

MINUTES OF DISCUSSIONS BETWEEN THE JAPANESE
PRELIMINARY SURVEY TEAM AND THE AUTHORITY
CONCERNED OF THE GOVERNMENT OF MALAYSIA
ON THE RADIATION APPLICATIONS PROJECT

The Japanese Preliminary Survey Team (hereinafter referred to as "the Team") organised by Japan International Cooperation Agency (hereinafter referred to as "JICA") and headed by Dr. Suetō MACHI, Director, Department of Research, Takasaki Radiation Chemistry Research Establishment, Japan Atomic Energy Research Institute, visited Malaysia from June 4 to 11, 1988, for the purpose of clarifying the outline and background of the request for the Radiation Applications Project in Malaysia (hereinafter referred to as "the Project"), and conducting a field survey to the relevant sites and facilities as well as exchanging views with the concerned officials of the Government of Malaysia.

As a result of a series of discussions, both Parties came to the common understanding concerning the matters referred to in the document attached herewith.

Suetō Machi
.....
SUEO MACHI,
Leader,
Preliminary Survey Team,
Japan International
Cooperation Agency.

Adnan Haji Khalid
.....
ADNAN HAJI KHALID,
for Director General,
Nuclear Energy Unit,
Prime Minister's Department.

June 10, 1988
Bangl.

A. M.

1. Project Title

Radiation Applications Project

2. Objective of the Project

The objective of the Project is to establish the technology of the Radiation Curing of Surface Coatings and the Radiation Sterilization of Medical Products using Electron Beam Accelerator in the Nuclear Energy Unit for the purpose of contributing to the improvement and the development of national products and national economy of Malaysia.

3. Background

The technology for radiation curing of surface coatings using ultra-violet and radiation sterilization of medical products using gamma rays has been in use in Malaysia for quite some time. However, the technology using Electron Beam Accelerator is not established in Malaysia.

Under the Fifth Malaysia Plan (1986-1990), the Government of Malaysia has approved a project on the Development of Radiation Processing Facilities at the Nuclear Energy Unit.

Realizing the importance of the technology, the Government of Malaysia has requested technical assistance from Japan through "Project-type Technical Cooperation of JICA" in 1985. At the Annual Meeting on the Technical Cooperation between Japan and Malaysia in 1986, it was agreed to dispatch a Japanese Preliminary Survey Team related to the project to Malaysia.

L. M.

Ahmad J. S.

4. Technical Cooperation

- (1) The target of the technical cooperation is to transfer the necessary knowledge and techniques to Malaysian counterparts.
- (2) The technical cooperation is for the fundamental technology transfer of the surface coatings of construction and building materials and sterilization of medical supplies.
- (3) The technical cooperation is implemented in a systematic combination of three components, namely, dispatch of Japanese experts, training of Malaysian counterparts in Japan and supply of supplementary equipments.
- (4) For the smooth implementation of the project, the Malaysian side shall construct the necessary buildings to house the equipments for the Project.
- (5) At the request of the Malaysian side, the Team will take necessary action to dispatch Japanese personnel to advise the Malaysian side on the requirements of the buildings, making up the list of equipments for the Project, etc.

A. M.

H. M.

長 期 調 查 員

1. 長期調査員の派遣

1-1 長期調査員派遣の経緯と目的

マレーシア政府は、第5次マレーシア計画の中で、第一次産業より脱皮し、産業の工業化を目指しているが、本プロジェクトでは総理府原子力庁（UTN）を協力機関とし、農業及び工業分野の発展に資するため、放射線利用の研究開発に対する技術協力要請を我が国に対して行った。これを受けて、昭和63年6月に日本原子力研究所高崎研究所町研究部長を団長とする事前調査団が派遣され、協力開始に向けて様々な議論がなされた。この中で、日本側が本プロジェクトに必要な電子加速器等の機材供与に際しては、マレーシア側において、それに対する建屋及び遮蔽施設等を準備することが確認され、当面のスケジュールとして64年度の実施協議調査団の派遣に先立ち、機材を設置し電子線の照射試験を行う建屋（試験棟）及び遮蔽施設等の基本設計、必要な機材の調査、実施計画の検討等のため、日本側より長期調査員を派遣する必要があることも了解された。

本長期調査員派遣の主目的は、本プロジェクトの実施に必要な照射試験施設の建設に関し、マレーシア側に対して技術的助言をするため、本件照射試験施設建設に係る基本設計等の調査を行うとともに、基本設計レベルでの工事費積算を行うことである。

1-2 調査員の構成

今回の長期調査員は下記の人員により構成された。

- (1) 四本圭一（放射線施設） 日本原子力研究所高崎研究所 開発部
照射施設課長代理
- (2) 大手幸雄（構造設計） 清水建設株式会社 原子力本部 設計部
副部長
- (3) 鈴木慎一（施設設計） 清水建設株式会社 原子力本部 技術部 課長
- (4) 大竹祐二（協力企画・業務調査） JICA社会開発協力部 海外センター課職員

1-3 調査日程

昭和63年 12月13日 (火)	18:55	クアラ・ Lumpur 着 (CX 721)
14日 (水)	9:30 ~ 11:00	JICA マレーシア事務所にて事前打合せ
	11:30 ~ 12:00	日本大使館への表敬訪問 (日本大使館)
	14:30 ~ 16:30	UTN関係者との討議 (UTN)

15日 (木)	9:00 ~ 18:00	電子加速器施設建設用地及びコバルト 60 照射施設の視察 (U T N) U T N 関係者との討議
16日 (金)	9:00 ~ 18:00	U T N 関係者との討議 (U T N) 及び現地建設関連事情の調査
17日 (土)	9:00 ~ 12:30	U T N 関係者との討議 (U T N)
18日 (日)		資料整理
19日 (月)	9:00 ~ 18:00 20:00 ~ 22:00	U T N 関係者との討議 (U T N) U T N 副所長主催夕食会
20日 (火)	10:30 ~ 16:30 20:00 ~ 22:00	U T N 関係者との討議及び討議内容の総括 (U T N) 団長主催夕食会
21日 (水)	9:00 ~ 14:00 9:00 ~ 14:30 15:00 ~ 16:00	討議内容に基づく施設計画検討 (大手、鈴木 / U T N) J I C A 及び E P U へ調査結果の報告 (四本、大竹) 日本大使館へ調査結果の報告 (日本大使館)
22日 (木)	7:00 9:00 ~ 17:00	四本・大竹 クアラルンプール発 (M H 0 9 2) 討議内容に基づく施設計画及び現地建設関連事情の調査
23日 (金)	9:00 ~ 14:00 15:00 ~ 17:00	討議内容に基づく施設計画及び概算見積り資料作成 U T N 関係者との討議 (U T N)
24日 (土)	9:00 ~ 12:00	討議内容に基づく施設計画及び概算見積り資料作成
25日 (日)		休 日
26日 (月)	9:00 ~ 17:00	概算見積り資料作成及び見積り方針討議
27日 (火)	10:45 ~	大手・鈴木 クアラ・ルンブル発 (O X 7 2 0)

1-4 主要面談者

今回調査期間中の主要面談者は下記のとおりである。

(1) NUCLEAR ENERGY UNIT (UTN)

D Ahmad Tajuddin Ali	Deputy Director General
Adnan Hj Khalid	Director of Planning
Muhd Noor B Muhd Yunus	Head of Engineering Services Group
Dahlan Hj Mohd	Head of Radiation Processing Group
Razley Mohd Nordin	Research Officer
Wan A Hadi	Research Officer
Nik Gazali Nik Salleh	Research Officer
Mohd Sidek Othman	Research Officer
Khalim	Civil Engineer

(2) ECONOMIC PLANNING UNIT (EPU)

Wan Norma Wan Daud	Assistant Director External Assistant Section
Ong Yew Chee	Assistant Director Industry Section

(3) 日本側関係者

後藤 健	在マレーシア日本大使館 一等書記官
岡部 和夫	JICAマレーシア事務所 所長
林 典伸	JICAマレーシア事務所 次長

2. 調査概要及び成果

2-1 調査概要及び提言

今回の調査の目的は、マレーシア放射線利用研究プロジェクトにおいて必要とされる電子加速器照射装置の仕様性能を詳細に検討し、マレーシア側が準備する照射試験棟の建設に関して助言するため建屋の基本設計を行う事である。実際の作業は次のような手順で行った。

- ① 電子加速器の出力性能を検討し、加速電圧、出力電子流、走査幅等の基本性能を決定する。
- ② 現在機種選定の対象としている2社（住友重機、日新電機）の電子加速器について説明する。
- ③ 電子加速器構成装置を照射室、加速器室及び制御室に配置し、各室の寸法、配置、人の入り口及びコンベヤー通路等について検討する。
- ④ 放射線遮蔽について検討する。
- ⑤ 照射試験棟内に電子加速器照射施設を配置し、建屋の基本設計を行う。

加速器本体及び付属装置機器の発注に際しては、機器の仕様や建屋建設との取り合いは勿論であるが製作日程、検査の方法、運転員の訓練計画等も含めて詳細に検討が必要である。また、建屋についても今回の基本計画では含まれていないインターロック、警報装置、表示装置、監視装置等の安全監視装置や照明、通話装置、換気装置などについても、計画が具体化していく段階で検討する必要がある。これらの検討は加速器の機種が選定され、照射室周囲の実験エリアの使用方法が具体化しないと計画しにくいので難しいのではあるが、何れにしても基本計画の段階である程度の検討がなされていないと、将来の運転維持管理に支障を来すので、詳細設計に入る前に充分つめる事が肝要である。（安全装置は予算的にもかなりの比率を占めるし、しかも忘れられがちである）

2-2 加速器の出力性能の検討

本プロジェクトにおいて電子加速器を利用する当面の研究テーマは、「医療用器具の電子線殺菌」と「電子線による表面塗装」の二つである。これらの研究を円滑に進めるため必要な電子加速器の出力性能について検討した。

- (1) 加速電圧：電子線照射においては照射物質中の線量率は図1に示した様に厚さ方向の各点に於いて異なり、電子線の入射面での線量と同じ値になる厚さ（図1のRe）を有効飛程と呼んでいる。この有効飛程、つまり電子線で照射できる試料の厚さは電子線のエネルギー（1Vの電位差で加速された電子は1eVのエネルギーを持つことになる）が高くなる程厚くなる。加速電圧が3MVの場合、照射処理できる試料の厚さは最大 $1\text{g}/\text{cm}^2$ である。医療用器具の密度は一般的に0.1~0.6程度であるので3MVで片面照射をする場合、1.7cmから10cmの厚

さの試料を処理することが可能で、両面照射をする場合は 2.4 cm (密度 0.1 の場合) の試料が
 処理できることになる。図 2 に加速電圧と深部線量分布の関係を示した。また、加速電圧の可
 変範囲については、現在、選定の対象としている直流加速形の電子加速器では、出力電流を
 維持しながら変化できる加速電圧の範囲は最大電圧の $1/2$ 程度が普通である。それ以上の広
 範囲に変化させるためには、加速管の電極間を短絡する等の特別な装置が必要となる。
 本加速器は直流加速形の電子加速器としては最大級の装置であり、同等の加速器は国内でも
 数台設置されているにすぎない。円滑な運転管理を行うためには出来るかぎり、装置は簡略
 化されていた方がよい。この様な検討の結果、加速電圧は $1 \sim 3\text{ MV}$ とした。

図 1 電子線照射における試料の厚さ方向の線量分布

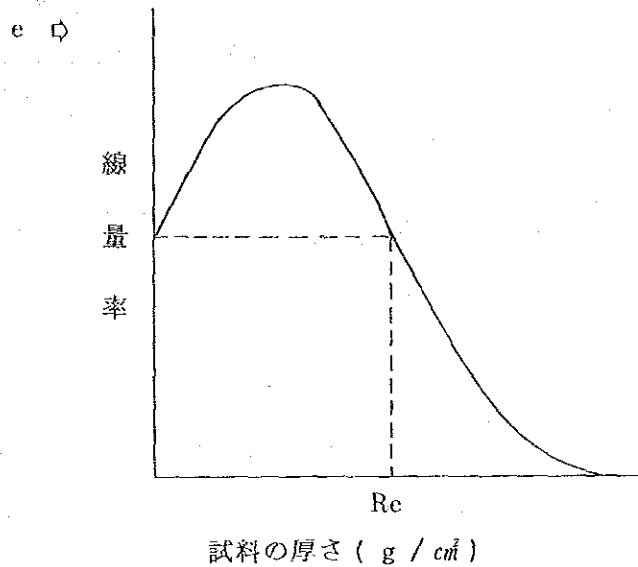
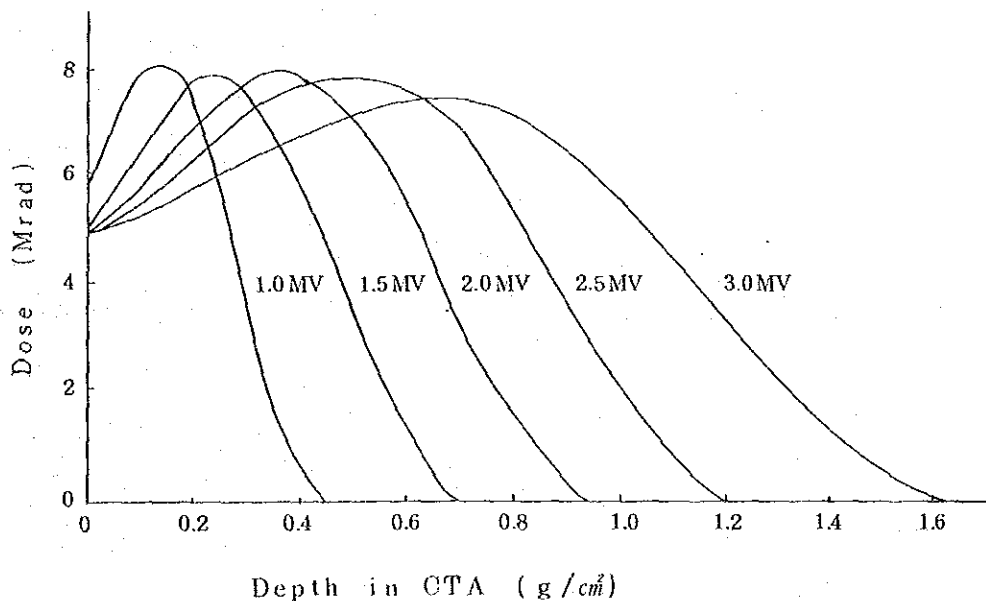


図 2 加速電圧と深部線量分布の関係



(2) 出力電流、走査幅、コンベヤー速度：医療器具等の殺菌プロセスにおいて基準となる線量は 25 kGy、塗膜の硬化プロセスでは 150 kGy 程度が必要な場合もあると考えられる。加速器の照射線量率は出力電流 (I)、試料の幅 (L)、コンベヤー速度 (V) をパラメータにして次式により概算することができる。

$$D = (I \times S \times f) / L \times V$$

ここで、S は質量阻止能で、電子線が物質中で単位長さ当たり失うエネルギーの割合を表わす値、f は走査軸方向 (試料の幅方向) のビーム利用率である。

S の値は電子線エネルギーや照射物質の組成等により異なるが、1~3 MeV においては大体 1.5 ~ 2.0 MeV.cm²/g の範囲で一定である。上式において S = 2.0, f = 0.8, V = 1 m/min, L = 120 cm とすると、出力電流 1 mA 当たりの照射線量は 7.7 kGy と見積もられるから、殺菌プロセスの基準線量 (25 kGy) を満たす加速器の運転条件は、出力電流 3.25 mA のときコンベヤーの速度は毎分 1 m、30 mA の場合は毎分 9.2 m となる。また、必要線量 150 kGy の塗膜硬化プロセスでは 19.5 mA のとき毎分 1 m で、出力電流 30 mA で、試料の幅を 60 cm とするとコンベヤー速度は毎分 3 m である。

以上の様な検討を行った結果、本プロジェクトに必要な電子加速器は次の様な基本性能を有することとした。

- ① 加速電圧：1 MV ~ 3 MV 連続可変 安定度 ± 2 % 以内
- ② 出力電流：1 mA ~ 30 mA " " "
- ③ ビーム走査幅：最大 120 cm で照射窓の許容電流密度範囲内で可変のこと
- ④ 照射用コンベヤー：幅 60 cm、搬送速度：1 ~ 20 m/分

2-3 選定対象となる電子加速器の仕様性能

事前調査の段階では、本プロジェクトに必要な加速器の出力性能は、加速電圧が 0.5 から 3 MV、最大出力電流は 50 mA ということであった。このような装置の製作について十分な実績があり、今回の引合について対応できると考えられる日新ハイボルトエージ (NHV) 及び住友重機 (SHI) 2 社から得られた情報をもとに現地にて検討を進めた。表 1 に両社の加速器の仕様の比較を示す。

NHV の装置は、バランス形コッククロフト昇圧回路を用いた装置で 300 kV ~ 3 MV の範囲のものが国内で 100 台以上稼動しており、製作技術も安定し信頼度の高い装置である。但し、電圧可変範囲をこの様に広くとると (標準は最大電圧の 1/2 が下限)、1 MV から 0.5 MV について加速管の一部を短絡するためのショーティングロッド機構を付ける必要がある。このショーティングロッド機構については高崎研 1 号加速器で経験しているが、若干不安がある。高周波電源については MG 方式が製作実績として多いが、駆動部が無いこととメンテナンスが簡単であることなどから最近ではインバーター方式が増えてきた。

本体のメンテナンスはタンク内に人が入って行いが、通常年に 1 回の割合でよく、また、この作

Comparison of the Accelerator specification

Manufacturer	Nissin High Voltage	Sumitomo Heavy Industry
Type	Cockcroft-Walton	Dynamitron
Performance Ratings		
Acceleration Voltage Stability	0.5 to 3.0 MeV ±2%	0.5 to 3.0 MeV ±2%
Beam current Stability	1.0 to 50.0 mA ±2%	2.0 to 50.0 mA ±0.05 mA
Beam scanning	200 Hz, 120 cm, 45°	100 Hz, 122 cm,
Speed of conveyor	20 m/min (max)	20 m/min (max)
Configulation		
	High voltage generator (vertical type)	High voltage generator (vertical type)
	High frequency inverter (3.0 kHz)	High frequency oscillator (100 kHz)
	Accelerating tube	Accelerating tube
	Vacuum system (Ion pump)	Vacuum system (Turbo molecular pump)
	Control console	Control console
Accessories		
	Gas handling system	Gas handling system
	Ozon treatment system (charcoal activated)	Ozon treatment system (air dilution)
	Window cooling blower	Window cooling blower
	CCTV, X-ray monitor, Ozon monitor and Oxygen monitor	Safety system
	Irradiation conveyor (60 cm in width)	Irradiation conveyor (80 cm in width)
Size & Weight		
	Main Vessel: D = 3.4 m, H = 5.3 m 14,000 kg	Main Vessel: D = 1.98 m, H = 6.82 m 7,355 kg
Facility Requirement		
	Electrical supply: 415 V, 3 ϕ , 290 kVA 240 V, 3 ϕ , 126 kVA Grounding busses: less than 10 ohm	Electrical supply: 435-475 V, 3 ϕ , 500 kVA
	Cooling water: 213 l/min, 30°C	Cooling water: 385 l/min, 37°C
	Compressed air	Compressed air
	5 ton x-y crane	5 ton x-y crane

業は熟練を要するのでメーカー側が当分の間行方ことになるだろう。但し、外国であることや緊急時の事なども考えて、点検に必要な工具、治具及び測定器具は揃えておく必要がある。

用益設備として5 tonのクレーンを要求しているが、ガスクーラーの付いたタンク上部の部分を上げるのなら3 tonでも充分であると思う。

SHI-RDIの装置は、シエンケル型多段倍電圧整流回路の容量の部分を全て浮遊容量で置き換えたユニークな高電圧発生部の装置で550 kV～5 MVの範囲のものが製作されている。国内では高崎研のものを含めて4台が稼働しているが、米国及びヨーロッパでは60～80台が稼働していると思われる。高電圧発生回路の特徴を生かし、どちらかというとなら2.5 MV以上の高電圧、大電流の方に利点が多い装置である。標準品は高電圧端子にコイルを巻いて発生させた電力を電子銃の電源とするが、電圧下限を低くする場合は専用の発電機を付ける。高崎研2号加速器の場合は3 MV(max)に対して0.8 MV-10 mAで専用のMGを設けた。提案された装置は、最大電圧の1/4であり、電流にもよるが加速管の空間電荷の影響等を考慮してショータイングロッド機構を付けなくてもよいのだろうか？多分この辺はメーカーも経験がないと思う。

真空排気系はTMPを用いているが、停電対策や運転保守の容易さからイオンポンプの方が良いと思う。但し、RDIはイオンポンプの経験は少ない。高崎研は油拡散ポンプである。メインテナンスはタンクを解体して行う。提案の機種は上部タンクの先の部分にトロイダルコイルと呼ぶ電源トランスの部分が設置されており、点検時にはこの部分を点検調整するのでタンクを回転させて横にする特殊な治具やクレーンホイストが必要である。また、これとは別に、高電圧端子内のメインテナンスやJunction Box、冷却水配管のメインテナンスの為、タンク周囲に特別な作業架台も必要となる。

両社の装置とも直流加速形で縦型の電子加速器であり、寸法、重量等は異なるが、装置の構成については基本的には同様である。

2-4 電子加速器構成装置の建屋内装置の検討

加速器の建屋内の配置は、現在の選定対象である両社の加速器の仕様を参考にして基本的に次の様な方針で構成各機器及び装置を配置することとした。

- ① 照射室→ビームスキャンナー、照射用コンベヤー、真空排気装置
- ② 加速器室→加速器本体、電源装置
- ③ 制御室→制御盤、操作卓、監視装置
- ④ 周辺→照射窓冷却ブロー、絶縁ガス回収装置、排ガス処理装置、コンベヤー

照射室の寸法については、照射窓の位置を基点として照射用コンベヤー、スキャンホーン等を配置するために必要な面積からきめることができる。照射窓部の大きさを1.5 m×20 cmとして照射室の中心に配置した場合、走査軸方向については4.5 m、コンベヤーの進行方向については照射野の広がりとして5.75 m、天井高さについては照射窓の床面からの高さを1.5 mと

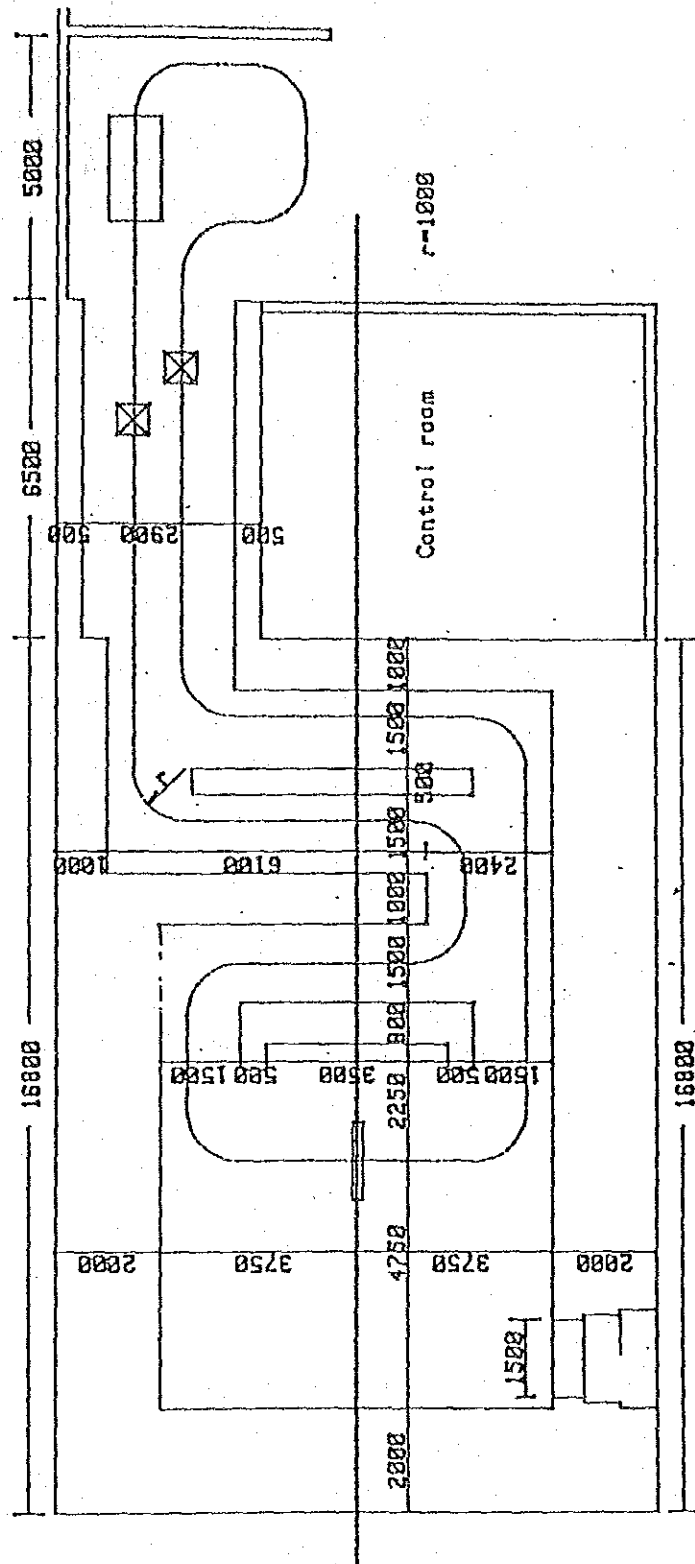


図 3 照射室の基本計画

して3 mが必要となる。この寸法を基準として更に人が入室するための遮蔽扉を設置し、照射コンベヤーは照射室外から専用迷路を通って照射室に入る構造等を検討した結果、基本計画における照射室の寸法は7 m × 7.5 m × 高さ3 mとなった。図3に照射室の基本計画図を示す。加速器は縦形であるから照射室の2階が加速器室となり、スキャンホーンの真上に加速器本体を設置しその周囲に電源装置その他の付属装置機器を配置する。両社の加速器を設置する場合、天井高さについては異なるが、床面積については同様な面積で各構成機器が配置できる。加速器室の面積は12 m × 9.5 mとした。

ストレージタンク、冷却水設備、電源設備は照射室周囲で建屋外に配置する事とした。オゾン換気については、照射窓の高さが1.5 mの場合空気層の厚さは最大150 cm、0.2 g/cm³である。電子線出力を1 MeV、電流30 mAとし、その50%が吸収されるとすると、1時間当たりのオゾン発生量は747 tとなり、これを9450 m³/hrの空気で換気した場合（照射室を1分間に1度の割合で換気する）換気空気中のオゾン濃度は80 ppm、NO_xは40 ppmとなる。これをスタッフからそのまま大気中に放出する場合の最大着地濃度をサットンの式を用いて求めると、

$$\begin{aligned} C_{\max} &= 0.234 \times Q \times C_z \times (1/u) \times (1/H^2) \\ &= 0.234 \times 135 \times 80 \times 10^{-6} \times 0.5 \times (1/13^2) = 0.75 \times 10^{-7} \times C_z \\ &= 0.112 \times 10^{-7} \quad (C_z \text{ は通産省の値} = 0.149) \end{aligned}$$

スタッフの高さを13 mとすると最大着地濃度は0.01 ppmとなる。

また、照射後の室内のオゾン濃度については、加速器の運転を停止した後も1分間に1回の割合で換気すれば、約7分後に0.1 ppm以下となる。

2-5 放射線遮蔽の検討

照射室遮蔽壁の厚さについては、照射窓の位置に金のターゲットを想定し定格出力3 MV、30 mA、60 kWで運転した場合、線源から5 m離れた遮蔽壁表面での線量率を1 mrem/hにする厚さを次式により求めた。

$$x = 3.3 \cdot t_{0.5} \log \{ (I_{90}/I_1) (1/d^2) \}$$

この式は、Nuclear Compendium on Radiation Shielding Vol III R.J. Jaeger 1975 から引用したものである。I₉₀ = 55 × 10⁶ R/h、d = 5 m、t_{0.5} = 8 cmの値を上式に代入するとxは195 cmとなる。この値を基準として照射室の遮蔽の厚さは普通コンクリート (ρ = 2.35) で2 mとして基本設計を行った。

照射室及び加速器室の遮蔽計算結果を以下に示す。

(1) 照射室 (図4参照)

計算条件: 線源強度 電子線出力 3 MeV 30 mA

X線出力 5.7×10^6 R/h at 1 m

普通コンクリートの減衰係数 $\mu = 0.0435$ (2.1 MeV)

" 密度 $\rho = 2.3$

計算結果

計算点	線源からの距離	遮蔽係数	線量率
A	6.0 m	4.33×10^{-8}	0.68 mrem/h
B	5.75	"	0.74
C	10.0	7.82	0.45
D	-	10^{-12}	0.02 >

(2) 加速器室 (図5参照)

計算条件: 線源の仮定 3 MeV、3 μ Aのビームが加速管の最終電極にぶつかる

X線強度 30 R/h at 1 m

遮蔽コンクリートの減衰係数 $\mu = 0.0435$ (2.1 MeV)

" 密度 $\rho = 2.3$

加速器室の遮蔽壁の厚さは1 mで、メーカーによって加速器本体の高さが異なり、従って、加速器室の天井の高さも異なる。遮蔽壁の高さはタンクの高さ+ 50 cmとし、その上の部分は30 cm厚さのコンクリートとした。また、東側の部分は、5 ton レーンの走行のため天井面からフック下 50 cm迄開口とした。(建設工事の点から東側の壁は全部を厚さ1 mとした)

・加速器室の天井高さとの関係

加速器	タンクの高さ	天井の高さ	遮蔽壁の高さ	フック下
NHV	5.3 m	11.2 m	5.8 m	7.8 m
SHI	6.82	13.2	7.32	9.8

計算結果を図5に示した。加速器室遮蔽壁は南北方向の方が線源により近いが、計算の結果は 4.53×10^{-4} であった。P₁、P₂ については天井面からの散乱線の寄与を次式によって計算した。

$$D = D_0 \times a \times A \times (1/R_1 R_2)^2$$

$$a = a_0 \{ 1 - \exp(-d/a) \} \quad a = 1/2 \mu, \quad d = 20 \text{ cm}$$

Aは天井反射面の面積でL₁、L₂ に対して直角方向の長さは11 mとした。R₁、R₂ は線源及び

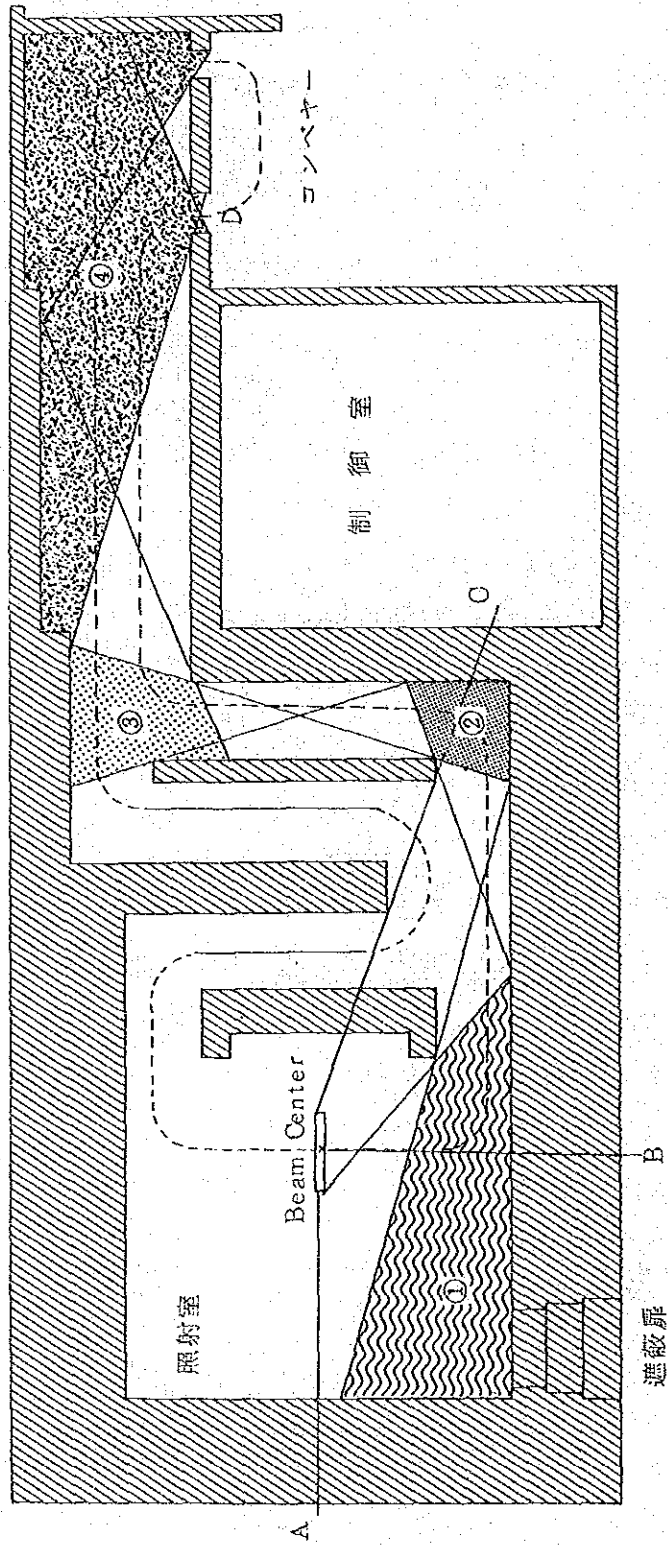


図4 照射室の遮蔽

反射面からの距離である。

P₀の方が線量は天井が低いために高いが、自然放射線量（バックグラウンド）は大体この程度と考えられ、問題はない。

スカイシャインについては、NHVが提案する26 cmの鉄板を屋上に設置すると、鉄板の上での線量率は最大1 R/hと見積もられる。Trubeyの提案した次式によると

$$\text{Dose} (E, X, \Psi) = NC(E) D(E, \Psi) / (X \sin \Psi)$$

X = 20 m、 $\Psi = 90^\circ$ の場合、線量率は 4.57×10^{-10} R/hとなる。

*照射室の地下については、110 cmのスラブ直下1 mの点Aでの線量率は143 R/hとなるから、この位置に配管等を埋め込む場合は留意する必要がある。

照射室の外側については、2 mの深さに遮蔽壁があるためバックグラウンド以下になるので問題ない。

2-6 加速器照射施設の建屋内の配置

基本計画では照射施設は建屋の北西部隅に配置された。これはマレイシア側の希望によるものであるが、この配置では照射室の壁面が南側の1面しか利用できないので効率的でない。建設計画を進める段階で再検討する必要がある。

加速器の搬入は、東側のシャッターから建屋内に入り、建築工事未了にしておく加速器室の東側の遮蔽壁の一部から室内に運び込むこととした。

3. 基本設計に関する調査

3-1. 遮蔽施設計画

遮蔽施設は以下の部分で構成されている。

- 加速器室
- 加速器室に至る迷路部分
- 電子線照射室
- 電子線照射室にコンベアーで試料を搬出するための迷路部分

(1) 加速器室（付属書図面参照）

この室は加速器本体を収容するとともに加速器用電源、冷却システム等の周辺機器を収容し、同時に加速器本体のメンテナンスも行う室である。2メーカーから提示されている必要室寸法は以下のようになっている。

NHV : 8.8 m × 11.1 m × 7.0 m (クレーン最大吊り上げ時フック下高さ)

SHI : 9.5 m × 11.75 m × 9.8 m (クレーン最大吊り上げ時フック下高さ)

これに対し、このいずれをも満足する寸法として次の値を採用した。

9.5 m × 12 m × 9.8 m (クレーン最大吊り上げ時フック下高さ)

したがってNHVの機種を採用する場合には、クレーン最大吊り上げ時フック下高さの差2.8 mだけ天井を下げるができることになるが、天井面の反射によるワーキングエリアへの放射線影響を考慮すると、天井を下げるのは2 mが限界となる。

また遮蔽体厚については最大加速電圧3 MV、最大電流値30 mAを想定して、壁厚1.0 m (7.4 mの高さまで、但しNHVを採用する場合には5.8 mの高さまでとすることができる)、上部壁厚30 cm、屋根スラブ厚20 cmとし、局部的に放射線レベルの高くなる加速器本体直上部のスラブ上には必要量の鉄板をおくこととした。このポイントの線量は機器の特性によるものでありこの鉄板のサイズについてはメーカーからの数字を尊重する必要がある。今回の設計ではNHVからの数字を用いて2.0 m × 0.6 m × 0.26 mとしている。

また、この室には建築工事の完了後に重量・大型機器を搬入するのと、稼働後のメンテナンス用に室外に跨がるX-Y天井走行クレーン(51)を設ける。このために東面の壁はクレーン最大吊り上げ時フック下高から50 cmの高さで止め、なおかつ中央部の幅5 mについては迷路部分から上は機器搬入後に打設するものとする。

迷路部分については、出入口を保護する範囲については壁厚を1.0 mとし、それを外れた部分については0.5 mで構成した。

(2) 電子線照射室（付属書図面参照）

この室は上階の加速器で加速された電子を試料に照射する室であり、照射用スキャナー及び試料搬送用コンベアーが収容されるのと、実験機材等をセットするのに必要なスペース

とからなる。2メーカーから提示されている必要室寸法は以下のようになっている。

NHV : $7.8\text{ m} \times 6.0\text{ m} \times 2.4\text{ m}$ (H)

SHI : $9.0\text{ m} \times 4.75\text{ m} \times 3.7\text{ m}$ (H)

これに対し、本調査員帰国後の検討を踏まえ、本設計では次の値を採用した。

$7.5\text{ m} \times 7.0\text{ m} \times 3.0\text{ m}$ (H)

また、遮蔽体厚については基本壁厚を2.0 mとし、上部スラブ厚1.5 m、床スラブ厚1.0 mとした。迷路のまわりの壁厚については放射線の散乱の影響を考慮してそれぞれ決定されている。さらに、床スラブを透過した放射線が土による散乱で外部に漏れるのを防ぐため周辺の基礎を2.0 m幅で、床面から2.0 mの深さ迄根入れしている。

迷路まわりの平面寸法は架台上にトウコンベアーを設置し、トウビンおよびガイドローラーを持った60 cm×60 cmのパレットが走行するものとして想定した。コンベアー中心線の軌道半径は1.0 mとした。

この照射室には、コンベアーで搬入出来ない試料、あるいは実験用機材の出入りのために電動ステップバック方式の遮蔽扉を設けている。この扉については壁面と同等の遮蔽性能を持たせると同時に周辺の枠廻りからの放射線漏洩を起こさないような配慮が重要である。

付属書に参考図面を添付したが、遮蔽扉の下部に車輪があるため、その部分からの漏洩が想定される。それを防ぐため内外の床に20 cmの段差を設け、さらに車輪の位置に対し、補償遮蔽としてスチールを用いている。詳細については実施設計時に十分検討を加える必要がある。

3-2. 建築計画

ここでは前項で検討してきた遮蔽施設を、照射試験を効率的かつ使い勝手よく行えるよう建物として組み上げ、本施設のために用意された敷地内に周囲の環境に合わせて配置を行う。なお、建物の外形寸法については既にマレーシア側では40 m×27 mでこれまでの検討を進めており、これに従うものとした。

(1) 平面計画 (付属書図面参照)

遮蔽施設についてはこれまでの機器関係の資料及び討議を通じて、機器の性能仕様の概略及び実験のイメージを把握し、前項の検討に従って構成した。また、事務室、研究室etc.の管理、研究にたずさわる部分のスペースについてはマレーシア側でも使い方についてまだ十分煮詰める段階に至っていないようであり、ここでは遮蔽施設、ワーキングエリア、に対してゾーン分けを行う程度にとどめた。ワーキングエリアを緩衝ゾーンとして執務・研究関係ゾーンについては今後、実際の設計に際して詰めを行う必要があり、場合によっては全体の床面積を調整することも必要であろう。

付属書平面図の内容を以下に示す。

a. 建物への出入り

- メインエントランス……主として人の出入り用。
(東面) 実験ゾーンへはモニター室を経由し、入室チェックを受ける。
但し2階の執務関係室へはフリー。
- 機材搬入口……電動シャッターで開閉。
(東面) トラックの乗り入れを行い⑤-⑥間で天井走行クレーンを用いて荷物の積み降ろしができる。
加速器本体および周辺機器の搬入にも用いる。
- 非常口……火災、その他の非常用脱出口。
(西・北面) 常時は施錠。但し内部からは簡易に解錠できる。

b. 遮蔽施設への出入り

- 電子線照射室……原則的にはここへの出入りは南側壁面に設けるステップバック式遮蔽扉からとし、搬送コンベアーの迷路端につく扉はコンベアー駆動部のメンテナンス用とする。いずれの場合も安全性を考慮し加速器の操作盤回路とインターロックをくむ必要がある。また室内に人が残留したまま運転を開始するのを避けるため加速器の始動キーを施錠に用いる等の配慮が必要である。
コンベアーループの迷路からの出入口開口は人が迷い込むのを避けるためコンベアー及びその上に乗る試料が通過できる最小限の寸法とすることが望ましい。
- 加速器室……ここへの出入口扉は1箇所であるが照射室の扉と同様にインターロック等の安全策が必要である。この出入口は機器のメンテナンス用として用いられる。建設時の大型機器の搬入にはこの出入口は小さすぎるので機器の搬入が完了するまでは、迷路から上の壁の中央部幅5 m部分を開口として残しておき、天井クレーンで搬入する。その後この開口部を後打ちコンクリートでふさぐ計画となっている。

c. その他

- 照射室のスキヤンホーンの下部の床には電子線が床に当たる際に発する高熱からコンクリートを保護するため、ステンレス製の冷却板を設置する。この冷却板には加速器の冷却回路から冷却水を循環させるものとする。
- 照射施設内での埃の発生を防ぐため、照射室は床・壁・天井共、加速器室は床および高さ3 mまでの壁面の仕上げは耐放射線塗料仕上げとする。
- 照射室とワーキングエリアとの間の遮蔽壁上部には、将来電線の照射実験を行う含みを

残して2インチのスリーブを2箇所設ける。このスリーブは電線がスムーズに流れるよう照射室側に傾斜して設け、当面は放射線漏洩が生じないようにプラグでふさいでおく。

- 照射室とワーキングエリアとの間の遮蔽壁下部には、実験に使用するために、5インチを1箇所と2インチを2箇所のスリーブを設け、当面は放射線漏洩が生じないようにプラグでふさいでおく。

スリーブ、プラグの要領を図6に示す。(JAERI-M 84-032より)

但し、傾斜して設ける場合にはプラグが滑り落ちないように配慮が必要である。

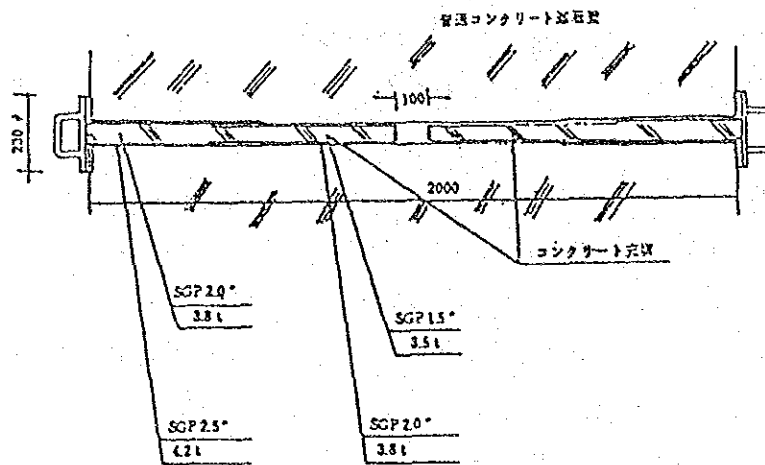


図 6

(2) 断面計画 (付属書図面参照)

この建物は遮蔽施設部分とその他の部分とで階高が大きく異なる構成となる。まず遮蔽施設部分については前節の検討に従い、クレーンフックから上の寸法については日本におけるクレーン設置基準と構造部材サイズとで決定している。実際に用いるクレーン、構造部材に対応した必要寸法及びマレーシアに設置基準が有ればそれに従ってこの寸法は見直す必要がある。

次にその他の部分については一般的な階高として3.5 mを用い、ワーキングエリアを吹き抜けとし迷路部分を含め、遮蔽部分との緩衝ゾーンとした。

また④通りの遮蔽壁を最大吊り上げ時のクレーンフック下50 cmで止めた事により、このクレーンは加速機器のメンテナンス時および館内への機材等の搬入時にも積み降ろし用として使用可能である。操作方法はリモートコントロールとする。

3-3. 構造計画

本構造計画は、電子線照射試験施設の構造設計に関する基本的な考え方を示すものである。従って、今後の基本設計及び実施設計に際しては実状に応じて見直されるものである。

(1) 一般事項

a. 準拠規準

本施設の構造設計は、以下に示す基準に基づいて行うものとする。

- i. Uniform Building By-Laws 1984, Malaysia
- ii. B.S. (British Standard)

b. 構造形式

本施設は電子加速器装置を収納する高層部分（遮蔽体を含む。以下シールドリング・ゾーンという。）と研究室、倉庫等を含む低層部分（以下オフィス・ゾーンという。）より構成されている。

本施設の構造形式は以下とする。

i. シールドリング・ゾーン

- 基礎形式：現場打ち杭支持によるベタ基礎及び独立基礎
- 遮蔽体部：鉄筋コンクリート床版構造及び壁構造
この部分の配筋間隔は 200 mm 以下とする。
- 架構形式：鉄筋コンクリートラーメン構造及び鉄筋コンクリート壁

ii. オフィス・ゾーン

- 基礎形式：P C パイルによる独立基礎
- 架構形式：鉄筋コンクリートラーメン構造

c. 構造設計に考慮する荷重

設計には固定荷重、積載荷重、機器荷重、風荷重及びクレーン荷重を考慮する。

d. クレーン荷重

クレーン荷重として、X-Y 天井走行クレーンの荷重を考慮する。

クレーン容量は 5.0 トンとし、クレーンメーカーより提示される荷重条件を考慮する。

e. 風荷重

風荷重は、BS CP3 : Chapter V Part 2 により算定する。

基準風速 $V = 70 \text{ Mile/h}$

(2) 荷重

設計に考慮する荷重は以下とする。

a. 固定荷重

固定荷重は使用材料の密度及び形状寸法に基づいて設定する。

b. 積載荷重

各部の積載荷重は下記を標準とする。但し * 印は下記荷重を採用するものとする。

- 屋根（非歩行部分） : 0.25 kN/m² (25.5 kg/m²)
- 屋根（歩行部分） : 1.0 kN/m² (100 kg/m²)

- 研究室、事務室 : 3.0 kN/m² (300kg/m²)
- 倉庫 : 実施設計段階で想定される収納物に基づいて設定する。
- *• 照射室及び加速器室 : 実際の機器荷重の他に
4.9 kN/m² (500kg/m²)
- *• 遮蔽扉のステップバック部床 : ステップバック式遮蔽扉の通常移動時及びメンテナンス
(図7 注1部分) 時仮置き荷重を考慮する
- *• グランドフロアレベル床 :
図7 注2部分 9.8 kN/m² (1,000kg/m²)
図7 注3部分 機器搬入時車両荷重を考慮する
その他のグランドフロアレベル床は、実施設計に使用状況に応じて設定する。
- その他記載の無い部分については3-3.(1)a.による。

c. 機器荷重

機器荷重は電子線加速器メーカーより提示される機器荷重及びそれらの基礎荷重を考慮する。

d. クレーン用ランウェイガーダー

クレーンはX-Y天井走行クレーンとする。

ランウェイガーダーはロールH形鋼又はビルトアップH形鋼とし、変形は1/800以下にする。

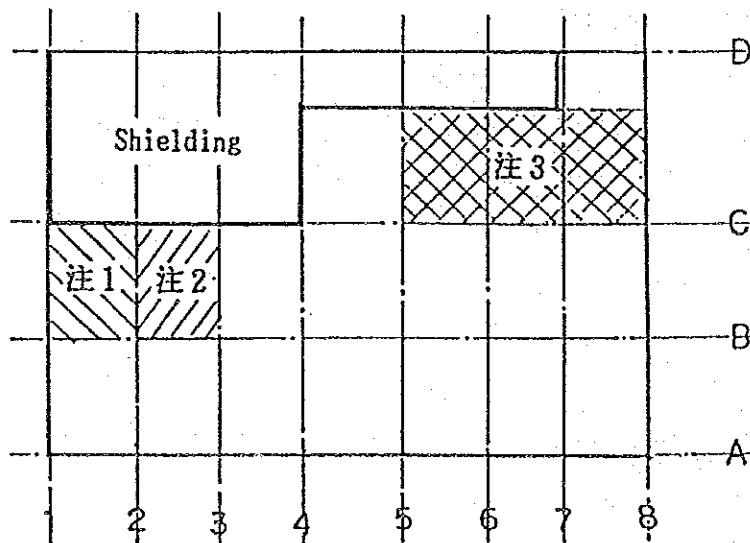


図 7

(3) 基礎形式

以下の基礎形式は標準貫入試験N値が50以上の強固な支持層に杭を支持する事を仮定したものである。

従って、本基礎形式は実施設計に先立って行われる当該エリアの綿密な地質調査の結果に基づき、確認又は再検討されなければならない。

併せて、技術上及び経済上に係わる変更も、この地質調査の結果に基づいて行わなければならない。

a. シールドリング・ゾーン (付属書図面参照)

杭 径 1.0 m (長さ 19.0 m) 許容杭支持力 200 t/P

杭 径 0.8 m (長さ 19.0 m) 許容杭支持力 150 t/P

のオーストリル杭によるベタ杭基礎及び独立杭基礎

b. オフィス・ゾーン (付属書図面参照)

PCパイルによる独立杭基礎

(4) 使用材料

使用構造材料は下記とする。

a. コンクリートの為の材料はBSに合致したものとす。

b. 鉄筋

鉄筋コンクリート用鉄筋の仕様は下記のBS規格又は同等品とする。

BS 4449 Grade 250

BS 4449 Grade 410

BS 4449 Grade 425

BS 4482 Grade 485

c. 鉄骨

鉄骨工事に係わる材料は下記のBS規格材又は同等品とする。

BS 4360 Grade 43

BS 449

BS 5135

(5) コンクリート

a. コンクリートの特性強度:

コンクリートの特性強度はCube Strength Test (28日)で 25N/mm^2 以上とする。

(PCパイルを除く)

b. 遮蔽体部コンクリートの単位体積重量：

遮蔽体部分コンクリートの硬化後の単位体積重量は 2.3 t/m^3 以上とする。

従って、コンクリートは前もって試し練りにより硬化後の*単位体積重量の確認を行う事とする。もし、必要単位体積重量が得られない場合は骨材の再検討又は遮蔽厚の再検討等必要な処置を講じる必要がある。

*日本に於いては、原子炉の遮蔽用コンクリートの場合 JASS 5N により単位体積重量を求めることがある。

JASS 5N：原子力発電所施設に於ける鉄筋コンクリート工事建築工事標準仕様書

(日本建築学会)

c. 水セメント比 55%以下

d. スランプ 10~15 cm

3-4. 設備計画

計画建物のうち電子線照射実験に関わる施設以外については前述のとおりまだ十分には煮詰まっていたはいない。また、この部分に関する設備については通常の建物の場合と基本的に変わることがないことから、今後のマレイシア側での設計に委ねることとし、ここでは照射実験に関わる設備についてのみ記すことにする。

(1) 電気設備

必要な電力については加速器メーカーからの数字は以下のようになっている。

NHV : 399 KVA

SHI : 500 KVA

但し、この数字については 3 MeV、50 mA の時のものであり、3 MeV、30 mA への機器仕様の変更により、多少軽減されると思われる。マレイシア側の工事範囲としては、建物内にメーカーが設置する変電設備に所要電力を供給すること、遮蔽体を貫通する部分にスリーブ配管を設置すること、前述のインターロック回路の設置、クレーン、給気ブロー等用電源、及び機器の運転とは直接関わりのない照明設備を設けること等である。

なお、遮蔽体貫通スリーブ配管については放射線の漏洩を避けるためコンクリート内で 3 次元の曲がり確保しておく事が必要である。

(2) 冷却水設備

必要な冷却水については加速器メーカーからの数字は以下のようになっている。

NHV : 冷却水ボリューム 201 ℓ/min

圧力損失 3 kg/cm^2

最大圧力 7 $\text{kg}/\text{cm}^2 \cdot \text{G}$

水温 30 $^{\circ}\text{C}$ 以下

SHI : 冷却水ボリューム	マークアップ分のみ
最大圧力	1 Mpa
水温	18°Cおよび37°C(常温の意)の2系統

マレーシア側の工事としては所定の水を供給する貯水槽を設け、必要水を供給することと、遮蔽体を貫通する部分の配管を設置すること、及び前述の照射部の床に冷却板を設置することである。この冷却板への配管接続は加速器メーカー側の工事である。貫通配管については電気配管と同様、3次元の曲がりが必要であり、両端はフランジまたはプラグ止めとする。

(9) 圧縮空気設備

加速器メーカーからの数字は以下のようである。

NHV : 圧力	5 kg/cm ² ・G
SHI : 最大圧力	850 kpa
最小圧力	500 kpa
所要空気量	0.01 m ³

マレーシア側の工事範囲はコンプレッサー及び貫通スリーブの設置である。

(4) 照射室換気設備

照射室内には電子線の照射によりオゾンおよびNO_xが発生する。これを取り除くために換気を行う。従って、材質はすべてステンレス材とする。この項目については加速器メーカー側の工事は排気ブローの設置のみで、他の部分はマレーシア側の工事となる。給排気の経路については付属書図面を参照のこと。

排気量については照射実験終了後に照射室に立ち入る時の安全性及び作業性を考慮して照射室内の空気を約1分間に1回の割合で排気するものとする。照射室の寸法(7.5 m×7.0 m×3.0 m)から157.5 m³/min、即ち9,450 m³/hとなる。給排気ダクトの内径断面は直径60 cmの円形で流速は約9 m/secとなる。

ダクトが遮蔽体を貫通する箇所は最小限とし、その場合は遮蔽体内で3次元の曲がりをとるか、貫通箇所に対して補償遮蔽を行う必要がある。本設計では照射室と加速器室間のみ遮蔽体をスラブ内3次元曲がりて貫通し、給気口及び排気口については加速器室上部の比較的放射線の影響の少ない箇所て開口をもうける。こうすることにより、排気口の高さは地上約13 mとなり、オゾンの着地濃度も低く抑えることができる。なお、今回は設置を見合わせているが、将来オゾン処理装置を追加設置する場合には加速器室迷路上部のスラブ上に置くことができる。

3-5. 概算コスト

今回調査の結果を踏まえ、本施設の建設に係わる概算建設コストの算出を行った。なお、本見積りの条件は下記のとおりであり、実施時に於いて条件及び状況が変化した場合には、当然見直し

れるものである。

(1) 見積条件

- ① 本見積りは、今回の調査結果に基づいて行った。
- ② 本施設着工を1990年1月と想定した。
- ③ 本見積りは設計料、一般管理費及び利益を除く直接工事費の範囲について行ったものである。

(2) 概算コスト

a. 仮設	M\$	138,000
b. 本体工事	M\$	2,315,000
c. 周辺付属施設	M\$	69,000
d. 外構工事	M\$	54,000
e. 設備工事	M\$	615,000
f. 現場経費	M\$	184,000
合計	M\$	3,375,000

注：ステップバック式遮蔽扉は、本体工事の一部としてM\$ 165,000を算入している。この金額についてはマレーシアでの見積りが現段階に於ては不可能であった為、参考図に対する日本での見積価格の50%を考慮した。

4. 実施設計及び工事に当たっての留意点

4-1. コンクリート単位容積重量

本施設においては放射線遮蔽性能の確保ということが重要な課題である。遮蔽性能は基本的には、遮蔽体の厚みと密度とで決定される。本設計においてはコンクリートの単位体積重量 $2.3\text{kg}/\text{m}^3$ の仮定での計算に基づいて各部の遮蔽厚を決定している。現地では通常用いているコンクリートで $2.3\text{kg}/\text{m}^3$ の単位体積重量は確保できるということであったが、サイトで入手した骨材について考えると日本でいう乾燥単位体積重量としてこの数字を確保する事は難しそうである。もちろんコンクリート中の水分含有量が定常状態になった時点でこの単位体積重量が確保できていれば問題ないが、できれば実施設計に先だつてこの点を確認しておきたい。その時点であれば仮に結論が単位体積重量 $2.3\text{kg}/\text{m}^3$ を下回っても壁厚の見直しあるいは骨材の見直しということで対策が考えられる。

参考までに日本における乾燥単位容積重量促進試験方法を以下にしめす。

JASS 5N T602 コンクリートの乾燥単位容積重量促進試験方法

① 適用範囲

この試験方法は、コンクリートの乾燥単位容積重量促進試験に適用する。

* この試験方法の中でいう重量とは、質量の意味である。

② 試験用器具

②-1. ハカリは供試体を計量できる容量をもち、0.5 gまで計量できるものとする。

②-2. 水槽は供試体の水中重量を計算するのに適当な大きさのものとする。

②-3. 乾燥炉は槽内を 110°C を超えない範囲に保つことができ、槽内の換気が行われるようなものとする。

③ 供試体

供試体は、円柱形で直径は 15cm 、高さは一般に 30cm とする。

供試体は、JIS A 1132 (コンクリートの強度試験用供試体の作り方) によって作成する。ただし、キャッピングは行わない。

頂部を成型する過程で高さが短くなる場合も、高さは 29cm 以上あるものとする。

④ 養生

供試体は、JIS A 1132 によって養生する。養生は標準として材令 28 日までとする。

* この材令以外の場合には養生材令を記録しておく。

⑤ 試験方法

⑤-1. 養生の終了した供試体は、表面の水膜をぬぐい去り、この状態の重量を 0.5 g まで測る。

- ⑤-2. 供試体を水中に漬け、供試体の水中重量を測る。
- ⑤-3. 水中から取り出した供試を100℃～110℃の範囲に保った乾燥炉中で乾燥させる。
- ⑤-4. 供試体は、一定重量となったときをもって乾燥状態とし、その重量を0.5 gまで測る。なお、乾燥炉から取り出した供試体の重量測定の際は、表面が室温付近まで冷えてから測定する。

*一定重量であるか否かの判定は、重量変化が0.5 g未満となったときをいう。

ただし、この2測定の途中には乾燥期間が3日以上あるものとする。

*取り扱いの際にすみ角部の欠けなどが生じた場合は、供試体の体積としてパラフィン塗布などの方法によって乾燥後の供試体について求めてもよい。

⑥ 結果の計算

試験の結果は次の式で計算する。

$$\text{乾燥単位容積重量} = \frac{\text{供試体の乾燥状態の重量}}{\text{乾燥前の重量} - \text{水中重量}}$$

以上、日本建築学会建築工事標準仕様書

原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事（JASS 5N）より

4-2. マスコンクリートの温度ひび割れ対策

厚さ1 mをこえるコンクリートではセメントの水和反応による熱が発生し、外部との温度差によって内部応力が生じることになり、ひび割れができやすい。このひび割れからの放射線漏洩を防ぐためには以下の対策を行うことが望ましい。

- ① コンクリート打設条件を事前に設定しひび割れの発生の可能性を解析する。
- ② コンクリートの打設温度を下げて外気との温度差を少なくする。
- ③ 1回の打設ボリュームを適切に設定することにより内部拘束力を少なくする。

この場合、打ち継ぎ部は、線源を見通さない位置にコントロールし、かつ凹凸形状にする等の配慮が必要である。

- ④ ひび割れを抑制する配筋を行う。

4-3. 地質調査

本施設の遮蔽部分は非常に重量の大きな構造物である。したがって実施設計に先立ち、建設当該敷地の綿密な地質調査を行う必要がある。さらにその調査結果を実施設計に反映し、不同沈下等の不都合が生じないようにする必要がある。

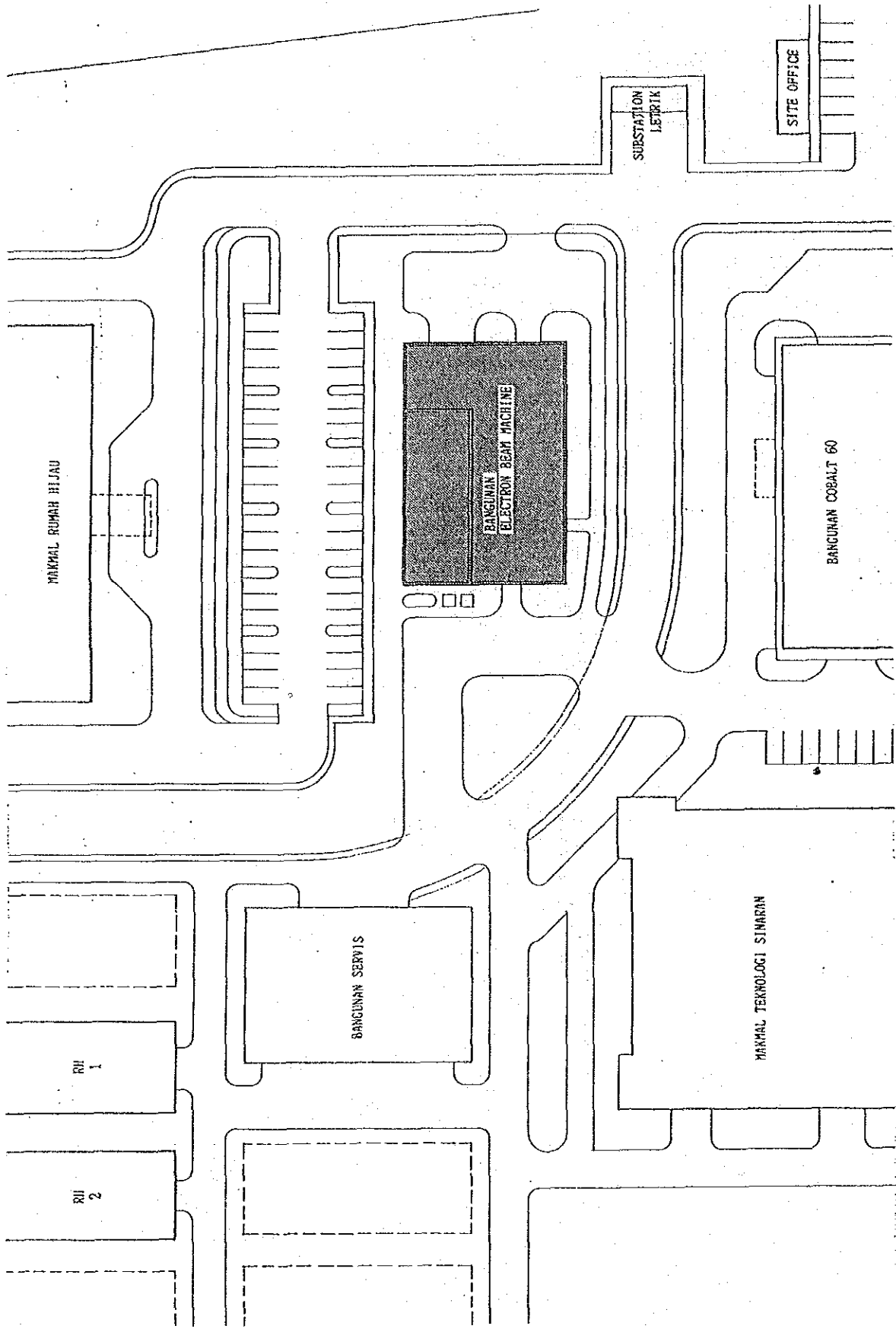
なお、この調査は建物の健全性を左右するものであり、十分信頼できる技術能力を有する機関が実施することが望ましい。

4-4. 消火設備

高エネルギーの電子線が物に当たると高熱を発生し、場合によっては試料が発火するようなケースも想定される。その場合の消火方法としては水の使用は好ましくなく、他の方法としてはハロン消火がもつとも適切と考えられる。しかし火災発生の可能性は非常に稀なことと考えられ、建設コストの観点からも今回の計画にはこの設備を含めないことで考えている。

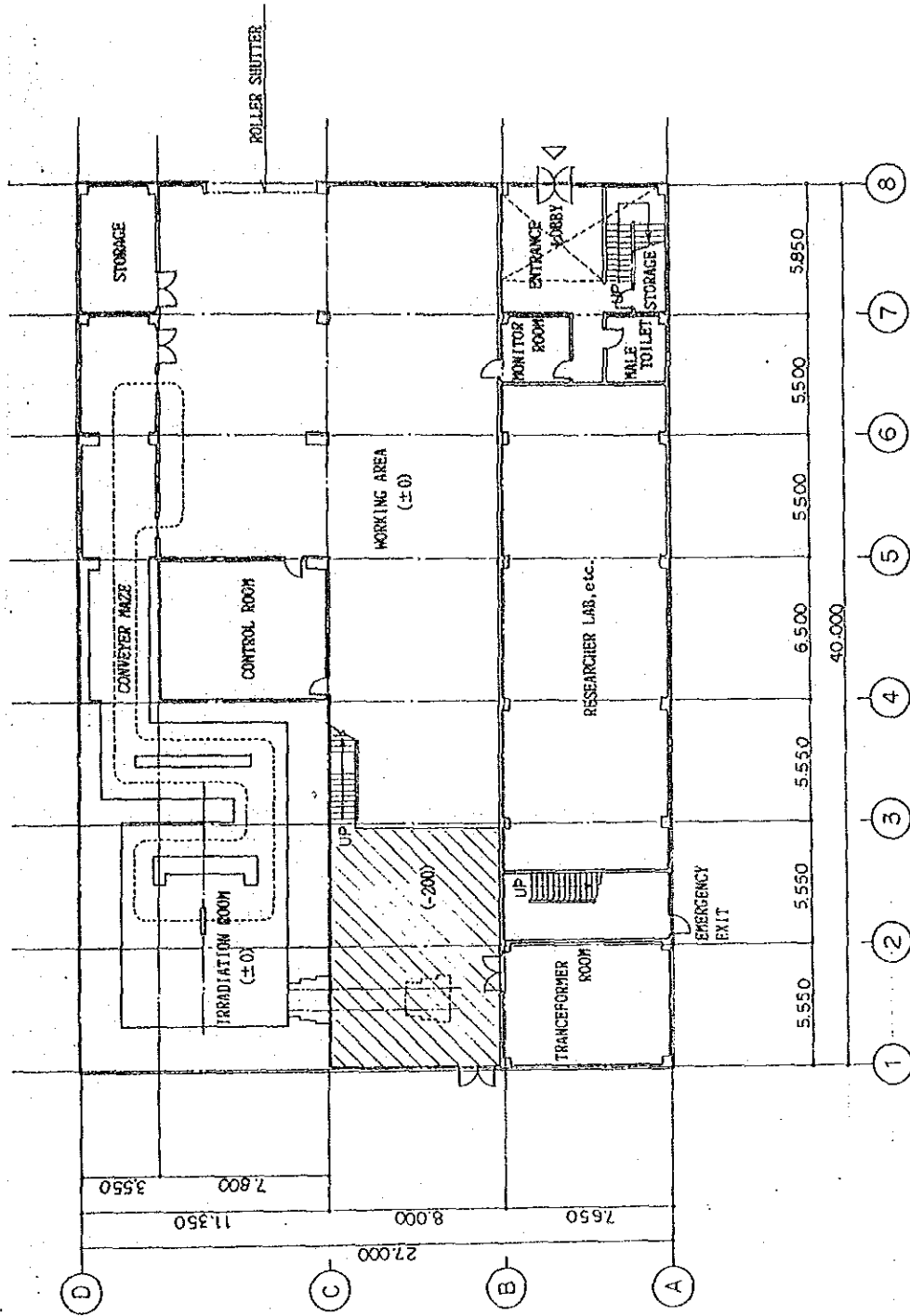
消火設備の必要性についての議論を早期におこなひ、設けるなら実施設計に盛り込んでおくことが望ましい。参考までに日本原子力研究所の電子線照射施設にはハロンガス消火設備が設けられている。

CONCEPTUAL DRAWING
OF
ELECTRON BEAM BUILDING IN MALAYSIA

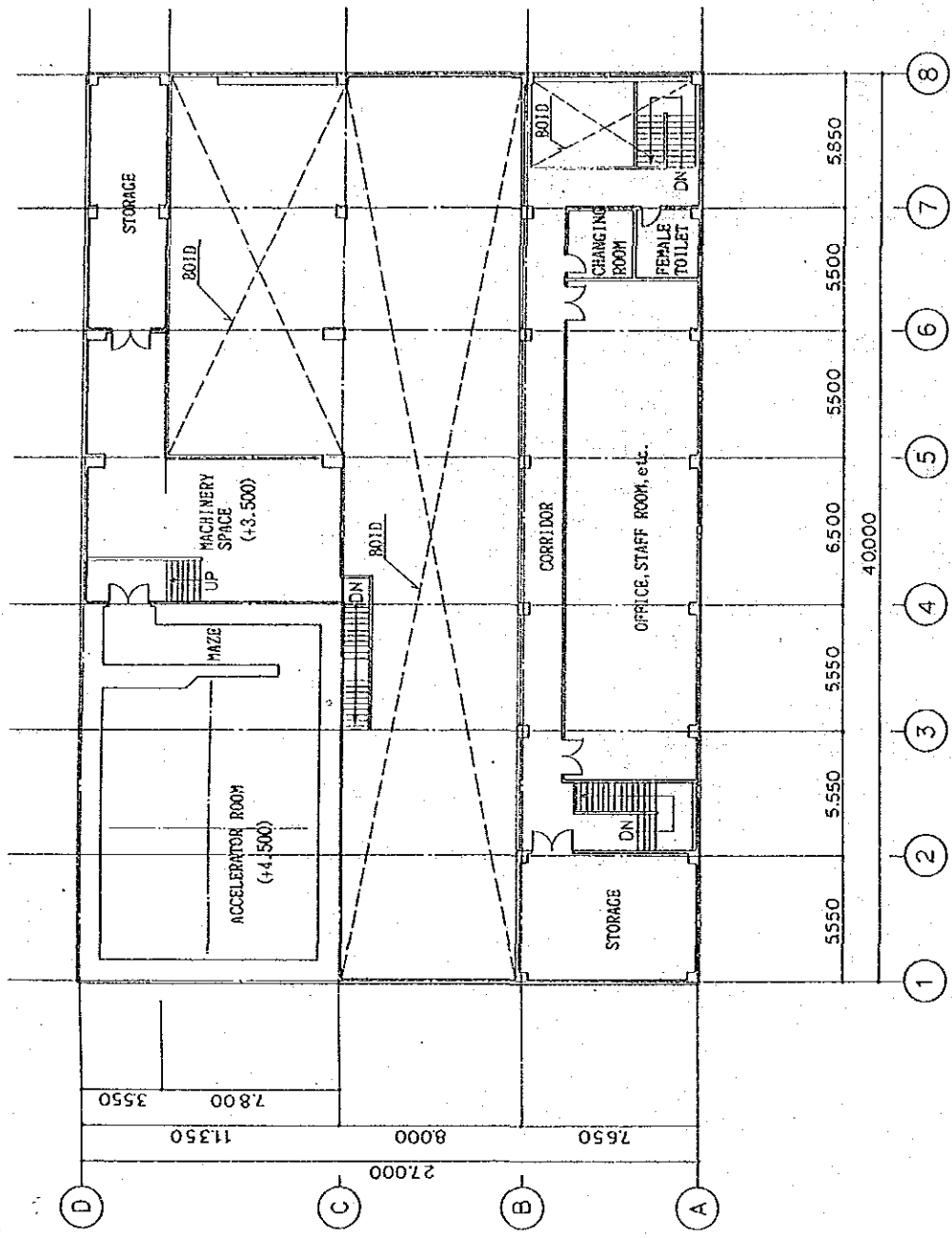


ELECTRON BEAM BUILDING IN MALAYSIA

SITE PLAN S:1/600 1

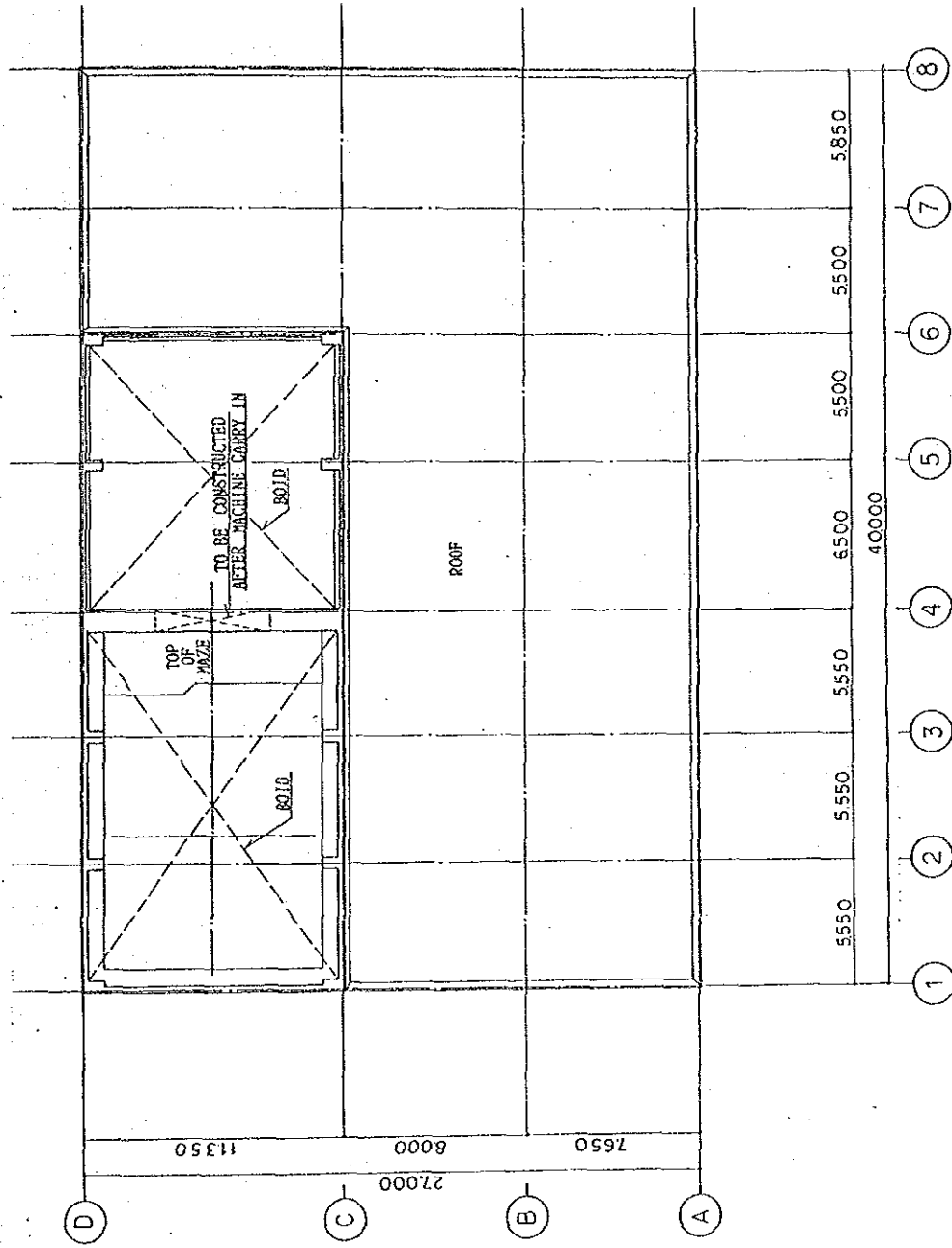


ELECTRON BEAM BUILDING IN MALAYSIA GROUND FLOOR PLAN S:1/200 2



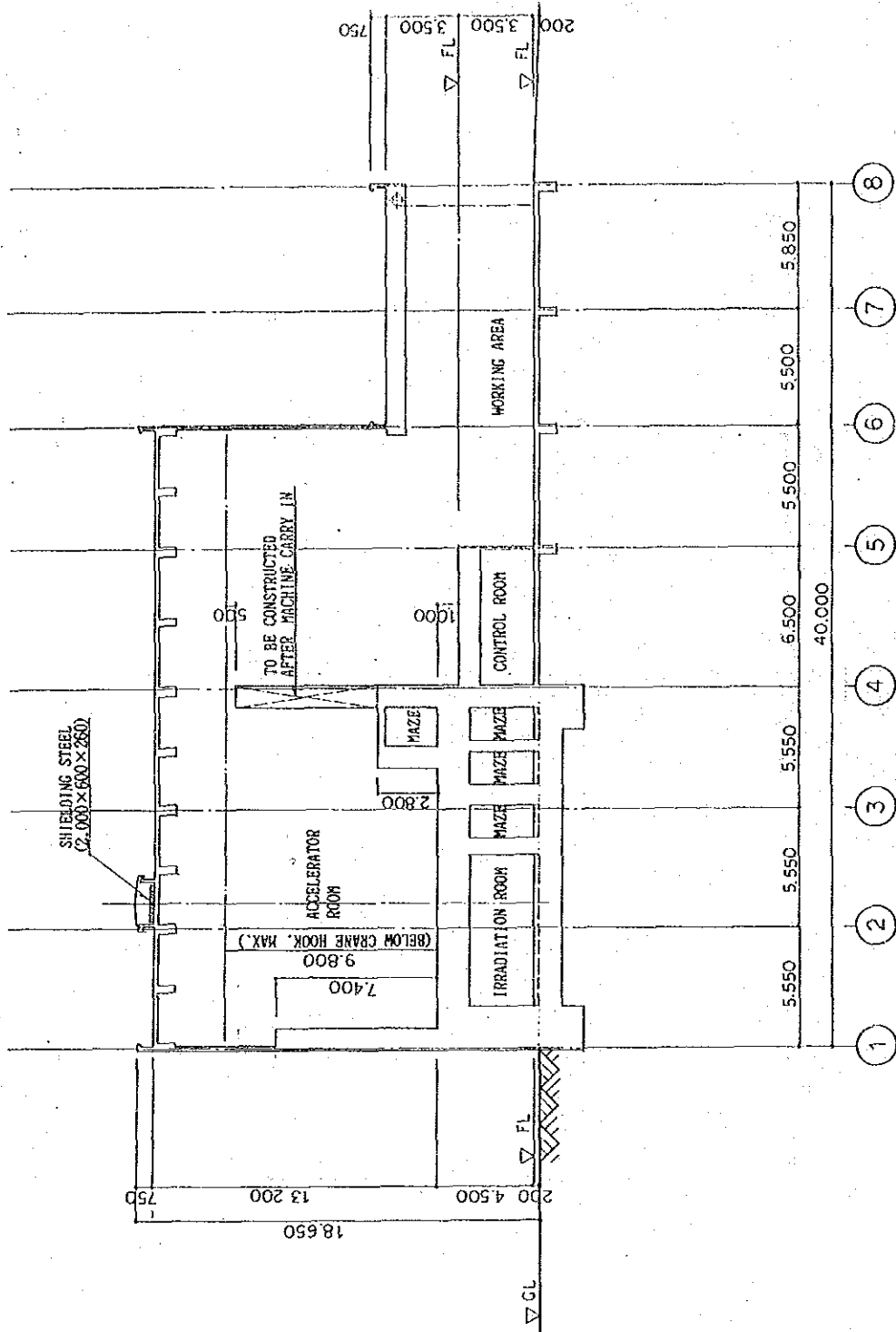
ELECTRON BEAM BUILDING IN MALAYSIA

MEZZANINE FLOOR PLAN S:1/200 3



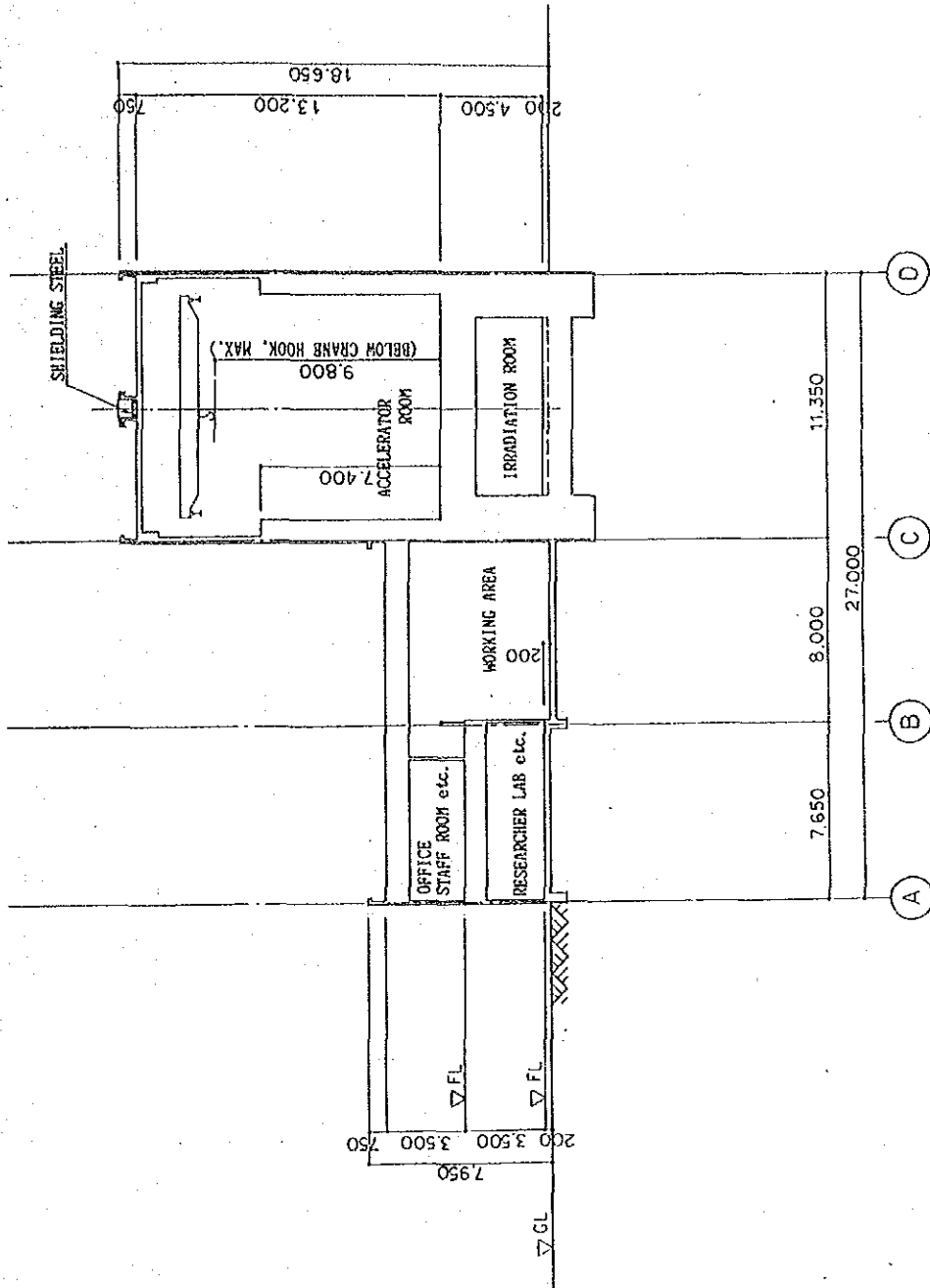
ELECTRON BEAM BUILDING IN MALAYSIA

ROOF LEVEL PLAN S:1/200 4



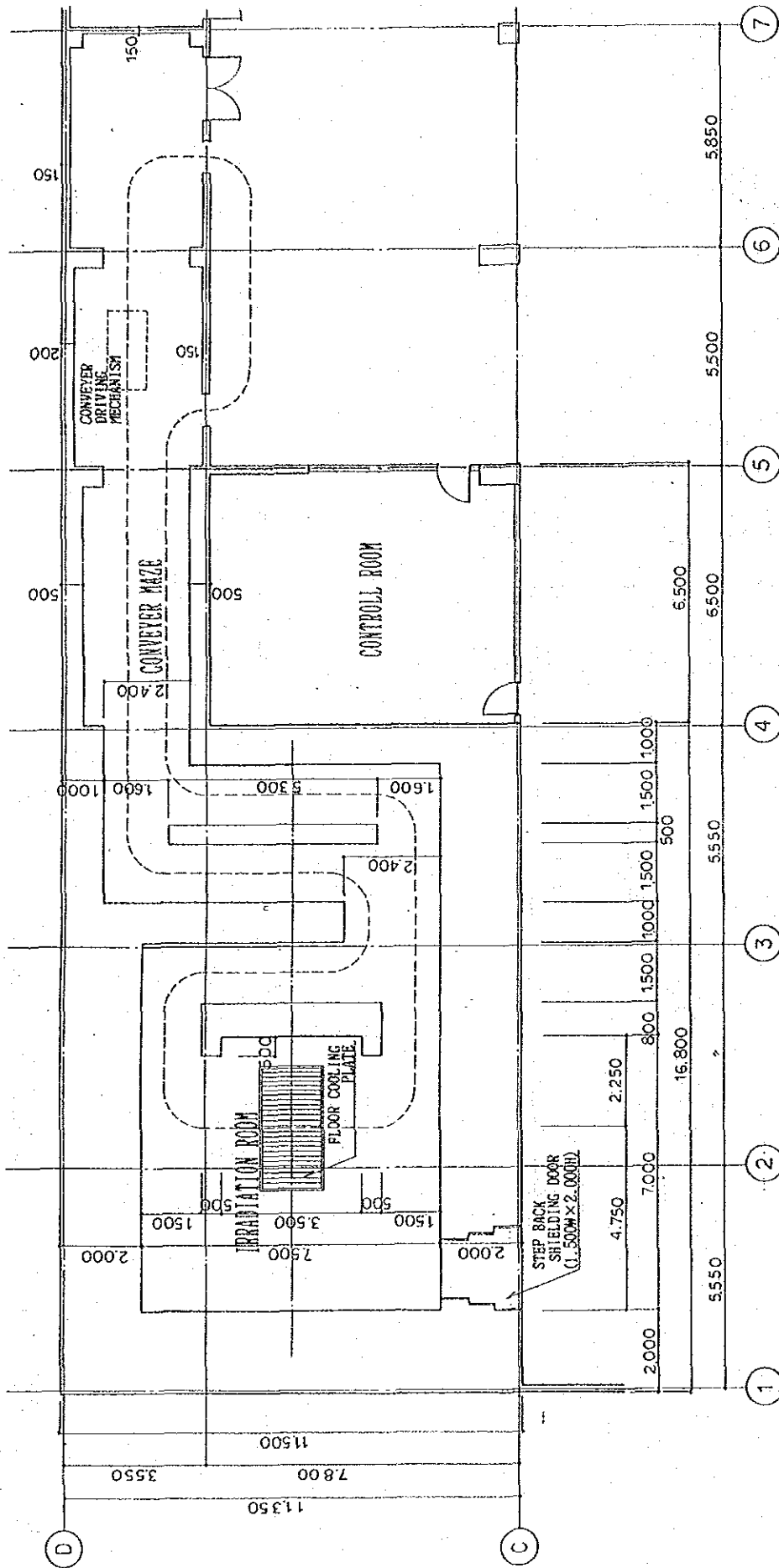
ELECTRON BEAM BUILDING IN MALAYSIA

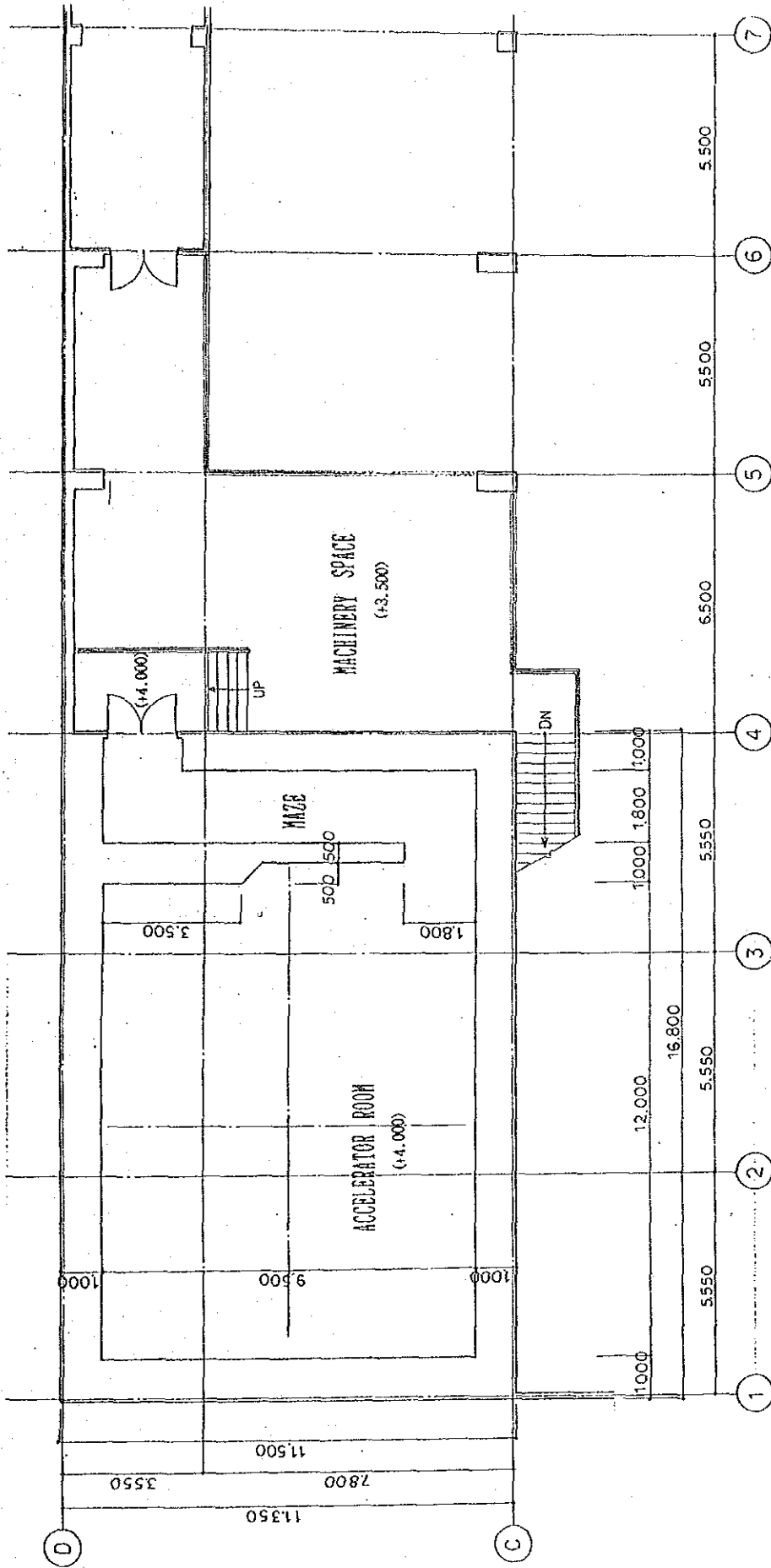
W-E SECTION S:1/200 5

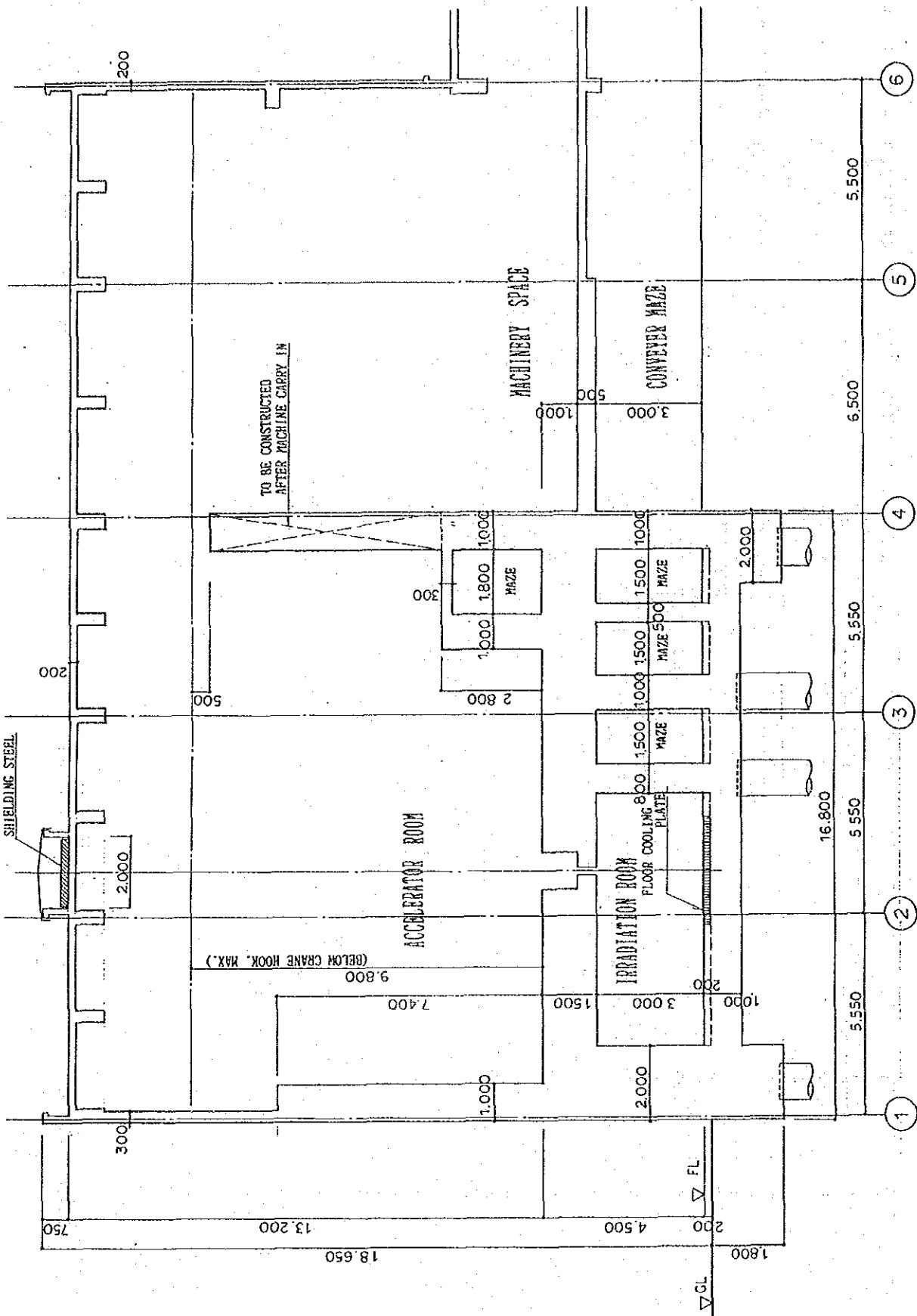


S-N SECTION S:1/200 6

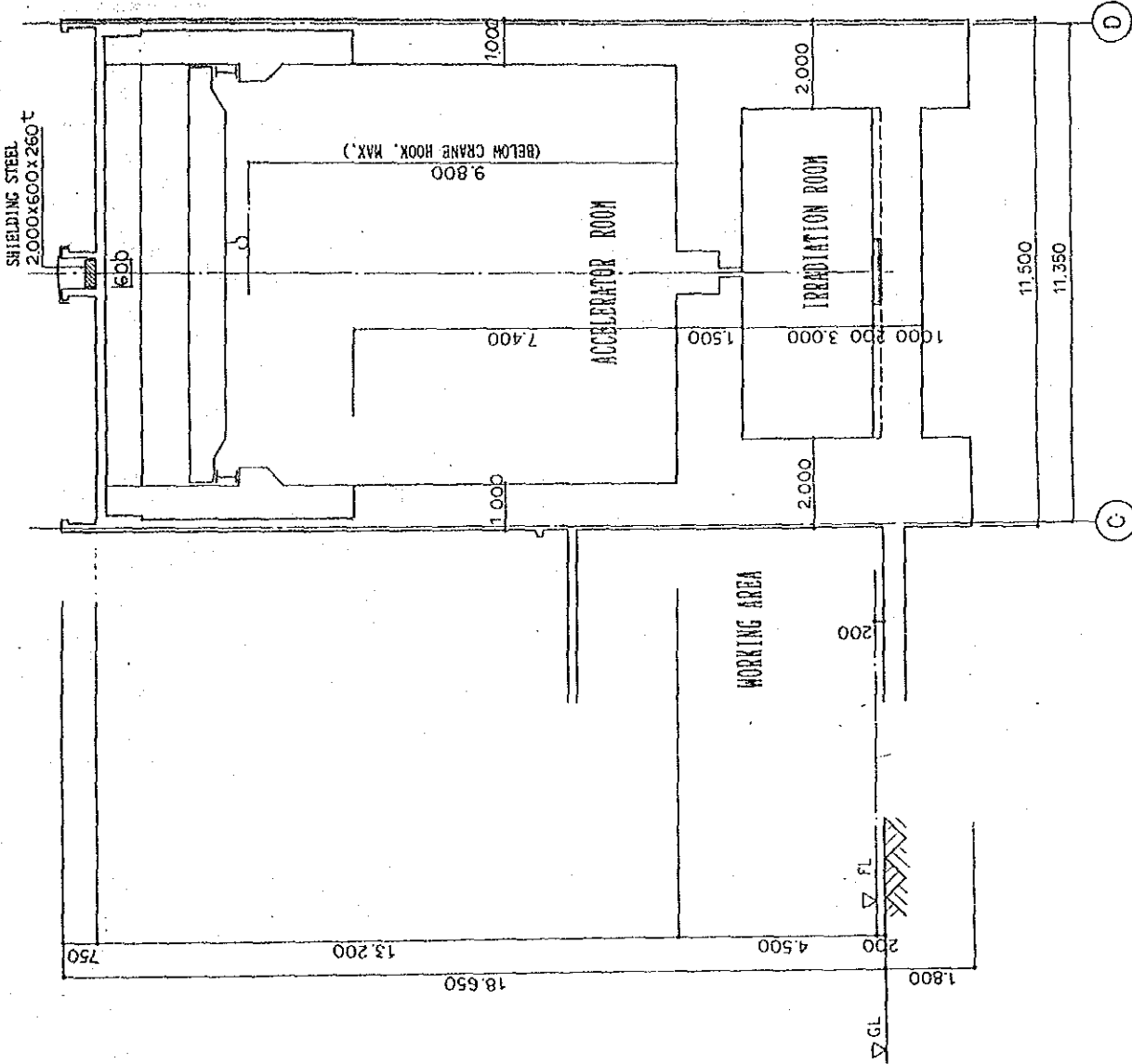
ELECTRON BEAM BUILDING IN MALAYSIA

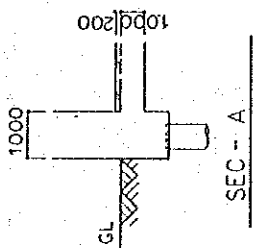
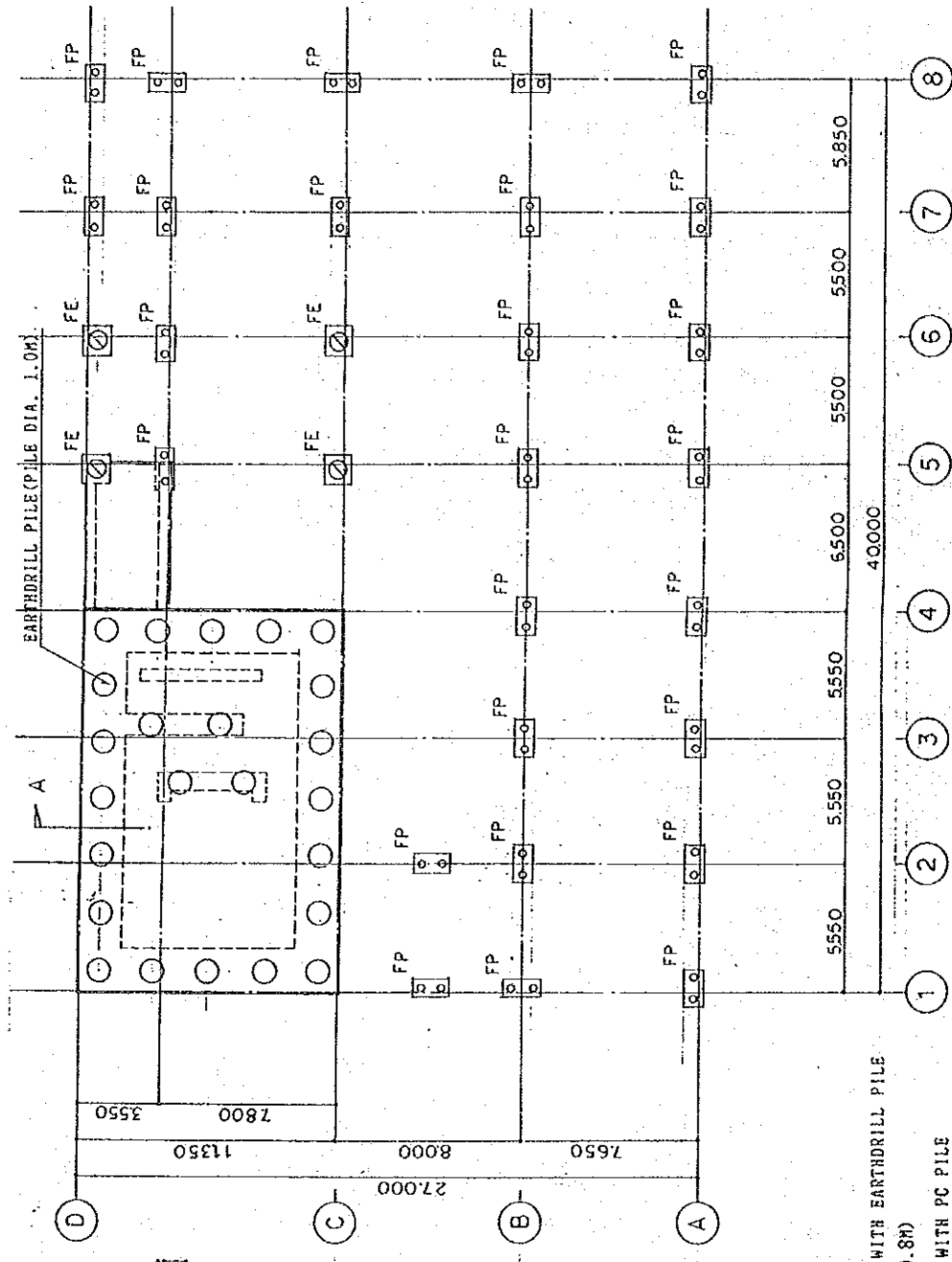






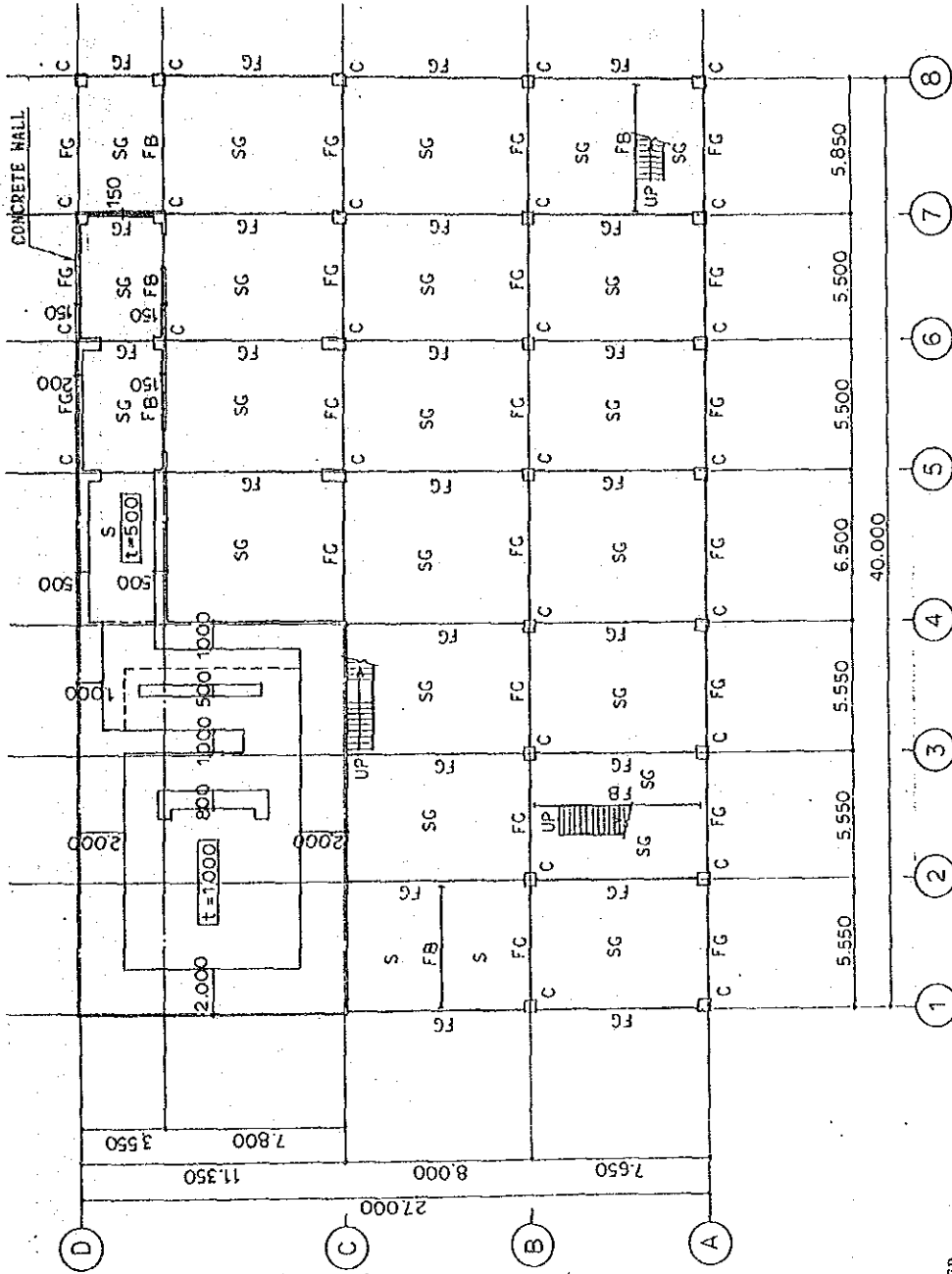
ELECTRON BEAM BUILDING IN MALAYSIA SHIELDING BODY SECTION (W-E) S:1/100 9



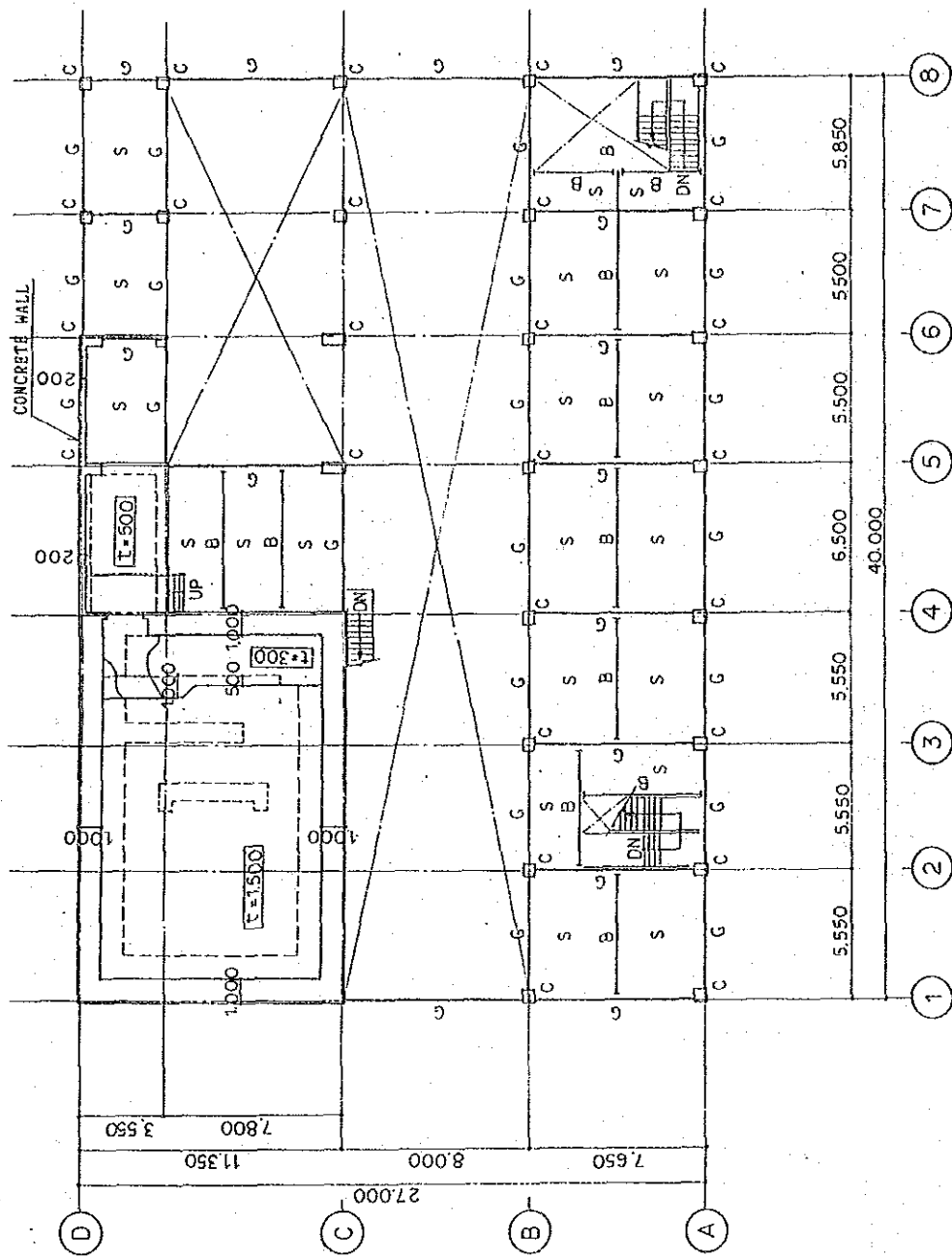


NOTE
 FE: FOOTING FOUNDATION WITH EARTHDRILL PILE
 (PILE DIA. 0.8M)
 FP: FOOTING FOUNDATION WITH PC PILE

ELECTRON BEAM BUILDING IN MALAYSIA



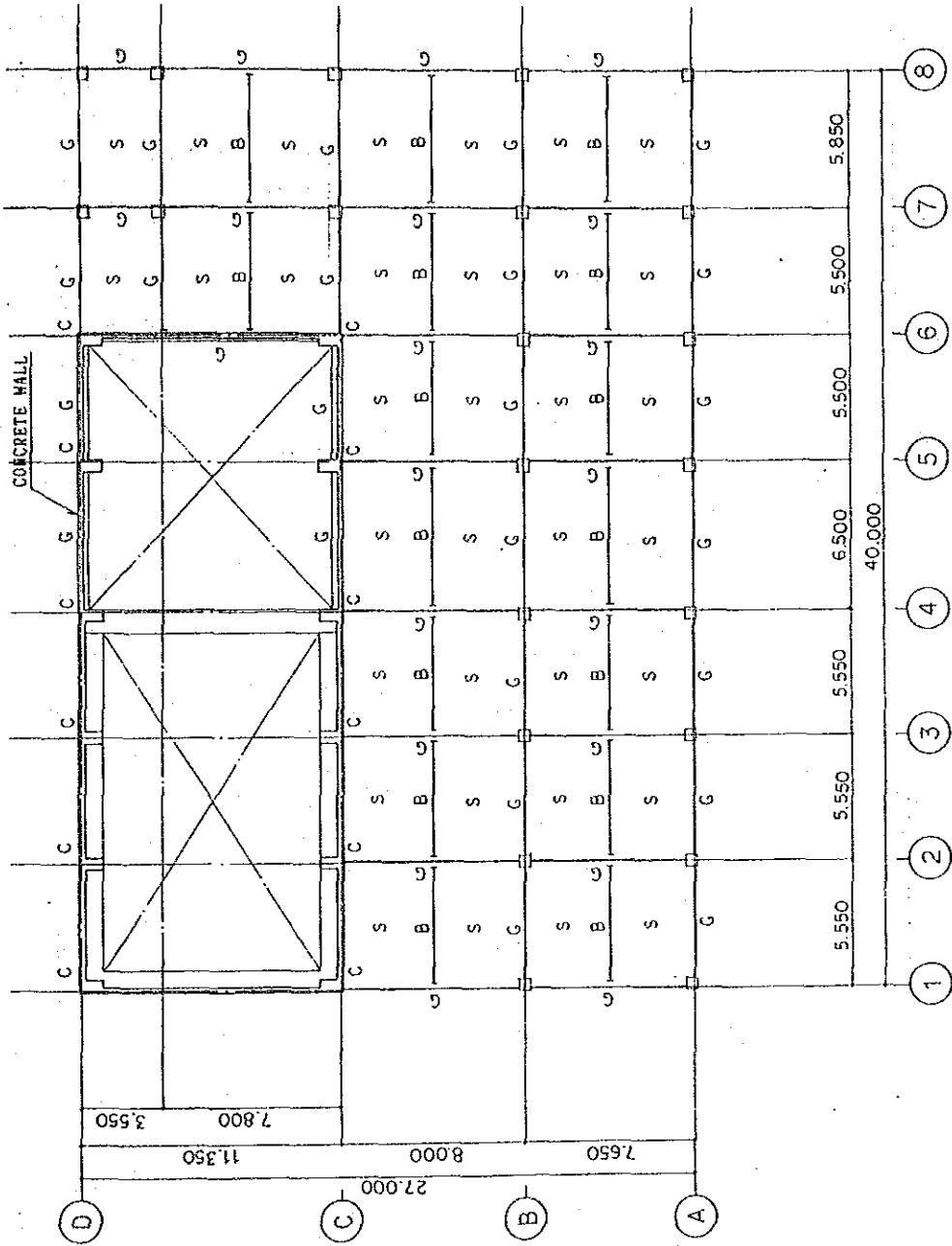
NOTE
 C : COLUMN
 FG : FOUNDATION GIRDER
 FB : FOUNDATION BEAM
 SG : SLAB ON GRADE
 S : SUSPENDED SLAB



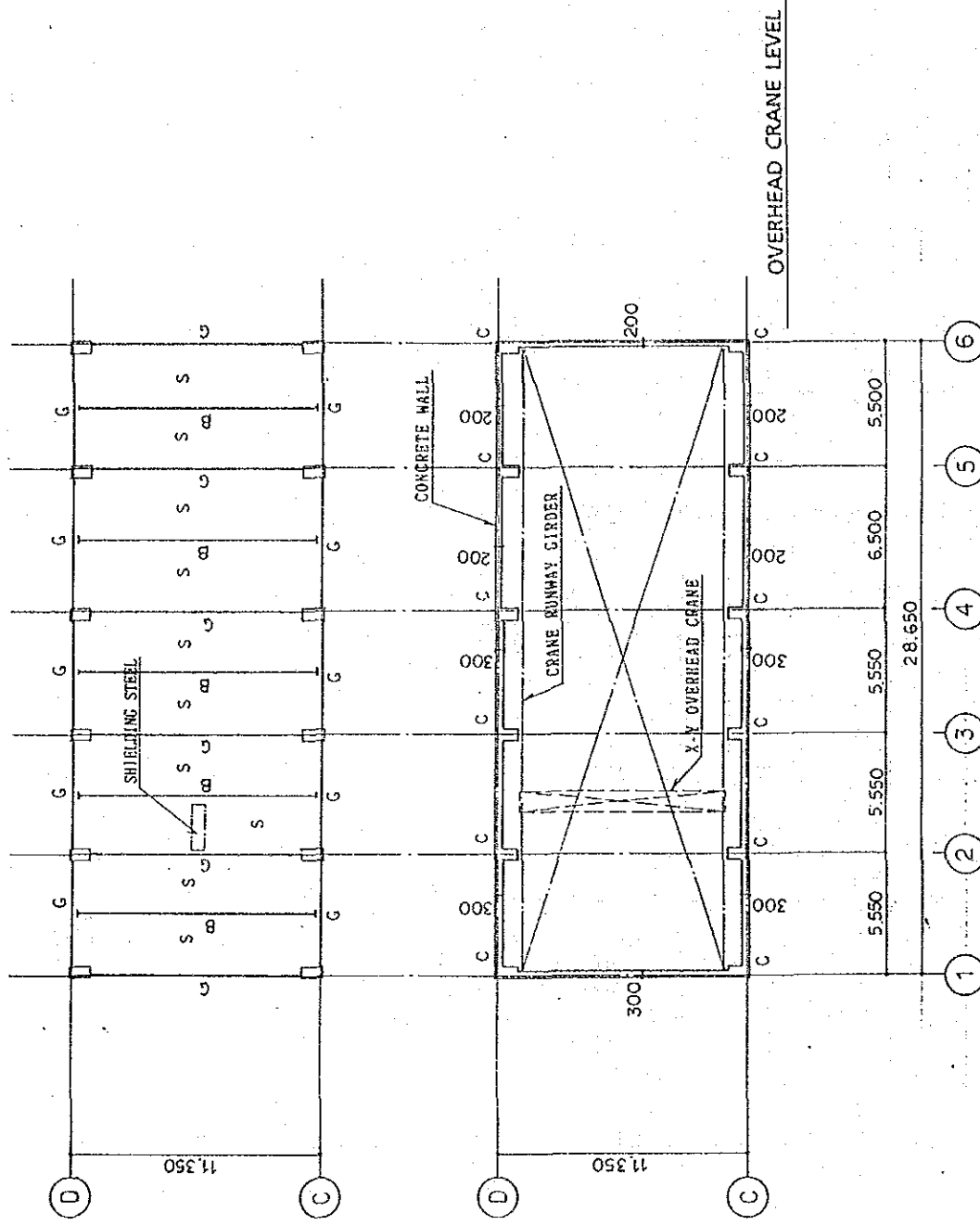
NOTE
 C: GIRDER
 C: COLUMN
 B: BEAM
 S: SUSPENDED SLAB

ELECTRON BEAM BUILDING IN MALAYSIA

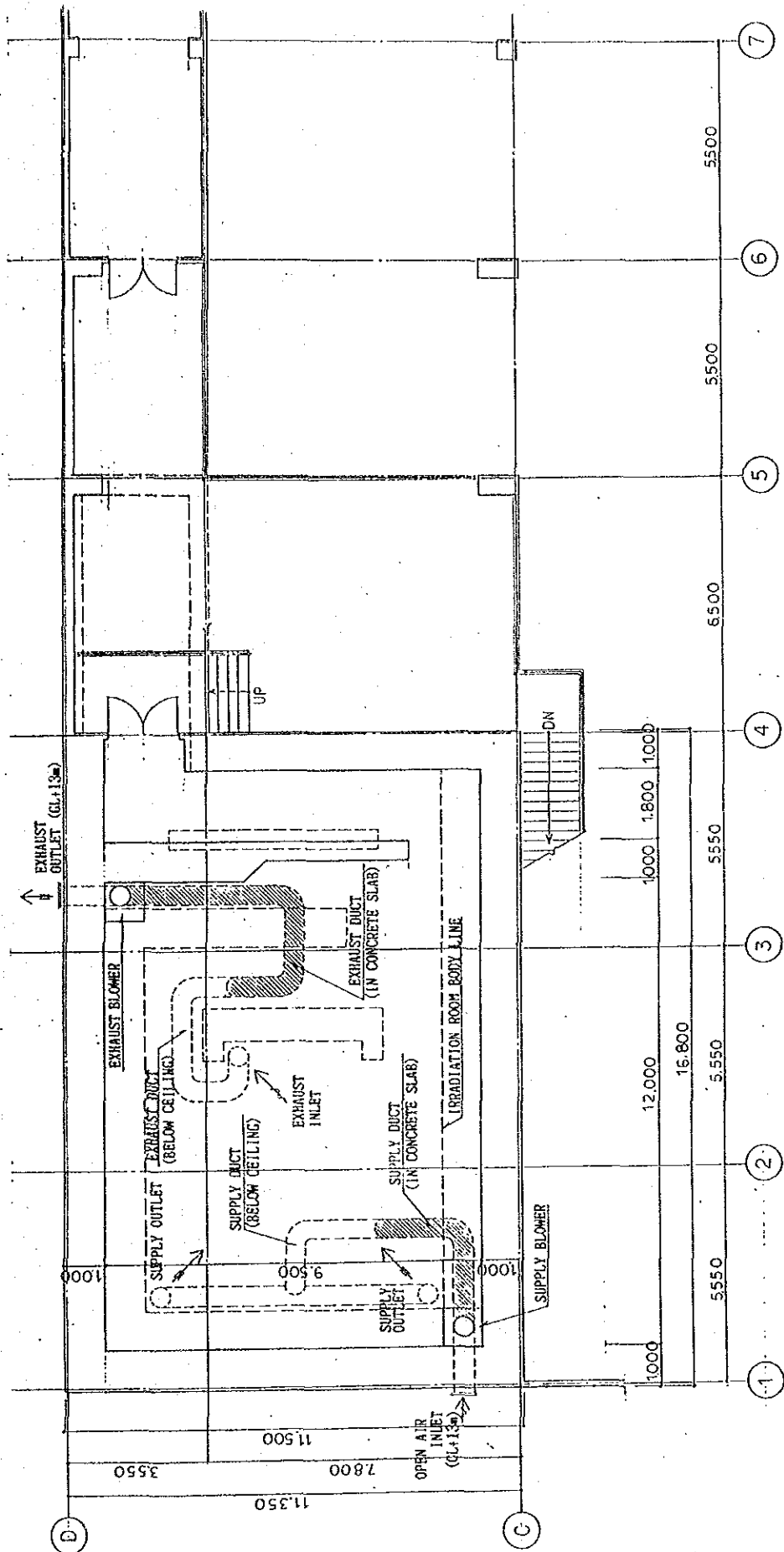
MEZZANINE FLOOR PLAN S:1/200 13



NOTE
 G: GIRDER
 C: COLUMN
 B: BEAM
 S: SUSPENDED SLAB



NOTE
 G: GIRDER
 C: COLUMN
 B: BEAM
 S: SUSPENDED SLAB



ELECTRON BEAM BUILDING IN MALAYSIA VENTILATION DUCTING PLAN S:1/100 16

JICA