

T.Y. Lin 構造設計事務所に学んで

産 本 真 作*

1. はじめに

去る 1963 年 10 月にサンフランシスコで開催された第 9 回 PCI 年次会議に出席後、翌 1964 年 10 月に至るまでの約 1 年間、同市の T.Y. Lin 構造設計事務所 (T.Y. Lin & Associates International) において主としてプレストレスト コンクリート (以下 P S と書く) およびプレキャスト (以下 P C と書く) 建築の設計を実習するほか、P S、P C コンクリート部材製作工場および関連する現場を見学致しました。その実習および見学記を述べる前に、所長の T.Y. Lin 先生および事務所の略歴を述べよう。

Lin 先生は、現在州立カリフォルニア大学教授として、学内においては土木建築関係の各種委員会の幹事や実験室の室長などの要職を兼任され、学外においては P S および P C 関係の世界的学者、コンサルタントとしてアメリカ合衆国だけでなく、カナダ、中南米、遠くヨーロッパまで進出して活躍している。例えば 1962 年にローマで開かれた第 4 回 P C 国際会議には副議長をつとめ、またプエルトリコおよびコスタリカ政府の構造技術顧問を担当するなど精力的な活躍をしておられる。

特に P C、P S 建築の耐震設計法に関しては、アメリカ合衆国では第一人者である。先生はもともと中華民国の方であり、戦前カリフォルニア大学で修士号を得られたのち、長く中華民国政府鉄道省に勤務、構造物設計の仕事をされていたが、1946 年にカリフォルニア大学から招へいされ、教授として渡米された。

1951 年カリフォルニア州で初めて P S 橋がロサンゼルスに造られた際に種々の実験に参加され、以来 P S 技術の研究に専念されることになった。

1953 年 P S の基礎研究のためベルギーの Gustav Magnel のもとに学ばれ、先生自身の今日の研究の基礎をつくられたのである。

先生の特徴は、純理論的な研究よりも、P S 理論を実際の構造物の設計施工に応用することに大きな才能を示されているところにあると思う。

サンフランシスコにある事務所 (T.Y. Lin & Associates International) は、先生の理論研究を実際の設計に応用する設計実験室のような観を呈している。後述するように Lin 先生の設計手法は少なくとも現在のアメ

* 住友建設 K K 技術研究所開発課

リカ西部地方の P S 構造設計法を支配しているといってもよい。その他 T.Y. Lin & Associates がアメリカの各主要都市にあって、先生の影響はアメリカ合衆国全体に浸透していると考えられる。

2. T.Y. Lin 構造設計事務所の設計および施工の概要

筆者の留学期間中同事務所ではアパートや学校、駐車場などの P S 建築の設計件数が多く、ついで P S 橋梁の順であったが、筆者の眺めた範囲でその設計法の概略を紹介してみよう。

(1) 材料および工法

a) 現場打ち P S 構法 10 階以上の高層 P S 建築 (例えばアパートなど) ではほとんど現場打 P S 工法を採用、主として現場打スラブにプレストレスを導入している。スラブ厚は 15 cm 程度で、スパンは 6~8 m のものが多い。その際スラブ鉄筋量はきわめて少なく、スラブ端部以外は鉄筋は皆無である。スラブの P S 鋼線はコールドロール状のものを塗布した上に紙またはビニール系のものでラッピングを施しており、ポステン導入後のグラウト注入は行なわない。

b) プレキャスト工法 プレキャスト材を使用したときは、比較的規模の小さい建物をのぞき、適当な箇所に必ず鉄筋コンクリートあるいは現場打ちプレストレスト コンクリートのコア壁などを設け、地震力に対処するほか、施工中はこの現場打ち部分を建方支保工、あるいはスミ出しの規準点をとることに利用している。継手仕口部は、大体、埋込み金物や鉄筋などを溶接接合している。

ダブル T スラブ、シングル T スラブの上端面には必ず軽量コンクリートでトッピングを施工している。というのは品質管理面では日本より数等厳格と思えるアメリカでも“むくり”をそろえることがかなりむずかしいことと、それからこのトッピングのコンクリート中に電線配管などを埋設するためとである。

(2) T.Y. Lin 先生の設計理論の特徴

T.Y. Lin 先生の設計法で強調されているのは Load-Balancing Method であるが、これは死荷重作用時、“たわみ”や、“むくり”を生じさせないように、すなわち死荷重作用時応力が各断面で一様になるよう設計する方法であって、複雑な架構の建築物設計において、施工

精度を高める上で非常に有益であると考えられる。また連続ばりの設計には計算も簡便である。この方法については、T.Y. Lin 著 “Design of Prestressed Concrete Structures” Second Edition, Wiley 社の出版を参照されたい。

(3) 特に施工面で日本との差異に気づいた点

1) ストランドをディフレクトさせて使ったプレテンション部材がきわめて多く、各社おのおのディフレクトさす方法を良く考案している（日本ではほとんど直線配置）。

2) 型わくであるが、木製、鉄製のほかにコンクリートの型わくやグラスファイバーの型わくを盛んに使用している。コンクリートの型わくについてであるが、同一の型で、複雑な断面型で同一型種のものが多いときに有効である。なぜなら、一つの原型を木製あるいは鉄製で精密に作り、それから必要なだけコンクリートの型わくを作ればよいからである。一つの原型から作った型わくであるから精度は高いと考えられるが、主としてポステン材に應用されているようである。グラスファイバー型わくは、木の下地の上に 5mm 程度のグラスファイバーを貼付けたものであるが、小さな凹凸を作るのに便利である。

3) 建築用プレキャスト壁パネルなどはほとんど何らかの意匠の仕上げが施されている。手工業的左官工事をのぞくため必然的に要求されたことと思う。

4) プレキャスト建築の施工精度がきわめて良い。パネルの取合せ目地は大体 12mm 程度であるにかかわらず、十分狂いなく収まっている。

5) インサート金物や埋込金物などのプレキャスト部材用の金具の市販品の種類が非常に豊富である。これはプレキャストのコストダウン、設計の簡便化にかなり役立っていると思う。

6) 軽量コンクリートがプレテンション材に多く利用されている。

7) 一般的に P S に使用するコンクリートのスランプ値が大きい。

3. 設 計 例

T.Y. Lin 先生の設計された 1) プレキャスト P S 建築 2) 現場打 P S 建築 3) ティルトアップ工法によるおよび 2) の折衷的な建築の例を挙げ説明する。これらの建築から T.Y. Lin 先生の設計手法を理解して頂きたいと思ひます。

(1) カリフォルニア大学デビス構内に建つ事務所 この建物については本誌 Vol. 6, No.1 (昭和 38 年 2 月号) に岡田秀治氏により写真および概要が紹介されて

いるので平面図 (図-1 参照) だけ紹介しておく。

地下 1 階地上 9 階のこの建物は、地階およびコアまわり耐震壁以外はオール P C, P S 組立構法を用いている。基礎はアーチを利用した現場打 P S 構法である。建方はわずか 23 日を要したのみであり、その間労務者は 1 日 10 名程度、トラック クレーンは 2 台使用しただけである。各部材について簡単に説明する。

a) 柱 キーストン型の柱で、1 階から 9 階まで長さ 86'~4" (26 m) の材が一体にプレキャストされている。

コンクリート強度 $\sigma_{28}=5500 \text{ psi}$ (390 kg/cm²) の普通コンクリート。プレテンション方式によって緊張。型わくは鋼製。

b) スラブ チャンネル型スラブである。コンクリート強度 $\sigma_{28}=3750 \text{ psi}$ (260 kg/cm²) の軽量コンクリート。プレテンション方式によって緊張。型わくは鋼製。ただし屋根スラブは一般にアメリカで Lin “T” と呼ばれている Lin 先生考案の規格品を用いている (Lin “T” はわが国のシングル “T” と大体同じである)。

c) 壁パネル すべて片面洗い出し仕上げの P C パネルで極めて美しい。コンクリート強度 $\sigma_{28}=3750 \text{ psi}$ (260 kg/cm²) の軽量コンクリート。プレテンション方式によって緊張。型わくは鋼製。

d) 継手詳細 各部材取合せ目地幅は 1/2" (12 mm) 程度である。目地グラウト、コーキングは入念に行なわれ、美観上、実用上欠点となっていない。ほとんどが鉄筋や埋込金物の溶接接合である (図-1~図-13 を参照)。ただし 図-5, 6, 7, 8, および 11 は参考図としてアメリカで常用されているディテール例を挙げたもので

図-1 標準階平面

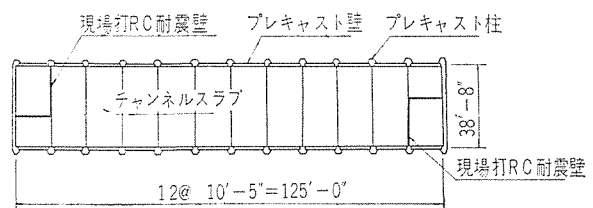


図-2 柱-壁取付詳細

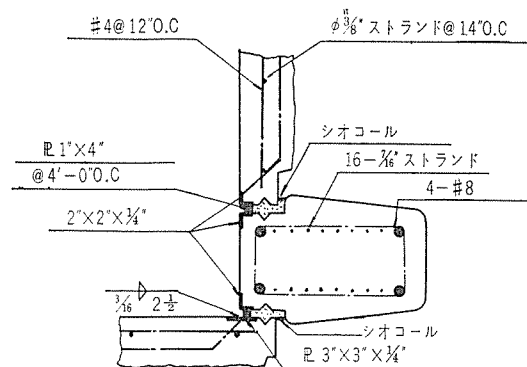


図-3 ひさし取付詳細

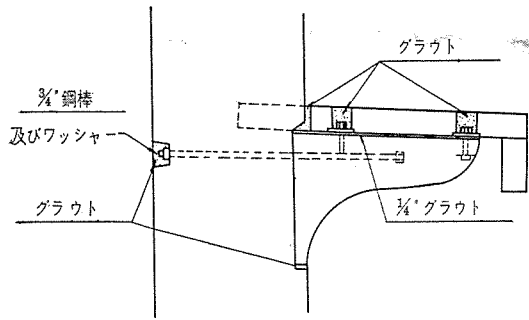


図-4 壁-壁取付参考

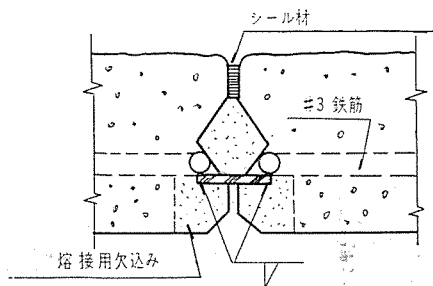


図-5 壁-壁取付参考

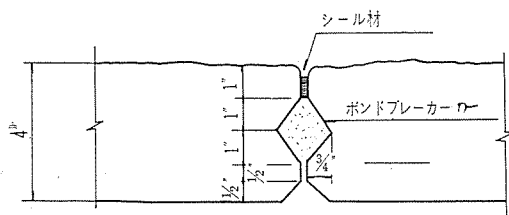


図-6 壁-壁取付参考

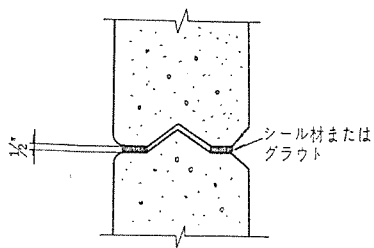


図-7 壁-壁取付参考

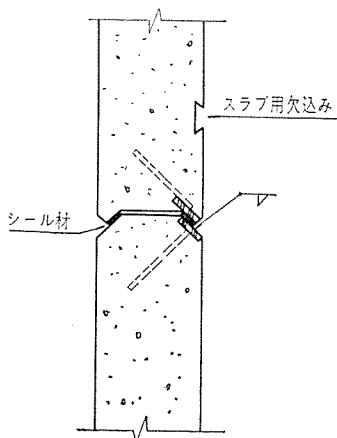


図-8 壁-壁取付参考

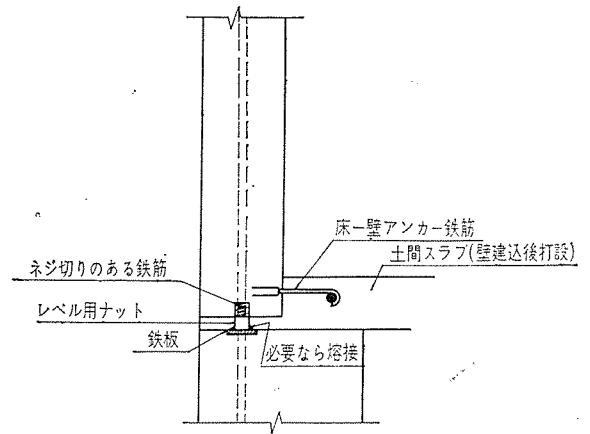


図-9 柱-基礎取付詳細

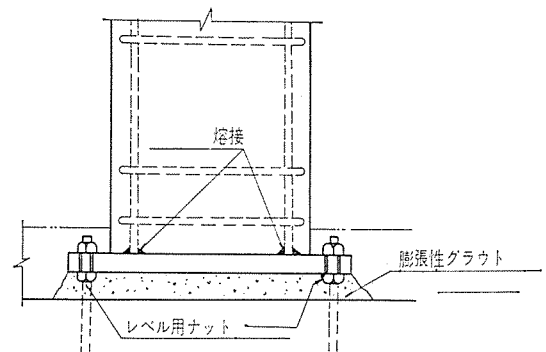


図-10 スラブ-壁取付詳細

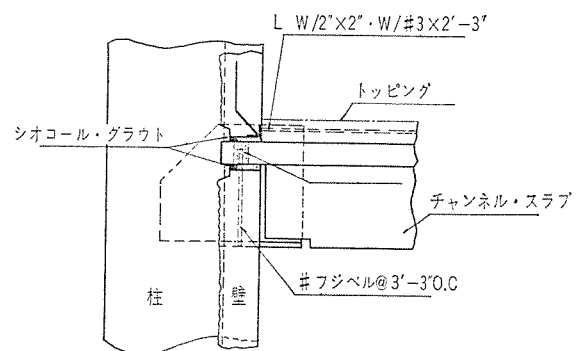


図-11 基礎-壁パネル取付参考

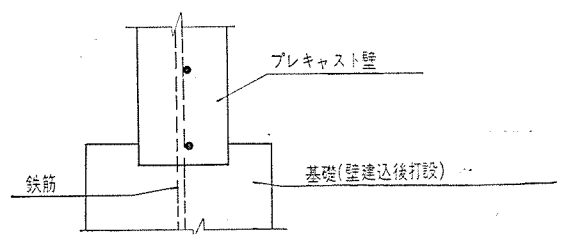


図-12 チャンネル スラブ取付詳細

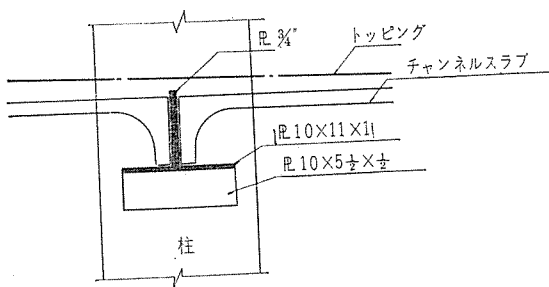
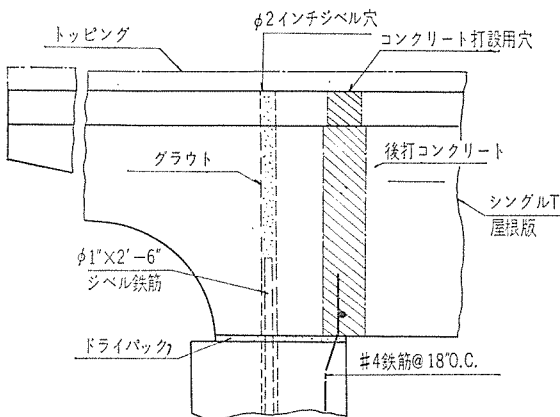


図-13 柱-屋根版取付詳細



この建物に直接関係はない)。

(2) サンフランシスコ市内に建つアパート

地下3階、地上15階で地下はほとんど駐車場である。構造的な特色はスライディングフォームにより壁体を作り、それにPS現場打スラブを取付けたところにある。スライディングフォームが5階位まで上がったあと、PS現場打スラブ用の型わくを組み、配筋を行ないコンクリートを打設する。

緊張のあと電気などの配線は軽量コンクリートのトッピングの中に埋込まれる。スライディングフォームの1日進行速度は2.4m程度であった。図-14は、壁とスラブ関係を示したものである。写真-1は工事現場全景、写真-2はスラブの配筋状況を示している。

(3) オークランドに建つショッピングセンター

一部高層部分をふくんでいるが、大部分は2階建て、ティルトアップ工法とPS工法を併用した構造である。

図-14 壁-スラブ取付

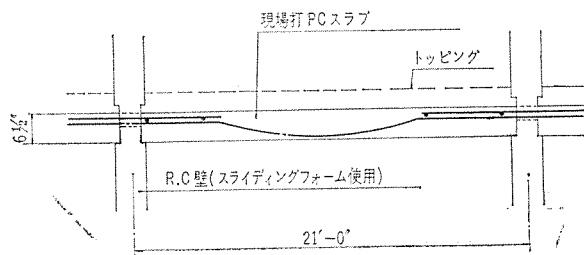


写真-1

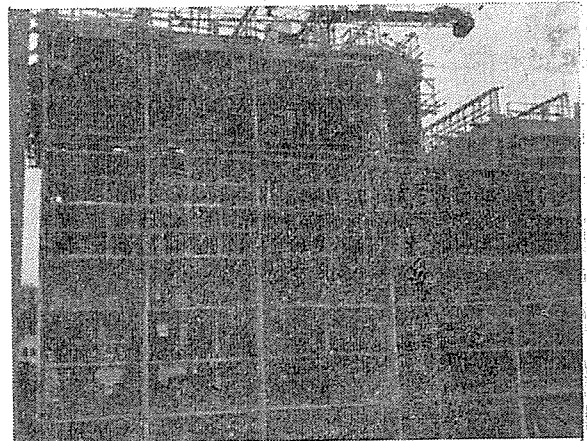
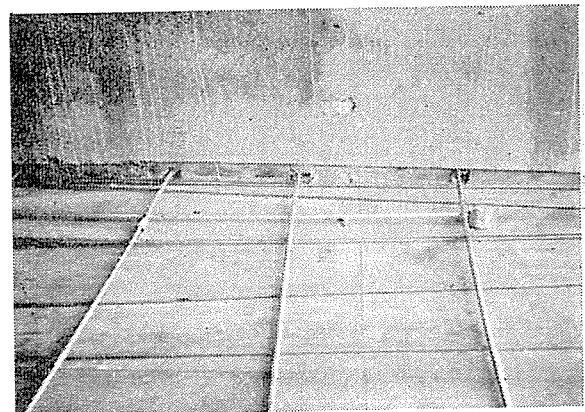


写真-2



屋上は駐車場となっており、実に1000台もの乗用車を収容する。設計上の特色はプレキャストPSばりを架設して、ポステン導入によって連続ばりとする方法にある。

構造概要

- 1) 基礎：鉄筋コンクリート現場打。一部PC部材使用。
- 2) 柱：PC鉄筋コンクリート。
- 3) 壁：PC鉄筋コンクリート。
- 4) はり：プレキャストPS (ポストテンショニング)。
- 5) スラブ：現場打PS (ポストテンショニング)。

架設方法

- 1) 柱および壁の建込み
- 2) 自重に耐えるだけのPS力を導入したPC2階ばりと屋根ばりの架設。
- 3) スラブ配筋と同時にPCばりのまだ緊張されていないPS鋼材と隣接PCばりの同様なPS鋼材をつなぐ。
- 4) スラブコンクリート打設。
- 5) PCばりの残りのPS鋼材を緊張。
- 6) スラブにポステン導入。

以上で躯体は完成するが、PS鋼材には一切グラウトを行なわない。

図-15、図-16 は、PC ばり端部のディテールであるが、図中(I)のPS鋼材は架設前緊張され、(II)のPS鋼材はスラブ打設後緊張される。写真-3 は工事現場全景、写真-4 は柱、はりの架設状態、写真-5 は壁

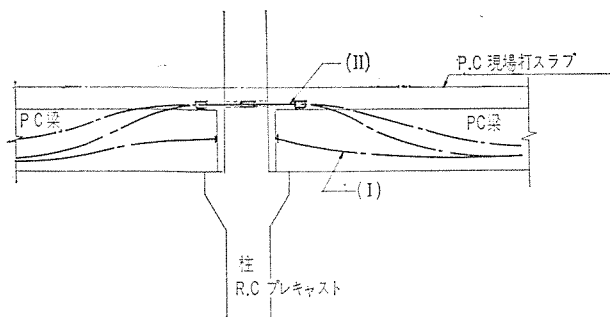


図-16 はり一柱一はり取付

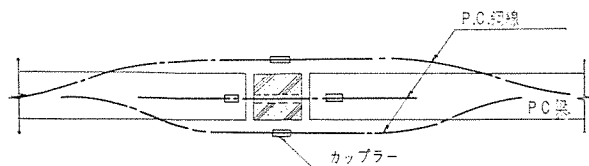


写真-3



写真-4

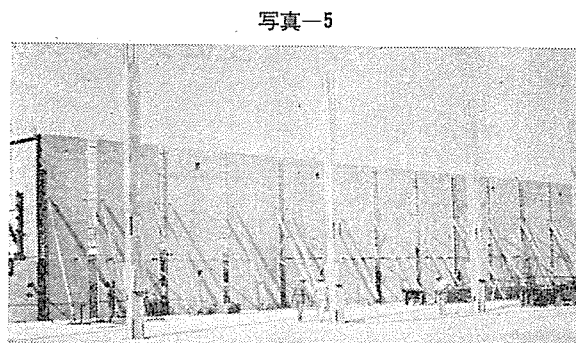
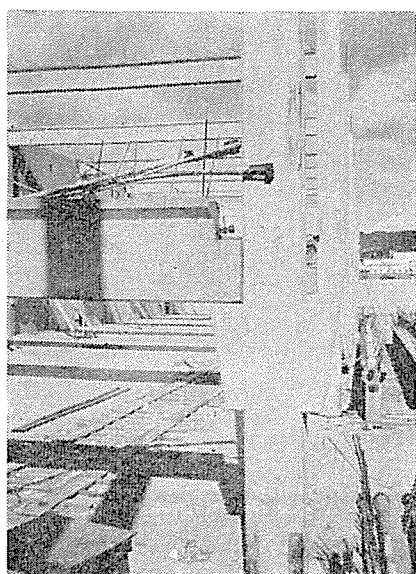


写真-5

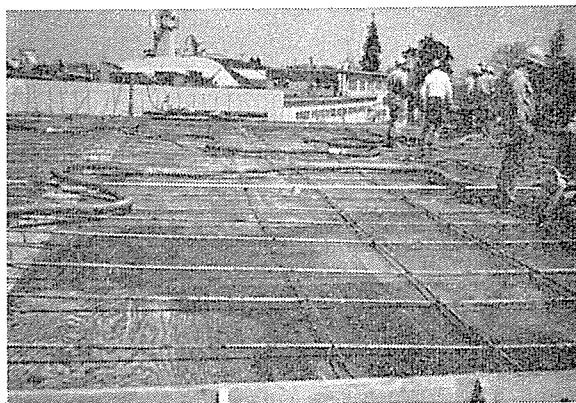


写真-6

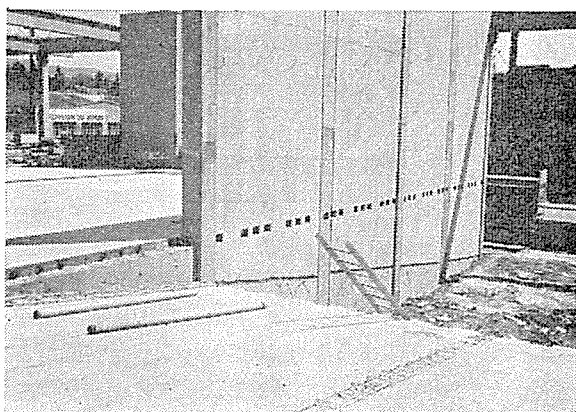


写真-7

パネルの架設状態、写真-6 はスラブの配筋状態、写真-7 は建物外壁の駆体の完成した部分を示している。

4. おわりに

アメリカでのPC、PS工法は一般的工法として、かなり普及しており、普及の傾向はさらにひろがりつつあると思うが、特に建築への応用はいちじるしいものがある。

理論的なものはさておき、施工に関する研究はわれわれと比べて数等アメリカの方が進歩しているようにみえた。T.Y. Lin 先生も理論から施工への間の橋渡しとして大いに活躍されておられる。

最後に、当地では案外現場打PS工法を多く用いていたことを付け加えておく。

1965. 1. 25・受付