

第 10 章 開発計画の最適化

目 次

第 10 章	開発計画の最適化.....	10-1
10.1	レイアウト代替案の選定.....	10-1
10.1.1	Option I の概要	10-1
10.1.2	Option II の概要	10-9
10.1.3	Option IIIa の概要.....	10-17
10.1.4	Option IIIb の概要.....	10-25
10.1.5	Option IV の概要	10-33
10.2	レイアウト代替案の比較検討方法.....	10-41
10.2.1	発電計画の策定.....	10-42
10.2.2	概算工事費の算定.....	10-61
10.2.3	経済評価.....	10-85
10.3	レイアウト代替案の比較検討結果.....	10-89
10.4	低水位の見直し検討.....	10-100
10.4.1	低水位の見直し.....	10-100
10.4.2	発電計画案の比較検討.....	10-100
10.4.3	規模検討比較結果.....	10-104
10.5	開発計画案の選択.....	10-106
10.5.1	開発計画案の選択.....	10-106
10.5.2	基準取水位の検討.....	10-107

LIST OF TABLES

Table 10.2.1-1	Sedimentation Volume in the Reservoir for each FSL	10-43
Table 10.2.1-2	Reservoir Volume and Elevation.....	10-44
Table 10.2.1-3	Firm Discharge for each FSL in the case of Option I	10-46
Table 10.2.1-4	Firm Discharge for each FSL in case of Options II, IIIa, IIIb, and IV	10-47
Table 10.2.1-5	H-Q Equations for the TWL Estimation of each Layout Alternative.....	10-47
Table 10.2.1-6	Coefficients in Loss Estimation	10-48
Table 10.2.1-7	Efficiency Curve of the Turbine and Generator	10-48
Table 10.2.1-8	Main Features of Alternatives for Option I	10-49
Table 10.2.1-9	Main Features of Alternatives for Option II.....	10-50
Table 10.2.1-10	Main Features of Alternatives for Option IIIa	10-51
Table 10.2.1-11	Main Features of Alternatives for Option IIIb	10-52
Table 10.2.1-12	Main Features of Alternatives for Option IV	10-53
Table 10.2.1-13	Reservoir Simulation Result for Option I	10-55
Table 10.2.1-14	Reservoir Simulation Result for Option II.....	10-56
Table 10.2.1-15	Reservoir Simulation Result for Option IIIa.....	10-57
Table 10.2.1-16	Reservoir Simulation Result for Option IIIb.....	10-58
Table 10.2.1-17	Reservoir Simulation Result for Option IV	10-59
Table 10.2.2-1	Project Cost Summary Table.....	10-61
Table 10.2.2-2	Summary of Environmental Cost.....	10-62
Table 10.2.2-3	Civil Engineering Work Cost.....	10-67
Table 10.2.2-4	Hydraulic Equipment Cost.....	10-68
Table 10.2.2-5	Project Cost (Option I FSL=395m).....	10-69
Table 10.2.2-6	Project Cost (Option I FSL=405m).....	10-69
Table 10.2.2-7	Project Cost (Option I FSL=410m).....	10-70
Table 10.2.2-8	Project Cost (Option I FSL=415m).....	10-70
Table 10.2.2-9	Project Cost (Option I FSL=420m).....	10-71
Table 10.2.2-10	Project Cost (Option I FSL=425m).....	10-71
Table 10.2.2-11	Project Cost (Option I FSL=435m).....	10-72
Table 10.2.2-12	Project Cost (Option II FSL=405m)	10-72
Table 10.2.2-13	Project Cost (Option II FSL=410m)	10-73
Table 10.2.2-14	Project Cost (Option II FSL=415m)	10-73
Table 10.2.2-15	Project Cost (Option II FSL=420m)	10-74
Table 10.2.2-16	Project Cost (Option II FSL=425m)	10-74
Table 10.2.2-17	Project Cost (Option II FSL=435m)	10-75
Table 10.2.2-18	Project Cost (Option IIIa FSL=405m)	10-75
Table 10.2.2-19	Project Cost (Option IIIa FSL=410m)	10-76
Table 10.2.2-20	Project Cost (Option IIIa FSL=415m)	10-76
Table 10.2.2-21	Project Cost (Option IIIa FSL=420m)	10-77

Table 10.2.2-22	Project Cost (Option IIIa FSL=425m)	10-77
Table 10.2.2-23	Project Cost (Option IIIa FSL=435m)	10-78
Table 10.2.2-24	Project Cost (Option IIIb FSL=405m).....	10-78
Table 10.2.2-25	Project Cost (Option IIIb FSL=410m).....	10-79
Table 10.2.2-26	Project Cost (Option IIIb FSL=415m).....	10-79
Table 10.2.2-27	Project Cost (Option IIIb FSL=420m).....	10-80
Table 10.2.2-28	Project Cost (Option IIIb FSL=425m).....	10-80
Table 10.2.2-29	Project Cost (Option IIIb FSL=435m).....	10-81
Table 10.2.2-30	Project Cost (Option IV FSL=405m).....	10-81
Table 10.2.2-31	Project Cost (Option IV FSL=410m).....	10-82
Table 10.2.2-32	Project Cost (Option IV FSL=415m).....	10-82
Table 10.2.2-33	Project Cost (Option IV FSL=420m).....	10-83
Table 10.2.2-34	Project Cost (Option IV FSL=425m).....	10-83
Table 10.2.2-35	Project Cost (Option IV FSL=435m).....	10-84
Table 10.2.3-1	Basis of kW and kWh Values of an Alternative Thermal Power Plant	10-86
Table 10.2.3-2	Generation hour records in NEPAL 2004	10-87
Table 10.2.3-3	kW and kWh Values of Alternative Thermal Power Plant by Generation records	10-88
Table 10.3-1	Result of Economic Evaluation (Option I: FSL=395m)	10-92
Table 10.3-2	Result of Economic Evaluation (Option I: FSL=405m)	10-92
Table 10.3-3	Result of Economic Evaluation (Option I: FSL=410m)	10-92
Table 10.3-4	Result of Economic Evaluation (Option I: FSL=415m)	10-92
Table 10.3-5	Result of Economic Evaluation (Option I: FSL=420m)	10-93
Table 10.3-6	Result of Economic Evaluation (Option I: FSL=425m)	10-93
Table 10.3-7	Result of Economic Evaluation (Option I: FSL=435m)	10-93
Table 10.3-8	Result of Economic Evaluation (Option II: FSL=405m).....	10-93
Table 10.3-9	Result of Economic Evaluation (Option II: FSL=410m).....	10-94
Table 10.3-10	Result of Economic Evaluation (Option II: FSL=415m).....	10-94
Table 10.3-11	Result of Economic Evaluation (Option II: FSL=420m).....	10-94
Table 10.3-12	Result of Economic Evaluation (Option II: FSL=425m).....	10-94
Table 10.3-13	Result of Economic Evaluation (Option II: FSL=435m).....	10-95
Table 10.3-14	Result of Economic Evaluation (Option IIIa: FSL=405m).....	10-95
Table 10.3-15	Result of Economic Evaluation (Option IIIa: FSL=410m).....	10-95
Table 10.3-16	Result of Economic Evaluation (Option IIIa: FSL=415m).....	10-95
Table 10.3-17	Result of Economic Evaluation (Option IIIa: FSL=420m).....	10-96
Table 10.3-18	Result of Economic Evaluation (Option IIIa: FSL=425m).....	10-96
Table 10.3-19	Result of Economic Evaluation (Option IIIa: FSL=435m).....	10-96
Table 10.3-20	Result of Economic Evaluation (Option IIIb: FSL=405m)	10-96
Table 10.3-21	Result of Economic Evaluation (Option IIIb: FSL=410m)	10-97
Table 10.3-22	Result of Economic Evaluation (Option IIIb: FSL=415m)	10-97

Table 10.3-23	Result of Economic Evaluation (Option IIIb: FSL=420m)	10-97
Table 10.3-24	Result of Economic Evaluation (Option IIIb: FSL=425m)	10-97
Table 10.3-25	Result of Economic Evaluation (Option IIIb: FSL=435m)	10-98
Table 10.3-26	Result of Economic Evaluation (Option IV: FSL=405m).....	10-98
Table 10.3-27	Result of Economic Evaluation (Option IV: FSL=410m).....	10-98
Table 10.3-28	Result of Economic Evaluation (Option IV: FSL=415m).....	10-98
Table 10.3-29	Result of Economic Evaluation (Option IV: FSL=420m).....	10-99
Table 10.3-30	Result of Economic Evaluation (Option IV: FSL=425m).....	10-99
Table 10.3-31	Result of Economic Evaluation (Option IV: FSL=435m).....	10-99
Table 10.4.2-1	Main Features of Alternatives for Option IIIb with Lower MOL	10-101
Table 10.4.2-2	Project Cost (FSL 405)	10-102
Table 10.4.2-3	Project Cost (FSL 410)	10-102
Table 10.4.2-4	Project Cost (FSL 415)	10-103
Table 10.4.2-5	Project Cost (FSL 420)	10-103
Table 10.4.2-6	Reservoir simulation Result.....	10-104
Table 10.4.3-1	Result of Economic Evaluation (FSL 405m).....	10-105
Table 10.4.3-2	Result of Economic Evaluation (FSL 410m).....	10-105
Table 10.4.3-3	Result of Economic Evaluation (FSL 415m).....	10-106
Table 10.4.3-4	Result of Economic Evaluation (FSL 420m).....	10-106
Table 10.5.1-1	Comparison of optimum plan shown in 10.3 and 10.4	10-107
Table 10.5.2-1	Result of the Intake Water Level Optimization.....	10-108
Table 10.5.2-2	Reservoir Simulation Result	10-108
Table 10.5.2-3	Project Cost (IWL Alternatives for FSL 415m)	10-109

LIST OF FIGURES

Fig. 10.1.1-1	General Plan of Option I.....	10-3
Fig. 10.1.1-2	Waterway Section of Option I.....	10-5
Fig. 10.1.1-3	Land Utilization Plan of Option I	10-7
Fig. 10.1.2-1	General Plan of Option II.....	10-11
Fig. 10.1.2-2	Waterway Section of Option II.....	10-13
Fig. 10.1.2-3	Land Utilization Plan of Option II	10-15
Fig. 10.1.3-1	General Plan of Option IIIa	10-19
Fig. 10.1.3-2	Waterway Section of Option IIIa	10-21
Fig. 10.1.3-3	Land Utilization Plan of Option IIIa.....	10-23
Fig. 10.1.4-1	General Plan of Option IIIb	10-27
Fig. 10.1.4-2	Waterway Section of Option IIIb.....	10-29
Fig. 10.1.4-3	Land Utilization Plan of Option IIIb.....	10-31
Fig. 10.1.5-1	General Plan of Option IV	10-35
Fig. 10.1.5-2	Waterway Section of Option IV	10-37
Fig. 10.1.5-3	Land Utilization Plan of Option IV	10-39
Fig. 10.2-1	Layout Alternatives Comparison Study Flow Chart	10-41
Fig. 10.2.1-1	Planning Flow Chart	10-42
Fig. 10.2.1-2	How to determine the Minimum Operation Level.....	10-43
Fig. 10.2.1-3	Reservoir H-V Curve	10-45
Fig. 10.2.1-4	Image of primary energy and secondary energy estimation	10-54
Fig. 10.2.1-5	Reservoir Operation Rule in Energy Calculation.....	10-60
Fig. 10.2.2-1	Relation between the FSL and Environmental mitigation Cost.....	10-62
Fig. 10.2.3-1	Example of the Gas Turbine Power Plant	10-85
Fig. 10.3-1	Relation between B/C and Pmax for Option I	10-90
Fig. 10.3-2	Relation between B/C and Pmax for Option II.....	10-90
Fig. 10.3-3	Relation between B/C and Pmax for Option IIIa	10-90
Fig. 10.3-4	Relation between B/C and Pmax for Option IIIb.....	10-91
Fig. 10.3-5	Relation between B/C and Pmax for Option IV	10-91
Fig. 10.4.1-1	How to determine the Minimum Operation Level 2.....	10-100
Fig. 10.4.3-1	Relation between Pmax and B/C	10-105
Fig. 10.5.2-1	Optimization of the Intake Water Level.....	10-108

第 10 章 開発計画の最適化

10.1 レイアウト代替案の選定

NEA が 2001 年と 2004 年に取り纏めた既調査報告書のレビュー、現地調査にて入手した最新の地形測量結果、現地踏査および NEA との協議の結果、以下に示す 5 種類のレイアウト代替案について検討することとした。地形条件と既に NEA による地質調査が先行していたことから、ダム軸は 5 案ともに NEA の提案している軸と同一とし、それぞれ水路・発電所のレイアウトを変えた。

以下、各項に各レイアウト案の概要とレイアウト案作成のもととなった考え方を示す。

10.1.1 Option I の概要

取水口、水路をダム堤体に設け、発電所をダム直下左岸側に配置した。堤体は設計洪水流量を流下させるに十分な幅の洪水吐に加えて、ダム直下流に発電所を設けるため、発電所の幅だけ、堤頂長が長くなる。開閉所は発電所のダム直下流に設ける。また、発電所はダムと同時に施工されるため、雨季に堤体の冠水を避けるべく、仮排水路トンネルはロックフィルダムと同様に 20 年洪水流量を設計流量とした。本案の一般平面と水路縦断図を Fig. 10.1.1-1, 10.1.1-2 に示す。

(1) 工事用道路、主要仮設備

本案の土地利用計画を Fig. 10.1.1-3 に示す。現場へのアクセスは、既設道路の改良と新設による。ポカラ側よりアクセスするには、ダマウリ市街に入る直前の Nadi 川を渡る橋梁より約 600 m 手前の右側の側道を利用する。この延長約 3 km の既設道路を工事用車両が通行可能なように改良する。この既設道路の終点より、約 2 km の道路を新設し、ダム左岸側の天端への進入路とする。ダム左岸側天端の手前で別途、左岸側アバット掘削天端への進入路を設ける。

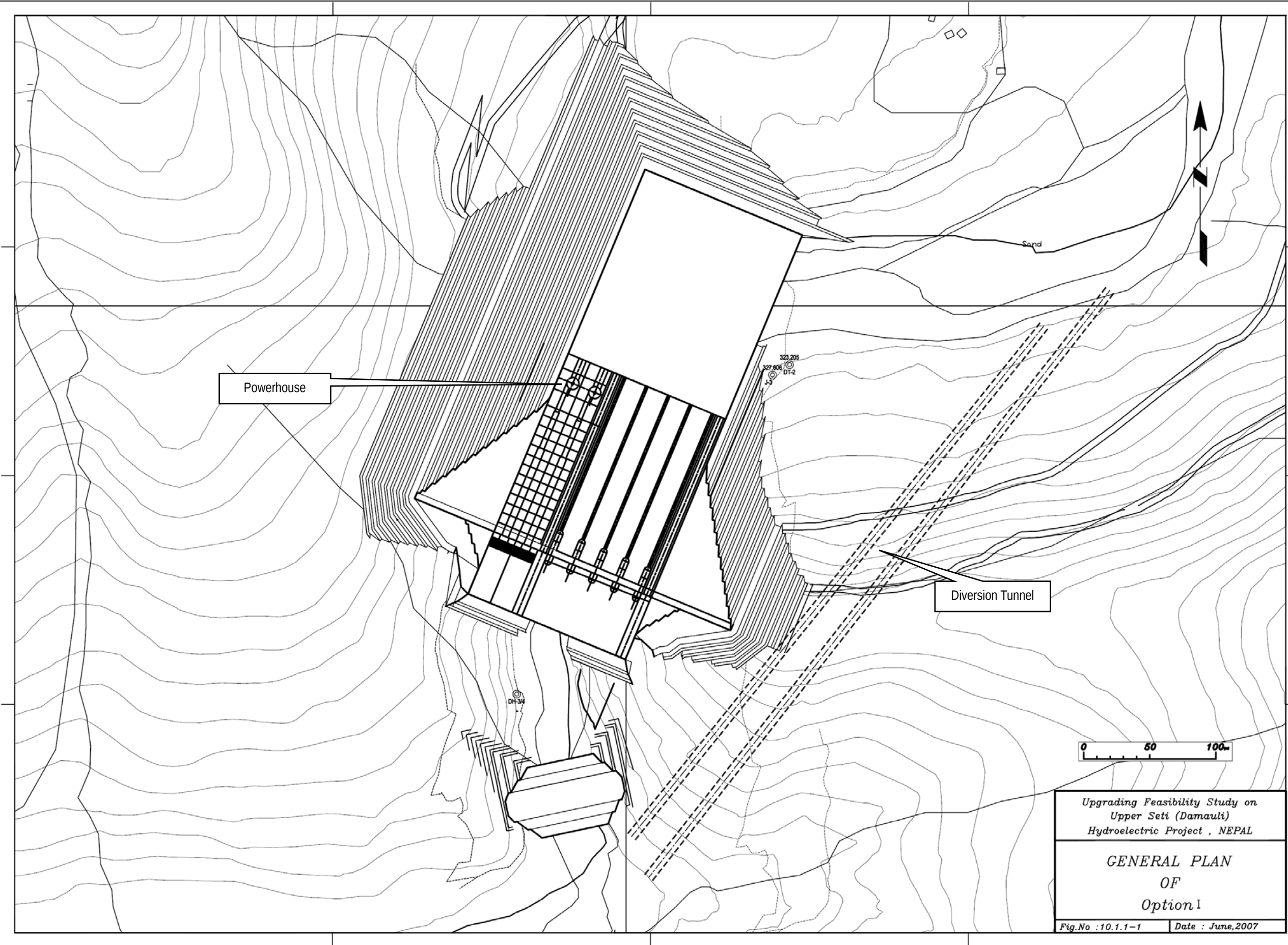
また、ダム左岸進入路において、既設道路終点より約 700 m の地点より 10% の勾配で河床部に下がる道路を設け、二次仮締切地点近傍に設ける 1 号工事用橋梁を渡り、右岸側の仮排水路トンネル吐口にアクセスできるようにする。

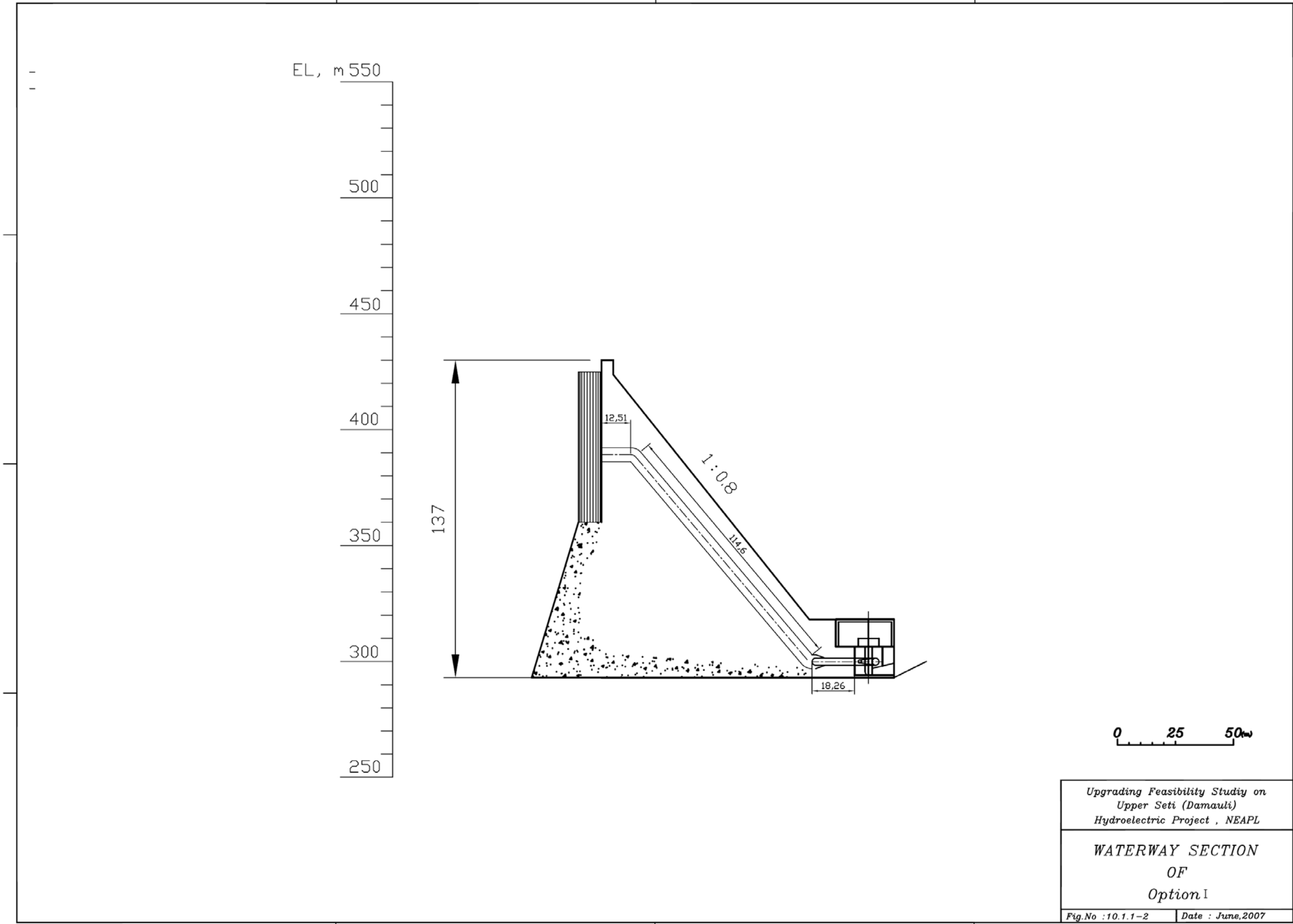
ダムの下流に位置する測水所近傍に 2 号工事用橋梁を設け、ここより右岸側に渡り、右岸側で下流に約 1 km の道路を新設し、道路終点に広がる平地に土捨場とエンジニアやコントラクターの宿舍、鉄管工場、モータープール等を設ける。また、この 2 号橋梁を渡った右岸側の地点より上流側に 500 m の道路を新設し、ここよりダム右岸側天端と右岸側アバットの掘削天端への進入路を新設する。このエリアも平地が広がっており、ここに骨材製造プラント、骨材のストックヤード、コンクリートバッチャープラント等を設ける。なお、NEA の F/S では骨材は Madi 川の河床砂礫を転用することとされていたが、環境に配慮し、骨材はダム地点等の掘削ズリを流用する。

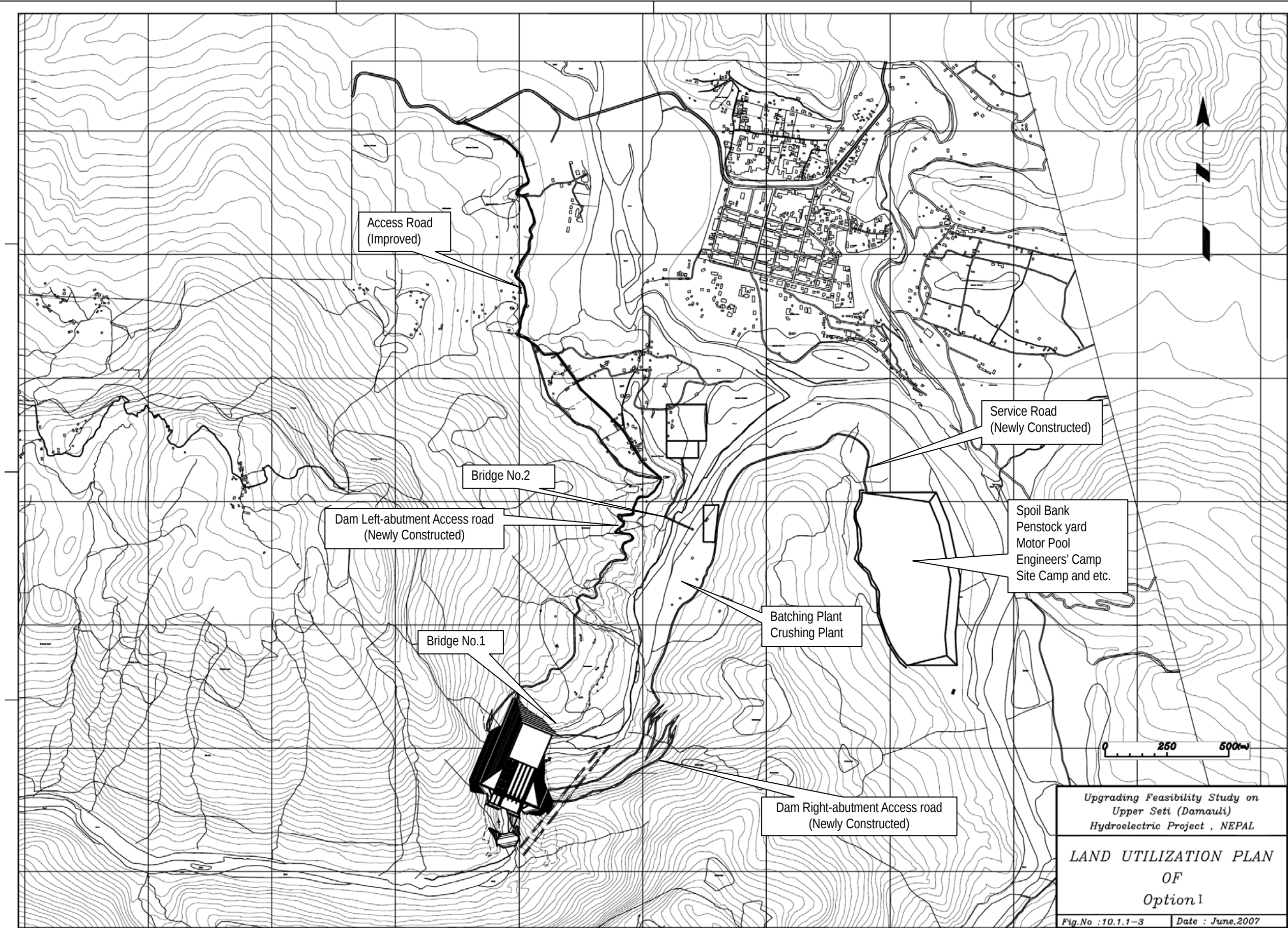
(2) ダム、水路、発電所

本案では、主要構造物はダムに集約されている。ダムの建設に先立ち、敷高の異なる 2 条の仮排水路トンネルを掘り、1 条はダムの上下流間の車両等の行き来に供する。また、ダム直下で発電所工事を実施することから、雨季の間は堤体が冠水しないよう、ロックフィルダム並みの設計洪水流量を流下させる断面とする。仮排水路トンネル完成後、ダム軸より上流約 160 m と下流約 300 m の地点に仮締切を設ける。

その後、(1)で述べた左右岸のアバット掘削天端より発破等で掘り下がり、ダム掘削を行う。掘削終了後、基礎処理を行った後、ダムコンクリートを打設する。ダムコンクリートは、バッチャープラントよりタイヤ式トランスファーカーでコンクリートをダム天端地点に輸送した後、両岸の掘削頂部に設けたケーブルクレーンにより打設することを考えて、仮設備用地の配置をした。ダムコンクリートの打設の進行に併せて、順次、発電所部分も基礎および機器の据付を行う。







10.1.2 Option IIの概要

Option IIは、取水口をダム直上流の右岸側に設け、導水路トンネル、水圧管路、地下式発電所、放水路を経て、ダム直下に放水する案である。この案では、水路系がダムと完全に分離され、ダムは設計洪水流量を流下させるに十分な幅員を確保した洪水吐が設けられればよい。Option Iよりも堤頂長が短くなる。なお、現地踏査の結果、地形条件から放水口地点に地上式発電所を設置するのは困難と判断した。本案の一般平面図と水路縦断図をFig. 10.1.2-1, 10.1.2-2に示す。

(1) 工事用道路、主要仮設備

本案の土地利用計画をFig. 10.1.2-3に示す。土地利用計画は基本的にOption Iに同じであるが、水路トンネルと地下発電所を設けるため、新たに2本の作業坑（鉄管搬入トンネルと機器搬入トンネル）を設ける。

鉄管搬入トンネルは文字通り、水圧鉄管の搬入に供され、ダム右岸天端にアクセスする道路沿いの標高387 m地点（導水路敷標高）に坑口を設け、導水路末端部近傍に至る。計画地点の右岸側は「やせ尾根」で、放水口地点近傍は地滑り地形を呈しており、崖錐が主体と予想される。安定したトンネル掘削を行うためには尾根の中央部を通過すべく、岩体中を大きく迂回する必要がある。結果的に水平距離にして総延長は約1,150 mとなった。作業坑断面は導水路の掘削径と同一とするが、作業坑であるため、坑内は吹付けコンクリート仕上げとすることとした。

機器搬入トンネルは2号橋梁近傍の平地に坑口を設け、ここより地下発電所の断面のアーチの頂部に至る。この作業坑は途中で分岐して発電所の組立盤に至り、地下空洞掘削中のズリの搬出に供され、電気機器の据付け時には、機器の搬入に供され、運開後はケーブルダクトに供される。開閉所はこの作業坑の坑口近傍に設けられる。地質条件に鑑み、水路作業坑同様、岩体中を大きく迂回することとなり、総延長は水平距離にして約1,670 mとなる。

(2) ダム

ダムの施工についてはOption Iに同じである。

(3) 水路、発電所

取水口はダム右岸側、上流約200 mの地点に設ける。ダム天端より取水口進入路を設け、掘削を行う。この間、導水路は鉄管搬入路より取水口に向かって掘削を進め、取水口掘削が終了次第、取水口側より導水路の掘削を行う。導水路延長は約90 mである。掘削終了後、導水路内のコンクリート巻立、コンソリデーショングラウト、並行して取水口本体コンクリートの打設を実施する。

水圧鉄管の斜坑部（延長約130 m）は地質状況にもよるが、クライマーあるいはレイズボーラーにより導坑掘削を行った後、切上げを行う。ズリは導坑より落として、地下発電所より搬出する。そのため、水圧管路の斜坑掘削は発電所の地下空洞掘削が概ね、終了してからになる。その後、鉄管搬入路を経て、鉄管搬入、詰込コンクリート打設を行う。

発電所の地下空洞掘削はアーチ頂設導坑より本体部を切掘りつつ掘り下がる形で行う。レイズボーラーにより搬入路トンネルと導坑を連結し、本体掘削のずりを導坑より落とし、機器搬入トンネルから搬出する。

組立盤より上の部分の掘削と並行して、放水路掘削（延長約 110 m）を行う。放水路掘削は、はじめに放水口側で仮締切を設け、放水口掘削を行った後、発電所に向かって掘削を開始する。一方、適当な時期に機器搬入トンネルより分岐して放水路作業坑を設け、発電所側より向かい掘りを行う。

地下空洞は組立盤まで掘削が終了した後、再度、レイズボーラーにより放水路に導坑を設け、この導坑からずりを落としつつ、残る部分の掘削を行う。ずりの搬出は放水路作業坑→機器搬入トンネル、あるいは放水路→放水口のルートを経て行う。掘削終了後、発電所コンクリート、放水路のコンクリート巻立等を実施する。

