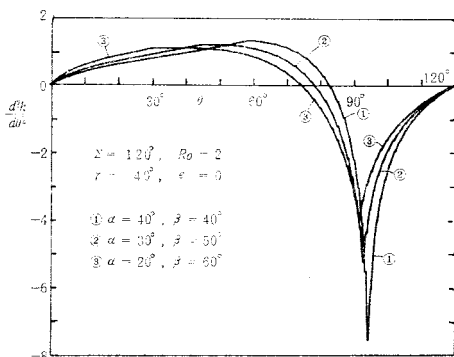


図12 Σ , γ , R_0 を指定し、 α , β を変化させた $d^2h/d\theta^2$

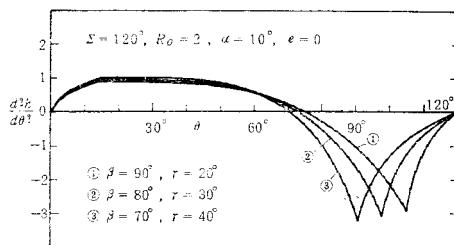


図11 Σ , α , R_0 を指定し、 β , γ を変化させた $d^2h/d\theta^2$

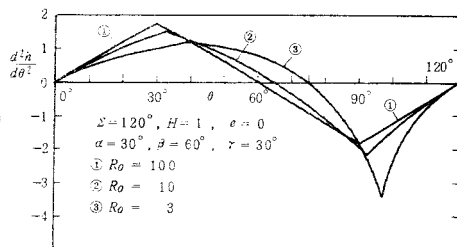


図13 Σ , α , β , γ を指定し、 R_0 を変化させた $d^2h/d\theta^2$

図12は $\Sigma=120^\circ$, $\gamma=40^\circ$, $R_0=2$ で $\alpha+\beta=80^\circ$, $\alpha=20^\circ\sim 40^\circ$ の場合で、 α が小さいと接合点Bの $d^2h/d\theta^2$ は少し増すが、C点のそれはかなり小となる。

図13は $\Sigma=120^\circ$, $\alpha=30^\circ$, $\beta=60^\circ$, $\gamma=30^\circ$ で $R_0=2, 10, 100$ の場合の $d^2h/d\theta^2$ を θ について示す。 R_0 が小さいときは接合点Cの $d^2h/d\theta^2$ は大きい、 R_0 が大きくなるとB点の $d^2h/d\theta^2$ は増し、C点のそれは小となり、加速度曲線は直線に近くなり、等2次加速度カムの加速度曲線に近似する。

よって図11, 12, 13から Σ が与えられた場合 α を小さくし、 γ を大きくし、 R_0 を大きくすればC点の $d^2h/d\theta^2$ は小さくできるが、 α を余り小さくするとB点の $d^2h/d\theta^2$ がC点のそれより大となることがある。

8.1 接合点B, Cの加速度

図1のインポリュートの接合点B, Cの加速度を計算する方法として、B点では $\varepsilon=\alpha$ として x, y を求め、C点では $\varepsilon=\alpha+\beta$ として x, y を求めれば式(26), (36)より

$$B点, \quad x=r_{g1}\left\{-\sin\alpha+\left(\alpha+\frac{R_0}{r_{g1}}\right)\cos\alpha\right\}, \quad y=r_{g1}\left\{\cos\alpha+\left(\alpha+\frac{R_0}{r_{g1}}\right)\sin\alpha-1\right\} \dots\dots\dots(64), (65)$$

$$C点 \quad \left. \begin{aligned} x &= -r_{g3}\{\sin(\alpha+\beta)-P_3\cos(\alpha+\beta)-\sin\Sigma\} \\ y &= r_{g3}\{\cos(\alpha+\beta)+P_3\sin(\alpha+\beta)-\cos\Sigma\} \\ P_3 &= \frac{r_{g1}}{r_{g3}}\alpha - \frac{r_{g2}}{r_{g3}}\beta + \frac{R_0}{r_{g3}} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(66)$$

を用い、そのときの θ は式(43)より求め、 η は式(38)より、 $d\varepsilon/d\theta$ は

$$B \text{ 点 } \frac{d\varepsilon}{d\theta} = \frac{\eta}{r_{g1} \left(\alpha + \frac{R_0}{r_{g1}} \right) \cos(\theta - \alpha)}, \quad C \text{ 点 } \frac{d\varepsilon}{d\theta} = \frac{\eta}{r_{g3} P_3 \cos(\theta - \alpha - \beta)} \quad \dots\dots\dots (67), (68)$$

を用いて、 $dh/d\theta$ は式(47)、 $d^2h/d\theta^2$ は式(48)より、 ε は α あるいは $\alpha + \beta$ として B, C 点の加速度を求めることができる。

8.2 スライダクランク機構として B, C 点の加速度 ($e=0$)

往復動のカム機構は瞬間的にはスライダ・クランク機構と見なされ、クランクの半径を r 、連桿の長さを l 、クランクと連桿のなす角を τ とし、 $r/l = \lambda$ とすればスライダの加速度 a は ω をクランクの角速度として次式のようになる。

$$\frac{a}{\omega^2} = \frac{d^2h}{d\theta^2} = r \frac{(\lambda - \cos\tau)(1 - \lambda\cos\tau)^3 + \lambda(\lambda - \cos\tau)^4 + \lambda(\lambda^2 - 1)\sin^4\tau}{(1 - \lambda\cos\tau)^3 \sqrt{(\lambda - \cos\tau)^2 + \sin^2\tau}} \quad \dots\dots\dots (69)$$

B 点の加速度：図1より $OP=r$ 、 $QB=l$ とすれば次式が得られる。

$$r = 2r_{g1} \sin \frac{a}{2}, \quad l = R_0 + r_{g1}\alpha, \quad \lambda = \frac{2r_{g1} \sin \frac{\alpha}{2}}{R_0 + r_{g1}\alpha}, \quad \tau = \frac{\alpha}{2} \quad \dots\dots\dots (70)$$

C 点の加速度：

$$r = \sqrt{(r_{g1} \sin\alpha - r_{g2} \sin\beta)^2 + (r_{g1} + r_{g2} - r_{g1} \cos\alpha - r_{g2} \cos\beta)^2}$$

$$l = R_0 + r_{g1}\alpha - r_{g2}\beta, \quad \tau = 90^\circ + \beta - \tan^{-1} \frac{r_{g1} \sin\alpha - r_{g2} \sin\beta}{r_{g1} + r_{g2} - r_{g1} \cos\alpha - r_{g2} \cos\beta} \quad \dots\dots\dots (71)$$

式(70)、(71)を式(69)に代入すれば B, C 点の a/ω^2 すなわち $d^2h/d\theta^2$ が求まる。

図14は式(69)～(71)を用いて $\Sigma = 120^\circ$ 、 $R_0 = 1.5$ 、 $e=0$ 、 $K = r/\alpha = 0.5 \sim 2$ の場合の B, C 点の $d^2h/d\theta^2$ を示す。図から R_0 が小さいので、 C 点の $d^2h/d\theta^2$ は B 点のそれよりかなり高くなっている。

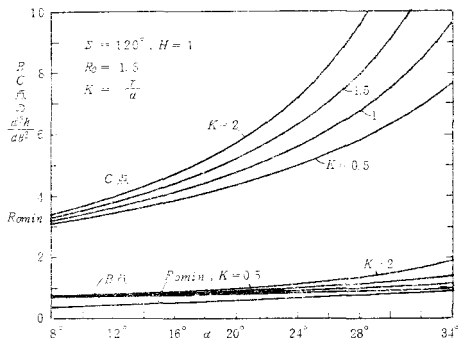


図14 接合点 B, C の加速度, $R_0 = 1.5$, $K = 0.5 \sim 2$

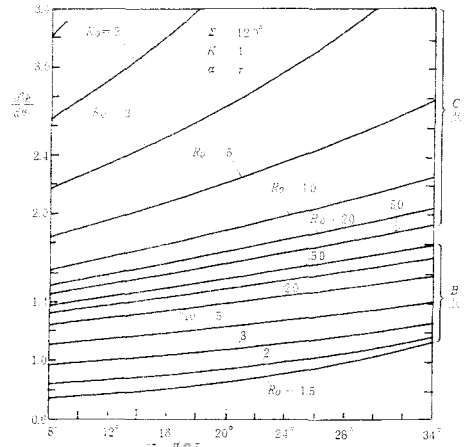


図15 $\alpha = r$ の場合の接合点 B, C の加速度, $R_0 = 1.5 \sim 50$

図15は $K=1$ すなわち $\alpha=r$ の場合の $R_0=2 \sim 50$ の場合の B, C 点の $d^2h/d\theta^2$ を各 α について示す。図から R_0 が非常に大きいと B, C 点の $d^2h/d\theta^2$ は等しくなる。ただしこの場合ナイフエッジ従動節の場合だから、円弧従動節とし、円弧半径 r を非常に大きくすればカムの基礎円半径を小さくできる。

円弧半径 r を非常に大きくすればカムの基礎円半径を小さくできる。

図から r が大きいとき ϕ は非常に小さく、 $\phi_{max} \doteq 5^\circ$ 、 C 点で $\sigma_{1max} \doteq 3.2$ 、 $\rho_{Tmin} \doteq 0.6$ になっている。 $R_0=1.5$ で r を増せば C 点の σ_{1max} も増すが $r=98.5$ のとき $\sigma_{1max} \doteq 3.8$ となり 8 以下なので σ_1 に関しては問題はない。 r が増せば ϕ は零に近づき、等 2 次加速度カムに近づく。

図17は図11の $H=1$ 、 $\alpha=10^\circ$ 、 $\beta=90^\circ$ 、 $\gamma=20^\circ$ 、 $\Sigma=120^\circ$ 、 $e=0$ の場合で $R_0=12$ 、 $r=0$ の場合の従動節の運動を(a)図に示し、 $R_0=2$ 、 $r=10$ の場合の ϕ 、 ρ_T 、 σ_1 、 σ_2 、 $d^2h/d\theta^2$ を ε に対して求めたものを(b)図に示す。図から $d^2h/d\theta^2_{max} \doteq 1.6$ 、 $\sigma_{1max} \doteq 1.8$ 、 $\phi_{max} \doteq 4^\circ$ であるから良好である。

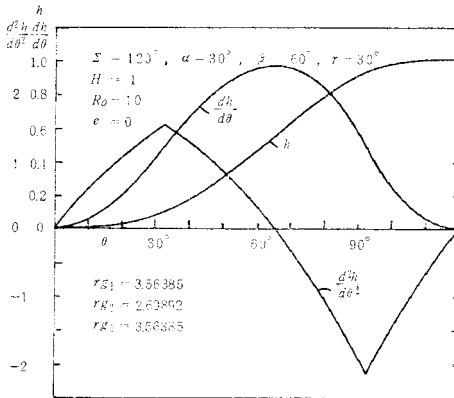


図17(a) 図11の①の $R_0=12$ の場合の従動節の運動

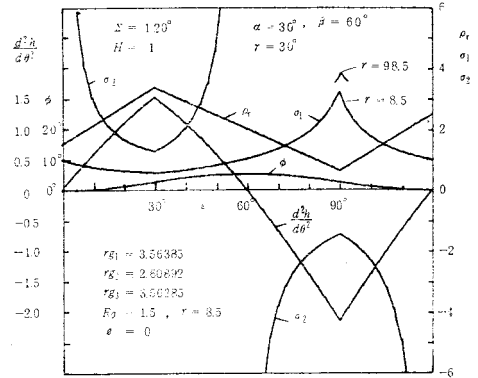


図17(b) 図11の①の $r=10$ の場合の ϕ 、 ρ_T 、 σ_1 、 σ_2 、 $d^2h/d\theta^2$

この種のカムでは $d^2h/d\theta^2$ の最大値を低くするためには従動節の円弧半径 r を大きくせねばならぬ。そうすれば押進め角 ϕ は小さくなり、その結果かたより量 e をある値にとって ϕ_{max} を小さくする必要がないので、かたよりカムにする必要はない。

図18は図16(b)の場合の σ_2 を従動節上に示したもので、 r が大きいとき円弧を直線で示した。図19は図17(b)の場合で共に始点と行程の中間で $\sigma_2=\infty$ となる。

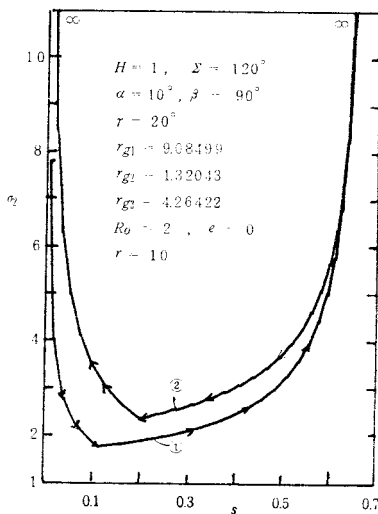


図18 図16(b)の場合の従動節上の σ_2

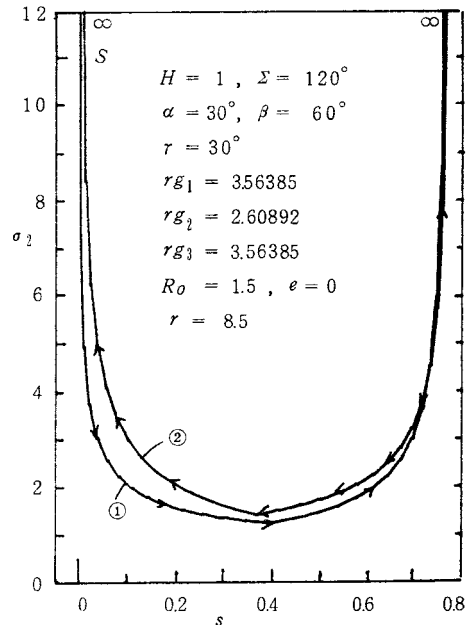


図19 図17(b)の場合の従動節上の σ_2

§ 11 戻り行程のカムの輪郭

従動節のかたより量 $\epsilon=0$ の場合は戻り行程のカムの輪郭を往き行程のそれに対称にすれば従動節の運動曲線は往き行程のそれと対称となるので、戻り行程の運動および押進め角、滑り率を論ずる必要はない。戻り行程のカムの作用角を往き行程の作用角と異った角にする場合については別の機会に論ずる。

図20において曲線 AD を往き行程のカムの輪郭とし、上昇点の停留のカムの回転角 $\angle DOD'$ を θ_d とし、 $\angle DOD'$ の2等分線 ZZ' を対称軸として、曲線 AD の対称曲線 $A'D'$ を描く、 OA' を x' 軸、それを直角に y' 軸をとり、曲線 AD 上の T 点の対称点 T' とし、 T' 点より x 軸に垂線 $T'K$ を下し、 x, y 座標を x'', y'' 座標として、 $OK=x'', T'K=y''$ とし、 $\angle AOA'=\theta_e$ とする。 θ_e は下降点におけるカムの回転角である。

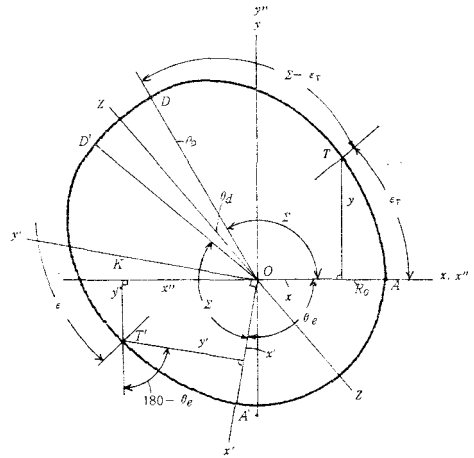


図20 戻り行程のカムの輪郭

11.1 $\Sigma \leq \epsilon \leq \Sigma + \theta_d$ の場合

ϵ がこの範囲にある場合は曲線 DD' は円弧であるので、 $OD=\rho_D$ から式(3)より次式が得られる。

$$\begin{aligned} x'' &= \rho_D \cos \epsilon, \quad y'' = \rho_D \sin \epsilon, \\ \rho_D &= R_0 + r_{g1} \alpha - r_{g2} \beta + r_{g3} \gamma \dots \dots \dots (79) \end{aligned}$$

11.2 $\Sigma + \theta_d \leq \epsilon \leq 2\Sigma + \theta_d$ の場合

ϵ が曲線 $D'A'$ 上にある場合は T 点の ϵ を ϵ_T とすれば T' 点の ϵ は

$$\epsilon = \Sigma + \theta_d + (\Sigma - \epsilon_T) = 2\Sigma + \theta_d - \epsilon_T, \quad \epsilon_T = 2\Sigma + \theta_d - \epsilon \dots \dots \dots (80)$$

となり、 T' は T の対称点だから $x=x', y=y'$ となり、 x'', y'' を求めれば

$$\left. \begin{aligned} x'' &= x_T \cos \theta_e - y_T \sin \theta_e, \quad y'' = x_T \sin \theta_e - y_T \cos \theta_e \\ \theta_e &= 360^\circ - 2\Sigma - \theta_d \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (81)$$

となる。よって ϵ が与えられれば式(80)より ϵ_T が求まり、これを往き行程の輪郭に代入して x_T, y_T を求め、式(81)より x'', y'' を求めればこれが戻り行程のカムの輪郭となる。

11.3 $2\Sigma + \theta_d \leq \epsilon \leq 360^\circ$ の場合

T' 点が円弧 AA' 上にある場合でその座標は次式のようになる。

$$x'' = R_0 \cos \epsilon, \quad y'' = R_0 \sin \epsilon \dots \dots \dots (82)$$

11.4 計 算 例

図21は図7の、図22は図16、17のカムの全輪郭を示すもので、共に $\Sigma=120^\circ$ 、 $\theta_d=30^\circ$ 、 $\theta_e=90^\circ$ としている。滑らかな輪郭が得られている。

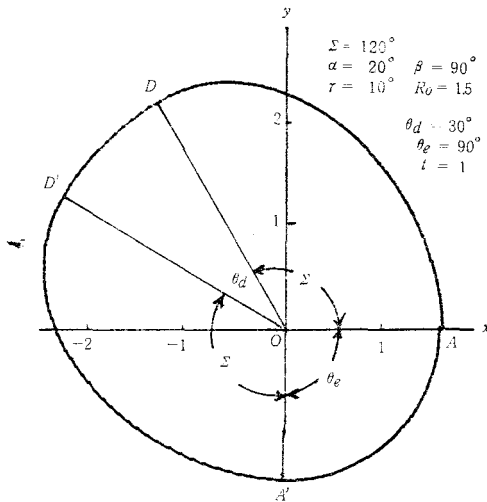


図21 図7のカムの全輪郭

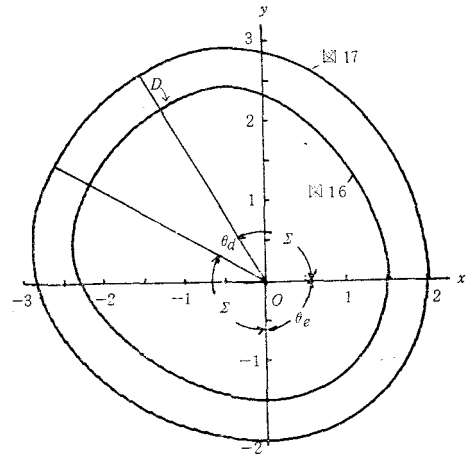


図22 図16, 17のカムの全輪郭

§12 結 論

以上によりインボリュート接合カムにおけるインボリュート曲線の接合法と往復円弧従動節の運動と押進め角、滑り率について次の結論が得られた。

- (1) 3個の円を縮閉線とするインボリュート曲線を接合し、行程の両端の加速度を零にすることができる。
- (2) カムの作用角は余り小さくはできないが $60^\circ \sim 180^\circ$ にでき、作用角 Σ をなす3つの角 α , β , γ を任意にとることができる。
- (3) 第2と第3インボリュート曲線の接合点で最も大きな負の加速度が生ずるため、これを小さくするには α を小さく、従動節の円弧半径 r を大きくせねばならぬ。
- (4) 従動節の円弧半径 r が大きくなると加速度曲線は等2次加速度カムに近づき、平板従動節の場合はそれに一致する。
- (5) 最大押進め角は円弧半径 r が大きくなる程小となり、加速度の点から r を大きくせねばならぬので ϕ_{max} は無視できる程小さく、かたより量 e は考える必要がない。
- (6) カムの最大滑り率は r が大なる程大きくなるが無視できる程度である。
- (7) 茸型従動節の場合滑り率 σ_2 は接触の両端と中央で無限大となるのでローラ従動節とする方がよい。

以上の研究に本校学生坂本智則、姫宮健治両君の協力を得た。

文 献

- 1) 糸島寛典, 西本進, 井山英男: 円弧カムの研究(第1報) 呉高専研究報告, 2—1, 1966
- 2) 糸島寛典: カムの滑り率の研究(第1報). 呉高専研究報告, 1—1, 1965

(昭和54年4月15日受付)

楕円接合カムの研究 (第1報)

—往復従動節—

(機械工学科) 糸 島 寛 典
福 永 恭 一*

Studies on the Connective Ellipses Cam (Report 1)

—Reciprocating Follower—

Hironori ITOSHIMA
Kyoichi FUKUNAGA

The connective ellipses cam has a profile consisting of two ellipses and the two evolutes of the two ellipses are in contact with each other.

If a cross point of the two evolutes is a rotating center of the cam, then the acceleration at the starting point and the stop point in each stroke can be zero. And the motion of the follower can be smoothed.

In this paper, the motion of the reciprocating offset follower with a circular arc is analysed, the maximum acceleration of the follower, the pressure angle and the specific sliding of cam are discussed.

§ 1 緒 言

楕円接合カムとはカムの両行程のカムの輪郭において数個の楕円をその縮閉線が連続し、縮閉線上にカムの回転中心が存在するように接合したカムである。

本報告では各行程において2つの同大の楕円を接合し、その2つの縮閉線が互に接するようにしたカムにおける往復円弧従動節の運動を論じ、その押進め角とカムの滑り率を論ずる。

従動節の運動の始点と終点におけるカムの輪郭上の曲率中心がカムの回転中心上にあるようにすれば、始点と終点の従動節の加速度を零にすることができる。最大加速度をできるだけ小にするための従動節の円弧半径と楕円の半径を調べ、この種のカムの最良カムの設計を行い更に試作を行う。

§ 2 記 号

a : 楕円の長半径	ω : カムの角速度
b : 楕円の短半径	r : 従動節の円弧半径
Σ : カムの作用角 ($\alpha + \beta + \gamma$)	e : かたより量
α : 第1楕円の前半の作用角	ϕ : 押進め角

* 徳山工業高等専門学校, 機械電気工学科

β : 第1 楕円の後半の作用角	σ_1 : カムの滑り率
γ : 第2 楕円の作用角	σ_2 : 従動節の滑り率
R_0 : カムの基礎円半径	ρ_T : カムの曲率半径
l : カムの高さ	ε : カムのパラメーター
H : 従動節のリフト	θ : カムの回転角
h : 従動節の変位	θ_d : 上昇点における停留角
$dh/d\theta$: 従動節の速度係数	θ_e : 下降点における停留角
$d^2h/d\theta^2$: 従動節の加速度係数	k : 下降点における従動節の高さ
	δ : 楕円表示のパラメーター

§ 3 往き行程の楕円接合カムの輪郭

図1において O_1 を原点とする直角座標 x, y をとり、長半径 a 、短半径 b の楕円の上半分をとる。そしてこの楕円の縮閉線を図のように $F_1F_2F_3$ とする。縮閉線 F_1F_2 上に点 O をとり、 O 点よりこの縮閉線に接線 OA を引き、楕円の交点を A とし、 OA をカムの基礎円半径 R_0 とし、 A 点をカムの始点とす。 y 軸と楕円の交点を B とし、 AO と F_2B の交角を α とす。 A 点のカムの輪郭の曲率中心は O 点にある。

縮閉線 F_2F_3 上に P 点を取り、 P 点において接線を引き楕円と y 軸の交点をそれぞれ C, K とすれば点 P は C 点の楕円の曲率中心である。 $\angle PKB = \beta$ とすれば β は楕円 BC の作用角である。直線 CK を対称軸として縮閉線 F_2F_3 の対称曲線 $F_1'F_2'$ を破線のように描く。この曲線 $F_1'F_2'$ が O 点を通るように P 点すなわち β を選ぶ。よって α が指定されれば O 点が定まるので β が決定される。

次に CK を対称軸として楕円 AC の対称楕円 $A'C$ を描けば曲線 $F_1'F_2'$ は第2楕円 $A'C$ の縮閉線となる。 O 点よりこの縮閉線 $F_1'F_2'$ に接線を引き第2楕円の交点を D とすれば、曲線 CD は第2楕円で、第1楕円と同じ半径 a, b をもち、 C 点を接合点とし、 C 点の両楕円の曲率中心は同一の P 点となり、縮閉線は連続する。 CK と OD の交角を γ とすれば β により γ が定まり、 $\angle AOD = \Sigma$ とすれば Σ は往き行程の作用角となり、 $\Sigma = \alpha + \beta + \gamma$ で Σ が指定されれば α, β, γ が決定される。 $OD = R_0 + l$ で、 l はカムの高さとなる。

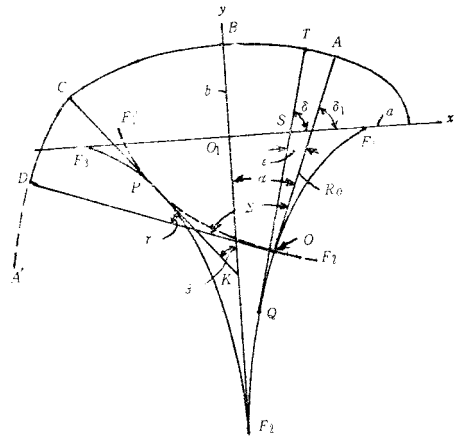


図1 楕円カムの縮閉線と輪郭

3.1 楕円の縮閉線

図1において楕円上の任意の点 T における楕円の曲率中心を Q とすれば、 Q 点の軌跡が縮閉線 F_1F_2 となり、 TQ は縮閉線 F_1F_2 の接線となる。 TQ は曲率半径で ρ_T で示せば一般に Q 点の座標 x_Q, y_Q と ρ_T は T 点の座標 x_T, y_T から次式で示される。

$$x_Q = x_T - \left\{ 1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right\} \frac{dy}{dx} / \frac{d^2h}{dx^2}, \quad y_Q = y_T + \left\{ 1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right\} / \frac{d^2y}{dx^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

$$\rho_T = \left\{ 1 + \left(\frac{dy}{dx} \right)^2 \right\}^{\frac{3}{2}} / \left| \frac{d^2y}{dx^2} \right| \quad \dots\dots\dots (2)$$

T 点における楕円の法線の方程式は次式で示される。

$$x = x_T - \frac{dy}{dx}(y - y_T) \dots\dots\dots (3)$$

楕円の方程式は

$$(x_T/a)^2 + (y_T/b)^2 = 1, \quad y_T = \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x_T^2} \dots\dots\dots (4)$$

であるので、この式を x で微分して式(1)～(3)に代入すれば

$$x_Q = \frac{a^2 - b^2}{a^4} x_T^3, \quad y_Q = -\frac{a^2 - b^2}{b^4} y_T^3 \dots\dots\dots (5)$$

$$\rho_T = \{a^4 - (a^2 - b^2)x_T^2\}^{\frac{3}{2}}/a^4b, \quad x = x_T + \frac{b^2 x_T}{a^2 y_T}(y - y_T) \dots\dots\dots (6), (7)$$

となり、式(5)を式(4)に代入すれば、縮閉線 F_1F_2 の方程式は次式のようになる。

$$(ax_Q)^{\frac{2}{3}} + (by_Q)^{\frac{2}{3}} = (a^2 - b^2)^{\frac{2}{3}}, \quad y_Q = -\frac{1}{b} \{(a^2 - b^2)^{\frac{2}{3}} - (ax_Q)^{\frac{2}{3}}\}^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (8)$$

また TQ と x 軸の交点を S 、交角を δ とすれば式(5), (6), (4)から

$$\tan \delta = \frac{y_T - y_Q}{x_T - x_Q} = \frac{a^2 y_T}{b^2 x_T} = \frac{a}{b} \cdot \frac{\sqrt{a^2 - x_T^2}}{x_T} \dots\dots\dots (9)$$

が得られ、これから x_T , y_T , ρ_T を求めれば、これらは次式のように δ で示される。

$$x_T = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 + b^2 \tan^2 \delta}}, \quad y_T = \frac{b^2 \tan \delta}{\sqrt{a^2 + b^2 \tan^2 \delta}} \dots\dots\dots (10), (11)$$

$$\rho_T = a^2 b^2 \left[\frac{1 + \tan^2 \delta}{a^2 + b^2 \tan^2 \delta} \right]^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (12)$$

3.2 始点 A における点 A , O の座標と R_0

図1において始点 A における輪郭の法線 AO が x , y 軸となす角を δ_1 , α とすれば

$$\delta_1 = 90^\circ - \alpha, \quad \tan \delta_1 = \cot \alpha \dots\dots\dots (13)$$

となるので、 A 点の座標 x_A , y_A は式(10), (11)より

$$x_A = \frac{a^2 \tan \alpha}{\sqrt{a^2 \tan^2 \alpha + b^2}} = \frac{a^2 \sin \alpha}{\sqrt{a^2 \sin^2 \alpha + b^2 \cos^2 \alpha}}, \quad y_A = \frac{b^2}{\sqrt{a^2 \tan^2 \alpha + b^2}} = \frac{b^2 \cos \alpha}{\sqrt{a^2 \sin^2 \alpha + b^2 \cos^2 \alpha}} \dots\dots\dots (14), (15)$$

となり、 O 点の座標 x_O , y_O は式(5)より

$$x_O = \frac{a^2 - b^2}{a^4} x_A^3, \quad y_O = -\frac{a^2 - b^2}{b^4} y_A^3 \dots\dots\dots (16), (17)$$

となり、 A 点の ρ_T は R_0 であるから、式(12)より次式のようになる。

$$R_0 = a^2 b^2 \left[\frac{1 + \tan^2 \alpha}{a^2 \tan^2 \alpha + b^2} \right]^{\frac{3}{2}} = a^2 b^2 \left[\frac{1}{a^2 \sin^2 \alpha + b^2 \cos^2 \alpha} \right]^{\frac{3}{2}} \dots\dots\dots (18)$$

§ 4 往き行程のカムの輪郭の方程式

図1において始点の法線 OA と輪郭上の任意の点の法線 TQ のなす角を ε とし、 ε をパラメーターとしてカムの輪郭の楕円を表示する。

4.1 第1楕円の前半 AB ($0 \leq \varepsilon \leq \alpha$)

図1において ε が0から α まで、すなわち T 点が A 点から B 点までのカムの輪郭を求める。 AB 上の任意の点 T における法線が x 軸となす角を δ とすれば式(13)より

$$\varepsilon = \delta - \delta_1, \quad \delta = \delta_1 + \varepsilon = 90^\circ - (\alpha - \varepsilon) \quad \dots\dots\dots (19)$$

となるから、この δ を式(10), (11)に代入すれば x_T, y_T は次式のようにになる。

$$x_T = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 + b^2 \cot^2(\alpha - \varepsilon)}} = \frac{a^2 \sin(\alpha - \varepsilon)}{\sqrt{a^2 \sin^2(\alpha - \varepsilon) + b^2 \cos^2(\alpha - \varepsilon)}} \quad \dots\dots\dots (20)$$

$$y_T = \frac{b^2 \cot(\alpha - \varepsilon)}{\sqrt{a^2 + b^2 \cot^2(\alpha - \varepsilon)}} = \frac{b^2 \cos(\alpha - \varepsilon)}{\sqrt{a^2 \sin^2(\alpha - \varepsilon) + b^2 \cos^2(\alpha - \varepsilon)}} \quad \dots\dots\dots (21)$$

4.2 第1楕円の後半 BC ($\alpha \leq \varepsilon \leq \alpha + \beta$)

図2においてカムの輪郭上の T 点が楕円 BC 上にある場合を第1楕円の後半とし、曲線 BC の縮閉線は $F_2 F_3$ で、 T 点の曲率中心 Q は $F_2 F_3$ 上にあり、 TQ が AO となす角が ε で、 TQ と y 軸のなす角は $\varepsilon - \alpha$ となる。 TQ と x 軸のなす角を図のように δ とすれば、式(10), (11)から同様に T 点の座標 x_T, y_T は次式のようにになる。

$$x_T = \frac{-a^2}{\sqrt{a^2 + b^2 \tan^2 \delta}}, \quad y_T = \frac{b^2 \tan \delta}{\sqrt{a^2 + b^2 \tan^2 \delta}} \quad \dots\dots\dots (22)$$

しかるに δ は図2から

$$\delta = 90^\circ - (\varepsilon - \alpha), \quad \text{あるいは} \quad \tan \delta = \cot(\varepsilon - \alpha) \quad \dots\dots\dots (23)$$

となるので、式(22)に代入すれば x_T, y_T は次式のようにになる。

$$x_T = \frac{-a^2}{\sqrt{a^2 + b^2 \cot^2(\varepsilon - \alpha)}} = \frac{-a^2 \sin(\varepsilon - \alpha)}{\sqrt{a^2 \sin^2(\varepsilon - \alpha) + b^2 \cos^2(\varepsilon - \alpha)}} \quad \dots\dots\dots (24)$$

$$y_T = \frac{b^2 \cot(\varepsilon - \alpha)}{\sqrt{a^2 + b^2 \cot^2(\varepsilon - \alpha)}} = \frac{b^2 \cos(\varepsilon - \alpha)}{\sqrt{a^2 \sin^2(\varepsilon - \alpha) + b^2 \cos^2(\varepsilon - \alpha)}} \quad \dots\dots\dots (25)$$

C 点の座標 x_C, y_C と C 点の曲率半径 ρ_C は $\varepsilon = \alpha + \beta$ より、あるいは $\varepsilon - \alpha = \beta$ より式(24), (25)から次式のようにになる。

$$x_C = \frac{-a^2 \sin \beta}{\sqrt{a^2 \sin^2 \beta + b^2 \cos^2 \beta}}, \quad y_C = \frac{b^2 \cos \beta}{\sqrt{a^2 \sin^2 \beta + b^2 \cos^2 \beta}} \quad \dots\dots\dots (26)$$

$$\rho_C = \frac{a^2 b^2}{(a^2 \sin^2 \beta + b^2 \cos^2 \beta)^{\frac{3}{2}}} \quad \dots\dots\dots (27)$$

4.3 第2楕円 CD ($\alpha + \beta \leq \varepsilon \leq \Sigma$)

図3において CK を対称軸として楕円 BC とその縮閉線 $F_3 F_2$ の対称曲線を図のように破線 CD と縮閉線 $F_3' F_2'$ で示し、直角座標 $xO_1 y$ の対称座標 $x'O_1' y'$ を図のようにとれば曲線 $F_3' F_2'$ は $F_3 F_2$ に CP を

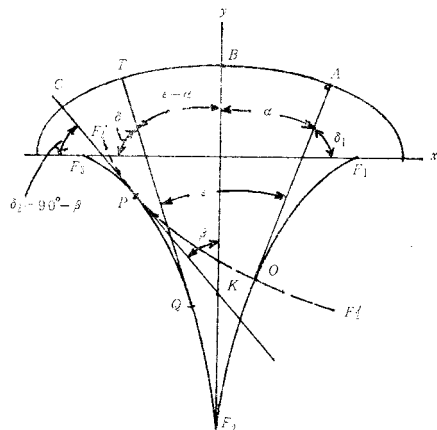


図2 第1楕円の後半の輪郭とその縮閉線

共通接線として P 点で接する。そして曲線 $F_3'F_2'$ は楕円 CD の縮閉線である。この楕円 CD を第2楕円と称する。この縮閉線 $F_3'F_2'$ はカムの回転中心 O を通る必要があり、 β を任意にとることができない。すなわち α が指定されれば曲線 $F_3'F_2'$ が O 点を通るように β が定められる。これについては後述する。

縮閉線 $F_3'F_2'$ 上の O 点より、これに接線を引き、楕円の交点を D とすれば、 D 点は往き行程の終点となる。楕円の法線 CP 、 DO のなす角を γ とす。法線 CP と x 軸の交点を G_2 とすれば x' 軸は G_2 点を、 y' 軸は K 点を通る。

第2楕円 CD 上に任意の点 T をとり、その曲率半径を TQ とすれば、 Q 点は縮閉線 $F_3'F_2'$ 上にある。直角座標 $x'O_1y'$ において TQ と x' 軸の交点を S' 、 $\angle TS'G_2 = \delta'$ とすれば図1に示す第1楕円の前半の場合と同様に式(10)、(11)から x_T' 、 y_T' は次式のようになる。

$$x_T' = \frac{a^2}{\sqrt{a^2 + b^2 \tan^2 \delta'}}, \quad y_T' = \frac{b^2 \tan \delta'}{\sqrt{a^2 + b^2 \tan^2 \delta'}} \quad (28)$$

図3において法線 TQ と OA のなす角を ε とし、 ε と δ' の関係を求めれば、点 C 、 T の法線の交角は $\varepsilon - (\alpha + \beta)$ で、 $\delta_2 = 90^\circ - \beta$ だから

$$\delta' = \delta_2 + \varepsilon - (\alpha + \beta) = 90^\circ - (\alpha + 2\beta - \varepsilon) \quad (29)$$

$$\tan \delta' = \cot(\alpha + 2\beta - \varepsilon) \quad (30)$$

となるので、これを式(30)と式(28)に代入すれば

$$x_T' = \frac{a^2 \sin(\alpha + 2\beta - \varepsilon)}{\sqrt{a^2 \sin^2(\alpha + 2\beta - \varepsilon) + b^2 \cos^2(\alpha + 2\beta - \varepsilon)}} \quad (31)$$

$$y_T' = \frac{b^2 \cos(\alpha + 2\beta - \varepsilon)}{\sqrt{a^2 \sin^2(\alpha + 2\beta - \varepsilon) + b^2 \cos^2(\alpha + 2\beta - \varepsilon)}} \quad (32)$$

となる。 T 点の $x'y'$ 座標を x y 座標に変換して $x_T y_T$ を求める必要がある。

4.4 第2楕円の x y 座標への変換

図3において O_1G_2 の距離を s とすれば式(7)の法線の式の y を零としたときの x が s であり、 x_T を x_c とし、これに式(26)の x_c を代入し、 s の絶対値をとれば次式のようになる。

$$s = \frac{(a^2 - b^2)x_c}{a^2} = \frac{(a^2 - b^2)\sin \beta}{\sqrt{a^2 \sin^2 \beta + b^2 \cos^2 \beta}} \quad (33)$$

次に $x'y'$ 座標を x y 座標に変換すれば次式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} x_T &= (x_T' - s) \cos 2\beta - y_T' \sin 2\beta - s \\ y_T &= (x_T' - s) \sin 2\beta + y_T' \cos 2\beta \end{aligned} \right\} \quad (34)$$

故に式(31)、(32)を式(34)に代入し、 s は式(33)を用いれば第2楕円上の T は x_T 、 y_T 座標で示すことができる。

図3において O_1K の長さを c とすれば、式(7)より $x=0$ とおいたときの $|y|$ が c であるので、式(26)より

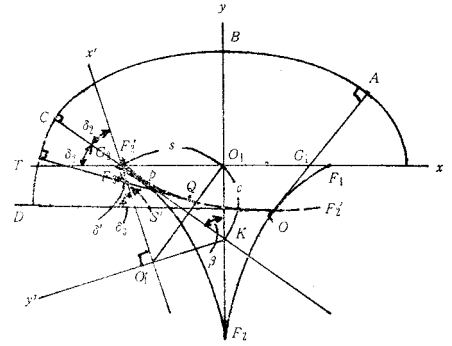


図3 第2楕円の輪郭と縮閉線の座標変換

$$c = \frac{a^2 - b^2}{b^2} y_c = \frac{(a^2 - b^2) \cos \beta}{\sqrt{a^2 \sin^2 \beta + b^2 \cos^2 \beta}} \quad \dots\dots\dots (35)$$

が得られ、 x, y 座標を x', y' 座標に変換すれば次式が得られる。

$$\left. \begin{aligned} x_T' &= c \sin 2\beta + x_T \cos 2\beta + y_T \sin 2\beta \\ y_T' &= -c(1 - \cos 2\beta) - x_T \sin 2\beta + y_T \cos 2\beta \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (36)$$

§ 5 作用角 α を指定して β, γ の決定

5.1 α を指定して β の決定

図3において第2楕円の縮閉線 $F_3'F_2'$ を $x'y'$ 座標で表わせば式(8)より

$$(ax_T')^{\frac{2}{3}} + (by_T')^{\frac{2}{3}} = (a^2 - b^2)^{\frac{2}{3}} \quad \dots\dots\dots (37)$$

となり、この曲線が x, y 座標の O 点を通る必要があるので、式(37)の $x'y'$ 座標を x, y 座標に変換し、それが O 点の座標 x_0, y_0 を通るためには

$$\begin{aligned} a^{\frac{2}{3}}(c \sin 2\beta + x_0 \cos 2\beta + y_0 \sin 2\beta)^{\frac{2}{3}} \\ + b^{\frac{2}{3}}(-c(1 - \cos 2\beta) - x_0 \sin 2\beta + y_0 \cos 2\beta)^{\frac{2}{3}} = (a^2 - b^2)^{\frac{2}{3}} \quad \dots\dots\dots (38) \end{aligned}$$

を満足させなければならぬ。ただし x_0, y_0 は式(14)~(17)より α を指定すれば次式で求まる。

$$x_0 = \frac{a^2(a^2 - b^2) \sin^3 \alpha}{(a^2 \sin^2 \alpha + b^2 \cos^2 \alpha)^{\frac{5}{2}}}, \quad y_0 = \frac{-b^2(a^2 - b^2) \cos^3 \alpha}{(a^2 \sin^2 \alpha + b^2 \cos^2 \alpha)^{\frac{5}{2}}} \quad \dots\dots\dots (39)$$

c は式(35)より β により求まるので、式(38)の左辺が右辺に等しくなるように β を逐次計算によって求める。

5.2 γ の決定

図3において OD と x' 軸の交角を δ_3 とすれば $\delta_3 = \delta_2 + \gamma$, $\delta_2 = 90^\circ - \beta$ から

$$\gamma = \delta_3 - \delta_2 = \delta_3 + \beta - 90^\circ \quad \dots\dots\dots (40)$$

となり、 D 点の $x'y'$ 座標を x_D', y_D' とすれば式(9)より

$$\tan \delta_3 = \frac{a}{b} \times \frac{\sqrt{a^2 - (x_D')^2}}{x_D'} \quad \dots\dots\dots (41)$$

となる。 x_D', y_D' は式(5)より次式のようなになる。

$$x_D' = \frac{a^4}{a^2 - b^2} x_0', \quad y_D' = \frac{-b^4}{a^2 - b^2} y_0' \quad \dots\dots\dots (42)$$

式(36)より x_0, y_0 を x_0', y_0' 座標に座標変換するには次式を用いる。

$$\left. \begin{aligned} x_0' &= c \sin 2\beta + x_0 \cos 2\beta + y_0 \sin 2\beta \\ y_0' &= -c(1 - \cos 2\beta) - x_0 \sin 2\beta + y_0 \cos 2\beta \end{aligned} \right\} \quad \dots\dots\dots (43)$$

よって式(39)より x_0, y_0 を求め、式(43)に代入して x_0', y_0' を求め、式(42)より x_D', y_D' を求め、これを式(41)に代入して δ_3 を求めれば式(40)により γ が決定される。 γ が決定されればカムの作用角 Σ すなわち法線 OA, OD の交角は

$$\Sigma = \alpha + \beta + \gamma \quad \dots\dots\dots (44)$$

となり、そのときの OD すなわち ρ_D の長さを $R_0 + t$, $R_0 = OA$ とすれば式(12)から

$$\rho_D = a^2 b^2 \left[\frac{1 + \tan^2 \delta_3}{a^2 + b^2 \tan^2 \delta_3} \right]^{\frac{3}{2}} \dots \dots \dots (45)$$

となるので、式(41)から $\tan \delta_3$ を求めれば ρ_D が決定され、 t が求まる。

$$t = \rho_D - R_0 \dots \dots \dots (46)$$

5.3 作用角 Σ とカムの高さ t を指定して、 α, β, γ の決定

a, b を仮定し、 α を指定すれば以上の各式から、 β, γ, t を求めることができる。往復従動節のかたより量 e が零の場合は $t = H$ (リフト) となるので、リフト $H = 1$ に指定したい。そこで $e = 0$ の場合、 $t = 1$ を指定すれば、 $t = 1$ とする楕円の長短半径 a', b' と R_0' は次式のようにして求められる。

$$a' = \frac{a}{t}, \quad b' = \frac{b}{t}, \quad R_0' = \frac{R_0}{t}, \quad \frac{a'}{b'} = \frac{a}{b}$$

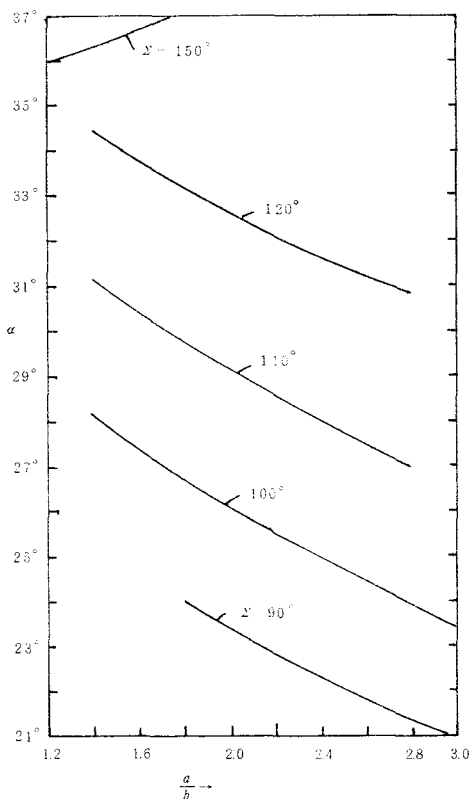


図4 Σ を指定した場合の各 a/b に対する α の値

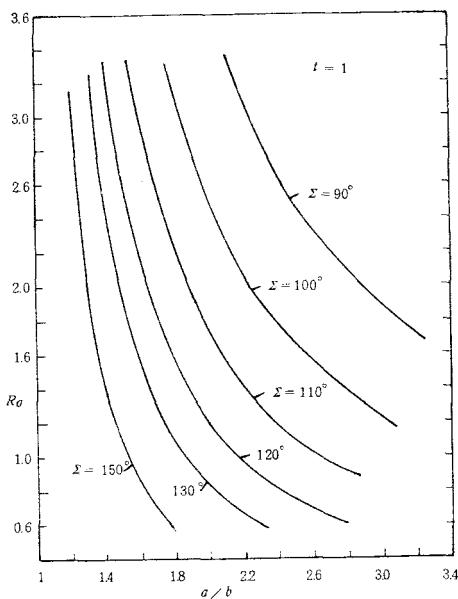


図5 Σ を指定した場合の各 a/b に対する R_0 の値

α, β, γ が定まれば式(44)で作用角 Σ が求まるので α を種々変化させて Σ を指定された値にするように繰返し計算を行った結果を図4と表1に示す。図4から a/b が増加するに従い α が小さくなるが、 $\Sigma = 150^\circ$ の場合は逆になる。

図5は各 a/b に対する R_0 の値で、同じ a/b に対し Σ が小さい程 R_0 が大となり、ナイフエッジ従動節のときは $R_0 = 1 \sim 2$ が望ましいので、 a/b の選定ができる。後に必要なデータとして $\Sigma = 120^\circ$, $t = 1$ の場合を表1に与える。 $t = 1$ で $R_0 = 1 \sim 2$ にするために $a/b = 2.25 \sim 1.6$ とすればよい。

表1 $\Sigma \div 120^\circ, t=1$

	例 1	例 2	例 3	例 4
a/b	2/0.891	2/1	1.8/1.0	1.6/1.0
Σ°	12.00953	120.00009	120.00007	120.00002
a'	1.27914	1.52054	1.83666	2.37996
b'	0.56986	0.76027	1.02037	1.48748
α°	32	32.62011	33.18537	33.80399
β°	52.01054	52.00319	51.99012	51.96709
γ°	35.99898	35.37680	34.82458	34.22894
R'_0	0.92099	1.18754	1.53040	2.10881

§ 6 カムの輪郭 x, y 座標の XY 座標への変換

図6において、図1の OA を X 軸、 O 点を原点とする XY 座標を考える。第1楕円上の T 点の x_T, y_T 座標を求める。 O_1 点より X 軸に垂線を下し、その足を H とし、 $OH=X_0, O_1H=Y_0$ とし、 X_0, Y_0 を求める。 X 軸と x 軸の交点を G_1 とし、 $O_1G_1=p, G_1A=g$ とすれば、 OA と y 軸の交角が α だから式(33)より

$$\begin{aligned} p &= \frac{a^2 - b^2}{a^2} x_A = \frac{(a^2 - b^2) \sin \alpha}{\sqrt{a^2 \sin^2 \alpha + b^2 \cos^2 \alpha}} \\ &= \frac{(a^2 - b^2) \sin \alpha}{A} \dots\dots\dots(47) \end{aligned}$$

ただし $A = \sqrt{a^2 \sin^2 \alpha + b^2 \cos^2 \alpha}$

g は式(14), (15)より

$$g^2 = (x_A - p)^2 + y_A^2 = \frac{b^4}{A^2}, \quad g = \frac{b^2}{\sqrt{a^2 \sin^2 \alpha + b^2 \cos^2 \alpha}} \dots\dots\dots(48)$$

次に式(47), (48)より

$$X_0 = OH = R_0 - g - p \sin \alpha = (a^2 b^2 - A^4) / A^3 \dots\dots\dots(49)$$

$$Y_0 = p \cos \alpha = (a^2 - b^2) \sin \alpha \cos \alpha / A, \quad A = \sqrt{a^2 \sin^2 \alpha + b^2 \cos^2 \alpha} \dots\dots\dots(50)$$

よって図6から

$$\begin{aligned} X_T &= X_0 + x_T \sin \alpha + y_T \cos \alpha \\ Y_T &= Y_0 - x_T \cos \alpha + y_T \sin \alpha \dots\dots\dots(51) \end{aligned}$$

が得られる。 x_T, y_T は式(34)で求める。

図7は表1に示すデータのカムの往き行程の輪郭を前記の各式により計算して示したもので、いずれも滑らかな輪郭である。

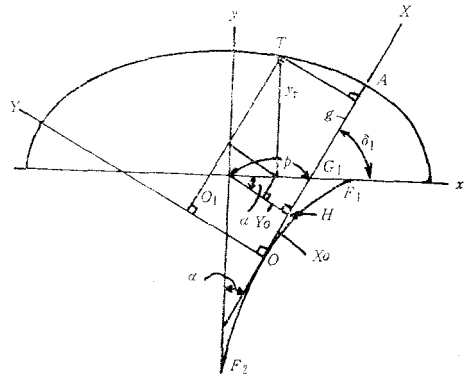


図6 x, y 座標を XY 座標に変換

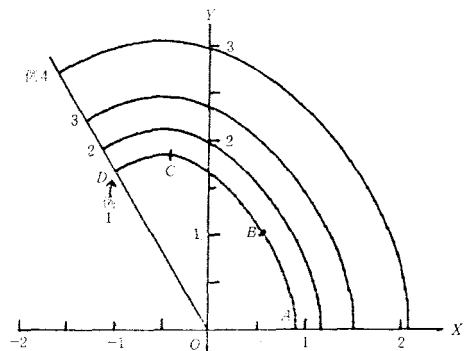


図7 表1のカムの往き行程のカムの輪郭

§ 7 往復円弧従動節の運動

図8においてカムの回転中心 O を原点とし、図のように $\xi\eta$ 座標をとり、 η 軸とカムの X 軸の交角を θ とし、カムは時計回りに ω の角速度で回転するとすれば、 θ はカムの回転角となる。円弧従動節の円弧の中心 M は e だけかたよって η 軸に平行に左側で上下に往復運動するものとする。半径 r の円 M とカムの接触点を T とし、点 T より ξ 軸に垂線 TN を下し、 $ON=\xi_T$ 、 $TN=\eta_T$ 、 $MH=\eta_M$ とし、 T 点における法線と MH の交角を ϕ とすれば、 ϕ は押進め角である。図から次式が成立する。

$$\xi_T = X_T \sin \theta - Y_T \cos \theta \quad (52)$$

$$\eta_T = Y_T \sin \theta + X_T \cos \theta \quad (53)$$

$$e = -\xi_T - r \sin \phi \quad (54)$$

$$\eta_M = \eta_T + r \cos \phi \quad (55)$$

図の接触点 T におけるカムの輪郭の接線と X 軸の交角を τ とすれば、 τ は次式で求められる。

$$\tan \tau = \frac{dY_T}{dX_T}, \quad \tau = \theta + 90^\circ - \phi \quad (56), (57)$$

T 点のカムの輪郭の法線が ξ 軸との交点を P とすれば P はカム1と従動節2の瞬間中心 I_{12} で、 $OP = dh/d\theta$ だから、押進め角 ϕ は次式のようになる。

$$\tan \phi = -\frac{dh/d\theta - e}{\eta_M} \quad (58)$$

従動節の円弧の中心 M の変位を h で示し、従動節が下降停留点にくるのは A 点で円弧と接する所で、そのときの M 点の高さを k とすれば

$$h = \eta_M - k, \quad k = \sqrt{(R_0 + r)^2 - e^2} \quad (59), (60)$$

となる。式(51)を θ で微分すれば次式が得られる。

$$\frac{dX_T}{d\theta} = \frac{dx_T}{d\theta} \sin \alpha + \frac{dy_T}{d\theta} \cos \alpha, \quad \frac{dY_T}{d\theta} = -\frac{dx_T}{d\theta} \cos \alpha + \frac{dy_T}{d\theta} \sin \alpha \quad (61)$$

$$\tan \tau = \tan(90^\circ + \theta - \phi) = -\cot(\theta - \phi) \quad (62)$$

次にパラメータ ε に対する θ を求めるには OA すなわち X 軸と TP の交角は ε であるので

$$\phi = \theta - \varepsilon \quad (63)$$

となるから、式(54)、(52)より

$$e = -X_T \sin \theta + Y_T \cos \theta - r \sin(\theta - \varepsilon) \quad (64)$$

より、未定係数法で θ を求めれば

$$\theta = \cos^{-1} \frac{e}{\sqrt{(X_T + r \cos \varepsilon)^2 + (Y_T + r \sin \varepsilon)^2}} - \tan^{-1} \frac{X_T + r \cos \varepsilon}{Y_T + r \sin \varepsilon} \quad (65)$$

が得られる。もし $e=0$ の場合は次式のようになる。

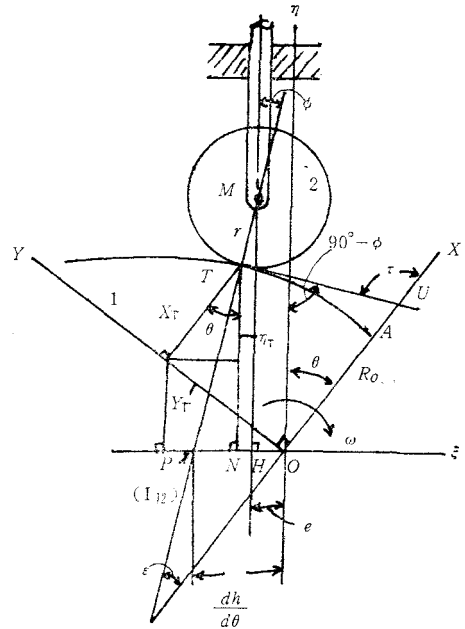


図8 往復円弧従動節の運動、 XY 座標の $\xi\eta$ 座標への変換

$$e=0, \theta=\tan^{-1} \frac{Y_T+r \sin \varepsilon}{X_T+r \cos \varepsilon} \quad \dots\dots\dots(66)$$

式(65), (66)の X_T , Y_T は式(51)で与えられる。

7.1 第1楕円における運動 ($0 \leq \varepsilon \leq \alpha + \beta$)

第1楕円の前半すなわち楕円 AB において, x_T , y_T は式(20), (21)で与えられ, 第1楕円の後半すなわち楕円 BC において x_T , y_T は式(24), (25)で与えられるが, $\sin(\alpha - \varepsilon) = -\sin(\varepsilon - \alpha)$, $\cos(\alpha - \varepsilon) = \cos(\varepsilon - \alpha)$ となるから, 式(20), (21)と式(24), (25)は ε の α より大小にかかわらず同一なので, 式(20), (21)は $\varepsilon > \alpha$ の場合にも使用される。よって第1楕円において

$$x_T = \frac{a^2 \sin(\alpha - \varepsilon)}{P}, \quad y_T = \frac{b^2 \cos(\alpha - \varepsilon)}{P}, \quad P = \sqrt{a^2 \sin^2(\alpha - \varepsilon) + b^2 \cos^2(\alpha - \varepsilon)} \quad \dots\dots\dots(67), (68), (69)$$

となり, この式を θ で微分すれば次式となる。

$$\frac{dP}{d\theta} = -\frac{1}{P} \left[(a^2 - b^2) \sin(\alpha - \varepsilon) \cos(\alpha - \varepsilon) \left(-\frac{d\varepsilon}{d\theta} \right) \right] \quad \dots\dots\dots(70)$$

$$\frac{dx_T}{d\theta} = \frac{a^2 b^2}{P^3} \cos(\alpha - \varepsilon) \left(-\frac{d\varepsilon}{d\theta} \right), \quad \frac{dy_T}{d\theta} = -\frac{a^2 b^2}{P^3} \sin(\alpha - \varepsilon) \left(-\frac{d\varepsilon}{d\theta} \right) \quad \dots\dots\dots(71), (72)$$

式(71), (72)を式(61)に代入すれば次式を得る。

$$\frac{dX_T}{d\theta} = -\frac{a^2 b^2}{P^3} \sin \varepsilon \left(\frac{d\varepsilon}{d\theta} \right), \quad \frac{dY_T}{d\theta} = \frac{a^2 b^2}{P^3} \cos \varepsilon \left(\frac{d\varepsilon}{d\theta} \right) \quad \dots\dots\dots(73), (74)$$

次に $d\varepsilon/d\theta$ を求めるために式(64)を θ で微分すれば

$$0 = -\frac{dX_T}{d\theta} \sin \theta - X_T \cos \theta + \frac{dY_T}{d\theta} \cos \theta - Y_T \sin \theta - r \cos(\theta - \varepsilon) \left(1 - \frac{d\varepsilon}{d\theta} \right)$$

となり, これから

$$X_T \cos \theta + Y_T \sin \theta + r \cos(\theta - \varepsilon) = -\frac{dX_T}{d\theta} \sin \theta + \frac{dY_T}{d\theta} \cos \theta + r \cos(\theta - \varepsilon) \left(\frac{d\varepsilon}{d\theta} \right)$$

左辺は η_M であるので, 右辺に式(73), (74)を代入し,

$$\eta_M = \left\{ \frac{a^2 b^2}{P^3} \sin \varepsilon \sin \theta + \frac{a^2 b^2}{P^3} \cos \varepsilon \cos \theta + r \cos(\theta - \varepsilon) \right\} \frac{d\varepsilon}{d\theta}$$

から次式が得られる。

$$\frac{d\varepsilon}{d\theta} = \frac{\eta_M}{\left(\frac{a^2 b^2}{P^3} + r \right) \cos(\theta - \varepsilon)} \quad \dots\dots\dots(75)$$

よって h は式(59), (54), (53)から次式のようになる。

$$h = \eta_M - k = X_T \cos \theta + Y_T \sin \theta + r \cos(\theta - \varepsilon) - \sqrt{(R_0 + r)^2 - \varepsilon^2} \quad \dots\dots\dots(76)$$

上式を θ で微分し, 式(64), (73), (74), (75)を代入すれば

$$\frac{dh}{d\theta} = \eta_M \tan(\theta - \varepsilon) + e \quad \dots\dots\dots(77)$$

上式を θ で微分すれば, 加速度として次式が得られる。

$$\frac{d^2h}{d\theta^2} = -\frac{dh}{d\theta} \tan(\theta - \varepsilon) + \frac{\eta_M}{\cos^2(\theta - \varepsilon)} \left(1 - \frac{d\varepsilon}{d\theta}\right) \quad (78)$$

7.2 第2楕円における運動 ($\alpha + \beta \leq \varepsilon \leq \Sigma$)

図1の第2楕円 CD の輪郭の方程式は式(31), (32)より $x'y'$ 座標で次式で示される。

$$x_T' = \frac{a^2}{Q} \sin(\alpha + 2\beta - \varepsilon), \quad y_T' = \frac{b^2}{Q} \cos(\alpha + 2\beta - \varepsilon) \quad (79)$$

$$Q^2 = a^2 \sin^2(\alpha + 2\beta - \varepsilon) + b^2 \cos^2(\alpha + 2\beta - \varepsilon) \quad (80)$$

式(79), (80)を θ で微分すれば次式のようになる。

$$\frac{dQ}{d\theta} = \frac{1}{Q} (a^2 - b^2) \sin(\alpha + 2\beta - \varepsilon) \cos(\alpha + 2\beta - \varepsilon) \left(-\frac{d\varepsilon}{d\theta}\right) \quad (81)$$

$$\frac{dx_T'}{d\theta} = -\frac{a^2 b^2}{Q^3} \cos(\alpha + 2\beta - \varepsilon) \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad \frac{dy_T'}{d\theta} = \frac{a^2 b^2}{Q^3} \sin(\alpha + 2\beta - \varepsilon) \frac{d\varepsilon}{d\theta} \quad (82)$$

$x'y'$ 座標の x, y 座標への変換式(34)を θ で微分し, 式(82)を代入すれば次式が得られる。

$$\frac{dx_T}{d\theta} = -\frac{a^2 b^2}{Q^3} \cos(\alpha - \varepsilon) \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad \frac{dy_T}{d\theta} = \frac{a^2 b^2}{Q^3} \sin(\alpha - \varepsilon) \frac{d\varepsilon}{d\theta} \quad (83)$$

x, y 座標の X, Y 座標への変換式(51)を θ で微分し, 式(83)を代入すれば次式が得られる。

$$\frac{dX_T}{d\theta} = -\frac{a^2 b^2}{Q^3} \sin \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta}, \quad \frac{dY_T}{d\theta} = \frac{a^2 b^2}{Q^3} \cos \varepsilon \frac{d\varepsilon}{d\theta} \quad (84)$$

次に $d\varepsilon/d\theta$ を求めるには前と同様式(64)を θ で微分して式(84)を代入すれば次式のようになる。

$$\frac{d\varepsilon}{d\theta} = \frac{\eta_M}{\left(\frac{a^2 b^2}{Q^3} + r\right) \cos(\theta - \varepsilon)} \quad (85)$$

この式において第1, 第2楕円の場合は P と Q が異なるだけであるが, 式(75), (85)の $a^2 b^2 / P^3$, $a^2 b^2 / Q^3$ は式(18)からもわかるようにカムの輪郭の曲率半径である。よって $d\varepsilon/d\theta$ はカムのピッチ曲線の曲率半径に逆比例することがわかるので, 曲率半径が小さい所では $d\varepsilon/d\theta$ が非常に大きくなる。

次に式(76)を θ で微分すれば $dh/d\theta$, $d^2h/d\theta^2$ は第1楕円の場合と同様に式(77), (78)で求められる。

$$\frac{dh}{d\theta} = \eta_M \tan(\theta - \varepsilon) + e \quad (86)$$

$$\frac{d^2h}{d\theta^2} = \frac{dh}{d\theta} \tan(\theta - \varepsilon) + \frac{\eta_M}{\cos^2(\theta - \varepsilon)} \left(1 - \frac{d\varepsilon}{d\theta}\right) \quad (87)$$

式(87)から $d\varepsilon/d\theta$ が非常に大きくなれば $d^2h/d\theta^2$ の値は負の場合大きな値となることがわかるのみならず式(76)よりカムの輪郭により η_M が定まるので, カムの輪郭が楕円以外の曲線の場合においても, 一般的に曲率半径が急に小さくなる場合は最小曲率半径の所で負の加速度が最大値をとることがわかる。

7.3 計 算 例

作用角 $\Sigma = 120^\circ$ の場合の表1の例1のデータで, $e = 0$ で $r = 0, 2, 100$ の場合の $d^2h/d\theta^2$ をカム回転角 θ を横軸として図9に示す。図から $r = 0$ のナイフエッジの場合は接合点 C における負の加速度が極端

に大となり、 $r=100$ のように r を大にすると接合点 B の加速度が C 点に比し少し大となることがわかる。 B, C 点の加速度をほぼ等しくするには $r \div 10$ となり、この種のカムは r を比較的大にせねばならぬ。

図10は図9と同じデータで $r=10$ の場合の従動節の変位、速度、加速度の $h, dh/d\theta, d^2h/d\theta^2$ を求めたもので B, C 点の $d^2h/d\theta^2$ がほぼ等しく、 ± 1.6 である。加速度曲線はほぼサイクロイダルカムの場合に似ている。

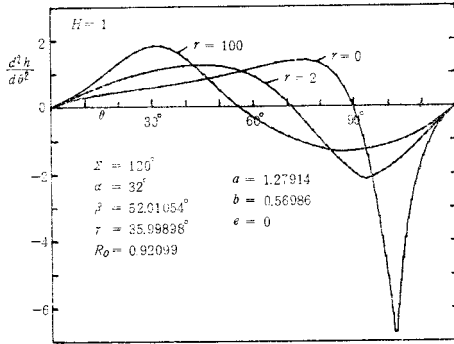


図9 表1の例1のデータで $r=0, 2, 100$ の場合の従動節の加速度

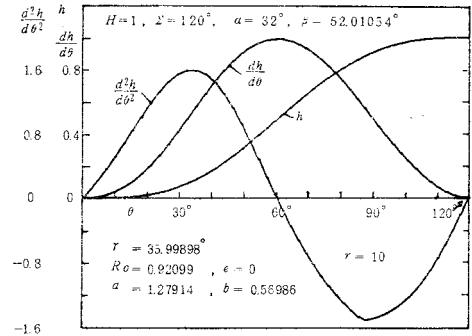


図10 表1の例1のデータで $r=10$ の場合の従動節の運動

§ 8 カムの押進め角、曲率半径と滑り率

カムの押進め角 ϕ は図8に示され、式(58)より求められる。

カムの曲率半径 ρ_T は式(6)より、 \overline{TP} は図8より次式のようになる。

$$\rho_T = \frac{(a^4 y_T^2 + b^4 x_T^2)^{3/2}}{a^4 b^4} = \frac{[a^4 - (a^2 - b^2)x_T^2]^{3/2}}{a^4 b} \dots\dots\dots (88)$$

$$\overline{TP} = \sqrt{(dh/d\theta - e)^2 + \eta_M^2} - r \dots\dots\dots (89)$$

カムと従動節の滑り率をそれぞれ σ_1, σ_2 とすれば前報¹⁾より次式のようになる。

$$\sigma_1 = \frac{\rho_T + r}{\rho_T} \cdot \frac{\overline{TP}}{r + \overline{TP}}, \quad \sigma_2 = \frac{\rho_T + r}{r} \cdot \frac{\overline{TP}}{\rho_T - \overline{TP}} \dots\dots\dots (90), (91)$$

図11は表1の図10の場合の $\phi, \rho_T, \sigma_1, d^2h/d\theta^2$ をパラメーター ε を横軸として描いたもので、 $e=0$ としてある。

図から $\phi_{max} \div 5^\circ$ で非常に小さい。これは $r=10$ で r が大きいからである。接合点 C の加速度を小にするために r を大きくしなければならぬ。 r を大きくすると ϕ_{max} が小さくなり、これが小さければかたより量 e は零でよい。

カムの最大滑り率 σ_{1max} は接合点 C に生ずることがわかり、 $\sigma_{1max} \div 3.7$ でもし $r=100$ とすれば $\sigma_{1max} \div 4$ となり、 σ_{1max} として8以下であればよいから r は大きくてもよい。

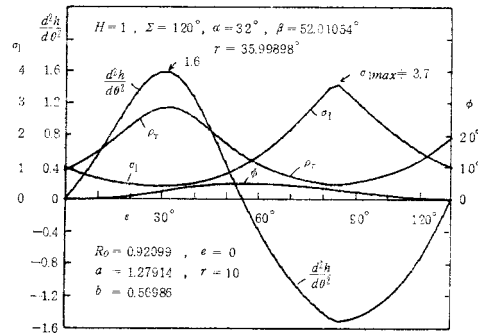


図11 図10の場合の $\phi, \rho_T, \sigma_1, d^2h/d\theta^2$

従動節の滑り率 σ_2 については r が大きく、 ϕ_{mar} が小さいので従動節の圆弧上の長さ $r\phi$ を横軸に σ_2 を縦軸に図12で示す。図から往き行程の両端で $\sigma_2 = \infty$ となり途中は低い値である。

§ 9 戻り行程のカムの輪郭

9.1 従動節上の上昇停留点におけるカムの輪郭 ($\Sigma \leq \varepsilon \leq \Sigma + \theta_d$)

図13に示すように、従動節上の上昇停留点におけるカムの回転角を θ_d とすれば、曲線 DD' は O 点を中心とする圆弧だから、 D 点の曲率半径 $OD = \rho_D$ 、 δ_3 は式(45)、(41)より次のようになる。

$$\rho_D = a^2 b^2 \left[\frac{1 + \tan^2 \delta_3}{a^2 + b^2 \tan^2 \delta_3} \right]^{\frac{3}{2}},$$

$$\delta_3 = 90^\circ - \beta + \gamma \dots \dots \dots (92)$$

圆弧 DD' 上の T 点の X_T 、 Y_T は次式のようになる。

$$X_T = \rho_D \cos \varepsilon, \quad Y_T = \rho_D \sin \varepsilon \dots \dots \dots (93)$$

9.2 戻り行程のカムの輪郭

$$(\Sigma + \theta_d \leq \varepsilon' \leq 2\Sigma + \theta_d)$$

図13で戻り行程のカムの作用角 $D'O'A'$ を Σ に等しくとれば、 $\varepsilon = \Sigma + \theta_d/2$ の線で楕円 AD と $A'D'$ は対称となるので、 OA' を X' 軸、それに直角に Y' 軸の $X'Y'$ 座標をとり、カムの下降停留点の停留角 $AOA' = \theta_e$ とすれば θ_e は次式のようになる。

$$\theta_e = 360^\circ - 2\Sigma - \theta_d \dots \dots \dots (94)$$

今戻り行程のカムの楕円 $A'D'$ 上に T' 点を取り、その法線が X 軸との交角を ε' とし、 T' 点の $X'Y'$ 座標を $X_{T'}$ 、 $Y_{T'}$ とす。 T' の対称点 T を楕円 AD 上にとり、その XY 座標を X_T 、 Y_T とし、 T 点の法線と X 軸の交角を ε とすれば次の関係式が得られる。

$$X_{T'} = X_T, \quad Y_{T'} = Y_T \dots \dots \dots (95)$$

$$\varepsilon' - \theta_d - \Sigma = \Sigma - \varepsilon, \quad \varepsilon = 2\Sigma + \theta_d - \varepsilon' \dots \dots \dots (96)$$

T' 点より X' 、 X 軸に垂線を下し、その足を K 、 H とし、 K 点より X 軸に垂線 KN を下し、 T' 点より KN に垂線 $T'L$ を下せば $\angle HT'K = \theta_e$ となるので、 $OH = X_T''$ 、 $T'H = Y_T''$ とすれば

$$X_T'' = X_{T'} \cos \theta_e - Y_{T'} \sin \theta_e, \quad Y_T'' = -X_{T'} \sin \theta_e - Y_{T'} \cos \theta_e$$

となるので、式(95)よりこれは次式のようになる。

$$X_T'' = X_T \cos \theta_e - Y_T \sin \theta_e, \quad Y_T'' = -X_T \sin \theta_e - Y_T \cos \theta_e \dots \dots \dots (97)$$

式(96)により ε' を ε になおし、 T 点の X_T 、 Y_T を求めて式(97)より T' 点の X_T'' 、 Y_T'' を求めれば、こ

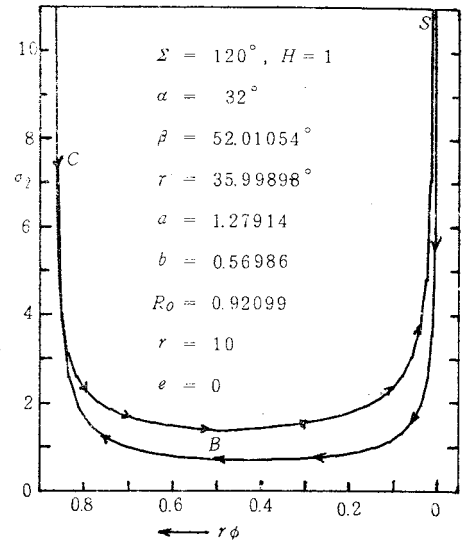


図12 図10の場合の従動節の圆弧上の σ_2

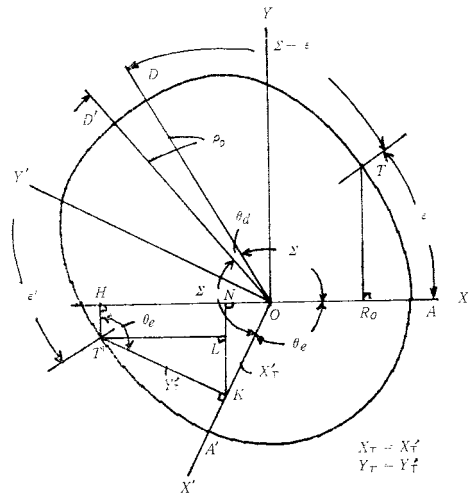


図13 戻り行程のカムの輪郭

れが $A'D'$ の輪郭を与える。

9.3 従動節の下降停留点のカムの輪郭 ($2\Sigma + \theta_d \leq \varepsilon' \leq 360^\circ$)

図13で円弧 AA' はカムの基礎円で、この円の座標 X_T, Y_T は次式のようになる。

$$X_T = R_0 \cos \varepsilon', \quad Y_T = R_0 \sin \varepsilon' \dots \dots \dots (98)$$

9.4 計 算 例

例えば表1の例1のデータで $\theta_d = 30^\circ$, $\theta_e = 90^\circ$ とし、式(93), (97), (98)を用いて、カムの全輪郭を描いたものを図14に示す。図は電算機とプロッターを使用して描かされたものである。また写真1は $\theta_d = 0^\circ$, $\theta_e = 120^\circ$ の表1の例1のカムをNCフライスで製作したものである。

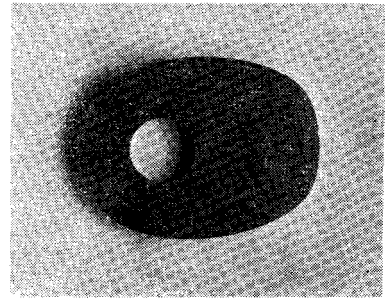
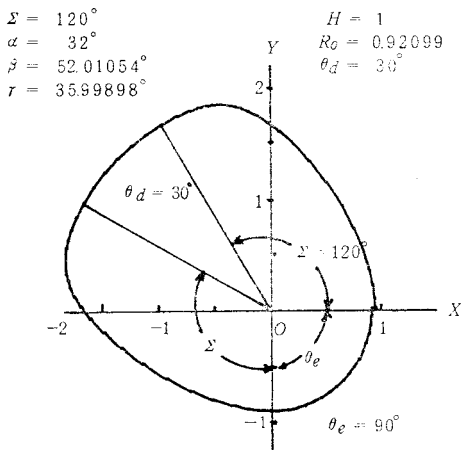


写真1 図10のカム ($\theta_d = 0^\circ$, $\theta_e = 120^\circ$)

図14 図10のカムの全輪郭, $\theta_d = 30^\circ$, $\theta_e = 90^\circ$

§ 10 結 論

以上により楕円曲線を接合したカムで往復円弧従動節の運動、押進め角、滑り率について次の結論が得られた。

(1) 各行程に2つの楕円をその縮閉線が接するように接合し、縮閉線の交点をカムの回転中心とすれば、行程の始点、終点における加速度を零にすることができる。(2) 接合点の加速度は接合点の曲率半径を大にするか、従動節の円弧半径を大にすることによって減少できる。(3) ナイフエッジ従動節は使用できない。(4) 正負の最大加速度をほぼ等しくした場合は加速度曲線はサイクロイダルカムのそれに似てくる。(5) 従動節の円弧半径が大きいため、最大押進め角が少なく、かたよりカムにする必要がない。(6) カムの最大滑り率は円弧半径が大きくなれば大となるが、最大の場合でも小さいので無視できる。(7) 従動節の滑り率は各行程の始点と終点で無限大となるので、従動節の接触の両端と中央で無限大となり、ローラ従動節が摩耗の点から望ましい。

以上により2つの楕円を接合したカムについて論じたが第1楕円を2つの楕円に分け、3つの楕円を接合したカムも考えられるので、これについては次の機会に論ずる。本研究は本校学生大田宏明、河野雅希両君の協力を得た。

文 献

- 1) 糸島寛典：カムの滑り率の研究 (第1報), 呉高専研究報告, 1-1, 1965

(昭和54年4月15日受付)

快 適 照 度 の 研 究

(電気工学科) 原 田 一 彦

A Study of Agreeable Illuminance

Kazuhiko HARADA

Recently, a lighting has become high illuminance in general. And, as a cool white fluorescent lamp is very luminous, it is more often used for general lighting. However, agreeable illuminance is not always proportional to the luminous flux. It is considered that agreeable illuminance is influenced by color temperature and color rendering properties of the lamps.

Therefore, we studied the apparent visibility of colorful fruits and greens, and office room under several fluorescent lamps for an energy saving. And, we compared the lower value of agreeable illuminance of them.

The following results were obtained;

The apparent visibility of the objects is not decided only by the luminous flux.

As for rendering fluorescent lamps and three band luminescence type fluorescent lamps, the efficiency of the apparent visibility under good color is about 30% better than cool white ones.

§ 1 緒 言

豊富で良質、しかも経済的な石油エネルギーの供給と新しい人工光源の開発、文化水準の向上ならびに経済的余裕等から、照明は次第に明るいことが要求され、各国の推奨照度も高照度化に推移してきた。しかし、昨今の石油事情により、このことは反省せざるを得ない状態となった。エネルギーの節約は、国を挙げて検討され、実施されようとしている。照明関係でも、省エネルギーを目的とした人工光源が開発されるようになった。

本研究は、省エネルギーの一環として、人工光源として我が国では最もよく普及していけるけい光ランプの一般形、高演色形および三波長域発光形ランプの照明下において、快適に見えると感じる下限の照度について基礎的な主観評価実験をし、検討を加えたものである。

§ 2 快適照明の条件

人間の感覚のうち、87%は視覚とされている。したがって、人間の得られる情報の大部分は眼から得ているわけで、照明が生活環境にとっても大切な要素を占めるということは、明白である。

図1¹⁾に示すように、照明の質が良ければ明るいほど良く見えるといわれている。これによれば、よく見えるようにするには、経済性を無視して照度を上げなければならないこととなる。しかし 図2²⁾

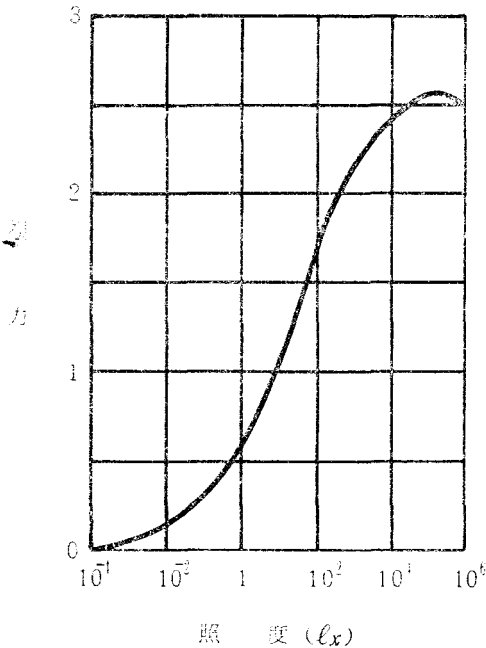


図1 照度と視力との関係

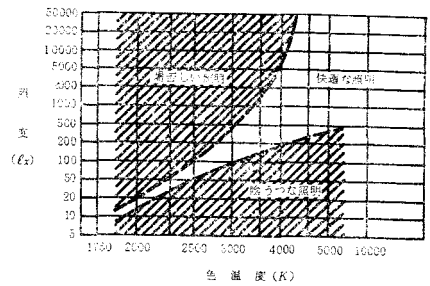


図2 光色と照度によるふんい気

でわかるように、快適な照明と感じられる範囲の照度は光源の色温度と関係があり、光源の色温度によって制約を受ける。さらに、光源の演色性が、快適照明の条件に大きな役割をなすことが考えられる。最近、見えの明るさについて色温度よりも演色性の影響が大きいとの発表がなされている³⁾。

§ 3 実験および考察

使用したけい光ランプは、一般形として白色、温白色および昼光色の3種類、高演色性ランプとしてデラックス、効果演色用および色評価用純正色の3種類と最近開発された三波長域発光形の7種類である。表1は、供試けい光ランプの色温度を示したものである。

被験者は、17～19歳の学生で、視力・色覚ともに正常な男女10名ずつである。実験は2種類行い、実験1として、 $1m \times 1m \times 3.9m$ の白色塗装をした板で囲んだ枠を3つに仕切り、40W直付2灯用器具を上部に取付け一度に3種類のランプについて実験ができるようにした。なかにりんご、バナナ、みかん、ピーマン、くり、なす、ぶどうの赤から紫までの色の生果物を置き、これらを測定の対象物とした。2m離れた位置から被験者に、調光器を調節させて対象物が快適に見える下限の明るさにさせ、その照度を測定した。図3は、その結果である。実験後、アンケートにより対象物のうち、どれを基準にして明るさを決めたかを調査したところ、バナナと答えた者が35%と一番多く、りんご20%、全体15%、みかん10%の順であった。

実験2は、一般事務室と同様の実験室を利用した。天井と壁は白色、床は灰色である。天井に40W直付2灯用の器具を3組取付けて全般照明とし、その直下に上面が茶色で $90cm \times 150cm$ の大きさの机を置いた。机上面には、本を1冊置き、片方に2名、合計4名の被験者を座

表1 供試けい光ランプの色温度

3,500K	3,700K	4,200K	5,000K	6,500K
温白色	効果演色 照明用	白色	デラックス 色評価用 純正色	昼光色
			三波長域 発光形	

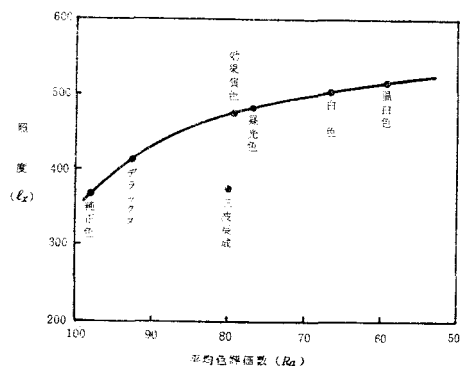


図3 実験1の場合の平均色評価数と快適照度の下限

らせて、実験1と同様の測定を行った。ただし、対称物は指定せずに実施させ、実験後になにを対称物にしたかを調査した。実験結果が図4である。対称物の調査結果は、顔と部屋全体が25%と同数で、本20%、机15%の順であった。これからして、一般事務室の照明を決定するのに、顔の見え方と部屋全体の見え方が重要な要素であることがわかる。

今回の実験では、5,000Kの色温度のけい光ランプが好まれ、見え方も良い結果となった。また、実験1と2では、後者の方が若干照度が高くなったが、1のような鮮やかな色彩に富んだ対称物が視野になかったものが影響していると考えられる。

いままで、一般事務室の照明には、光束数の多い白色けい光ランプを使用するのが普通であった。しかし、高演色性のランプを使用すれば、光束数の少ないことを考慮に入れても実質的な効率は良くなる。また、JISの推奨照度の幅の中で、下限に近い照度で満足できるという結果となった。最近開発された三波長域発光形ランプは、 R_a が80と高演色性のランプに比較すれば低いが、主観的評価では効率は同等で、白色けい光ランプよりも約30%は良いという結果が得られた。今後注目すべきけい光ランプであるといえる。

§ 4 結 言

実際の見え方からすれば、光束が多いことが必ずしも明るく、快適に見えるということにはならず、高演色性のけい光ランプや三波長域発光形のけい光ランプは実質的には効率が良く約30%も向上する結果となった。これにより、省エネルギーの立場から、使用する場所や対称物等によってけい光ランプの選択を適切にすべきであり、検討の余地があるといえる。

最後に、実験に協力して下さった学生諸君に厚く感謝する。

参 考 文 献

- 1) 電気学会：照明工学（改訂版）15
- 2) 照明学会：店舗照明の実例 18
- 3) 瀧田他：昭和54年照明学会全国大会論文集 63

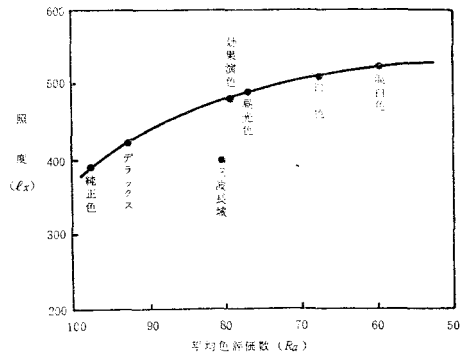


図4 実験2の場合の平均色評価数と快適照度の下限

(昭和54年4月15日受付)

コンクリート杭の打撃引張応力の推定に関する研究

(土木工学科) 久 良 喜 代 彦

A Study on the Prediction of Driving Tensile Stress in a Concrete Pile

Kiyohiko KURO

Using Smith's numerical method of a concrete pile driving, the prediction of driving tensile stress in a concrete pile was investigated.

The driving records of field tests were compared with the theoretical values calculated by the numerical method.

The effects of factors such as the hammer weight, the driving efficiency of the diesel hammer, the explosive force of the diesel hammer, the cushion stiffness, the internal friction of the concrete pile and the soil resistance on the driving tensile stress were examined.

It is concluded that the numerical method is valid for prediction of driving tensile stress of concrete pile.

§ 1 ま え が き

コンクリート杭は引張耐力が小さいので、それをおぎなう意味でP C杭が使用されるようになってきた。それでも、長い杭を軟弱地盤に打込むような場合には引張クラックが生ずることがしばしば報告されている^{1),2)}。したがって、長い杭を使用する場合には引張応力の評価が必要と思われるが、この点については従来ごく僅かな提案²⁾がなされているに過ぎない。

引張応力の推定には波動理論に基づく数値解析法^{3),4),5)}によるのが最も合理的であるが、従来の適用例については引張応力の理論値は一般に実測値より高く出過ぎるという批判がなされている⁶⁾。

すでに模型杭による実験⁷⁾を行い、数値解析法は引張応力の発生状況をかなり忠実に追跡することが出来ることを指摘したが、本研究ではさらに、主として杭打ちに関する計測データについて検討することを通じて、

- i 数値解析法の引張応力推定に関する適用性について検討する。
- ii さらに、各種打撃条件の引張応力におよぼす影響について調査する。

§ 2 引張応力の理論値と計測値との比較

(1) 計 測 例

本節では次の2計測例における実測応力波形とそれに対する理論波形とを比較することにする。

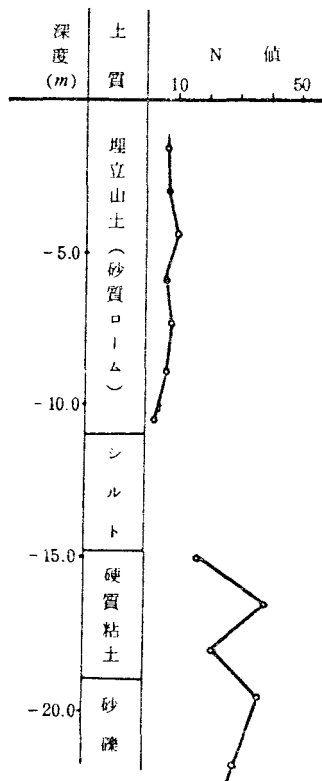
計測例1* 杭, 打撃条件, 実験地盤は次の通りである。

ハンマー: 神鋼K-22 ディーゼル・ハンマー

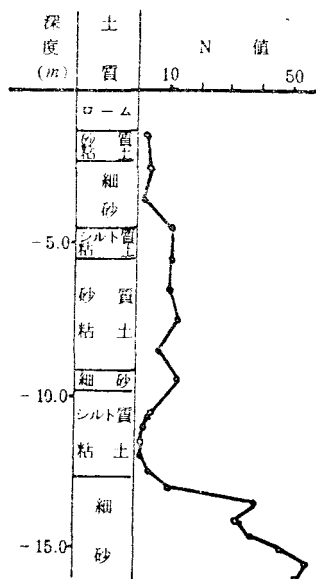
クッション：杉角10cm厚

杭：長さ $11 \times 2 = 22m$ ，杭径35cm，壁厚6.5cm，プレストレス量 $51.7kg/cm^2$

地盤：団質柱状図を図1-aに示す。



a. 計測例-1



b. 計測例-2

図1 計測例の土質柱状図

打込み深度：①—13m（落高120cm，貫入量2.2cm）

②—19m（落高165cm，貫入量0.5cm）

* 日本鋼管福山製鉄所建設工事

計測例2⁸⁾

ハンマー：D-35ハンマー

クッション：かし7cm厚

杭：杭長15m，杭径50cm，壁厚9cmのP C杭

地盤：土質柱状図を図1-bに示す。

打込み深度：-6m（落高110cm，貫入量3.6cm）

(2) 計算に用いる諸定数

理論波形としては数値解析法を普通の仕方で適用することによって得られるもののほかに，ハンマー，クッション，杭，地盤の系列からハンマーおよびクッションを取りのぞき，杭頭近傍における実測

応力 $\sigma_h(t)$ と杭断面積 A_p との積 $F_h(t) = \sigma_h(t) \cdot A_p$ を直接杭頭に作用させる方法によって得られるものを求めた。

いずれの場合にも杭コンクリート内部摩擦を考慮することにし、内部摩擦係数の値としては $B = 0.0001 \text{ sec}$ を用いることにする。

ここで内部摩擦の引張応力におよぼす影響の 1 例を表 1 に示す。数値解析法を普通の仕方で適用する場合にはハンマーの打撃効率およびディーゼル・ハンマーの爆発力については次のようにする。

i ハンマーの打撃効率

ディーゼル・ハンマーの打撃効率 e はシリンダー内の究気圧縮によるエネルギー損失のために 0.8 を越えることはない。 $e = 0.8$

として得られる杭頭応力計算値は実測値より 3 割程度高めの値を与えるように思われる。

杭頭端面における圧縮応力を問題にする時にはこの値は杭頭近傍における高歪圧縮波の減衰および偏打を考慮に入れると杭頭端面に生ずる圧縮応力の上限を与えるとしてよいものと思われる。しかし、引張応力の推定にあたっては上述の偏打および高歪圧縮波の減衰は考慮に入れる必要はないので本研究では杭頭応力の理論値がその実測値とおおむね一致するように打撃効率をえらぶことにする。

ii ディーゼル・ハンマーの爆発力

ディーゼル・ハンマーではラムとピストンとの衝突後、圧縮された空気に燃料が噴射されて爆発が生ずる。これによる圧力は最大で $50 \sim 80 \text{ kg/cm}^2$ まで上昇し、この圧力によって杭に伝わる応力波の主要部は約 4 msec 程度持続すると言われている^{9), 10), 11), 12)} (図 2)。

表 1 内部摩擦の引張応力におよぼす影響

地盤抵抗 (t)	最大引張応力(kg/cm ²)	
	$B = 0.0$	$B = 0.0001 \text{ sec}$
25	92	80
50	65	58
100	33	30
200	40	14

杭長 13cm, 杭径 35cm, ハンマー 2.2 t, 有効落高 100cm, クッション 125kg/cm²

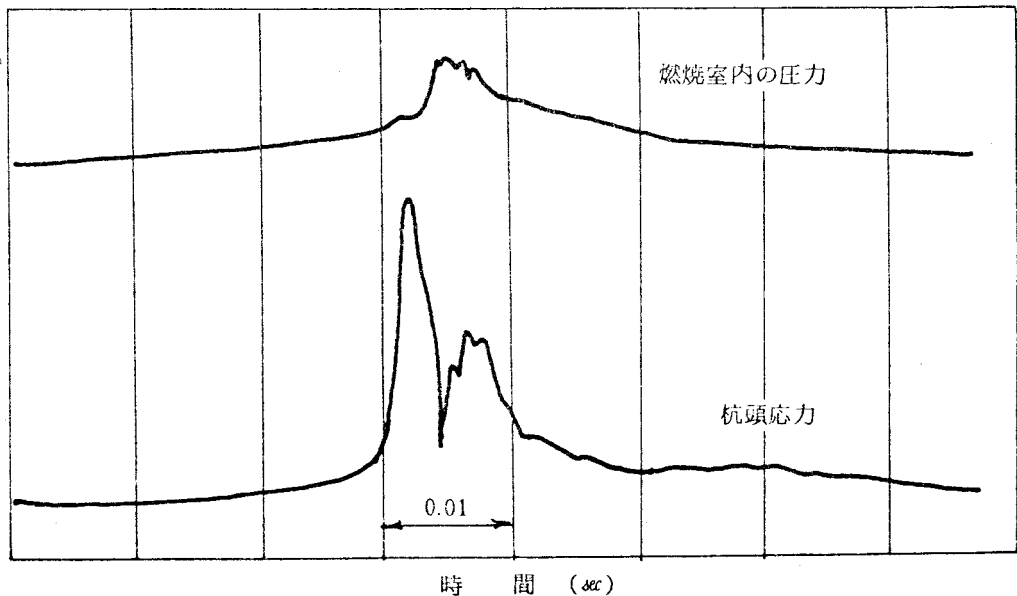


図 2 *Delmag D-12 ハンマーの高速オシロ記録

*Mogens Rand: How the Diesel Hammer Works, Roads and Streets, May, 1971 より転載

爆発力によってもたらされる応力波は引張応力を緩和するに役立つと思われる。爆発力を考慮する場合には応力波を表わすために、キャップ（又は杭）に作用する力 F_1 の時間的変化を図3のように仮定する。ここでは爆発力 G_1 の値としては公称最大爆発力^{13),14)}の $\frac{1}{2}$ 程度の値を用いることにする（表2）。又、 $t_a=10\text{msec}$ 、 $t_b=20\text{msec}$ とする。

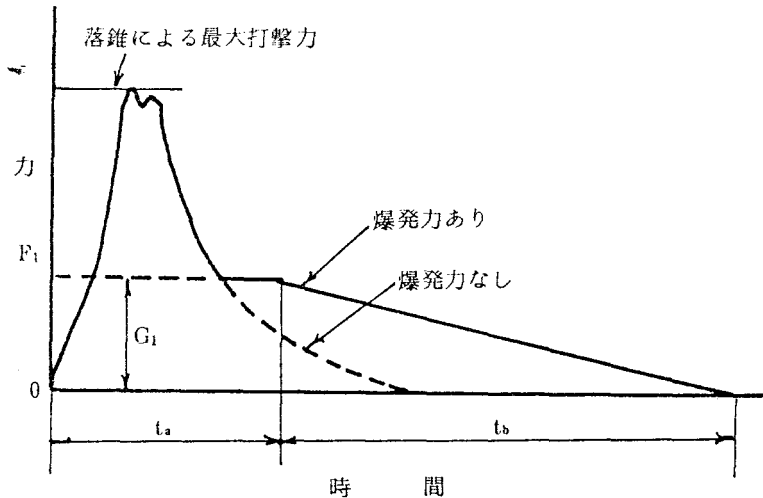


図3 爆発力を考慮した力 F_1 -時間曲線

表2 爆発力 G_1 の値

ハンマー重量 (t)	爆 発 力 G_1 (t)
1.25	22
2.2	38
3.2	50
4.0	64

(3) 杭頭に直接打撃力 $F_h(t)$ を加えて得られる理論波形と実測波形との比較

地盤抵抗は貫入量の計算値が実測値にほぼ等しくなるように仮定することにする。このようにして得られた理論波形と実測波形を比較すると図4～図6のようになる。図中、 σ の添字は杭頭からゲージ位置までの距離(m)を表わす。図4および図6は杭先端の地盤が軟弱な場合のもので、最大引張応力は最初の反射波が杭頭まで戻るまでの間に生じており、実測波形と理論波形とは少くともこの間でかなりよく一致している。このことは地盤抵抗が小さく貫入量が大きくなるような場合には数値解析法によって杭に生ずる引張応力を推定することができることを示すものと思われる。

これに反し、図5は打止め時のもので、引張応力推定の立場から見れば理論波形と実測波形とは合致しているとはいえない。打止め時のように杭先端抵抗が大きい場合には引張応力の理論値は実測値よりも大きくなるように思われる。

(4) 通常の杭打ち解析法によって得られる理論波形と実測波形との比較

地盤抵抗は貫入量の計算値が実測値にほぼ等しくなるようにえらぶことにし、打撃効率 e は最大圧縮応力の理論値と実測値がほぼ一致するように調節することにした。クッションのステフネス係数は実測応力の波形から逆算する方法で得られるものを参考にしていずれの場合も $S_c=250\text{kg/cm}^3$ とすることにした。又、ディーゼル・ハンマーの爆発力を考慮する場合には前節で述べた仮定を用いた。このようにして得られた理論波形と実測波形とを比較すると図7、図8のようになる。

これを見ると爆発力を考慮しない場合には引張応力の理論値は実測値より大きくなっている。一方、爆発力を考慮すると、杭の上部では理論値と実測値とは一致していないが、その他の部分ではかなり良く一致している。

したがって引張応力の最大値が杭頭近傍でおこる時以外は爆発力を考慮することによって、最大引張応力の理論値を実測値に近づけることができるものと思われる。

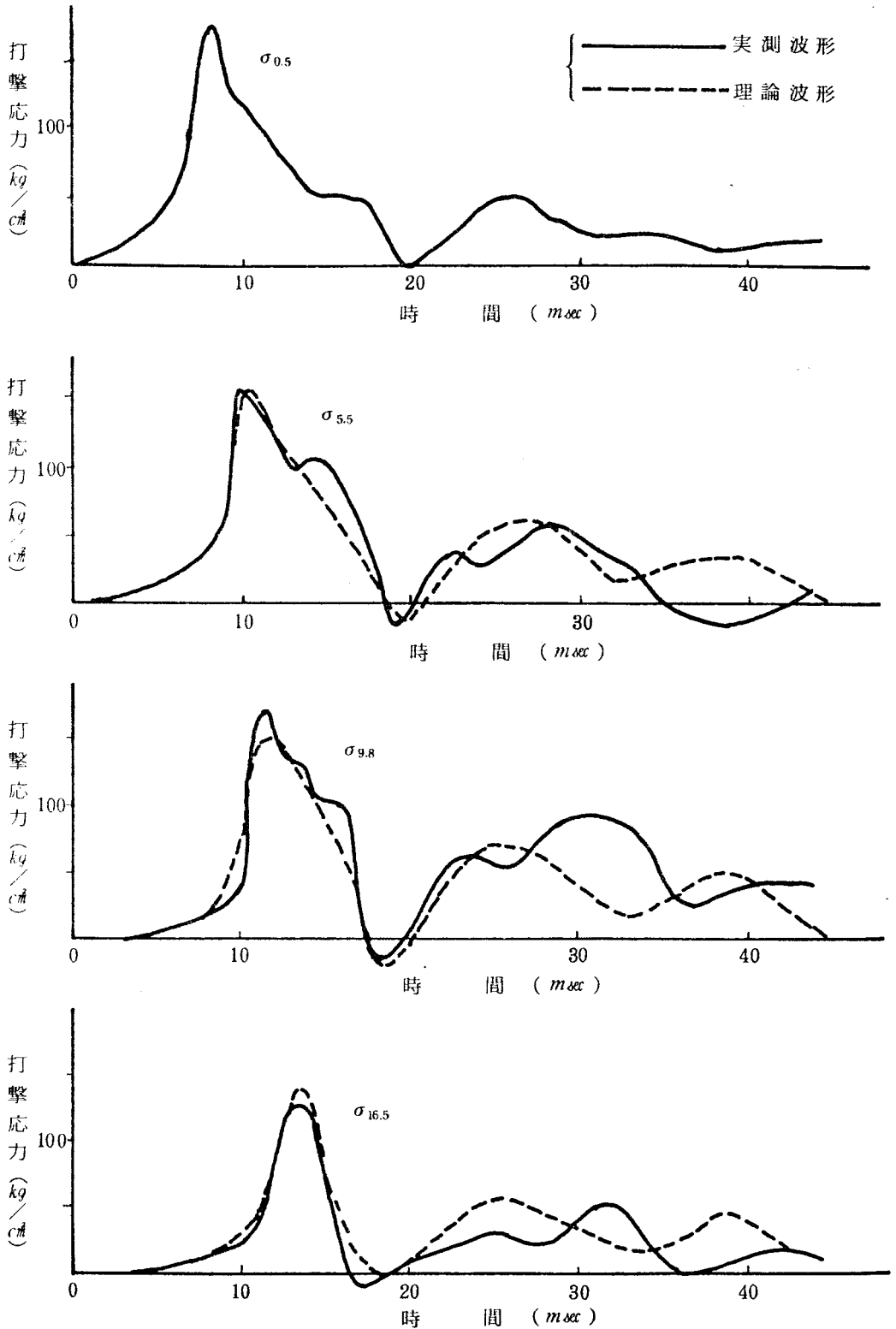


図4 杭頭に直接打撃を加えて得られる理論波形と実測波形との比較 計測例1—①

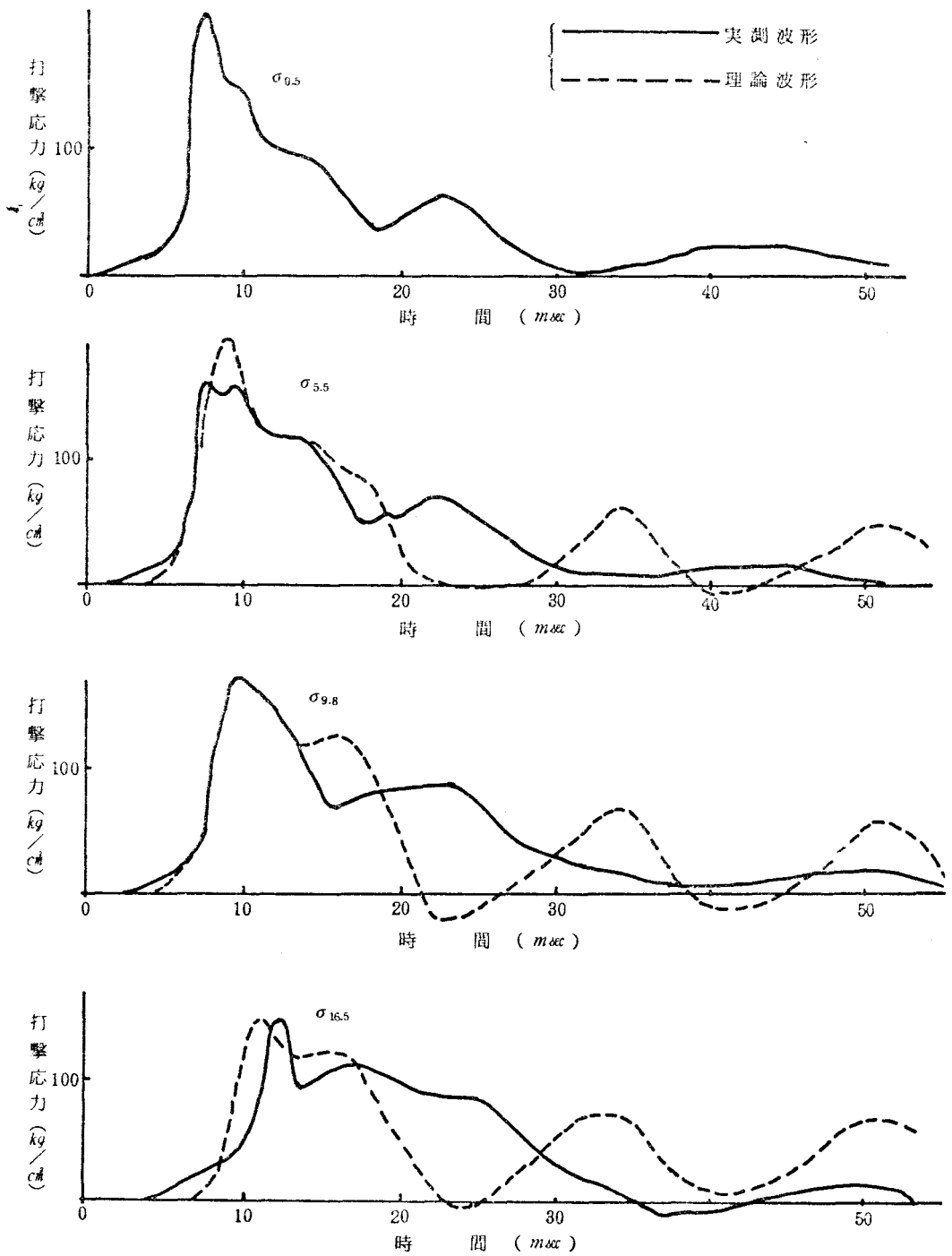


図5 杭頭に直接打撃力を加えて得られる理論波形と
実測波形との比較 計測例1-③

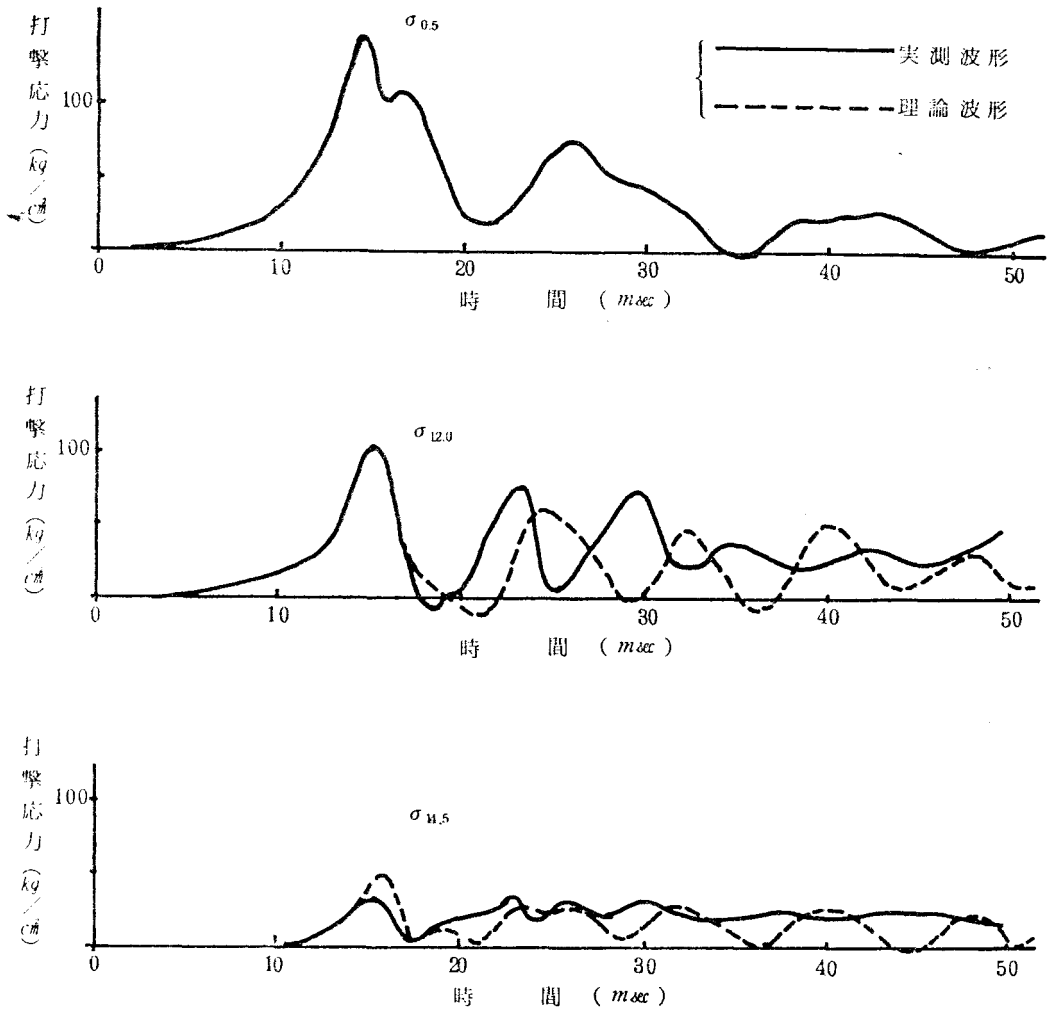


図6 杭頭に直接打撃力を加えて得られる理論波形と
実測波形との比較 計測例2

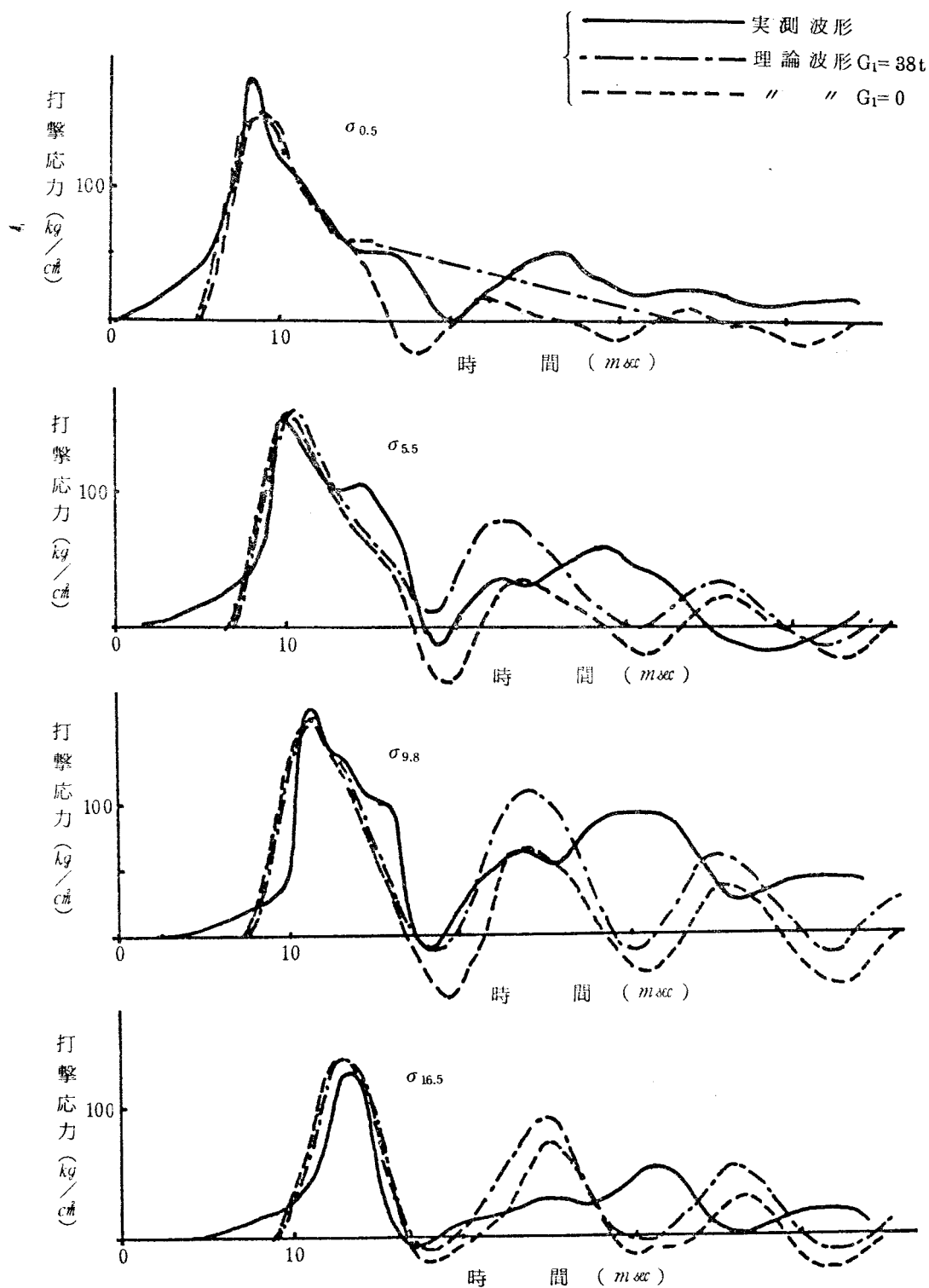


図7 数値解析法による理論波形と実測波形との比較 計測例1-①

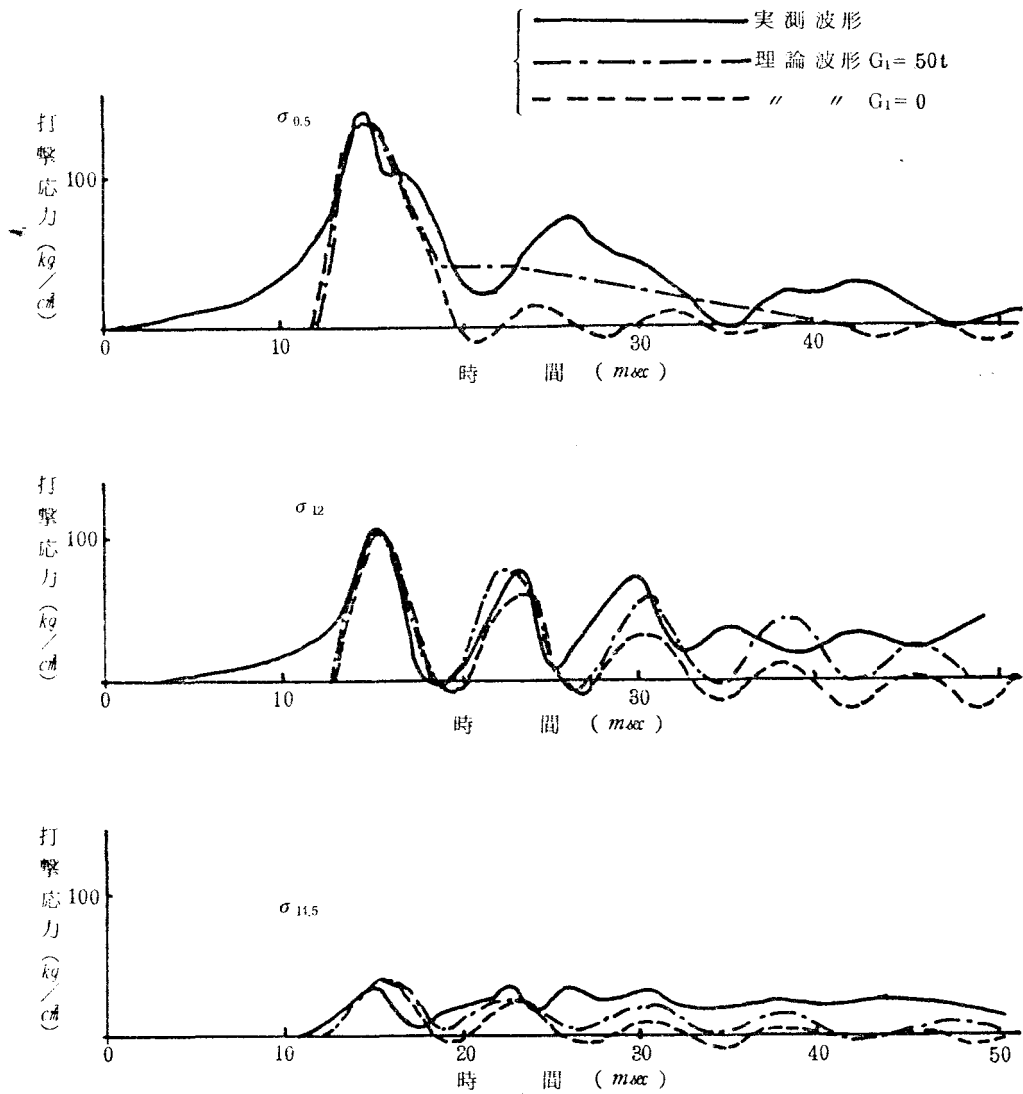


図8 数値解析法による理論波形と実測波形との比較 計測例2

理論波形の最大圧縮応力を実測値に一致させるために図7および図8では打撃効率を夫々0.33, 0.36としたが, 打撃効率をこのように仮定した場合と, 打撃効率 e を0.64とした場合とについて最大圧縮応力および最大引張応力の分布を比較すると図9および図10のようになる。これを見ると一般に引張応力の理論値が実測値より大きくなる理由の中で最も大きなものは前節でも述べたように杭頭応力の理論値が実測値より大きくなっているためであると思われる。

§ 3 打撃条件の引張応力 におよぼす影響

引張応力に関する計測資料が少ないということもあって, 引張応力の理論解の妥当性を十分検討できない状態にあるが前節で述べたように適当な打撃効率を与え, さらにディーゼル・ハンマーの場合には爆発力を考慮する等のことを行えばある程度妥当な結果が得られるものと思われる。

本節では引張ひびわれの発生しやすいと思われる場合について打撃条件, 杭寸法の引張応力におよぼす影響について調査する。

計算に用いる打撃効率として $e=0.5$ を用いることにする。又, ディーゼル・ハンマーの場合には原則として爆発力を考慮することにする。

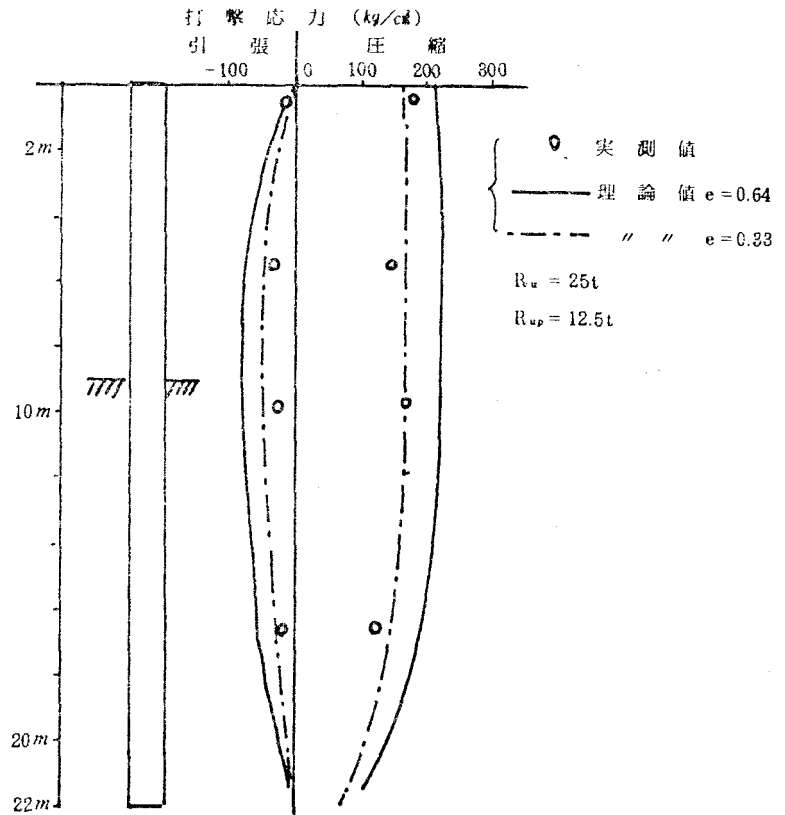


図9 打撃応力の分布 計測例1一①

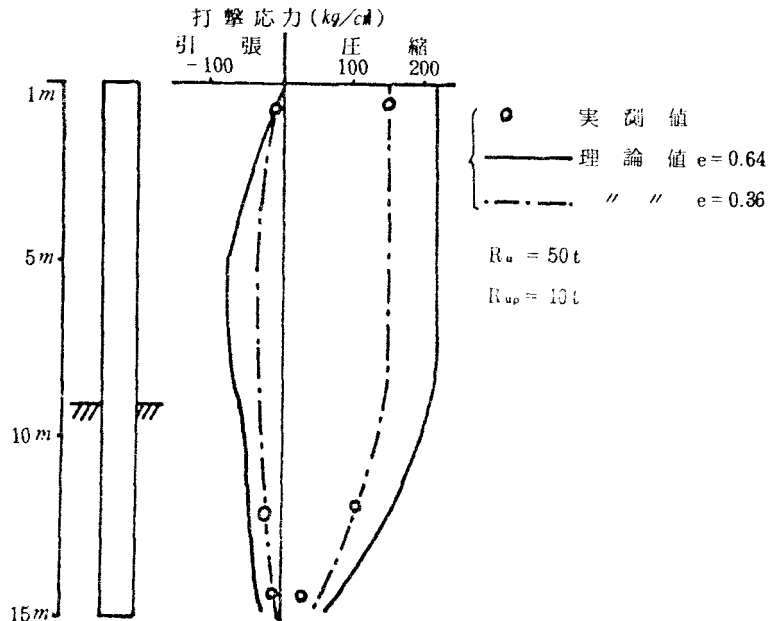


図10 打撃応力の分布 計測例2

(1) 杭長の引張応力におよぼす影響

地盤抵抗の配分を図11のように仮定し、杭長を13m, 25m, 40mと変化させてディーゼル・ハンマーで打撃を加える場合の引張応力の理論値を求めると図12～図15のようになる。図の中で h はハンマーの部高(cm)で σ は杭頭応力の理論値(kg/cm^2)である。

これを見ると杭長が13mの場合には引張応力は比較的小さく、PC杭では引張ひびわれの生ずる恐れは少ないものと思われる。RC杭の場合でも落高を1m程度におとし、軟いクッションを用いれば引張ひびわれの発生のおそれはないものと思われる。クッションの硬軟が引張応力の緩和におよぼす効果は著しい。

杭長が25m以上になると引張応力は急激に増加してくるようになると思われる。PC杭の場合でも落高を1m程度におさえる必要がある。RC杭の場合には落高を1m位にしても引張ひびわれ発生のおそれがある。ディーゼル・ハンマーでは落高をあまり小さくできないので、ドロップ・ハンマー、又はシングル・スチーム・ハンマーで重量の大きなものを用い、落高を小さくする必要がある(図17)。

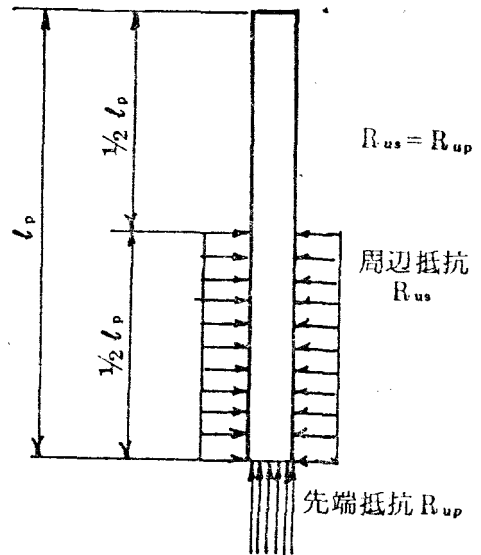


図11 抵抗配分の仮定

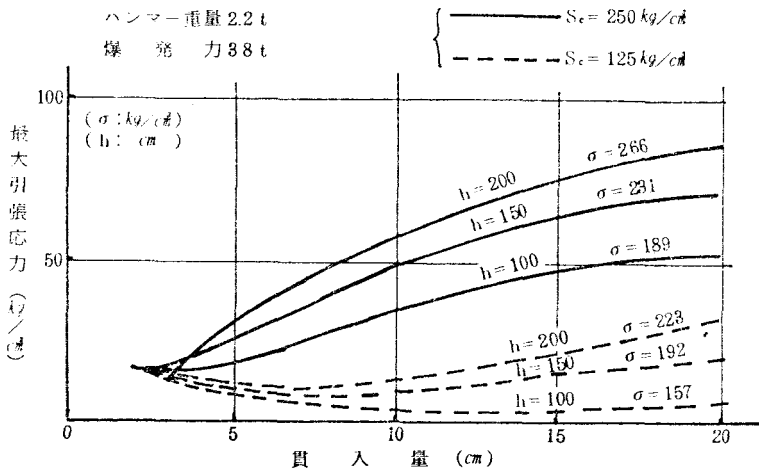


図12 杭長13m, 杭径35cmの場合

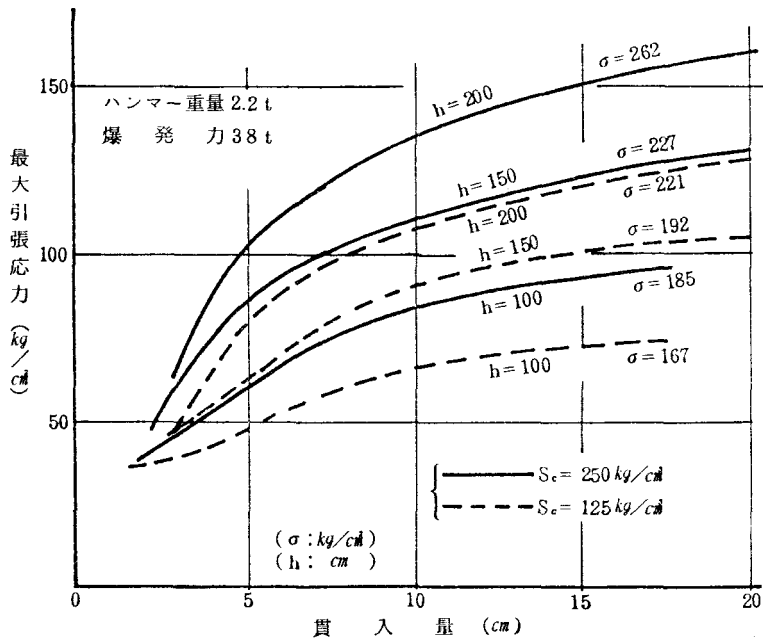


図13 杭長25m, 杭径35cmの場合

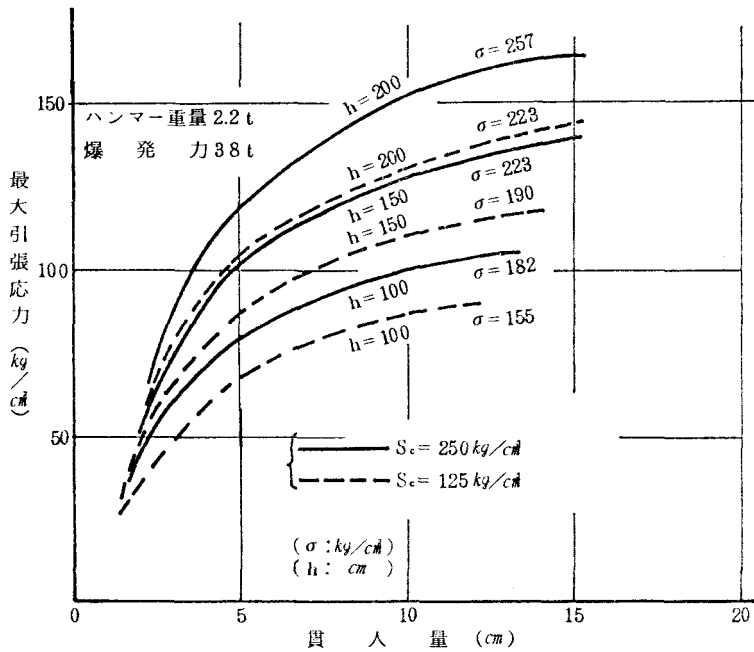


図14 杭長40m, 杭径35cmの場合

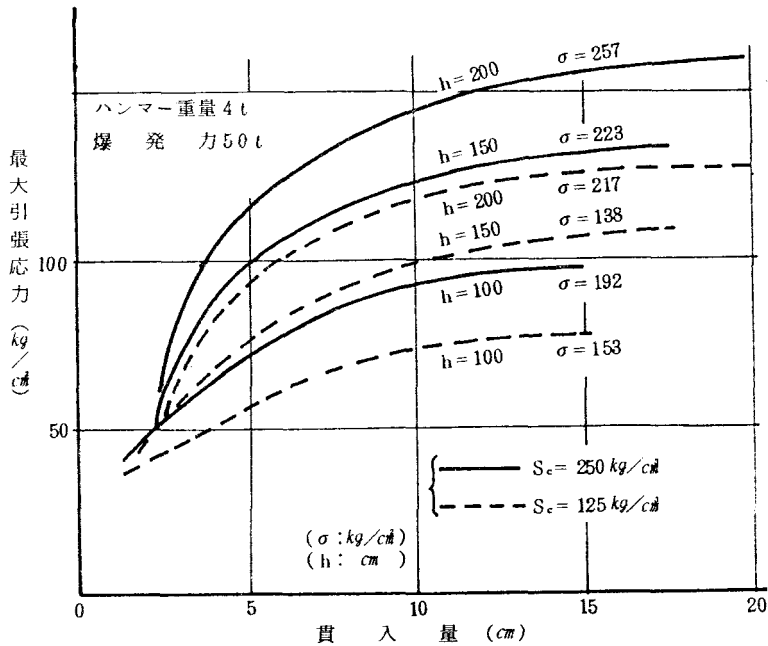


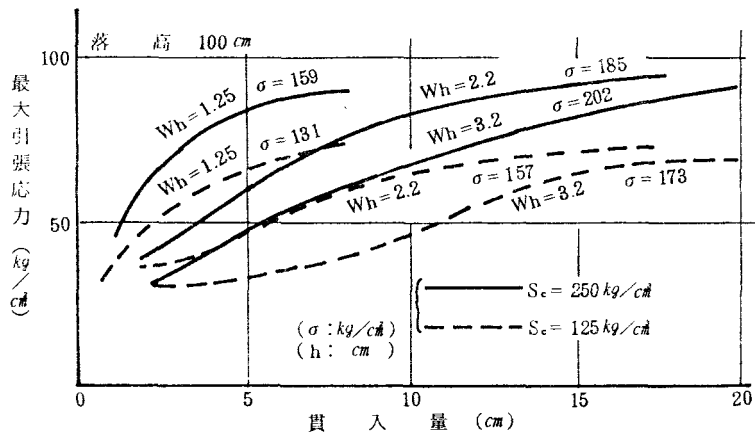
図15 杭長25m, 杭径50cmの場合

(2) ハンマー重量の引張応力におよぼす影響

打撃効率 $e=0.5$ とし、地盤抵抗配分を図11のように仮定する。杭長25mの場合について、ハンマー重量を変化させて引張応力の理論値を求めると図16、図17のようになる。

図16は落高を100cm、爆発力を考慮した場合のもので、図17は落高を50cm、爆発力を考慮せずドロップ・ハンマーを想定した場合のものである。いずれの場合にもハンマー重量の増加と共に引張応力は小さくなっている。

図17を図16と比較すると爆発力を考慮しない場合の引張応力の理論値は爆発力を考慮する場合の理論値よりかなり大きなものになっている。杭打ち計測資料が少なく、これだけの差が実際にあるか否か

図16 ハンマー重量の引張応力におよぼす影響
爆発力あり、杭長25m, 杭径35cm

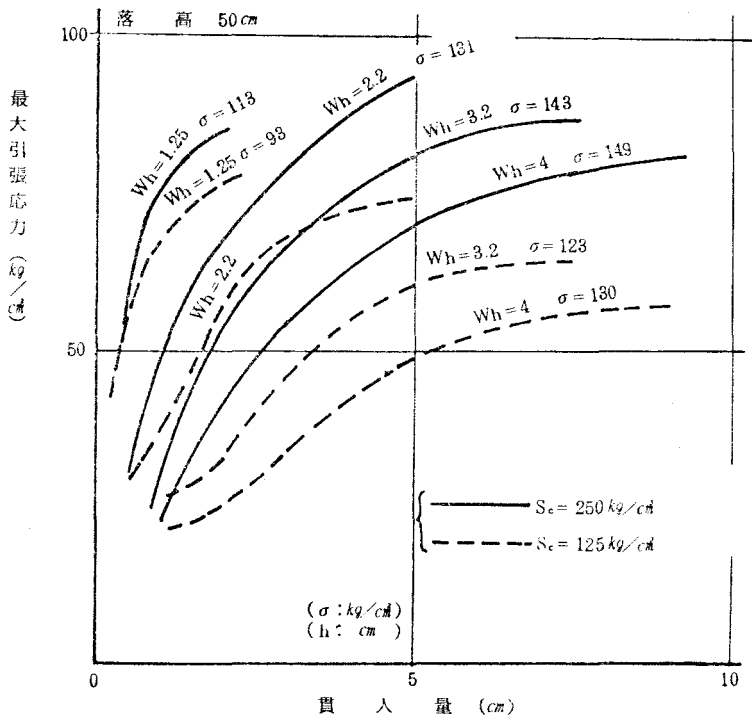


図17 ハンマー重量の引張応力におよぼす影響
爆発力なし、杭長25m、杭径35cm

検討することは困難であるが、次の2つの報告について追跡した結果は大むね妥当なものであった。

報告 1.¹⁵⁾ 長さ23m、30cm角のP C 杭（有効プレストレス49kg/cm²）をハンマー重量2.5t、最効落高0.9m、Douglas Fir 38cm 厚クッションで軟弱地盤中に打込んだ場合、その打込み初期に水平ひびわれが発生した。

報告 2.¹⁶⁾ 長さ13～25m、35cm角の1群のP C 杭（有効プレストレス44～52kg/cm²）を重量2.5t スチーム・ハンマー、落高1.2m、Oregon パッキング7.5cm厚で粘土層まで打込んだ時、ある杭は支持層の中に十分打込むことができたが一部の杭は途中で引張ひびわれが生じた。これらのひびわれは恐らく打込み初期の段階で hair crack として生じ、後に支持層に達して打込みが困難になるにつれてひびわれ幅が増大していったものと考えられる。なお、ハンマーを重さ4tのものに取りかえた後では引張ひびわれは生じなくなった。

報告1の場合について、クッションのステフネス係数 $S_c = 125 \text{ kg/cm}^3$ 、地盤抵抗 $R_u = 12.5 \text{ t}$ として計算すると杭頭応力 150 kg/cm^2 、最大引張応力 91 kg/cm^2 、貫入量 5.4 cm となる。杭コンクリートの引張強度を 40 kg/cm^2 とすると、最効プレストレスが 49 kg/cm^2 であるので杭の引張強度は 89 kg/cm^2 となり、杭に引張ひびわれが発生する可能性があることになる。

報告2の場合について打撃効率を $e = 0.5$ 、杭長 16.67 m 、クッションのステフネス係数 $S_c = 250 \text{ kg/cm}^3$ 、地盤抵抗 $R_u = 12.5 \text{ t}$ として計算すると、杭頭応力 151 kg/cm^2 、最大引張応力 106 kg/cm^2 、貫入量 4.2 cm となる。この場合、杭の引張強度は $84 \sim 92 \text{ kg/cm}^2$ 程度と考えられるので引張ひびわれが生ずる可能性がある。

ただしこの2つの報告ともクッションの断面積 A_c は杭断面積 A_p に等しい場合であるが、これまでの計算では A_c は杭直径を直径とする円の面積に等しくとっており、このような場合には引張応力は若干高めに出ると考えられる。

(3) 厚い軟弱層の下にある堅固な支持層に杭を打ち込む場合に生ずる引張応力

杭長25m, 杭径35cm, クッションのスチフネス係数 125 kg/cm^3 , 落高2.5m, 打撃効率0.5, 地盤抵抗配分は図18に示す3通りとし、地盤抵抗を変化させて貫入量を最大引張応力との関係を求めると図19のようになる。これを見ると抵抗分布が(a)および(b)の場合には貫入量の小さいところで大きな引張応力が生じている。(c)の場合に貫入量の小さいところで引張応力が左程大きくないのは周辺地盤抵抗が引張応力を減衰させる効果をもつことを示すものと思われる。

このように、厚い軟弱層の下にある堅固な支持層に杭を打ち込む場合には打込み初期に hair crack が発生しやすいと考えられる。この hair crack はその後、杭先端が堅固な支持層に到達して、これに打込む場合に上述のような大きな引張ひびわれが生じ、これによってひびわれ幅が増大し、打込みの続行を不可能ならしめることが考えられる。

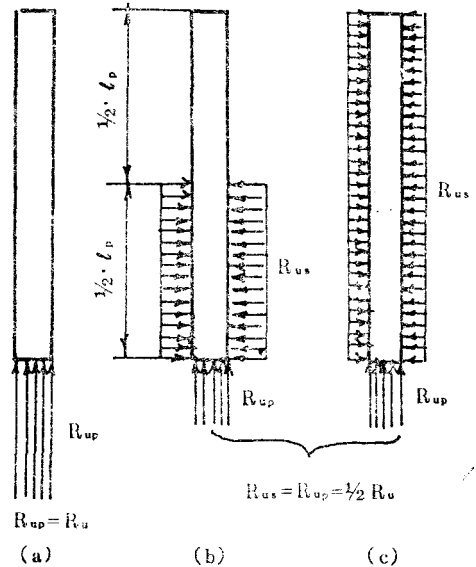


図18 地盤抵抗配分の假定

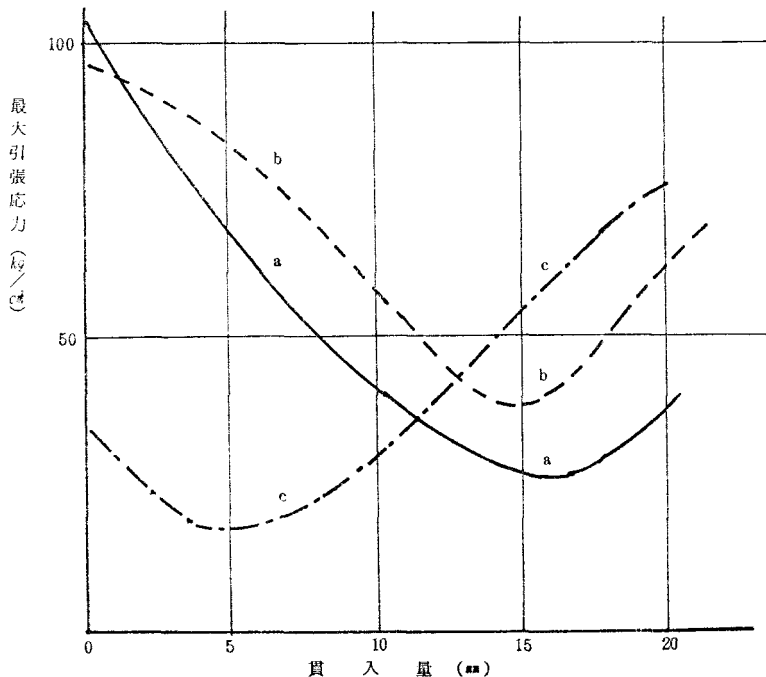


図19 厚い軟弱層の下にある堅固な支持層に打込む場合の引張応力

(4) 堅い中間層を打抜く場合に生ずる引張応力

杭長25m, ハンマー重量2.2t, 落高1.5m, クッションのスチフネス係数 125kg/cm^3 , 地盤抵抗配分を図20-(a), (b)とした場合の最大引張応力 σ_{tmax} , 貫入量 s を求めると次のようになる。

図20-(a)の場合 $\sigma_{tmax}=112\text{kg/cm}^2$
 $s=1.1\text{cm}$

図20-(b)の場合 $\sigma_{tmax}=50\text{kg/cm}^2$
 $s=0.8\text{cm}$

これを見ると, 堅い中間層を打抜いた場合に大きな引張応力が生じることが示されている。

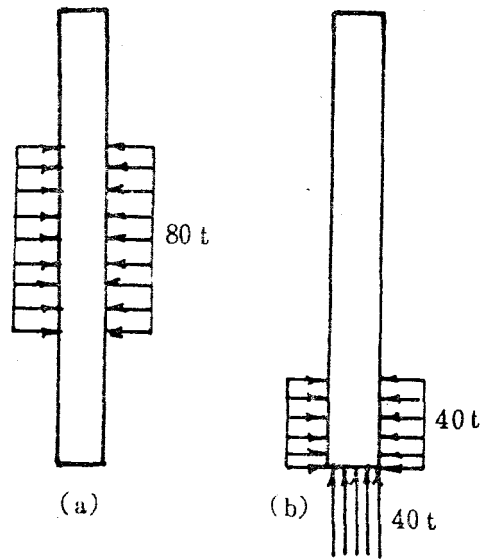


図20 抵抗分布の仮定

§4 あとがき

(1) 引張応力推定上, 数値解析法の適用性について検討した結果は次の通りである。

① 引張応力の理論値が実測値より大きく得られる理

由の中で最大のものは, 打撃エネルギーの損失が十分見込まれていないためと考えられる。

引張応力の推定の場合にはハンマーの打撃効率 $e=0.5$ 程度にして良いものと思われる。

- ② 杭を軟弱地盤の中に打ち込むような場合には適当な定数を用いれば数値解析法によって引張応力をかなり正確に推定することができるものと思われる。
- ③ 数値解析法は打撃条件の変化に十分対応できるものと思われる。

(2) 引張応力の発生に関連のある各種要因について検討した結果は次の通りである。

- ① 重錐重量を増加させると, 引張応力は若干低下するものと思われる。
- ② クッションのスチフネス係数を減少させると, 引張応力は低下する。その効果は杭の長さが短い(13m程度以下)時に著しい。
- ③ 杭コンクリートの内部摩擦は引張応力を減少させるものと思われる。内部摩擦係数 B の値としては0.0001sec程度の値を用いることができるものと思われる。
- ④ ディーゼル・ハンマーの爆発力は引張応力を緩和する効果をもつものと思われる。
- ⑤ 杭が短い(13m程度以下)場合には引張応力は余り大きくならない。
- ⑥ 杭が長くなると(25m程度以上)引張応力は急激に増大する。

(3) 引張ひびわれの発生を防ぐためには落高を小にし, スチフネス係数の小さいクッションを使う必要がある。又, RC杭ではなくPC杭を使用することが望ましい。

ドロップ・ハンマーでは落高が自由に変えられるので, 重量の大きなハンマーを用い, 落高を小さくすれば引張応力を小さくすることができるものと思われる。

ディーゼル・ハンマーでは落高の調節が制限されるので, 場合によってはドロップ・ハンマーの場合よりもスチフネス係数の小さいクッションを使う必要があると思われる。

又, 長い杭を打ち込む場合にはクッションの効果にも限度があるので引張ひびわれの発生を防ぐためには有効プレストレス量の大きいPC杭を用いる必要がある。

本論文は京都大学審査学位論文「打撃工法におけるコンクリート杭の動力学的挙動に関する研究，昭和53年6月」の中の未公表分の一部である。

参 考 文 献

- 1) Li, S : Installation Practice for Prestressed Concrete Piling, Dock and Harbour Authority, pp. 102—108, 1967—8.
- 2) Hirsch, T. J. : Fundamental Design and Driving Consideration for Concrete Piles, Highway Research, 1966.
- 3) Smith, E.A.L. : Pile Driving Analysis by the Wave Equation, Proc. ASCE, Aug., 1960.
- 4) Smith, E.A.L. : Tension in Concrete Piles During Driving, Journal, Prestressed Concrete Institute, Vol. 5, pp. 35—40, 1960.
- 5) 岡田清, 久良喜代彦 : コンクリート杭の打撃応力について, 土木学会論文集, No.252, 1976—8.
- 6) Lee, D.H. : Discussion of "Theoretical and Practical Discussion of the Design, Testing and Use of Pretensioned Peestressed Concrete Piling, by G.C. Strobel and J. Herald, PCI, Vol. 6, No. 3, September, 1961.
- 7) 久良喜代彦 : コンクリート杭の打撃引張応力に関する実験的研究, 呉工専研究報告 12巻1号, 1976—10.
- 8) ボール・パイル協会高強度パイル研究会 : 施工法別支持力調査, 高強度パイル研究会施工分科会, 第4回本委員会資料, 1976—7.
- 9) 藤田圭一, 上田勝基, 下村嘉平衛 : 杭打込み時の貫入挙動について, 第2回土質工学会, pp.237—240.
- 10) Rand, M. : Explosion Adds Driving Force to Diesel Hammer, Engineering Contract Record, 1960—12.
- 11) Rand, M. : How the Diesel Pile Hammer Works, & Streets, 1961—5.
- 12) 竹内盛雄, 古藤田喜久雄, 田中寿雄, 原道也 : デルマック・杭打ちハンマーの打撃圧力に関する実験, 日本建築学会論文報告集, No.637—640, 1960—10.
- 13) コンクリートパイルハンドブック編集委員会編 : コンクリートパイルハンドブック, 山海堂, 1966.
- 14) Lowery, L.L., T.J. Hirsch and C.H. Samson : Pile Driving Analysis-Simulation of Hammer, Piles, and soil, Texas Transportation Institute, Aug., 1967.
- 15) Anderson, A.R. : Dynamic Driving Stresses in Prestressed Concrete Piles, Civil Engineering, ASCE, 1971—8.
- 16) Weller, N.H.E. : Prestressed Concrete Piles, PCI Journal, 1962—10, pp. 46—55.

(昭和54年4月12日受付)

鉄筋コンクリート筋違入骨組の実験的研究 (第3報) 接合部について

(建築学科) 福 原 安 洋

Experimental Study on Reinforced Concrete Braced Frames (Report 3) On Properties of Joints

Yasuhiro FUKUHARA

This report intends to clarify the properties of joints in reinforced concrete structures with diagonal bracing members which are designed to resist against earthquake.

To investigate the transfer of forces within these joints, and stress analysis by using finite element method was conducted.

And eight specimens of joint were tested to study the anchorage capacity of bars with anchor plate for bracing members which resist against tension force.

After examining the experimental results, it was cleared that bracing members could be designed effectively by using bars with anchor plate.

§ 1 緒 言

第1報¹⁾, 第2報²⁾において, 一層一スパンの鉄筋コンクリート筋違入骨組の実験により, その耐力, 性状, 変形状, 部材の挙動などを明らかにすることができた。

しかしながら, 部材の交わる接合部に関しては, 上記実験において, 破壊は生じなかったこと, また, 接合部が実験上加力点でもあることから, 検討することを保留していた。

そこで, 今報では, まず鉄筋コンクリート筋違を有する骨組の接合部に加わる応力の検討を行い, そして, 接合部の模型により, 有限要素法による平面面応力解析を行い, 応力の負担機構の検討を行う。さらに, 引張応力の負担の基本的な定着機構を想定して, 模型実験を行い検討を行った。

§ 2 接合部に働く応力の解析

2.1 骨組の応力

骨組応力の検討を行うため, 図1に示すような, 6層2スパンラーメンの1スパンに, 筋違いを有する骨組の応力を求めた。この骨組は, 鉄筋コンクリート構造の建物としては, 最も一般的な規模であること, かつ, 内部柱を含む接合部および終端柱を含む接合部を有することなど, 接合部の検討に適するものである。

なお, 筋違断面の大きさの決定は, 今後の研究課題でもあるが, ここでは, 筋違材断面の大きさを柱

低下に伴い、2次応力である曲げモーメントが非常に小さい。そのため、筋違材の曲げモーメントは記入していない。そして、2、4層のはり層のはり材にも引張力が働く。

また、節点に働く応力としては、筋違材、そして引張材としての柱材からの2次応力の小さいこと、さらに2、4層の接合部では4個の引張力と、1個の圧縮力が伝達し合うことなど、筋違入骨組特有の接合部の性質がわかる。

なお、部材の応力度は、1層の圧縮柱材では $138\text{kg}/\text{cm}^2$ 、筋違材で $151\text{kg}/\text{cm}^2$ 、また引張材の主筋応力度は柱材で $2,460\text{kg}/\text{cm}^2$ 、筋違で $2,130\text{kg}/\text{cm}^2$ となっている。

2.2 接合部に働く応力

以上の計算からわかるように、接合部は多方向からの圧縮力、引張力、および圧縮材からの曲げモーメントを受ける。これを図式化して図4に示す。

本図において、A～Kの11節点のうち、A、B、C、DとE、F、G、Hはそれぞれ内部節点で、はりから大きな曲げ応力を受ける場合、および外端節点の場合である。

また軸方向からみると、AとE、BとF、GとG、DとHがそれぞれ対称的である。

さらに、軸方向力の種類からみると次の6通りがある。

- (a) 2個の引張力（A節点）
- (b) 2個の圧縮力（E節点）
- (c) 1個の引張力と1個の圧縮力（D、H節点）
- (d) 1個の圧縮力と4個の引張力（B、C節点）
- (e) 1個の引張力と4個の圧縮力（F、G節点）
- (f) 3個の引張力と圧縮力（I、J、K節点）

このうち、(c)又は(d)はそれぞれ(a)と(c)、(b)と(c)を重ね合わせた上に、はり部材に引張力を加えた形とみなすことができる。

従って、非常に複雑な応力と受ける(d)、(e)の場合の応力状況、定着及び応力の伝達機構の検討を進めるにあたっては、(a)、(b)、(c)が基本と考えられる。

そして、(a)、(b)は基礎又は基礎ばりという。定着が容易で、応力伝達に支承のない場合である。

以上のことから今報では、D又はHのような形式の節合部を基本的モデルとしてその応力状況、応力伝達機構などの検討を行う。

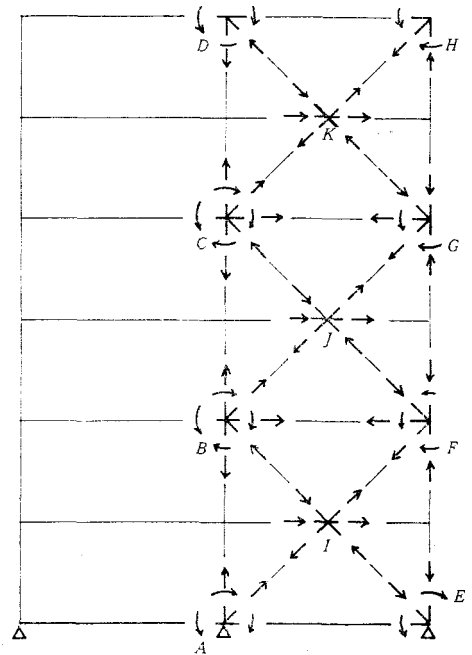


図4 節点応力図

§ 3 応力状況、耐力について

3.1 接合部内の応力解析

前節に述べたように、節合部の基本的モデルとして図4のH節点の形状の場合をあげ検討をすすめる。

この節点は、実際の骨組の設計にあたっては図5に示すような配筋法がその一例として考えられる。すなわち、アンカプレート型定着とし、筋違材は主筋本数を少なくすることにより、配筋の複雑化を防ぎ、またはり材に水平ハンチを設け、接合部の配筋にゆとりを作ることにより、定着性能の向上、施

工性の向上がはかれるようにしている³⁾。

この接合部が、斜材に引張力を受ける場合、その応力伝達の状況を見るため、図6に示すような形のモデルを想定した。このモデルは次節に述べる実験による検討のためのモデル試験体(図11)に形状を合わせたものである。即ち、柱、はり部材に圧縮力と曲げ応力が対称的に加わり、斜材が引張力を受け、その定着法をアンカープレート型としたもので、実大接合部の $\frac{1}{10}$

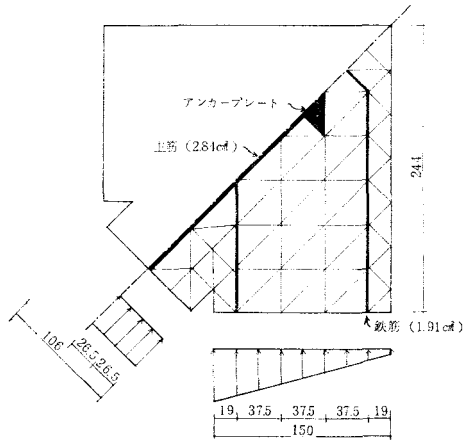


図6 応力計算のためのモデル (部材厚さ10cm)

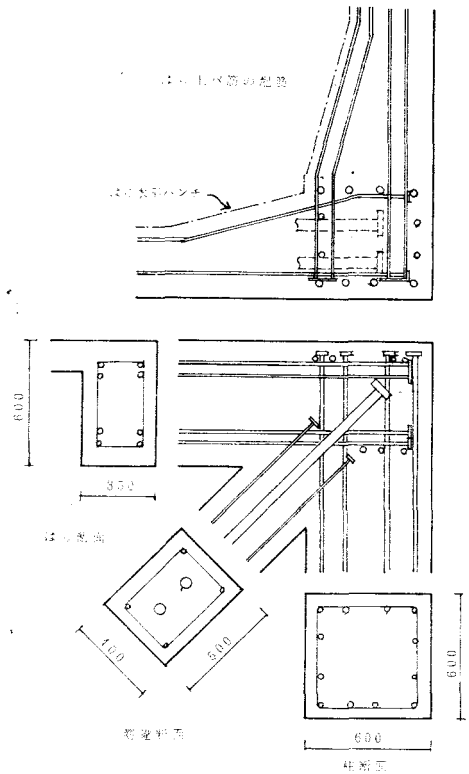


図5 配筋例 (H節点)

程度の模型である。

応力解析は、コンクリート部分を平面応力要素、鉄筋部分をトラス線材要素として有限要素法を用い解析を行った。解析にあたって、材料の定数は§2の場合と同じである。また、コンクリートの主応力の引張応力度が $\frac{1}{10}F_c$ を越えるとひびわれの発生とみなした。

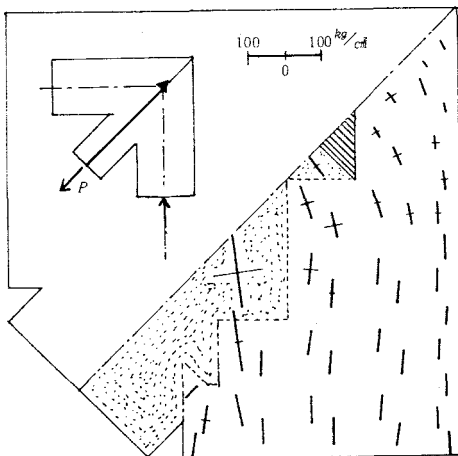


図7 主応力図 ($P=8t$, 反力角度 0° , 斜材引張の場合)

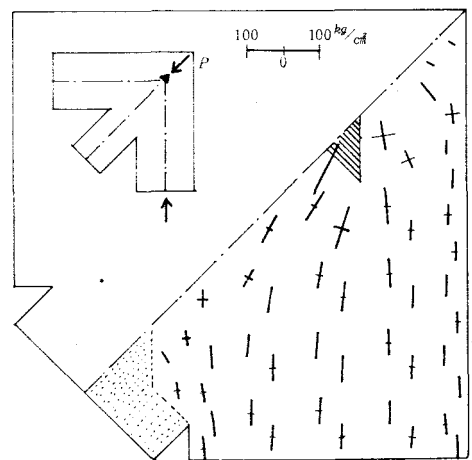


図8 主応力図 ($P=8t$, 反力角度 0° , アンカープレート部負担の場合)

モデルの形状は同一であるが、柱、はり部分に2次応力として、 $M=2/3D \times N$ （反力角度 190° ）のある場合とない場合、そして引張材の引張力を主筋端に与える場合と、アンカープレート部に与える場合の4種類の場合を試み、その主応力図を図7～10として示す。

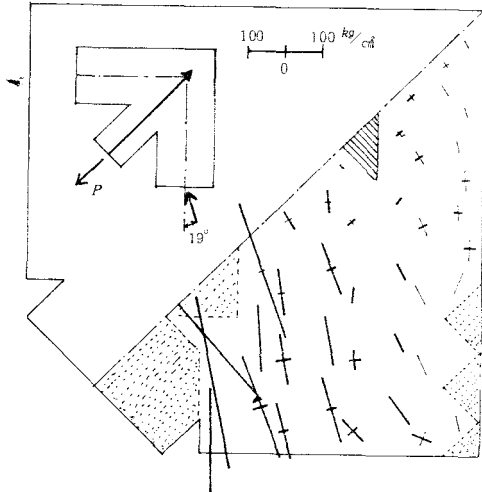


図9 主応力図（ $P=8t$ ，反力角度 19° ，斜材引張の場合）

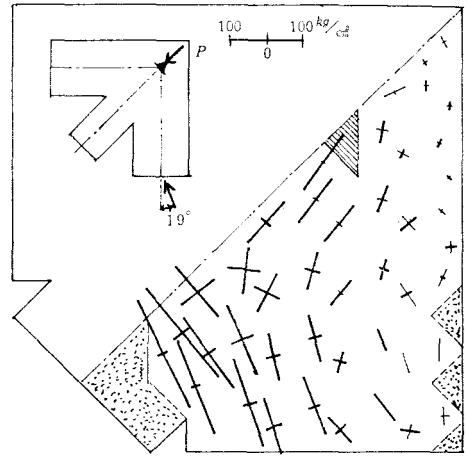


図10 主応力図（ $P=8t$ ，反力角度 19° ，アンカープレート部負担の場合）

まず、柱、はり材に2次応力のある場合は、それが無い場合に比べ、ラーメン内側域に大きい圧縮力が存在し、斜材の付着耐力に影響を与えると考えられる。

そして、斜材の引張力を主筋端に加えたものは、主筋とコンクリートが完全付着していると想定しているものであるが、付着力によるひびわれが柱、はりに2次応力のない場合（図7）に大きく現われる。また、アンカープレートに加力した場合は、斜材主筋の付着力がないとした場合に当たるが、アンカープレート近辺に大きい局部圧縮力や割裂応力は生じていない。

これらのことから、アンカープレート定着により、引張力の定着はスムーズに行われることがわかる。しかしながら、直行するはり応力の影響、アンカープレートの大きさ、主筋の付着力の大きさなど、現実に直面した検討項目は今後の課題である。

3.2 実験による検討

次に、実験により接合部の応力伝達、定着、耐力などの検討を行った。

試験体は、前述したように図11に示すような模型7個を作成したが、配筋は図12に示すようにそれぞれ異っている。すなわち、普通の定着方法に近いU形1個と、アンカープレート形であるボルト形6個があり、ボルト形では外部に定着したもの（B'形）、予測される割裂ひびわれを補強したもの（B''形）、柱の配筋の異なるもの（B'''形）を含む。

以上の試験体の一覧表を表1に示す。

また、加力方法は図13に示すような、引抜き試験

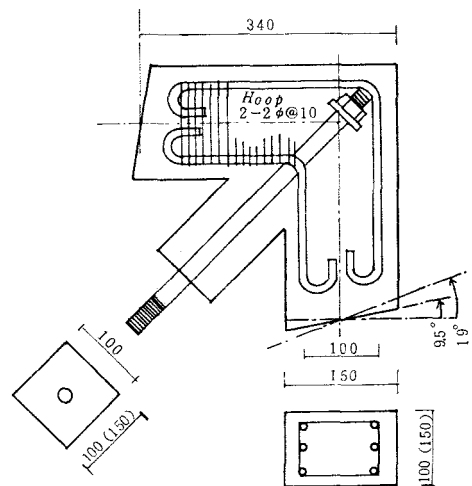


図11 試験体図

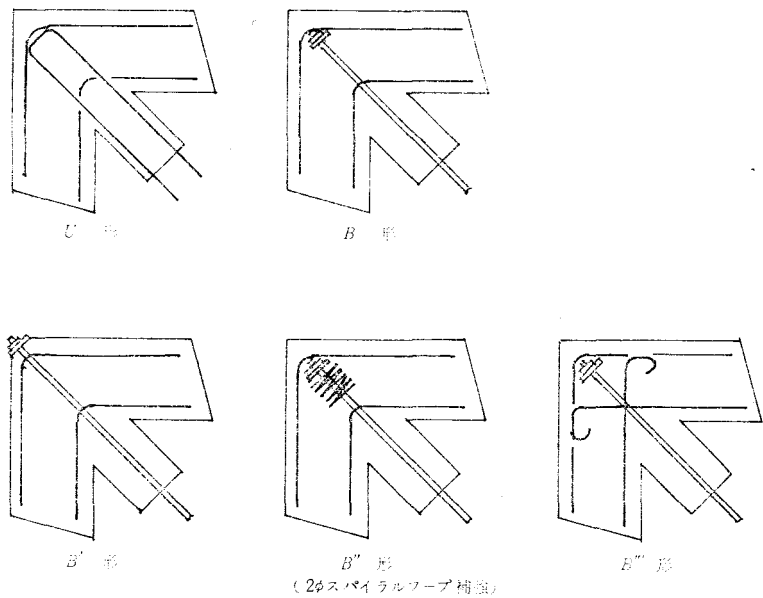


図12 配筋形

表1 試験体一覧表

試験体	斜材断面	配筋形	反力角度
U-I	8-9φ (4.8cm ²)	U型	9.5°
B-I	1-19φ M18ボルト (1.93cm ²) ワッシャー44φ	B	9.5°
B-II		B	19°
B-III		B'	
B-IV		B''	
B-V		B	
B-VI		B'''	

であり、反力部分に2次応力として $M=1/3 D \times N$ ， $M=2/3 D \times N$ を与えるため、それぞれ反力角度を9.5°，19°とした。

なお、使用した材料は次の通りである。

コンクリート強度： $F_c=242kg/cm^2$

コンクリートヤング係数： $E_c=2.3 \times 10^5 kg/cm^2$

鉄筋 9φ： $a=0.599cm^2$ ，

$s\sigma_y=3.83t/cm^2$

$s\sigma_{max}=5.02t/cm^2$

19φ：M18

$s\sigma_y=11.84t/cm^2$

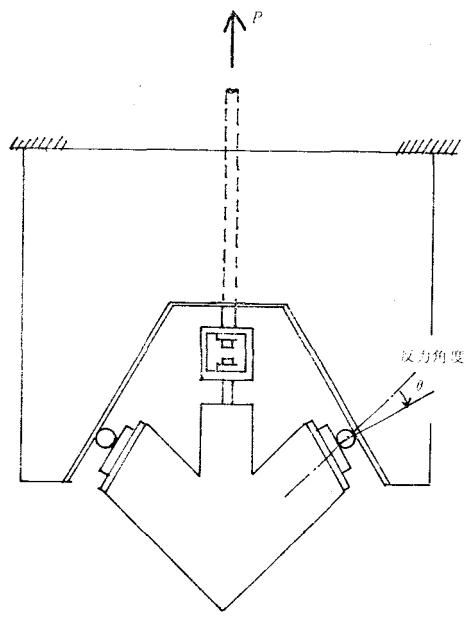


図13 加力方法

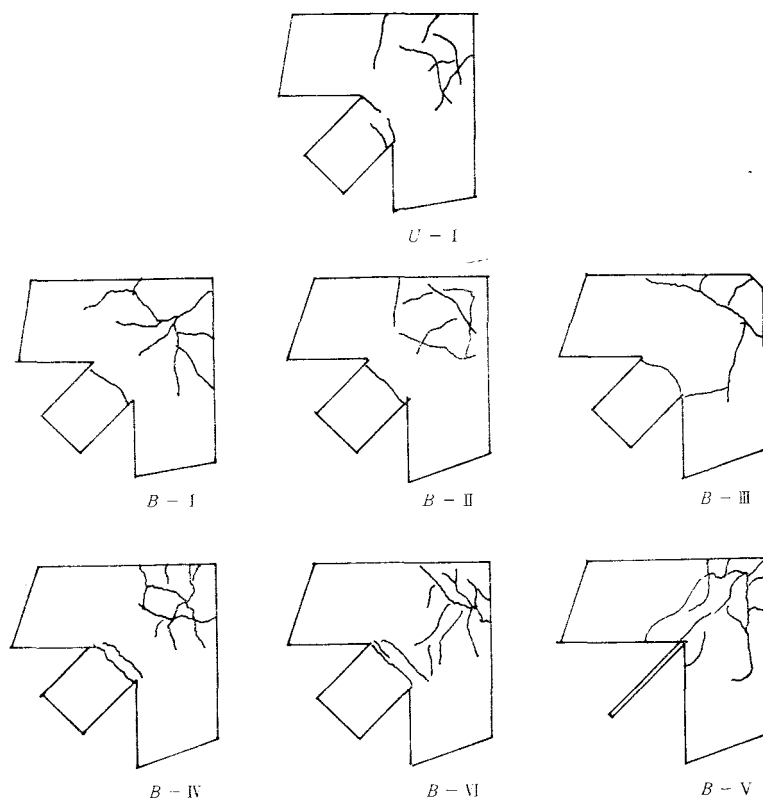
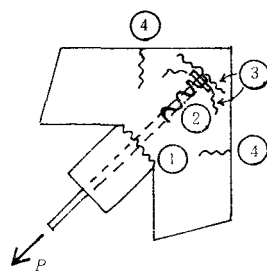


図14 ひびわれ状況図

表 2 実験結果

試験体	引張ひびわれ ①			割裂ひびわれ ②			定着ひびわれ ③			曲げひびわれ ④	定着破壊耐力
	P_{c1}	$s\sigma$	$e\sigma_t/F_c$	P_{c2}	$s\sigma$	$e\sigma_c/P_c$	P_{c3}	$s\sigma$	$e\sigma_c/F_c$	P_{c4}	P_{max}
U-I	4.5	0.19	0.186	—	—	—	12.4	2.58	—	12.4	15.7
B-I	3.1	1.10	0.128	8.0	2.83	2.7	9.0	3.18	3.0	—	9.0
B-II	3.0	1.06	0.124	7.0	2.47	2.3	8.0	2.83	2.7	8.0	8.0
B-III	5.5	1.94	0.227	6.5	2.30	2.2	6.7	2.37	2.2	6.7	6.7
B-IV	2.5	0.88	0.103	4.5	1.59	1.5	9.0	3.18	3.0	9.2	9.6
B-V	—	—	—	4.5	1.59	1.5	5.8	2.05	1.9	4.5	5.8
B-VI	3.5	1.24	0.145	3.5	1.24	1.2	7.0	2.47	2.3	6.5	7.0



- ① 引張ひびわれ
- ② 割裂ひびわれ
- ③ 定着ひびわれ
- ④ 曲げひびわれ

$$s\sigma = P / (\text{主筋断面積})$$

$$e\sigma_t = P / (\text{斜材断面積})$$

$$e\sigma_c = P / (\text{ワッシャー面積})$$

以上の実験のひびわれ状況および結果を、それぞれ図14、表2に示す。

実験におけるひびわれ、破壊の経過をまとめると次の通りである。

- (1) 筋違材の引張ひびわれは、引張強度 $0.1 \sim 0.2F_c$ で生じた。
- (2) 割裂ひびわれ強度は、その発見は試験体によりばらつきがあり、スパイラル補強をした場合、ひびわれ発生への効果は表われなかった。
- (3) 定着ひびわれは、まずワッシャー面に沿って生じ、次にワッシャーを中心として、放射状に拡がる。一方で主筋の抜け出しが始まる。さらには、コンクリート外縁のはく離が生じ、ワッシャーがコンクリートの中に食い込まれていくのが観察される。
- (4) スパイラル補強をしたものは、割裂ひびわれ、定着ひびわれが生じた後の耐力保持に効果があった。
- (5) 部材に2次応力がある場合、ワッシャー付近の割裂耐力を小さくする傾向がある。一方、大きい圧縮応力が働くと考えられるラーメン内側には損傷がなかった。
- (6) コンクリート表面に定着したBⅢは定着破壊が大きく、ワッシャーがコンクリート中への食い込み、割裂が大きく表われた。

以上の実験結果より、アンカープレート形による引張力を受ける部材の耐力は、プレートを支えるコンクリートの破壊、そしてそれに伴うプレートの食い込み、周辺コンクリートの割裂ひびわれによって決まると考えられる。

そこで、上記のみの実験では資料不足であるが、次の耐力式が考えられる。

すなわち、図15において

$$P = \sigma_c \times \pi d_0^2$$

また、コンクリート応力度 σ_c はプレートの被り厚 d によって割裂ひびわれと相関すると考えられるので、これを直線的と仮定すると次式が導かれる。

$$\begin{aligned} \sigma_c / F_c &= \frac{d}{d_0} = \sqrt{\frac{\pi d^2}{\pi d_0^2}} \\ &= \sqrt{\frac{(\text{最小被り厚さを半径とした円の面積})}{(\text{ワッシャーの面積})}} \end{aligned}$$

この式を実験値と比較してみると、計算値の $\sigma_c / F_c = 2.27$ に対し、実験値は表2に示すように $2.2 \sim 3.0$ ($B \cdot V$ は外部定着のため除く) である。よってこの式により、ほぼ耐力の推定が可能であり、引張材の設計が可能である。

また本式は、プレストレスト構造設計の場合の強度式と同形を示している⁴⁾。

§ 4 結 言

今報では、接合部の基本的な性状の検討を行い、アンカープレート形定着を具体例とした応力伝達機構と耐力につき明らかにできた。しかしながら、一般的な接合部について、

- (1) 多部材が集合する場合の接合部における効率的な応力の伝達方法について
 - (2) 直行方向のはり材からの応力の影響について
 - (3) 動的応力に対する付着および定着能力について
- などの検討を、今後さらにすすめたい。

最後に本研究に対し御助言頂いた広島大学嶋津博士に深謝いたします。

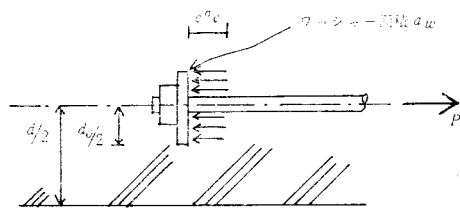


図 15

文 献

- 1) 福原：鉄筋コンクリート筋違入骨組の実験的研究
（第1報）呉高専研究報告第12巻1号
- 2) 福原：同
（第2報）呉高専研究報告第13巻1号
- 3) 福原：鉄筋コンクリート構造の梁柱接合部に関する実験的研究
建築学会中国支部研究報告 昭54.3
- 4) 建築学会：プレストレストコンクリート設計施工規準・同解説

（昭和54年4月27日受付）

昭和53年度本校教官による他誌発表論文

著者	題	日	発表誌	発表場所
谷田 孝之	中国古代婚姻と親族組織に関する総合的考察 —特に今文九族説の親族組織の形成過程— (この論文は、昭和52年度文部省科学研究費補助金(一般研究C)による研究の成果である。)		日本中国学会報 第30集 (日本中国学会)	
富田 豊 (徳大工) 阿部 達 (徳大院) 今井 勲	不規則外乱をうけるある非線形システムの近似解とその精度について		徳島大学工学部研究報告 第23号 1978	
榎本 義一 (京大工) 添田 喬 (徳大工) 富田 豊 (〃)	Optimal timing of the observation for the state estimation and control of the stochastic discrete linear system		INT. J. CONTROL, 1978, VOL. 27, NO. 4	
笠松 義隆 小山 通栄 増本 貴一 (広大総合) 小島 健一 (〃) 上垣内孝彦 (〃)	コバルト単結晶の電気抵抗と熱膨張の異方性		日本物理学会 第33回年会 講演予稿集	(53年4月, 仙台)
笠松 義隆 小島 健一 (広島総合) 檜原 忠幹 (〃) 上垣内孝彦 (〃)	CsCl 型 Eu 金属間化合物の磁性		日本物理学会 秋の分科会 講演予稿集	(53年10月, 静岡)
石井 淳二	Speech Perception and English Teaching		英語教育研究 (第21号)	
山岡俊比古	Communicative Competence と TEFL		中国地区英語教育学会研究 紀要No. 8	
山岡俊比古	スピーキングのメカニズムと英語教育への示唆		第4回広島大学英语学教育 研究会	(広島)
山岡俊比古	英語教育と文化理解—基礎的研究—		第4回全国英語教育学会	(沖縄)
灘野 宏正 寺内 喜男 (広大工)	平歯車のスコアリングに関する研究 (第3報, スコアリング強さに及ぼす転位係数の影響)		日本機械学会論文集, 44巻 382号 (昭53—6), p.2099 ~2109	
〃	平歯車のスコアリングに関する基礎的研究 (第4報, スコアリング強さに及ぼすモジュールの影響)		日本機械学会講演論文集No. 788—3(昭53—10), p.89~ 96 九州支部・中国四国支 部合同企画佐賀地方講演会	(佐賀)
京免 進 (阪大) 近江 宗一 (阪大) 磯井 建夫 (阪大)	Analysis of Velocity Distribution in Pulsating Turbulent Pipe Flow with Time-Dependent Friction Velocity		Bulletin of the JSME, Vol. 21, No. 157, July, 1978	
藤田 幸史 堀 悠久 (呉高専)	川井モデルによる平板曲げ解析		土木学会中国四国支部学術 講演会概要集	(53年, 山口)
藤田 幸史 明石 一 (京大工)	非線形確率系の定常確率分布の存在のための周波数条件		JAACE 第10回確率システム シンポジウム講演論文集	(京都)
河野 正来 桑原 改造 (広大工)	Al ₂ O ₃ スパッタ膜の摩擦摩耗特性		日本潤滑学会春季研究発表 会予稿集	(53年, 東京)
奥本 宏三 長谷部和憲 (東洋コンタクトレンズ) 大野木幸男 (広大工)	22 kV 配電線の混触故障時の過渡時における補助変圧器の過電圧抑制効果		電気学会論文誌 (98巻B 6 号)	

奥本 宏三 大野木幸男 (広 大 工)	20 kV 級配電系統における混触と地絡の故障判別	電気学会論文誌 (98巻 B11号)	
EIHACHIRO NAKA- MAE HIDEO YAMASHITA TOSHIHIDE NOMU- RA	A FAST REARRANGEMENT TECHNIQUE ON THE ROW- COLUMN INDEXING SCHEME FOR THE SOLUTION OF SPA- RSE SYSTEMS OF EQUATIONS	SIXTEENTH ANNUAL ALLERTON CONFER- ENCE ON COMMUNIC- ATION, CONTROL, AND COMPUTING	
野村 利英 (呉 高 専) 中本 正司 (電 々 公 社) 谷本 茂也 (広 大 工) 山下 英生 (" ") 中前栄八郎 (" ")	変圧器の漏れ磁束密度分布と漏れリ アクタンス	昭和53年度電気四学会中国 支部連合大会 (40507)	広 島
谷本 茂也 (広 大 工) 野村 利英 (呉 高 専) 山下 英生 (広 大 工) 中前栄八郎 (広 大 工)	変圧器の短絡機械力について	" (40506)	広 島
中前栄八郎 (広 大 工) 山下 英生 (広 大 工) 野村 利英 (呉 高 専)	スパース行列処理時間短縮のための 一データ構造	" (22317)	広 島
広光清次郎 他	A Unified Expression for the Multivariate Joint Probability Density Function of the Output Fluctuation of an Arbitrary Linear Vibratory System with Arbitrary Random Excitation.	<i>Journal of Sound and Vibration</i> (Vol. 56, No.2)	
"	防音防振機構の確率評価に関する一 般理論と一重壁への適用	日本音響学会誌(34巻 6号)	
"	The Effect of a Feedback Oper- ation on the Probability Distri- bution of a Non-Stationary Non-Linear Vibratory System with an Arbitrary Random Inp- ut.	<i>Journal of Sound and Vi- bration</i> (Vol. 59, No.4)	
"	An Estimation Teory of Level Fluctuation Over a Long time Interval on the Basis of the Level Distribution Over a Short Time Interval Under a Digital Measurement of Random Noise and Its Experiment	<i>Journal of the Acoustical Society of America</i> (Vol. 64, Supplement No. 1, M9)	
"	A Statistical Study for Estim- ating the Instantaneous Wave Form of Road Traffic Noise By Three New Estimation Methods of Generalized Kalman's Filter- ing Theory.	<i>ibid.</i> (Vol. 64, Supplem- ent No. 1. M6)	
太田 光雄 (広 大 工) 吉野 信行他	上位レベルにおける騒音・振動分布 予測と L_a 値の簡易評価法	日本音響学会誌 34巻 5号	
山口 静馬 (広 大 工) 太田 光雄 (広 大 工) 吉野 信行他	任意道路騒音環境システムの統計的 評価における過剰減衰効果の一系統 的導入法	広島大学工学部研究報告 第27巻第1冊	
太田 光雄 (広 大 工) 沖田 豪 (山口大工) 吉野 信行他	広域環境騒音の系統的評価と制御に 関する方法論的一試み	広島大学工学部研究報告 第27巻第2冊	
太田 光雄 (広 大 工) 山口 静馬 (広 大 工) 吉野 信行他	防音・防振機構の統計学的評価に関 する方法論的基礎研究Ⅲ, 一重・二 重壁の L_a 評価に関する簡易的手法	日本音響学会春季講演論文 集	(53年 東京)
太田 光雄 (広 大 工) 山口 静馬 (広 大 工) 吉野 信行	防音・防振機構の統計学的評価に関 する方法論的基礎研究Ⅲ, 一重・二 重壁の L_a 評価に関する簡易的手法	日本音響学会騒音研究会	(53年 広島)

太田 光雄 (広 大 工) 吉野 信行他	(エネルギー合成則)+(確率合成則)の論理に関する基礎的見地と一応用(騒音振動環境のシステム論的接近法I)	日本音響学会秋季講演論文 集	(53年 大阪)
太田 光雄 (広 大 工) 吉野 信行他	エネルギー合成則の上に不可欠な確率合成則の理論とその簡易的騒音・振動評価への応用	日本騒音制御工学会講演論文 集	(53年 東京)
太田 光雄 (広 大 工) 吉野 信行他	量子化レベルをもつ任意分布型一般不規則過程の一統計理論とその実際の適用	第28回応用力学連合講演会 論文集	(53年 東京)
山崎 勉 (呉 高 専) 今津 信吾 (広 大 工)	電離波動に及ぼすガス温度の影響	電気四学会中国支部連合大会	(広島)
藤井 雅治 (広 大 工) 山崎 勉 (呉 高 専) 進藤 春雄 (広 大 工) 今津 信吾 (〃)	電子エネルギー分布の摂動による不安定性の発生	電気学会プラズマ研究会 (EP-78-16)	(松江)
竹村 和夫 阿部 康俱	砕石ダストのコンクリートに対するフライアッシュの効果	セメント技術年報 32	
網千 寿夫 (広 大 工) 小堀 慈久	マサ土斜面の崩壊と植生に関する一考察	第13回土質工学研究発表会 講演集	(53年, 名古屋)
網千 寿夫 (広 大 工) 小堀 慈久	自然斜面マサ土の理化学的性質について	第33回土木学会年次学術講演会講演概要集第3部	(53年, 仙台)
網千 寿夫 (広 大 工) 小堀 慈久	マサ土自然斜面崩壊と植生分布に関する基礎的研究	第15回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集	(53年, 福岡)
見沢 繁光 (愛 媛 大) 中野 修治 (徳山高専) 重松 恒美 (徳山高専)	二方向曲げを受けるRC板の終局荷重について	第30回土木学会中国四国支部学術講演会概要集	(53年, 山口)
中野 修治 (愛 媛 大) 見沢 繁光 (愛 媛 大) 重松 恒美 (徳山高専)	二方向曲げを受けるRC板の極限解析について	第33回年次学術講演会講演概要集第5部	(53年, 仙台)
主査: 呉高専佐藤校長 委員: 呉高専青木栄ほか、 宮城、豊田、明石、 有明各高専委員 各1名	高等専門学校教育方法等改善調査会 建築部会報告	高専教育(創刊号)	
主査: 呉高専佐藤校長 委員: 呉高専青木栄ほか、 米子、明石、小山 各高専委員各1名	建築計画教育法の基礎的研究	高等専門学校建築教育プロジェクト研究班報告書	
清 和四士 高井 芳治 (呉 高 専)	鉄筋コンクリートスラブの障害例	日本建築学会研究報告中国・九州支部第4号・1	昭和53年2月
清 和四士 高井 芳治 (呉 高 専)	アルミニウム形材のアルカリ腐食について	日本建築学会大会学術講演 便概集	昭和53年9月 (北海道)
西村 光正 (広 大 工) 松浦 誠	ボーリング柱状図に見られる堆積層下の風化花崗岩の土性	日本建築学会, 中国・九州支部研究報告 第4号	(S.53年2月, 小倉)
西村 光正 (広 大 工) 松浦 誠	マサ地盤の許容地耐力について(その7, スウェーデン式サウンディングを利用した載荷試験)	日本建築学会, 中国支部研究報告 S.53年度第1回	(S.53年10月, 広島)
藤井 健 緒方信一郎	矩形面状音源に対する障壁の減音効果	日本建築学会研究報告中国・九州支部(第4号・2)	昭和53年2月
福原 安洋	鉄筋コンクリート筋違入骨組の実験的研究(第6報)接合部の実験	日本建築学会中国・九州支部研究報告(第4号)	昭和53年2月

岡本 二郎	江田島, 能美島, 倉橋島, 鹿島の集落調査 (その3—農業センサスからみた農業集落構造について)	日本建築学会関東支部研究報告集 (Vol. 49)	
門前 勝明	正弦波地動に対する1質点系建物の弾塑性応答の略算式について (その2, 数成分波による場合)	日本建築学会中国・九州支部研究報告第4号	昭和53年2月
門前 勝明	弾塑性応答量の推定に関する一考察	日本建築学会大会学術講演梗概集	昭和53年9月 (北海道)
門前 勝明	1質点系建物の地震動に対する弾塑性応答の略算式について (その1)	日本建築学会中国支部研究報告集	昭和53年10月

呉工業高等専門学校研究報告

第8巻第1号～第13巻第1号（通巻第11～20号）総目次（昭和47～52年）

一般科

国文学

		巻	号	頁
平資盛小伝(その1)―殿下乗合の頃―	大林潤	9	1	1
平資盛小伝(その2)―建礼門院右京大夫との恋―	大林潤	10	1	1
平資盛小伝(その3)―栄達と最期―	大林潤	11	1	1

東洋史学

民国初期軍閥政権の経済的側面 (一)	高城博昭	8	1	17
民国初期軍閥政権の経済的側面 (二)				
―中国工業資本の性格を中心として―	高城博昭	11	1	11

英語・英文学

JAMES BALDWIN と宗教	下村登	8	1	1
Mysticism in <i>To a God Unknown</i>	下村登	9	1	9
Social Concern and Mysticism in <i>The Grapes of Wrath</i>	下村登	12	1	9
Mysticism in John Steinbeck's Novels	下村登	12	2	1
Christianity and Eastern Philosophy in <i>East of Eden</i>	下村登	13	1	1
An Exploratory Inquiry into the Use of Prepositions in				
"spend time (in) doing" and Some Analogous Constructions	熊川良治	10	1	11
経験的 and 文英訳論―日本語の発想と干渉について―	熊川良治	10	1	19
Aural Comprehension Test ―結果と考察―	熊川良治	12	1	1

数学

Parameter Plane 法による非線形制御系の安定性解析	今井池 勲 富小 豊	8	1	23
巨大システムの安定性と統計的手法の適用について	富今 田 豊 今井 勲	9	1	27
確率モデルの状態推定と雑音の大きさに関する2・3の考察	今岡 勲 富中 三	10	2	1
観測ノイズを含む非線形システムの状態推定の精度について	今岡 勲 富中 三	11	1	19

物理・応用物理学

ワイズ型電磁石、電源および磁気天秤の試作	富士田 瑞穂 笠松 義隆	8	2	9
----------------------	-----------------	---	---	---

化学

Spectrophotometric Determination of Micro Amounts				
of Mercury by Solvent Extraction with Zephiramine	茶木正吉	10	2	13
ゼフィラミンによる微量ビスマスの吸光光度定量法	茶木正吉 原松尾 樹博	10	2	19
ゼフィラミンによる微量レニウムの吸光光度定量法	茶木正吉 原松尾 樹博	11	1	27

体育学

体育実技評価の研究…50m走、走巾跳、立巾跳を例として	石嶋 篤司	8	2	1
-----------------------------	-------	---	---	---

機 械 工 学 科

巻 号 頁

0.1m×0.1m超音速吹出風洞の計画と構造(第1報)	二井内 信 司	9	1	85
ディーゼル機関の燃費特性について(第3報)	久保田 勲	8	2	17
ディーゼル排気カーボン重量の測定について	久保田 勲	10	1	25
スワールボックスの研究	久保田 勲 河 口 勇	11	2	27
往復等2次加速度カムの滑り率の研究(第1報)	糸 島 寛 典	8	1	29
無衝撃スライダ機構の研究(第1報)(3歯車リンク機構)	糸 島 寛 典	8	1	41
チェーン歯車機構の研究(第2報)(間欠運動機構)	糸 島 寛 典	8	1	51
単法運動カムの滑り率の研究(第2報)	糸 島 原 寛 典 野 稔	8	1	61
往復サイクロイダルカムの滑り率の研究(第1報)	糸 島 原 寛 典 野 稔	8	2	25
揺動等2次角加速度カムの滑り率の研究(第1報)	糸 島 寛 典	8	2	35
往復橢円カムの滑り率の研究(第1報)	糸 島 寛 典	8	2	47
往復橢円カムの滑り率の研究(第2報)(かたより円弧従動節)	糸 島 寛 典	9	1	39
往復等2次加速度カムの滑り率の研究(第2報)(平板従動節)	糸 島 寛 典	9	1	51
揺動サイクロイドカムの滑り率の研究(第1報)	糸 島 寛 典	10	1	31
揺動橢円カムの研究(第1報)―円弧従動節―	糸 島 寛 典	10	2	25
揺動橢円カムの研究(第2報)―平板従動節―	糸 島 寛 典	10	2	37
往復正橢円カムの研究(第1報)―円弧従動節―	糸 島 寛 典	11	1	33
揺動正橢円カムの研究(第1報)―円弧従動節―	糸 島 寛 典	11	1	45
往復偏心橢円カムの研究―円弧従動節―	糸 島 寛 典	11	2	1
揺動偏心橢円カムの研究(第1報)―円弧従動節―	糸 島 寛 典	11	2	13
揺動正橢円カムの研究(第2報)―平板従動節―	糸 島 寛 典	12	1	33
往復偏心正橢円カムの研究(第1報)―円弧従動節―	糸 島 寛 典	12	1	45
往復偏心正橢円カムの研究(第2報)―平板従動節―	糸 島 寛 典	12	2	9
揺動偏心正橢円カムの研究(第1報)―円弧従動節―	糸 島 原 正 来 河 野	12	2	23
往復正放物線カムの研究(第1報)―円弧従動節―	糸 島 寛 典	13	1	47
揺動偏心正橢円カムの研究(第2報)―平板従動節―	糸 島 原 正 来 河 野	13	1	61
Sn-5% Bi 合金の変形機構	大山 下 根 隆 光 章 夫	8	1	71
超塑性 Zn-Al 合金の歯車の塑性加工	大山 下 根 隆 光 章 夫	10	2	47
超塑性 Zn-Al 合金の圧接について	大山 下 根 隆 光 章 夫	12	1	21
鋳鉄の金型鑄造における金属中子の検討	里 信 敏 行 片 島 三 朗	8	1	77
塑性加工の研究(第1報)―引抜応力, 圧延最小板厚の検討―	里 信 敏 行	9	1	75
塑性加工の研究(第2類)―圧延圧力の検討―	里 信 敏 行	10	1	43
塑性加工の研究(第3報)				
一圧延加工における最高圧延圧力, 中立点位置の近似解―	里 信 敏 行	11	1	57
塑性加工の研究(第4報)―圧下力の検討―	里 信 敏 行 方 岡 利 司 永 島 治	11	2	37

On the Thermal Stress due to a Moving Heat Source Generated by

Friction.....Yoshio TERAUCHI and Hiromasa NADANO.....8.....1.....85

The Effect of Surface Friction on the Growth of pitting.....Hiromasa NADANO
Yoshio TERAUCHI.....9.....1.....61

		巻	号	頁
二円筒すきまにおける粘性流れ (第2報)	京 免	進	8	1 97
二円筒すきまにおける粘性流れ (第3報)	京 免	進	8	2 61
カムの応力解析	野 原	稔	10	1 57
内歯車の円環近似に対する補正係数	野 原	稔	11	2 43
円環の振動に関する研究 (第1報自由, 支持振動)	野 原	稔	13	1 75
吸気の脈動に関する研究	河 口 勇 久 保 田 治 典		13	1 83

電 気 工 学 科

半導体素子によるけい光灯安定回路	原 田 一 彦	8	1	107
サイリスタによるけい光ランプ用スタータ	原 田 一 彦	8	2	73
煙中の誘導灯の見え方	原 田 一 彦	9	1	93
低圧ナトリウムランプによる煙中での誘導灯の見え方	原 田 一 彦	10	1	65
本校普通教室の照明について	原 田 一 彦	10	2	53
製図室の照明	原 田 一 彦	11	1	63
写真による輝度測定と輝度パターンの作成	原 田 一 彦	11	2	49
TVによる輝度測定と輝度パターンの作成	原 田 一 彦	12	1	65
輝度分布によるモデリング効果の研究	原 田 一 彦	12	2	59
色温度による店舗照明の考察	原 田 一 彦	13	1	97
並列インバータ回路のアナログシミュレーション (第1報)	脇 所 広 司	8	1	113
ミニコン用複素数演算技法	村 上 滋 樹	8	1	117
Sparse 行列処理技法	村 上 滋 樹	8	1	123
教育用小形計算機システムの評価について	村 上 滋 樹	8	2	79
交流線形回路網解析プログラム (第1報)	村 上 滋 樹	9	1	99
状態方程式形成技法	村 上 滋 樹	9	1	107
交流線形回路網解析プログラム (第2報)	村 上 滋 樹	10	1	69
呉高専 FACOM 23028S システム	村 上 滋 樹	11	2	57
FORTRAN 演習用システム COLT/KTC	村 上 吉 野 田 滋 信 樹 行 吉	12	2	53
電子計算機による楕円型境界値問題の数値解析 (第3報)	松 山 公 義 一 廣	8	1	129
合成騒音レベル分布における付加騒音の影響に 対する新たな推定理論とその実験	広 太 光 田 清 次 郎 光 雄	11	1	85
非線形フィードバック要素をもつゼロ・メモリ型非定常 システムの任意不規則応答分布に関する一統理論	広 太 光 田 清 次 郎 光 雄	12	1	57
非線形フィードバック要素をもつゼロ・メモリ型非定常 システムの任意不規則応答分布に関する実験的研究	広 太 光 田 清 次 郎 光 雄	12	2	39
ミニコンによる会話型回路解析プログラム A P E C	黒 瀬 能 津 吉 野 原 信 基 行 司	10	1	73
ELFシステムの拡張について	吉 長 野 原 信 基 行 司	11	1	67
呉高専電子計算機室会計編集プログラム "EDP・LOG"	吉 野 田 信 基 行 吉	11	2	61

土 木 工 学 科

コンクリートくいの打撃応力について	久 良 喜 代 彦	8	1	135
不静定トラスの数値計算法	久 良 喜 代 彦 丸 上 晴 朗	8	2	89
くいの打撃力についての実験的研究	久 良 喜 代 彦 丸 上 晴 朗	9	1	113

パイル打込みに関する実験的研究	久 良 喜代彦	11	1	97
コンクリートくいの打撃引張応力に関する実験的研究	久 良 喜代彦	12	1	79
コンクリート杭の動的支持力について	久 良 喜代彦	12	2	101
コンクリート杭の内部摩擦について	久 良 喜代彦	13	1	107
載荷条件からみた大阪洪積粘土の圧縮性	石 井 義 明 西 谷 庸 雄	8	2	105
割れ目を有する岩盤の斜面崩壊に関する一模型実験と考察 (第 1 報)	石 井 義 明	10	2	57
休山におけるマサ土と風化花崗岩の工学的特性について (第 1 報)	石 井 義 明 小 堀 慈 久	10	2	65
岩盤斜面におけるロックボルトの効果 (模型実験)	石 井 義 明	12	2	93
超早強ポルトランドセメントを用いたかた練りコンクリートに関する基礎的研究 (その 1)	竹 村 和 夫	8	2	113
超早強ポルトランドセメントを用いたかた練りコンクリートに関する基礎的研究 (その 2)	竹 村 和 夫	9	1	125
平板の曲げモーメントの計算	丸 上 晴 朗	10	1	85
床版応力の解析上の問題点	丸 上 晴 朗	11	1	107
鉄筋コンクリート床版の研究	丸 上 晴 朗 荒 原 耕 弘	12	1	71
曲げをうける薄板の境界値問題の 1 例	丸 上 晴 朗	12	2	83
高強度コンクリートの配合設計に関する 2・3 の検討	西 谷 庸 雄 阿 部 村 康 和	10	2	73
地盤の変形解析に関する基礎的研究—2 次元弾性解析—	小 堀 慈 久 網 干 久 夫	12	2	63
地盤の塑性変形に関する基礎的研究—2 次元弾塑性解析—	小 堀 慈 久 網 干 久 夫	13	1	127
曲げを受ける R. C. 板の降伏条件について	中 野 修 治	13	1	117
Zum Bindemittelsverbund zwischen Stahl und Betonplatte bei dübellosen Verbundträgern	重 松 恒 美 見 澤 繁 光	10	2	81

建 築 学 科

構造耐力試験について (1930年に竣工した建築物について)	高 井 方 治 西 村 和 四 福 原 光 正 正 野 崎 昭 二	8	2	131
呉市における沖積層の土性について (第 1 報) (広地区)	西 村 光 正	8	1	145
軟弱な圧密粘土層上の建築物の不同沈下 (第 3 報)	西 村 光 正	9	1	149
鉄筋コンクリート柱の動的性状に関する実験的研究	福 原 安 洋	10	1	93
鉄筋コンクリート筋違入骨組の実験的研究 (第 1 報) 骨組の剛性, 耐力, 変形に関して	福 原 安 洋	12	1	89
鉄筋コンクリート筋違入骨組の実験的研究 (第 2 報) 部材の性状に関して	福 原 安 洋	13	1	143
地盤の振動特性を考慮した構造物の地震応答解析	正 野 崎 昭 二 富 田 二 豊 池 田 耕 二	10	1	107
3 層耐震壁の水平剛性について	正 野 崎 昭 二	10	2	91
呉高専建築学科の残響室について	緒 方 信 一 藤 井 健 一	11	1	115
鉄筋コンクリート骨組の地震応答	門 前 勝 明	11	1	121
減力時の剛性低下が地震応答性状に及ぼす影響	門 前 勝 明	11	2	69
履歴減衰と等価粘性減衰 (その 1)	門 前 勝 明	12	2	115
地震による構造物へのエネルギー入力と構造物のエネルギー吸収特性について	門 前 勝 明	12	2	127
正弦波地動に対する 1 質点系建物の弾塑性近似応答式について	門 前 勝 明	13	1	151

編 集 委 員

久	保	田		勲
山		岡	俊	比 古
笠		松	義	隆
山		崎		勉
中		野	修	治
清			和	四 士

呉工業高等専門学校
研 究 報 告

第15巻 第1号 (1979)
(通巻 第24号)

昭和54年8月印刷
昭和54年8月発行

編集兼
発行者 呉工業高等専門学校
〒737 呉市阿賀南2丁目2-11
電話呉(0823) 71-9121

印刷所 柳盛社印刷所
〒730 広島市東白島8-23
電話(21) 2148・2149

MEMOIRS OF THE KURE TECHNICAL COLLEGE

1. On Designing a Situational Syllabus	Junji ISHI.....	1
2. Studies on the Connective Involute Cam (Report 1) —Reciprocating Follower—	Hironori ITOSHIMA Kyōichi FUKUNAGA	31
3. Studies on the Connective Ellipses Cam (Report 1) —Reciprocating Follower—	Hironori ITOSHIMA Kyōichi FUKUNAGA	47
4. A Study of Agreeable Illuminance.....	Kazuhiko HARADA.....	61
5. A Study on the Prediction of Driving Tensile Stress in a Concrete Pile...	Kiyohiko KURO.....	65
6. Experimental Study on Reinforced Concrete Braced frames (Report 3) On Properties of Joints	Yasuhiro FUKUHARA.....	83
List of Papers Published or Read outside this College by its Teaching Staff in 1978.....		93
Author-Title Index for Memoirs of the Kure Technical College (the Consecutive Numbers of Volumes 11-20, 1972-1977)		97