

土木研究所資料

開発すべき施工新技術の方向 に関する研究

平成9年2月

建設省土木研究所
材料施工部施工研究室

開発すべき施工新技術の方向に関する研究

施工研究室 室 長 塚 田 幸 広
主任研究員 青 山 憲 明

要 旨

本報告では、建設事業における公共施設の一層の高品質化、施工環境の向上、労働力不足の対応を図るため、今後積極的に開発を進めるべき施工新技術の方向性について調査、検討したものである。

キーワード：機械化施工、自動化施工、省力化、省人化



目 次

1	まえがき	1
2	研究目的	1
3	研究フロー	1
4	建設労働力及び必要労働需要の将来予測	3
4. 1	建設事業の全体動向	3
4. 1. 1	日本経済の推移	3
4. 1. 2	建設投資の推移	5
4. 1. 3	社会資本の整備の現状と動向	6
4. 1. 4	建設産業の動向	8
4. 1. 5	労働生産性	10
4. 1. 6	建設業就業者の推移	13
4. 2	建設労働力需給の将来予測	18
4. 2. 1	労働需給の推移	18
4. 2. 2	将来の社会資本整備の目標	20
4. 2. 3	産業・就業構造の将来予測	22
4. 2. 4	労働需給の将来見通し	26
5	施工環境及び労働条件	32
5. 1	施工環境	32
5. 2	労働施工安全	34
6	施工合理化のための方策	35
7	施工技術の現状と開発動向	37
7. 1	施工技術の現状	37
8	施工技術の自動化・合理化のニーズ	47
8. 1	アンケート調査実施要領	47
8. 2	アンケート調査結果	48
9	施工新技術の研究開発の現状	63
9. 1	施工新技術の体系的整理	63
9. 2	施工新技術シーズの開発熟度の整理	88
10	技術開発テーマの重要度	90
10. 1	工種別工程別の施工新技術開発の優先度	90
10. 2	省人化の目標を達成するための開発テーマの評価	92
11	まとめと今後の課題	111

1. まえがき

建設事業、特に土木事業においては事業形態の特殊性や作業内容・作業環境条件の多様性から他産業に比べメカトロニクスを導入をはじめとする現場施工の合理化・自動化が遅れ、他産業と比べた労働生産性の低さは、以前より指摘されているところである。また建設事業への就業者の高齢化も著しいものがあり、労働力の不足、特に鉄筋組立て等の特殊作業に従事する専門技術者、技能労働者が決定的に不足してきている。また、労働時間が長い、賃金が安い、危険な作業が多い、といった労働条件・作業環境の改善が遅れており、これがひいては若者の建設産業離れにつながっている。将来的にも、建設労働者の高齢化や専門技術者、技能労働者の不足が予測されるなか、労働生産性の低さは早急に解決が図られなければならない問題である。

一方、今後の建設事業に寄せられる期待は、極めて大きいものがあり、21世紀を展望したときには、地下空間、海洋等のニューフロンティア空間の開発、高速道路、スーパー堤防の建設など社会資本の整備に対するニーズは多様化・高度化している。さらに他分野での技術革新、資源・エネルギーに対する制約の増加、地球環境変化などからも適切な対応が求められ、建設事業においてはより一層の効率的執行、省力化、高品質化、安全性の向上、作業環境の改善等現場施工技術の合理化の推進が急務になってきている。このような状況に対処するため、施工の合理に省力化が不可欠の課題とされ、西暦2000年までに2/3を目標とする大幅な省力化が求められている。このような観点から、本研究では省力化に向けて今後開発すべき施工新技術の開発の方向性の検討を行なうものである。

2. 研究目的

本研究は、建設技術における施工新技術の開発に関する研究の一環として実施するもので、建設事業における一層の高品質化、施工環境の向上、労働力不足への対応を図るため、今後積極的に自動化施工あるいは機械化施工等の施工新技術開発を進めるべき分野を特定することを目的とするものである。

3. 研究フロー

本研究は、これからの建設事業の遂行に当たって、建設労働力の供給にみられるような制約条件のもとで、公共投資基本計画等に定められた目標を達成するために必要な、省人化、安全性、施工環境の向上、高品質化等を図る施工の自動化・合理化の新技術の開発の方向を明らかにすることを目的とする。このため、図-3.1.1に示す研究フローに沿って作業を進めた。

なお、本研究における対象工種は、施工新総プロで新技術の開発を行っている工種の以下のものである。

- ① トンネル工（山岳トンネル）
- ② 基礎工（大口径杭基礎、深礎工）
- ③ 土工（切土、盛土、運搬工）
- ④ ダム工（RCDダム）
- ⑤ 舗装工（アスファルト舗装）
- ⑥ 鉄筋コンクリート工（配筋、型枠、コンクリート打設工）
- ⑦ 据付け工（コンクリート2次製品）

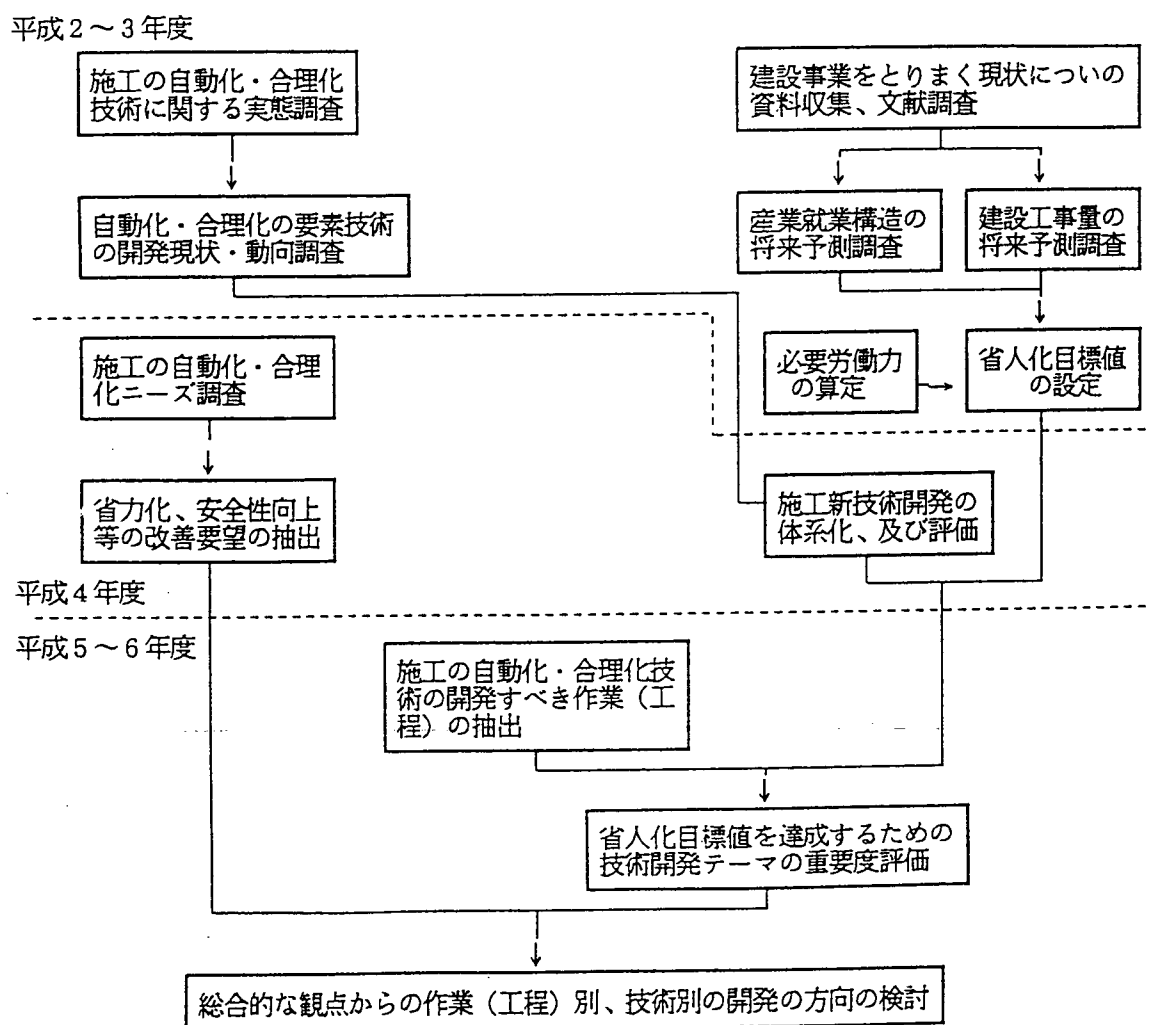


図-3.1.1 研究の全体フロー

4. 建設労働力及び必要労働需要の将来予測

4. 1 建設事業の全体動向

4. 1. 1 日本経済の推移

日本経済は、朝鮮戦争の特需によって第2次世界大戦の敗戦の混乱から立ち直った。昭和30年代に入ると、池田内閣の所得倍增計画によりGNP年平均実質成長10%に達する高度経済成長期に入り、昭和47年には日本のGNPはアメリカに次いで世界第2位となった。しかしながら、昭和46年のドルショック、昭和48年と54年の2度にわたるオイルショックは、日本経済の急成長体質にいったんブレーキをかけるに至ったが、わが国産業の国際競争力の強化を背景に、その後はGNP 3～5%程度の安定した成長を遂げてきた。昭和60年度からは、わが国の経済は低金利政策による資金の過剰流動性がもたらすいわゆるバブル経済が発生した。これにより、株価が高騰し、民間設備投資が増大、景気は堅調に推移したが、一方では全国的な地価の上昇を招いた。しかし、91年に入ると株価の急落にともない景気は鈍化し、92年の実質GNPの率は0.7%、93年は-0.1%と経済は低滞した。しかし、94年の見込みは0.9%と上昇に転じ、91年から始まった平成不況も94年に入りようやく明るい兆しがみえ始めてきている。93年の実質国民総生産の成長に対する寄与度では、民間住宅投資で前年度比6.0%増、民間企業設備投資では前年度比で-9.0%、公的固定資本形成が前年度比13.5%増加であり、特に民間設備投資の落ち込みが大きく、個人消費の低迷と併わせて、わが国の経済が低迷した原因といえる。

一方、消費者物価は安定しており、御売物価は低下している。為替は円高基調に推移し、外需による經常収支は依然として拡大し、93年には1,313億ドル、94年も1,000億ドルを越す大幅な黒字が予測されている。労働力需給状況を有効求人倍率でみると、91年から低下傾向にあり、94年5月には0.64倍となっている。また、失業率も景気の低迷を反映して92年末から上昇に転じ、93年には2.6%に達する。しかし、欧米各国に比べれば低水準に留まっており、この面での経済は概ね順調といえる。

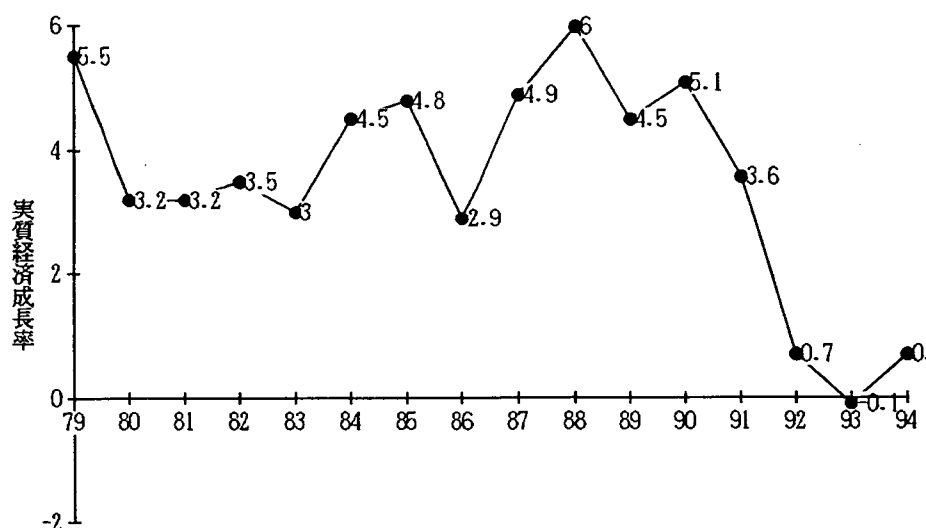


図-4.1.1 わが国の実質経済成長率

表-4.1.1 GNPと建設投資の推移

(単位：10億円・%)

項目 年 度	国民総生産 (名目) (A)	建設投資 (名目) (B)	(B) / (A)	(参考) 建設投資 (実質)
昭和46	82,806.3	16,676.8	20.1	40,575.5
47	96,539.1	21,462.5	22.2	47,999.7
48	116,679.2	28,667.3	24.6	50,455.1
49	138,155.8	29,394.4	21.3	43,598.0
50	152,209.4	31,624.1	20.8	46,506.1
51	171,152.5	34,196.5	20.0	46,507.1
52	190,034.8	38,798.6	20.4	50,613.0
53	208,780.9	42,686.0	20.4	52,830.0
54	225,401.8	47,921.9	21.3	53,583.0
55	245,360.0	49,475.3	20.2	50,736.9
56	260,334.3	50,219.8	19.3	51,205.4
57	273,461.5	50,068.9	18.3	50,864.0
58	285,997.3	47,598.8	16.6	48,378.1
59	305,725.3	48,547.2	15.9	49,335.5
60	325,370.5	49,964.5	15.4	49,964.5
61	339,685.3	53,563.1	15.8	53,881.8
62	356,263.0	61,525.7	17.3	61,058.7
63	378,963.0	66,655.5	17.6	64,552.5
平成元	406,244.9	73,611.7	18.1	66,815.2
2	436,900.0	81,470.0	18.6	71,457.0
3	458,599.1	82,407.0	18.0	69,699.1
4	472,300.0	84,510.0	17.9	70,320.0
5	495,300.0	85,030.0	17.2	69,860.0

4.1.2 建設投資の推移

わが国の建設投資は、高度成長期には経済成長率を上回る高い伸び率で増大してきたが、2度にわたる石油ショックに激減し、その後に横ばいの傾向を示した。昭和60年代を過ぎると、景気回復に伴って民間工事や政府投資の増加により、高い伸びとなったが、平成3年度からは、景気の純化とともに頭打ちの状態となっている（表-4.1.1）。

また、官公庁工事では、国の機関、地方の機関とも大きく伸びているが、民間工事の落ち込みは補えず、全体では大幅な減少を示している。

建設投資の内訳は、建築工事が約60%、土木工事が約40%の割合であるが、過去の推移は図-4.1.3に示すように、減少傾向にあった土木工事の割合は、景気の低迷によって最近増加に転じた。

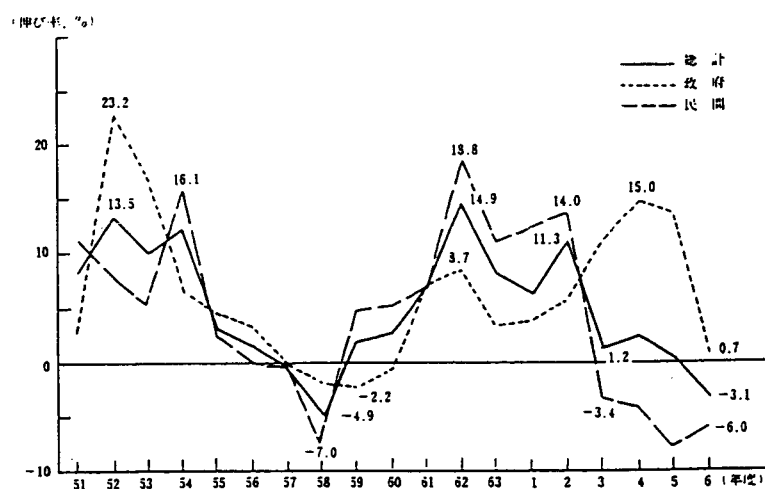


図-4.1.2 建設投資の政府・民間別伸び率の推移 (名目)

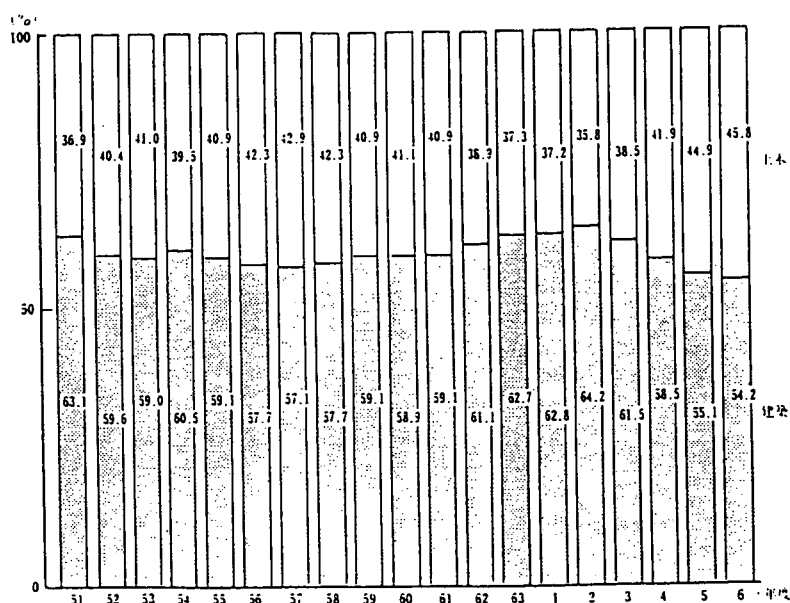


図-4.1.3 建築・土木別建設投資の構造

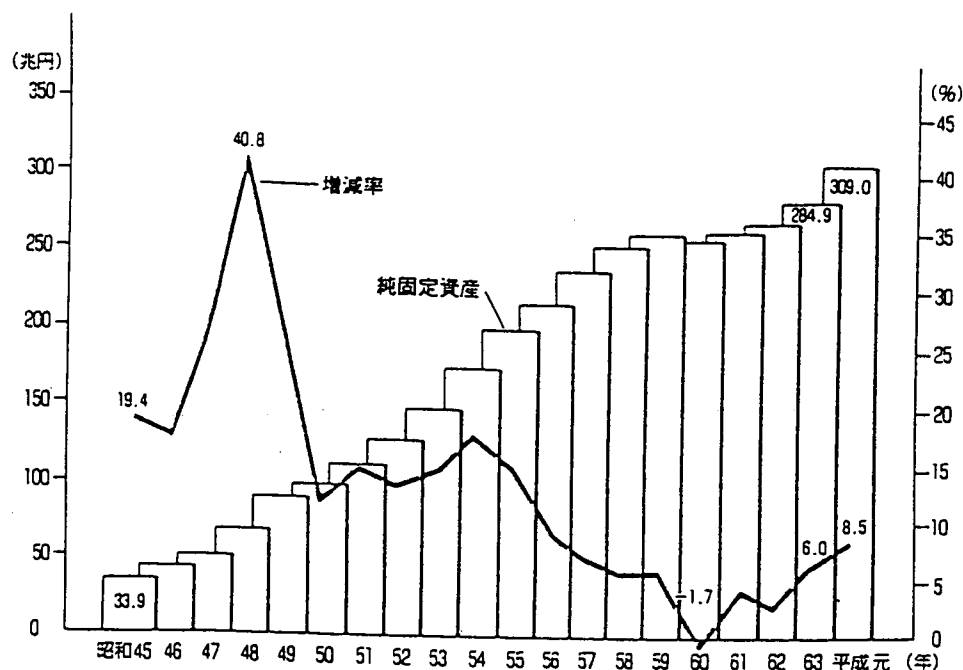
4.1.3 社会資本の整備の現状と動向

わが国の社会資本ストック額は、昭和30年代後半から始まった高度成長期には、著しい経済成長を支えるために大幅な伸びを示していた。48年の第1次オイルショック以降の安定成長期に入ると、その伸び率は低下している（図-4.1.4）。

社会資本のストック額の部門別シェアの推移をみると、40年頃までは鉄道が最も大きかったが、急速なモータリゼーションの進展と通信需要の拡大により、40年代半ばになると道路と通信のシェアが増大している。また、この頃から生活関連施設である下水道のシェアも増大している。しかし、財政再建が国の重要課題となった50年代半ばになると、道路、鉄道、通信以外は部門別シェアに変化がなくなっている（図-4.1.5）。

このように、わが国の社会資本は、社会経済構造の変化に伴い、これに対応するように各部門の整備水準の向上が図られ全体として着実に進められてきた。しかし、わが国の住宅、社会資本の整備水準は、欧米先進諸国に比べ、未だ立ち遅れており、これらが国民生活において、真の豊かさが実感できない要因のひとつとして指摘されている。

今後の社会資本整備の動向についてみると、本格的高齢化社会を間近に控え国民が真に豊かさを実感できる社会を実現するためには、人口構造が若く、経済に活力のある現在のうちに、社会資本整備を促進する必要がある。

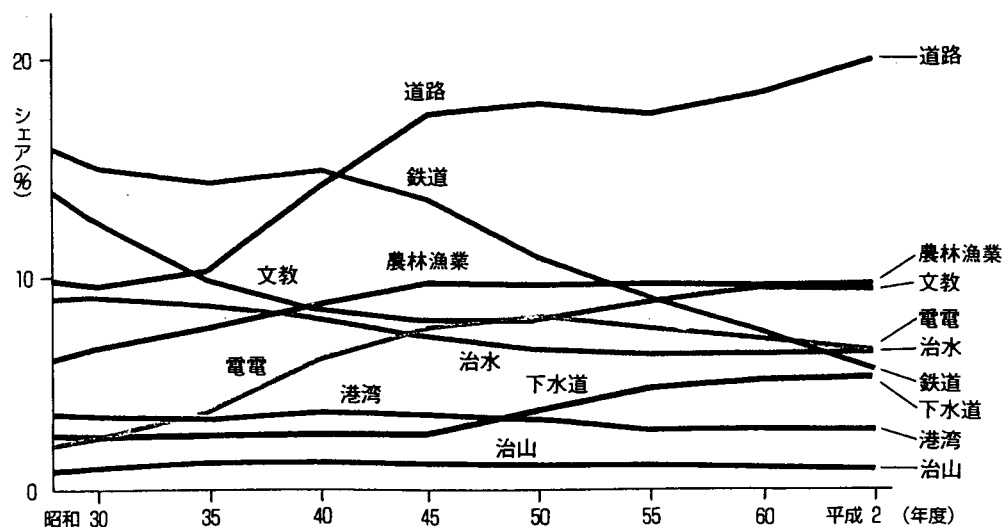


資料：経済企画庁「国民経済計算年報」

注) 1. 社会資本ストック額のデータは、「国民経済計算年報」における公的部門・純固定資産のデータに基づいている。

2. 昭和60年および62年の伸び率の低下は、それぞれ、電電公社、国鉄の民営化によるものである。

図-4.1.4 社会資本ストック額の推移



資料：経済企画庁「社会資本小委員会報告（経済審議会2010年委員会（社会資本小委員会）」

注）1. 電電、鉄道は民営化後のNTT、JRを含む。

2. 「日本の社会資本」（フローからストックへ、経済企画庁、昭和61年）を基に、経済企画庁において単純に試算したものである。

3. 昭和63～平成2年度の計数は、予算額等から推定した暫定値である。

4. JR、NTTについてはそれぞれ国鉄、電電公社の投資系列およびストックの算出方法を準用し推計したものである。

図－4.1.5 部門別公的社会資本ストック額のシェア推移

4.1.4 建設産業の動向

(1) 建設業者数

わが国の建設業者数は、建設市場の拡大に伴って安定して増加してきている。昭和25年当時30,000を越える程度であった業者数は、昭和46年の建設業法改正による登録性から許可性への移行を契機に飛躍的に増大し、平成4年には52万社に達する。また、資本金階層別の許可業者数をみると、資本金1億円を満たない許可業者及び個人が全体の99%を占めており、現状をみると経営基盤の脆弱な中小業者が大多数であることがうかがえる（図-4.1.6）。また、各階層の増減をみると、資本金1000万円～1億円の階層の伸びが著しい反面、個人業者については、昭和50年代にピークを迎え、その後一貫して減少を続けている。

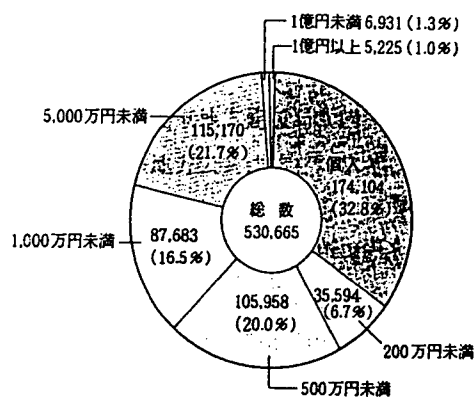
表-4.1.2 資本金階層別許可業者数の推移

年	個人	1千万円未満	1千万円以上5千万円未満	5千万円以上1億円未満	1億円以上	合計	前年比増減率(%)					
昭和25						33,139						
昭和26						47,438	43.1					
昭和27						49,959	5.3					
昭和28						51,526	3.3					
昭和29						58,148	12.6					
昭和30						61,936	6.3					
昭和31						55,741	6.3					
昭和32						67,193	2.2					
昭和33						68,338	1.7					
昭和34						70,911	3.5					
昭和35						74,317	5.0					
昭和36						76,889	3.5					
昭和37						78,889	2.6					
昭和38						93,119	5.5					
昭和39						90,008	8.2					
昭和40						97,524	8.5					
昭和41						107,950	10.6					
昭和42						120,438	11.6					
昭和43						132,979	10.4					
昭和44						147,095	10.6					
昭和45						163,139	10.9					
昭和46						192,785	18.2					
昭和47						294,944	52.9					
昭和48	180,314	100	104,182	100	14,267	100	1,038	100	1,870	100	301,571	2.3
昭和49	174,351	97	108,127	104	17,193	121	1,191	115	2,024	108	302,886	0.4
昭和50	198,572	110	128,099	123	20,590	144	1,257	121	2,299	123	350,817	15.8
昭和51	226,233	125	141,762	136	25,118	176	1,325	147	2,542	136	397,180	13.2
昭和52	241,213	134	153,506	147	29,322	206	1,548	159	2,674	143	428,363	7.9
昭和53	258,633	143	165,090	158	32,406	227	1,908	184	2,872	154	460,909	7.6
昭和54	263,009	146	170,506	164	36,091	253	2,243	216	2,940	157	474,789	3.0
昭和55	264,333	147	178,674	172	39,771	279	2,611	252	3,131	167	488,520	2.9
昭和56	261,730	145	186,008	179	42,387	297	2,890	278	3,195	171	496,210	1.6
昭和57	264,400	147	192,955	185	46,944	329	3,166	305	3,334	178	510,799	2.9
昭和58	259,936	144	196,474	189	50,615	355	3,506	338	3,516	188	514,047	0.6
昭和59	254,305	141	200,139	192	53,396	374	3,766	363	3,623	194	515,729	0.3
昭和60	251,366	140	202,290	194	57,051	400	3,971	383	3,686	197	518,964	0.6
昭和61	245,092	136	203,323	195	60,336	425	4,175	402	3,760	201	517,186	-0.3
昭和62	236,761	131	201,305	194	64,063	449	4,360	420	3,755	201	510,344	-1.2
昭和63	229,132	127	204,549	196	68,078	477	4,675	450	3,885	208	510,319	-0.1
平成元	218,786	121	207,910	200	74,534	522	5,007	482	4,079	218	510,316	0.0
平成2	205,673	114	213,317	205	80,253	563	5,311	512	4,310	230	508,874	-0.3
平成3	193,441	107	220,264	211	91,069	538	5,995	578	4,671	250	515,440	1.3
平成4	182,458	101	227,115	218	101,452	711	6,450	621	4,975	256	522,450	1.4

資料：建設省「許可業者数調べ」

注) 1. 昭和47年4月より、許可制に移行。

2. 昭和48年3月末の許可業者数を100として指数化。



注) 1. 「全国建設業許可業者数調べ」
2. 平成5年3月末現在

図-4.1.6 資本金階層別の建設業許可業者数
(平成5年3月)

(2) 利益率

売上高経常利益率の推移は、表-4.1.3に示すように昭和50年代後半は、建設投資の低帯を背景に厳しい受注競争が続いたため利益率は1%代に落ち込んだが、その後建設投資が上向きに転じるとともに建設業全体で増加してきた。しかし、製造業と比べると資本金1億円以上を除けば大きく下回っている。資本金階層の小さな業者ほどこの傾向が強くなっている。

なお、倒産の動向については、件数及び負債総額のいずれについても全産業に対する割合が少なくなっている。

表-4.1.3 売上高利益率の推移

(単位: %)

年度	建設業 全 体	資 本 金 階 層 別					製造業
		~200万円	~1000万円	~5000万円	~1億円	1億円~	
50	2.8	1.0	2.0	3.1	2.8	3.7	1.2
55	2.1	0.2	1.4	2.0	2.8	3.1	3.6
60	1.6	0.6	0.4	1.5	1.7	2.6	3.2
61	1.9	0.6	0.8	1.9	1.5	2.9	2.8
62	2.4	0.4	1.6	2.2	2.7	3.3	3.7
63	2.9	1.7	2.6	2.4	2.6	3.8	4.5
元	3.3	3.0	2.7	2.9	3.9	4.1	4.7
2	3.4	2.8	3.1	2.7	3.1	4.4	4.3

(注) 「法人企業統計年報」(大蔵省)

表-4.1.4 建設業の倒産の推移

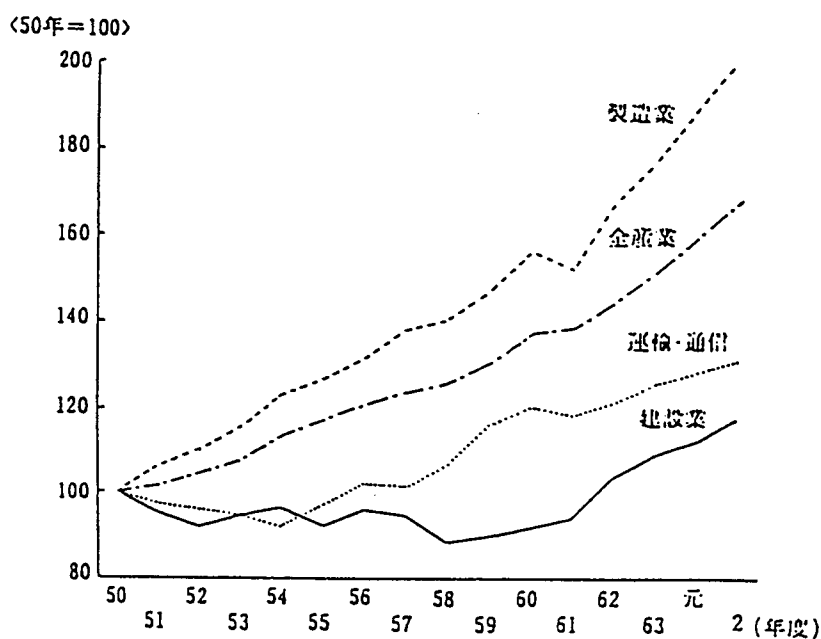
	全 産 業				建 設 業					
	件数 (件)	前年比 (%)	負債総額 (億円)	前年比 (%)	件数 (件)	前年比 (%)	全産業比 (%)	負債総額 (億円)	前年比 (%)	全産業比 (%)
昭和55年	17,884	111.6	27,069	123.5	5,007	112.8	28.5	5,651	117.4	20.9
60年	18,812	90.3	41,858	115.4	5,321	87.0	28.3	6,989	103.3	16.7
61年	17,476	92.0	37,513	89.6	4,504	84.6	25.8	6,281	60.9	16.7
62年	12,655	72.4	20,546	54.8	3,042	67.5	24.0	3,720	59.2	18.1
63年	10,123	80.0	20,591	100.2	2,322	76.3	22.9	2,575	69.2	12.5
平成元年	7,234	71.5	11,946	58.0	1,712	73.7	23.7	2,200	85.4	18.4
2年	6,468	89.4	19,445	162.8	1,385	80.9	21.4	3,767	171.2	19.4
3年	10,723	165.8	79,600	409.4	2,125	153.4	19.8	5,818	154.4	7.3

(注) 帝国データバンク全国企業倒産集計

(負債総額: 1,000万円以上)

4.1.5 労働生産性

労働者1人1時間あたりの労働生産性は建設業の場合、他産業と比べて低いレベルにあるという特徴がある。これは、建設業の場合、単品受注、野外での現地組立作業等の特殊性があり、製造業に比べ生産性の向上が図られにくい産業のためである。労働生産性の推移については図-4.1.7に示すとおり、全産業とも上昇してきてはいるが、建設業の相対的な低さは変わらず、むしろ製造業等の著しい伸びの影響で格差は広がっていく傾向にある。なお、参考までに海外との比較を表-4.1.5に示す。



(注) 1. 「国民経済計算年報」(経済企画庁)

2. 「毎月勤労統計調査」(労働省)

図-4.1.7 産業別労働生産性の推移

表-4.1.5 1人1時間あたり実質労働生産性の海外比較

国 別 (年 次)	日 本 (1986)	米 国 (1986)	西 独 (1986)	フランス (1986)	英 国 (1986)	5カ国 (1986)
全産業 (千円) (比較)	5,094 100	5,981 137	6,425 125	6,744 132	5,244 102	6,094
建設業 (千円) (比較)	3,761 100	4,906 129	5,479 144	5,702 150	4,068 107	4,787

(注) 1. 上段の数字は、1980年の日本円で表現した就業者1人当たり実質GDP

2. 「労働生産性の国際比較に関する調査研究」(日本生産性本部)

前述した労働者1人1時間あたりの生産性の低さからうかがえるように、建設業の労働者の労働時間は2,203時間と全産業の2,044時間に比べて長く、その格差も少なくない。また、事務・技術労働者及び生産労働者いずれについても全産業平均に比べて多くなっている。産業別の内訳については、表-4.1.8に示すとおりである。

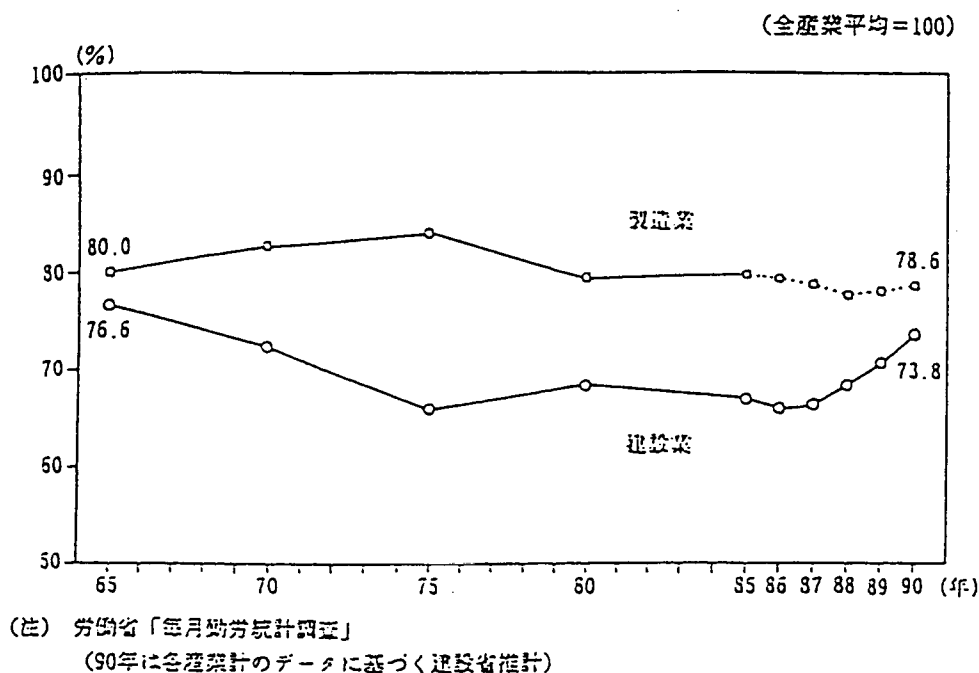


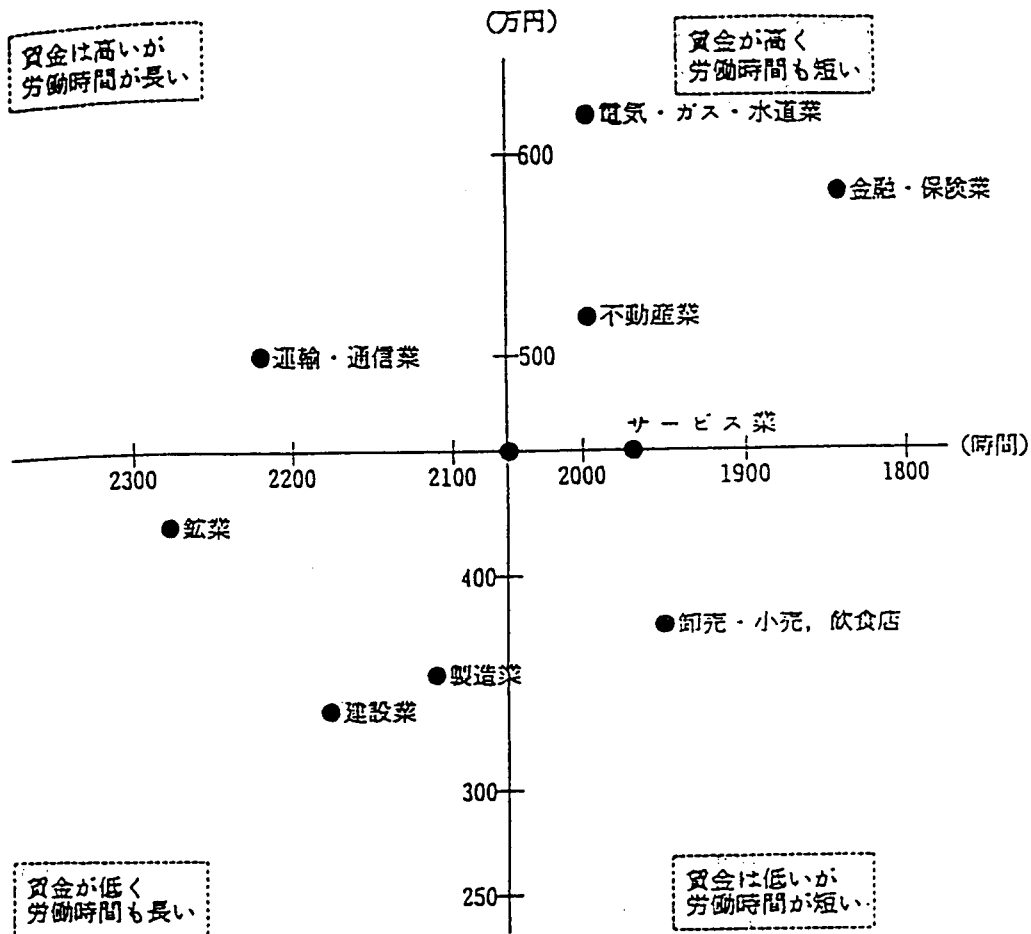
図-4.1.9 産業別1ヵ月あたり労働時間の推移

表-4.1.8 平成2年度の産業別年間労働時間

年	65	70	75	80	85	86	87	88	89	90
建設業(生)	156.3	293.5	678.5	1027.3	1209.5	1233.3	1270.7	1327.7	1452.4	1597.4
製造業(生)	163.3	335.9	866.6	1194.2	1439.6	1480.1	1504.5	1505.4	1603.0	1701.8
建設業(平)	238.9	452.5	998.9	1534.2	1903.4	1977.4	2037.9	2150.9	2313.7	2500.4
製造業(平)	257.0	495.4	1193.7	1718.6	2098.2	2153.7	2190.3	2240.5	2387.0	2525.1
全産業	204.0	405.5	1030.3	1504.2	1803.7	1866.7	1909.9	1939.5	2052.2	2164.7

(注) 労働省「毎月勤労統計調査」

賃金水準と労働時間をX、Y座標として各産業をプロットすれば図-4.1.10のとおりとなり、「賃金が低く、労働時間も長い」というゾーンに建設業が位置することとなる。



- (注) 1. 労働省「毎月勤労統計調査」より作成。
 2. 縦軸：1人平均年間現金給与総額
 横軸：1人平均年間総実労働時間
 3. 縦横軸の交点：産業平均(444万円、2052時間)
 4. 建設業、製造業、鉱業については、管理・事務・技術労働者を除いた生産労働者の数値を建設省で推計したもの。

図-4.1.10 産業別賃金水準・労働時間(平成2年)

4.1.6 建設業就業者の推移

(1) 就業者数の推移

建設業就業者数は、石油ショック以後、建設需要の伸び悩みになってからも増加を続けたが、昭和55年からは横ばい状態となり、530万人前後で推移してきた。しかし、昭和63年からのいわゆるバブル経済による好景気による建設投資の伸びにともなって就業者数も増加し、平成3年度には600万人を突破した（平成5年度は640万人）。なお、全産業就業者数に対する建設業就業者数の比率は昭和62年まで減少傾向であったが、それ以降は増加に転じ、9%を上回る値で推移している。

また、建設業の職種別の構成比を表-4.1.10に示す。

表-4.1.9 産業別就業者数

(単位: 万人, %)

年	全産業 (A)	建設業 (B)	(B) / (A)
55	5,536	548	9.9
56	5,581	544	9.7
57	5,638	541	9.6
58	5,733	541	9.4
59	5,766	527	9.1
60	5,807	530	9.1
61	5,853	534	9.1
62	5,911	533	9.0
63	6,011	560	9.3
H1	6,128	578	9.4
H2	6,249	588	9.4
H3	6,369	604	9.5

(注) 総務庁「労働力調査」による(各年の年平均)。

表-4.1.10 建設業の職種別就業者数

(単位: 千人, %)

区 分		調 査 年	
		60 年	
		人 数	構 成 比
建設業就業者総数		5,295	100.0
内 訳	1 事務・技術・管理的職従事者	1,301	24.6
	2 技能工・生産工程作業員及び労働作業員(生産労働者)	3,552	69.0
	① 建設作業員	2,547	48.1
	イ 大 工	798	15.1
	ロ 左 官	225	4.3
	ハ と び 工	76	1.4
	ニ 土木工・建築工	759	14.3
	ホ そ の 他	683	13.0
	② そ の 他	1,105	20.9
	3 運輸通信及びその他の職従事者	342	6.5

(注) 1. 総務庁「国勢調査」による。

2. その他の職従とは、販売従事者、探鉱従事者、保安職従事者等である。

(2) 新規学卒者の入職実態

建設業への新規学卒者の入職状況を図-4.1.11に示す。入職者総数及び新規学卒者の入職者総数の実数は長期的には減少傾向にあったが、昭和60年以降は増加に転じた。ただし、建設業への入職者全体の率に比べて新規学卒者の率が半分程度にとどまっており、建設業の入職は他産業からの転職が多いといえる。また、工業高校の土木建築系学科の生徒数をみると、1970年には78,240人であったものが、1990年には73,838人となり、長期的な減少傾向にある。

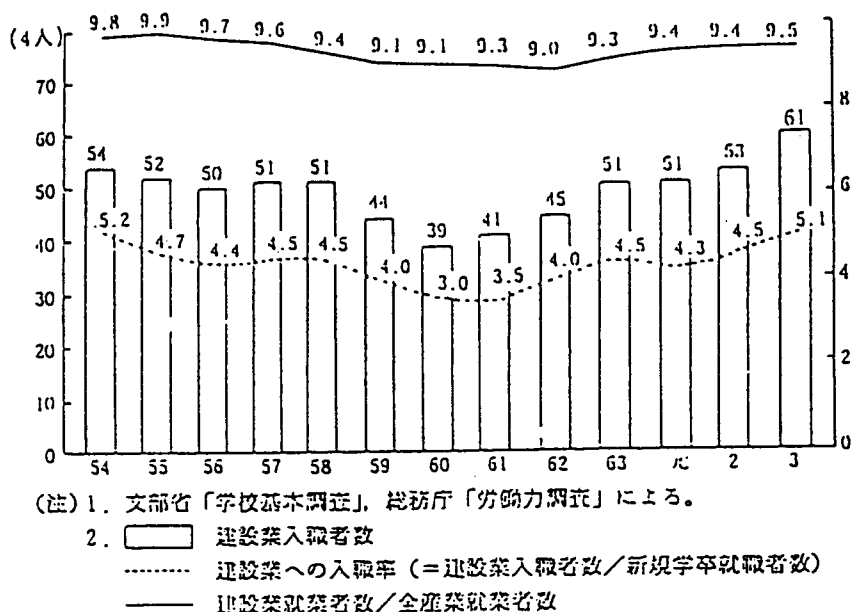


図-4.1.11 建設業への新規学卒者の入職状況

表-4.1.11 工業高校学科別生徒数

(単位：人，%，校)

年	70	75	80	85	86	87	88	89	90
機械関係	2,069	3,148	3,361	5,383	5,457	5,645	5,957	6,350	6,639
建築関係	45,335	43,519	39,950	35,032	34,524	34,363	34,548	35,801	36,233
土木関係	30,835	30,380	27,731	27,128	26,595	26,433	27,310	27,094	26,859
電気工芸関係		2,442	2,666	3,568	3,702	3,817	3,860	4,008	4,107
小 計	78,240	77,047	73,903	71,111	70,278	70,263	71,675	73,253	73,838
全学科	4,222,540	4,327,089	4,616,339	5,171,737	5,253,230	5,368,583	5,526,845	5,637,947	5,616,844
建設系学科 全学科	1,852,781	1,750,735	1,601,089	1,374,979	1,337,505	1,303,731	1,296,852	1,299,285	1,314,581
工業高校数	419	428	412	409	409	412	411	410	411

(注) 文部省「学校基本調査」

(3) 高齢化の推移

建設業労働者は人口全体の高齢化、建設業への若年労働者の入職の減少傾向を反映して、高齢化が進んでいる。表-3.1.12に示すとおり、平均年齢（男子）の推移では全産業平均を上回っている。

表-4.1.14 産業別平均年齢の推移（男子）

年	65	70	75	80	85	86	87	88	89	90
建設業生産	35.4	37.6	40.4	42.8	43	42.7	43.1	43.5	44	44
製造業生産	32.1	33.5	36	38.3	39	38.7	38.7	38.8	39.6	39.2
全産業平均	33.2	34.5	36.4	37.8	38.6	38.8	39	39	39.3	39.5

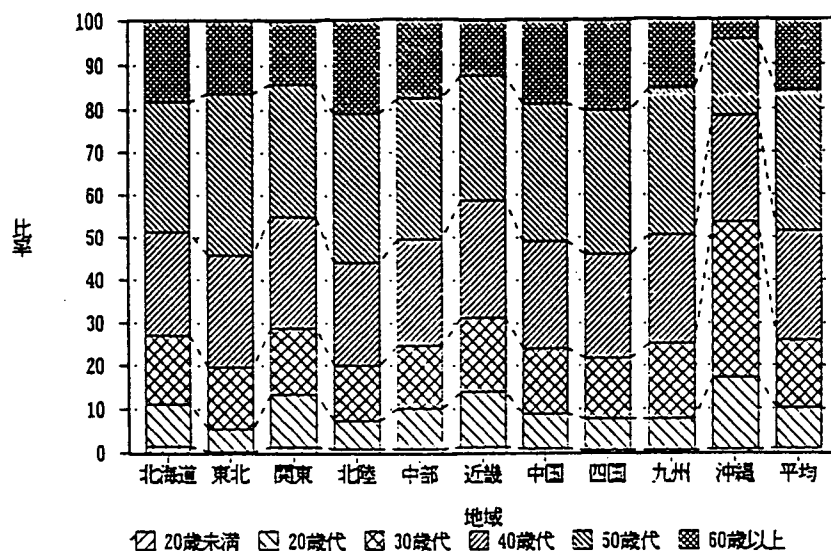
（注） 総務庁「労働力調査」

表-4.1.15 就業者の年齢階層別構成比

年		75	80	85	86	87	88	89	90	91
20才未満	建設業	2.4	2.2	1.7	1.9	1.9	2	1.9	2.2	2.5
	製造業	4.5	2.8	3	3.1	2.9	2.7	2.8	2.9	2.6
	全産業	3.1	2.5	2.4	2.6	2.6	2.5	2.6	2.7	2.7
20—29	建設業	25.2	19.9	15.3	14.8	14.9	14.6	14.6	14.6	15.3
	製造業	26.9	19.5	17.9	18	18.5	19.2	19.3	19.5	20.0
	全産業	26	21.3	19.4	19.3	19.5	19.6	19.8	20.1	20.4
30—39	建設業	27.1	28.6	28.1	29	28	26.1	24.1	22.1	20.5
	製造業	27.3	29.7	26.6	26.1	25.1	23	21.6	20.1	19.0
	全産業	24.4	26.5	25.4	25.5	24.6	23.2	21.8	20.7	19.7
40—49	建設業	25.6	25.9	26.1	25.5	25.7	26.8	28	28.5	28.5
	製造業	23.1	26.8	28.7	28.1	28.2	28.6	29.3	29.2	29.1
	全産業	23.2	23.7	24.3	23.7	24	24.8	25.7	26.1	30.0
50才以上	建設業	19.7	23.4	28.7	28.8	30	30.5	31.5	32.5	33.1
	製造業	18.2	21.2	23.9	24.5	25.2	26.5	27.1	28.1	29.5
	全産業	23.3	26	28.5	28.9	29.4	29.9	30.1	30.5	31.3

（注） 総務庁「労働力調査」

建設省他で行われた「公共事業労務調査」によると、1991年10月における建設労働者の平均年齢は47.2歳で年々上昇する傾向は変わっていない。地域別の平均年齢は地域差が大きく、最も若い沖縄と最も平均年齢の高い北陸地区では9.6歳の開きがある。



出典：「公共事業労務調査」に係る建設建設労働者の年齢に関する分析
建設経済局労働資料対策室

図-4.1.12 地域別建設労働者年齢分布

表-4.1.14 地域別建設労働者年齢分布

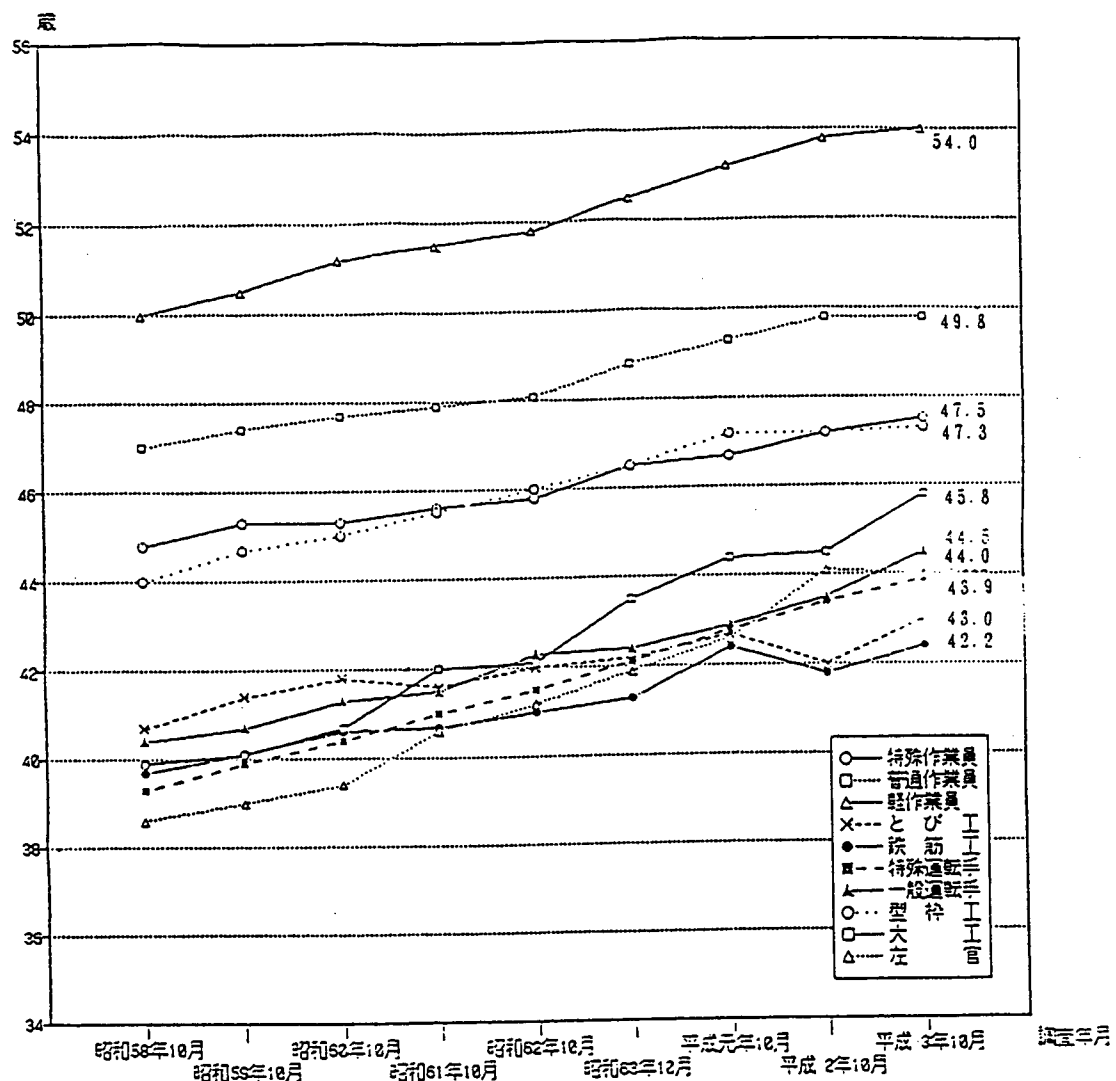
単位：％

	20歳未満	20歳代	30歳代	40歳代	50歳代	60歳以上
北海道	1.5	9.7	15.9	24.2	30.5	18.2
東北	0.4	5.2	14.2	26.2	37.8	16.2
関東	1.4	12.1	15.4	26.2	30.8	14.1
北陸	0.9	6.4	12.7	24.0	35.1	20.9
中部	1.0	9.2	14.5	24.8	32.7	17.8
近畿	1.4	12.7	17.3	27.4	28.8	12.4
中国	1.0	8.0	15.2	25.0	32.1	18.7
四国	0.6	7.2	14.1	24.2	33.6	20.3
九州	0.6	7.2	17.5	25.3	34.1	15.3
沖縄	0.7	16.4	36.3	24.8	17.3	4.5
全国平均	1.0	9.2	15.8	25.6	32.4	16.0

出典：「公共事業労務調査」に係る建設建設労働者の年齢に関する分析
建設経済局労働資料対策室

次に、主要10職種の職種別の平均年齢を図-4.1.13に示す。全ての職種とも平均年齢は年々高くなっており、昭和58年度から平成3年度の8年間の平均年齢は2～4歳上昇している。

この10職種について、平均年齢の高い方からみると、軽作業員の54.0歳が最高齢で、普通作業員49.8歳、特殊作業員47.5歳、型枠工47.3歳、大工45.8歳の順となっている。一方、低い方からみると、鉄筋工が42.4歳と最も若く、次いで、とび工43.0歳、特殊作業員43.9歳、左官44.0歳、一般運転手44.5歳の順となっている。



出典：「公共事業労働費調査」に係る建設建設労働者の年齢に関する分析について
建設経済局労働費財対策室

図-4.1.13 職種別平均年齢の推移

4. 2 建設労働力需給の将来予測

4. 2. 1 労働需給の推移

(1) 労働需給の現状

わが国の経済は、内需拡大を目指した経済運営が効を奏し、表-4. 2. 1に示すように1990年までは順調な発展を遂げ、1990年度の建設投資は実質額で71兆円となり、G N Pの18%と大きなウェイトを占めている。しかし、それ以降はバブル経済の崩壊により、民間建設投資の減少に足を引っぱられる形で停滞している。この建設投資を支える建設労働者は、国勢調査によると表-4. 2. 2のように平成5年度で640万人に達する。建設労働者の不足率は「建設省労働需要調査」によると建設業全体では表-4. 2. 3のように昭和63年度には3%に達しているが、平成5年度には0.3%に低下した。これは、バブル経済の崩壊による景気低迷の影響と考えられるが、潜在的には技能労働者は不足しているといえる。

表-4. 2. 4は本総プロのWGメンバーに実施したアンケート調査結果であるが、ここでも型枠工や鉄筋工を中心に現場での作業員が不足し作業員の確保が困難との回答が多く、技能レベルに対しても充分でないとの回答も多い。また将来についても全体に作業員の確保が現状以上に困難になる予想している。

さらに建設業に従事するものの高齢化は著しく50才以上の労働者の占める割合は、平成元年度で製造業に比べ5%程度高く、今後においてもこの労働者の高齢化の進行と労働者不足はより一層深刻になるとされている。

表-4. 2. 1 G N Pと建設投資の推移

(兆円・%)

	62年度	63年度	元年度	2年度	3年度	4年度	5年度	6年度
実質G N P (伸び率)	350 (4. 9)	371 (6. 0)	387 (4. 5)	407 (5. 1)	421 (3. 6)	425 (0. 7)	425 (-0. 1)	421 (0. 7)
建設投資 (伸び率)	61 (13. 3)	65 (5. 7)	67 (3. 5)	71 (6. 9)	70 (-2. 4)	70 (0. 9)	70 (-0. 7)	68 (-3. 3)

「国民所得統計、建設投資」

(4、5年度は見込み、6年度は見通し)

表-4. 2. 2 建設就業者数の推移

	55年度	56年度	57年度	58年度	59年度	60年度	61年度	62年度
建設就業者 (伸び率)	548	544 (-0. 7)	541 (0. 0)	541 (5. 1)	527 (-2. 6)	530 (0. 6)	534 (0. 8)	533 (-0. 2)
			63年度	1年度	2年度	3年度	4年度	5年度
			560 (5. 1)	578 (3. 2)	588 (1. 7)	604 (2. 7)	619 (2. 5)	640 (3. 4)

総務庁「労働力調査」

表-4.2.3 職種別建設技能労働者不足率の推移

		1 雇用して いない	2 非常に不 足	3 やや不足	4 特に過不 足ない	5 やや過剰	6 たいへん 過剰	7 無回答	2 + 3
ゼ ネ コ ン	設計・技術・工務 (現場監督者を含む)	1.4	17.9	57.8	20.3	0.8	—	1.9	75.7
	事務・営業	2.5	0.9	27.6	61.3	2.8	—	5.0	28.5
	職 長	23.4	9.3	34.2	29.1	0.3	—	3.8	43.5
	現場作業員	10.7	24.4	40.6	19.9	1.1	0.4	2.9	65.0
サ ブ コ ン	設計・技術・工務 (現場監督者を含む)	8.6	18.9	42.9	17.2	0.1	0.1	12.2	61.8
	事務・営業	8.6	2.6	24.9	51.0	0.9	—	12.0	27.5
	職 長	5.6	19.6	42.9	20.3	0.4	0.2	10.8	62.5
	現場作業員	3.9	47.1	38.8	6.6	0.2	0.3	3.1	85.9

労働省労働基準局：「建設業における労働時間短縮の現状と方向」

表-4.2.4 総プロにおける技能労働者需給のアンケート結果

	現 状		将 来 作業員の確 保が困難
	作業員不足	レベル不満	
型枠工	97%	40%	93%
鉄筋工	97%	40%	93%
土工	77%	71%	66%
とび工	73%	54%	86%
普通作業員	53%	75%	66%
特殊作業員	47%	34%	76%
世話役	43%	53%	60%

総プロ標準設計WG調べ

4.2.2 将来の社会資本整備の目標

今後の社会資本設備においては、わが国の国土開発の基本目標である「第4次全国総合開発計画」（昭和62年策定）をふまえて、社会資本整備を行われていく。表-4.2.5及び表-4.2.6は、1986年に国土建設の指針として発表された「国土建設の長期構想」及びその中で示された現状の整備水準、目標整備量である。なお、この構想は「多重的な“ふるさと都市圏ネットワーク”の構築」を国土建設の基本目標としている。また、平成2年6月に政府は公共投資基本計画を策定したが、平成6年にこれの見直しを行い、新たに平成7年度を初年度とする公共投資基本計画を策定した。計画の概要を次頁に紹介する。これによると、今後とも着実な社会資本整備の推進が見込まれる。

表-4.2.5 国土建設の基本的目標と基本方向

項 目	内 容
国土建設の基本目標	厳しい自然条件を克服し、国民が等しく安全な生活を教授できる国土を構築するとともに、金鉱・珪石用の促進を図り、活力に満ちた個性的な地域社会とそれらを緊密にネットワーク化された国土を創造するため、多極重層的な“ふるさと都市圏ネットワーク”の構想を図る。
国土建設の基本方向	・国土の基本的枠組みの構築 ・都市化への積極的対応 ・大都市圏の整備 ・地方都市及び農産漁村の整備 ・ゆとりとうるおいのある生活空間の形成 ・ニューフロンティアの開拓

表-4.2.6 主な建設省所管事業の全国ベースの長期目標

		現状（60年度末）	昭和75年目標	21世紀初頭
道路	高規格幹線道路	3,721km	9,000km概成	14,000km概成
	バイパス・環状道路	500km	11,700km概成	必要な都市での専用道網整備
	歩道整備	8,300km	236,000km概成	歩道必要箇所完
住宅	住宅資産	137兆円	概ね倍増	
	住居水準	約85.9m ² /戸	半数が誘導居住水準に	
下水道	総人口普及率	36%	概ね7割	概ね90%
公園	計画人口当面積整備率	4.9m ² /人 54,030ha	倍増	20m ² /人 2440,200ha
河川	大河川	約13,600km	約19,600km	当面安全率確保
	水資源	900万m ³ /日	5000万m ³ /日	需給バランス

平成7年度からの公共投資基本計画

【計画期間】

平成7年度(1995年度)から16年度(2004年度)までの10年間
(旧計画:平成3年度(1991年度)から12年度(2000年度)までの10年間)

【投資規模】

計画期間中の公共投資総額おおむね630兆円(うち弾力枠30兆円)
(旧計画:公共投資総額おおむね430兆円(うち弾力枠15兆円))

【投資配分】

公共投資総額のうち生活環境・福祉・文化機能に係るものの割合を60%台前半に増加
(旧計画:生活環境・文化機能に係るものの割合を60%程度に増加)

【整備目標】

整備目標	将来目標(21世紀初頭)	現況
排水が公的主体により衛生処理される人口の割合	9割を超える程度	(下水道処理人口普及率) 49%(1993年度末)
歩いて行ける公園の整備率	概ねすべての市街地において歩いて行ける範囲に公園ネットワークを整備	歩いて行ける公園の普及率 51%(1992年度末)
市街地の植樹面積	3倍増	5,255万本(1991年度末)
大都市圏の都心部における住宅供給戸数	160万戸	—

また、現在までに策定されている建設省所管事業の主な五カ年計画の概要を以下に示す。

表-4.2.3 建設省所管5カ年計画の概要

名 称	計 画 期 間	総 投 資 額 ()内は地味等を除く	目 標 水 準 等
第8次治水事業 五箇年計画 (調 整 費)	平成4～平成8	17兆5,000億円 (10兆9,000億円) (2兆5,900億円)	氾濫防衛率 全 河 川 45%→53% 大 河 川 62%→69% 中 小 河 川 35%→43%
第11次道路整備 五箇年計画 (調 整 費)	平成5～平成9	76兆円 (49兆4,000億円) (1兆4,000億円)	高規格幹線道路供用延長 5,929km→7,806km
第7次下水道整備 五箇年計画 (調 整 費)	平成3～平成7	16兆5,000億円 (10兆円) (1兆9,700億円)	処理人口普及率 約44%→約54%
第5次都市公園等 整備五箇年計画 (調 整 費)	平成3～平成7	5兆円 (2兆2,300億円) (8,200億円)	計画対象人口1人当たりの 都市公園等面積 約5.3m ² →約7.0m ²
第5次特定交通安全施設 等整備事業 五箇年計画 (調 整 費)	平成3～平成7	1兆8,500億円 (1兆5,900億円) (2,600億円)	歩道等の緊急に必要な道路 約11万km→約13.5万km
第六期住宅建設 五箇年計画	平成3～平成7	7,300千戸 (公的資金による住宅 3,700千戸) うち調整戸数200千戸	1戸当たり平均床面積 89.3m ² (昭和63年)→95m ²
第5次海岸事業 五箇年計画 (建設省分) (調 整 費)	平成3～平成7	1兆3,000億円 (1兆 400億円) (3,458億円) (1,700億円)	安防減海岸延長の整備率 44%→54%
第3次急傾斜地崩壊対策 事業 五箇年計画 (調 整 費)	平成5～平成9	1兆1,500億円 (5,800億円) (2,700億円)	急傾斜地崩壊防止施設整備率 22%→30%

4.2.3 産業・就業構造の将来予測

(1) 労働人口の減少

1947年から1949年にかけて日本は第一次ベビーブームを迎え、その世代が結婚年齢に達し、1971年から1974年に第二次ベビーブームが到来した。しかしそれ以降、下図に示すように、日本の出生数は減少傾向にある。これは、出産が集中する20～34歳女性の人口減少に加え、女性一人あたりの出産数（合計特殊出生率）が減少したためである。合計特殊出生率の減少は、女性の就労機会の拡大、結婚に対する社会や女性自身の意識の変化などによる晩婚化、また、余裕ある暮らしを求める風潮の中で子供の数を抑える若い世代の夫婦が増えていることなどによるものと考えられる。

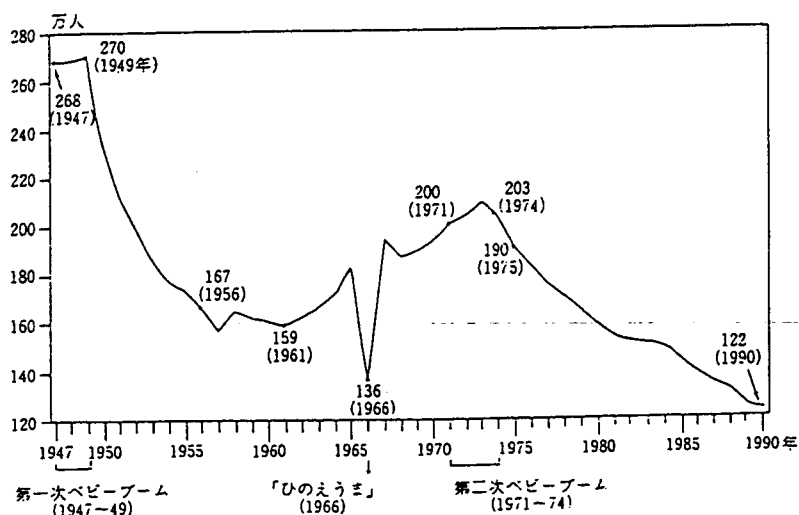


図-4.2.1 出生率の推移

出生数減少により、労働力の中核を担う15歳から64歳までの生産年齢人口は、1995年8712万人をピークとして減少に転ずる見込みである。

また、経済力の充実に背景とした国民生活の向上、医療技術の進歩などにより65歳以上の人口が増加する高齢化現象が進み、下図のように、全人口に対する生産人口の割合もまた減少傾向にある。

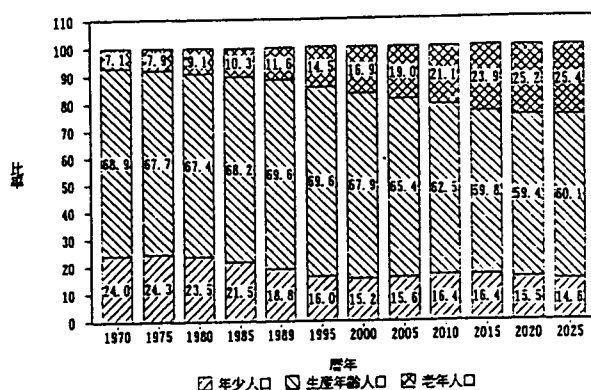


図-4.2.2 年齢区分別人口（実数）の推移

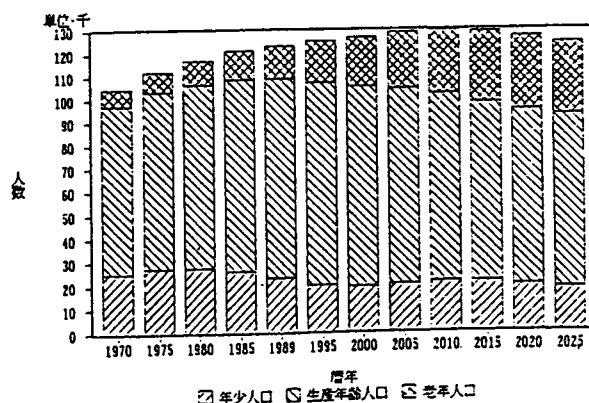


図-4.2.3 年齢区分別人口構成比の推移

(2) 労働人口の高齢化

わが国の労働者人口の年齢別構成の経年変化を下表および次頁の図に示す。

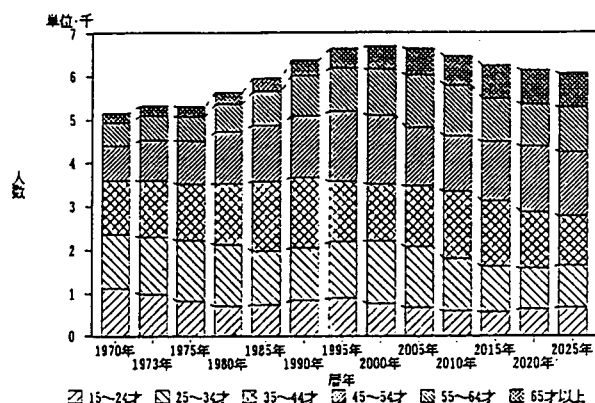
表-4.2.9 年齢階級別労働人口の推移

暦年	15～24歳	25～34歳	35～44歳	45～54歳	55～64歳	64～ 歳
1970	1108(21.5)	1248(24.2)	1227(23.8)	815(15.8)	525(10.2)	231(4.5)
1975	819(15.4)	1406(26.4)	1286(24.2)	1011(19.0)	557(10.5)	245(4.6)
1980	699(12.4)	1438(25.5)	1393(24.7)	1208(21.4)	633(11.2)	279(4.9)
1985	733(12.3)	1260(21.1)	1597(26.8)	1297(21.8)	776(13.0)	300(5.0)
1990	834(13.1)	1225(19.2)	1615(25.3)	1418(22.2)	932(14.6)	360(5.6)
1995	886(13.4)	1317(19.9)	1374(20.7)	1612(24.3)	989(14.9)	447(6.7)
2000	755(11.3)	1456(21.8)	1300(19.4)	1593(23.8)	1056(15.8)	533(8.0)
2005	658(9.9)	1415(21.3)	1391(21.0)	1355(20.4)	1209(18.2)	607(9.1)
2010	583(9.0)	1216(18.8)	1538(23.7)	1289(19.9)	1173(18.1)	682(10.2)
2015	561(8.9)	1063(16.9)	1503(23.9)	1381(22.0)	1000(15.9)	772(12.3)
2020	621(10.1)	958(15.5)	1291(21.0)	1526(24.8)	963(15.6)	802(13.0)
2025	664(10.9)	976(16.1)	1128(18.6)	1483(24.4)	1036(17.1)	788(13.0)

出典：調査第157号 日本開発銀行

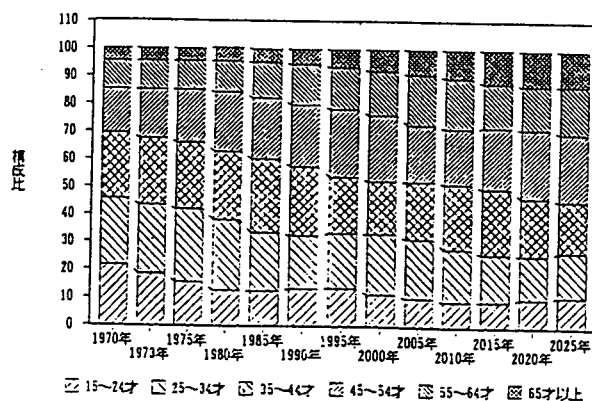
全人口の高齢化にあわせて、労働者人口の高齢化もまた急速に進みつつある。1990年から2000年にかけて、労働力人口は310万人増加すると予想されるが、このうち173万人は65歳以上、124万人は55～64歳である。

また、労働力人口中で65歳以上の占める比率は、1980年には4.9%だが、1990年には5.6%、2000年には8.0%に達し、その後も上昇し続けることが予測され、全人口の高齢化による定年延長、定年退職後の就業等が活発になることが予想される。



出典：調査第157号 日本開発銀行

図-4.2.4 年齢階級別労働人口（実数）の推移



出典：調査第157号 日本開発銀行

図-4.2.5 年齢階級別労働人口構成比の推移

4.2.4 労働需給の将来見通し

(1) 労働需給の推計プロセス

将来の労働需給の見通しに関連する事項を整理すると以下のとおりである。

①労働需給の現状

- ・これまでの建設業就業者数の推移は景気の動向や建設投資額によって変化する。（バブル経済の時には就業者数は一時的に増加）
- ・建設就業者の入職実態は、若年労働者の入職者数は減少傾向にある。
- ・建設労働者の平均年齢は全産業平均に比べて高く、年々増加している。
- ・技能労働者の不足はバブル経済の崩壊とともに緩和したが、潜在的には不足傾向にある。

②将来の労働者需要

- ・「国土建設の長期構想」、「公共投資基本計画」等によって、将来とも着実な社会資本整備が実施され、建設投資額も増加していく。
- ・建設投資額の増加によって、将来とも建設労働者需要は大きい。

③将来の建設労働者供給

- ・わが国全体では1990年～2000年にかけて労働力人口は増加するが、その後は減少に転じる。
- ・人口の高齢化が急速に進み、若年労働者人口の減少と65以上労働者人口の増加がする。

これらの関連事項をふまえて、ここではこれまでに公表されたビジョンや予測結果等を使用し、2000年における建設業の労働力需給について検討した結果を記述する。需給推計のプロセスは図-4.2.6のとおりである。

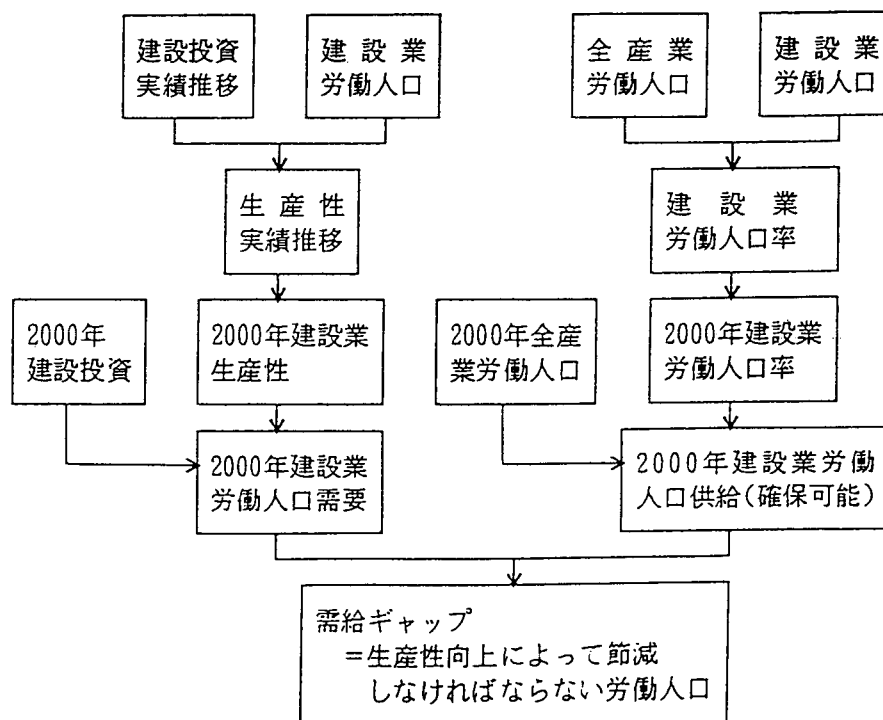


図-4.2.6 建設労働力需給推計プロセス

(2) 将来の労働力需要予測

労働力需要は以下のプロセスにより推計した。

- ① これまでの建設投資額に対する建設業の労働人口により、労働人口あたりの生産性を算定する。

表-4.2.10 年次別建設投資額、建設業労働人口、労働人口あたりの投資額

年次	建設投資額 (1985年価格) 億円	建設業 労働人口 万人	労働人口あ たり投資額 億円/万人
1981	512,054	544	941
1982	508,640	541	940
1983	483,781	541	894
1984	483,355	527	917
1985	499,645	530	943
1986	538,818	534	1,009
1987	610,587	533	1,146
1988	645,525	560	1,153
1989	673,900	578	1,166
1990	726,000	555	1,156

国民経済計算年報労働力調査（総務庁）

- ② 将来の建設投資額については、建設経済研究所によるマクロモデルの予測値を採用する。

2000年：民間建設投資は71.5兆円（名目）

政府建設投資は49.1兆円（名目）

なお、参考値として、2000年以降は1992年から2000年までの成長率がそのまま続くと仮定し、2010年における予測値を推計した。1985年価格に換算した結果を表-4.2.11に示す。

表-4.2.11 年次別建設投資額

年次	建設投資額 (1985年価格) 億円
2000	989,336
2010	1,252,672

- ③ 将来の労働生産性については、現在の生産性の伸びが2010年まで続くとして、過去10年間の建設業労働人口あたりの建設投資額をロジスティックス曲線により2010年まで時系列延長し、将来の建設業労働人口あたりの建設投資額を推計した。
- ④ ②と③の結果から2000年及び2010年における必要労働者数を662万人及び669万人と設定した。

表－4.2.12 年次別建設投資額、必要とする建設業労働人口

年次	建設投資額 (1985年価格) 億円	建設業労働 需要 万人	労働人口あたり投資額 億円／万人
2000	989,336	662	1,494
2010	1,252,672	669	1,873

(3) 将来の労働力供給予測

労働力供給は以下のプロセスにより行った。

- ① これまでの全産業の労働人口に対する建設業の労働人口の割合を算出する。
- ② 将来の全産業労働人口については「労働力不足時代への対応」（労働省）により、2000年までに続
における労働人口を6,730人と推定する。

表-4.1.13 労働人口の推移と見通し

		1980年	1985年	1989年	1995年 (推計)	2000年 (推計)
男女 合計	計	5,650 (1.2)	5,963 (1.1)	6,270 (1.3)	6,582 (0.8)	6,730 (0.4)
	15~29歳	1,361 (-2.8)	1,321 (-0.6)	1,426 (1.9)	1,584 (1.8)	1,571 (-0.2)
	30~54歳	3,377 (2.7)	3,567 (1.1)	3,608 (0.3)	3,600 (-0.0)	3,606 (0.0)
	55歳以上	912 (2.6)	1,076 (3.4)	1,236 (3.5)	1,398 (2.1)	1,555 (2.2)
	55~59歳	385 (4.2)	489 (4.9)	541 (2.6)	566 (0.8)	629 (2.1)
	60~64歳	248 (0.4)	287 (3.0)	356 (5.5)	399 (1.9)	407 (0.4)
	65歳以上	279 (2.6)	300 (1.5)	339 (3.1)	433 (4.2)	519 (3.7)
男	計	3,465 (0.8)	3,596 (0.7)	3,737 (1.0)	3,900 (0.7)	3,982 (0.4)
	15~29歳	792 (-3.7)	750 (-1.1)	791 (1.3)	870 (1.6)	859 (-0.3)
	30~54歳	2,109 (2.5)	2,182 (0.7)	2,178 (-0.0)	2,157 (-0.2)	2,151 (-0.0)
	55歳以上	563 (1.9)	665 (3.4)	766 (3.6)	873 (2.2)	972 (2.2)
	55~59歳	228 (3.7)	307 (6.1)	340 (2.6)	352 (0.6)	383 (2.0)
	60~64歳	151 (-0.4)	171 (2.5)	222 (6.7)	253 (2.2)	258 (0.4)
	65歳以上	184 (1.7)	187 (0.3)	201 (2.2)	268 (4.7)	326 (4.0)
女	計	2,185 (1.9)	2,367 (1.6)	2,533 (1.7)	2,682 (1.0)	2,748 (0.5)
	15~29歳	570 (-1.8)	571 (0.0)	634 (2.7)	714 (2.0)	712 (0.1)
	30~54歳	1,268 (3.2)	1,385 (1.8)	1,429 (0.8)	1,443 (0.2)	1,455 (0.2)
	55歳以上	318 (3.6)	411 (3.4)	470 (3.4)	525 (1.9)	583 (2.1)
	55~59歳	156 (4.4)	182 (3.1)	201 (2.5)	214 (1.0)	241 (2.4)
	60~64歳	97 (1.7)	116 (3.6)	134 (3.7)	146 (1.4)	149 (0.4)
	65歳以上	95 (4.6)	113 (3.5)	135 (4.5)	165 (3.4)	193 (3.2)
高齢者(55歳以上)比率		16.1	18.0	19.7	21.2	23.1
女子比率		38.7	39.7	40.4	40.7	40.8

(資料出所) 実績値(1980, 1985, 1989年)は総務庁統計局「労働力調査」
推計値(1995, 2000年)は労働省研究会推計による
()内は前5年間等の年平均変化率である

③ 将来の建設業労働者率については、これまでの建設業労働者率の伸びが今後2010年まで続くとして、過去10年間の全産業労働者数と建設業労働人口の比率を指数回帰により求め、2000年及び2010年の建設業労働者率を設定した。

④ ②と③の結果から2000年及び2010年における供給労働者数を572万人及び577万人と設定した。

表-4.2.14 全産業労働人口、供給可能な建設業労働人口

年次	全産業 労働人口 万人	建設業労働力 供給人口 万人	建設業 労働力率 %
2000	6,730	572	8.5
2010	7,211	577	8.0

(3) 労働力需給ギャップ

2000年における労働者需給は、需要662万人に対して供給572万人となり、90万人（16%）の不足となる。この結果には、従来の技術革新等による生産性の向上（約20%）が既に見込まれている数字である。従って、需給ギャップを解消するためには、これまで以上の生産性向上を達成する方策を講じる必要がある。

表-4.2.15 2000年における建設投資額、1万人あたり建設投資額
(1985年価格)

ケース	労働人口 万人	建設投資額 億円	1万人あたり建設投資額 億円 (相対比)	
労働需要	662	989,336	1,494	1.00
供給人口	572		1,730	1.16

(4) 建設投資中期予測委員会による労働力需給見通し

建設投資の将来見通しについては、建設投資中長期予測委員会（委員長、佐貫利雄、帝京大学教授、建設経済局に設置）が検討結果を発表しているのので、ここに紹介する。（建設経済94年7月1日号を引用）

1) 予測の前提条件

- ① 人口は、2011年のピークに向けて増加が鈍化する傾向にあるが、世帯数は、1991～2000年度は、世帯形成時期世代の増加と一世帯当たり人口の減少により、1981～1990年度をやや上回る増加を示し、2001～2010年度は伸び自体は鈍化するが、引き続き一世帯当たり人口の減少により、人口の伸びと比較して穏やかなものに止まる。
- ② 経済成長率は、現在から2000年度までは、労働力、資本ストック、技術進歩等の供給能力から見て可能な、期待される経済成長率を実質3%台前半程度と想定。ただしバブル期に積み上がったストック調整に長期間を要するために、民間設備投資は低調に推移すると予想され、政府建設投資が積極的な役割を果たさない場合には、期待される経済成長率を大幅に下回り、実質2%台前半程度の成長に止まるケースも想定。また、2001～2010年度は、期待される経済成長率を実質2%台後半程度と想定。

2) 予測結果

- ① 建設投資については、1990年代には、住宅は生活の質の向上の要請もあり堅調に推移していくものと予測されるが、民間非住宅（事務所、店舗、工場等）はバブル期に積み上がったストックの調整が続くことにより低調に推移するため、政府建設投資の動向がマクロ経済運営上のポイントとなる。政府建設投資が高めで推移すれば、期待しうる経済成長も実現できるが、伸びが抑えられ、景気の中立的な役割に止められた場合には、十分な経済成長もなされないおそれがある。

2000年代には、民間非住宅も安定的な成長に戻って、建設市場全体も堅調な伸びが期待される（なお、建設投資のうち更新投資を試算すると、今後その建設投資に占める割合の増加が見込まれる結果となった）。

建設投資の全体額を予測すると、表-4.1.16の通りであり、総じて堅調な建設需要が期待される。

5. 施工環境及び労働条件

5. 1 施工環境

建設作業における施工環境は、現状での施工法、施工場所、対象物の性質等に施工環境を悪化させる要因が潜在的に含まれている。以下では、労働環境を悪化させる要因を物理的、化学的、生物的要因の3つに分けて記述する。

(1) 物理的要因

①異常気圧

地下水位の高い箇所における基礎工事に適用されるニューマチックケーソン工法では、高気圧による障害を引き起こしやすい。また、限度以上の深度における呼吸では、窒素酔いや酸素中毒等の急性障害を引き起こす可能性がある。

②有害輻射線（紫外線、可視線、赤外線、レーザー光線など）

溶接作業における有害光線は目の疾病を発生させる可能性があり、溶接アークあるいは夜間照明用などの超高圧水銀灯の可視線は、青光障害といわれる慢性の網膜障害を引き起こす可能性がある。寒冷地のコンクリート構造物の養生に用いられる赤外線式バーナーや、地下作業場照明用白熱灯等の赤外線の長時間暴露は、白内障を引き起こす可能性がある。また、土木工事の測量等に用いられるレーザービームは、その光路において眼などの暴露の危険性がある。

③騒音・振動

削岩機、締固め機械、チェーンソー等の建設機械を始め、建設現場で使用される動力機器は、一般的に騒音と振動が強大であるため、聴力障害や永久性難聴を起こしやすい。また、振動機械は、関節障害を引き起こすばかりでなく、寒冷及び振動が加速要因となる白ろう病等の血管系の機能障害を引き起こす。

④感電

電動工具、電気溶接機は絶縁・アース不完全で感電事故を招くばかりでなく、電気ショックによる転落や溺死などの危険性もある。建設現場では配電盤や配線は常に仮設的で不完全になりやすく、つり上げ鉄材等の高圧活線との近接による誘導電流や、接触による電気ショート、また水中ポンプの漏洩電流や地中活線の破壊などによる感電も見られる。

⑤重量

重量物を持ち上げる姿勢や、過大重量物持ち上げ運搬は椎間軟骨ヘルニアや、高齢者においては骨損傷を引き起こす。前屈姿勢による長時間労働でも椎間軟骨を主体とする腰痛症をもたらす。

⑥温熱

冬季、寒冷地における屋外労働では、手足の先端部の過冷による血行障害、凍傷の可能性もある。夏季、暑熱地における屋外労働あるいは地熱の高い地下でのトンネル工事では、体熱放散障害による体温上昇、発汗による体液の喪失で血圧低下（ヒートショック）、あるいは発汗過多による塩類喪失で引き起こされる骨格筋の痙攣と汗腺疲労による発汗低下で体温上昇など

が引き起こされる。

(2) 化学的要因

① 酸素欠乏症

地下掘削工事などの換気不良な閉鎖空間の場所では、地層内に存在する第一鉄化合物が水分と酸素によって酸化現象を引き起こし酸素欠乏が生じる。

② 粉塵

コンクリート解体、トンネル掘削等において発生する鉱物性粉塵は、じん肺症の主要因となる。

③ 火山性ガス

火山地帯におけるトンネル工事などにおいては、火山性の有害ガスの発生する恐れがある。

(3) 生物学的要因

有機質汚染度の高い土壌、下水汚泥における踏み抜きや切創で、破傷風等の感染症を引き起こす。

5. 2 労働施工安全

建設業における労働環境は、その作業を実施している場所が大部分屋外の地上、高所、地中あるいは坑内であり、希には、水中や水上や隔離密閉された空間であることもある。このために安全上や衛生環境上の問題が生じる。安全上の問題を生じやすい環境としては、たとえば、高所では墮落、物の飛来落下が、施工途中の構造物では倒壊が、堀削斜面では土砂の崩壊や落石などの危険がある。衛生上の問題が生じやすい箇所としては、寒冷地や圧気作業室、狭隘作業空間のほか、炎天下の作業などの問題とある。また、これらの厳しい作業環境のために労働災害も多く特に死亡などの思篤な災害が多いことに特徴があるといわれている。図-5.2.1は、建設業及び全産業での死亡災害件数の推移であるが、建設業の死亡災害は全産業の40~50%で推移していたものが、安全管理の徹底等により60年頃には37%にまで下がってきている。その結果、図-5.2.2に示すように強度率も、一概に言えないが一時6倍以上あったものが急速に低下し、1を切る倍率まで低下し、全産業の平均以下になり他産業に比して、件数のみでは、それほど危険なものではなくなっている。ただし、一時に3人以上の死傷者を伴う重大災害は、全産業の45~50%に上り、建設業の安全性に依然として問題があることが分かる。なお、これら環境条件が労働生産性や就業に与える影響等については評価は今後に検討を行う予定である。

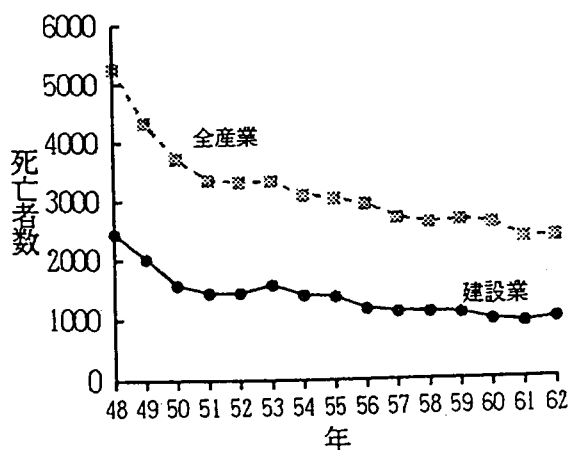


図-5.2.1 災害発生件数の推移

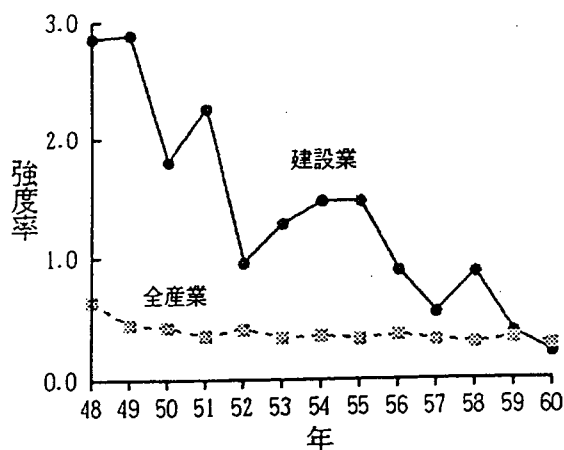


図-5.2.2 年千人率、強度率の推移

6. 施工合理化のための方策

施工の無人化・省人化を進めるための具体的方法は、機械やロボットが人力に変わって施工することが基本となる。

この方法には、現場の機械化と現場の替わりに工場の機械によって作業する方法に分けられる。前者の現場での機械化は、文字通り、これまでの人力作業に変わる機械化や、従来の機械の大型化、高速化、ロボット化による施工の省人化・無人化である。

工場での機械化は、これまで現場で人力作業によっていたものを、工場の機械が置き変わって作業する、いわゆるプレハブ化やプレキャスト化、ユニット化である。

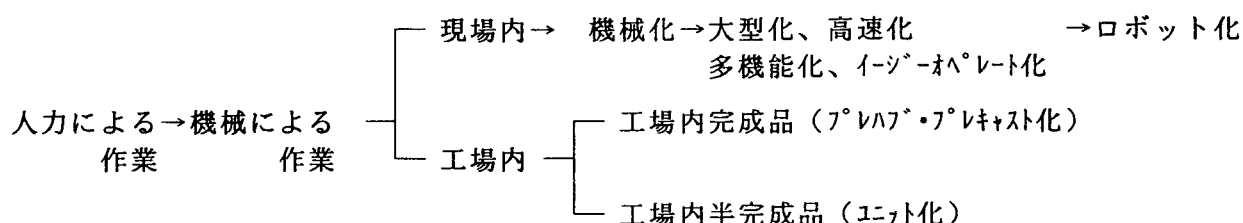
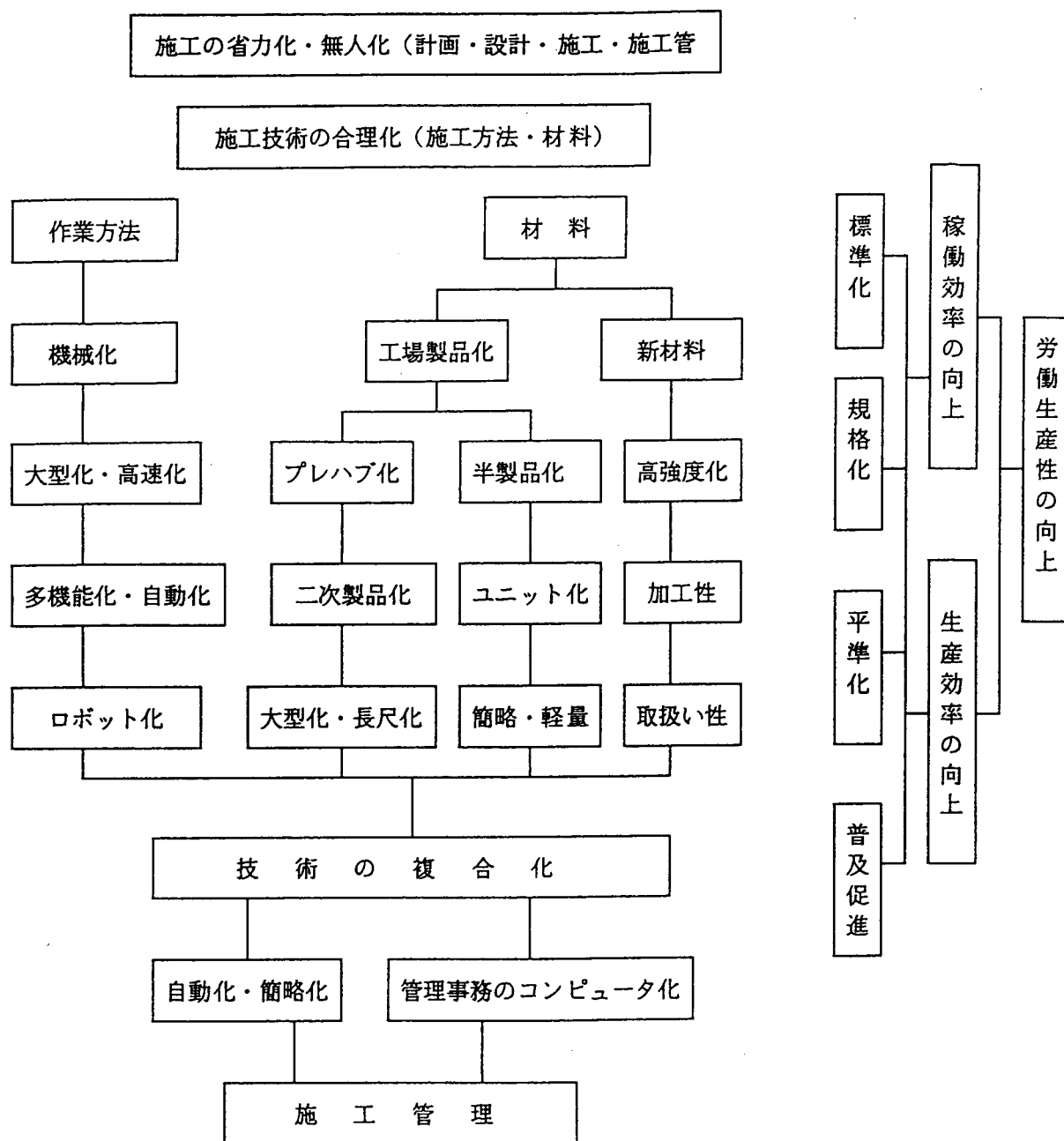


図-6.1.1 無人化・省人化の方法

さらに、建設事業の施工の省人化と労働生産性の向上等を円滑に実施していくためには、単に施工現場での対応に留まらず調査・計画段階から設計・施工・維持管理の全ての段階において、対応・処置が求められる。

すなわち、施工の省人化のためのロボット化施工やプレハブ化を前提とした設計・施工基準類の整備、構造・形状の単純化や部材寸法の規格化などによるロボット化や機械化、プレハブ化に対応した構造物の計画・設計、機械化施工を考慮した製作・施工方法、施工手順や工程・工法、品質の定量化・標準化などによるロボット化や自動化、プレハブ化に適した施工・施工管理、部材の大型化などによる機械化施工に適した施工方法などのロボット化や機械化、プレハブ化のための施工環境や施工条件の整備が必要となる。また、労働生産性の向上、低コストな機械と稼働率の向上を図るための部材寸法の規格化、機械部品の共通化などが必要であり、また、稼働率の平準化のための方策など技術面以外での対応も求められる。



図－6.1.2 施工技術の将来のあり方

7. 施工技術の現状と開発動向

7. 1 施工技術の現状

建設分野における合理化は、手作業を機械化することから始められ、昭和50年頃よりは、主に施工の自動化を目的として研究開発が進められた。その後様々な工種や施工機械で急速に開発件数が増加してきている。開発された機種は、危険作業や苦渋作業の自動化や人が近づけない箇所での遠隔操作等安全性や作業環境改善を目的としたものが多く、これらを自動化のレベルで整理すると表-7.1.1に示す通りである。

合理化・自動化の基本理念は、建設従業者の動向に対応した省力化、労働災害等に対する安全性の向上、施工現場での作業環境の改善、建設事業の生産性向上を目指す施工能力の向上等が上げられるが、現在は主に危険作業や苦渋作業からの労働者の解放を中心に合理化・自動化が進められている。

表-7.1.1 建設工事における施工の自動化の例（自動化レベル別）

工事区分	遠 隔 地 操 作 (一部機械化を含む)	一部自動化	全自動化（一部無人化を含む）
ダ ム	・グリーンカットシステム	・自動昇降型砕機 ・ケーソンクレーンの自動化	・全自動コンクリートプラント ・コンクリート運搬車の自動運転システム ・振動ローラの自動運行システム
山 岳 トンネル		・掘孔ロボット	・自動換気システム ・トンネル吹き付けロボット ・トンネル形状測定システム
シールド トンネル	・立孔掘削装置	・セグメント組立ロボット ・バッテリーロコ無人運転システム	・シールド方向制御システム ・シールド掘削管理システム ・シールド測量システム
基 礎	・リモコンケーソンショベル		・連壁掘削機掘削管理システム ・連壁コンクリート打設ロボット
土 工	・リモコンブルドーザ ・リモコンホイローダ ・リモコンパワーショベル	・オートレベリングブルドーザ ・オートレベリングモーターグレーダ ・土量管理システム ・重機運行管理システム	
舗 装	・コンクリート製品据付け機	・オートレベリングフィニッシャー ・締固め機械自動運転	・締固め管理ロボット ・路上再生処理機
海 岸	・水中ブルドーザ	・海底歩行調査ロボット ・捨石敷均しロボット	・浚渫ロボット ・自動溶接機（鋼管杭）
建 築	・玉掛外し装置 ・内装材組立ロボット ・鉄骨建方ロボット	・コンクリート水平ディストリビュータ ・壁面検査ロボット	・床仕上げロボット ・耐火被服吹付けロボット ・壁面塗装ロボット ・クリーンルーム検査ロボット

(1) コンクリート工

コンクリート工では、鉄筋、型枠、コンクリート打設、養生のほとんどを人力施工に頼っており、そのほとんどが熟練した作業員によって作業が行われている。これは、土木構造物は一品生産であること、熟練工作業を前提とした設計体系であることに原因している。

コンクリート工における省人化技術は、大きく分けて新材料の活用、コンクリート打設・締固

め・鉄筋工の機械化・自動化、鉄筋のユニット化、型枠のプレハブ化や移動式型枠の使用等である。さらに、これらの技術に加えて、省力化に対応した設計体系の見直し、構造物・部材の規格化、標準化、単純化、コンピュータ技術を活用した多品種小量生産技術の開発が必要である。

1) 新材料

施工の省力化をめざし最近開発されたコンクリートに関する新しい材料には、表-7.1.2のようなものがある。コンクリートを構成する材料のうち、セメント及び混和剤の開発はめざましく、特に施工性を改善するための流動性向上と、強度発現が早く養生の短縮、工期の短縮などが可能となっている。鉄筋の新素材代替えは、さびを生じず、耐久性の向上をめざすと同時に軽量化による苦渋労働からの解放が期待される。超硬練りコンクリートは、面状または層状で打設する場合、ローラ転圧で施工し、合理化をめざす工法にかかせない。現在、ダムでRCD工法として、舗装でRCCP工法として実用化されている。

表-7.1.2 コンクリートに関する新材料

材料の種類	新材料	省力化との関係	開発状況		
			既開発	開発中	未開発
セメント	超早強度セメント	強度発現早く1日で供用可 養生・工期短縮	○		
	球状化セメント	セメント粒子球状 流動性・強度高い		○	
混和剤	流動化剤 高性能AE減水剤	微粒子分散、流動性高め水量減 耐久性確保、高流動コンに不可欠		○	
	水中不分離性混和剤	水中コンクリート分離抵抗性高い 水の汚染少ない(環境保全)	○		
	硬化時間調整(剤)				○
鉄筋	新素材を代用	鉄筋に代わるさびない素材(耐久性向上)、軽量化		○	
コンクリート	高流動コンクリート	流動性を高めたコンクリート 締固めの低減・不要めざす		○	
	超硬練りコンクリート	水量著しく減の硬練りコンクリート 面・層状打設構造物のローラ転圧		○	

2) コンクリート工（現場打ち）

① コンクリートの製造

現在、コンクリートの製造は、ほとんど生コンプラントで行われており、コンクリート工の中で最も合理化が進んでいる。材料の計量では、コンピュータシステムの導入により計量精度が向上した。練混ぜでは、強制練りミキサによる練混ぜ効率の向上、排出時間の短縮、テレビカメラによる練混ぜ状態の確認などが行われている。

② コンクリートの運搬

コンクリートの運搬は、施工現場内外に分けられる。場外はトラックアジテータ（生コン車）で、場内の垂直方向はポンプ圧送が行われ、水平方向には最近ディストリビュータが開発されている。

③打込み・締固め

打込み・締固めの省力化のため、最近、高（超）流動コンクリートあるいは締固め不要コンクリートと呼ばれるものが開発された。このコンクリートは、高性能AE減水剤と粉体（セメント、混和材、石粉）を多量に使用して流動性ととともに材料分離抵抗性を高めることにより締固め工を低減または不要にすることをめざしたものである。

3) 鉄筋工

鉄筋工については、原子炉基礎部分のマット筋配筋などの加工、組立、配筋に関して、小数ではあるが全自動鉄筋加工機、自動配筋機が開発されている。また、鉄筋を品質管理のよい工場で先組みした鉄筋（ユニット鉄筋）を現場で組み立てる技術が開発されている。

表-7.1.3 コンクリート工の省力化技術の開発

工 程	省 人 化 技 術		開 発 状 況			基準見直し	検討項目
		技術の内容	既開発	開発中	未開発		
コン ク リ ー ト 工	製造	生コンプラント	計量、練混ぜ	○			
	運搬	生コン車大型化	5m ³ 以上の運搬		○	道路交通法	
		ポンプ自動化	リモコン操作方式	○			
		水平ディストリビュータ		○			
	打込み 締固め	自動締固めシステム	振動締固め、充填状況の自動制御	○			
		高流動コンクリート	流動性を高め、締固めの軽減・不要	◎		スランブ横移動禁止打込み高さ内部振動機	品質、物性、施工性判定技術 品質管理方法
	打継ぎ	打継ぎ自動化	打継ぎ面処理、止水板、防水層の自動化		○		
	表面仕上	仕上げロボット		○			
	養生	膜養生		○			
	品質管理 検査	試験の簡易化	コンパクト、簡易型枠	○		試験法	
		試験の自動化	早期迅速、人為誤差		○		
鉄 筋 工	加工	切断、曲げの自動化			○		
	組立	自動配列	重量鉄筋の配筋	○			
	結束	自動結束	自動結束、溶接	◎			強度、耐久性
	継手	機械継手 圧接溶接継手		○			
		全数継手	同一断面に集中	◎		継手	継手強度
	ユニット化	組立・結束 継手	ある単位の鉄筋先組 現場組立	◎		結束 継手	溶接に同じ 全数継手に同じ
型 枠 工		大型型枠		○			
		移動式型枠	スリッパフォーム スライディングフォーム	○			
		埋設型枠		◎		かぶり	接合方法、一体化
プレ ハ プ 化		位置検出技術			○		
		重量物ハブリング技術			○		
		接合方法		◎		継手	

開発状況 ◎：総プロ「建設事業における施工新技術の開発」で研究・開発中

4) 型枠工

型枠の工事費は、全工事費の35～60%にも達するという報告があり、省力化の観点からも型枠工の合理化の必要性は高い。最近の型枠工法には大型パネル工法、型枠と支保工が一体となった移動式型枠（スリップフォーム工法、ジャンプ工法）やスライディングフォーム工法による作業のサイクル化、パターン化による省力化が図られている。また、埋設型枠の使用は、脱型作業を省略することができるが、後述のプレハブ化と同様にハンドリング技術や接合技術の開発が必要である。型枠材料に透水・透気性の低いものを使用することなどにより構造物表面の耐久性向上も図られる。

5) プレハブ化

コンクリート工の自動化、省力化、品質の向上、作業の非熟練化を図るためには、先に述べた現場打ちコンクリートの型枠・配筋作業の合理化とともに、工場二次製品の利用のためのプレハブ化の推進が重要な課題となっている。特に省力化には、大型部材のプレキャスト化が期待されており、それに対する利用方法として、大型コンクリート部材による組立て・接合による方法やプレキャスト型枠を構造物の外壁に用いる工法などが考えられる。このため、大型コンクリート二次製品によるコンクリート構造物の施工技術や構造鉄筋を含む厚肉タイプのプレキャストコンクリート型枠技術の開発が行われている。

(2) 新材料

土木用に開発された新材料には、鉄筋コンクリート材料のほか、耐食性鋼材等の新しい鋼材や合金、水中塗料や恒久性被服材などの高分子材料など各種のものがあるが、ここでは建設工事の代表的な工種の一つである土工を例に新材料による省人化について考察する。

土は建設工事のあらゆる分野で使用されているが、土を用いた構造物としては図-7.1.2に閉めずような種類に分けられる。併せて、これらを土に代わる新材料として考えられるものを列挙する。これらの新材料はその開発に当たって各種のニーズに応じた土の強度特性や透水性、施工性の改善といった観点から開発されているものが多く、必ずしも無人化・省人化といったことが意識されて開発されたものばかりではない。しかしながら、結果としてのものも含め、以下のような無人化・省人化に資する技術として整理することができる。

①軽量化、固体化により持ち運び、取扱いが簡単

発泡スチロール、ジオテキスタイル

②築造の省力化、工期の短縮

発泡スチロール、気泡モルタル、ジオテキスタイル

③より軽薄な工法への変更（置換から改良等）

鉄筋等の補強材、固化材、注入材

④人力集約作業（小規模、複雑箇所での埋戻し転圧作業等）の解消

流動化処理土

⑤トラフィカビリティーの確保等により機械の導入、作業条件の改善

ジオテキスタイル、固化材、注入材

⑥施工管理、品質検査等の合理化

製品の品質保証に替わる

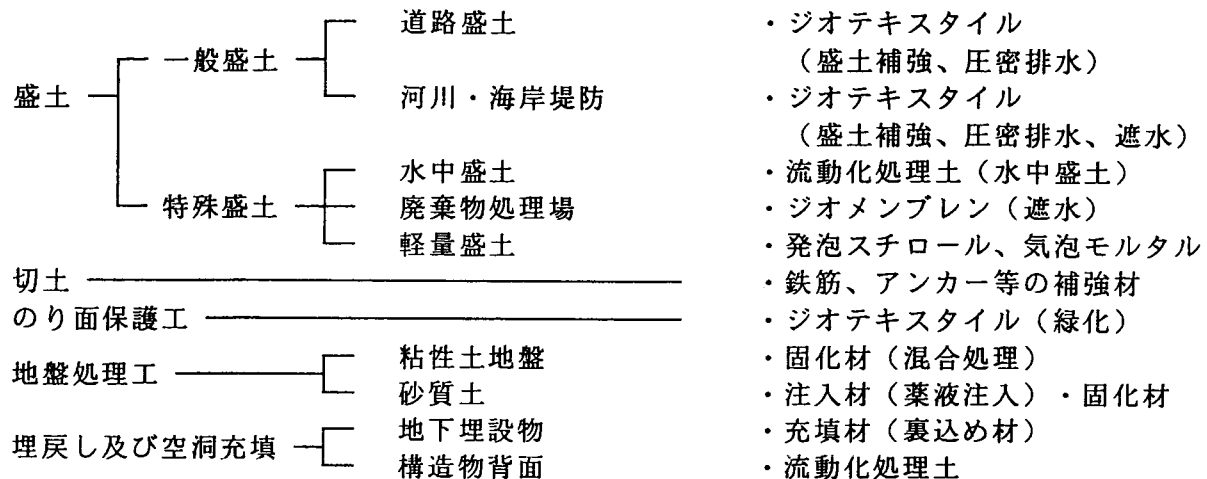


図-7.1.1 土構造物の種類と考えられる新材料

（３）山岳トンネル

トンネル工事は、準備工、掘削、ずり出し、支保工、覆工に大別されるが、中でも発破による掘削作業は、落石・落盤・出水・火薬などによる危険が伴う切羽付近での人力作業となるため、危険性・苦渋性が特に高い。

１）発破による掘削作業

発破による掘削作業は、穿孔作業、装薬作業、発破作業から構成される。穿孔作業は、現在、高性能で多機能化したドリルジャンボが導入されており、多様な地質条件、トンネル断面形状、掘削工法に適用されている。自動化技術として全自動削岩機が現在開発中の段階にある。これは切羽にジャンボを据え付けると自動的に位置を定めて順次穿孔する機能を有するものであるが、全自動削岩機の能力が切羽面の傾斜や凹凸などの条件に対処できない面があるなどの理由により、マニュアル操作で行う場合が多くなっている。将来的には省人化レベルおよび施工性が高く、穿孔位置決め機能、孔尻調整機能、穿孔中のトラブルを予知しこれを未然に防止する機能、穿孔状態のモニタリング機能などをもつ自動ジャンボの開発が考えられている。また、AI技術の導入により制御性能の高度化を図ることも考えられている。

装薬作業は、掘削作業を通じて最大人員を要するにもかかわらず、掘削作業の中で全く自動化が進んでいない部分であり、省人化を進めるうえでの最重要課題となっている。現在までに装薬作業の自動化のための爆薬自動装薬機に関する試験が行われている。

発破作業も自動化が遅れている分野であるが、起爆システムに関しては、電気雷管を用いる

場合にM. B. S方式、非電気式雷管としてノネル雷管やハーキュデット雷管が開発されている。

2) ずり積み、ずり出し

N A T Mの普及に伴い、作業空間が広くなり大容量の積み込み機械の投入が可能となった。しかし、大断面掘削では、一度に大量のずりが発生し、ずり処理の効率が全体の作業効率にも影響を及ぼすことになる。そこで、大型のコンテナ（ベッセル）と専用運搬機を用いた方式や抗内用の重ダンプトラックを用いた方式などの大容量急速ずり処理工法が開発されている他、ズリ出しトロッコの無人運転システムも開発されている。

3) 支保工

支保工について、吹付けコンクリートとロットボルトを主たる支保構造部材とするトンネル工法（通称：N A T M）の採用により、従来の矢板工法に比較して加背割りが大きくなり、大型機械の導入が促進され、作業の単純化、省力化が図られ、危険、苦渋作業の軽減に寄与している。

4) 吹付け工

吹付け工においては、機能性の向上と大容量吹付けによる急速施工が可能な大型化、高出力化された機械が導入されている。さらに、急結材の流加量、エア量の制御の自動化、ノズルの運転の自動化など様々な自動化機能を持つ吹付けロボットも開発されている。また、吹付け時に発生する粉塵や跳ね返りの低減するための技術も開発され、作業環境の改善も図られつつある。

(4) 橋梁基礎

基礎構造物の施工は、地中での作業によるため地下水や地盤条件による影響を大きく受けるが、それらは各々の施工現場で異なるため、自動化技術の導入のための作業の標準化が難しく、自動化技術の導入が遅れている工種である。

しかし近年では、官公庁をはじめとする各機関や民間会社において、基礎構造物の大型化に伴う大規模・大深度施工への対応、および安全性の向上等のため、様々な自動化技術の開発に関する試みが行われている。基礎構造物の施工法は、杭、ケーソン、地中連続壁、深礎など数多くあるが、これらのうち、ケーソン、深礎基礎は、作業員が地中深くまで入って作業を行なわなければならない、省人化以外にも労働環境、作業の安全性といったことから自動化が期待されている。

自動化技術の主な事例には以下のようなものがある。

1) ニューマチックケーソンの自動掘削技術

ニューマチックケーソンは大型構造物の基礎として多くの施工実績を持つ施工法である。その施工においては、高圧気状態のケーソン函内で作業員による掘削作業をおこなっているが、近年の構造物の大型化にたいしては、高圧気のため函内で作業可能な時間が非常に短くなると

ともに、潜函病などの危険性が高まる。こうした状況をうけ、函内の掘削を地上から遠隔操作する電動掘削機が実用化されている。また、土砂バケットへの投入・掘削位置までの戻りに自動運転を導入する半自動化技術も試験的に導入されている。

2) 深礎の自動掘削技術

山岳地帯の橋梁基礎形式として、人力施工を主体とした深礎杭基礎が広く採用されている。現在その施工では、掘削、排土、土留め、鉄筋組立等の作業に多くの人力を要するが、それらは掘削深さが深くなると作業効率が悪くなるとともに、かなりの危険作業となるため、機械化への検討が進められている。

3) オープンケーソンの自動掘削・排土・圧入システム

従来のオープンケーソンはグラブバケット等の掘削によっていたが、大口径・大深度になると施工効率が極めて低下する。また、刃口下の地盤掘削が困難なため、圧入不能、あるいは不等沈下を起こすことがある。このような問題を解決するとともに、掘削・排土・圧入の一連の作業を自動化する技術の開発が進められている。

(5) 土工

ここで土工とは、土構造物を構築するために行う、切土・掘削、運搬、盛土・埋土などの一連の作業全体を指すものとする。その作業工程は次のように分類される。

- ① 準備工（準備、測量、施工計画）
- ② 掘削
- ③ 運土（積込み、積卸し、運搬）
- ④ 盛土

このうち、掘削、運土、盛土といった工程は機械化が行われているが、狭合な施工箇所では人力施工を余儀なくされる。のり面工では、のり面保護工の多くは人力施工で行われている。また、自動化を進めるにあたっては、a 土工の作業内容が多岐にわたる、b 多くの建設機械を扱う、c 障害の多い自然地形における広範な作業である、d 土という天然素材を扱う等の理由から、克服すべき技術課題が多数ある。現状では、人力施工の機械化、建設機械のイージーオペレーション化、建設機械の多機能化、施工管理の自動化等の開発にとどまっている。土工において、現在開発されている主な技術は次のようなものがある。

油圧バックホウについては部分的にコンピュータ制御を取り入れ、作業内容に合わせエンジンの回転等を自動でコントロールするものや掘削とブロック積みを実アタッチメントの交換なしで行えるようにしたもの、また、ブロック積みを実半自動化したものも開発されている。また、ブルドーザやモータグレーダの土工板の制御を自動化し、敷均し作業の精度を上げたものや施工管理の面では転圧回数や締固め度の自動計測システムが開発されている。また、鉋石の運搬作業では大型ダンプトラックの積込みのみを実遠隔操作で行い、走行は無人運転システムで行うものも使用され始めている。

(6) ダム

ダムの施工はダム本体に関わる工事のほか、付け替え道路、各種補償工事、環境整備事業にいたる大規模な総合土木工事である。ダム工事では、このような特徴を生かして古くから施工の機械化を積極的に進めてきており、土木工事の中では最も積極的に機械化、省力化技術を取り入れ、利用している分野の一つとなっている。

最近では、コンクリートダムはRCD工法が中心になり、ダンプトラックの運搬、土工用転圧機械による締固めにより省力化が進んできた。通常の運搬方法ではバッチャープラントから打設現場までのコンクリート運搬をバンカー線やケーブルクレーン等の受渡しを自動化しているものやグリーンカット機の自動操作、グラウトポンプの注入管理の自動化が進められている。

1) 原石山の骨材採取

大型重機を用いた機械化施工が進んでおり、現在ではほぼ重機のオペレータのみで作業が可能となっている。

2) 骨材製造

骨材の破碎、洗浄、ふるい分け、貯蔵過程を通しての自動化プラント技術が完成しており、監視員一人での運転も可能となっている。

3) 基礎掘削

大型重機を用いて掘削、ズリ出しが行われており、主要な部分は機械化、省力化が進んでいる。ただし、ダムの安全性を確保するために最も重要な仕上げ掘削、湧水処理・岩盤清掃の工程は、岩盤の状況に応じた作業が必要なことから人力による施工を行っている。

4) コンクリート製造・運搬

バッチャープラント、トランスファーカー、ケーブルクレーン、インクラインなど製造から打設面までの運搬は自動化、自動運転が一般化している。

5) 堤体工

堤体工の主要な部分は機械化が進み、特にRCD工法などの合理化施工によって省力化技術は極めて高い水準にある。ただし、放流管、通廊、その他の堤内構造物の設置箇所、堤頂部（ピヤ、越流頂）などの特殊部分の施工には鉄筋工、型枠工、コンクリート工など人力に多くを頼っている部分が残っている。また、打継目処理工（グリーンカット）も機械化、自動化が進んできているが、挟合い部分の仕上げは人力に頼っている。

6) 冷却工

RCD工法等の合理化施工法の普及によってパイプクーリングなどの冷却工が必要となる場合は徐々に少なくなっている。しかし、アーチ式ダムの施工においては、クーリングパイプ、ジョイントグラウチングの配管作業は不可欠であり、人力によって確実な施工が行われている。

7) 基礎処理工

グラウチングプラントの自動化、注入管理の自動化など、多くの自動化技術が取り入れられている。しかし、ボーリング工については削孔作業、ロッドの交換などの人力作業を軽減する余地がある。

大規模土木工事の特徴を生かして、機械化、自動化による省人化が非常に進んでいるダム工事であるが、一方で自動化にあたって留意しなければならない点もある。一つは、ダム本体の形式、構造、機能は、工事の目的、ダムサイトの水文、地形、地質条件から多種多様であり、各ダムの工事は一品生産的な独自の特殊性をもった工事であるという点である。このため、細部を除いて標準設計的な考え方を適用することは難しい。また、もう一つは、ダムは構造物としての重要性から、単に省力化を図るだけでなく構造物の信頼性を第一に考えなくてはならない。このため、細部の作業はあえて人力に頼る方法を採用している。

(7) 舗装

アスファルト舗装工においては、現場施工の主要な部分は、ダンプトラックによる合材の運搬、ディストリビュータによる乳剤散布、フィニッシャによる合材の敷均し、ローラによる転圧等機械化施工が行われている。しかし、合材の敷均しや締固めの作業は、舗装の仕上がりに大きく影響するため、熟練を要し、また、この施工管理にも多大な時間と人手を要している。このほか清掃や型枠・センサロープの設置、レーキ・スコップマンによる敷き均しなど補助的作業には多くの人手を要しているなどの課題がある。このため施工法に関しては、未熟練でも操作の可能なフィニッシャやローラの自動化を中心に研究開発が進められている。

フィニッシャの自動化・省人化技術として、これまでに研究開発されている主のものには次のようなものがある。

- ①スクリード前部の合材量を一定にする合材自動供給システム
- ②路盤面からの距離からスクリードやステアリングの自動制御を行うシステム
- ③基準線に倣って、スクリードやステアリングの自動伸縮を行うシステム

しかし、これらの技術のうち基準線に倣ったものでは、基準線を設置するための手間がかかり、曲線部での基準線の設置が難しく、路盤面からの距離からによる方法では、基面の状態に仕上がりが影響される。また、平面的制御と舗装厚の制御が、別の系統で曲線部でのカントが施工できないなどの課題が残されている。

ローラについては、転圧回数を減少するため振動ローラの起振力を高めたり、起振方向の変更などの技術が研究されているが、締固めに応じた自動化技術とはなっていない。また、締固め度測定では、省人化技術としてR I密度測定器が開発されたが、合材が冷えた後での測定となり、その測定にも1～2分間を要するため真にリアルタイムの管理とはなっていない。

モータグレーダでは、基準高さ以上の不陸を土工板で自動的にカットしていくモータグレーダシステム等が開発されている。

(8) 2 次 製 品 据 え 付 け

据付工はあらゆる建設工事のなかで行われ、その種類も非常に多岐にわたる。河川護岸、切土、歩道等でのブロック敷ならべ作業は、クレーンや油圧ショベル等用いて、吊り上げ降ろしを行うか、据付けはほとんど人力作業が中心で行われ、苦渋作業も多く施工能率も悪い。

現在開発されているものは、施工性の向上、特に据え付けの省力化を図るために大型化や既成品の連結による施工工数の減少を図った長尺化などがある。

8. 施工技術の自動化・合理化のニーズ

8. 1 アンケート調査実施要領

(1) アンケート目的

土木工事に関する作業の改善ニーズを調査することにより、今後の施工技術の開発の方向性を探ることを目的として実施した。

(2) アンケート実施先

先端技術研究センターの総合技術開発プロジェクト会員企業67社に対して依頼し、アンケートは総プロ参加企業を通じて各該当現場に配布し、現場担当者に回答してもらった。

(3) 調査対象工事

調査対象工事の種類は以下の分類のとおり、5種類に分けた。

- ①トンネル（山岳トンネル）
- ②基礎工（大口径杭基礎、深礎工法）
- ③土工（掘削、運搬、転圧、施工管理）

※但し、以下の作業は土工アンケートに含めるものとする。

- ┌（a）鉄筋コンクリート工（配筋、型枠、コンクリート打設工）
- └（b）据付け工（コンクリート2次製品）

- ④コンクリートダム（RCD工法）
- ⑤舗装工（敷均し、転圧、検査）

(4) アンケートの内容

上記（3）の調査対象工事の全ての作業のうち、①安全性向上、②作業環境向上、③省力化・省人化・効率化、④品質、精度向上のために、改善が必要と思われる作業を選び出してもらう。さらに、改善が必要だと思われる作業、具体的な改善点があれば記入してもらう。

(5) 回収結果

全ての参加企業から回答があり、回答された現場263となった。工事種類別の回収結果を表－8.1.1に示す。

表－8.1.1 調査対象企業、現場数

工事種類	事業所数	現場数	回答者数
トンネル	10	25	43
基礎工	4	10	57
土工	21	184	153
ダム	19	33	34
舗装工	13	14	31
合計	67	263	318

8. 2 アンケート調査結果

アンケートは、選択回答と記述回答より成っており、選択回答は単純集計、記述回答については、類似意見の集約後、さらに複数の専門家による評価づけを行い、取りまとめた。

(1) 作業項目の分類

初めにアンケート調査結果の集計に当たって、各工事における工程と作業項目分類を以下に示す。

1) トンネル

工 程	作 業 分 類
施工計画	①準備工
測量マーキング	②測量
掘削	④削孔 ⑤装薬 ⑥発破
ずり処理	⑦ずり積み ⑧ずり出し
支保工	⑨鋼アーチ支保工 ⑩鋼工付けコンクリート工 ⑪吹き付けコンクリート工 ⑫ロックボルト工
防水工（坑口付け）	⑬防水工（坑口付け） ①準備工（坑口付け）
覆工	⑭型枠 ⑮コンクリート打設
インバート工	③掘削全般 ④型枠 ⑤コンクリート打設（鉄筋、コンクリート打設、敷均し、締固め）
計測工（坑内観察、内空変位、坑端沈下等の計測）	⑯計測工（坑内観察、内空変位、坑端沈下等の計測）
その他 〔路盤整備、側溝工〕	⑰その他
換気設備等敷地	⑱換気
坑門工	⑲坑門

2) 基準工

①大口径杭基礎

工 程	作 業 項 目
やぐら組立て	①準備工
プラント設置、削孔、掘削 土砂排出	②掘削
孔内洗浄	③孔内洗浄
コンクリート工 〔鋼管H鋼書込み 鉄筋組立、コンクリート打設〕	④コンクリート工
やぐら分解	①準備工
土砂搬出	

② 深礎基礎

工 程	作 業 項 目
芯だし	①測量
わく組設置	②準備工
掘削 〔掘削、土砂搬出、土留材組立〕	③掘削
コンクリート工 〔鉄筋組立、コンクリート打設〕	④コンクリート工
グラウト注入	⑤グラウト注入

3) 土工

工 程		作 業 分 類
機 械 土 工	岩の削孔、小割、転石処理	③掘削
	土の掘削 〔法面、水路、構造物基礎〕 〔平地〕	③掘削
	積込み	④積込み
	運搬	⑤運搬
	敷均し	⑦敷均し
	締固め	⑥締固め
人 力 土 工	掘削 〔法面、水路、構造物基礎等〕	③掘削
	埋戻し 〔切土部擁壁、構造物周り溝等〕	⑧埋戻し
人 力 補 助 作 業 〔機械補助作業、機械補助、その他〕		⑰その他
コ ン ク リ ー ト 工	鉄筋配筋	⑪鉄筋工
	型枠	⑫型枠工
	コンクリート打設	⑬コンクリート打設
法 工	ラス張、吹付け、アンカー 補強土工	⑨法面工
据 付 工	上下水道管路、排水溝、 その他コンクリート二次製品	⑰その他
	法枠工、ブロック	⑨法面工
機械の保守点検		⑯運行管理
検 査 ・ 管 理	測量、出来型管理	⑮出来高管理
	丁張	⑮出来高管理
	品質管理	⑮出来高管理
	写真撮影	⑮出来高管理
	計測管理	⑮出来高管理
	内業作業	⑰その他

4) コンクリートダムRCD工法

工 程	作 業 項 目
転流工	①準備工
堤体掘削	②堤体掘削
基礎処理	②堤体掘削
原石採取	③原石採取・運搬
運搬	③原石採取・運搬
骨材製造	④骨材製造
骨材貯蔵	⑥貯蔵
仮設備工	①準備工
濁水処理	⑤濁水処理
給気・給水設備	①準備工
型枠	⑧型枠工
止水板設置	⑨止水板設置
コンクリート製造	⑦コンクリート製造
コンクリート運搬	⑩コンクリート運搬
コンクリート打設	⑪コンクリート打設
表面処理	⑫表面処理・養生
養生	⑫表面処理・養生
天端工	⑬その他
閉塞工	⑬その他
湛水工	⑬その他
品質管理	⑭室内試験
現場管理	⑮現場試験

5) 舗装

工 程	作業項目分類
路床工	①測量 ③路床不陸整正 ④路床転圧 ⑦施工管理
粒状路盤工	②材料搬入（路盤材搬入） ⑤路盤不均し整正 ⑥路盤転圧 ⑦施工管理（出来形・品質管理）
アスファルト舗装工	⑧瀝青材散布 ⑨材料等設置 ②材料搬入（センサーロープ設置） ①測量 ⑩敷均し ⑪表層・基層転圧 ⑫養生 ⑦施工管理（出来形・品質管理）
切削工	①準備工（規制・規制解除） ②測量 ④切削 ⑤積込運搬 ⑥掃き ⑦施工管理（出来形・品質管理）

改善ニーズの高い現場作業の抽出のために、作業項目別に、「改善が必要とされている」および「早急に改善が必要とされる」の回答の比率を図-8.2.1から8.2.5に示す。

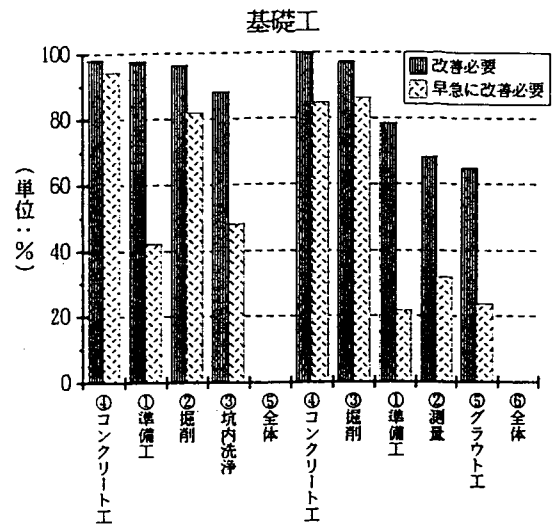


図-8.2.2 改善が望まれる作業項目：基礎工

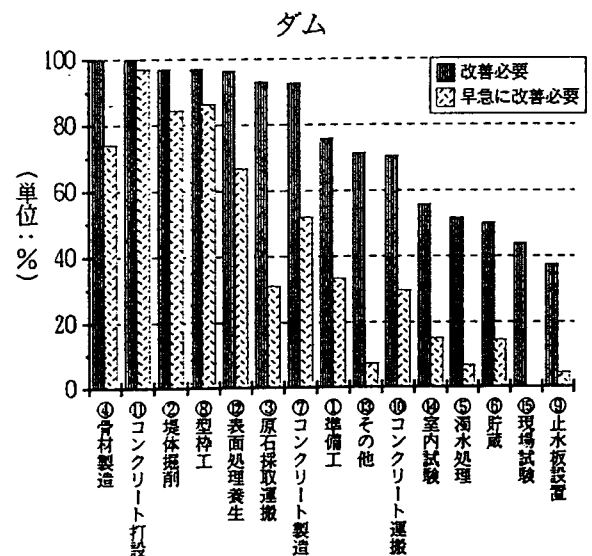
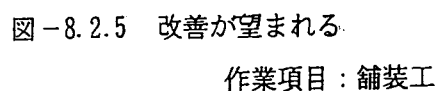


図-8.2.4 改善が望まれる作業項目：ダム



次に、「改善が必要」が80%以上を「改善の必要性が特に高い作業項目」、50%～80%を「改善の必要性の高い作業項目」に分けて改善ニーズの高いものを抽出した。

1) トンネル

「改善の必要性が特に高い作業項目」	④削坑、⑤装薬、⑦ずり積み、⑧ずり出し、 ⑨鋼アーチ支保工、⑪吹き付けコンクリート工 ⑫ロックボルト工、⑬コンクリート打設
「改善の必要性の高い作業項目」	②測量、⑬防水工、④型枠、⑮計測

2) 基礎工

「改善の必要性の特に高い作業項目」	大口径～①準備工、②掘削、③坑内洗浄、④コンクリート工 深礎～③掘削、④コンクリート工
「改善の必要性の高い作業項目」	大口径～ 深礎～①準備工、②測量、⑤グラウト注入

3) 土工

「改善の必要性の特に高い作業項目」	③掘削、⑤運搬、⑨法面工、⑪鉄筋工、⑫型枠工 ⑬コンクリート打設、⑰その他
「改善の必要性の高い作業項目」	⑥締固め、⑮出来高管理

4) コンクリートダムRCD工法

「改善の必要性の特に高い作業項目」	②堤体掘削、③原石採取、④骨材製造、⑦コンクリート製造 ⑧型枠工、⑪コンクリート打設、⑫表面処理・養生
「改善の必要性の高い作業項目」	①基準工、⑩金網工、⑬その他

(3) 改善ニーズの内容

改善ニーズが50%以上（改善ニーズの高い）の作業項目に対して、その開発の方向性を明らかにするために、①安全性の向上、②作業環境向上、③省力・省人化、④品質・精度向上の4つの項目のニーズについて整理した。

1) トンネル

改善の必要性の 高い作業項目	①安全性 の向上	②作業環境 の向上	③省力・ 省人化	④品質・ 精度向上
②測量	×	×	○	○
④削坑	△	○	○	○
⑤装薬	○	△	○	△
⑥発破	△	△	×	×
⑦ずり積み	○	◎	○	×
⑧ずり出し	○	◎	○	×
⑨鋼アーチ支保工	○	△	△	○
⑩金網工	△	×	×	×
⑪吹き付けコンクリート工	△	○	○	○
⑫ロックボルト工	○	◎	◎	◎
⑬防水工	×	△	△	△
⑭型枠	×	○	△	○
⑮コンクリート打設	△	○	○	○
⑯計測	×	×	○	△

太字：特に改善の必要（80%以上が改善が必要と回答）

◎：方向として非常に重要（「その方向での研究開発が必要」という回答が80%以上）

○：方向として重要（「その方向での研究開発が必要」という回答が50%以上80%未満）

△：方向としてあまり重要でない（「その方向での研究開発が必要」という回答が20%以上50%未満）

×

それぞれの改善項目の要望の高い作業は次のとおりである。

①安全性向上：装薬、ずり積み、ずり出し、鋼アーチ支保工、ロックボルト工

②作業環境の向上：削坑、ずり積み、ずり出し、ロックボルト工、型枠、打設

③省力・省人化：測量、削坑、装薬、ずり積み、ずり出し、吹き付けコンクリート工
ロックボルト工、コンクリート打設、計測

④品質・精度向上：測量、削坑、鋼アーチ支保工、吹き付けコンクリート工、ロックボルト工、型枠、コンクリート打設

トンネル工事の安全性向上について、回答者のニーズの集中した作業は、装薬、ずり処理、鋼アーチ支保工建込、吹付コンクリートで、改善ニーズが集中しており、人間と技術が共同する技術開発ニーズが集中している。具体的には、機械の転落防止、切羽部の崩壊防止、落石や

剥離、誤爆の機械との接触事故、作業台からの転落の防止が望まれている。

作業環境については、掘削、ずり処理、ロックボルト、型枠、コンクリート打設について改善が求められており、特にずり積み、ずり出しは早期改善の要望が多い。ずり処理に改善要望が集中した理由としては、振動、騒音、粉塵、排気ガス、多湿といった環境の他、汚れや、不自然や姿勢での作業等の複数の要因が重複していることも考えられる。

省力・省人化については、トンネル工事の多くの作業項目で必要性が求められており、測量、削坑、装薬、ずり処理、吹き付け、ロックボルト、コンクリート打設が上げられる。具体的には、人力作業の機械に、機械の多機能化、高速化、自動化、新しい材料やプレハブ材料の活用による省力化、測量、計測の省人化などが示されている。

品質・精度向上の必要な作業項目としては、測量、掘削、鋼アーチ支保工、ロックボルト、コンクリート打設、計測などが主である。具体的な作業によって品質、精度を求める内容は異なり、測量では、線形管理の精度、掘削では削孔精度、鋼アーチ支保工では、建込み位置決め、ロックボルト工では定着の信頼性、コンクリート打設では充填の確実性や巻厚精度、計測では、計測精度などがあげられる。

トンネル工事は、多種多様の作業工程からなり、この中には機械化されている作業もあれば人力作業にたよる作業もあり、合理化レベルが統一的でないことがあげられる。また、これらの作業を1編成で連続的に行なうことから工事全体として省力化を考えなければならない。

2) 基礎工

改善の必要性の 高い作業項目		①安全性 の向上	②作業環境 の向上	③省力・ 省人化	④品質・ 精度向上
大口 径 杭	①準備工	◎	△	△	△
	②掘削	○	◎	◎	◎
	③坑内洗浄	×	△	△	◎
	④コンクリート工	◎	◎	◎	◎
深 礎 基 礎	①準備工	○	△	○	○
	②測量	○	△	×	△
	③掘削	◎	◎	◎	◎
	④コンクリート工	◎	◎	○	◎

太字：特に改善の必要（80%以上が改善が必要と回答）

◎：方向として非常に重要（「その方向での研究開発が必要」という回答が80%以上）

○：方向として重要（「その方向での研究開発が必要」という回答が50%以上80%未満）

△：方向としてあまり重要でない（「その方向での研究開発が必要」という回答が20%以上50%未満）

×

各改善ニーズの高い作業は次のとおりである。

①安全性向上：大口径・準備工、大口径・コンクリート工、大口径・掘削
深礎・準備工、深礎・測量、深礎・掘削、深礎・コンクリート

②作業環境の向上：大口径・掘削、大口径・コンクリート
深礎・掘削、深礎・コンクリート

③省力・省人化：大口径・掘削、大口径・コンクリート
深礎・準備工、深礎・掘削、深礎・コンクリート

④品質・精度向上：大口径・掘削、大口径・坑内洗浄、大口径・コンクリート
深礎・準備工、深礎・掘削、深礎・コンクリート

以上の結果をまとめると、基礎工事における安全性の向上については、大口径基礎、深礎基礎とも準備工、掘削、コンクリート工に対する要望が高くなっており、それぞれの具体的内容は、作業員の安全性に関するものが多く、転落防止、落下物の回避、作業現場の崩壊防止、悪天候時の安全管理への改善要望が多い。

作業環境の向上については、大口径基礎、深礎基礎とも掘削、コンクリート工に対する要望が高く、具体的には、汚れ作業、振動、騒音、単調作業、寒暑日射下での作業の改善が求められている。

省力・省人化については、大口径基礎では、掘削、坑内洗浄、コンクリート工、深礎基礎では、準備工、掘削、コンクリート工に対する要望が多い。具体的には、掘削機械のハンドリング効率に対する改善、人力作業の改善が求められている。品質・精度の向上においては、掘削、坑内洗浄、コンクリート工において品質・精度向上が求められており、特に掘削において早期改善の要望が高い。具体的には、削孔の精度向上、孔内洗浄の確実性、鋼管H鋼、鉄筋の建込み精度の向上等の要望が高い。

3) 土工

改善の必要性の高い作業項目	①安全性の向上	②作業環境の向上	③省力・省人化	④品質・精度向上
③掘削	◎	○	○	○
⑤運搬	○	○	△	×
⑥締固め	△	△	△	△
⑦敷均し	△	×	△	△
⑧埋め込み	△	△	△	△
⑨法面工	○	○	○	○
⑪鉄筋工	△	○	○	○
⑫型枠工	△	△	○	○
⑬コンクリート打設	△	○	△	○
⑮出来高管理	△	△	○	○
⑯その他	◎	○	○	○

太字：特に改善の必要（80%以上が改善が必要と回答）

◎：方向として非常に重要（「その方向での研究開発が必要」という回答が80%以上）

○：方向として重要（「その方向での研究開発が必要」という回答が50%以上80%未満）

△：方向としてあまり重要でない（「その方向での研究開発が必要」という回答が20%以上50%未満）

×：方向として重要でない（「その方向での研究開発が必要」という回答が20%未満）

それぞれの改善項目の要望の高い作業は以下のとおりである。

① 安全性向上：③掘削、⑤運搬、⑨法面工、⑰その他

②作業環境の向上：③掘削、⑤運搬、⑨法面工、⑪鉄筋工、⑬コンクリート打設、⑰その他

③省力・省人化：③掘削、⑨法面工、⑪鉄筋工、⑫型枠工、⑮出来高管理、⑰その他

④品質・精度向上：③掘削、⑨法面工、⑪鉄筋工、⑫型枠工、⑬コンクリート打設
⑮出来高管理、⑰その他

土工の安全性向上については、掘削、運搬、その他といった共通的な作業において、改善要望が出された。これらの作業は、機械と作業者との接触事故や機械の横転・転落事故などがあり、これらを防止する技術の開発が望まれている。さらに、岩の小割、転石処理について落石に対する要望が高い。法面工では、のり面からの墜落、落石などの事故の防止が望まれている。

作業環境の向上については、掘削、運搬、法面、鉄筋、コンクリート打設において改善要望が集中している。具体的内容は、掘削、運搬作業では振動・騒音、単調作業の繰り返しに対する改善要望が多い。また、鉄筋工、コンクリート打設では寒暑日射下での作業、汚れ作業、重量物の運搬、据え付け作業、高所や狭隘な場所での作業の改善要望が多い。また、法面工、その他では重量物の運搬、据え付け、不自然な作業の改善要望が出されている。

省力・省人化については、法面工、鉄筋、型枠、コンクリート打設といった人力作業を主とするものに改善要望が集中した。また、人手にたよっている出来高計測も改善要望が多い。具体的には、掘削は人力作業の機械化、コンクリート工では人力作業の省力化のための機械化、プレハブ化、構造物の形状寸法の簡略化、新材料の活用といった要望が多く出されている。法面工では、人力施工の機械化と合わせてブロックの大型化、機械化に適した製品の要望も出されている。

出来高管理では、多くの時間を必要とする測量、計測、データ整理、書類作成の内業の手続き等、省力化に対する要望が高く、測量、計測の自動化、品質管理の簡略化、データ整理のコンピュータ化、書類の簡素化等の要望が出されている。

品質・精度の向上については、コンクリート工（鉄筋、型枠、コンクリート打設）に対する要望が高い。これらの作業は技能工にたよって行われるが、最近の技能工の不足から、組立、加工の品質低下が懸念されているためと考えられる。具体的には、技能工の技術向上とともに部材のプレハブ化、構造物の単純化、規格化、新材料の活用といった技能工にたよらない工法の要望が多い。また、掘削や法面工では、熟練オペレータの不足を補う機械の自動化やイメージオペレーション化の要望が多い。

5) ダム

改善の必要性の 高い作業項目	①安全性 の向上	②作業環境 の向上	③省力・ 省人化	④品質・ 精度向上
①準備工	△	○	△	△
②堤体掘削	△	◎	◎	○
③原石採取	△	◎	△	△
④骨材製造	△	◎	○	◎
⑤濁水処理	×	△	△	△
⑥貯蔵	×	×	×	△
⑦コンクリート製造	×	○	△	◎
⑧型枠工	△	○	◎	○
⑩コンクリート運搬	△	△	△	×
⑪コンクリート打設	△	○	◎	◎
⑫表面処理・養生	×	○	◎	○
⑬その他	×	△	△	△
⑭室内試験	×	×	△	△

太字：特に改善の必要（80％以上が改善が必要と回答）

◎：方向として非常に重要（「その方向での研究開発が必要」という回答が80％以上）

○：方向として重要（「その方向での研究開発が必要」という回答が50％以上80％未満）

△：方向としてあまり重要でない（「その方向での研究開発が必要」という回答が20％以上50％未満）

×

それぞれの改善項目の要望の高い作業は以下のとおりである。

①安 全 性 向 上：②堤体掘削、④骨材製造、⑩コンクリート運搬、⑪コンクリート打設

②作業環境の向上：②堤体掘削、③原石採取、④骨材製造、⑦コンクリート製造、⑧型枠工
⑪コンクリート打設、⑫表面処理・養生

③省力・省人化：②堤体掘削、④骨材製造、⑧型枠工、⑪コンクリート打設
⑫表面処理・養生

④品質・精度向上：②堤体掘削、④骨材製造、⑦コンクリート製造、⑧型枠工
⑪コンクリート打設、⑫表面処理・養生

コンクリートダムRCD工法の安全性の向上においては、改善要望の特に高い作業項目は少ないが、具体的な要望として機械や作業員の転落防止、機械との接触防止、作業現場の崩壊防止の要望がある。

作業環境の向上では多くの作業工程で改善が望まれている。特に堤体掘削、原石採取、骨材製造では改善要望が集中している。具体的内容では、骨材製造作業では、振動、騒音の軽減、単調作業の繰返し、原石採取では、粉塵、騒音の軽減、コンクリート打設では汚れ作業、深夜作業、寒暑日射下での作業に対する改善要望が多かった。

省力・省人化においても、全体的に省力化、省人化の要望が高く特に堤体掘削、型枠工、コンクリート打設、表面処理・養生では改善要望が集中している。具体的改善内容についてみると、堤体掘削では、人力作業の機械化、自動化とあわせてグラウト注入等の管理作業の合理化、型枠工では、人力作業の機械化、部材のプレハブ化、大型化、構造物の形状寸法の簡略化、コンクリート打設及び表面処理・養生では、機械に関する改善内容が多く人力作業の機械化、機械の自動化の改善要望がそれぞれ集中している。

6) 舗装工

改善の必要性の 高い作業項目	①安全性 の向上	②作業環境 の向上	③省力・ 省人化	④品質・ 精度向上
①測量	×	×	△	△
②材料搬入	◎	△	×	×
③路床不陸整正	○	○	△	○
④路床転圧	○	○	△	△
⑤路盤敷均し	○	○	○	○
⑥路盤不陸整正	○	○	○	○
⑦路盤転圧	◎	○	○	○
⑧瀝青材散布	×	△	×	×
⑨型枠等の設置	△	△	○	×
⑩敷均し	○	◎	○	◎
⑪転圧	◎	◎	○	○
⑬準備工	○	△	×	×
⑭切削	○	◎	△	◎
⑮積込み運搬	△	○	×	×
⑯清掃	△	△	×	×
⑰施工管理	×	×	○	○

太字：特に改善の必要（80%以上が改善が必要と回答）

◎：方向として非常に重要（「その方向での研究開発が必要」という回答が80%以上）

○：方向として重要（「その方向での研究開発が必要」という回答が50%以上80%未満）

△：方向としてあまり重要でない（「その方向での研究開発が必要」という回答が20%以上50%未満）

×

それぞれの改善項目の要望の高い作業は以下のとおりである。

①安全性向上：②材料搬入、③路床不陸整正、④路床転圧、⑤路盤敷均し

⑥路盤不陸整正、⑦路盤転圧、⑩敷均し、⑪転圧、⑬準備工、⑭切削

②作業環境の向上：③路床不陸整正、④路床転圧、⑤路盤敷均し、⑥路盤不陸整正

⑦路盤転圧、⑩敷均し、⑪転圧、⑭切削、⑮積込み運搬

③省力・省人化：⑤路盤敷均し、⑥路盤不陸整正、⑦路盤転圧、⑨型枠等の設置、⑩敷均し

⑪転圧、⑰施工管理

④品質・精度向上：③路床不陸整正、⑤路盤敷均し、⑥路盤不陸整正、⑦路盤転圧

⑩敷均し、⑪転圧、⑭切削、⑰施工管理

舗装工の安全性の向上について、路床、路盤、アスファルト舗装、補修の多くの作業で安全性の向上を望む要望があった。具体的には、路床工、路盤工、アスファルト舗装工とも不陸整正、敷均し、転圧の作業に対する安全性の向上が望まれており、さらに、アスファルト舗装工ではこれらに加えて材料搬入に対する安全性向上の要望が多い。これらの安全性向上の内容としては機械自身の横転及び機械と作業員と接触が主である。

作業環境についても路床、路盤、アスファルト舗装、補修の多くの作業で改善の要望があった。特にアスファルト舗装工における敷均し、転圧作業に特化しており、振動、騒音の軽減、寒暑日射下での作業軽減、単調作業の繰返しの軽減が主たる改善内容となっている。路床工、

路盤工においても、敷均し、転圧作業を中心に改善要望が多く、改善内容はアスファルト舗装工と同様である。

省力・省人化についても、路床、路盤、アスファルト舗装工全般にわたって省力化、省人化ニーズがあり、その内容も人力作業の機械化や機械の自動化、機械の多機能化等、機械に関したものに特化しているのが特徴である。品質・精度向上は敷均し、転圧について要望されている。路床工（締堅めのみ）、路盤工、アスファルト舗装工における具体的内容は、技能工の技術向上、機械作業の簡略化、機械の性能向上である。

（４）具体的改善要望（新技術へのニーズ）

アンケート調査における記述回答意見の「具体的改善要望」については、類似意見を集約後、さらに複数の専門家による評価づけを行い取りまとめた。取りまとめ結果を以下に示す。

１）安全性向上についての調査結果

安全性向上では、作業員の転落や重機との接触を防止する技術へのニーズが中心となっている。

工種別の代表的な記述回答を列举すると次の通りである。

①トンネル

作業項目	改善内容	新技術開発へのニーズ
掘削 ずり処理 支保工	危険物取扱い 重機との接触 作業現場の崩壊防止、墜落	掘削、装薬作業の機械化、自動化 作業員、障害物の探知システム 支保工建込みの自動化、バスケット に連動した安全帯設備
ロックボルト工	崩壊、物の落下	ロックボルト打設自動化

②基礎工

作業項目	改善内容	新技術開発へのニーズ
やぐら組立て分解 鋼管建込み コンクリート打設 掘削	落下物 作業現場の崩壊 悪天候時の安全管理	やぐら組立て、分解の自動化 小口径掘削の機械化 作業員、障害物の探知システム 足場、安全帯、転落防止柵等の改良

③土工

作業項目	改善内容	新技術開発へのニーズ
土砂積込み・運搬 人力補助作業	横転、転落防止 誤操作防止 人の探知、接触防止	傾斜地等での機械の安全性確保 作業員、障害物の探知システム 運転の自動化、遠隔操作

④ダム

作業項目	改善内容	新技術開発へのニーズ
堤体掘削 打設準備 コンクリート打設	転落防止 作業現場の崩壊防止 人の探知、接触防止	ボーリング、型枠、ケーブルクレーン 動化 作業員、障害物の探知システム

⑤舗装

作業項目	改善内容	新技術開発へのニーズ
資材搬入 敷均し・締固め	人の探知、接触防止 横転防止	作業員、障害物の探知システム 重機の走行安全性、傾斜感知システム

(2) 省力化・省人化・効率化についての調査結果

省力化・省人化・効率化では、建設機械の多機能化、自動化とともに、人力作業の機械化へのニーズが中心となっている。また、部材の改良や新材料の活用へのニーズも高い。工種別の代表的な記述回答を列举すると次の通りである。

①トンネル

作業項目	改善内容	新技術の開発
測量	人力作業の機械化 検査・管理作業のコンピュータ化	測量機器のシステム化、自動マーキングシステム
掘削	機械の自動化・多機能化	装薬、発破の自動化、あらゆる地質に対応するTBM
ずり処理	機械の大型化・高速化・自動化	ずり積み、ずり出しのトンネル専用機械連続輸送システム、ずり出しの遠隔操作、自動化
支保工	機械の多機能化、自動化 新材料の活用	高機能・多機能ジャンボ、ロックボルトの連続押入、グラウト注入機械、アーチ支保工の軽量化
計測工	機械の自動化、検査管理のコンピュータ化	切羽前方探査システム、内空変位測定 の自動化
コンクリート打設	人力作業の機械化 機械の自動化 部材のプレハブ化	コンクリート打設の自動化 型枠ジャッキの自動化 型枠のプレキャスト化

②基礎工

作業項目	改善内容	新技術へのニーズ
深礎基礎 掘削	入力作業の機械化 機械の自動化	ケーソン掘削の無人化
深礎基礎 コンクリート工	入力作業の機械化	鉄筋の大組施工
大口径杭基礎 掘削	機械の自動化 機械の高能率・高速化	削孔の自動化 汚水処理の自動化 ケーシングチューブの継手の簡略化
大口径杭基礎 コンクリート工	入力作業の機械化	鉄筋組立ての自動化

③土工

作業項目	改善内容	新技術開発へのニーズ
掘削	機械の自動化 入力作業の機械化	発破のための削孔の高速化、ロボット化 バックホーのイージーオペレーション 小型掘削機械
法面工	入力作業の機械化 機械の自動化	法面吹付けロボット、ラス張り、吹付け アンカ等施工できる多機能機械 ブロック据付けの機械化
鉄筋工	部材のプレハブ化・大型化 寸法・形状の簡略化 入力作業の機械化	鉄筋のプレハブ化、ユニット化と製品の 大型化、構造物寸法の規格化、 結束機械、自動配筋ロボット
型枠工	部材のプレハブ化、大型化 構造物寸法、形状の簡略化	大型パネルの使用可能な設計、型枠の大 型化、形状寸法の簡単化
コンクリート 打設	新材料の活用 入力作業の機械化	締固め不用コンクリート バイブレーターの軽量化、敷均し作業の 機械化

④ダム

作業項目	改善内容	新技術開発へのニーズ
堤体掘削	入力作業の機械化 機械の自動化	仕上掘削機、岩盤清掃機 注入作業の自動化、法面工事の自動化
骨材製造	機械の自動化	集中管理システム、骨材製造の全自動化 不具合箇所の自動探知システム
型枠工	入力作業の機械化 部材のプレハブ化・大型化	外部コンクリートのプレキャスト化 ダムフォームの自動化
コンクリート 打設	入力作業の機械化 機械の自動化	監査廊のプレキャスト化
表面処理養生	入力作業の機械化	グリーンカットのロボット化 グリーンカット+ダスト処理できる機械

⑤舗装

作業項目	改善内容	新技術開発ニーズ
路盤敷均し	機械の自動化	ブルドーザー、グレーダー、イージーオペレーション化の自動化
アスファルト 敷均し	機械の自動化 入力作業の機械化	ワンマンでコントロールできるAF 無接地センサーAF ノン型枠施工機械、 路肩、端部、すり付けの人力施工の機械化
施工管理	品質管理の簡略化 検査管理のコンピュータ化	出来形品質管理の簡略化 出来形品質管理書式の統一、コンピュータ化

9. 施工新技術の研究開発の現状

9. 1 施工新技術の体系的整理

土木施工における合理化・自動化技術に対して、平成3年度までの成果である現状調査結果を踏まえ、現在の開発現状及び今後の開発が期待される新技術を把握し、工種別に体系化して各技術の相互関連性を明確化するために、新技術を構成する要素の一覧、施工技術の相互関連、建設機械の現状と課題をまとめた。

(1) 施工新技術の抽出

土木雑誌等で紹介されている合理化・自動化に関する施工新技術を、対象工種における作業工程及びさらに細分化した工程小分類別に振り分け、各々についての達成度を①導入段階にあるもの、②研究開発中、③今後の開発が期待されるもののいずれかに分類した。また、各新技術のうち、特に期待される効果がある場合にはその効果を記した。

工種別の調査結果を以下に示す。

山岳トンネルにおける施工新技術の一覧

工 程 (大区分) (小区分)		施 工 新 技 術 (施工新技術名) (技術の概要)		開発熱度		改 善 項 目						
				導入段階	研究開発段階	構設段階	安全の向上	作業環境の向上	省力・省人化	品質・精度向上	省環境化	
1. 準備工	準備工	施工計画支援システム	設計施工データを収集、AI技術により支保工や機械等の選定、計画	○					○		○	
		地山探査技術	音波等による前方地山探査		○				○		○	
	測量工	自動測量・マッピング技術	レーザ等による自動測量、自動マッピング	○					○	○		
2. 掘削工	削孔	高効率掘削技術	深い削孔・装薬による掘進速度向上		○				○			
		全自動削孔技術	全自動制御・ロボットによる削孔作業の自動化		○				○	○		
	装薬	火薬自動装填技術	非電気式雷管のついた親ダイの自動装填		○		○		○			
		爆破計画支援システム	多段階爆破工法の爆発時間間隔を調整、音の干渉を利用した低周波音を制御			○		○				
	発破工	発破パターン設定支援技術	過去のデータから最適発破パターンをコンピュータで設計		○				○		○	
		非電気結合技術	無結線発破と機械充填できる新火薬による発破		○		○					
		静的発破工法	膨張剤や噴射水圧等による無発破掘削		○		○		○		()	
	補助工法	地山補強技術	モルタル注入等による切羽補強		○				○			
	掘削全般	大断面高効率掘削技術	TBM工法の槽断面掘削			○				○		
		余堀り制御技術	ロードヘッダの余堀り防止			○				○	○	
		硬岩トンネル掘削技術	カッターを切羽に押しつけて岩盤を圧砕		○					○	○	
		TBM自動運転技術	TBM掘削機械の遠隔操作、自動運転		○				○	○		
ロードヘッダ自動運転システム		ロードヘッダ自動運転システム		○					○		○	
3. ずり処理工	ずり積み	遠隔操作技術	ずり積み作業の遠隔操作			○	○	○	○	○		
		高効率ずり積み技術	リフト・ブーム・バケット等の設備と専用大型ずり積み機	○						○		
		作業空間改善技術	電気・エアーによる無公害動力によるずり積み機械			○		○				
	ずり出し	ダンプトラック自動運転技術	ダンプトラックの自動運転			○	○			○		
		連続輸送技術	ベルトコンベヤー等による連続輸送			○				○		
4. 支保工	鋼製支保工建込み	多機能ジョイントによる建て込み	支保工建て込み可能な多機能ジョイント	○						○		
		自動脚固め技術	支保工脚の固定作業の機械化			○			○	○		
		自動天端あわせ技術	支保工天端あわせの自動化			○				○		
		軽量支保工	強化プラスチックやFRP製軽量支保工による省力化			○				○		
		支保工建込ロボット	多関節・多機能型支保工建て込み機械			○				○		
	金網工	多機能ジョイントによる金網固定	金網取付可能な多機能ジョイント		○							○
		自動金網固定技術	コンピュータによる金網取付けの自動化			○	○			○		○
	吹付けコンクリート工	掘削・一次覆工併進技術	掘削と並行して内型枠を組み立ててコンクリート打設		○						○	
		粉塵、跳ね返り制御技術	低粉塵吹付け材の開発、コンクリートのバスター剤の貼り付け。ローリー吹付け機と急結剤を用いたシステム等	○					○			○
		多機能ジョイントによる吹き付け	コンクリート吹き付け可能な多機能ジョイント	○							○	
		高効率コンクリート圧送技術	吹付けコンクリートを効率的に圧装		○					○		
		吹付けに換わるインソグシステム	移動式型枠と急硬性コンクリートによる一次覆工		○				○	○	○	
		自動コンクリート吹き付け技術の自動化	コンクリート吹き付けロボットによる作業自動化、遠隔操作			○	○	○	○	○		○
		吹付けコンクリート品質自動管理技術	骨材の表面水率に関係なく自動で一定の品質を確保		○					○	○	
	ロックボルト工	多機能ジョイントによる打設技術		○							○	
		自動ロックボルト打設技術	削孔、押入、充填、締結を連続して自動化			○		○			○	
	5. 覆工	防水工	高作業性防水技術	防水シートの軽量化。		○				○	○	
新型防水層形成技術			水密鉄筋コンクリート等の新しい防水材料の利用			○				○		
防水工機械化技術			防水作業の機械化	○			○			○		
高度シート防水技術			シート張り目処理の自動化とシート張りと同時にインソグシステム			○				○		
型枠工		高作業性セントル	スリット型枠、テフロ加工等の型枠によるクレーン作業の改善			○				○		○
		セントル自動移動技術	移動式型枠の設置作業の自動化			○	○			○		
コンクリート打設工		プレキャストライニング	プレキャスト管を用いたライニング			○				○		
		覆工締め固め自動化	覆工作業の自動化（締め固め作業）		○					○	○	○
		急速覆工技術	移動式型枠と急硬性コンクリートによる2次覆工	○						○		
6. 計測		自動計測技術	トンネル内空断面の自動計測	○						○		
		自動施工管理システム	作業工程での発生音を施工管理に利用			○				○		
7. 換気		自動換気システム	換気を自動かつ大容量で行う		○				○	○		
		高効率換気技術	ファン理論により切羽で発生する粉塵等を低減する		○							
		ダクト自動延長技術	ダクトを掘進長にあわせて自動延長			○				○		

基礎工における施工新技術の一覧

工 程 (大区分) (小区分)		施 工 新 技 術 (施工新技術名) (技術の概要)	開発熟度		改 善 項 目					
			導入段階	研究開発段階	構想段階	安全性の向上	作業環境の向上	省力・省人化	品質・精度向上	省環境化
1. 準備工		杭工法選定自動化技術		○						○
2-1 削孔 (大口径 杭基礎)	掘削	拡底掘削工高度化技術		○		○		○		
		転石岩盤の切削の機械化	○					○		
		大口径・大深度硬岩掘削機	○							
		掘削・杭構築一貫施工技術		○				○		
		自動掘削制御技術	○					○		○
		多機能アースドリル			○			○	○	○
	孔壁保護	安定液自動管理システム		○				○		
		ポンプ振動防止技術			○	○	○			
		ケーシング建込自動化技術			○			○		○
2-2 削孔 (深礎 基礎)	掘削	深礎内機械掘削技術	○					○		
		深礎内自動掘削技術		○		○	○	○		
		落下物防護技術		○		○				
	土砂搬出	深礎内掘削土砂自動集積排出技術			○	○	○	○		
	孔壁保護	深礎土留め用コクリートの型枠自動組立		○				○		
		深礎土留め用吹付けコクリート自動化		○			○	○		
3. 孔内 洗浄		スラム処理自動化技術			○			○		
4. 鉄筋建 込み		鉄筋建込し高度化技術		○		○			○	○
		鉄筋把持技術		○		○				
		自動玉掛け玉外し		○		○				
		鉄筋建込み自動化技術		○				○		○
		鉄筋籠の組立自動化技術			○			○		
		鉄筋接統合理化技術		○				○		
5. コクリート 打設	コクリート工	コクリートホップ・トレー管結合技術			○			○		○
		水中コクリート打設管理自動化技術	○					○	○	○
		コクリート打設自動化技術		○				○	○	
		水中コクリート品質管理技術			○				○	
	杭頭処理 工	杭頭処理自動化技術			○			○		
		杭頭処理高度化技術	○				○	○		
6. グラウト 注入										

土工における施工新技術の一覧

工 程 (大区分) (小区分)	施 工 新 技 術 (施工新技術名) (技術の概要)	開発熟度		改 善 項 目					
		導入段階	研究開発段階	構想段階	安全性の向上	作業環境の向上	省力・省人化	品質・精度向上	省資源化
1. 準備工	施工計画	施工計画管理支援システム	設計施工情報DBと現場計測結果のコンピュータ処理システム	○					○
		工法選定支援システム	DBとエキスパートシステムを用いた工法選定技術	○					○
		重機選定支援システム	DBとエキスパートシステムを用いた重機選定技術	○					○
	準備工 測量 (出来高計測と重複)	斜面崩壊予測技術	リモートセンシングや地山安定度評価手法による斜面挙動予測	○		○			○
		GPSを利用した測量技術	GPSによる移動車両等の位置の自動測量		○			○	○
		デジタルカメラによる3次元形測	デジタルカメラによる写真解析して形状を測量	○				○	○
		レーザ測量技術	レーザ測儀で測量データ収集、コンピュータ処理	○				○	
		3次元リモート測量技術	自動追尾式測量装置による測量とデータ処理	○				○	○
		自動走行車両による無人測量	自律走行するターゲット車の自動測量とデータ処理		○			○	
		測量CADシステムによる土工管理システム	GPS測量、リモート測量と地形処理CADシステムによる自動処理	○				○	○
		ノンリザーム測量による3次元測量	ターゲットを利用しないレーザ測量		○	○		○	
2. 掘削		掘削速度向上技術	重機操作の自動制御と高出力化による掘削速度向上	○				○	
		軟弱地盤掘削技術	地盤挙動予測技術らより挙動を予測して掘削	○		○		○	○
		超小型掘削機械	超小型で小旋回可能なパワーショベルによる狭隙箇所掘削	○				○	
		バックホウの機能拡張	掘削、挟む、泥土掘削、穴あけ、整地作業等のアタッチメント	○				○	
		掘削機の遠隔操作化	無人重機の遠隔操作		○	○	○		○
		バーチャリアリティによる遠隔システム	バーチャリアリティ技術を応用した遠隔操作化			○	○	○	○
		掘削機の完全自動化	無人ロボット掘削、ロボットパワーショベル			○	○	○	○
		操作性簡易化技術	重機の操作のイメージトレーニング		○				○
3. 運土	積込み	積込み機械の遠隔操作化	無人重機の遠隔操作による土砂積み込み		○	○	○		○
		高効率積込み技術	積込み状況監視装置の搭載と重機の積込み能力向上	○				○	
	運搬	無人ダンプトラック	複数台のダンプトラックの自動運転技術		○		○	○	
		高効率運搬技術	移動式ベルトコンベヤによる土砂搬送量制御、土砂降ろし位置制御	○				○	
		超小型運搬機	狭隙な場所で使用可能な歩行式小型運搬機	○				○	
5. 転圧・のり面	共通	全天候型土工システム	簡易大型テント等による土工	○			○	○	
		締固め	締固め度測定技術		○			○	○
			振動ローラの遠隔操作		○		○		
	工		全自動振動ローラ			○	○	○	○
			ブルドーザーの簡易操作化技術	○					○
			整地・転圧の自動化			○		○	○
			大型プレートストロークによるのり面工		○			○	
	のり面工		機械化遠隔操作化技術			○		○	○
			のり面安定化技術	○		○			○
			盛土急勾配化技術	○				○	
6. 施工管理	共通	施工管理のコンピュータ処理技術	DBの統合、情報一元化してコンピュータで統括的管理		○			○	
		情報化施工の自動化	盛土や斜面の情報化施工システムの自動化	○				○	○
	出来高計測 運行管理	準備工・測量と同じ							
		重機運行管理システム	情報を7秒単位で収集、出来高や運行管理を一ヶ所で処理		○			○	○
		重機稼働率向上技術	重機余剰能力把握技術		○				
		設備信頼性診断技術	振動、応力、肉厚等の測定技術による設備診断		○	○			○

コンクリート工における施工新技術の一覧

工 程 (大区分) (小区分)	施 工 新 技 術 (施工新技術名) (技術の概要)	開発熟度		改 善 項 目					
		導入段階	研究開発段階	構想段階	安全性の向上	作業環境の向上	省力・省人化	品質・精度向上	省資源化
1. 準備工	足場工	足場自動昇降技術	橋脚等の塔状構造物の作業足場全体を自動昇降	○		○	○		○
2. 鉄筋工	炭素繊維補強利用技術	現場で通電すると曲げ加工できる炭素繊維補強材			○		○		○
	複合構造による急速施工技術	鋼管とコンクリートの複合構造を用いた高橋脚の施工		○		○	○		○
	太径鉄筋利用技術	径の大きな鉄筋の利用		○			○		
	鉄筋自動加工	鉄筋ワイヤによる鉄筋の切断、曲げ加工の自動化		○			○		○
	鉄筋自動結束技術	鉄筋継手の結束あるいは溶接を機械で全自動化		○		○	○		○
	配筋自動化技術	配筋パターン自動選定技術を装備した自動配筋ワイヤ		○			○		○
	鉄筋ワイヤ化、エリート化	鉄筋部材をワイヤ化、エリート化して現場作業量を削減		○		○	○		○
	鉄筋組立簡易化技術	鉄筋形状を単純化したり配筋仕様を簡素化		○			○		○
3. 型枠・養生工	プレキャストコンクリート型枠	完成後に構造部材の一部となるプレキャスト型枠の利用		○		○	○		○
	移動式型枠	型枠と支保工が一体となった移動式大型型枠の利用		○			○		
	移動式型枠の自動制御技術	移動式型枠において型枠の上昇、形状変化の自動化			○	○		○	○
	軽量化型枠	FRPや繊維補強プラスチックを材料として型枠軽量化	○				○	○	
	型枠位置自動化測量技術	トータルステーションとパソコンで複雑な形状型枠の計測	○				○	○	○
	型枠清掃自動化技術	型枠清掃を自動で行う（カメラ研掃、検収自動化）			○			○	
	型枠補修自動化技術	補修箇所自動判定と型枠補修ワイヤによる自動化			○			○	○
	型枠高品質化技術	防食性型枠、透水性型枠		○					○
	長時間運搬対応化技術	長時間運搬でも性状劣化しないコンクリート		○					○
	コンクリート運搬車大型化	大型生コン車による運搬	○						
4. 運搬	コンクリートポンプ車自動化技術	コンクリートポンプ車自動運転、バケット位置決め、開閉の自動化		○					
	ベルトコンベアシステムの高度化技術	ベルトの速度・切出量の調整、コンクリート供給量の調整の自動化			○			○	
	コンクリート自動運搬システム	コンクリートプラントから積み込み、打設までの運搬を全自動			○			○	
	壁面へのコンクリート自動自動打設	側壁コンクリートの自動打設、自動締固め、打設管理システム	○				○	○	
	自給式コンクリートポンプ	自給式コンクリートポンプでコンクリートを吸引して運搬する		○			○	○	
5. 打込み	走行式コンクリートディストリビュータ	遠隔操作でスラブの鉄筋上を走行しながら打設		○				○	○
	コンクリートディストリビュータ	任意の位置・方向に移動できめ筒先を装備	○				○	○	
	打設状況確認技術	センサを用いて非破壊でコンクリートの充填状況を確認		○				○	○
	コンクリート分配自動制御技術	コンクリート打設量を自動管理して分配を自動化		○			○	○	○
	超流動コンクリート	流動性、充填性、材料分離抵抗性が高価く締固め不用		○				○	○
6. 締固め	自動締固めシステム	型枠振動機、コンクリートワイヤレスにより自動的に型枠振動		○			○	○	○
	コンクリート締固めロボット	打設面上を走行しながら締固め作業を自動で行う		○			○	○	
	締固め度判定技術	センサにより締固め度を自動計測し、モニタに表示		○				○	○
	自動壁面目荒らし技術	壁面の打ち継目作業を機械化し、自動で行う	○				○	○	○
7. 打ち継									
8. 表面仕上げ	自動コンクリート床均し技術	レーザー等を用いて自動的に床コンクリートを粗均し、レベル出	○					○	○
	自動コンクリート表面水処理技術	打設後のブリージング水や余剰水の脱水作業の自動化		○			○	○	
	自動コテ均し時期判定技術	コンクリート表面の電気抵抗値の変化を利用して均し時期を評価		○					○
9. 補修作業	コンクリートはつり技術	表面のはつり作業の機械化施工		○			○	○	○
	コンクリート構造物点検・診断自動化	非破壊式コンクリート強度試験機を用いてコンクリートの点検補修を自動化		○				○	○
10. 構造物の解体	高圧水噴射による解体技術	コンクリート解体作業に超高圧水を利用		○			○	○	
11. その他	大型プレキャスト部材利用技術	ボックスカルバートや擁壁等を大型プレキャスト部材で構築			○		○	○	○
	コンクリート構造物の形状単純化	テーパーやハズレ等の除去による形状の単純化		○				○	○
	コンクリート劣化防止技術	コンクリートの劣化を防止する材料の添加、塗布		○					○
	早期強度発現技術	強度発現が1日程度の超早強コンクリート		○					○
	マスコンクリート大量打設技術	低発熱、低収縮コンクリート		○				○	○

二次製品据付け工における施工新技術の一覧

工 程 (大区分) (小区分)	施 工 新 技 術		開 発 熟 度		改 善 項 目					
	(施工新技術名)	(技術の概要)	導入段階	研究開発段階	構想段階	安全性の向上	作業環境の向上	省力・省人化	品質・精度向上	省資源化
1. 製作	プレキャスト部材の高度化	軽い、製造しやすい、施工しやすい等の特徴をもつプレキャスト製品			○			○		
	プレキャスト製品の長尺化	機械化施工を前提とした側溝類、管渠等の長尺化	○					○		
	ブロックの規格化	ブロックを規格化しプレキャストの利用を促進	○					○		
2. 輸送										
3. 据え付け	パソコンによるプレキャスト擁壁割付設計	プレキャスト擁壁の割付計算をコンピュータで行い図化する。		○				○		○
	二次製品据え付けユニット	コンクリートや石積みブロックの運搬、据付けを一台の機械で	○					○	○	
	据付け自動化施工ロボット	位置計測、形状計測のセンサー、高精度ナビゲーション技術による自動化			○			○	○	○
	据付け出来形計測自動化技術	据付け形状を自動測量		○				○		
	裏込め栗石運搬・搬入自動化	栗石の運搬、供給、均し作業を自動化			○			○	○	
	目地簡便化技術	接合形状を簡素化。目地埋めの不要なパッキング技術			○			○	○	○
	目地高度化技術	目地ずれ防止、鉄筋等による補強、7-ヒューズ保持機構			○				○	

RCDダム工における施工新技術の一覧

工 程 (大区分) (小区分)	施 工 新 技 術		開 発 熟 度		改 善 項 目				
	(施工新技術名)	(技術の概要)	導入段階	研究開発段階	構設段階	安全の向上	作業環境の向上	省力・省人化	品質・格向上
1. 準備工	基礎岩盤等級等の自動判定技術	ダム基礎岩盤の等級を自動で判定		○				○	○
	情報化設計施工技術	CADシステムによる打設スケジュール、出来形パース、グラフ計画、数量計算	○					○	○
2. 基礎掘削	無発破岩盤掘削機	発破を使わない機械掘削により、岩盤の損傷を防止		○				○	
	自動削孔機	火薬装填孔の削孔作業の自動化		○				○	
	自動装薬機	発破掘削における火薬装填の自動化		○			○	○	
	岩盤洗浄の省力化機械	堤体掘削終了後の岩盤洗浄作業を機械で行う		○			○	○	
	斜面自動吹付機	堤体保護のコンクリート吹付け作業の機械化自動化	○			○	○	○	
	自動岩盤掘削機	岩盤掘削機の操作の自動化		○			○	○	○
3. 基礎処理	ロッドの自動脱着技術	ボリングマシンのロッドの交換作業の自動化	○			○		○	
	自動ボリングマシン	ボリング作業を自動制御し、自動運行する		○			○	○	○
	グラウト自動管理技術	自動透水試験技術、自動注入作業制御技術による自動管理		○				○	○
	グラウト作業自動化技術	セメント系注入液を自動製造、自動注入		○				○	
	グラウト用移動足場施工技術	簡易型移動足場の施工		○				○	
4. 原岩採取・搬送	自動削孔機	発破作業の削孔作業（位置出し、削孔）の自動運転	○				○	○	○
	自動装薬機	発破作業の装薬を機械を用いて自動化する		○			○	○	○
	出来形測量の自動化技術	原石採取後の原石採取地形の自動測量	○					○	○
	コンクリート骨材の自動判定技術	コンクリート製造に使用できる原石を自動判定		○				○	○
	ダンプトラックの無人運行技術	車両位置確認や危険回避技術を搭載した無人ダンプ		○			○	○	
	ベルトコンベアの追従技術	ベルトを自動的に積み込み部に移動	○					○	
5. 骨材製造	自動化骨材プラント	骨材プラントの骨材生産の自動化	○					○	○
	骨材の有効利用技術	最適骨材評価による骨材の有効利用		○					
6. 濁水処理									
7. コンクリート製造	全自動無人運転プラント	コンクリート製造を全自動化して無人にする	○				○	○	
	骨材品質測定自動化	砂等の骨材の表面水、粒度などを自動測定		○					○
	V C 値自動測定技術	岩盤の変化を自動で判定し、V C 値を自動で変化	○						○
	二重強制練り技術		○						○
	ダブルミキシング技術			○					○
5. 打設準備工	型枠設置	自動型枠作業技術		○		○		○	○
	プレキャスト型枠	完成構造物として機能するプレキャスト型枠の使用		○				○	
	プレキャスト通廊	ダム内の通廊、エレベータにプレキャスト製品を使用		○				○	
	止水板設置	自動式溶接技術			○	○		○	○
6. コンクリート搬送・打設	運搬・投入	トランスファー、インタインの自動運転	○					○	
		コンクリート自動運搬システム		○				○	
		コンクリート積み替え頻度削減技術	○					○	
		連続運搬技術		○				○	
	敷均し	ブルドーザ自動運行技術		○			○		
	締固め	締固め機械自動運行技術	○				○	○	○
		上下流面性状ロボット		○			○	○	
		テストピース作製ロボット		○			○	○	○
		締固め管理技術の自動化		○				○	○
		複数締固め車両制御技術			○			○	
7. 表面処理	グリーンカットの機械化（人力運転）	RCD工法のグリーンカットを機械化する	○					○	
	グリーンカット集積の機械化（人力運転）	グリーンカットの集積作業を機械化する	○					○	
	自動グリーンカットシステム（無人運行）	グリーンカット作業を自動走行するグリーンカットロボットで行う		○			○	○	
	グリーンカット集積合理化技術	リタフ分離技術や自動運搬技術による無人化		○				○	
	狭小部作業技術	表面処理作業において狭小部の作業を機械化する			○		○	○	
	準備作業簡略化技術	表面処理作業の準備作業を簡略化する			○			○	
	不陸追従能力向上技術	表面処理機械の不陸追従能力を向上させる			○				
8. 品質管理	品質管理書類作成の自動化技術	CADシステム等を用いて品質管理書類作成を自動化する	○					○	○
	出来形計画の自動化	品質管理のための測量作業を自動化し高精度で行う		○					○

アスファルト舗装工における施工新技術の一覧

工 程 (大区分) (小区分)	施 工 新 技 術 (施工新技術名) (技術の概要)	開発熟度		改 善 項 目					
		導入段階	研究開発段階	構想段階	安全性の向上	作業環境の向上	省力・省人化	品質・精度向上	省環境化
1. 路床工	不陸整正	自動制御技術	横断勾配、高さ制御装置等で不陸整正を自動制御	○				○	○
		小型化促進技術	AI等を利用して重機を小規模工事に対応させる	○				○	
	転圧	締固め力自動制御型ローラ	リアルタイムに締固め度を測定し、締固め力を自動制御		○			○	○
		自動運転ローラ	各種センサーと運転制御装置を搭載して自動運転			○		○	○
		自動締固め度計測機	電磁波、衝撃、RI等により非破壊で締固め度を測定	○				○	○
	安定処理工法	軟弱層処理技術	混合性向上や混合・締固め同時施工技術による改良		○			○	
		自動散布技術	添加材散布量自動管理、散布速度制御技術による自動散布車	○				○	
		防塵対策技術	発塵抑制技術や飛散防止技術等による防塵対策		○				
	敷均し	全自動敷均し技術	全自動アスファルトフィニッシャーによる路盤材敷均し		○			○	
		モーターグレーダーの多機能化	多くの機能を備えたモーターグレーダーで、端部処理を機械化		○			○	
		モーターグレーダーの簡易操作化	グレーダーの自動制御による操作の簡易化		○			○	○
		広範敷均し技術		○				○	
		小規模工事敷均しの自動化	小型多機能敷均しロボットによる自動化	○				○	
2. 路盤	転圧	路床工の転圧と同じ							
		路盤安定処理のための乳剤の散布量自動管理		○				○	○
		自動散布技術	乳剤散布量自動管理、散布速度制御技術による自動散布	○				○	
		破砕混合向上技術	切削量・材料混合量の自動制御や重機の自動走行		○			○	○
		小規模補修工事対応型技術	乳剤散布、破砕混合装置を同一の小型機械に積み込み自動制御		○			○	○
	路上再生路盤工法	路上再生路盤工の自動化	乳剤散布、破砕混合、整形、転圧を同一の機械に積み込み自動制御		○			○	
		アスファルトプラント自動運転技術	骨材自動供給管理システムや混合管理自動システムによる自動運転	○				○	
		再生骨材加熱技術	再生材・骨材間の熱効率の向上や装置の簡素化	○					○
		トータルシステム化技術	アスファルトプラント自動運転システムや故障自己診断及び予知システム			○		○	○
	型枠設置	自動散布技術	散布量自動管理、散布速度制御、均一散布技術	○				○	
		型枠支援技術の自動化	立体画像再現装置、位置計測センサー等を用いた支援技術		○			○	○
		無型枠施工	無型枠装置を取り付けて敷均し、転圧を行う		○			○	
	敷均し	敷均し厚自動制御技術	敷均しの際の際に舗装厚さや舗装面の高さを自動調節	○				○	
		自動敷均しシステム	合材の供給から舗装厚さ調整まで自動化する		○			○	○
		3次元位置自動制御機	走行経路制御、3次元姿勢制御を基準線なしに行う		○			○	○
		施工継目自動化技術	継目位置制御判定装置を搭載	○		○		○	
		高締固め技術	平坦性路面・均一密度を可能にする強力締固めスクリーンを搭載	○				○	
		施工幅調整技術	スクリーンに伸縮性をもたせて施工幅の調整を行う	○				○	○
		超小型アスファルトフィニッシャー	0.8～1.4m幅程度の狭舗装幅に対応するフィニッシャー	○				○	
		転圧管理技術	転圧回数、締固め度、運転状況等のデータを一括管理	○				○	○
	転圧	自動測定・計測向上技術	レーザ等で平坦性、敷均し厚、密度を自動計測		○			○	○
		締固め力自動制御型ローラ	リアルタイムに締固め度を測定し、締固め力を自動制御		○			○	○
		自動運転ローラ	各種センサーと運転制御装置を搭載して自動運転			○		○	○
		施工時安全整備化	安全ベルト、バックアップ、超音波センサー、カメラ等による安全化	○		○			
		無公害・安全化技術	騒音対策、簡易操作化、障害物検知等の安全化と振動騒音抑制、作業環境改善等の公害防止技術		○	○	○		
		路面遮断機の操作性向上	路面遮断機の操作性の簡略化と高速化	○				○	○
		ウォータージェット破砕機	コンクリートやアスファルト混合物の破砕を超高圧水の噴射で	○				○	
3. 表層・基礎工	型枠設置	自動リキミキサ	アスファルト混合物と添加材、新規アスファルトとの混合量や温度の自動調整	○				○	
		表層再生工自動システム	路上再生に必要な機械を隊列に編成、一連の作業を自動化	○				○	○
		リミットとロードレートの車速同調	リミットに車速に合わせてロードレートの速度を自動コントロール	○				○	○
	敷均し	自動ステアリング	路上再生機械を自動走行させる	○				○	
		代替材料による加熱自動制御	マイクロ波、レーザ波により施工部位に応じた温度、深さの自動制御		○			○	
		乳剤自動散布技術	散布量自動管理、散布速度制御による乳剤散布自動	○				○	
		早期冷却技術	路面強制冷却機あるいは均等噴霧技術等を用いて早期冷却する		○			○	
		自動小型装置推進技術	AIや障害物検知機能を装備した小型機械による自動化			○		○	○
	敷均し	自動リキミキサ	アスファルト混合物と添加材、新規アスファルトとの混合量や温度の自動調整	○				○	
		表層再生工自動システム	路上再生に必要な機械を隊列に編成、一連の作業を自動化	○				○	○
		リミットとロードレートの車速同調	リミットに車速に合わせてロードレートの速度を自動コントロール	○				○	○
4. 路上表層再生	敷均し	自動ステアリング	路上再生機械を自動走行させる	○				○	
		代替材料による加熱自動制御	マイクロ波、レーザ波により施工部位に応じた温度、深さの自動制御		○			○	
		乳剤自動散布技術	散布量自動管理、散布速度制御による乳剤散布自動	○				○	
	敷均し	早期冷却技術	路面強制冷却機あるいは均等噴霧技術等を用いて早期冷却する		○			○	
		自動小型装置推進技術	AIや障害物検知機能を装備した小型機械による自動化			○		○	○
		自動リキミキサ	アスファルト混合物と添加材、新規アスファルトとの混合量や温度の自動調整	○				○	
		表層再生工自動システム	路上再生に必要な機械を隊列に編成、一連の作業を自動化	○				○	○
		リミットとロードレートの車速同調	リミットに車速に合わせてロードレートの速度を自動コントロール	○				○	○
	敷均し	自動ステアリング	路上再生機械を自動走行させる	○				○	
		代替材料による加熱自動制御	マイクロ波、レーザ波により施工部位に応じた温度、深さの自動制御		○			○	
		乳剤自動散布技術	散布量自動管理、散布速度制御による乳剤散布自動	○				○	

新技術一覽表〔山岳トンネル工法〕（1/2）

作業工程		新技術名			期待される効果 ※
大分類	小分類	①導入段階にあるもの	②研究開発中	③今後の開発が期待されるもの	
1. 準備工	1.1 準備工	- 施工計画支援技術 - 工法選定支援技術 - 掘削断面自動マーキング技術	前方地山探査技術		B
	1.2 測量			自動測量技術	M
2. 掘削	2.1 共通	- 大断面高効率掘削技術 - 余掘り抑制技術 - 多機能ジャンボ	掘進速度向上技術		E
			軟弱地山掘削技術		
	2.2 削孔		全自動削孔ロボット		M
			高効率削孔技術		E
	2.3 装薬		火薬自動装てん技術	爆破計画支援技術	S
	2.4 発破	無発破掘削技術	非電気結合技術	高度発破技術	S
				新材料開発技術	
	2.5 補助工法		高性能・低コスト地山補助工法		
3. ずり処理	3.1 ずり積み			作業空間改善技術	S
				遠隔操作技術	S
				高効率ずり積み技術	
	3.2 ずり出し	多機能ジャンボ	- 自動運転技術 - 連続輸送技術		S

※特に期待される効果

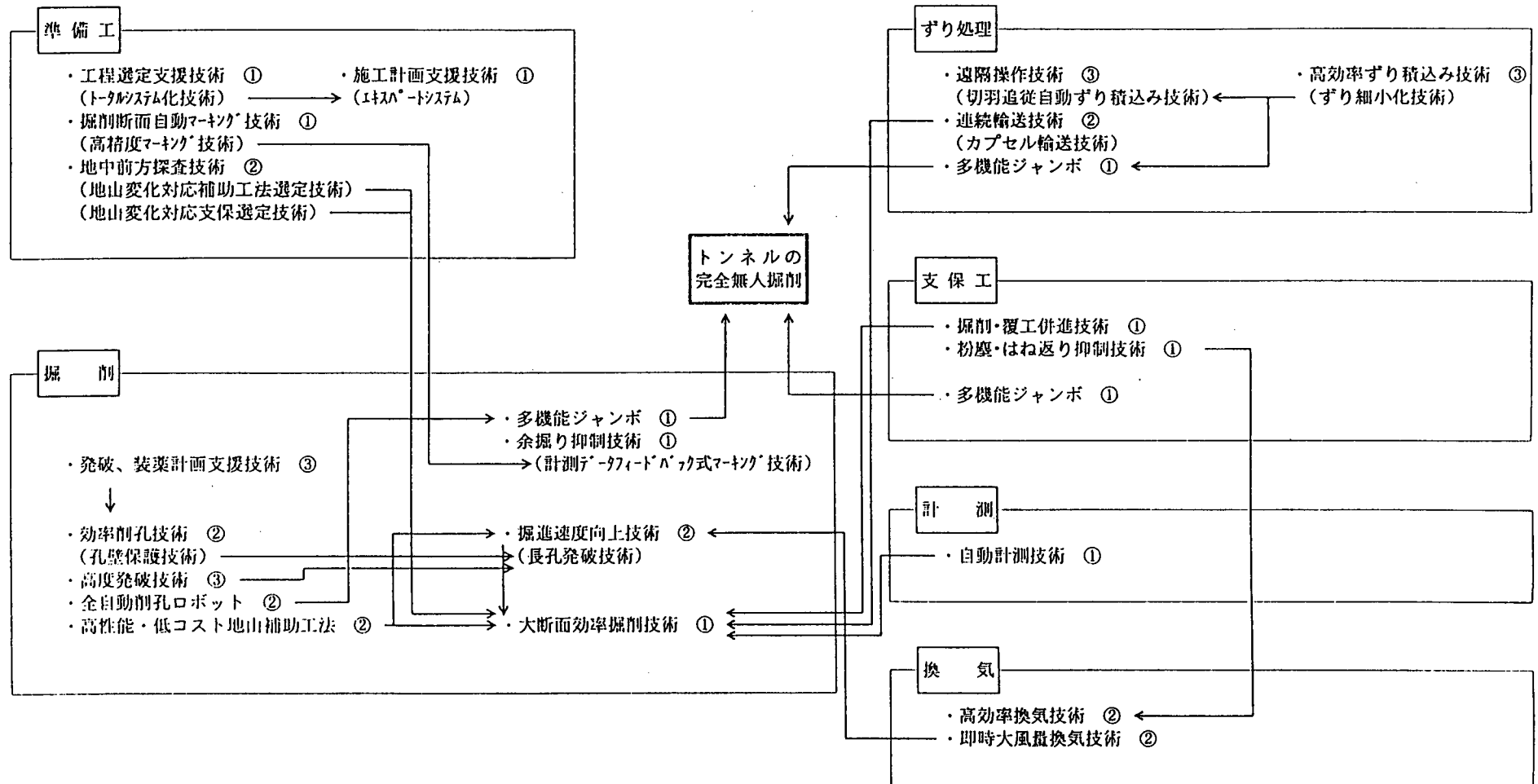
安全性向上：S
 経済性向上：E
 省人化：M
 省能力化：B
 高度化：Q

新技術一覧表〔山岳トンネル工法〕(2/2)

作業工程		新技術名			期待される効果 ※
大分類	小分類	①導入段階にあるもの	②研究開発中	③今後の開発が期待されるもの	
4. 支保工	4.1 鋼アーチ支保工	多機能ジャンボ		自動脚固め技術	S
				自動天端合わせ・つなぎ固定技術	
				軽量鋼アーチ支保工	
	4.2 金網工	多機能ジャンボ		自動金網固定技術	S、E
	4.3 吹付けコンクリート工	粉塵・はね返り抑制技術			Q
		掘削・覆工併進技術			
		多機能ジャンボ		高品質コンクリート吹付け技術	
	4.4 ロックボルト工			コンクリート圧送改善技術	S
		多機能ジャンボ		自動ロックボルト工技術	
5. 覆工	5.1 防水工			高度シート防水工技術	M
				防水層形成新技術	
	5.2 型枠		高性能セントル技術	自動セントル移動技術	Q
	5.3 コンクリート打設		プレキャストライニング技術	高品質コンクリート打設技術	
6. 計測		自動計測技術			
7. 換気			高効率換気技術		E
			即時大風量換気技術		
				高効率ダクト延伸技術	M
8. 維持管理		コンクリート診断技術			S

※特に期待される効果
 安全性向上：S
 経済性向上：E
 省人化：M
 省能力化：B
 高度化：Q

相互関連図「山岳トンネル工法」



- 凡例：
- ① 導入段階にあるもの
 - ② 研究開発中
 - ③ 今後研究が期待されるもの

新技術一覧表〔基礎工（大口径杭基礎）〕（1/2）

作業工程		新技術名			期待される効果 ※
大分類	小分類	①導入段階にあるもの	②研究開発中	③今後の開発が期待されるもの	
1. 削 孔	1.1 掘 削	大口径・大深度硬岩掘削機			Q B
			掘削・杭築造一貫施工技術		
			自動掘削制御技術		
			地盤改良高度化技術		
			拡底掘削工高度化技術		
				多機能アースドリル機	
	1.2 安定液工		安定液自動管理システム		M
				ポンプ振動防止技術	
2. 鉄 筋 建 込 み			鉄筋建起こし高度化技術		
			鉄筋建込み自動化技術		
			鉄筋把持技術		
			鉄筋玉掛け外し自動化技術		
				鉄筋組立て自動化技術	M
3. 孔内洗浄				スライム処理自動化技術	

※特に期待される効果

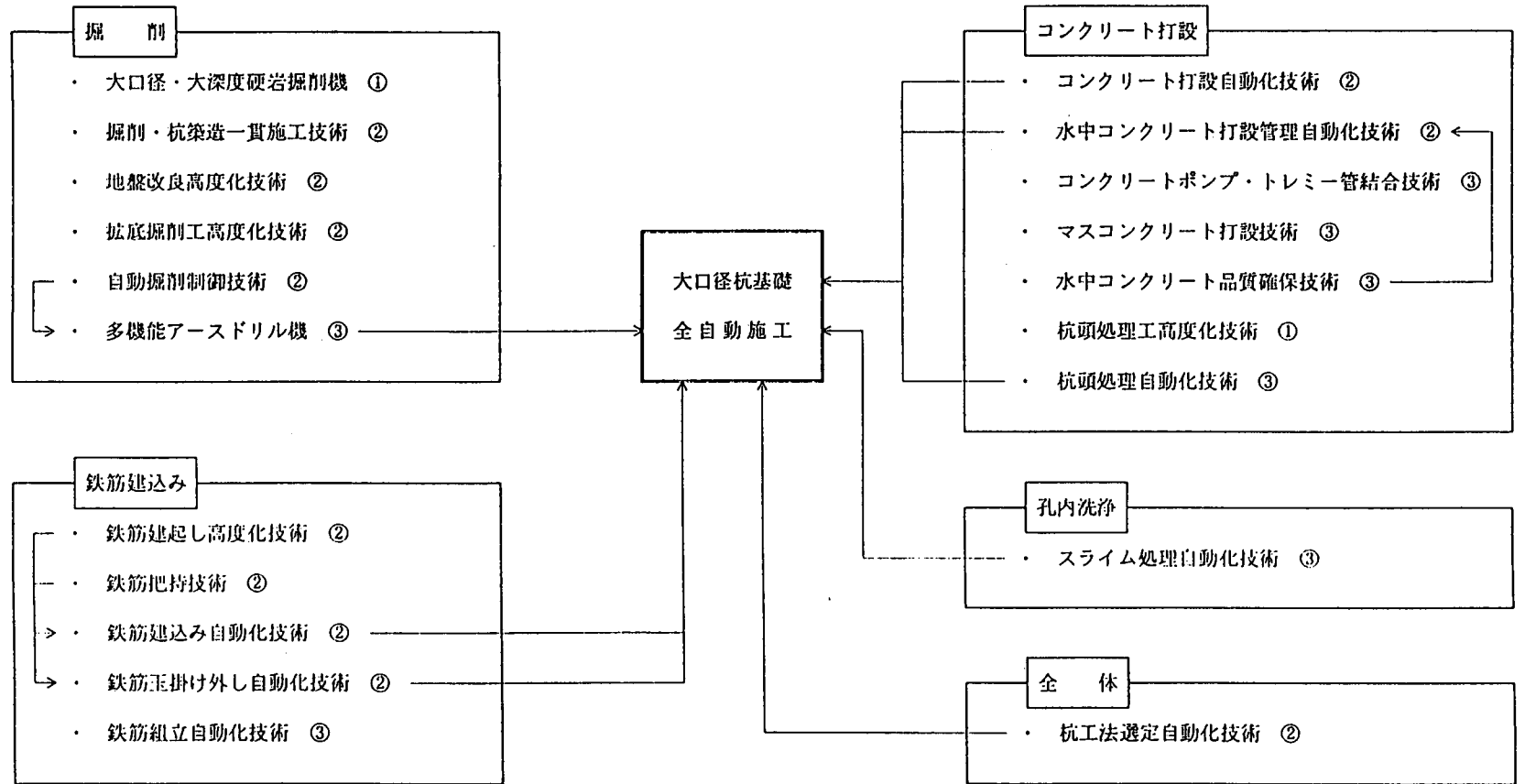
安全性向上：S
 経済性向上：E
 省人化：M
 省能力化：B
 高度化：Q

新技術一覧表〔基礎工（大口径杭基礎）〕（2/2）

作業工程		新技術名			期待される効果※
大分類	小分類	①導入段階にあるもの	②研究開発中	③今後の開発が期待されるもの	
4. コンクリート打設	4.1 コンクリート工		コンクリート打設自動化技術		M
			水中コンクリート打設管理自動化技術		
				コンクリートポンプ・トレミー管結合技術	
				マスコンクリート打設技術	
				水中コンクリート品質確保技術	
	4.2 杭頭処理工	杭頭処理工高度化技術			Q
				杭頭処理自動化技術	
5. 全体			杭工法選定自動化技術		B

※特に期待される効果
 安全性向上：S
 経済性向上：E
 省人化：M
 省能力化：B
 高度化：Q

相互関連図「大口径杭基礎工」



凡例： ① 導入段階にあるもの
 ② 研究開発中
 ③ 今後研究が期待されるもの

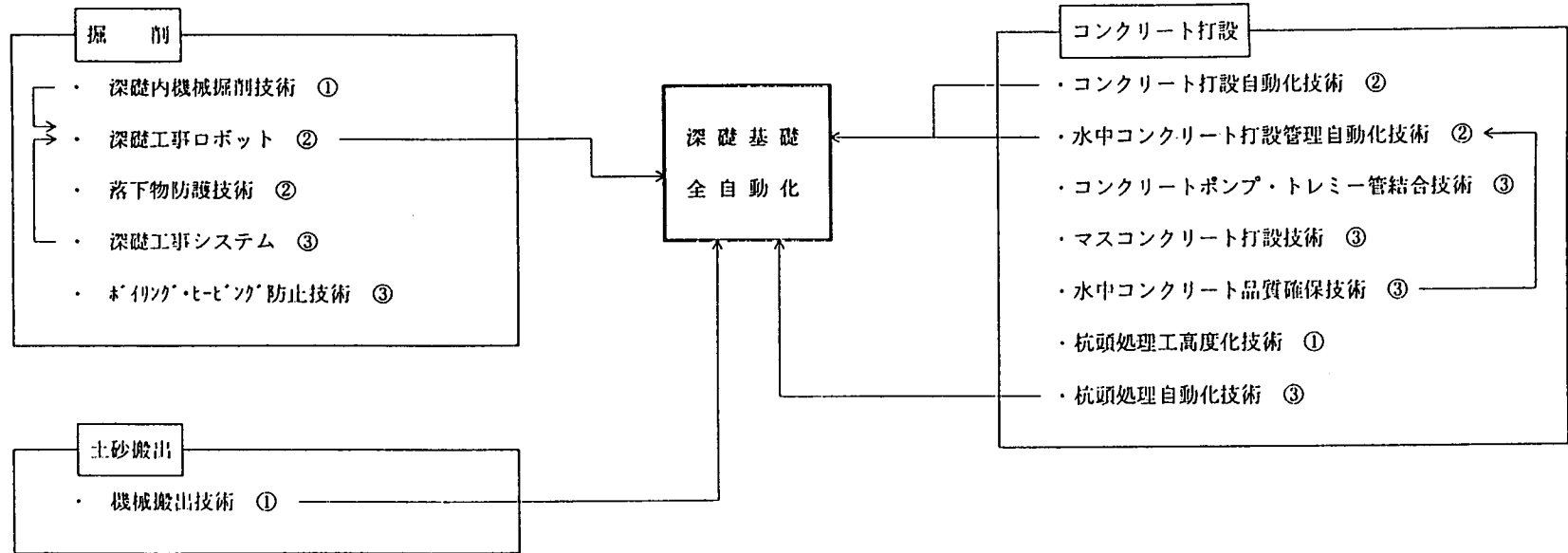
新技術一覧表〔基礎工（深礎基礎）〕（1/1）

作業工程		新技術名			期待される効果※
大分類	小分類	①導入段階にあるもの	②研究開発中	③今後の開発が期待されるもの	
1. 掘 削		深礎内機械掘削技術			M
			深礎工事ロボット		M
			落下物防護技術		S
				深礎工事システム	
				ボーリング・ヒービング防止技術	S
2. 土砂搬出		機械搬出技術			M
3. コンクリート打設		「大口径杭基礎」の新技術一覧表を参照。			
4. グラウト注入					

※特に期待される効果

安全性向上：S
 経済性向上：E
 省人化：M
 省能力化：B
 高度化：Q

相互関連図 [深礎工]



凡例： ① 導入段階にあるもの
 ② 研究開発中
 ③ 今後研究が期待されるもの

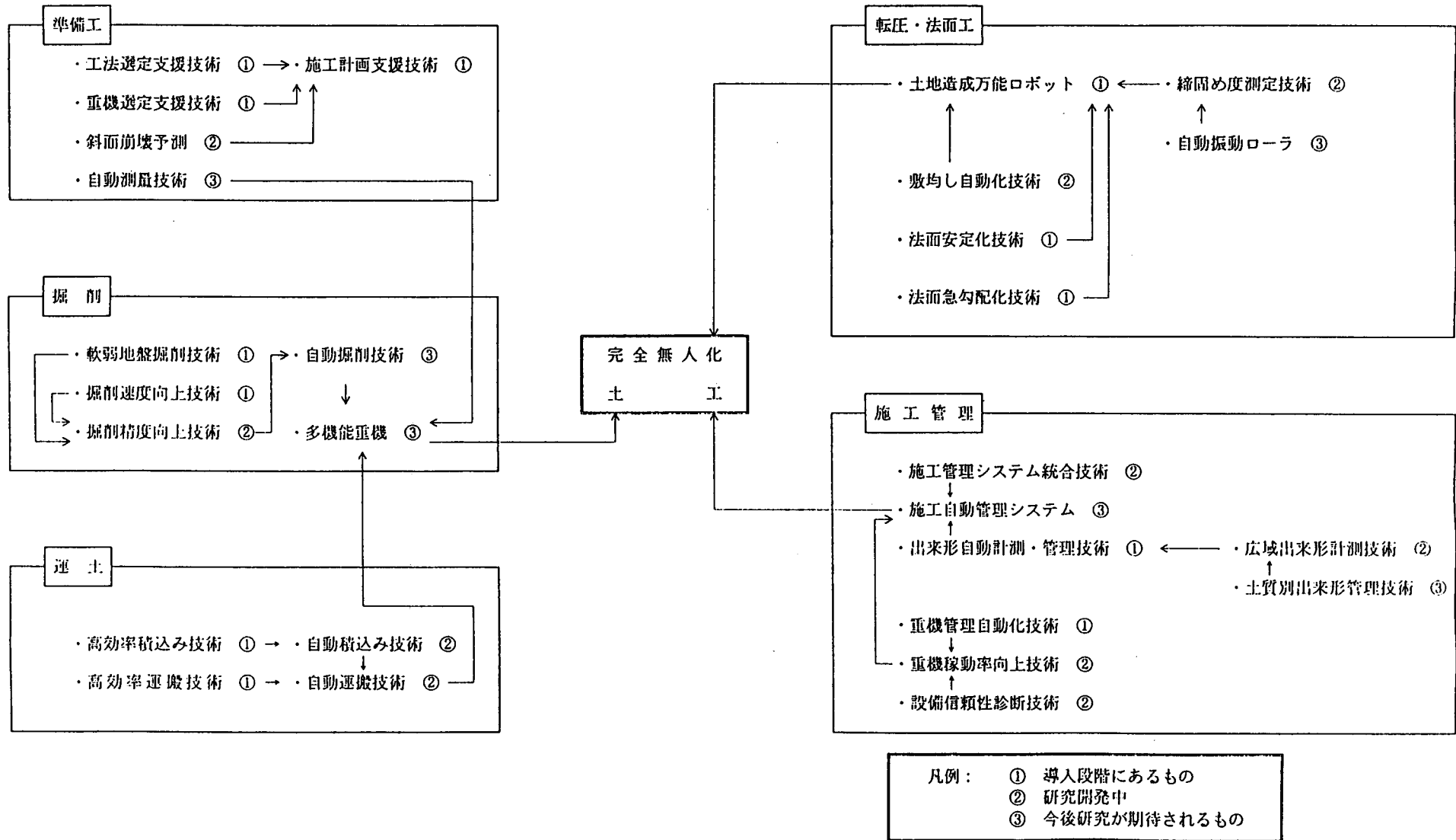
新技術一覧表〔土工〕(1/1)

作業工程		新技術名			期待される効果 ※
大分類	小分類	①導入段階にあるもの	②研究開発中	③今後の開発が期待されるもの	
1. 準備工	1.1 準備工	- 施工計画支援技術 - 工法選定支援技術 - 重機選定支援技術		斜面崩壊予測	B
	1.2 測量			自動測量技術	B S M
2. 掘削		掘削速度向上技術			
		軟弱地盤掘削技術			
		掘削精度向上技術			Q
				自動掘削技術	M
3. 運土				多機能重機	
	3.1 積み込み	高効率積み込み技術			E
	3.2 運搬			自動積み込み技術	M
		高効率運搬技術		自動運搬技術	E M
4. 転圧・法面工	4.1 共通	土地造成万能ロケット			M
	4.2 締固め			締固め度測定技術	B
	4.3 敷均し			自動振動ローラ	M
				敷均し自動化技術	B
					S
5. 施工管理	5.1 共通	法面安定化技術			
		法面急勾配化技術			
	5.2 出来形計測			新材料開発技術	
		施工管理システム統合技術			B
				施工自動管理システム	M
	5.3 運行管理	出来形自動計測・管理技術			B
				広域出来形計測技術	B
				土質別出来形管理技術	
		重機管理自動化技術			B
				重機稼働率向上技術	E
				設備信頼性診断技術	S

※特に期待される効果

安全性向上: S
 経済性向上: E
 省人化: M
 省能力化: B
 高度化: Q

相互関連図〔土工〕



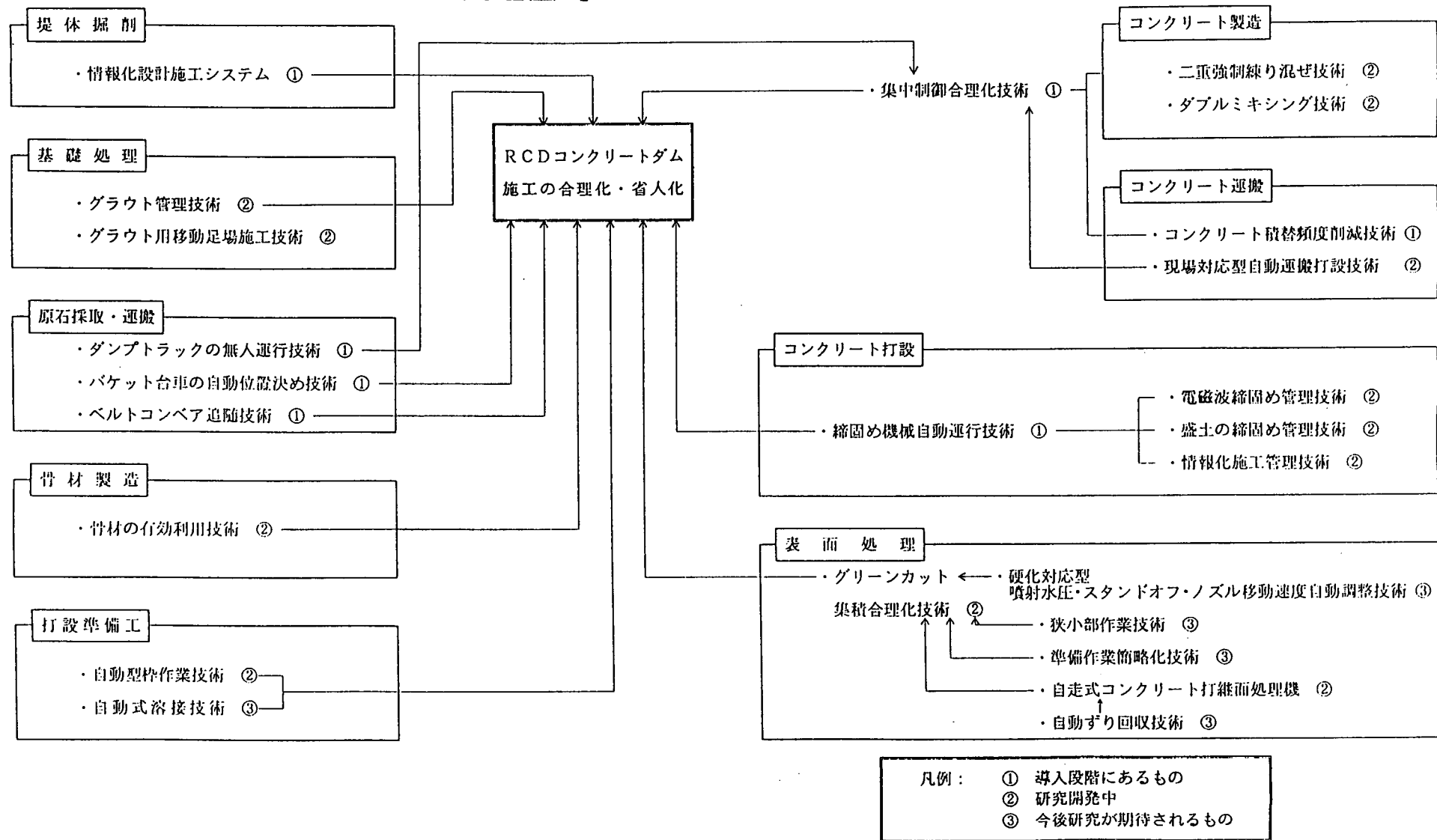
新技術一覧表 [コンクリートダムRCD工法]

作業工程		新技術名			期待される効果 ※
大分類	小分類	①導入段階にあるもの	②研究開発中	③今後の開発が期待されるもの	
1. 堤体掘削		情報化設計施工技術			S
2. 基礎処理			グラウト管理技術 グラウト用移動足場施工技術		S
3. 原石採取・運搬		ダンプトラックの無人運行技術 ヘルムコンベア追従技術 バケット台車の自動位置決め技術			E
4. 骨材製造	4.1 一次破碎 4.2 洗 い 4.3 分 級 4.4 濁水処理 4.5 貯 蔵		骨材有効利用技術		E
5. コンクリート製造	5.1 材料引出し 5.2 計 量 5.3 水分量測定 5.4 練り混ぜ 5.5 排 出	二重強制練り混ぜ技術	ダブルミキシング技術		Q
6. 打設準備工	6.1 型枠作業 6.2 止水板設置		自動型枠作業技術	自動式溶接技術	S S
7. コンクリート運搬		コンクリート積替頻度削減技術			S・E
8. コンクリート打設	8.1 投 入 8.2 敷き均し 8.3 締固め		現場対応型自動運搬打設技術 電磁波締固め管理技術 盛土の締固め管理技術 情報化施工管理技術 締固め機械自動運行技術	車両複数台制御技術	M
9. 表面処理・養生	9.1 グリーンキャスト 9.2 自動散水		グリーンキャスト集積合理化技術 自走式コンクリート打継面処理技術 狭小部作業技術 硬化対応型噴射水圧・スタント・ノズル移動速度自動調整技術 準備作業簡略化技術 不陸追従能力向上技術 自動ずり回収技術		Q Q Q
10. 品質管	10.1 室内試験 10.2 現場試験		高精度測定技術 時間短縮技術		Q

※特に期待される効果

安全性向上 : S
経済性向上 : E
省人化 : M
省能力化 : B
高度化 : Q

相互関連図 [コンクリートダムRCD工法]



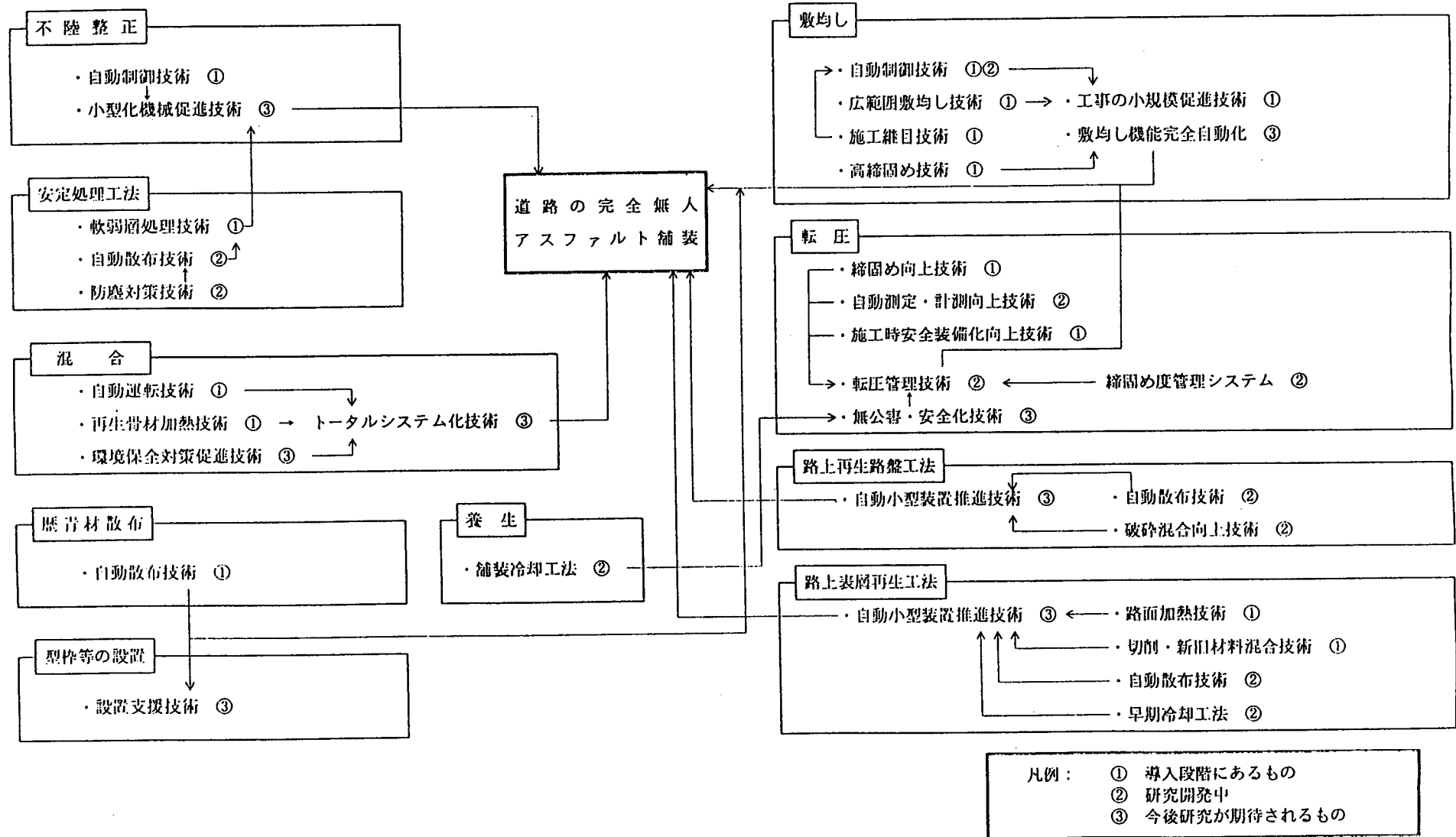
新技術一覧表〔アスファルト舗装工〕

作業工程		新技術名			期待される効果
大分類	小分類	①導入段階にあるもの	②研究開発中	③今後の開発が期待されるもの	
1. 路床工	1.1 不陸整正	自動制御技術		小型化機械促進技術	Q B
	1.2 転圧		盛土品質向上技術		
	1.3 安定処理工法	軟弱層処理技術	自動散布技術 防塵対策技術		Q M Q
2. 路盤工	2.1 敷均し	自動制御技術 広範囲敷均し技術 工事の小規模化促進技術			M、Q B、Q
	2.2 転圧	締固め向上技術	締固め度管理システム		Q Q
	2.3 路上再生路盤工法		自動散布技術 破碎混合向上技術		M Q
				自動小型装置推進技術	B、Q
					M
3. 表層・基層工	3.1 混合	自動運転技術 再生骨材加熱技術 高耐久性材料		環境保全対策促進技術 トータルシステム化技術	Q M E Q
	3.2 壓青材散布	自動散布技術			M
	3.3 型枠等の設置			設置支援技術の自動化	
	3.4 敷均し	施工継目技術 高締固め技術 自動制御技術			S Q M
				敷均し機能完全自動化	Q
	3.5 転圧	自動計測技術 自動走行技術 施工時安全装備化 施工幅調整技術			M、Q M S Q
			転圧管理技術 自動測定・計測向上技術		Q M
				無公害・安全化技術	S
	3.6 養生		舗装冷却工法		Q
	3.7 路上表層再生工法	路面加熱技術 切削・新旧材料混合技術	自動散布技術 早期冷却工法		M M Q
				自動小型装置推進技術	B、Q
	3.8 その他	プレート工法			B

※特に期待される効果

安全性向上：S
経済性向上：E
省人化：M
省能力化：B
高度化：Q

相互関連図「アスファルト舗装工法」



新技術一覧表〔鉄筋コンクリート工〕(1/2)

作業工程		新技術名			期待される効果 ※
大分類	小分類	①導入段階にあるもの	②研究開発中	③今後の開発が期待されるもの	
1. 運搬	1.1 場外運搬		生コン長時間運搬耐用化技術	生コン車大型化技術	M
	1.2 小運搬		コンクリートポンプ車自動化技術 クレーン作業自動化技術	ベルトコンベアシステム高度化技術	
2. 打込み		自動定量打設技術			Q
		コンクリート劣化防止技術			
			鉄筋・コンクリート一体性向上技術 連続打設技術		
			マスコンクリート大量打設技術 コンクリート打設作業監視技術		
3. 締固め		水平方向締固め自動化技術			M
		垂直方向締固め自動化技術			
		流動化コンクリート利用技術		プレキャストコンクリート部材利用技術 締固め程度判定技術	
4. 表面仕上げ		表面仕上げ自動化技術			M
			表面仕上げ時期定量化技術		
			プレキャスト製品による美観向上		Q
			養生時間短縮技術	表面仕上げ高品質化技術	

※特に期待される効果

安全性向上：S
 経済性向上：E
 省人化：M
 省能力化：B
 高度化：Q

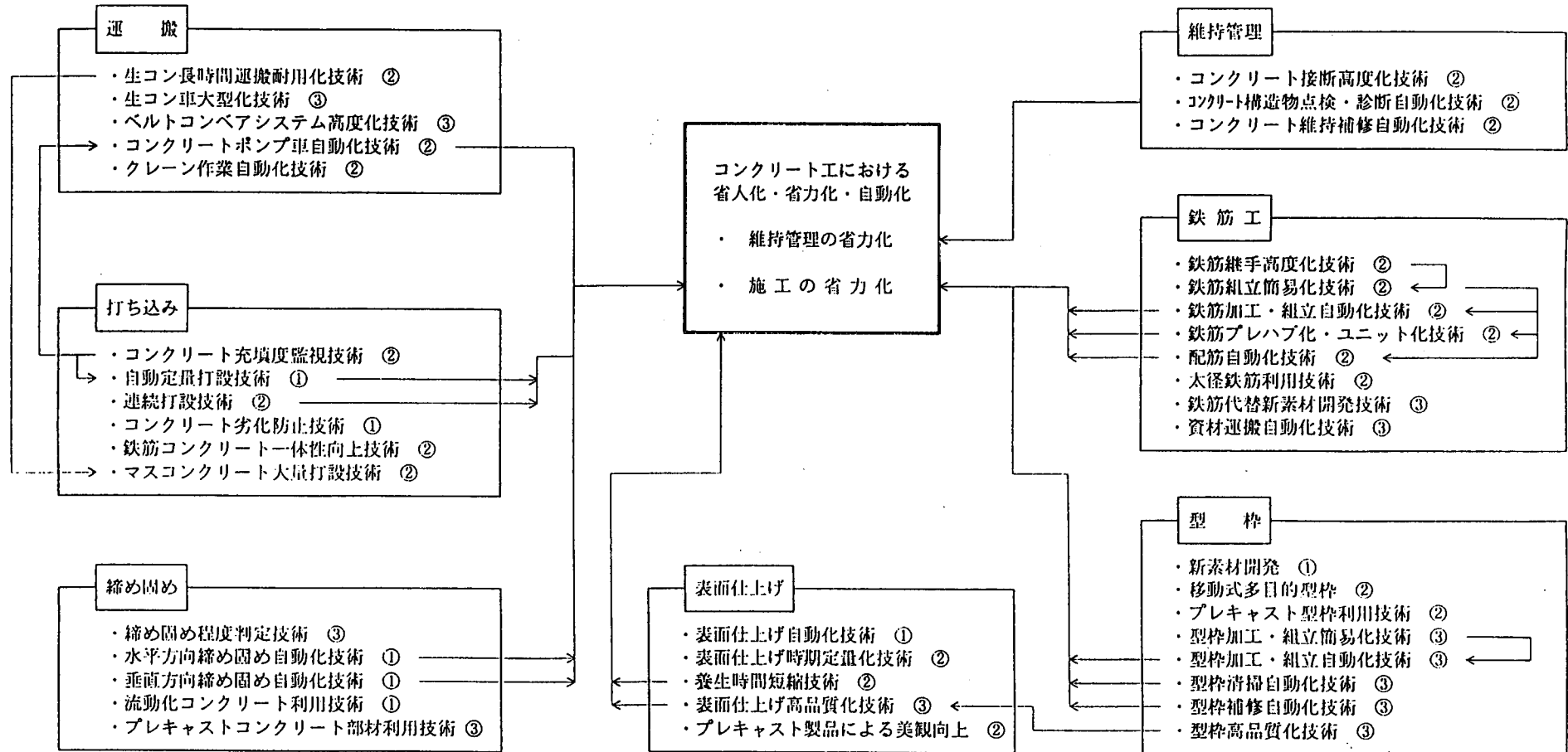
新技術一覧表〔鉄筋コンクリート工〕（２／２）

作業工程		新技術名			期待される効果
大分類	小分類	①導入段階にあるもの	②研究開発中	③今後の開発が期待されるもの	
5. 鉄筋工			鉄筋加工・組立自動化技術		B
			鉄筋ﾌﾟﾚﾊﾞﾌﾞ化・ユニット化技術		
			配筋自動化技術		
			鉄筋継手高度化技術		B
			鉄筋組立て簡易化技術		
			太径鉄筋利用技術		
				鉄筋代替新素材開発技術	
				資材運搬自動化技術	
6. 型 枠	新素材型枠		移動式多目的型枠		M
			プレキャスト型枠利用技術		
				型枠加工・組立て自動化技術	
				型枠清掃自動化技術	
				型枠補修自動化技術	Q
				型枠加工・組立て簡易化技術	
				型枠高品質化技術	
7. 維持管理			コンクリート切断高度化技術		
			コンクリート構造物点検・診断自動化技術		
			コンクリート維持・補修自動化技術		

※特に期待される効果

安全性向上：S
 経済性向上：E
 省人化：M
 省能力化：B
 高度化：Q

相互関連図「鉄筋コンクリート工」



凡例： ① 導入段階にあるもの
② 研究開発中
③ 今後研究が期待されるもの

9. 2 施工新技術シーズの開発熟度の整理

1) 開発熟度の整理

今後の新技術の開発に当たっては、新しい技術の開発の現状レベルやその熟度を評価し、レベルや熟度に応じて開発の集中を図る必要である。

開発の熟度は、既に実用化されている技術については、正確に、客観的に評価が可能であるが、開発途上にある技術については、発表されていないものや発表されていても、研究開発者の主観的な判断でなされている場合が多い。

そこで、本研究では、これまでに発表された資料、文献等を元に、工種工程別に必要な要素技術について、次のような方法で評価し、工程毎にポイントを合計し、工程別開発熟度ポイントとした。

- ① 導入段階にある新技術は1テーマにつき3ポイント
- ② 研究開発中の新技術は1テーマにつき2ポイント
- ③ 今後の開発が期待されるものは1テーマにつき1ポイント

全工種、全工程を対象とした開発熟度ポイントの度数分布および累積割合は図-9.2.1のようになった。

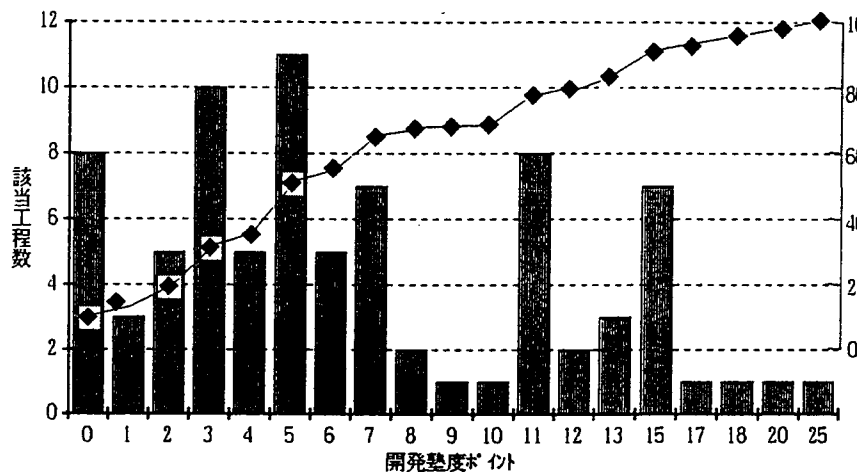


図-9.2.1 開発熟度ポイントの度数分布および累積割合

図-9.2.1によると、開発熟度ポイントは、約90工程の内、約半分の47工程では、開発熟度ポイントが4未満である。このために、ここでは熟度の高低を、開発熟度ポイント4で分類し、次のように2つに区分することとした。

表-9.2.1 技術開発の進歩の分類

技術開発の熟度の区分	開発熟度ポイント
技術開発が進んでいる	開発熟度ポイント ≥ 6
技術開発が進んでいない	開発熟度ポイント < 6

表-9.2.1に基づいて工程別に評価すると、表-9.2.2のような開発熟度の評価結果となった。
下線を付した工程が開発熟度の高い工程である。

表-9.2.2 工程別開発熟度

トンネル工	開発 熟度 ポイント	基礎工	開発 熟度 ポイント	土工	開発 熟度 ポイント	コンクリート工 2次掘削	開発 熟度 ポイント	ダム工	開発 熟度 ポイント	舗装工	開発 熟度 ポイント
①準備工	5	①準備工	2	①準備工	11	①準備工	3	①準備工	3	①路床不陸整正	5
②測量	3	②掘削(大口径)	18	②測量	15	②鉄筋工	15	②基礎掘削	15	②路床転圧	6
③掘削全般	11	③掘削(深壁)	15	③掘削	15	③型枠支保工	15	③基礎処理	12	③安定処理工	7
④削孔	4	④掘削(大径)	4	④積み込み	7	④運搬	7	④原石採取運搬	17	④路盤敷き均し	11
⑤装薬	3	⑤掘削(深)	7	⑤運搬	5	⑤コンクリート打設	11	⑤骨材製造	5	⑤路盤転圧	6
⑥発破	6	⑥坑内洗浄	1	⑥締め固め	5	⑥締固め	8	⑥濁水処理	0	⑥瀝青材散布	3
⑦ずり積み	6	⑦鉄筋建て込み	11	⑦敷き均し	3	⑦打継ぎ目処理	3	⑦貯蔵	0	⑦型枠等設置	1
⑧ずり出し	2	⑧コンクリート打設	7	⑧埋戻し	0	⑧表面仕上げ	5	⑧コンクリート製造	13	⑧敷き均し	20
⑨鋼材支保工	7	⑨杭頭処理	4	⑨法面工	11	⑨補修	4	⑨型枠工	4	⑨転圧	11
⑩金網工	3	⑩ゲラト注入	0	⑩施工管理共通	3	⑩構造物解体	2	⑩止水板設置	1	⑩養生	0
⑪吹付コンクリート工	13			⑪出来高管理	15	⑪その他	8	⑪コンクリート運搬	10	⑪路上表層再生	25
⑫ロックネット工	5			⑫運行管理	6	⑫プレート製作	7	⑫コンクリート打設	12		
⑬防水工	9			⑬その他	3	⑬運搬	0	⑬表面処理養生	13		
⑭型枠	2					⑭据え付け	11	⑭品質管理	5		
⑮コンクリート打設	5							⑮その他	2		
⑯計測	5										
⑰換気	5										
⑱坑門工	0										
⑲その他	0										

下線は開発熟度ポイント≧6の工程

10. 技術開発テーマの重要度

10.1 工種別工程別の施工新技術開発の優先度

(1) 開発優先度の評価区分

ここでは、施工新技術の開発ニーズとシーズの開発熟度のすり合わせから、今後開発を優先させるべき作業の施工新技術を検討する。

ニーズとシーズのすり合わせに当たっては、8.2、9.2で得られたニーズの大小、シーズの開発熟度の高低を組み合わせ、調査対象工種の全工程を表-10.1.1に示す評価区分に沿って4区分に分類した。

表-10.1.1 ニーズとシーズからの施工新技術開発優先度の評価区分

ニーズ評価 \ シーズ評価		施工新技術の開発熟度	
		進んでいる(開発熟度ポイント ≥ 6)	進んでいない(開発熟度ポイント < 6)
ニーズ評価	大(>50%)	更に開発を促進すべき工程	新たに開発に取り組むべき工程
	小($\leq 50\%$)	特に開発促進を必要としない工程	将来のニーズの変化によって開発

(2) 開発優先度の評価結果

表-10.1.2～表-10.1.7に、トンネル、基礎工、土工、ダム工、および舗装工の工程別の評価分類した結果を示す。ただし、ニーズは7.2で示した全体を対象としたものではなく、省人化・省力化に関して別途計算したものを採用し、シーズについては明確な区分ができないのでシーズ調査で抽出された全技術テーマを対象とした。

表-10.1.2 山岳トンネル工における開発優先度の評価

ニーズ \ シーズ		技術の開発が進んでいる	技術の開発が進んでいない
ニーズ評価	大(>50%)	⑦ずり積み、⑪吹付コンクリート工	②測量、④削孔、⑤装薬、⑧ずり出し、⑫ロックボルト工、⑮コンクリート打設
	小($\leq 50\%$)	③掘削全般、⑥発破、⑨鋼アーチ支保工、⑬防水工、	⑭型枠、⑯計測、⑩金網工、⑰坑門工、⑱換気

表-10.1.3 基礎工（大口径杭基礎、深礎基礎）における開発優先度の評価

ニーズ \ シーズ		技術の開発が進んでいる	技術の開発が進んでいない
ニーズ評価	大(>50%)	②掘削(大口径基礎)、②掘削(深礎基礎)、⑧コンクリート工	①準備工、
	小($\leq 50\%$)		③坑内洗浄、⑤全体

表-10.1.4 土工における開発優先度の評価

ニーズ \ シーズ		技術の開発が進んでいる	技術の開発が進んでいない
ニーズ評価	大(>50%)	③掘削、⑨法面工、⑪出来高管理	⑬その他
	小($\leq 50\%$)	①準備工、②測量、④積み込み、⑫運行管理	⑤運搬、⑥締固め、⑦敷均し、⑧埋戻し、⑩施工管理共通

表-10.1.5 コンクリート工における開発優先度の評価

ニーズ / シーズ		技術の開発が進んでいる	技術の開発が進んでいない
ニーズ評価	大 (>50%)	②鉄筋工、③型枠支保工、⑤打込み	
	小 (≤50%)	⑥締固め、⑪その他	①準備工、⑦打継ぎ目処理、⑧表面仕上げ、⑨補修、⑩構造物解体、⑬運搬

表-10.1.6 RCDダム工事における開発優先度の評価

ニーズ / シーズ		技術の開発が進んでいる	技術の開発が進んでいない
ニーズ評価	大 (>50%)	②基礎掘削、③基礎処理、⑫コンクリート打設、⑬表面処理・養生	⑤骨材製造、⑨型枠工
	小 (≤50%)	④原石採取・運搬、⑦コンクリート製造、⑪コンクリート運搬	①準備工、⑥濁水処理、⑦貯蔵、⑩止水板設置、⑬その他、⑭品質管理、⑮その他

表-10.1.7 アスファルト舗装工事における開発優先度の評価

ニーズ / シーズ		技術の開発が進んでいる	技術の開発が進んでいない
ニーズ評価	大 (>50%)	③路盤敷均し、④路盤転圧、⑧敷均し ⑨転圧	⑦型枠等の設置、⑰施工管理
	小 (≤50%)	②路床転圧、⑥路盤不陸整正、	①路床不陸整正、⑥瀝青材散布、⑩養生

10. 2 省人化の目標を達成するための開発テーマの評価

(1) 抽出方法の基本的な考え方

前記「4. 2. 4 労働需給の将来見通し」における2000年の建設労働者需給分析の結果、需要が662万人には対して供給は572万人となり、90万人（16%）の不足となった。この結果には、従来の技術革新等による生産性の向上が既に見込まれた数字である。このため、今後の建設業界における現場労働者、特に専門技術者・熟練工の不足に対処するためには、西暦2000年までに現在よりも投入作業員数の1/3削減（労働生産性50%アップ）が必要である。そこで、より効率的な施工省力化を実現するためには、最も省人化に効果的な工程において重点的に新技術開発を進めることが必要である。

このため、ここでは以下に示す7つの工種を対象に、建設事業全体について投入作業員数の1/3削減という目標を達成するために、重点的に技術開発すべき分野（工程）と施工新技術の抽出を行うことにした。

- ① トンネル工（山岳トンネル）
- ② 基礎工（大口径杭基礎、深礎基礎）
- ③ 土工（切土、盛土、運搬、掘削、埋戻し）
- ④ ダム工（コンクリートダム）
- ⑤ 舗装工（アスファルト舗装）
- ⑥ コンクリート工（擁壁、カルバート、橋脚橋台、水門等のコンクリート構造物）
- ⑦ 2次製品据付け工

抽出方法の基本的な考え方としては、(1)式に示すような省人化技術の開発に必要なコストと省人化技術によって省人化される量（ベネフィット）の比で開発優先度係数Qを決定し、この開発優先度係数Qの大きい順から技術開発を行うものとして、目標の省人化率が達成できるまで、重点テーマとして位置づけ開発の促進を図る。（図-10.2.1）

なお、図-10.2.2に開発優先度係数Qの算定フローを示す。

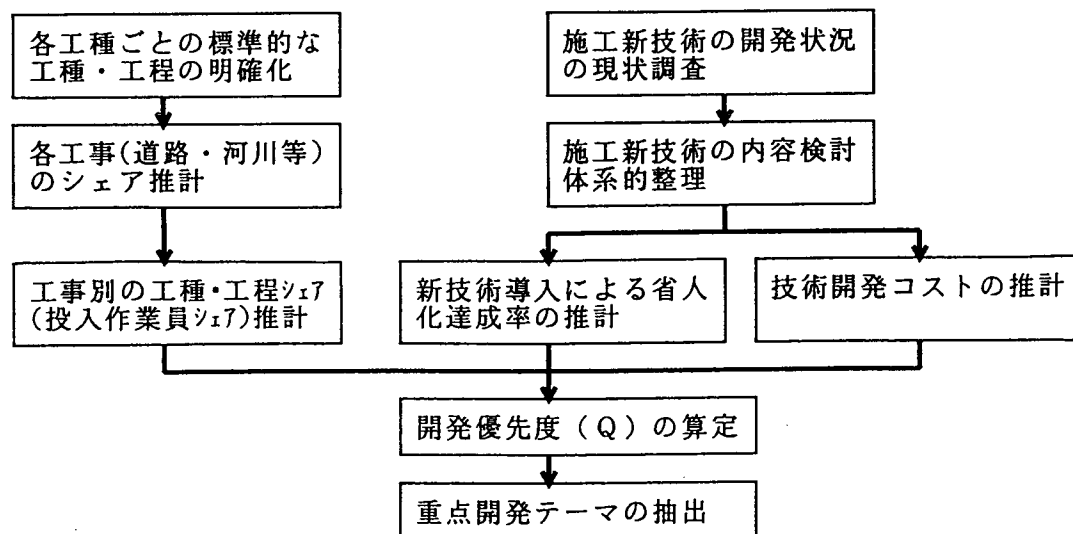


図-10.2.2 開発優先度の算定及び重点開発テーマの抽出フロー

$$\text{開発優先度係数 } Q = \frac{(\text{技術開発による省人化率}) \times (\text{当該工程の対全工程シェア})}{(\text{技術開発のためのコスト})}$$

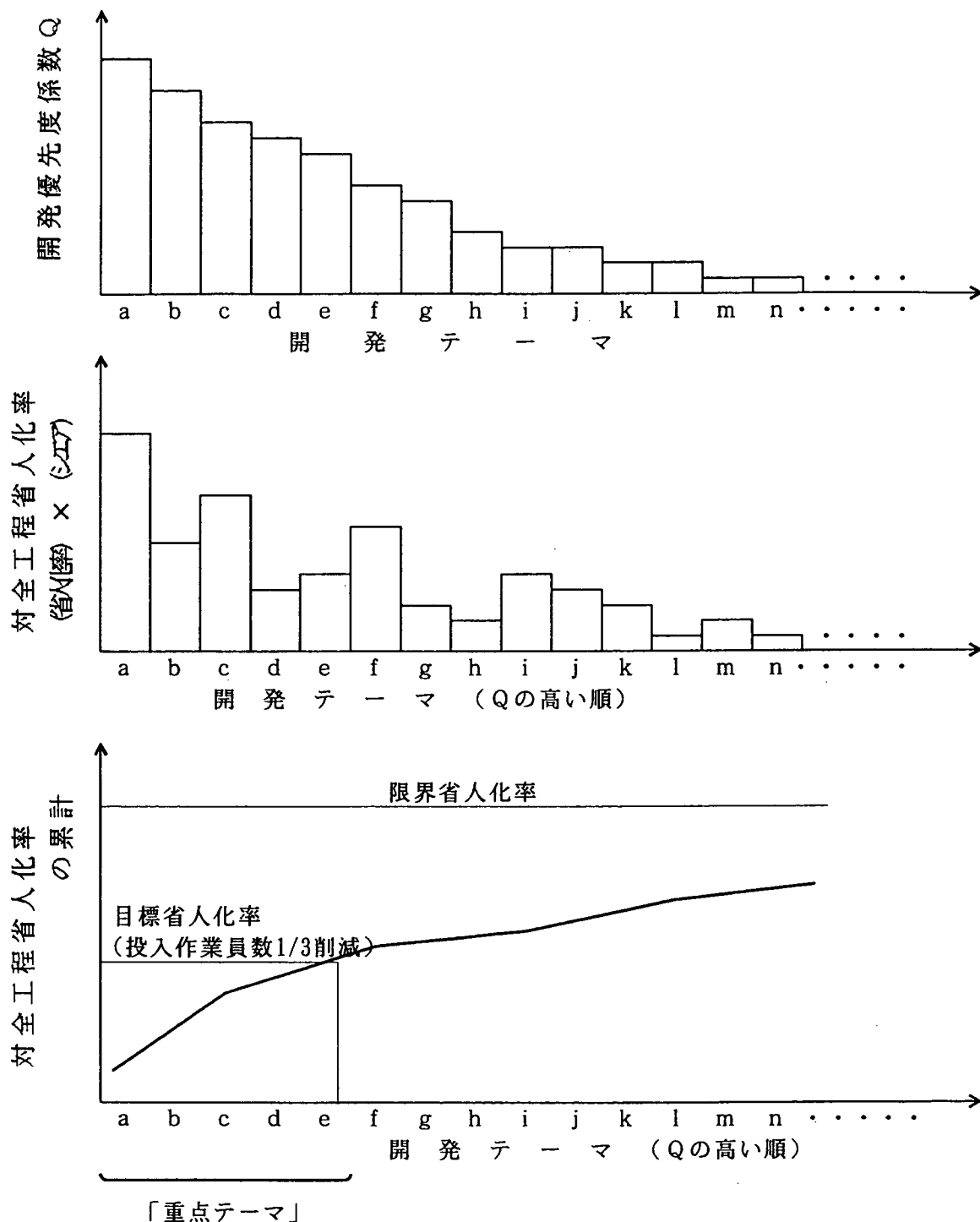


図-10.2.1 コストベネフィットによる重点開発テーマの抽出

(2) 工種、工程別の投入作業員シェアの推計

全対象工事での工種、工程別従事作業員数シェアを推定するために、まず工事別にどの程度の作業員が従事されているかを推計し、その上で工種や工程毎の従事作業員数シェアを推計、これによって建設事業全体における作業員数シェアを求めることにした。なお、対象工事は、建設省

が所轄する治山・治水（河川、砂防、ダム等）、道路、下水道とし、港湾、空港、農業基盤整備等の他省庁事業や民間工事は対象外とした。

シェア推計に際しては、「公共工事着工統計年度報」等の既存統計資料を活用し、既存統計資料がないものは工事額等から推計（工事額と従事作業数は比例と仮定して）するとともに、工種別・工程別シェアは専門家によるヒアリング調査から推計することにした。推計作業のフローを以下に示す。

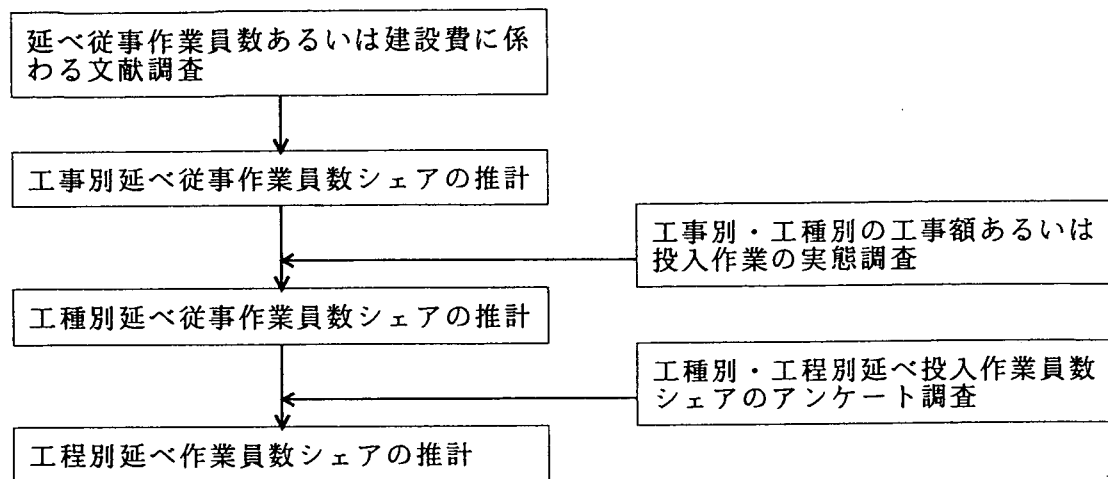


図-10.2.3 工種・工程別の投入作業員シェアの推計フロー

1) 工事別延べ従事作業員数シェア

工事別（道路、治山・治水、下水道）の延べ従業員数シェアは、「平成5年度 公共工事着工統計年報」より求めた。調査統計資料から、工事別のシェアとともに、今回の調査対象工種であるトンネル、えん堤（ダム）、舗装の従業員数シェアまでを把握した。（表-10.2.1）。しかし、基礎工、土工、コンクリート工、二次製品据え付け工は、「その他土木」の中に一括して含まれるため、調査統計資料から従業員数シェアを把握することはできなかった。

表-10.2.1 工事別延べ従業員作業数シェア（単位：上段；千人
下段；％）

工種 工事	舗 道	ずい道	えん堤	橋 梁 高 架 構 造 物	その他 の土木	合 計
治山・治水	111 (0.1)	301 (0.2)	5,597 (3.6)	781 (0.5)	27,433 (17.5)	34,223 (21.9)
道 路	16,743 (10.6)	4,898 (3.1)	0 —	14,541 (9.3)	53,658 (34.3)	89,652 (57.3)
下 水 道	77 (0.0)	955 (0.6)	0 —	16 (0.0)	31,403 (20.1)	32,451 (20.8)
合 計	16,743 (10.7)	6,154 (3.9)	5,597 (3.6)	15,338 (9.8)	112,494 (72.0)	156,326 (100.0)

2) 工種別延べ従業員作業数シェアの推計

前記で行った工事種類（治山・治水、道路、下水道）別の延べ従事作業員数のシェアの推計を受けて、工事毎の工種別シェアを推計する。推計は、従事作業員数に関するデータが得られなかったため、工事請負金額データの構成比を代用することにした（工事請負金額と従事作業員数は比例すると仮定）。工事請負金額の調査は以下の方法によった。

- ① 治山・治水、道路、下水道それぞれの工事種類（小分類）毎の請負金額合計の構成比を全国的なデータベースをもとに調査する。
- ② 工事種類（小分類）毎と工種がほぼ1対1対応と推定されるものは、そのまま工種別構成比とする。
- ③ 工種別構成比の推計がデータベースの調査結果からの推計が困難な工事種類については、地方建設局の直轄工事の既存事例から工事額構成比をサンプル調査して求める。
- ④ 上記で求めた工事別シェアと工事種類（小分類）毎の工種別シェアをもとに、全対象工事の工種別シェアを算出する

a. 治山・治水工事における工事別・工種別延べ作業員シェア

治山・治水工事については、以下に示す工事種類（小分類）の構成比をもとに工種別シェアを推計した。

表-10.2.2 治山・治水工事における工事種類（小分類）別構成比（請負金額）

工事種類（小分類）	請負金額計(千円)	構成比(%)
築堤・護岸工事	14,577,319	27.8
水路（導水路、放水路）工事	6,310,603	12.0
砂防工事	6,665,860	12.7
コンクリート構造物工事	2,769,206	5.3
トンネル工事（共同溝を含む）	4,046,580	7.7
土工事	2,666,670	5.1
ダム工事（高さ15m以上）	15,386,610	29.4
治山・治水合計	52,422,848	100.0

表-10.2.3 工事種類（小分類）ごとの工種別構成比（単位：％）

工事種類(小分類)	山岳トンネル工	土工	コンクリート工	二次製品据付	コンクリートダム工	アスファルト舗装工	基礎工	その他
築堤・護岸工事		17.5		49.3			8.9	24.3
水路工事		12.8	41.2				26.5	19.5
砂防工事		14.1	18.1	4.1	53.6			10.1
コンクリート構造物工事			100.0					
トンネル工事	94.7					5.3		
土工事		100.0						
ダム工事					100.0			

表-10.2.4 治山・治水工事における工事種類別・工種別構成比

工事種類(小分類)	山岳トンネル工	土工	コンクリート工	二次製品据付	コンクリートダム工	アスファルト舗装工	基礎工	その他
築堤・護岸工事		4.9		13.7			2.5	6.8
水路工事		1.5	5.0				3.2	2.3
砂防工事		1.8	2.3	0.5	6.8			1.3
コンクリート構造物工事			5.3					
トンネル工事	7.3					0.4		
土工事		5.1						
ダム工事					29.4			
治山・治水工事計	7.3	13.3	12.5	14.2	36.2	0.4	5.7	10.4

b. 道路工事における工事別・工種別延べ作業員シェア

道路工事については、以下に示す工事種類（小分類）の構成比をもとに工種別シェアを推計した。

表-10.2.5 道路工事における工事種類（小分類）別構成比（請負金額）

工事種類（小分類）	請負金額計(千円)	構成比(%)
トンネル工事	11,161,243	13.4
コンクリート構造物工事	19,262,929	23.2
P C橋上部工事	11,047,558	13.3
現場打杭等工事	5,574,780	6.7
土工事	4,257,532	5.1
のり面工事	3,425,806	4.1
鋼橋上部工事	8,487,972	10.2
アスファルト舗装工事	16,717,713	20.1
道路改良工事	3,100,609	3.7
道路工事合計	83,036,142	100.0

表-10.2.6 工事種類（小分類）ごとの工種別構成比 （単位：％）

工事種類(小分類)	山岳トンネル工	土工	コンクリート工	二次製品据付	コンクリートダム工	アスファルト舗装工	基礎工	その他
トンネル工事	85.6	3.9	2.4	0.3			0.3	7.2
コンクリート構造物工事		5.2	72.2					22.6
P C 橋上部工事								100.0
現場打杭等工事							100.0	
土工事		100.0						
のり面工事		50.0		50.0				
鋼橋上部工事								100.0
アスファルト舗装工事		14.4		3.8		53.3		28.5
道路改良工事		30.1	32.6	3.4		10.0		23.9

表-10.2.7 道路工事における工事種類別・工種別構成比 （単位：％）

工事種類(小分類)	山岳トンネル工	土工	コンクリート工	二次製品据付	コンクリートダム工	アスファルト舗装工	基礎工	その他
トンネル工事	11.5	0.5	0.3	0.0			0.0	1.0
コンクリート構造物工事		1.2	16.7					5.3
P C 橋上部工事								13.3
現場打杭等工事							6.7	
土工事		5.1						
のり面工事		2.1		2.1				
鋼橋上部工事								10.2
アスファルト舗装工事		2.9		0.8		10.7		5.7
道路改良工事		1.1	1.2	0.1		0.4		0.9
道路工事 計	11.5	12.9	18.3	3.1	0.0	11.1	6.8	36.4

c. 下水道工事における工事別・工種別延べ作業員シェア

下水道工事については、以下に示す工事種類（小分類）の構成比をもとに工種別シェアを推計した。

表-10.2.8 下水道工事における工事種類（小分類）別構成比（請負金額）

工事種類（小分類）	請負金額計(千円)	構成比(%)
管渠推進工事	7,786,446	23.8
水路（導水路、放水路）工事	2,619,540	8.0
トンネル工事（共同溝を含む）	5,775,962	17.7
下水道処理施設工事	14,303,657	43.7
土留め・仮締切り工（連壁を除く）	2,208,542	6.8
下水道工事 合計	32,694,147	100.0

表-10.2.9 工事種類（小分類）ごとの工種別構成比（単位：％）

工事種類(小分類)	山岳ト ネル工	土 工	コンク ート工	二次製 品据付	コンクリート ダム工	アスファルト 舗装工	基礎工	その他
管渠推進工事		30.0	30.0	20.0				20.0
水路工事		30.0	30.0	30.0				10.0
トンネル工事								100.0
下水道処理施設工事		20.0	80.0					
土留め仮締切り工		90.0						10.0

表-10.2.10 下水道工事における工事種類別・工種別構成比（単位：％）

工事種類(小分類)	山岳ト ネル工	土 工	コンク ート工	二次製 品据付	コンクリート ダム工	アスファルト 舗装工	基礎工	その他
管渠推進工事		7.1	7.1	4.8				4.8
水路工事		2.4	2.4	2.4				0.8
トンネル工事								17.7
下水道処理施設工事		8.7	35.5					
土留め仮締切り工		6.1						0.7
下水道工事 計	0.0	24.4	44.5	7.2	0.0	0.0	0.0	23.9

d. 全対象工事における工事別・工種別延べ作業員シェア

全対象工事における工種別延べ従事作業員シェアの算出結果を表-10.2.11に示す。

表-10.2.11 工事別・工種別延べ従事作業員数シェア (単位：%)

工種 工事	山 岳 土木工	土 工	コンク リート 工	二次製 品据付 け 工	アスファルト 舗装工	コンクリート ダム工	基礎工	その他	合 計
治山・治水	1.6	2.9	2.7	3.1	0.1	7.9	1.2	2.3	21.9
道 路	6.6	7.4	10.5	1.7	6.4	0.0	3.9	20.9	57.3
下 水 道	0.0	5.1	9.2	1.5	0.0	0.0	0.0	5.0	20.8
合 計	8.2	15.4	22.5	6.3	6.5	7.9	5.1	28.1	100.0

3) 工程別延べ従業員作業数シェアの推計

工種別・工程別延べ従業員数シェアの推計は、総プロのワーキンググループメンバーに対してアンケート調査により求めた。アンケートでは、各工種の標準的な工程を第一水準（大分類）と第二水準（小分類）の2段階に区分（図-10.2.4）し、それぞれの工程における延べ従事作業員数の構成比、全工程における延べ従事作業員数に対する構成比を答えてもらった。各工種における工程区分及び工程毎の延べ従事作業員数シェアの推計結果を以下に示す。

当該工種の工事に投入される人工
(延べ従事作業員数)

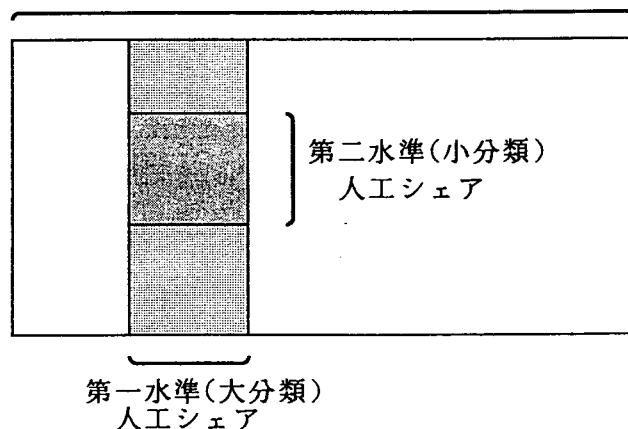


図-10.2.4 人工（延べ従事作業員数）シェアのイメージ

表-10.2.12 山岳トンネルにおける工程（第二水準）別全工程シェア

第一水準 (大分類)	対全工程 シェア	対全工事 シェア	第二水準 (小分類)	対全工程 シェア	対全工事 シェア
1. 準備工	6	0.49	測量工	2.6	0.213
			その他準備工	3.4	0.279
2. 掘削工	23	1.89	削孔	6.4	0.527
			装薬	8.3	0.680
			発破工	2.0	0.167
			補助工法	4.9	0.401
			その他掘削工	1.4	0.112
3. ずり処理工	22	1.80	ずり積み	7.7	0.631
			ずり出し	14.3	1.173
4. 支保工	25	2.05	鋼製支保工建込み	5.0	0.410
			金網工	3.8	0.308
			吹付コンクリート工	10.0	0.820
			ロックボルト工	6.3	0.513
5. 覆工	18	1.48	防水工	5.4	0.443
			型枠工	5.7	0.467
			コンクリート打設工	6.9	0.556
6. 計測	4	0.33		4	0.330
7. 換気	2	0.16		2	0.160
計	100	8.2		100	8.2

表-10.2.13 土工における工程（第二水準）別全工程シェア

第一水準 (大区分)	対全工程 シェア	対全工事 シェア	第二水準 (小区分)	対全工程 シェア	対全工事 シェア
1. 準備工			施工計画		
			準備工		
			測量		
2. 掘削工					
3. 運土			積み込み		
			運搬工		
4. 転圧・ のり面工			共通		
			締め固め		
			敷き均し		
			のり面工		
5. 施工管理			共通		
			出来形計測		
			運行管理		
6. 付帯施設工					
計	100	15.4		100	15.4

表-10.2.14 コンクリート工における工程（第二水準）別全工程シェア

第一水準 (大区分)	対全工程 シェア	対全工事 シェア
1. 準備工	7	1.58
2. 鉄筋工	23	5.18
3. 型枠・支保工	33	7.43
4. 運搬	6	1.35
5. 打込み	10	2.25
6. 締固め	4	0.90
7. 打継ぎ目処理	3	0.68
8. 表面仕上げ	3	0.68
9. 補修作業	4	0.90
10. 構造物解体	7	1.58
計	100	22.5

表-10.2.15 二次製品据付における工程（第二水準）別全工程シェア

第一水準 (大区分)	対全工程 シェア	対全工事 シェア
1. 製作	43	2.71
2. 搬送	10	0.63
3. 据え付け	12	0.76
4. 組立	35	2.21
計	100	6.3

表-10.2.16 コンクリートダムにおける工程（第二水準）別全工程シェア

第一水準 (大区分)	対全工程 シェア	対全工事 シェア	第二水準 (小区分)	対全工程 シェア	対全工事 シェア
1. 提体準備工	15	1.19			1.19
2. 基礎処理	17	1.34			1.34
3. 原石採取 ・運搬	20	0.95			0.95
4. コンクリート製造	8	0.63			0.63
5. 打設準備工	10	0.79	型枠設置・移設	6.5	0.514
			プレキャスト化	1.0	0.079
			止水板設置	2.5	0.198
6. コンクリート打設	25	1.98	運搬搬入	13.8	1.086
			敷均し	6.9	0.543
			締固め	4.4	0.346
7. 表面処理 養生	9	0.71			0.71
8. 品質管理	4	0.32			0.32
計	100				7.9

表-10.2.17 アスファルト舗装工における工程（第二水準）別全工程シェア

第一水準 (大区分)	対全工程 シェア	対全工事 シェア	第二水準 (小区分)	対全工程 シェア	対全工事 シェア
1. 路床工	15	0.98	不陸生成	6.8	0.439
			転圧	4.5	0.293
			安定処理工法	3.8	0.244
2. 路盤工	38	2.47	敷均し	23.8	1.544
			転圧	13.7	0.889
			路上再生路盤工法	1.1	0.074
3. 表層・ 基層工	47	3.06	合材製造	7.5	0.489
			瀝青材散布	4.5	0.290
			型枠等の設置	9.9	0.642
			敷均し	14.8	0.962
			転圧	7.5	0.489
			養生	2.1	0.137
			路上表層再生工法	1.4	0.092
計	100	6.5		100	6.5

表-10.2.18 基礎工（大口径基礎）における工程（第二水準）別全工程シェア

第一水準 (大区分)		対全工程 シェア	対全工事 シェア	第二水準 (小区分)	対全工程 シェア	対全工事 シェア
大口 径基礎	1. 準備工	5	0.26			0.26
	2. 削孔	50	2.55	掘削	41.9	2.136
				孔壁保護	8.1	0.414
	3. 孔内洗浄	5	0.26			0.26
	4. 鉄筋立込み	19	0.97			0.97
	5. コンクリート打設	21	1.07	コンクリート工	13.1	0.669
杭頭処理工				7.9	0.402	
深礎 基礎	1. 準備工					
	2. 削孔			掘削		
				土砂搬出		
	3. 鉄筋立込み					
	4. コンクリート打設					
5. グラウト注入						
計		100	5.1		100	5.1

表-10.2.18 基礎工（大口径基礎）における工程（第二水準）別全工程シェア

第一水準 (大区分)	対全工程 シェア	対全工事 シェア	第二水準 (小区分)	対全工程 シェア	対全工事 シェア
1. 準備工	5	0.26			0.26
2. 削孔	50	2.55	掘削	41.9	2.136
			孔壁保護	8.1	0.414
3. 孔内洗浄	5	0.26			0.26
4. 鉄筋立込み	19	0.97			0.97
5. コンクリート打設	21	1.07	コンクリート工	13.1	0.669
			杭頭処理工	7.9	0.402
計	100	5.1		100	5.1

(3) 省人化施工新技術の導入効果及びコストの推計

導入効果及びコストの推計は、9章で抽出した施工新技術を対象として、

①達成可能な省人化率（従来の標準化技術と比較してときの省人化率。当該する工程に投入される全人工を対象として）

②技術開発に要するコスト（これまでの費用は含まない）

に関する総プロワーキンググループの専門家へのアンケート調査を実施して行った。調査結果は統計的に処理することにより、個々の新技術の開発・導入によりもたらされるであろう省人化率及び技術開発コストの推計を行った。「達成可能な省人化率のイメージ」を下図に示す。

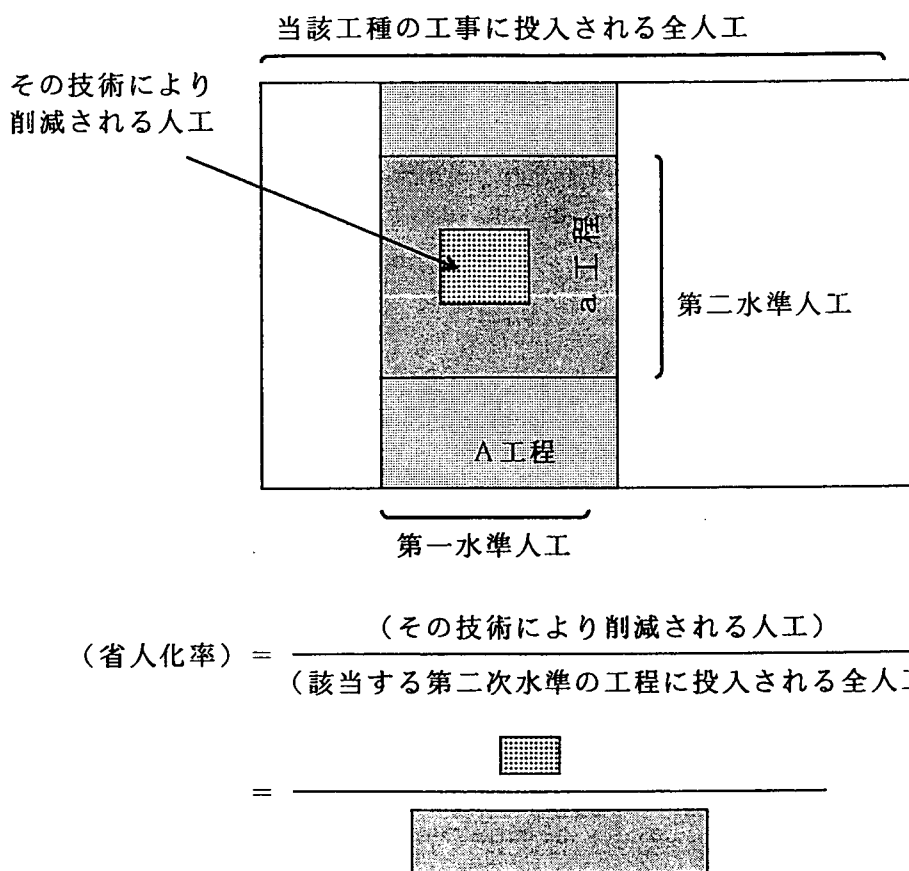


図-10.2.5 「達成可能な省人化率」のイメージ

(4) 重点開発テーマの抽出

重点開発テーマの抽出にあたっては、工種毎に一律に2/3削減するのではなく、従事作業員シェアの大きい工事、工種、工程を考慮して、土木工事全体で延べ従事作業員数を2/3に削減するための重点テーマの抽出を行う。

なお、抽出に当たっては、技術開発テーマの抽出数が工種工程によって多い少ないがあるために、単に開発優先度係数Qの大きな順序で選定したのでは、技術開発テーマの多い工種工程のものが上位に集まる傾向にあるために、開発優先度係数を以下の方法で補正した。

(3) 省人化施工新技術の導入効果及びコストの推計

導入効果及びコストの推計は、9章で抽出した施工新技術を対象として、

①達成可能な省人化率（従来の標準化技術と比較してときの省人化率。当該する工程に投入される全人工を対象として）

②技術開発に要するコスト（これまでの費用は含まない）

に関する総プロワーキンググループの専門家へのアンケート調査を実施して行った。調査結果は統計的に処理することにより、個々の新技術の開発・導入によりもたらされるであろう省人化率及び技術開発コストの推計を行った。「達成可能な省人化率のイメージ」を下図に示す。

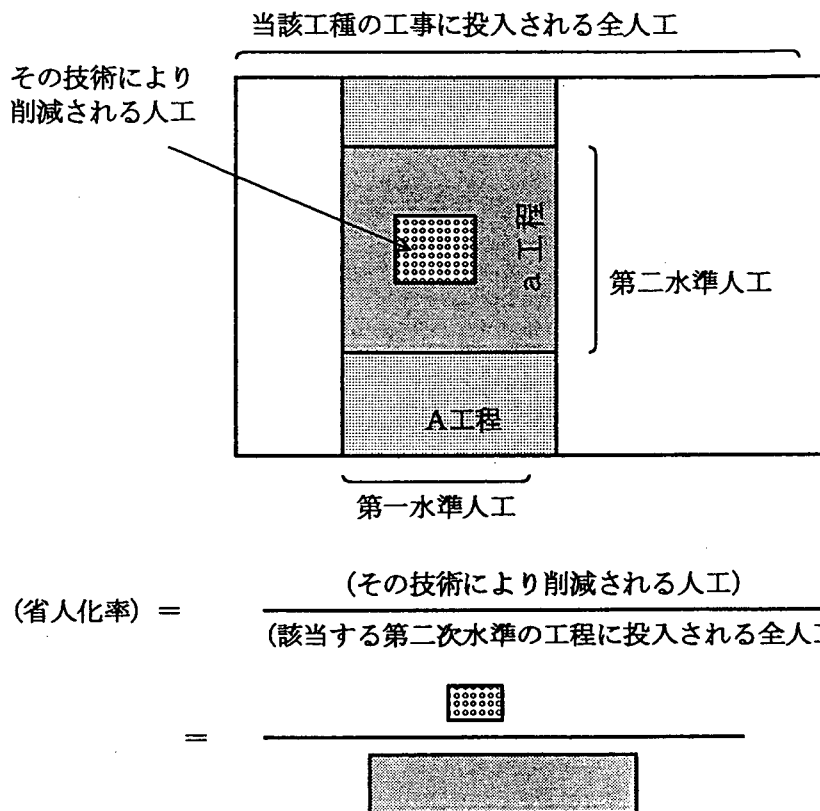


図-10.2.5 「達成可能な省人化率」のイメージ

(4) 重点開発テーマの抽出

重点開発テーマの抽出にあたっては、工種毎に一律に2/3削減するのではなく、従事作業員シェアの大きい工事、工種、工程を考慮して、土木工事全体で延べ従事作業員数を2/3に削減するための重点テーマの抽出を行う。

なお、抽出に当たっては、技術開発テーマの抽出数が工種工程によって多い少ないがあるために、単に開発優先度係数Qの大きな順序で選定したのでは、技術開発テーマの多い工種工程のものが上位に集まる傾向にあるために、開発優先度係数を以下の方法で補正した。

①同一工程に適用範囲の異なる2つ以上の技術がある場合は、適用する当該工程シェアを均等に分配する。

②同一工程に適用範囲の同じ2つ以上の技術がある場合は、1位のテーマに当該工程シェアの100%を割当て、2位、3位のテーマにはそれぞれ1/2、1/3・・・のシェアを割り当てる。

以上の仮定に基づき、以下のように補正値を求める。

$$(\text{開発優先度係数の補正値}) = (\text{開発優先度係数}) / (\text{同一工程内の順位})$$

上記方法に基づいて、全体工種における目標省人化率1/3（33%）を達成するまで、重点開発テーマの選定を行った。しかしながら、今回文献調査で抽出した施工新技術では、限界省人化率が22%にあり、全てり新技術を導入しても目標に達することは不可能であった。このため、省人化達成率を、

ランク1＝省人化率10%達成に必要な技術

ランク2＝省人化率15%達成に必要な技術

ランク3＝省人化率20%達成に必要な技術

ランク4＝省人化率22%達成に必要な技術

に分類し、整理した結果を以下に示す。

・重点開発テーマ
・工種別に工程内でソート

ランク1 = 省人率10%達成に必要な技術 ランク2 = 同15% ランク3 = 同20% ランク4 = 同22% (限界値)

ランク				工程	第一水準	工程	第二水準	A 人工シェア %	技術名	B 省人化率 %	C 開発コスト 億円	D 開発優先度係数 (A*B/C) 補正前
1	2	3	4									
		○		1 山岳トンネル	1 準備工	1 測量工	0.213		1 自動測量・マーキング技術	37	1.5	5.254
			○	1 山岳トンネル	2 掘削工	1 削孔	0.527		4 全自動削孔技術	40	7	3.011
			○	1 山岳トンネル	2 掘削工	2 装薬	0.680		5 火薬自動装填技術	35	7	3.400
			○	1 山岳トンネル	2 掘削工	3 発破工	0.167		6 発破パターン設定支援技術	13	1	2.171
			○	1 山岳トンネル	3 ずり処理工	1 ずり積み	0.631		15 高効率ずり積み技術	17	3	3.576
			○	1 山岳トンネル	3 ずり処理工	2 ずり出し	1.173		16 ダンプトラック等の自動運転技術	47	15	3.675
			○	1 山岳トンネル	3 ずり処理工	2 ずり出し	1.173		17 連続輸送技術	30	6	5.865
			○	1 山岳トンネル	4 支保工	1 鋼製支保工建設	0.410		18 多機能車(ジャンボ)による建設	20	2	4.100
	○			1 山岳トンネル	4 支保工	1 鋼製支保工建設	0.410		21 軽量支保工	30	0.5	24.600
		○		1 山岳トンネル	4 支保工	2 金網工	0.308		23 自動金網固定技術	33	2	5.082
			○	1 山岳トンネル	4 支保工	3 吹付コンクリート工	0.820		26 多機能車(ジャンボ)による吹き付け	20	1.5	10.933
			○	1 山岳トンネル	4 支保工	3 吹付けコンクリート工	0.820		27 高効率コンクリート圧走技術	18	1	14.760
			○	1 山岳トンネル	4 支保工	3 吹付コンクリート工	0.820		29 自動コンクリート吹付け技術	23	2	9.430
			○	1 山岳トンネル	4 支保工	4 ロックボルト工	0.513		31 多機能車(ジャンボ)による打設	30	2	7.695
			○	1 山岳トンネル	4 支保工	4 ロックボルト工	0.513		32 自動ロックボルト打設技術	50	3	8.550
			○	1 山岳トンネル	5 覆工	1 防水工	0.443		33 高作業性防水シート	37	3	5.464
			○	1 山岳トンネル	5 覆工	1 防水工	0.443		34 新型防水層形成技術	47	3	6.940
			○	1 山岳トンネル	5 覆工	2 型枠工	0.467		38 センترل自動移動技術	30	3	4.670
			○	1 山岳トンネル	5 覆工	3 コンクリート打設工	0.566		40 覆工締め固めの自動化	13	1.5	4.905
			○	1 山岳トンネル	6 計測	0 -	0.328		42 自動計測技術	53	4	4.346
			○	1 山岳トンネル	7 換気	0 -	0.164		44 ダクト自動延長技術	40	2	3.280
	○			2 土工	0 共通	0 測量+出来型計測	3.157		46 GPSを利用した測量技術	35	2	55.248
○				2 土工	0 共通	0 測量+出来型計測	3.157		47 デジタルステルカメラを利用した3次元形状計測技術	40	1.5	84.187
		○		2 土工	0 共通	0 測量+出来型計測	3.157		48 レーザ測量システム	33	2	52.091
			○	2 土工	0 共通	0 測量+出来型計測	3.157		49 3次元リモート測量技術	35	2	55.248
			○	2 土工	0 共通	0 測量+出来型計測	3.157		50 自動走行車両による無人測量システム	35	4	27.624
			○	2 土工	0 共通	0 測量+出来型計測	3.157		51 測量CADシステムによる土工管理システム	30	3	31.570
			○	2 土工	0 共通	0 測量+出来型計測	3.157		52 ノンプリズム測距角儀によるリモート測量	30	1.5	63.140
			○	2 土工	0 共通	0 掘削+運土+転圧	8.316		53 全天候型土工作業システム	23	6	31.878
			○	2 土工	1 準備工	1 施工計画	0.139		56 重機測定支援技術	23	0.5	6.394
			○	2 土工	1 準備工	2 準備工	1.594		57 斜面崩壊予測技術	20	1.5	21.253
			○	2 土工	2 掘削	0 -	1.848		59 軟弱地盤掘削技術	13	2	12.012
			○	2 土工	2 掘削	0 -	1.848		60 超小型掘削機	13	2	12.012
			○	2 土工	2 掘削	0 -	1.848		61 バックホウの機能拡張	8	1	14.784
			○	2 土工	2 掘削	0 -	1.848		62 掘削機の遠隔操作化	18	3	11.088
			○	2 土工	2 掘削	0 -	1.848		64 掘削機の完全自動化	40	7	10.560
			○	2 土工	3 運土	1 積み込み	1.455		67 積み込み機の遠隔操作化	13	3	6.305
			○	2 土工	3 運土	2 運搬	2.703		68 無人ダンプトラック	45	17	7.155
			○	2 土工	3 運土	2 運搬	2.703		69 高効率運搬技術	25	11	6.143
			○	2 土工	3 運土	2 運搬	2.703		70 超小型運搬機	8	2	10.812
			○	2 土工	4 転圧・法面工	2 締め固め	1.348		73 全自動掘削ローラ	23	6	5.167

・重点開発テーマ
・工程別に工程内でソー

ランク1 = 省人率10%達成に必要な技術 ランク2 = 同15% ランク3 = 同20% ランク2 = 同22% (限界値)

ランク				工程	工程	工程	A 人工シェア %	技術名	B 省人化率 %	C 開発コスト 億円	D 開発優先度係数 (A*B*Y/C 補正前)
1	2	3	4								
			○	2 土工	4 転圧・法面工	2 締固め	1.348	74 振動ローラの連隔制御	10	3	4.493
			○	2 土工	4 転圧・法面工	3 敷均し	0.963	75 ブルドーザーの操作簡易化技術	13	6	2.087
			○	2 土工	4 転圧・法面工	4 法面工	1.348	77 盛土急勾配化技術	8	2	5.392
	○			2 土工	4 転圧・法面工	4 法面工	1.348	78 大型プレキャストコンクリートブロックによる法面保護	13	1	17.524
	○			2 土工	5 施工管理	1 共通	1.059	80 情報化施工の自動化	13	1.5	9.178
			○	2 土工	5 施工管理	1 共通	1.059	81 施工管理のコンピュータ処理技術	10	2	5.295
			○	2 土工	5 施工管理	3 運行管理	0.674	83 設備信頼性診断技術	5	1	3.370
○				3 コンクリート工	1 準備工	0 -	1.575	85 足場自動昇降技術	24	0.8	47.250
	○			3 コンクリート工	2 鉄筋工	0 -	5.175	86 炭素繊維補強材利用技術	6	0.5	62.100
		○		3 コンクリート工	2 鉄筋工	0 -	5.175	87 複合構造による省力化・急速施工技術	40	4	51.750
○				3 コンクリート工	2 鉄筋工	0 -	5.175	89 鉄筋自動結束技術	24	1	124.200
	○			3 コンクリート工	2 鉄筋工	0 -	5.175	90 配筋自動化技術	29	2	75.038
○				3 コンクリート工	2 鉄筋工	0 -	5.175	91 鉄筋プレハブ化・ユニット化技術	35	1.5	120.750
	○			3 コンクリート工	2 鉄筋工	0 -	5.175	92 鉄筋組立て簡易化技術	13	1	67.275
○				3 コンクリート工	3 型枠・支保工	0 -	7.425	93 プレキャストコンクリート型枠	28	1	207.900
○				3 コンクリート工	3 型枠・支保工	0 -	7.425	94 移動式型枠	30	1	222.750
		○		3 コンクリート工	3 型枠・支保工	0 -	7.425	95 移動式型枠の自動制御技術	13	3	32.175
○				3 コンクリート工	3 型枠・支保工	0 -	7.425	96 軽量化型枠	8	0.3	198.000
			○	3 コンクリート工	3 型枠・支保工	0 -	7.425	97 型枠位置自動測量技術	10	5	14.850
	○			3 コンクリート工	3 型枠・支保工	0 -	7.425	98 型枠清掃自動測量技術	23	2	85.388
	○			3 コンクリート工	4 運搬	0 -	1.350	99 コンクリート自動運搬システム	38	3	17.100
○				3 コンクリート工	5 打込み	0 -	2.250	100 壁面へのコンクリート自動打設	45	0.3	337.500
			○	3 コンクリート工	5 打込み	0 -	2.250	102 走行式コンクリートディストリビュータ	30	6	11.250
○				3 コンクリート工	5 打込み	0 -	2.250	103 コンクリートディストリビュータ	33	0.5	148.500
○				3 コンクリート工	5 打込み	0 -	2.250	104 打設状況確認技術	19	0.3	142.500
○				3 コンクリート工	6 締固め	0 -	0.900	106 超流動コンクリート	58	0.7	74.571
○				3 コンクリート工	6 締固め	0 -	0.900	107 自動締固めシステム	38	0.5	68.400
		○		3 コンクリート工	6 締固め	0 -	0.900	109 締固め程度判定技術	14	0.5	25.200
		○		3 コンクリート工	7 打ち継目処理	0 -	0.675	110 自動壁面目荒し技術	65	11	3.989
		○		3 コンクリート工	8 表面仕上げ	0 -	0.675	111 自動コンクリート床均し技術	53	5	7.155
			○	3 コンクリート工	8 表面仕上げ	0 -	0.675	112 自動コンクリート表面水処理技術	33	5	4.455
			○	3 コンクリート工	9 補修作業	0 -	0.900	114 コンクリートはつり技術	65	15	3.900
		○		3 コンクリート工	9 補修作業	0 -	0.900	115 コンクリート構造物点検・診断自動化技術	55	6	8.250
○				3 コンクリート工	10 構造物の解体	0 -	1.575	116 高圧水噴射による解体技術	53	0.5	166.950
	○			4 コンクリート二次製品据付け	1 制作	0 -	2.709	117 パソコンによるプレキャスト擁壁割付設計システム	43	1.5	77.658
	○			4 コンクリート二次製品据付け	1 制作	0 -	2.709	118 規格品化	50	5	27.090
	○			4 コンクリート二次製品据付け	2 搬送	0 -	0.630	119 規格品搬送	45	2	14.175
	○			4 コンクリート二次製品据付け	3 据付け	0 -	0.756	120 2次製品据付マニピュレータ	40	2	15.120
			○	4 コンクリート二次製品据付け	3 据付け	0 -	0.756	121 据付自動化施工ロボット	55	6	6.930
	○			4 コンクリート二次製品据付け	4 組立	0 -	2.205	122 プレキャスト部材の高度化	40	8	11.025
		○		4 コンクリート二次製品据付け	4 組立	0 -	2.205	123 プレキャスト製品の長尺化	20	5	8.820

・重点開発テーマ
・工種別に工程内でソート

ランク1 = 省人率10%達成に必要な技術 ランク2 = 同15% ランク3 = 同20% ランク2 = 同22% (限界値)

ランク				工程	工程	工程	A 人工シェア %	技術名	B 省人化率 %	C 開発コスト 億円	D 開発優先度係数 (A*B)/C 補正前
1	2	3	4								
	○			5 コンクリートダムRCD工法	1 基礎掘削	0 -	1.185	124 情報化設計施工技術	23	2	13.628
		○		5 コンクリートダムRCD工法	1 基礎掘削	0 -	1.185	127 自動装薬機	31	5	7.347
			○	5 コンクリートダムRCD工法	1 基礎掘削	0 -	1.185	129 斜面自動吹付機	43	8	6.369
	○			5 コンクリートダムRCD工法	2 基礎処理	0 -	1.343	132 グラウト管理技術	35	3	15.668
		○		5 コンクリートダムRCD工法	2 基礎処理	0 -	1.343	133 ロッドの自動脱着技術	13	1.5	11.639
			○	5 コンクリートダムRCD工法	2 基礎処理	0 -	1.343	134 自動ボーリングマシン	35	8	5.876
			○	5 コンクリートダムRCD工法	3 原石採取・運搬	0 -	0.948	137 ベルトコンベアの追鎖技術	35	4	8.295
			○	5 コンクリートダムRCD工法	3 原石採取・運搬	0 -	0.948	139 自動装薬機	33	4	7.821
	○			5 コンクリートダムRCD工法	3 原石採取・運搬	0 -	0.948	140 出来形測量の自動化技術	43	4	10.191
		○		5 コンクリートダムRCD工法	3 原石採取・運搬	0 -	0.948	141 コンクリート骨材の自動判定技術	28	3	8.848
			○	5 コンクリートダムRCD工法	4 コンクリート製造	0 -	0.632	145 骨材品質測定の自動化技術	33	5	4.171
		○		5 コンクリートダムRCD工法	4 コンクリート製造	0 -	0.632	146 V C値自動測定装置	31	3	6.531
		○		5 コンクリートダムRCD工法	5 打設準備工	1 型枠設置・移設	0.514	147 自動型枠作業技術	40	3	6.853
		○		5 コンクリートダムRCD工法	5 打設準備工	3 止水板設置	0.198	150 自動式溶接技術	25	1	4.950
			○	5 コンクリートダムRCD工法	6 コンクリート運搬・打設	1 運搬・投入	1.086	151 トランスファーカー、インクラインの自動運転システム	15	4	4.073
		○		5 コンクリートダムRCD工法	6 コンクリート運搬・打設	1 運搬・投入	1.086	152 コンクリート自動運搬システム	10	2	5.430
			○	5 コンクリートダムRCD工法	6 コンクリート運搬・打設	2 敷均し	0.543	154 ブルターザの自動運行	25	4	3.394
			○	5 コンクリートダムRCD工法	6 コンクリート運搬・打設	3 締固め	0.346	155 締固め機械自動運行技術	30	3	3.460
			○	5 コンクリートダムRCD工法	7 表面処理・養生	0 -	0.711	160 グリーンカット集積合理化技術（無人運行）	45	5	6.399
			○	5 コンクリートダムRCD工法	7 表面処理・養生	0 -	0.711	161 狭小部作業技術	25	3	5.925
			○	5 コンクリートダムRCD工法	7 表面処理・養生	0 -	0.711	163 不陸追従能力向上技術	10	1	7.110
			○	5 コンクリートダムRCD工法	8 品質管理	0 -	0.316	165 品質管理書類作製の自動化技術	25	4	1.975
		○		6 アスファルト舗装工	1 路床工	1 不陸製正	0.439	167 自動制御技術	37	3	5.414
			○	6 アスファルト舗装工	1 路床工	1 不陸製正	0.439	168 小型化促進技術	27	3	3.951
		○		6 アスファルト舗装工	1 路床工	2 転圧	0.293	169 締固め力自動制御型ローラ	35	2	5.128
			○	6 アスファルト舗装工	1 路床工	2 転圧	0.293	171 自動締固め計測機	33	2	4.835
			○	6 アスファルト舗装工	1 路床工	3 安全処理工法	0.244	173 自動散布技術	45	2	5.490
			○	6 アスファルト舗装工	1 路床工	3 安全処理工法	0.244	174 防塵対策技術	30	1.5	4.880
	○			6 アスファルト舗装工	2 路盤工	1 敷均し	1.544	175 全自動敷均し技術	50	3	25.733
		○		6 アスファルト舗装工	2 路盤工	1 敷均し	1.544	176 モーターグレーダーの多機能化	27	1.5	27.792
			○	6 アスファルト舗装工	2 路盤工	1 敷均し	1.544	177 モーターグレーダーの簡易操作化	23	2	17.756
			○	6 アスファルト舗装工	2 路盤工	3 路上再生路盤工法	0.074	178 乳剤自動散布技術	35	1	2.590
			○	6 アスファルト舗装工	3 表層・基礎工	1 合材製造	0.489	183 アスファルトプラント自動運転技術	40	3	6.520
			○	6 アスファルト舗装工	3 表層・基礎工	1 合材製造	0.489	184 トータルシステム化技術	45	5	4.401
	○			6 アスファルト舗装工	3 表層・基礎工	2 瀝青材散布	0.290	185 自動散布技術	35	0.8	12.688
	○			6 アスファルト舗装工	3 表層・基礎工	3 型枠等の設置	0.642	186 設置支援技術の自動化	43	2	13.803
		○		6 アスファルト舗装工	3 表層・基礎工	4 敷均し	0.962	187 施工難目技術	20	0.5	38.480
			○	6 アスファルト舗装工	3 表層・基礎工	4 敷均し	0.962	189 施工幅調整技術	40	1.5	25.653
			○	6 アスファルト舗装工	3 表層・基礎工	4 敷均し	0.962	190 アスファルトフィニッシュ無型枠化	30	2	14.430
			○	6 アスファルト舗装工	3 表層・基礎工	4 敷均し	0.962	191 敷均し厚自動制御機	30	1.5	19.240
			○	6 アスファルト舗装工	3 表層・基礎工	4 敷均し	0.962	192 自動敷均しシステム	35	2	16.835

・重点開発テーマ
・工種別に工程内でソート

ランク1 = 省人率10%達成に必要な技術 ランク2 = 同15% ランク3 = 同20% ランク2 = 同22% (限界値)

ランク				工種	工程		A 人エシェア %	技術名	B	C	D
1	2	3	4		第一水準	第二水準			省人化率 %	開発コスト 億円	開発優先度係数 (A*B)/C 補正前
			○	6 アスファルト舗装工	3 表層・基礎工	4 敷均し	0.962	193 3次元位置自動制御機	50	3	16.033
○				6 アスファルト舗装工	3 表層・基礎工	4 敷均し	0.962	194 超小型アスファルトフィニッシャー	50	1	48.100
		○		6 アスファルト舗装工	3 表層・基礎工	5 転圧	0.489	195 転圧管理技術	30	2	7.335
		○		6 アスファルト舗装工	3 表層・基礎工	5 転圧	0.489	196 自動測定・計測向上技術	35	2	8.558
			○	6 アスファルト舗装工	3 表層・基礎工	7 路上表層再生工法	0.092	203 リミキサとロードヒータの車速度同調システム	18	0.5	3.312
		○		7 基礎工(大口径杭基礎)	2 削孔	1 掘削	1.068	210 転石岩盤の切削の機械化	25	5	5.340
		○		7 基礎工(大口径杭基礎)	4 鉄筋埋込み	0 -	0.485	217 鉄筋籠の組立て自動化技術	37	5	3.585
		○		7 基礎工(大口径杭基礎)	5 コンクリート打設	1 コンクリート工	0.335	219 コンクリートポンプ・トレミー管結合技術	10	0.6	5.575
		○		8 基礎工(深礎)	2 削孔	1 掘削	0.855	224 深礎内機械掘削技術	38	5	6.494
		○		8 基礎工(深礎)	2 削孔	1 掘削	0.855	225 深礎内自動掘削技術	38	7	4.639
		○		8 基礎工(深礎)	2 削孔	2 土砂搬出	0.513	226 深礎内掘削土砂自動集積排出技術	37	3	6.321
		○		8 基礎工(深礎)	2 削孔	3 孔壁保護	0.342	227 深礎土留め用コンクリートの型枠自動組立技術	27	3	3.074
		○		8 基礎工(深礎)	4 コンクリート打設	1 コンクリート工	0.178	233 コンクリートポンプ・トレミー管結合技術	10	0.6	2.967

全ての施工新技術を導入しても目標省人化率を達成しないために、ここでは、15%の省人化を達成する施工新技術を「重点開発テーマ」として抽出すると以下のとおりである。

省人化から見た「重点開発テーマ」 (15%削減)

山 岳 ト ン ネ ル	支保工	軽量支保		打込み	壁面へのコンクリート自動打設	
		高効率コンクリート圧送技術			コンクリートディストリビューター	
					打設状況確認技術	
土 <						

1 1. まとめと今後の課題

本研究では、各工種工程における施工技術の現状、施工の合理化・自動化のニーズ、施工新技術の開発状況等を調査するとともに、ニーズとシーズをもとに施工新技術を重点的に開発すべき工種、工程の提示、あるいは西暦2000年までに省人化を1/3行うために重点的に開発、導入すべき施工新技術の提示を行った。

今後、これらの成果を広く公表して、学及び民の施工新技術の開発の参考としてもらうとともに、さらに建設省がイニシアティブをとって、研究開発を誘導していくことが必要である。

開発すべき施工新技術の方向
に関する研究

ISSN 0386-5878
土木研究所資料
第3494号平成9年2月

塚田幸広 青山憲明

要旨 本報告では、建設事業における公共施設の一層の高品質化、施工環境の向上、労働力不足の対応を図るため、今後積極的に開発を進めるべき施工新技術の方向性について調査、検討したものである。

キーワード：機械化施工、自動化施工、省力化、省人化



郵便はがき

50円切手
をはって
下さい。

3 0 5 -

茨城県つくば市旭一番地
建設省土木研究所
材料施工部施工研究室
行

No. 002

No. 002

配布先氏名

配布先住所



土木研究所資料 第3494号 部

上記のとおり受領しました。

所 属（住所）

氏 名 印

土木研究所資料 第3494号