

香港新空港用地造成工事における大規模土工事の施工

Execution of Bulk Earthworks, Excavation and Filling for Hong Kong New Airport Site Preparation Contract 201

大井 誠*
Makoto Ooi

佐渡 克己**
Katsumi Sado

加藤 俊一**
Shun-ichi Kato

要 約

本報は、香港新空港用地造成工事に関するものである。工事内容は、世界的にも最大規模といえる埋立総数量2億m³の土地造成を、海上工事と陸上工事とを合わせた合理的な施工計画および管理のもとで、大型船舶と大型土工機械を駆使して、僅か3年半で急速施工するというものである。工期どおりに工事を完成させるには、陸上工事は1日平均15万m³の土量を掘削、運搬、埋立しなければならない。このため、土工機械設置、大規模発破、人員配置等について、綿密な施工計画が立てられた。

以下、この大規模土工についての計画と現在までの実績を紹介する。

目 次	
§ 1. はじめに	
§ 2. 工事概要	
§ 3. 施工計画	
§ 4. 機械計画	
§ 5. 実績 (現状報告)	
§ 6. おわりに	

§ 1. はじめに

香港新空港関連プロジェクトは、21世紀における香港の更なる発展に向けた、香港全体の開発計画の一環をな

すものである。特に、これらプロジェクトの中核となる香港新空港は、香港最大の島であるランタオ島の北西沿岸沿いに位置するチェクラプコック島を利用して建設されるもので、香港の中心部である香港島と九竜半島の市街地からは、海を隔てて約30km離れている。このため、空港とこれら市街地とは、現在建設中の鉄道と高速道路で結ばれる予定で、所要時間は各々23分と30分程度と計画されている。空港の建設は、1期から3期工事に分けられ、1997年夏の第1期工事の完成により、滑走路が一本で開港される予定である。さらに、2040年の第3期完成時には年間の旅客数8,900万人、航空機の発着回数38万回という世界でも有数の大空港となる。

陸上工事における土工事は、北工区と南工区の2工区に分けられている。本報は、この北工区を主として報告するものである。

* 香港(支)香港新空港(出)副所長

** 香港(支)香港新空港(出)工事係長

§ 2. 工事概要

2-1 全体計画

本工事は、面積が約 300ha のチェクラブコック島（以下 C L K と略記する）を掘削し、島周囲の埋立、海上埋立工事とあわせて広さ 1,248ha の新空港を建設するための土地造成工事である。埋立区域内は、全てのヘドロを取り除いた後、C L K での発生材、付近のブラザース島および空港関連工事からの供給材、海砂等で埋め立てられ、土地造成が施工される。また、空港の外周は一部の直立護岸を除き、捨石式傾斜護岸で囲まれる。

完成図を図一 1 に示す。

2-2 施工概要

工事名 香港新空港用地造成工事

New Airport At Check Lap Kok

Site Preparation Contract 201

企業先 香港新空港管理局

Provisional Airport Authority (PAA)

施 工 新空港用地建設共同企業体

Airport Platform Contractors JV (APCJV)

工 期 1992年12月1日～1996年4月30日(41ヵ月)

APCJV は、土木工事担当の西松建設、コステイン（イギリス）およびモリソン・クヌードセン（アメリカ）と海工事担当のバラスト・ニーダム（オランダ）、ヤン・ド・ヌール（ベルギー）および中国港湾建設総公司（中国）の計 6 社から構成されるインターナショナルJVであり、西松建設がJV全体のリーダーである。

2-3 主要施工数量

C L K 島掘削	8,600 万 m ³
埋立用海砂採取	7,600 万 m ³
C L K 以外の陸上土砂搬入	1,160 万 m ³
埋立区域内の浚渫	7,000 万 m ³
護岸工	13 km

§ 3. 施工計画

3-1 工程

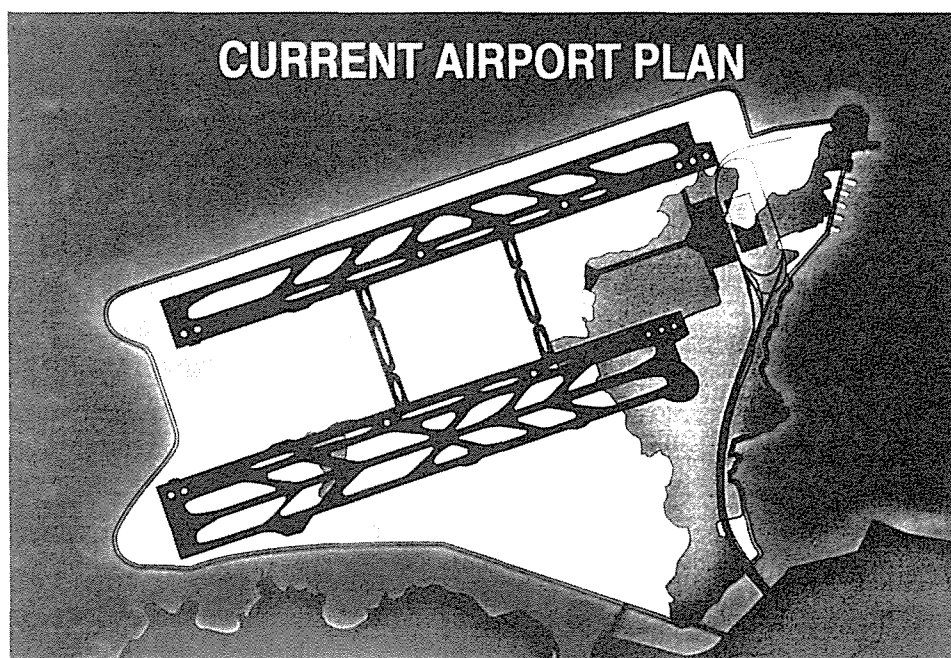
基本的な工程管理は、発注者が設定したマイルストーン指標と呼ばれる指定期日における区画ごとの目標施工出来高を達成することにより行われる。このマイルストーンが達成されないときは、支払が停止される。また、エリア毎に引き渡しの時期が定められており、万一、完了しない時は遅延損害金を支払わなければならない。

(1) 月間掘削量

掘削工期は30ヵ月で、そのうち北工区の掘削計画は表一 1 のとおりであり、月間最大 208 万 m³、合計 4,413 万 m³ である。

(2) 人員計画

プロジェクトの運営管理および現場運営は、日本人、イギリス人、オーストラリア人を主体とし、事務補助は香港人が、世話役および現場作業員はタイ、マレーシア、フィリピン人という構成で行っている。最盛期には、北工区だけで約 300 名となる。



図一 1 完成図

表一 月間掘削計画表

(単位：千m³)

名称	1992年												1993年												1994年												1995年						合計
	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31												
硬岩		0	511	818	1109	1198	1324	1423	1388	1419	1416	1411	1413	1449	1449	1448	1448	1305	1351	994	992	992	992	850	850	706	706	492	492	492	55	30,493											
土砂		630	199	322	436	470	532	652	651	660	663	667	668	630	630	631	631	574	570	392	395	395	395	337	337	281	281	195	195	195	22	13,636											
合計	0	630	710	1140	1545	1668	1856	2075	2039	2079	2079	2078	2081	2079	2079	2079	2079	1879	1921	1386	1387	1387	1387	1187	1187	987	987	687	687	687	77	44,129											

※ 盤打ち発破を除く

3-2 工程に基づく施工計画

(1) 地質概要

C L K島は、香港政庁による事前の準備工事で、着工時に既に一部地形が変えられていたが、高いところで標高97mと比較的急峻な地形となっている。

ボーリング調査結果では、土砂層0~10m程度、その下は亀裂の多い花崗岩と凝灰岩になっている。海岸線と一部傾斜面には花崗岩が露出しており、全体として土砂層は薄い状態である。また、部分的に比較的大きな転石が露出しており、内部も多数の転石を含む転石層となっている。土砂（主として風化花崗岩）は砂質土に分類され、その多くは赤褐色を呈している。岩盤は、花崗岩と凝灰岩系の変成岩が約6:4の割合で存在すると想定されている。なお、一軸圧縮強度は約1,500kgf/cm²（150MPa）程度である。

海上部は最大水深14mを越え、平均水深は約5mである。ヘドロ層（海底堆積物）は最大15m、平均8mの厚さで堆積している。したがって、浚渫後の水深は最大で29mに達する。ヘドロ層の下は、層厚が0~25mの沖積土層（粘性土、砂質土、砂礫等）および風化花崗岩となっている。

(2) 運搬距離

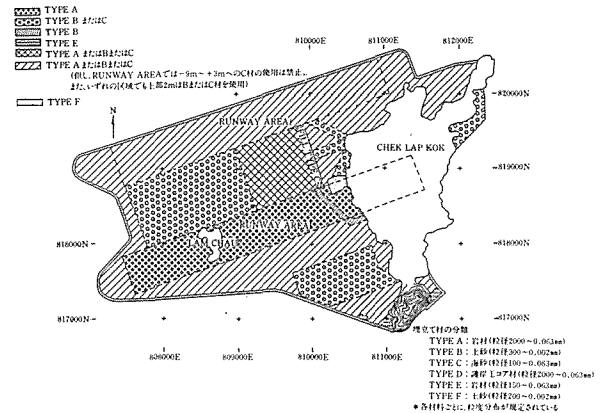
運搬距離概算値は、土砂が最長5.7km、平均1.9kmで、岩は最大6.0km、平均2.7kmである。

(3) 工事用道路

工事用道路は、陸上部用と海上埋立部用を分けて検討された。陸上部用の工事用道路は、ベンチカット工法による岩掘削の進捗を考慮して配置される。また、海上埋立部については、①空港外周の護岸工への現地発生材の陸上からの供給し易さ、②埋立完了場所での材料の仮置き場所、③アーモロック（0.45~5.0tの護岸用被覆石）の選別作業場所等を考慮して計画される。さらに、工事の進捗状況により順次切り替えを行い、運搬距離の短縮を図る。道路材料は、全て現地発生材が使用される。

(4) 埋立管理

埋立工事は、沈下を最小限に抑えるためとすべりに対



図一2 埋立て計画図

する安定性の確保のため海底に堆積しているヘドロ（海底堆積物）を浚渫し、コーン貫入試験値が約5.1kgf/cm²（500kPa）の沖積土層を露出させた後、行われる事になっている。この浚渫深さは、事前調査結果をもとに企業先と協議の上決定された。

浚渫の管理は、主に浚渫海底盤の深浅測量により行われる。また、浚渫後の海底高が所定の高さより高い箇所は、再浚渫またはコーン貫入試験を行う。

沖積土層厚は、厚い所で25mにも達し、埋立後の沈下が予想される。そのため、動態観測計器を埋設して追跡調査を行うとともに、特に護岸工部においては、沈下想定計算結果に基づき、かさ上げを行う。

現地発生材は埋立材料として、材質と粒度分布に応じて6種類に分類されており、図一2に示す埋立計画図に従い規定された区域に使用される。特に南側滑走路部分は、1997年には使用開始されることから、埋立材の品質および施工管理は、より念入りに行われている。

陸上工事における埋立材料の管理方法は、下記のとおりである。

- ①粒度管理；2~6万m³毎に1回の頻度で行い、規定の粒径分布を管理基準とする。
- ②密度管理；標高+3m以上の土砂盛土は、各層5,000m²毎に3回の頻度で行う。管理基準は、締固め度95%以上である。

表一 機種別起破数量 (ベンチカットおよびベンチ造成)

諸元/機種	ベンチカット		ベンチ造成	
	DM-M2	T-4	CDH901	DM-M
せん孔径: d (mm)	216	165	102	200
最小抵抗線: B=d×32~35 (m)	6.9	5.3	3.6	6.4
孔間隔: B×1.25 (m)	8.6	6.6	4.5	8.0
ベンチ高: H (m)	15.0	15.0	7.5	15.0
せん孔長: L	17.0	17.0	9.0	17.0
1孔あたり起破量: V (m ³)	890.1	524.7	121.5	768.0
1日あたり実働時間: (H)	20.0	20.0	20.0	20.0
せん孔速度: (m)	18.0	18.0	15.0	15.0
1日あたりせん孔数	14.8	14.8	23.3	12.4
1台・1日あたり起破量: (m ³)	13,173	7,766	2,831	9,523
台数	3	2	3	1
1日あたり起破量: (m ³)	39,519	15,532	8,493	9,523
1日あたり総起破量: (m ³)		55,051	8,493	9,523

③最大粒径;土砂は300mm,岩は2mであり,企業先の監督員が埋立場所にて随時確認する。

施工は,陸上と海からの並行作業で行うため,各施工業者間で多くの競合作業が発生する。前述のとおり,海砂およびCLK以外からの搬入材料が8,760万m³にも達するため,各材料の施工手順と工程については平面および断面上で綿密な計画を行った。陸上からの埋立の際,先端部のすべりに対する安定を確保するため,水深の深い区域については,所定高まで底開式土運船で埋立を実施する計画とした。また,海上からの埋立については,底開式土運船と大型浚渫船による底開き排出数量を多くし,海砂の吹き上げ施工を極力抑えて施工コストの低減を図った。

こうした計画に対して,国籍の異なる各施工業者が事前に合意することにより,秩序だった施工を可能にしている。

(5) 発破計画

硬岩量が全体掘削量の約7割を占めているため,発破は,全工程上で極めて重要である。月間最大硬岩掘削量は145万m³であり(表一参照),月平均稼働日数を28日とすると,1日あたり平均では5.2万m³となる。

ベンチカットとベンチ造成の計画は表一2に示すとおりである。なお,削孔機械選定については,本工事契約において企業先が事前購入している6台の大型クローラドリル(DM-M2)が,有償支給されることが規定されている点を考慮した。このうち,北工区分としては3台である。また,主力の掘削機械は,関西新空港の土砂採取工事で使用した電気ショベル(3台)を転用するとともに,これと同程度の掘削能力を有するローディングシ

表二 使用火薬一覧表

種類	名称	用途
爆薬	エマルジョン	ベンチカットの水孔用,比重=1.15
	ANFO	ベンチカットの無水孔用,比重=0.80~0.95
	TOVEX	転石小割発破用,スラリー爆薬
	Booster	ANFO,エマルジョンの起爆用スラリー爆薬(450g/個)
起爆方法	NONEL	非電気式起爆方法

ョベルが企業先から有償支給される。このため,ベンチ高は,関西新空港の土砂採取工事にならない,当初計画では15mとした。

使用火薬は表一3に示すとおりである。起爆材の内,雷管は契約条件の規定に従って非電気雷管のノネル(NONEL)を使用している。ノネルの採用は,雷雲が頻繁に発生する香港の雨期においても,より安全に作業を継続することが出来るようにするためである。

火薬は,北工区だけでも毎日30~50t程度使用することになり,火薬の供給と装薬方法も重要な検討事項となった。そのため,大量に消費される爆薬のANFOとエマルジョンは,CLK内に火薬製造工場(造成能力120t/日)を建設して生産され,23t級の大型装薬ポンプ車4台で運搬,装薬される。

トベックス,起爆材およびノネルは,APCJVにより政庁鉱山局に注文される。これらの火薬は,政庁鉱山局によりCLKに搬入され,政庁鉱山局管理の火薬庫に保管された後,使用するときに所定の手続きを踏んで業者に供給される。

装薬量については,当初ANFOで0.45kg/m³を見込んでいたが,発破の結果に基づき順次調整が行われている。現在,装薬量は,ANFOとエマルジョンで,それぞれ0.40kg/m³と0.46kg/m³としている。ベンチ計画については実績で述べる。

§ 4. 機械計画

4-1 機械選定の基準

(1) 作業計画

1997年夏の開港をめざすための掘削工程から,総掘削数量4,413万m³,掘削期間30ヵ月で月間最大掘削量208万m³が設定されており,この作業量が機械選定の基本的な基準となる。作業は昼夜2交代制で,1日の作業時間は20時間である。1時間当たりの所用作業量は式(1)から4,370m³/hとなる。また,使用する機械の償却程度,夜間作業による作業効率の低下を考慮して機械稼働率を85%,作業計画は月間最大掘削量208万m³を基準として

算定した。

$$A = \frac{\text{月間最大掘削量}}{\text{月間可能作業日数}} = \frac{2,080,000}{28}$$

$$B = \frac{1}{\text{1日平均作業時間}} = \frac{1}{20}$$

$$C = \frac{100}{\text{機械稼働率(\%)}} = \frac{100}{85}$$

1時間の作業量 = A × B × C = 4,370m³/h ……式(1)

(2) 使用機械の選定

短期間に 4,413万m³という大量の掘削を行う必要性から、硬岩は穿孔発破による起砕、土砂は掘削機械による地山掘削とし、経済性、作業効率の点から世界最大級の掘削・積込機械を採用した。また、掘削・積込機械は、ショベル系を主体とし、ホイールローダは発破後の掘削準備、発破前の法尻部の岩材の除去等の補助作業、あるいは土砂部の掘削で使用する。ブルドーザは、必要に応じて小規模な補助作業をすることにとどめた。

4-2 使用機械の能力算定

掘削・積込・運搬・埋立の作業に使用する各種機械の能力について検討した。

(1) 掘削・積込機械

掘削・積込機械の能力算定は式(2)によって行った。

$$Q = \frac{3600 \cdot q_0 \cdot K \cdot f \cdot E}{C_m} \dots\dots\dots\text{式(2)}$$

ここに Q : 運転時間当たり作業量 (地山m³)

q₀ : バケツ容量 (m³), K : バケツ係数

f : 土量換算係数, E : 作業効率

C_m : サイクルタイム (sec)

掘削・積込機械の能力算定表

機械・規格	土質	C _m (sec)	q ₀ (m ³)	K	f	E	Q 地m ³ /H
フロントローダ DEMAG H-285	硬岩	36	19.00	0.80	0.59	0.75	675
	土砂	32	19.00	0.80	0.80	0.75	1,026
ロープショベル 住友マリオン 191M	硬岩	36	15.30	0.80	0.59	0.75	543
	土砂	32	15.30	0.80	0.80	0.75	826
ロープショベル P&H BL2100	硬岩	36	14.50	0.80	0.59	0.75	515
	土砂	32	14.50	0.80	0.80	0.75	783
バックホウ 小松 PC1600	硬岩	36	9.00	0.80	0.59	0.75	320
	土砂	32	9.00	0.80	0.80	0.75	486

(2) 運搬機械

ダンプトラックは、CAT785およびCAT777を選定した。時間当たり作業能力は、積込機械の積込時間および能力、運搬距離、速度等によって定まる。速度を決定する要因は、運搬道路の種々の条件による。運搬機械の能力算定は式(3)に示す。

①作業能力

$$Q = \frac{60 \cdot q_0 \cdot f \cdot E}{C_m} \dots\dots\dots\text{式(3)}$$

②サイクルタイム

ダンプトラックのサイクルタイムは次式より計算する。

$$C_m = C_{ms} \times n + \frac{\ell}{V_1} + \frac{\ell}{V_2} + t_s$$

$$n = \frac{q_t}{q_s \cdot f \cdot K}$$

- ここに C_{ms} : 積込機械の1サイクル所用時間 (min)
- n : ダンプトラック1台に土砂を満載するに要する積込機械のサイクル回数 (回)
- ℓ : 運搬距離 (m)
- V₁, V₂ : 往復の運搬速度 (m/min)
- t_s : 積み卸しに要する時間 (min)
- q_t : ダンプトラックの積載土量 (m³)
- q_s : 積込機械のバケツ容量 (m³)

ダンプトラック能力積算表

機械名	土質	q ₀		f	E	C _m		Q	
		CAT785	CAT777			CAT785	CAT777	CAT785	CAT777
フロントローダ-19m ³	硬岩	49.06	30.19	1	0.75	16.62	15.36	133	88
DEMAG H-285	土砂	65.00	40.00	1	0.75	13.55	12.45	216	145
ロープショベル 15m ³	硬岩	49.06	30.19	1	0.75	17.41	15.85	127	86
住友マリオン 191M	土砂	65.00	40.00	1	0.75	14.24	12.88	205	140
ロープショベル 15m ³	硬岩	49.06	30.19	1	0.75	17.64	15.99	125	85
P&H BL2100	土砂	65.00	40.00	1	0.75	14.44	13.00	203	138
バックホウ 9m ³	硬岩	49.06	30.19	1	0.75	20.26	17.60	109	77
小松 PC1600	土砂	65.00	40.00	1	0.75	16.72	14.40	175	125

硬岩ℓ = 2700m V₁ = 400m/min
土砂ℓ = 1900m V₂ = 500m/min

(3) 埋立機械

ブルドーザはD11N, D9Lを使用し、作業としては埋立場所での押土・敷均し、あるいは積込機械の補助作業である。ブルドーザの能力算定の結果を式(4)に示す。

表一4 所要機械作業能力

$$Q = \frac{60 \cdot q \cdot p \cdot f \cdot E}{C_m} \quad \dots \text{式 (4)}$$

$$C_m = 0.037 \times \ell + 0.25$$

ここにQ：運転1時間当たり掘削押土量（地山m³/h）

q：1回の集土量（m³/回）

P：押土勾配補正（水平押土で1とする）

ℓ：1回の作業距離（片道）（m）

D11N D9L
 L：土工板の長さ（m） 5.49m 4.975m
 H：土工板の高さ（m） 2.16m 1.99m
 φ：材料により決まる角度（度） 30度 30度
 μ：材料により決まる係数 0.8 0.8
 d：集度距離による運搬土量の低減率 1.0 1.0
 q：L×H²×μ×d/2tanφ 17.7m³ 13.6m³
 C_m：0.037×ℓ+0.25=1.36min（距離ℓ=30m）

岩質	時間当たり集土量				Q _d (m ³ /h)	
	C _m (min)	P	f	E	D11N	D9L
					276	212
硬岩	1.36	1	0.59	0.6	276	212
土砂	1.36	1	0.80	0.7	437	336

4-3 機械の組み合わせ検討

機械計画を行う上で、幾つかの機械が分業で施工するときは、各機械の作業能力を等しくすることが重要である。すなわち、直列に作業を分割して行う場合、使用される機械の最小の能力をもって全作業の能力が制約される。各作業区分毎の一群の機械作業能力は、バランスさせる必要がある。

①掘削積込機械

掘削・積込機械の所要能力は、表一4から4,370m³/hである。機種別の合計能力を表一5に示す。ここで北工区の硬岩と土砂の比率は、69：31である。所要能力と使用機械能力を比較すると、4,370m³/h ≤ 4,376m³/hとなり、所要能力を満足する。

②運搬作業

DEMAG H285はダンプトラック CAT785と CAT777への積み込みに、MARION 191Mはダンプトラック CAT785への積み込みに、P&H BL2100, PC1600はCAT777への積み込みに使用する（表一6参照）。必要なダンプトラック台数は掘削機の能力とバランスするよう、合計運搬能力を表一6のとおり算定した。この結果、合

(単位：m³/h)

作業区分	掘削	積込	運搬	埋立
使用機械	ショベル系掘削機	ダンプトラック		ブルドーザ
時間当たり施工量 m ³ /h	4,370			硬岩+土砂 452+948=1,400

表一5 機種別使用機械合計能力

(単位：m³/h)

岩質	DEMAG H285S	Marion 191M	P&H 2100 2100BL	PC 1600	備考
1台当たり能力					
硬岩 m ³ /h	675	543	515	320	
土砂 m ³ /h	1,026	826	783	486	
硬岩+土砂 m ³ /h	755	608	576	358	
使用機械当たり能力					
使用台数 台	2	2	1	3	計 8台
硬岩+土砂 m ³ /h	1,510	1,216	576	1,074	計 4,376 m ³ /h

表一6 ダンプトラック運搬能力

岩質	掘削積込機械 ダンプトラック	DEMAG H285S	Marion 191M	P&H 2100BL	PC 1600	計
		m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	m ³ /h	
硬岩	CAT785	133	127	125	109	
土砂		216	205	203	175	
硬岩+土砂		151	144	142	123	
硬岩	CAT777	88	86	85	77	
土砂		145	140	138	125	
硬岩+土砂		100	98	96	87	
使用積込機械台数(台)		2	2	1	3	8
使用ダンプトラック台数(台)		CAT785	3×2	5×2		16
		CAT777	3×2		6×1	4×3
積込機別運搬能力(硬岩+土砂)m ³ /h		1,506	1,440	576	1,044	4,566

計運搬能力は、4,370m³/h ≤ 4,566m³/h となり所要運搬能力を満足する。

③埋立作業

埋立は、ブルドーザ D9Lを基本として計画した。硬岩は対象量の85%は直接海中へ投入、残りの15%は押土するものとした。さらに、土砂については対象数量の70%を押し・敷均しするものと計画した。したがって、対象土量を4,370m³/h とすると、所要押土量は以下のようになる。

$$\text{硬岩： } 4,370 \times 0.69 \times 0.15 = 452 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$\text{土砂： } 4,370 \times 0.31 \times 0.70 = 948 \text{ m}^3/\text{h}$$

これに対して、D9Lの作業能力は、硬岩で212m³/h、土砂について336m³/hである。したがって、D9L 所要台数は、452÷212+948÷336≒5台となる。

表一七 使用機械一覧表

機械名	型式	容量・能力	製造元	北工区	南工区	計
ブルドーザ	CATD11N	97.90 t	CAT	3	0	3
	CATD10N	70.00 t	CAT	0	3	3
	CATD9L	64.30 t	CAT	5	0	5
ホイローローダー	CAT994	18.00 m ³	CAT	0	1	1
	CAT992	10.40 m ³	CAT	2	2	4
電気ショベル	P&H 2100BL	15.00 m ³	KOBELCO	1	0	1
	MARION 191M	15.00 m ³	SUMITOMO MARION	2	0	2
ローディングショベル	RH200	22.00 m ³	O&K	0	1	1
	DEMAG H285S	19.00 m ³	DEMAG	2	2	4 *4
	DEMAG H185S	14.00 m ³	DEMAG	1	0	1 *1
バックホウ	KOMATSU PC1600	9.00 m ³	KOMATSU	3	0	3
ダンプトラック	CAT785	130.00 t	CAT	17	17	34 *17
	CAT777	77.00 t	CAT	24	0	24
	CAT773	45.00 t	CAT	6	2	8
クローラドリル	DM-M2	216mm	INGERSOLL LAND	3	3	6 *6
	DM-M	216mm	INGERSOLL LAND	1	0	1
	LM501C	102-105mm	INGERSOLL LAND	5	0	5
	DM-45E	200mm	INGERSOLL LAND	0	1	1 *1
	JGL T4	165mm	INGERSOLL LAND	2	0	2

*はPAAが支給した台数

4-4 使用機械一覧

CLK全体で使用している主要機械を表一七に示す。この内、掘削・積込機DEMAG H185が1台、クローラドリルDM-M2が6台、そのバックアップ用でDM-45が1台、CAT785が17台、企業先から有償支給されている。

§ 5. 実績（現状報告）

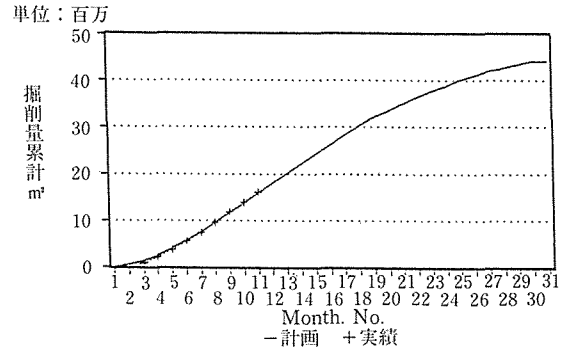
5-1 掘削機実績

1993年1月末から掘削を開始した。図一三は、1993年1月～1993年10月の月間掘削量の計画と実績を比較したもので、計画掘削工程にあった状態で進捗していることがわかる。

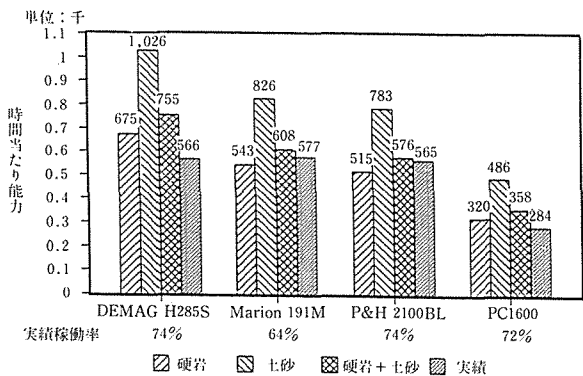
図一四は掘削機能力の実績と算定式を比較したものである。各種掘削機の実績稼働率は、DEMAG 74%、MARION 63%、P&H 74%、PC1600、72%で、MARIONを除き大差ない。時間当たり掘削実績は、能力算定式と比べ、電気ショベルは大差ないがPC1600とDEMAGは低い。PC1600は主に発破の準備や狭い箇所の掘削で使用されていること、また、DEMAGは北工区の重機運転手が初めての運転であり、運転操作に慣れている電気ショベル型の掘削機に比べ、機械操作および特性を熟知しておらず、この能力を十分に発揮させていないことが原因と思われる。

5-2 発破実績

発破工事は1993年2月より開始され、掘削工事においては、同年10月末現在で進捗率36.5%となった。開始当初には、計画と実施工の違いなど種々の問題が発生した



図一三 月間計画実績掘削量



図一四 機種別時間当たり能力算定式と実績比較

が、現在では工程に対して先行するに至っている。

今までに直面した主な問題点および課題とその対策は、以下のとおりである。

①ベンチ造成方法の変更

本工事は、大型機械を最大限有効に稼働させなければならぬ。そのため、ベンチ造成に費やす労力を少なくするように、土砂を完全に掘削しない時点でベンチ造成を行った。これは本工事が総価契約であるため土砂岩種を特定する必要がなかった事にもよる。

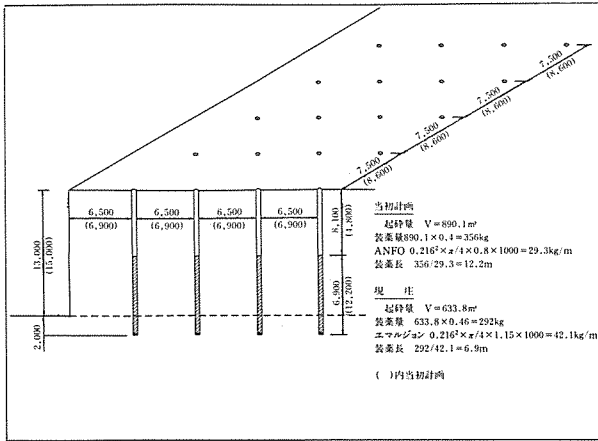
②岩の大割れ防止と細かい破砕材の確保のためのベンチ計画変更

図一五に当初のベンチ計画と現在のものを示す。特にベンチ高を15mから13mに変更した理由は、ベンチ法肩に大割れが発生した際の掘削機械による処理をより安全に行うためである。また現在の計画装薬量は、全体の消費量の79%を占めているエマルジョンで岩1m³あたり0.46kg、ANFOでは0.40kg/m³としている。

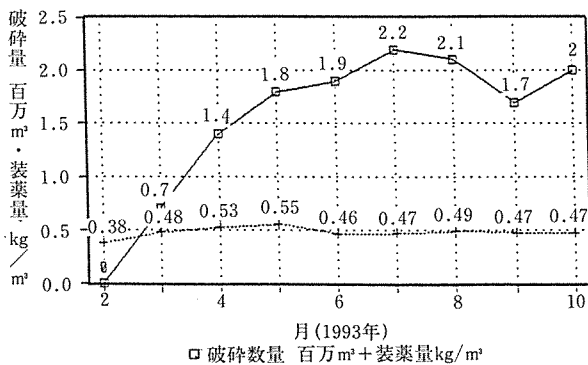
③削孔後に孔内に湧水があり、水孔が多数発生した。これに対して、耐水性爆薬のエマルジョンを有効使用した。

④爆薬が島内の仮設工場での生産となるための品質確認と粗悪品質の排除対策

発破のコンサルタントに、爆薬の品質を主とした調査を依頼した。報告書をもとに品質改善の要請を火薬供給



図一五 発破計画



図一六 月別破砕量と装薬量

会社に行くとともに、装薬時の品質確認を徹底した。

⑤ 毎日の所要掘削数量の確保のための発破実施

削孔作業の効率を上げるよう指示系統を強化するとともに、先行削孔数量を増やし発破可能箇所に余裕を持たせるようにした。また、火薬の所要量の確保のため、工場設備を改善し、運搬用大型装薬ポンプ車を増強した。しかし、大型装薬ポンプ車は、削孔孔径 102mm への装薬が出来ない事と削孔能力向上のため、削孔孔径 200mm のDM-Mを追加投入した。

現在までの月別発破実績は、図一 6に示すとおりである。火薬の装薬量は、ここ 2ヵ月で約0.47kg/m³に収まって来ている。起砕数量においては、順調に所定の出来高(岩掘削 5.2万m³/日)を確保している。

ベンチカット工法における施工実績と算定値の比較で

表一八 ベンチカット工法における施工実績と算定値の比較

		算定値	施工実績
岩の種類		亀裂の多い花崗岩	
孔径		216mm	
発破回数		1	41
総削孔長		900	32,253.3
総削孔本数		60	2,193
破砕岩数量		38,025	1,382,514
削孔間隔		6.5m×7.5m	6.5m×7.5m
火薬使用 総数量	TOVEX	27	5,575
	ANFO		157,659
	EMULSION	17,492	483,030
	計	17,519	646,264
1発破当たりの本数		60	53
1発破当たり 火薬使用量	TOVEX	27	136
	ANFO	0	3,845
	EMULSION	17,492	11,781
	計	17,519	15,762
1発破当たりの破砕量		38,025	33,720
1本当たりの削孔長		15.0	14.7
岩1m³当たりの火薬量		0.46	0.47
火薬量使用実績/算定値×100 (%)			102.2

施工実績は1993年10月における削孔機械DM-M2 (3台稼働) の総実績値

は (表一 8参照)、設計装薬量0.46kg/m³ に対して、実績は 0.47kg/m³ となっており、ほぼ計画に沿って施工されているといえる。しかし、今後は、さらに効率的な発破計画を行い計画装薬量に近づけるべきであると考えている。

§ 6. おわりに

あらゆる工事の初期段階で経験されるように、当工事においても種々の問題があった。しかし、それらもほぼ克服し、1996年4月完了目指して工事は順調に進行している。来年からは、空港諸設備の建設も並行して開始され、1997年夏には新空港の開港と関連プロジェクトの完成により、香港の未来に至る道が更に開かれる事になる。

本論の執筆に当たり、全面的な協力をして頂いた支店の関係者の方々に対し感謝の意を表します。