

FIP (Federation International for Prestressing) 主催  
耐震構造および海洋構造物シンポジウム報告

1. 耐 震 構 造

中 野 清 司\*

ま え が き

昭和 47 年 9 月 25 日より 30 日までの間に、ソビエト連邦トビリシ市において開催された FIP 耐震構造シンポジウムについて、その概略を報告する。

会議の日程は次のとおりであった。

9 月 28 日

耐震構造テーマ I：地震地帯におけるプレストレスト コンクリートの設計と施工・設計および規準  
General Reporter; K.S. Zavriev

耐震構造テーマ II：地震地帯におけるプレストレストコンクリート構造物に関する研究とその成果  
General Reporter; S. Ban

9 月 29 日

耐震構造テーマ III：地震地帯の構造物へのプレキャスト プレストレスト コンクリートの応用  
General Reporter; J. Despeyroux

耐震構造物テーマIV：地震時のプレストレスト コンクリート構造物の挙動の実例  
General Reporter; B. Zezelj

本会議には、35 か国より約 500 人が参加した。このうち半数以上はソ連よりの参加であった。

1. 会議の内容

前記各テーマについて、まず General Reporter より提出論文全般の説明があり、ついで論文提出者から提出論文の説明があった。

以下に各テーマごとの提出論文一覧表と内容の梗概を示す。

2. 提出論文一覧表

テーマ I：地震地帯のプレストレスト コンクリート  
構造の設計と建設

1) 地震の影響に適応する解放型 (disengaging) プレストレスプレース  
Ya.M. Izenberg (ソ連)

2) 地震地帯のプレストレスト コンクリート構造の設計と建設

\* 工博 建設省建築研究所 第四研究部長

設

日本国内委員会 (日本)

3) 多層耐震建築物の鉄筋コンクリート骨組の接合部

A.P. Vasiljev, Yu.D. Bychenkov (ソ連)

4) ソ連の地震地帯に建設された工業建築物における規格プレストレスト コンクリート構造物

B.F. Vasiljev, I.S. Arnapolsky (ソ連)

5) 地震地帯に建設されるプレストレスト コンクリート造の多層工業建築物

G.V. Vyshigin (ソ連)

6) 耐震建築物におけるプレキャスト プレストレスト コンクリート構造の利用

R.Kh. Gabuzov, K.A. Zavriev, A.M. Kimberg (ソ連)

7) 地震荷重を受けるプレキャスト および場所打ち併用のフラットスラブに用いられたプレストレスト コンクリート床版の接合部の挙動に関する研究

V. Golosov, G. Biryukov (ソ連)

8) 耐震シェルのプレストレストの限界状態について

K.S. Zaukiev, N.V. Akhvediani,

A.A. Pandzhavidze (ソ連)

9) 建築物基礎の地震力の評価と建設

F.F. Conde (スペイン)

10) 耐震構造物設計規準にもとづくプレストレスト コンクリート曲げ部材の変形特性

Sh.G. Napetvaridze, O.I. Kvitsaridze,

L.S. Makhviladze (ソ連)

11) 鉄筋コンクリート構造物の動的解析における塑性変形

N.N. Popov, B.S. Rastorguev (ソ連)

テーマ II：地震地帯のプレストレスト コンクリート  
構造物に関する研究—方法と結果—

1) 短期間の動的荷重を受ける鉄筋コンクリートばりのせん断強度について

I.K. Belobrov, A.I. Mordich (ソ連)

2) プレストレスト コンクリート骨組みの耐震性に関する最近のニュージーランドの研究

R.W.G. Blakeley, R. Park (ニュージーランド)

3) 日本におけるプレストレスト コンクリート構造物に関する研究—方法と結果—

日本国内委員会 (日本)

4) 鉄筋コンクリート構造部材減衰に及ぼす若干の要因の効果

Yu.S. Volkov, V.D. Shevchukov (ソ連)

5) 交番荷重を受ける骨組式建築物中のプレストレスト コンクリート部材の挙動に関する研究

- K.S.Zavriev, O.I. Kvitsaridze, A.Kh. Koridze (ソ連)
- 6) 一般建築物におけるプレストレスト コンクリート骨組の接合部に関する実験的研究  
K.A. Zavriev, A.M. Kimberg, S.A. Mustatov (ソ連)
- 7) 多層骨組の耐震性に及ぼす コンクリート柱の プレストレッシングの効果  
T.Zh. Zhunusov, A.A. Bespaev (ソ連)
- 8) 動的荷重を受ける コンクリート構造物の 強度に及ぼすプレローディング レベルの影響  
A.P. Kirillov, Yu.K. Ambriashvili (ソ連)
- 9) 地震力を受けるプレストレスト コンクリート曲げ部材の載荷能力  
I.L. Korchinsky, V.A. Rzhnevsky, B.A. Fridman (ソ連)
- 10) 地震荷重を受けるプレストレスト コンクリート構造物の挙動の研究  
I.L. Korchinsky, V.A. Rzhnevsky, B.A. Fridman (ソ連)
- 11) 静的および繰返し荷重を受けるプレストレスト コンクリート骨組の研究  
G.G. Musaev (ソ連)
- 12) 20 ft×200 ft のプレストレスト コンクリート製振動台の設計と建設  
Dixon Rea (アメリカ)
- 13) 非構造層間部材をもつプレストレスト コンクリート構造物の地震応答  
R.A. Spencer (カナダ)
- 14) 構造物の耐震性研究における載荷方法の発展の動向  
Yu.E. Tyablikov (ソ連)
- テーマ III : 地震地帯の構造物に対するプレキャスト  
プレストレスト コンクリートの応用
- 1) アルメニア共和国における軽量プレストレスト コンクリートの使用  
G.G. Agababyan, K.T. Altunyan, V.V. Pinadgyan (ソ連)
- 2) プレストレスト コンクリート床版をもつプレキャスト  
コンクリート骨組を用いた建築物  
G. Brankov, S. Sachanski, L. Tsenov, P. Sotirov (ソ連)
- 3) 地震地帯の駐車場構造への適用例  
H.J. Walocha (ソ連)
- 4) 軽量プレストレスト コンクリート壁をもつ耐震建物  
Yu.V. Izmailov, B.I. Belichenko (ソ連)
- 5) 地震地帯に建てられる 17 階建保養所建築物へのプレキャスト鉄筋コンクリート骨組  
V.E. Kaplan, S.S. Krotovsky (ソ連)
- 6) ジョージア共和国 およびコーカサス横断鉄道沿いの地震地帯に建設されたプレストレスト コンクリート橋の上部構  
V.A. Slovinsky (ソ連)
- 7) トビリシ市にある ジョージア共和国自動車道路省の技術サービスビルに用いられたプレキャスト プレストレスト  
コンクリート構造物  
G.V. Chakhava, Z.K. Dzhlaganiya, T.S. Tkhlava (ソ連)
- テーマ IV : 地震時におけるプレストレスト コンクリート構造物の挙動に関する経験

1) 地震動に対するプレストレスト コンクリート部材の非弾性挙動

A.S. Arya, S.K. Thakkar (インド)

2) 地震時におけるプレストレスト コンクリート構造物の挙動に関する経験

日本国内委員会 (日本)

3) サンフェルナンド地震におけるプレキャスト プレストレスト コンクリート造建築物の挙動

J. Kariotis (アメリカ)

### 3. 提出論文梗概

I-1) : 地震波は卓越周期, スペクトルおよびその他のパラメーターの著しい多様性によって特性づけられる。現時点では限られた地震学上の情報にもとづいて構造物の設計を行なわざるを得ない。

著者は, このような現状においては剛性, 固有周期, 減衰などが変化する“自己調整”システムを用いることが最適耐震設計上有利であることを指摘してきた。解放型 (disengaging) プレースを用いるのが, もっとも簡単な自己調整システムの具体例である。

本論文には, 解放型プレースにプレストレスト コンクリートを用いることの利点を述べてある。

I-2) : 日本における橋梁および建物の耐震設計法を述べてある。地震荷重を受けた橋梁構造物の過去の経験によれば, 被害は主として軟弱地盤上の橋梁に生じている。上部構の変位を防ぐための上部構支承の設計が述べられている。プレストレスト コンクリート建築物の設計に際しては, その安全率は鉄筋コンクリート建築物より大きくとられている。地震荷重を受ける建築構造物の設計上の勧告が与えられている。

I-3) : プレキャスト コンクリートおよび一体式コンクリートの骨組の剛節点が逆対称静荷重および動荷重をうけたときの挙動に関する実験的研究の結果が報告されている。十字形供試体の片持ばり部に  $\rho=0.1$  および  $2$  ( $\rho=(\text{最大荷重})/(\text{最小荷重})$ ) の動的加力を行なった。

実験の結果によると節点中央部が最初に破壊する。

仕口部の設計法, 強度計算法および補強法が提案されている。

I-4) : ソ連における平家および多層建築物の多量建設には規格のプレキャスト コンクリート構造物が用いられており, これらの構造物の多くは若干の修正を経て地震地帯における建設にも用いられている。著者はこれらの建築物の特性プレストレスト構造物のタイプおよびそれらの地震地帯における建設への応用に際しての諸条件について述べている。

I-5) : 多層工業用建築物骨組の適用分野について述べている。これらの構造物の設計上の特長が紹介されてお

り、また設計段階における構造上の要件が述べられている。規格構造設計の実施に際して得られている多くの実験および経験の結果を基礎にして、高強度 P C 鋼材を用いる構造部材（柱、はり、版）の設計改良が行なわれている。

**I-6)**：地震地帯に建設されるポストテンション工法でプレキャストコンクリート部材を接合した一般建物に関する報告が与えられている。新しい構造法の紹介および 9 m およびそれ以上のスパンの 2 方向補剛版の模型実験の結果が述べられている。床部材相互の接合部はそれらの上端に配置された P C 鋼材の緊張によって形成される。オープンダクトの中に P C 鋼材を配置し、これらを電熱法によって緊張して、仕口およびはりにプレストレスを与える方法を用いたプレストレス コンクリートの一般建物の特性が紹介されている。

**I-7)**：プレキャスト部材と場所打ちコンクリートを併用したプレストレス コンクリート床版の地震荷重時の特性に関する実験的研究が報告されている。静的および繰返し水平力を受けた場合、プレキャスト部分と場所打ち部分とは一体に働くことがわかった。

**I-8)**：隅角部で支持された多角形 S 型シェルの脱型中の過緊張によって生ずる限界状態を修正フレッシュ法によって研究したものである。プレストレスは応力状態の制御および支点の水平移動を防止することによって、シェルの耐震性を向上させる。

**I-9)**：この報告は 2 つの部分から成っている。第 1 部では、地震力を記録する方法を述べている。この装置はいろいろな高さの角柱をもつ箱である。地震中に倒れた角柱によって地震力の大きさと方向とがわかる。

第 2 部は建築物の免震基礎工法が述べてある。これは建物の底部に設けたピット内に配置された傾斜した P C 部材によって柱を吊る考案である。

**I-10)**：耐震設計に際して P C 部材の変形特性を考慮する必要がある。実験的研究によれば、P C 部材の減衰定数、荷重—変形特性は R C 部材と異なる。この相違に対して、プレストレスのレベル、定着長さ、すなわちグラウトの種類と質が大きな影響をもっている。

実験のデータを耐震設計規準に採用することが望ましい。

**I-11)**：材料の塑性的性質を考慮した鉄筋コンクリート構造物の現行の動的解析法が紹介されている。これらの方法は部材の強度性状の全領域にわたる特性を考慮した構造物の応力—ひずみ図にもとづくものであり、変形率が強度パラメーターに及ぼす影響を取り入れている。

**II-1)**：鉄筋コンクリートばかりが静的荷重および短期の動的荷重を受けた場合のせん断強度に関する実験的研

究である。供試体の変量は、断面形状、シャースパン比、支承部の鉄筋量などである。

**II-2)**：プレストレス コンクリート構造物の耐震性に対するニュージーランドにおける設計の考え方が述べられている。ニュージーランドの研究によって行なわれた P C 部材および骨組の耐震挙動に関する最近の研究プロジェクトが紹介されている。この中には、P C ばかりの動的繰返し載荷試験、材図心にプレストレスを与えた鉄筋コンクリートばかりの繰返し荷重下の挙動に関する研究、および 20 階建の骨組構造の P C による設計例 2 つ、P C による設計例 6 つの非線型地震応答解析などが含まれている。

**II-3)**：鉄筋コンクリートおよびプレストレス コンクリートばかりの交番繰返し荷重下の挙動に関する研究結果が報告されている。曲げモーメント—曲率の関連を求める理論的方法が提案されている。多層骨組の地震荷重下における挙動が示されている。

**II-4)**：構造物のエネルギー吸収は減衰定数  $\delta$  の値によって決定される。このエネルギー吸収の計算は構造物の動的解析上重要である。

減衰定数に及ぼす、骨組の柱とはりの剛性比および柱脚固定度の影響が研究された。

骨組およびはりの一連の供試体の実験が行なわれた。

柱脚固定の場合、柱はりの剛性比を 27 倍に変化させても  $\delta$  の値はほとんど変化しない。 $\delta$  の値は柱脚固定度を下げると大きくなる。

静的荷重を加えると  $\delta$  の値は一定限度まで減少する。

**II-5)**：鉄筋コンクリートおよびプレストレス コンクリート部材の塑性および破壊モードを調べるために、骨組構造建築物の平面接合部の模型 45 個の実験が行なわれた。この結果えられた荷重—変位図にもとづいて、これらの結果が評価された。塑性および破壊モードは主として、補強筋の特性、せん断補強筋量および交番荷重の種類に支配されることがわかった。

**II-6)**：地震力を受けるプレキャスト および場所打ちプレストレス コンクリート骨組構造の多層建築物に関して剛接ジョイントの実大模型実験が Niiznb および Tb. Izniep によって行なわれた。

地震力を受けた接合部の中心部の応力状態の特異性、および用いられた基本的試験法ならびに供試体の諸元が報告されている。

はりに対するプレストレス導入は、きれつ耐力の上昇、接合部中心部の変形の減少に有効である。このことは、プレキャスト骨組の場合、特に重要である。供試体のオープンダクトをグラウトした場合の挙動に関するデータが提供されている。

II-7) : 2 スパン 3 層骨組応力状態の研究である。この骨組は柱は鉄筋コンクリート造、はり鉄骨造である。柱に導入するプレストレスの量が骨組の強度と剛性ならびに短期の静的・動的水平荷重を受けた場合の構造物系の力の分布に及ぼす影響が研究されている。骨組部材の剛性変化に対応した鉄筋コンクリート骨組の静的略算法を用いて、各種荷重における骨組の自由振動にもとづく減衰試験データの評価が行なわれている。

II-8) : 各種プレストレス レベルで長期間載荷したのち、動的荷重試験を行なった場合のコンクリート強度の試験結果が示されている。強度上昇は材料の塑性域特性に関係がある。プレロード (P S レベル) の影響を示す公式が与えられている。

II-9) : 鉄筋コンクリートおよびプレストレス コンクリートはりの地震荷重下の耐力について、ほぼ実大の模型により実験的研究が行なわれた。実験結果によると補強筋の塑性域特性、特に繰返し過荷重の作用した場合の特性が上記耐力に影響が大きい。プレストレスは実際上耐力に関係がない。

II-10) : 地震荷重を受ける鉄筋コンクリート部材の実験法が報告されている。筆者が用いた試験法にもとづく考察および新しい試験装置の説明が行なわれている。主たる荷重としては基本波に強震時に特有な過荷重を重ね合わせたものを用いている。

II-11) : プレストレスト コンクリート骨組およびフレーム付き耐震壁が静的および動的水平荷重を受けた場合の強度および変形に関する研究結果が示されている。

塑性関節におけるきれつ発生の特性、および破壊モードが示されている。一般地域および地震地帯の閉鎖型単スパン プレストレスト コンクリート設計法が提案されている。

II-12) : カリフォルニア大学の Richmond Field Station に建設された地震シミュレーション研究室の概要が報告されている。

II-13) : 20 階建のプレレスト コンクリート構造物の 1940 El Centro 地震波に対する非線型応答が報告されている。各種プレレスト コンクリート部材および各種の非構造材による減衰機構をもつ構造物の解析結果が示されている。検討項目は変位の包絡線、層間変位およびじん性率などである。モデルの現実性を評価するために用いられた要因は、吸収および逸散エネルギー量、各層に加わる地震力などである。

II-14) : プレストレスト コンクリート構造物の地震時の強度と安定性を試験するのに適する唯一の近代的方法である流体動力学的 3 次元離散型交番加力法の基礎的情報が提供されている。エネルギーの観点からみると、

この方法は electrohydraulic 法よりもすぐれている。構造解析法として、3 次元離散型シミュレーションが提案されている。この方法は、非定常状態を含む複合効果を検討しうる可能性をもっている。周波数—振幅レンジを広げるための方法、パワーを上昇する方法、特殊の波形などを作り出す方法等の設計技術が示されている。

III-1) : アルメニア共和国における軽量プレレスト コンクリート構造物の使用経験が報告されている。膨張パーライト、lithic pumice、火山礫、および凝灰岩等の骨材を用いた構造モデルの説明が記載されている。軽量コンクリート壁板、建築用ブロック、床版、はり等が量産されている。

III-2) : ブルガリア人民共和国においては、プレレスト コンクリート床をもつプレキャスト骨組の建築物が最近建設され研究されている。これら建物の建設に際しては、耐震性の検討が行なわれている。

III-3) : カリフォルニアの San-Bernardino に建設された多層パーキングビルの構造が紹介されている。この構造はプレキャスト プレストレスト コンクリート部材を場所打ちコンクリートで接合したものである。

床のダブル T スラブは減衰性を向上させるために普通鉄筋を用いて接合されている。

III-4) : 軽量プレレスト コンクリート壁部材の面内変形特性に関する試験結果が報告されている。実験結果によると、プレストレス量を増すと、水平荷重時の軽量コンクリート壁板の耐力は上昇する。この関係は解析的に表現されている。

これらの結果を用いて鉛直方向にプレストレスされた 5 階建プレキャスト アパートの設計が行なわれた。

III-5) : 17 階建のプレキャスト コンクリート造ホテルの設計および組立法が紹介されている。長辺方向および短辺方向の建物剛性は剛節骨組によって確保されている。バルコニー用の片持ばりをもつ 3 スパン骨組が短辺方向に用いられている。これらは H 型プレキャスト部材で構成されている。はり柱との接合は溶接およびウェット ジョイントの併用によって行なわれている。床は P C 鋼棒を用いた中空スラブを用いている。

III-6) : グルジア共和国の Lenin Polytechnical Institute で設計された規格プレレスト コンクリート部材よりなる橋梁上部構が紹介されている。上部構の軽量化のために、上記研究所が開発した限界つり合法を用いている。

III-7) : グルジア共和国の自動車道路省の技術サービスビルが紹介されている。この建物は 18 層、12 層および 8 層のコアからなっている。これらは異なったレベルの上に建ち、二層の片持部材によって相互に連結され

ている。この部材は異なったレベルに直交配置されている。この建物の耐震性の検討法が紹介されている。

IV-1) : この論文は、プレストレスト コンクリート部材の一自由度系の El Centro 1940, Koyana 1967-12-11 地震に対する応答結果を報告したものである。P S 曲げ部材の S 型荷重変形曲線は直線の組合せによるモデルに置換して非弾性域解析に用いられている。結論として、P S 部材の所要じん性率はバイリニアモデルの場合と同程度であることがいえる。したがって、S 型の履歴曲線は激震時に必要なエネルギー吸収力を有する。

IV-2) : 新潟地震 (1964), 十勝沖地震 (1968), えびの地震 (1968) におけるプレストレスト コンクリート

造の橋梁と建物の挙動が報告されている。地震時には定着部の損傷, コンクリートのぜい性破壊, 構造物の一体性の喪失, 基礎のスエイによる建物の崩壊などが生じる可能性がある。

IV-3) : サンフェルナンド地震 (1971-2-9) におけるプレストレスト プレキャスト コンクリート構造物の挙動が報告されている。この報告は, カリフォルニアのプレストレスト コンクリート製造業協会から委託された研究にもとづいている。第 1 部は上記の研究とその結論を述べ, 第 2 部は上記研究の考察と筆者のプレキャスト コンクリート構造に関する体験を述べてある。

## 2. 海中コンクリート構造物

白石 俊 多\*

### 1. テーマ (I) 海中構造物の応用方法

FIP シンポジウム開会式に引続き, 9 月 26 日午前 10 時からテーマ (I) の部会が, F.J. Hansen (英) のジェネラルレポートを冒頭に開かれた。

Hansen は, 提出論文すべての共通点が既製構造を海上を運搬し海中に設置し海上作業を最小限にとどめる点にあることは指摘し, これらを (1) アンカーされない浮遊構造物, (2) アンカーされた海面上浮上構造物, (3) アンカーされた潜水浮構造物, (4) 底面で支持された海底上の構造物および (5) 海底または海底面下で支持された構造物に分類して提出論文を紹介し討議を行なった。

(1) の分類は, P S コンクリート船に関するものである。Power (フィジー) の論文および Morgan (イギリス) の P S コンクリートバージに関するノートがある。Morgan は, 2 隻の 2 万トン バージを 8 000 PS の曳船で 4 000 マイルの往復をする場合の費用が自航式タンカーの約 1/2 であると計算している。P S コンクリートバージは, 大きいほど輸送単価が安いようである。

(2) の分類には, Harris (イギリス) の「Seadrome」, Levi 教授(イタリア)のゼノアにおける「揚力 10 万 t の P S コンクリート浮きドライドック」および Hersent および Andrier (フランス) のサンナザレにおける「P S コンクリート浮きドックおよび回転繫船貯蔵槽 (RMS)」がある。Seadrome の構想は水上空港に適するものと考えられるが, 滑走路をあまりに柔な構造にすると作用荷重下の変形が過大になるおそれがある。また激しい波浪のためにアンカーが破断するとか予期せぬ原因で沈没す

るようなおそれもあるし, 滑走路を波浪からしゃへいする必要もある。Hersent らの浮きドックはゲート長さ 70 m, 幅 11.75 m, 高さ 12.35 m のもので, 4 年以上にわたり優秀な成績で使用されている。彼らはまたマルセーユ港の長さ 350 m で 35 万トンタンカーを収容できる浮ドックの計画について論じた。Levi の研究によると鋼構造と比べてとき P S コンクリートの浮きドックは建設費が 20%, 維持費が 70% 節約できるものという。Hersent らの RMS は, 単一繫船ブイと浮油槽とを組合せたもので, 激しい海象下で 35 万トン級のタンカーを繫留する計画である。アンカーされた潜水浮き構造物については Brandtzag (ノールウェイ) の「コンクリート水中浮きトンネル」, Markakis (ギリシヤ) の「浮きトンネルおよび浮橋」および Grant (イギリス) の「メッシナ海峡水中浮きトンネル」がある。いずれも, 将来計画の案を検討したものであるが, トンネル上アンカー点間のスパン割り, アンカー点の構造などに工夫が凝らされている。

また Markakis は, 水流によるトンネルの振動防止方法およびトンネルに浸水しても沈まないような浮体をつけることに重点をおいているが, このようなトンネルの浮力は中空時にはきわめて大であるので, アンカーおよびトンネルの曲げ強さを必要以上に大きくする必要があり。底面で支持された海底上の構造物については, 論文が提出されていない。

海底または海底面下で支持された構造物については, Aglma および Slagter (オランダ) の「ロッテルダム港航路付帯構造物」, Bernstein (ソ連) の「キスログブスカヤ潮力発電所」, Brakel および Glerum (オランダ) の「沈埋トンネルのプレストレッシング」, Eriksson (ス

\* 地下工事コンサルタンツ (株) 社長

ウェーデン)の「海上灯台のコンクリートケーソン」、Jungmann (東ドイツ)の「海洋構造物の水平荷重」、Kourkeve (アメリカ)の「ポストテンショニングと石油」、Lacroix (フランス)の「PSコンクリート水中油槽に関する特殊問題」、Ostenfeld (デンマーク)の「橋脚基礎ケーソン」および Xercavins (フランス)の「北海の海中油槽エコーフィスク貯油池」がある。Jungmann, Kourkene および Lacroix は、一般的、理論的な問題を取扱っているが、他の6人は、既設または工事中の構造物に関するものである。

Jungmann は、計画、設計の参考のため水深 10~100 m、波高 18 m までのいろいろな場合の波力の計算結果を示した。Lacroix は、完全に沈められた常に内部を水または油で満たす油槽で、内外圧がほぼ均衡するものについて述べ、安定性不透水性および耐久性の三点を強調した。

安定性については、とくに沈設時の安定保持の方法がいくつか述べられた。

不透水性を増すには油槽のような構造では、エポキシレジン等による防水加工の必要があろう。

コンクリートは炭水化合物に反応するのでコンクリートに不透水、不活性のライニングを施す必要がある。鋼の腐食防止のためには、良質の鋼ダクトチューブを用い、とくにグラウチングとアンカレッジの密封によく注意してPS tendonを保護すべきである。

Ostenfeld は、新旧リトルベルト橋のオープンケーソン工法などについて、とくにその倒立姿勢で浮かしたケーソンをひっくり返して沈設する方法について述べた。

Agema は完全なプレハブ化と迅速な海上作業の必要性を強調した。

カナダのラフォンティーントンネルでは、ドライドック中の構築時に沈設終了時と同様な応力状態になるように沈埋函の横断方向にプレストレスを導入し、沈設、埋戻しによって外力による応力が発生するのに応じてプレストレスを除く方法によった。沈埋函の長手方向には、途中にある伸縮継手を固定するために沈設時に臨時のプレストレスを入れることがあるが、永久的にはプレストレスを入れたのは、ラフォンティーンとキューバのハバナ港トンネルだけであるが、オランダでは、輪切りのプレキャストブロックを継ぎ合わせてポストテンショニングにより締め合わせ方法が最近行なわれている。

Eriksson は、灯台の基礎ケーソンの中に塔ケーソンを収納したものを浮かせて沈設し、塔ケーソンの沈設後持ち上げるにより海上作業を極度に短縮した。

Bernstein は、発電所を一つのケーソンに組み込み、5200 t の重量のものを曳航沈設した。Xercavins の海

中油槽は、高さ 90 m、外径 95 m、容量 16 万 m<sup>3</sup> のものを 70 m の深さの海中に設置するものである。

## 2. テーマ (II) コンクリート海洋構造物の設計、施工における考察と問題領域

テーマ (II) は、B.C. Gerwick, Jr. (アメリカ)のジェネラルレポートにより9月26日午後行なわれた。Gerwick は、設計(環境条件、設計パラメーター、基準、方法)、材料(耐久性など)、施工法(施工手順、技術、進水、曳航、沈設、品質管理、検査、修理)に分類して論じ、環境条件については、波、潮流、船、氷などの浮遊物など海象の厳しさを強調した。また水温も -20°C から 30°C ぐらいの範囲に変化し塩分も比重も変わる。海底も岩盤からきわめて軟かいシルトの間の広範な変化がある。海中の地震の影響を調べるには、付加質量を考慮する必要がある。海中高水圧下のコンクリートの性質、外圧の急激な変化によるコンクリート内空げきの過圧発生、波による摩耗、洗掘氷の付着など海洋特有の現象も考慮せねばならない。

耐久性については、8論文が提出され、Gjøv (ノールウェイ)は、「海洋環境におけるコンクリート構造物の耐久性」について述べ、最大の問題は、コンクリートそのものよりも酸素と塩素イオンの侵入による鉄筋の電気化学的腐食にあると述べている。この対策としては、コーティングおよび、対塩素性の強い鋼の開発が考えられる。コンクリートの対海水抵抗は、C<sub>3</sub>A 含有量により、これを約 5~6% に制限することが暖かい水中では行なわれている。Gladkov ら(ソ連)は、「海中の圧縮されたコンクリートの凍融クリープ」について、また Kowalski (香港)は、「温湿な環境におけるフェロセメントの海洋配合」について、また Cornet 等(アメリカ)は、コンクリート海中構造物のめっき鋼の性能を改良するための酸化クロム(CrO<sub>3</sub>)添加剤の効用について述べ、CrO<sub>3</sub>が鋼を脆化させまた付着力を減ずる影響をもつ水素の分離を抑制することを報告した。

Kndzis (ソ連)は、「海洋構造のためのPSポリマーセメントコンクリート」について述べ、水溶性ポリマーの添加によりコンクリートの耐久性などを改良できるといった。Descov (ソ連)は、「船舶の建造に用いるコンクリートの基本的物理的性質」について論じた。これには、軽いこと、強度が高いこと、不透水性であること、対衝撃性、対凍融性が高いことなどが要求される。

Ivanov 等(ソ連)は、キスログブスク潮力発電所の対凍融性がきわめて高いコンクリートについて述べた。

Mishutin (ソ連)は、「異なる気候における海中で 10~40 年使用したコンクリート浮きドライドック本体」

について述べている。しかし、酷寒地では、表面が凍害を受けている。

設計パラメーター、基準、方法については、5論文が提出されたが、Sapozhnikov (ソ連) は、「3次元エネルギー吸収を考慮した鉄筋コンクリート管杭上の突堤の耐震設計法」において複雑な応力パターンを示した。Haynes (アメリカ) は、「深い潜水コンクリート構造の研究」という論文で深海住居について報じている。考えている深度は 300~1000 m で、ポリマーインプレグネーテッド、コンクリートの開発によりこのような大深度まで可能となった。Ameljanovich (ソ連) 等は、「高水圧下のコンクリートおよび鉄筋コンクリート部分の強度の研究結果」について、含水量が 1.6~2% 増したコンクリートは、一軸荷重にたいしては 25% 程度強度が減るが、多軸応力にたいしては強度が余り低下せず、三次元曲面シェルの長所が活用されるものと論じた。Voronkov (ソ連) は、「プレストレスト鋼板補強の水密なコンクリート構造」と題して、ベースコンクリートにアンカーした鋼板の裏にグラウトして鋼板をふくらませることによりプレストレスを導入する方法の利点を説明した。Synotin 等 (ソ連) は、「海洋構造の氷荷重」について、海洋構造のおもな形式について動的および静的氷荷重を求める設計法を示した。この論文は、カナダ、アラスカなどにおける研究データに追加して高く評価される。

海洋構造用コンクリート材料に関する論文には、鉄筋のめっき、特殊配合、ポリマーセメントコンクリート、水中コンクリートなどが示されたが、そのほかに鋼繊維補強コンクリート、ポリマーインプレグネーテッドコンクリート、構造用軽量コンクリートなどがあげられた。

施工手順および技術の面では、van Loenen が委員長 of CUR, C-17 委員会 (オランダ) の「水中コンクリート、研究および試験結果」で、トレミーコンクリートの流動パターンを理論的、実験的に解明した。Milto (ソ連) の「PSコンクリート船の建造」で 600トン程度までの船を輪切りのプレキャストセグメントをポストテンションによって締め合わせることにより造る方法を示した。

沈設方法については、Brown (オランダ) が「水中コンクリート構造沈設に与える水没、潮流、吸収の影響」において水中パイプラインに作用する諸力について論じ、とくにコンクリートコーティングの吸水量が 3% にも達することがあって重力と浮力との関係に重大な影響を及ぼすことを強調した。Ladychenko ら (ソ連) は、「水中施工作業の機械化と自動制御」について 50 m 以上の水深でも可能な、新しい方法と機械について述べた。これは、岩盤の切りならしを含む 100~300 t のコンクリートブロック設置を海面上からの遠隔操作で行な

うものである。Hansen (イギリス) は、「コンクリート海洋ケーソンの建造と設置」深海のピンパイル工法と灯台建設に用いられたケーソン技術の改革について述べた。またケーソン内の掘削を自在に行なう POSBUS という装置を発明した。

白石 (日本) は、「海中の大型コンクリート基礎の施工」と題して、広島大橋における直径 10 m、高さ 33 m、重量 1800 t のケーソンを 2000 トンクレーン船により吊り込み沈設する方法、大島架橋における多柱式基礎の施工法および本州四国架橋で考えられている海中型わく工法について述べた。

品質管理、検査および修理に関して、Sonzogno 等 (イタリア) は、「海洋構造の損傷 PS コンクリート部材の修復」について切断テンドンの修理方法について述べた。

Tsagareli (ソ連) は、「海中および海上構造物のプレキャストコンクリートの応用」と題して、殊殊な消波構造を有する防波壁などに関する考案を示した。Egorov (ソ連) の「内陸航送用船舶へのコンクリートの応用」には、ソ連の内陸航路における開発と経験とが述べられた。Sintsov 等 (ソ連) は、海上船舶および浮構造物への応用に関する経験および予見」において、ソ連における鉄筋コンクリート利用の歴史を 1928 年にまでさかのぼって概説した。現在ソ連には、100 隻、総排水量 60 万トンを超える船舶および浮構造物がある。Severtsev (ソ連) の「コンクリート船建造の展望とプレストレッシングへの挑戦」は、過去 15 年間の応用と開発の歴史を回顧し、潜水船のような新型船の利用に関する予見を述べた。

### 3. 海洋コンクリート構造特別部会

海洋構造の特別部会は、9月27日および9月29日の2回にわたり Hansen 議長および Gerwick, Jr. の司会のもとに開かれ、次の事項が決議された。

1) 海洋構造の追加議事録の作製配布：今回の FIP シンポジウムの前刷に間に合わなかった論文、ロシア語の論文の英文要旨および討議を事務局で編集し、この特別部会参加者へ配布する。

2) 海洋コンクリート構造委員会の常設海洋構造関係寄稿者中の希望者から成る常設委員会を設けて明年4月スイスで開かれる会議で予備報告を行なうほか、次のニューヨークにおける総会までの 18 か月間の短期計画および以後の長期計画を立て、設計、材料、施工法および船舶の4部門に区分し、希望者はいずれかの部門に登録し、主として文書連絡による情報交換および研究を行なう。日本を代表して、猪股が船舶、白石が施工法の部門にそれぞれ登記した。