

《実用講座》

爆 破 9

若 園 吉 一*
佐 藤 忠 五 郎**

3.9 Marikina dam におけるダム サイトの掘削計画

3.2~3.8 において大規模掘削の各種工法を記述したが、最後に Marikina dam におけるダム サイトの掘削計画の立案にあたって、上述の各種工法を総合的に組み合わせた計画例を述べることにする。

Marikina dam はフィリピンのマニラ市郊外に建設を計画されたもので、ダムの規模は高さ 180 m アーチダム、コンクリート量 440 000 m³、掘削量 366 000 m³、岩質は石灰岩で、アーチダムとしては黒部第四ダムにつぐ世界有数の大ダムである。1960 年 4 月国際入札に付されたが、フィリピン側の国内事情でいまだ決定を見ていない。

ダム サイトはU字形のきつ立した急しゅんな地形で、ダム工事の工期は 2000 日とされているが、5 月~10 月は雨期であって、マニラ気象台の記録によると雨期の間に毎年 70 回程度の落雷があり、この期間中電気雷管を用いて大量の爆薬を使用する掘削は実施が不可能であって、工程上からは雨期を避けて、きわめて短期間に掘削を完了するよう要求されている。

掘削計画は大型のショベル、ブルドーザおよびトラックの使用可能な河床に、掘削したずりをできる限り崩落せしめて、急速に掘削を完了できるよう立案することとした。

3.9.1 ケーブル クレーン走行路およびコンクリート運搬線の掘削

アーチダムの天端は EL 195 であって、13.5 t ケーブル クレーン×2 基の走行路は左岸 EL 245 に、またコンクリート運搬線（パッチャー プラント 3 m³ ミキサ×3 基）は同じく左岸 EL 195 に設備される（図-3.33）。

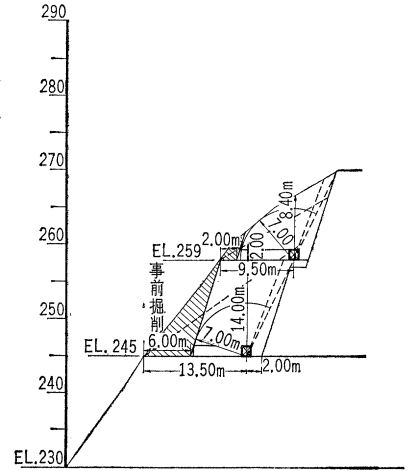
掘削工程の短縮と爆破によるダム基礎岩盤への悪影響をなくするため、走行路と運搬線は時差を付して一葉室ごとに爆発する坑道発破とする。すなわち、最初の葉室

が爆発してその振動が止まればつぎの葉室が爆発し、これを順次くり返すような坑道発破を行なうように計画した。

(a) ケーブル クレーン走行路 EL 245 に事前掘削として幅 6 m の掘削を行ない、坑道発破実施に際して

EL 245 を崩壊せしめぬようにし、また最小抵抗線を標準 7 m と短くして爆破時の地山に対する影響を極力小さくするように配慮した。葉室配置は図-3.34に示すように、EL 259 と EL 245 の上下二段とし、8 坑道、22 葉室を

図-3.34 ケーブル クレーン走行路における坑道発破葉室配置の標準断面（断面 No. 4）



時差を付した一回の爆破で、使用爆薬量 2 700 kg、約 14 300 m³ を掘削する。一葉室の最大装薬量は 292 kg であって、使用する DS 電気雷管は 40 段発（延時秒時 9 600 ms）のものを用い、爆発は上段より順次下段の葉室におよぶものとする。爆破後のずりは EL 245 にて上流側に運搬捨土する。

(b) コンクリート運搬線 EL 200 に事前掘削として幅 6 m の掘削を行ない、最小抵抗線は標準 9 m とする。葉室配置は図-3.35 に示すように、EL 224、EL 212 および EL 200 の上、中、下三段とし、各段は 1~2 列の配置とする。15 坑道、68 葉室にて使用爆薬量 16 600 kg、掘削量は約 66 000 m³ となるが、爆破実施は上流側、下流側の 2 群それぞれ 37 葉室と 31 葉室にわけ、2 回の坑道発破により掘削する。一葉室の最大装薬量は 571 kg であって、使用する DS 電気雷管は上述の 40 段発とする。爆発は上段より下段に、各段は第 1 列より順次第 2 列の葉室におよぶものとする。なお EL 200~EL 195 間は 3 インチ クローラードリルを用い、ベンチ カット工法にて仕上げ掘削を行なう。爆破後のずりは下流側より EL 195 に通ずる連絡道路により、下流ずり捨場に運搬する。

3.9.2 EL 195~EL 57 ダム基礎岩盤の掘削

(a) 放射状せん孔発破による掘削 第 1 案としてダム基礎掘削は左右岸それぞれ一回の爆破による放射状せん孔発破によって、一挙に河床に崩落せしめる工法を立

* 正員 工博 京都大学工学部

** 正員 工博 鹿島建設KK

案した。図-3.36 に示すように、左右岸とも高低差 10 m 間隔に 2.6 m×2.6 m 断面の坑道を掘削する。この坑道の平面的配置は図-3.37 に示す。坑道内部より距離 2 m ごとに四周に 12 本(長さ 7~3 m, 図-3.38) の $\phi 50$ mm~55 mm の放射状せん孔を行ない、各孔に装薬して時差 70 ms, 25 段発の MS 電気雷管を使用して斉発する。爆薬使用量は 0.25 kg/m^3 を予定している。

このために要する工事数量と掘削量は表-3.7 のとおり

表-3.7 放射状せん孔による工事数量と掘削量

区 分	左 岸		右 岸	
坑道延長	29 坑	535 m	30 坑	
放射状せん孔延長	2 724 本	13 321 m	2 976 本	14 150 m
掘削量	45 200 m ³		53 700 m ³	

図-3.33 マリキナダムサイト平面図

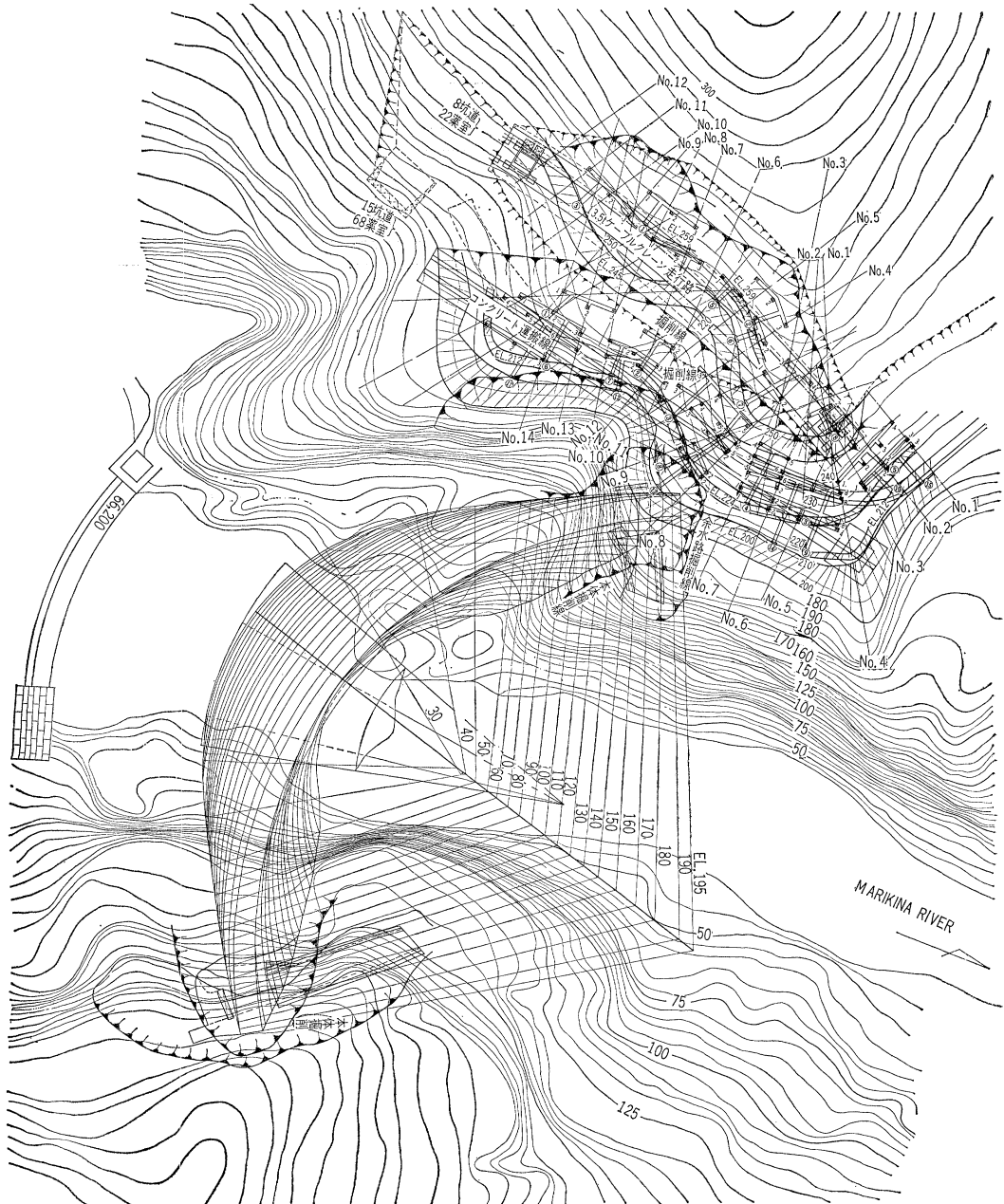


図-3.35 コンクリート運搬線における坑道発破薬室配置の標準断面 (断面 No. 8)

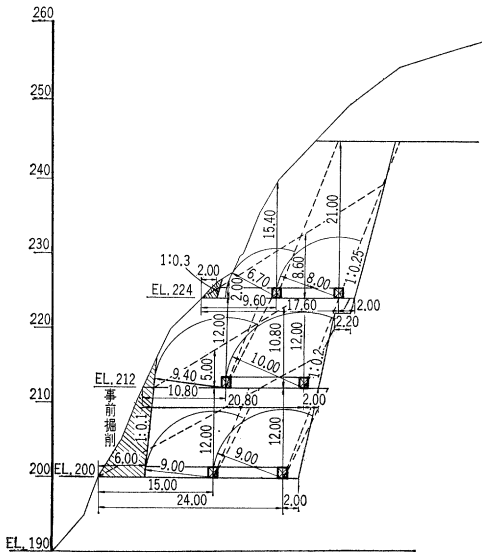


図-3.36 ダム基礎掘削における放射状せん孔坑道断面 (ダム上流側)

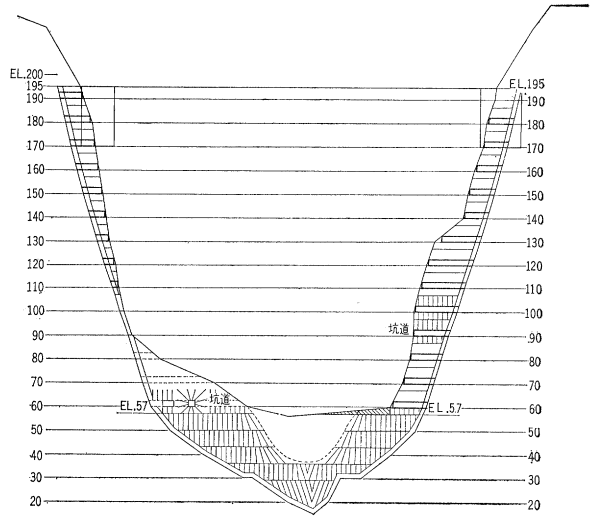


図-3.37 放射状せん孔発破坑道位置計画図

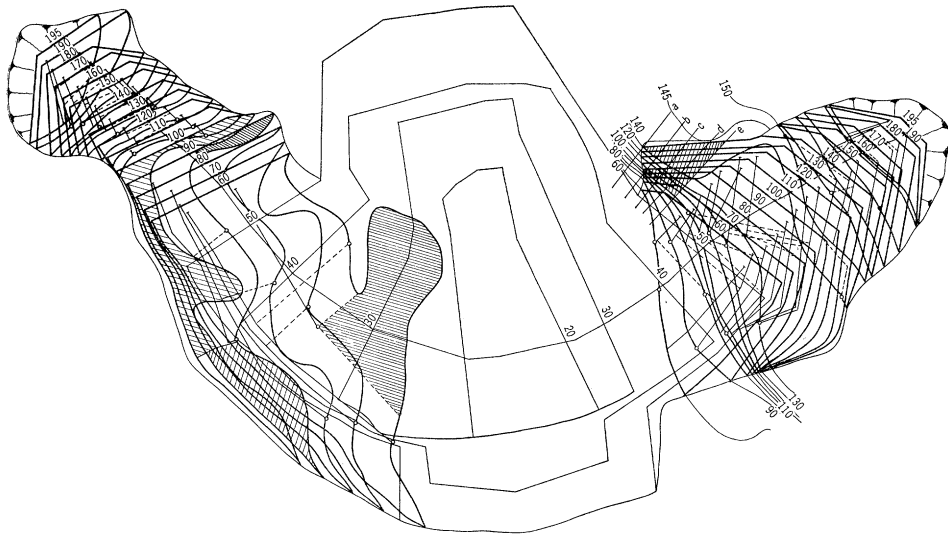


表-3.8 長孔発破によるせん孔延長と掘削量

区 分	左 岸	右 岸	区 分	左 岸	右 岸
長孔せん孔延長 φ85 mm φ65 mm	EL 195~} 94 本 3 352 m	EL 195~} 60 本 2 065 m	掘 削 量	EL 195~} 5 150 m ³	EL 195~} 21 273 m ³
	EL 120~} 184 本 5 367 m	EL 120~} 85 本 5 360 m		EL 120~} 42 902 m ³	EL 120~} 37 103 m ³
	EL 57 } 本	EL 57 } 本		EL 57 } 本	EL 57 } 本
	小計 274 本 8 719 m	小計 145 本 7 425 m		小計 48 052 m ³	小計 58 376 m ³

図-3.38 放射状せん孔標準配置図

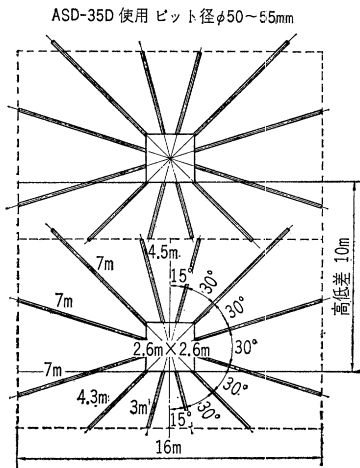
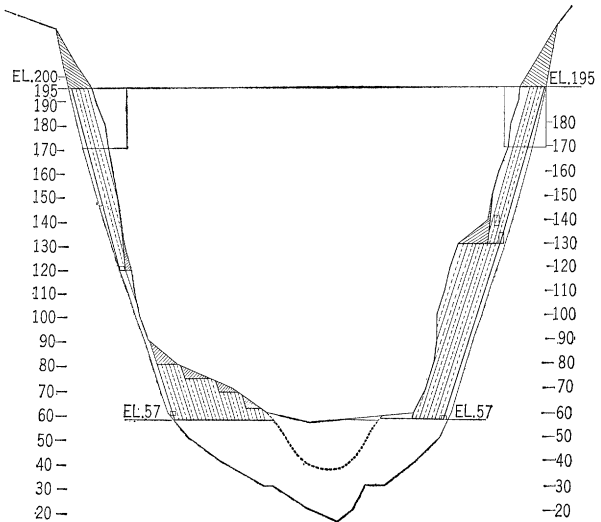


図-3.39 ダム基礎掘削における長孔発破せん孔断面図(ダム上流側)

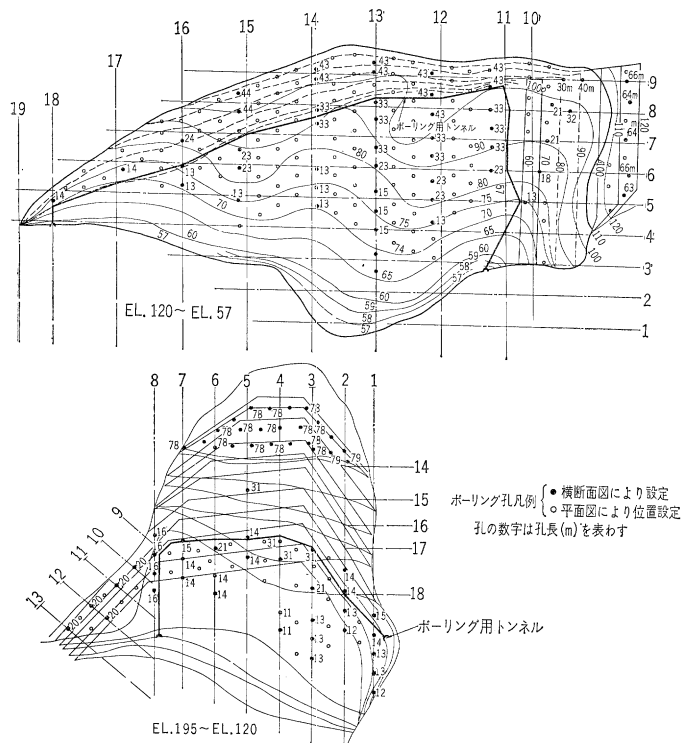


である。この際仕上げ掘削は 2m を残し、ダム コンクリートの打ち上がるにしたがって仕上げ掘削を行なうものとする。

(b) 長孔発破による掘削 第 2 案として左右両岸とも長孔せん孔を行ない、第 1 案と同様に左右岸それぞれ

一回の爆破によって掘削を行なう (図-3.39)。左右岸ともせん孔径は $\phi 85 \text{ mm} \sim 65 \text{ mm}$ 、せん孔間隔は $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$ を標準とし、せん孔長は長いもので $80 \sim 70 \text{ m}$ となる。長孔発破のせん孔配置図は、左岸については図-3.40 に、右岸については図-3.41 に示されている。

図-3.40 左岸長孔発破せん孔配置図



この際せん孔位置の確認と孔内を乾燥状態にするため、孔尻を抜いておく必要がある。装薬は孔内に導爆線を併用し、MS 電気雷管を使用して斉発する。爆薬使用量は 0.25 kg/m^3 を予定し、仕上げ掘削は 2m を残すものとする。長孔発破によるせん孔延長と掘削量は表-3.8 に示す。

3.9.3 EL 57 以下の河床掘削

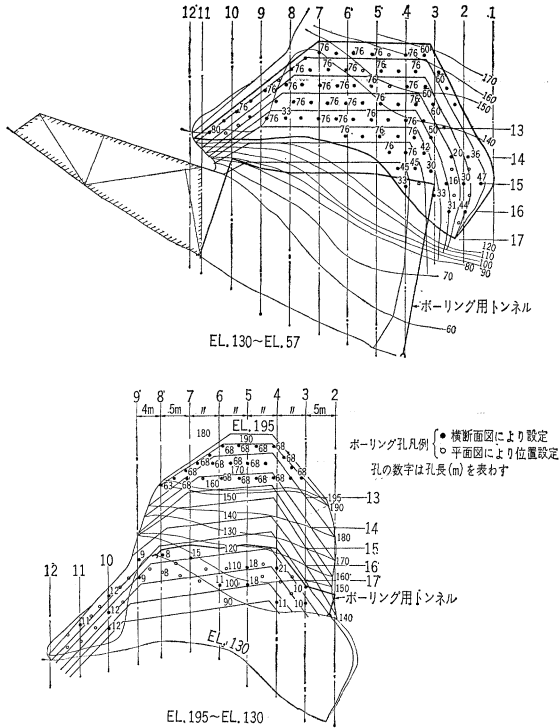
河床の掘削は、約 $130,000 \text{ m}^3$ のうち約 $35,000 \text{ m}^3$ はたい積土砂 (主として玉石) であって、残り $95,000 \text{ m}^3$ は図-3.36 に示すように 3 インチ クローラー ドリルによりベンチ カット掘削を行なう。せん孔間隔 $2 \text{ m} \times 2 \text{ m}$ 、せん孔深 7.5 m を標準とする。

3.10 むすび

戦後欧米の新しい土木技術と機械化施工法が導入されて、わが国の土木工事は急速な発展進歩を示したが、最近の経済界の高度成長ともななって、土木工事もますます大規模となり、また同時に急速な施工が要求せられている。

大規模土木工事の経済的完成は、工事に使用する施工機械類の規模とともに、土岩掘削の施工法に左右されることが非常に多くなっ

図-3.41 右岸長孔発被せん孔配置図



てきている。

本章においては、土木工事の建設費の大きな要素となる岩石掘削すなわら爆破工事について、トンネル掘削、明り掘削および水中掘削に区分して各種工法を記述したものであるが、これらの工法の選定にあたっては、施工現場の地理的条件、気象、地質、工期、使用する積込み

運搬機械類等を総合的に考慮して、工事目的に適合した、最も経済的な“早く、安く、安全な”工法を選定すべきである。

またこのためには、各種工法の技術的内容を熟知するとともに、施工に際して使用する爆薬と火工品、とくに電気雷管の威力、性能についても熟知する必要がある。

施工にあたって最も留意せねばならぬことは、爆破工事は常に大量の爆薬を使用する機会が多い関係上、その取り扱いを誤れば人命に危害をおよぼすばかりでなく、作業能率のいちじるしい低下をきたすものであって、爆薬の取り扱いにはとくに慎重を期し、不測の事故を起こさぬよう火薬法規を厳守し、危害予防に万全を期して施工を行なうべきである。

■おわりに■

以上9回にわたって、爆破に必要な火薬類全般（爆薬、火工品、点火器など）について若園が、また爆薬の取り扱いおよび爆破の実施について佐藤が担当して、できる限り実例について執筆した。これらの内容が今後の爆破技術の進歩に寄与するところがあるならば幸甚の至りである。

最後に貴重な資料を提供下さった爆薬メーカー、各種工法を施工された現場の方々、および執筆にあたり御援助を賜った方々に厚く御礼を申し上げる次第である。

(文責 佐藤忠三郎)

付記：38年8月から9回にわたって連載した実用講座「爆破」は本号をもって終了します。本文ご執筆にあられた若園・佐藤両先生に厚くお礼申し上げます。なお、次号より「電子計算機の常識」と題して6回にわたり連載する予定です。

【編集部】

日本工学会講演会開催

日本工学会では下記のとおり講演会を開きますので多数ご出席下さい。

1. 演 題：最近における産業公害および災害の工学的対策 横浜国立大学教授 北川徹三
 - ① この道の権威北川教授をお願いして大気汚染（スモッグ）を中心として、爆発、中毒、職業病などの災害予防対策について、論じていただきます。
 - ② 会場 定員 200名 来聴歓迎！ 多数お誘い合せご来場下さい。
2. 日 時：1964年4月25日（土）13.30～15.30
3. 会 場：日本化学会講堂 千代田区神田駿河台1の5（明治大学大学院裏、国電お茶の水駅下車、都心に向かって右側裏、徒歩約3分）

土質実験指導書頒布

土木学会では、かねてより実験指導参考書の刊行を企てていましたが、このたび土木学会高校土木教育研究会が中心になり編集した土質実験指導書が完成し、広く一般の方々へも頒布しております。本書は、工業高等学校土木科の学生の勉学に資するために編集したものでありますが、大学および一般の土木技術者もご使用に便利のようにJISを広く引用し、またデータシートも数多くとり入れましたので広くご利用下さい。

体 裁：B5判 本文40ページ、データシート25葉 定 価：250円（〒60円）