

ICT土工による河道掘削工事の留意点について (報告)

青木 惇平¹, 山崎 義彦¹

¹信濃川下流河川事務所 工務課¹ (〒951-8153 新潟市中央区文京町14-13)

国土交通省では、建設現場の生産性向上を目的に「i-Construction」のトップランナー施策として「ICT技術の全面的な活用 (ICT土工)」の取組を推進し、過去の実績から様々な効果、メリットが挙げられている。

本稿は、大規模河道掘削事業で実施したICT土工について、一般に言われているICT施工のメリットが得られたかを確認し、課題、改善点の考察をした。

キーワード 信濃川下流, i-Construction, ICT土工, 河道掘削工事

1.はじめに

労働人口が減少する近年の状況に対し、生産性向上を目指して国土交通省がi-Constructionを推進してから数年が経過した。ICT施工では、様々な工事実績や論文があり、安全性の向上、工期の短縮などの効果やメリットが上げられている。

信濃川下流河川事務所では、2019年度に8件の河道掘削工事と1件の河道浚渫工事を実施した。掘削土の総量は約40万m³であり、そのうち約10万m³が水中掘削である。膨大な土量であるため、工期の短縮、出来高管理の簡素化等を目的に、全工事でICT施工を行った。

本論文では、2019年度に施工した9件の河道掘削工事を基に、ICT施工において一般に言われている効果やメリットが本当に得られるかを確認し、課題、改善点を考察した。

2.手法

(1)検討の手法

まず、ICT 施工において一般に言われている代表的なメリットとして以下の a) ~e) が挙げられる¹⁾。

a)安全性の向上

建設機械関係の事故で多いものはバックホウと作業員の接触事故である。3次元データでの管理により、丁張設置等の建設機械周辺での作業が減ることで、安全性の向上が見込まれる。

b)作業効率の向上

3次元設計データを用いて、機材の配置の確認や施工手順のシミュレーションにより、初期設計ミスの事前修正や施工手順の確認が可能になり、現場作業の効率化を図ることができる。また、設計データが、建設機械に入力されているため丁張の設置作業が大幅に削減される。

c)オペレーターに要求される技術力の緩和

マシンコントロールシステム (以下 MC という) , マシンガイダンスシステム (以下 MG という) の導入によりオペレーターの熟練度に大きく依存せずに施工の迅速化や出来形・品質管理が可能になり、熟練者不足に対応することができる。

d)現場環境の改善

3K (きつい, 汚い, 危険) のイメージでとらえられがちな工事現場が, ICT 施工を駆使した先進的な現場へ転換し, 高効率, 高品質かつ安全な現場を実現することで, 建設現場が若年就業者にとって魅力のある産業へと転換される。

e)工期の短縮

無人航空機等による起工測量の日数削減や, 3次元データにより丁張設置にかかる日数や出来形管理等の施工管理の時間が削減されることにより, 工期を短縮することができる。

これらは、北陸地方整備局のホームページで紹介されているものや、過去の論文に記載されているものである。今回対象としている9工事でもこれらのメリットを得られたと考えられる。しかし、本論文で述べる工事については、実態を確認していないため、メリットを得られていない可能性があり、この相違が今後 ICT 施工を活用していく上での改善点であると考えられる。よって、今回はアンケートで受注者から ICT 施工に関する実態を確認した。アンケートの対象者は、現場代理人とバックホウのオペレーターとしている。現場を管理する者と実際に機械を動かす者で考え方が変わるかを確認するためである。

(2)アンケートの内容

アンケートの内容については、前述の a) ~e) の効果

を感じているかについて質問した。具体的な内容として、a) を例として挙げる。まず、安全性が向上した、向上していないといった2択の質問をし、この問いに対する回答を基準に、一般に言われているメリットを得られたかを判断する。この問いの後に、何故向上したと感じたか、または向上しなかったと感じたのかを4択で質問を相違点を抽出する。選択肢については過去の論文に記載のあった要因、または自分で考えた要因を記載している。このようなアンケートを9工事全てに行い、一般に言われるメリットを得られているかを確認し、改善点を考察する。

3. アンケート集計結果

アンケートの集計結果について記述する。回答は現場代理人は全工事から、オペレーターは9工事中7工事から回答があった。

(1) 安全性の向上について

安全性が向上したと感じたかを伺ったところ、全員が向上したと回答した(図1)。向上したと感じる要因について、アンケートの結果を図2に示す。なお、選択肢～dは、表1のとおりである。

向上したと感じる要因について伺ったところ、現場代理人、オペレーター共に半数以上が「施工機械周辺の作業員の立ち入りが減ったため」と回答していた。このほかに、「自動制御により、危険な動きがなくなること」や、オペレーターの操作に関する負担が減ることが挙げられていた。しかし、安全性が向上したと感じた場合でも、課題があるか伺ったところ、「水中部の測量について、ボートの上からの測量となるため安全性に欠ける」という意見もあった。

(2) 作業効率の向上について

作業効率の向上については、全員が作業効率が向上したと回答した(図3, 図4)。向上したと感じる要因について結果を図5, 図6に示す。選択肢a～dは、表2のとおりであるが、昨年度発注した河道掘削工事では陸上部掘削と水中部掘削があり、それぞれで観点が変わると考えたため陸上部と水中部で分けて伺っている。

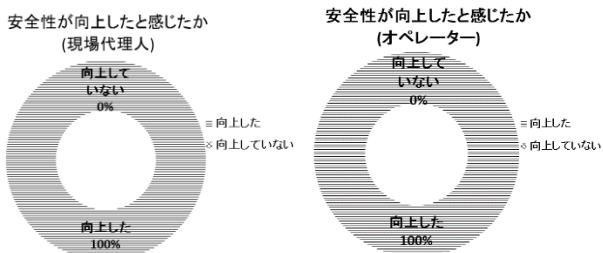


図1. 安全性が向上したと感じたか

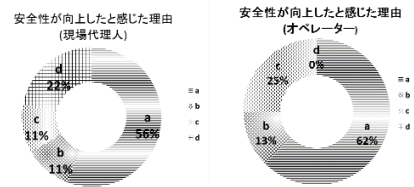


図2. 安全性が向上したと感じた理由

表1. 安全性が向上したと感じた理由の選択肢

選択肢	内容
a	施工機械周辺の作業員の立ち入りが減ったため
b	オペレーターの作業の負担が減ったため
c	掘削等の際に施工機械がある程度自動制御し、掘削のしすぎや危険な動きがないため
d	外での作業員が減ったことで、熱中症等が減ったため

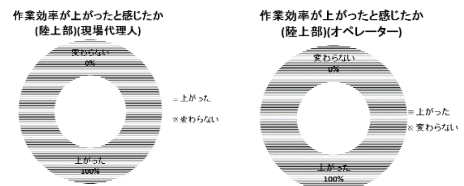


図3. 作業効率が上がったと感じたか (陸上部)

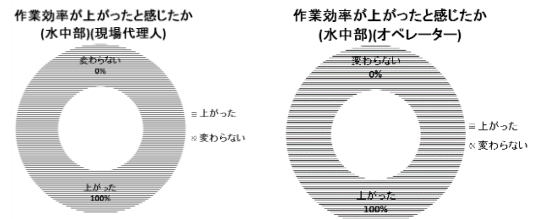


図4. 作業効率が上がったと感じたか (水中部)

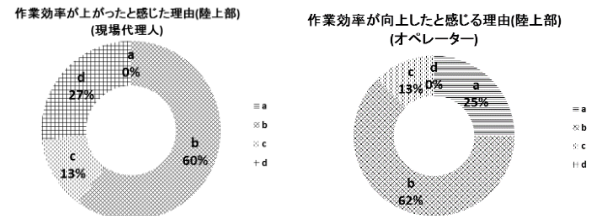


図5. 作業効率が向上したと感じた理由 (陸上部)

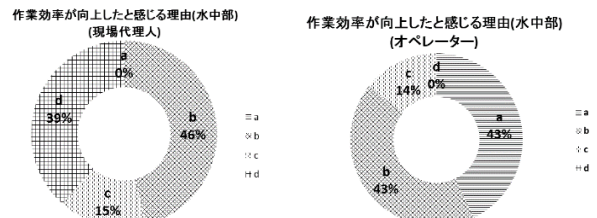


図6. 作業効率が向上したと感じた理由 (水中部)

表2. 作業効率が向上したと感じた理由の選択肢

選択肢	内容
a	3Dデータのシミュレーションにより施工手順の確認が容易になったため
b	現場への丁張りの設置作業が削減されたため
c	オペレーターのストレスが減り作業がしやすくなるため
d	3D測量を活用した検査により、書類よりも準備が容易になったため

向上したと感じた要因について、現場代理人、オペレーター共に半数以上が「丁張設置作業が削減されたため」を理由に挙げている。オペレーターからの意見は、「施工手順の確認が3Dデータを用いることで容易になったため」という意見が多かった。現場代理人からの意見では、「3Dデータを活用した検査により検査書類等の準備が容易になったため」という意見が多かった。また、課題について自由記述で伺ったところ、オペレーターからは、「電波の悪い場所での掘削の場合、従来の施工になるため効率が落ちる」という意見もあった。

(3)オペレーターに要求される技術力の緩和について

オペレーターの熟練度による施工への影響について、結果を示す(図7, 図8)。なお、(2)と同様に、陸上部と水中部で観点が変わると考えたため、それぞれで分けて伺っている。

陸上部、水中部の両方について、オペレーターは全員が、現場代理人は67%が影響すると回答した。それぞれの理由について、陸上部掘削と水中部掘削で分けて伺った。影響しないと感じた理由について、選択肢は表3、関係あると感じた理由については表4に示す。

影響しないという理由は、「MC, MGの導入により、感覚による難しい操作がなくなったため」、「水中部において見えない部分はモニターで確認することができるため」という意見が多かった(図9, 10)。

影響するという理由は、「MC, MGに関わらず従来の熟練度が必要になるため」、「周囲状況確認等については通常時と同じであり、熟練度を要するため」という意見がほぼ同数であった(図11, 12)。その他、自由記述では「機械が故障した場合はICTが使えなくなり通常の施工に戻るため、従来の施工技術が必要になるため」、「施工の進め方については現場経験が必要であるため」という意見があった。

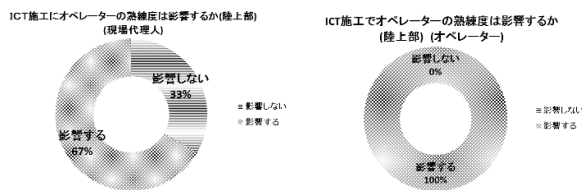


図7. ICT施工でオペレーターの熟練度は影響するか (陸上部)

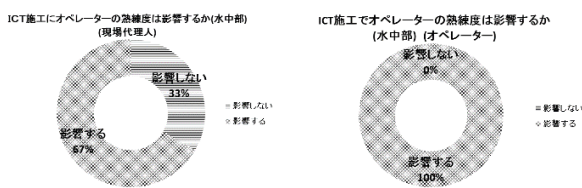


図8. ICT施工でオペレーターの熟練度は影響するか (水中部)

表3. 熟練度が影響しない理由について

選択肢	内容
a	MC, MGの導入により、作業効率の差がなくなったため
b	MC, MGの導入により、感覚などによる難しい操作が減ったため
c	出来形を確認しながら掘削が出来、掘りすぎることが減ったため
d	水中部の掘削について、目視で出来ない部分をモニターで確認出来るため

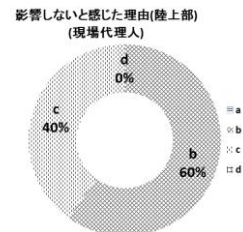


図9. 熟練度が影響しないと感じた理由 (陸上部)

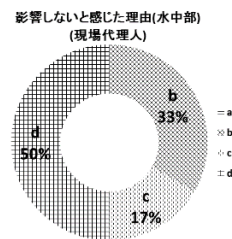


図10. 熟練度が影響しないと感じた理由 (水中部)

表4. 影響すると感じた理由の選択肢

選択肢	内容
e	MC, MGに関わらず従来の熟練度が必要になるため
f	周囲の状況確認等には通常時の状態と同じであり、熟練度が必要になるため

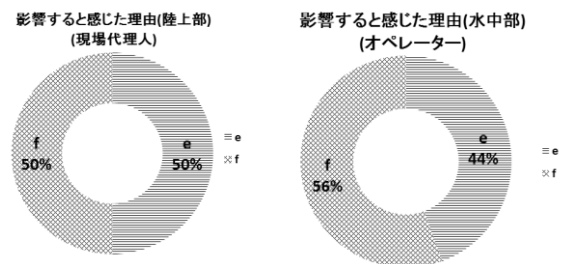


図11. 熟練度が影響すると感じた理由 (陸上部)

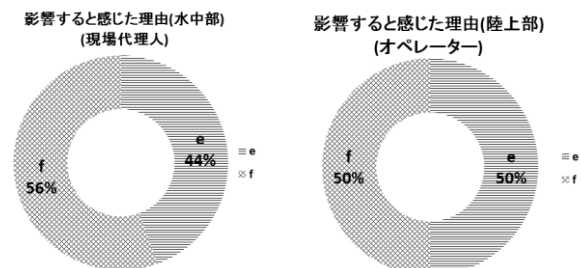


図12. 熟練度が影響すると感じた理由 (水中部)

また、ICTシステムに対する特有の熟練度が必要かを伺った。結果を図13に示す。

現場代理人は44%が、オペレーターは71%が必要という回答をした。必要であると回答した理由として、ICTの間違いや異変に気付く際に知識が必要である、モニタ操作にパソコン、スマートフォン等の操作知識が必要という意見があった。必要ないと回答している人の理由として、数回操作をすとなれる、スマートフォンの操作ができれば操作は可能という意見があった。

また、今後の工事ではICT施工が増えることが考えられ、若手のオペレーターが従来の機械操作を行う機会が減ることが予想される。そこで、現場代理人、オペレーターのそれぞれに、将来、若手の機械操作技術の低下に不安を感じるか伺った。以下にグラフで示す(図14)。

現場代理人の半数以上が不安を感じ、オペレーターの半数以上が不安を感じないことが分かった。

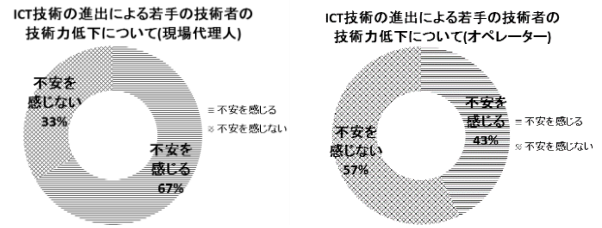


図14. ICT技術の進出による若手の技術力低下について

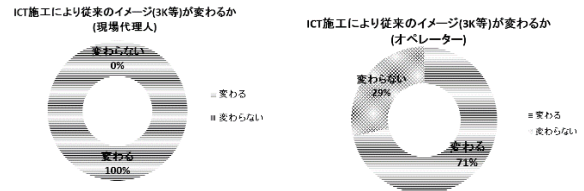


図15. ICT施行により3Kは払拭されるか

(4)現場環境の改善について

現場環境の改善については、ICT施工により3K(きつい、汚い、危険)が払拭されるかに着目している。結果を以下に示す(図15)。

現場代理人は全員が、オペレーターは71%が変わると回答している。それぞれの理由を伺った。変わったと感じた理由については、選択肢は以下のa~d、変わらないと感じた理由については以下のe~hである。

変わると回答した理由について、「MC、MGにより安全性が向上したため」、「丁張り等の設置がなくなり汚れることが少なくなったため」、「最先端の技術を使用することで従来の土木のイメージの脱却が図られるため」という意見が多かった(図16)。

次に、変わらないと回答した人の理由として、「水中掘削に関わる水際作業は危険が伴い安全性が欠けたため」という意見が多かった(図17)。自由記述では「官、民に対する広報が足りないため」という意見があった。

表5. イメージが変わると感じた理由の選択肢

選択肢	内容
a	MC、MG等により安全性の確保がされるため
b	丁張り等の設置がなくなり汚れることが少なくなったため
c	バックホウに乗っての作業が主になり、空調が効くため以前よりつらくないため
d	情報・エレクトロニクスなどの最先端技術を使用することで従来の土木のイメージの脱却が図られるため

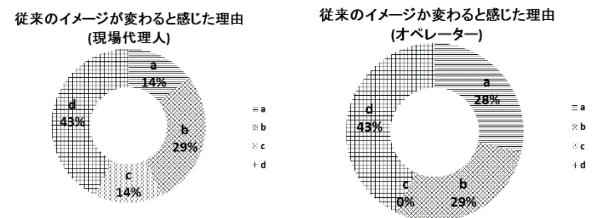


図16. 従来のイメージが変わると感じた理由

表6. イメージが変わらないと感じた選択肢

選択肢	内容
e	ICTについて広く一般への発信が足りないため
f	ICTで人が減ることにより一人当たりの作業量が上がったため
g	水際作業では危険を伴い安全性に欠けたため
h	水中部測量等は従来のままであり汚れることもあるため

(5)工期の短縮について

ICT施工を行うことで工期が短縮されるかを確認するために、各受注者に起工測量、測量設計、施工、出来形管理にかかる日数をICT施工で行った場合と従来の方法で行った場合の推定で算出していただいた。また、工期が短縮されればコストの削減につながると考えたため、ICT施工はコストの削減につながるかを伺った。

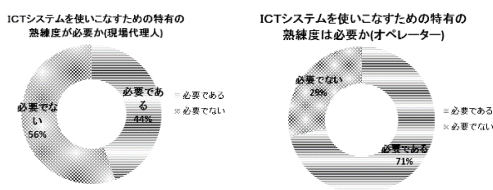


図13. ICTシステムを使いこなす特有の熟練度が必要か

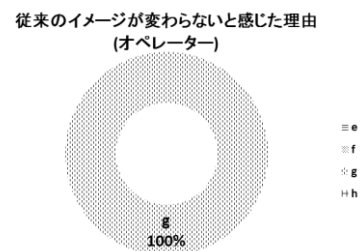


図17. 従来のイメージが変わらないと感じた理由

まとめた結果を表5に示す。上段が従来の施工方法、下段したものがICT施工によるものある。A社、B社については全ての項目で短縮、または変化なしとなっている。しかし、他の6社についてはICT施工にすることで工期が伸びたと推測される項目がある。工期が長くなる項目で最も多いものは設計の段階であり、5社が工期が伸びたと推測できる。

図18は現場代理人にICT施工はコスト削減につながるか伺った回答である。56%が繋がると回答し、44%が繋がらないと回答している。コスト削減につながると感じた理由について伺った。選択肢は以下のa~d、繋がらないと感じた理由について以下のe~hである。

コスト削減につながるという意見が多かった(図19)。

コスト削減につながらないと回答した人の理由として、「工期の削減による費用の削減よりも施工機械設備や3Dデータ作成のソフトウェアが高くなるため」という意見が多かった(図20)。

4.考察

(1)安全性の向上について

ICT施工により丁張り等の建設機械周りの作業が減ることから安全性が向上すると予想していた。アンケートの結果から一般にいわれるメリットを得られていると考えられる。ただし水中部における河道掘削については、測量等で危険が伴う他、電波の入らない場合に効率落ちるという課題が挙げられており、施工時の工夫、建設機器等の改良が必要と考えられる。

(2)作業効率について

受注者から3次元データの作成に時間がかかると聞いたことがあるため、作業効率の向上はあまり効果として得られていないと予想していた。アンケートの工期から設計に関しては向上していないことが分かる。

一方で、施工の面では、作業効率が向上したという意見が多い。丁張り作業が削減されたことが一番大きな要因になっている。

しかし、検査の準備が容易になったことにおいては現場代理人のみが、3Dデータで施工手順の確認が容易になったことにおいてはオペレーターのみが容易になったと回答している。この違いがでたのは、施工をする者と管理をする者の作業の差が出たと考えられる。

また、施工についてアンケートから、工期が伸びている社があることが分かる。全員が作業効率が向上していると回答していることから、ICT施工が原因でなく、現場条件に施工が伸びる要因があったと考える。

(3)現場環境の改善について

MC等の導入で安全性が向上すると考えていたため、

表5. 従来の施工とICT施工の工期の比較

受注者	施工方法	起工測量(日)	測量設計	施工	出来形管理	合計
A	従来の施工	2	1	19	2	24
	ICT施工	1	1	16	1	19
B	従来の施工	1	3	141	14	159
	ICT施工	1	1	108	14	124
C	従来の施工	4	3	216	5	228
	ICT施工	2	5	198	2	207
D	従来の施工	8	5	153	6	172
	ICT施工	4	14	216	0	234
E	従来の施工	6	6	160	8	180
	ICT施工	14	24	145	10	193
F	従来の施工	5	14	207	14	240
	ICT施工	2.5	15	202	2	221.5
G	従来の施工	5	3	120	3	131
	ICT施工	4	2	130	2	138
H	従来の施工	3	10	127	4	144
	ICT施工	3	30	118	2	153

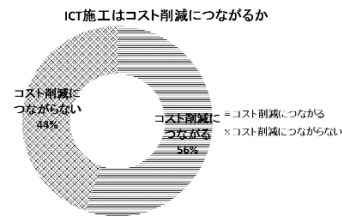


図18. ICT施工はコスト削減につながるか

表6. コスト削減につながると感じた理由の選択肢

選択肢	内容
a	作業が効率化し、工期が減るため
b	効率的な機械の稼働により燃料費が減るため
c	作業員が減り、人件費が減るため
d	検査の資料が減り、資料の作成費が減るため

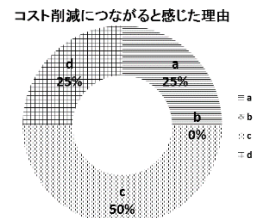


図19. コスト削減につながると感じた理由

表7. コスト削減につながらないと感じた理由の選択肢

選択肢	内容
e	工期削減以上に、施工機械設備や3Dデータ作成のソフトウェアが高いため
f	3Dデータ等の作成を外注にすると費用がかかるため
g	小規模土工になると費用が高くなるため
h	水中部と陸上部で測量の方法が変わるため手間が増え費用がかかる

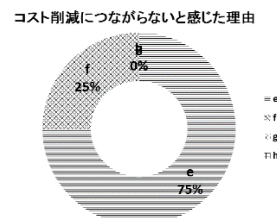


図20. コスト削減につながらないと感じた理由

メリットを得られると予想していた。アンケートの結果からICT施工を行うことで現場では3Kが解消されていることが考えられる。しかし、周知が不足しており建設業の魅力が伝えきられていないという意見があった。実際に自分が学生の時期もICT施工に関する情報はあまり聞いたことがない。SNSでの発信等若者が容易に情報を入力できるツールの利用等が必要と考えられる。

(4)工期の短縮について

受注者から3次元データの作成に時間がかかると聞いたことがあるため、工期の短縮は効果として得られていないと予想していた。アンケートの結果、一部の工事ではメリットを得られていなかった。それらの工事については、設計で時間がかかっている。時間がかかっている理由として再委託で行っていることが考えられる。自社で設計ができるように各社がソフトウェアを持つか、受注者の外注が同時期にならないように、時期をずらして発注すると良いと考える。

(5)オペレーターに要求される技術力の緩和について

MC, MGにより熟練度の緩和がメリットとして得られると予想していたが、予想に反し、技術力、熟練度が必要という結果になった。ICTのシステムについては、現場代理人とオペレーターで意見が分かれた。オペレーターに特有の熟練度が必要という意見が多く、実際に機械を操作する者と操作していない者で差が出たと考えられる。しかし、双方からスマートフォンの操作ができればシステムの操作は可能という意見が多く、現在、スマ

ートフォンは多く普及されているため知識に関することを学べば問題ないと考えられる。機械操作については、周囲の状況確認等に熟練度が必要という結果になり、安全性の向上のためにも必要である。また、若手技術者の技術力低下にも不安があるということから、若手オペレーターが従来の機械操作を学ぶ機会を用意する必要があると考えられる。

5.終わりに

アンケートを行って、一般にいわれるメリットを得られているかを確認し、課題、改善点の考察を行った。今回は5つのメリットについてであったが、このほかにも自由記述にて県・市町村発注のICT活用工事が少なく、ICT施工を行える業者間に偏りがあるという意見もあった。直接受注者に問題点、課題等を伺うことで気が付くこともあるため、伺う機会がある際に、課題等を見つけ改善点を検討していく必要があると考える。

謝辞： 本論文を作成するにあたり、多大なるご協力をいただきました受注者の皆様、また、関係者の皆様に深く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 情報化施工 : [http://gnr-www400111.intr.hrr.mlit.go.jp/news/dourobu/kikaika/NEW施工係HP/情報化施工\(ｲﾄﾗ用\)/情報化施工説明資料\(業団体配布用\).pdf](http://gnr-www400111.intr.hrr.mlit.go.jp/news/dourobu/kikaika/NEW施工係HP/情報化施工(ｲﾄﾗ用)/情報化施工説明資料(業団体配布用).pdf)