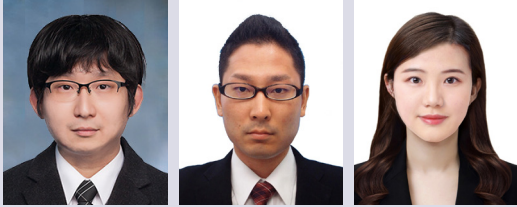


일본 건설업의 생산성 향상을 위한 노력



조재용 대한건설정책연구원 선임연구원, adelid83@ricon.re.kr
 Tamura Atsushi Kyoto University Ph.D course
 Deng Nisi A.T.Kearney, Business Analyst

1. 1980년대와 1990년대

일본 건설업의 생산성 향상을 위한 노력은 1980년대 초부터 이루어져왔다. 1980년대 일본의 대형 건설사들은 로보틱스 기술을 접목하기 위하여 건설작업 프로세스를 연구하고 개발을 진행하였다. 이 시기에는 개별 로봇과 원거리조작기(매니플레이터)가 공사현장에서 특정작업을 담당하기 위한 연구가 집중되었다. 예를 들면 콘크리트 운송이나 취급, 큰 자재의 취급 및 부착 등의 작업용 로봇 및 외벽 점검 및 도장용의 로봇 등이 있을 것이다. 이 시기에 일본에서는 합계 400종 이상의 로봇이 건설현장으로 개발되었고, 적용이 시도되었다(Thomas Bock, 2013).

버블 시기에 들어선 1990년대에는 버블과 함께 찾아온 폭발적인 건설 수요를 건설업체들이 따라가지 못하자, 대형 건설사들은 중심으로 이를 대응하기 위한 전자동 시공에 대한 연구가 진행되었다. 특히 타이세이(Taisei) 건설, 타케나카(Takenaka) 건설, 카지마(Kajima) 건설, 시미즈(Shimizu) 건설, 오바야시(Obayashi) 건설, 마에다(Maeda) 건설공업 등은 고층건물의 자동건설이나 자동해체에 관한 기술을 각기 개발하여 30개 이상의 현장에 적용하였다. 자동화된 고층건축물 건설현장은 반자동·완전 자동화된 운송 설비가 포함된 수납 시스템과 완전 자동으로 건물을 지을 수 있는 로봇이 조합된 수직으로 이동가능한 공장이라고 말할 수 있다. 이러한 자동 건설 시스템은 노동력을 50%이상 절감할 수 있을 것으로 기대되었다(Thomas Bock, 2013).



[Taisei - T-up]



[Shimizu - SMART]



[Obayashi - BIG CANOPY]

그림 1. 1990년대 일본에서 개발된 전자동 건설 시스템 사례

또 한 가지 주목 할 만 한 방향성은 PC공법이였다. PC공법은 1932년 프랑스의 구조공학자 Eugène Freyssinet씨가 일본에서 PC의 기본특허를 획득함으로써 일본에 전래되었다. 이후 일본의 토목학회와 건축학회는 PC설계시공지침(토목학회, 1954), PC설계시공규준(건축학회, 1961)등을 발표하여 PC도입을 이끌었다. 부재의 공장제작의 장점에 주목한 일본 건설업체들은 1980년대부터 PC공법을 적극적으로 연구하여, 적용하기 시작하였고, 1,858억 엔 규모였던 PC시장(1980년)은 버블 경제와 함께 1999년 5,793억 엔 규모까지 성장하였다. 이후 버블 붕괴와 장기 불황에 따른 건설 시장의 축소에 따라 2,173억 엔(2010년) 규모까지 축소되었으나, 최근 동일본대지진 복구공사 및 도쿄올림픽 개최의 호황과 함께 3,484억 엔(2018년) 규모로 복구되었다(JAPAN PRESTRESSED CONCRETE CONTRACTORS ASSOCIATION, 2019).

1990년대에 싱가포르 정부는 당시 싱가포르에서 많은 공사를 담당하던 일본 건설업체의 높은 생산성에 관심을 가지고, 정부 및 민간 차원에서 지원을 요청하였다(BCA 2017). 이에 수년간 일본의 대학 및 대형 건설업체들이 생산성 향상을 위한 어드바이스를 진행하였다. 현재 싱가포르 BCA에 적용하고 있는 Buildable Design Appraisal System(BDAS)는 이러한 일본의 지원 결과로 도입된 시스템이다¹⁾.

1980년대, 1990년대 진행되었던 일본 건설업의 생산성을 향상시키기 위한 연구는 버블 경제에 따른 건설 수요를 맞추기 위하여 민간 건설업체들이 앞 다투어 진행하였다. 이 시기에 개발되었던 많은 자동화 기술들은 운영에 너무나 많은 비용이 소요되어, 버블이 붕괴된 건설 현장에 적용하기엔 너무나 비쌌고, 그 결과 그다지 활용되지 않게 되었다. 이에 반해 PC화는 내진성능이 좋은 철골조²⁾를 많이 활용하는 일본 건설 시장의 수요와 잘 맞아 꾸준한 성장을 거듭하였다.

2010년대에 들어와서는 상황이 전환되어 과거와는 다른 상황에 따라 생산성 향상이 필요하게 되었다. 바로 건설 시장 규모는 축소하고 있으나, 인구 감소 속도가 시장 축소 속도보다 더 빨라 건설업체들의 생산성 향상이 필요하게 된 것이다.

2. 현재 일본 건설업이 직면한 문제점

일본 총무성 통계국에 따르면 현재 일본의 총 인구는 1억 2,708만 명이다. 일본의 인구는 8년 연속 인구가 자연감소하고 있으며, 그 감소폭은 증가하고 있는 상황이다(総務省統計局, 2015). 특히 유소년 인구 비율은 12.8%로 역대 최저 비율에 해당하는 한편, 생산연령인구의 비율은 61.3%로 1992년 이래 최저 비율을 기록하였다. 나이가 고령 인구의 비율(25.9%)이 매우 높으며, 특히 고령 인구 가운데 75세 이상의 인구는 12.5%로, 이는 일본 인구의 8명 중 1명은 75세 이상인 것을 의미한다. 이러한 저출산 문제로 인해 모든 산업에서 젊은 층의 유입이 부족한 실정이지만, 이 가운데 건설업은 우리나라와 유사하게 3D 업종이라는 인식이 높아 타 산업에 비해 젊은 층의 유입이 상대적으로 매우 적은 상황이다.

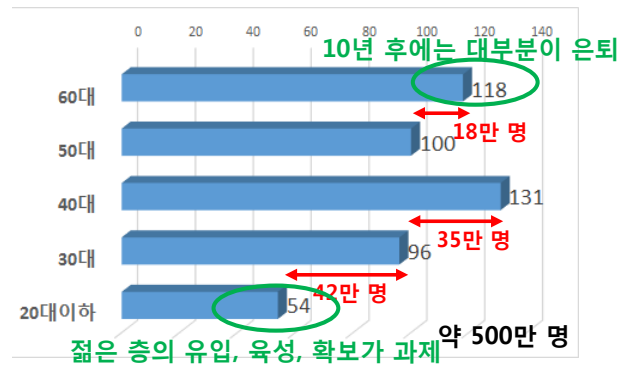


그림 2. 일본 건설업 취업자의 연령대 분포

일본 내 건설업에는 현재 약 500만 명의 취업자가 있으나, 이 가운데 118만 명이 60대 취업자이며, 20대 이하는 54만 명에 불과하다(総務省統計局, 2015). 앞으로 10년 후에는 60대 취업자의 대부분이 은퇴할 것으로 예상되나, 건설업에 새로이 유입되는 취업자는 매우 적은 상황이다. 따라서 30대 이상의 취업자를 숙련자로 가정한다면 10년 후에는 숙련된 취업자 64만 명의 공백이 발생할 것으로 예상되고 있다(조재용 2017).

이러한 상황에서도 일본의 외국인 노동자 수입에 관한 정책적 방향성은 1967년의 「제1차 고용대책기본계획」에서 정해진 바와 같

1) The Buildable Design Appraisal System was developed with the assistance of a committee comprising leading local and foreign contractors who provided productivity data inputs from their projects. Inputs from various government agencies, consultants and product manufacturers were also incorporated. The concern for buildability, or the need to integrate design with construction, has also been taken up in developed countries. In Japan, this integration is maximised as most projects proceed on a design-and-build basis. Major Japanese contractors such as Takenaka Corporation, Taisei Corporation and Kajima Corporation have developed their own in-house buildability appraisal systems. BCA's Buildable Design Appraisal System is modelled after Takenaka's system(BCA 2017).

2) 2017년 기준 구조별 차공 바닥면적 구성비는 목조가 41.9%, S조가 38.1%, RC조가 17.2%, SRC조가 2.1%임(日本鉄鋼連盟建築委員会, 2018)

이 전문적·기술적 분야의 외국인 수입은 적극적으로 추진하지만, 단순 노동 분야의 수입은 원칙적으로 허용하지 않는다는 방침을 현재까지 일관하고 있다(佐野哲, 2008). 그 이유로는 자국민의 일자리 확보 문제와 품질 및 안전 확보, 일본 고유의 기술 계승 문제를 이유로 들고 있다. 동일본대지진의 복구공사와 도쿄 올림픽 개최를 위한 공사가 연이으며 호황을 맞고 있는 일본 건설업에 대응하기 위하여 2014년 4월 국토교통성에서는 「건설 분야 외국인재 활용에 관한 긴급조치」를 발표하고(国土交通省, 2014), 2018년 입국관리법 개정을 진행함으로써 외국인 노동자를 수입하기 시작하는 듯하였으나, 그 내용은 연간 5천~6천 명 규모로 전체 건설업 근로자의 0.1%에 불과하다(入国管理局, 2016).

즉 인력이 부족한 상황에서 지금과 같은 건설업을 유지하기 위해서는 생산성 향상이 필요하게 되었으며, 그 대표적인 움직임이 i-construction이라고 할 수 있다. 일본 건설업연합회에서는 생산성 향상에 대한 방향성을 건설업 전체와 공유하기 위하여 다양한 사례를 정리한 세미나를 지속적으로 개최하고 있다(일본건설업연합회, 2017).

3. 생산성 향상의 최근 방향성

일본 건설업연합회는 인구가 감소하여, 건설업 취업자가 격감하고 있는 상황에 대응하기 위한 키워드로 생인화(省人化)³⁾와 가시화를 제시하였다(표 1). 건설 산업의 각 작업에서 필요한 근로자 수를 줄일 수 있도록(생인화), 생산성을 고려한 설계, 공장생산에 의한 현장작업 절감, 작업의 표준화, 자동화, 기계화 등을 제시하고

있다. 또한 다양한 주체가 참가하고 있고, 이들 사이에 수많은 정보가 이동되는 건설 산업에서 정보를 가시화함으로써(가시화), 의사결정을 빠르고 정확하게 하여 생산성을 향상시키고자 하고 있다(일본건설업연합회, 2017).

이러한 개념들과 관련하여 건설업체가 개발하고 적용하고 있는 대표적인 사례를 살펴보면 다음과 같다.

1) 하이브리드 구조

건축물에서 센터 코어를 RC로, 기둥을 PC로, 보를 S조로하는 복합 구조를 하이브리드 구조라고 한다. 이를 통해 S조 보로써 장대 스패를 확보할 수 있으며, S조의 경우에 필요한 현장용접, 대화피복 등의 공정에 소요되는 시간을 단축할 수 있다. 또한 수직하중을 부담하는 기둥에는 비용이 낮은 PC를 사용하여 구제비용을 절감할 수 있다(일본건설업연합회, 2017).

2) PC공법

PC공법은 기둥, 보, 슬라브 등 주요한 철근콘크리트 부재를 공장에서 제작하고, 현장에서 조립하는 공법을 의미한다. 철근 조인트는 기계식 이음이 일반적이다. 전체 중량을 줄이기 위해 중공형이나 U형 하프PC 등의 다양한 유형이 개발되어있다. 이러한 PC공법은 공장 내 제작, 양생으로 기상조건에 좌우되지 않기 때문에 고품질 부재제작이 가능하다. 또한 현장에서 거푸집지보공, 철근조립, 콘크리트 타설 등의 작업이나 양생기간을 대폭 삭감할 수 있기 때문에 공기 단축이 가능하고, 이러한 작업에 따른 소음 발생을 억제할 수 있다. 갱폼 등의 거푸집을 대체하기 때문에 합판형 거푸집

표1. 생산성 향상을 위한 키워드와 구체적인 예시

키워드	개념	구체사례
생인화(省人化)	① 생산성을 고려한 설계	설계단계에서 생산정보를 반영하여 생산성을 고려한 설계를 실시(단면의 균등화, 하이브리드 구조 등)
	② 공장생산에 의한 현장작업 절감	PC화 등 현장외에서 작업을 진행하여 현장에 가지고 오는 복합화, 선제적화에 의해 현장 작업을 줄임.
	③ 가설절감, 건식화, 단순화에 의한 생인화	에코서포트, 건식ALC벽, 시스템거푸집, 플러퍼 패널 유닛 공법 등
	④ 작업의 표준화	작업원의 업무량을 정비하여, 같은 작업원이 지속하여 작업함으로써 높은 숙련효과를 기대. 다능공화
	⑤ 자동화, 기계화	자동운반, 공사용양중기, 양중설비의 고효율화, GPS활용
가시화	⑥ BIM, CIM활용	정보의 공유, 가시화, 빠른 의사결정 촉진, 설계·구조·설비의 정확성, 시공 검토

3) 생인화(省人化)는 도요타 생산 방식의 주요 개념의 하나로서 생력화(省力化)와 소인화(少人化)와는 다른 개념이다. 간단히 설명하면 10명이 작업하는 생산라인에서 작업 개선을 실시하여 0.9인분의 작업을 줄였다고 하면 이는 생력화(省力化)이다. 그러나 0.9인분의 작업이 줄었다고 하더라도 0.1인분의 일이 남아있다면 결국 10명을 사용해야 한다. 따라서 다양한 방법을 강구하여 1.0인분의 작업을 감소할 수 있는 방법 적용하는 것이 생인화(省人化)이다. 그러나 실제 현장에서는 생인화를 달성하기 어려운 경우가 많으므로, 계속 변동하는 수주량에 맞추어 생산라인의 목표를 다르게 설정함으로써 사람을 줄일 수 있게 되는 개념이 소인화(少人化)이다.

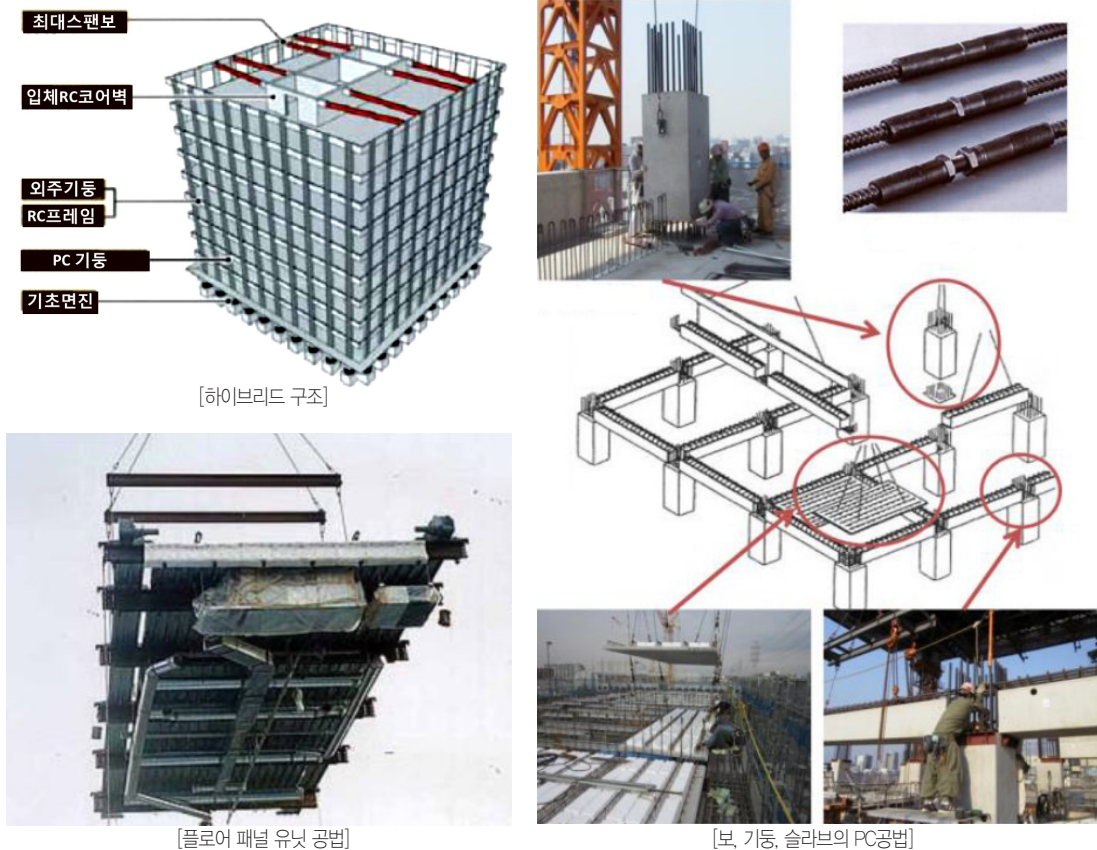


그림 3. 생산성 향상을 위한 구체적 사례

의 사용량을 줄이고 건설폐기물을 줄일 수 있다(일본건설업연합회, 2017).

3) 플로어 패널 유닛 공법 (철골 작은보 + 슬라브 + 설비)

플로어 패널 유닛 공법은 빌딩의 슬라브 구조체에 설비기재를 설치한 플로어 패널 유닛을 지상에서 작업하여, 철골 세우기에 맞추어 고정하는 시공합리화 공법이다. 시공안전성을 확보할 수 있으며, 자재양중작업의 효율화를 꾀할 수 있다. 설비시스템 전체의 품질을 향상시킬 수 있으며, 공기 단축에도 도움이 된다(일본건설업연합회, 2017).

4) 작업의 표준화

건설업의 작업 자체를 표준화하여 숙련된 기능공이 아니더라도 누구라도 간단히 손쉽게 할 수 있도록 만드는 것이 중요하다. 또한 이렇게 작업이 표준화가 되면, 자동화, 기계화로 이어지기 용이하게 된다. 많은 건설업체들은 자신들의 작업을 표준화하기 위하여 노력을 기울이고 있다. 또한 단순기능자가 아닌 현장을 컨트롤하고, 효율적인 작업을 진행하기 위한 매니지먼트 능력을 가진 반장 클래스가 부족하다. 국토교통성은 이러한 수요에 대응하기 위하여

기존의 반장 클래스의 기능자들에게 복수의 작업을 전문으로 하는 다능공화를 유도하고 있다(안중욱 외, 2018).

5) 자동화, 기계화

일본의 대형 건설업체들은 일본 건설 산업이 겪고 있는 인력 부족에 대응하고 경쟁력을 확보하기 위하여 각자가 건설자동화 및 기계화를 추진하고 투자하고 있다. 각 기업들이 자신들의 판단에 따라 목표를 수립하고 진행하기 때문에 각 사가 조금씩 다른 방향성을 가지고 있다(조재용, 2018). 시미즈(Shimizu) 건설은 다양한 로봇 개발을 통한 종합적인 향상에, 타이세이(Taisei) 건설은 개선이 필요한 구체적인 공종을 개선하는 것을, 건축 부문이 강점인 타케나카(Takenaka) 건설은 건물 유지관리 부문에 집중하고 있다. 오바야시(Obayashi) 건설은 기존의 중장비를 원격 제어하는 기술에, 카지마(Kajima) 건설은 시공계획을 입력하면 중장비가 자동으로 공사를 진행하는 기술을 목표로 하고 있다(조재용, 2018).

6) BIM, CIM 활용

건설 생산 프로세스 전반의 생산성을 향상시키기 위한 가장 효과적인 툴로 BIM(Building Information Modeling)과 CIM

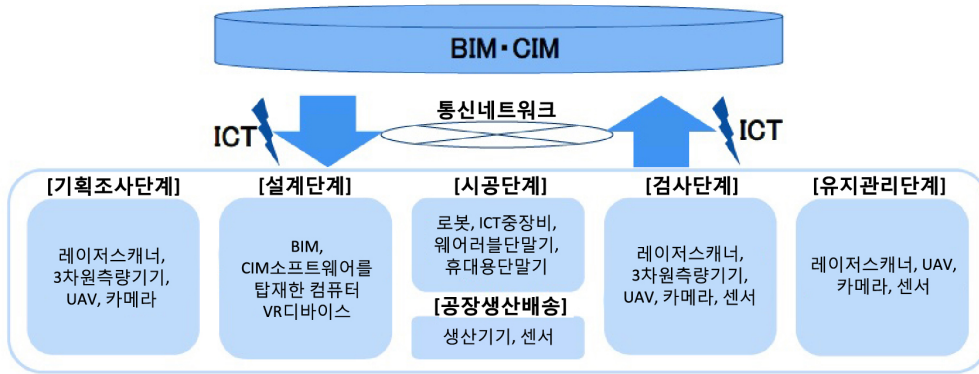


그림 4. 건설 생산 프로세스에서 BIM, CIM의 역할

(Construction Information Modeling)을 들 수 있다. 건설하는 구조물의 관련 정보가 일원화된 BIM, CIM을 각 플레이어가 활용함으로써 각 작업의 ICT기기가 연결되고 한층 더 효과적인 자동화 시공이 가능하게 된다(미즈호은행 산업조사부, 2017). 현재 일본에서는 이러한 연구의 기초연구로서 각 프로젝트에서 의사결정이 어느 단계에서 어떻게 이루어지는지에 대한 연구가 주목받고 있다.

4. 결론

일본 건설업의 생산성 향상을 위한 노력을 통해 다음과 같은 두 가지 시사점을 생각해볼 수 있다.

첫 번째, 건설업의 생산성을 향상을 위해서는 자동화, 정보화, PC화, BIM 등 다양한 내용을 검토할 필요가 있다. 다시 말해 자동화, 정보화, PC화, BIM 등의 기술 가운데 하나의 연구 개발에 집중적으로 투자한다고 해결되는 것이 아니라, 건설 생산성 향상을 위해서는 이들 전부 고려되어야 한다는 것이다. 우리 건설업의 생산성 향상을 위해서는 우리 건설 산업이 궁극적으로 나아갈 방향을 모색하고, 유행하는 키워드를 쫓는 것이 아니라, 연구자, 개발자들이 각기 하나의 키워드를 지속적으로 꾸준히 연구하는 것이 필요하다. 또한 이러한 연구들은 근시안적으로 결과를 기대하는 것이 아니라, 10년, 20년 이상 꾸준한 투자가 확보되고, 장기적인 안목으로 연구 결과를 축적시켜가는 것이 중요하다.

두 번째, 기술 개발은 사용자 주도적으로 이루어져야 한다는 것이다. 기술 개발을 통한 자사의 생산성 향상은 무엇보다 자사의 경쟁력 확보와 직접적으로 연결되는 것이다. 정부 또는 타인에 의해 만들어진 기술은 자신의 문제점을 정확히 해결해주기 어려우며, 활용에 있어서도 수동적이게 되며, 부족한 부분이 있더라도 활용하기 위한 개선 노력을 기울이기 어렵다. 또한 정말 효과가 있는 기술에 대해서는 고액의 기술사용료 등이 발생하기 때문에 결국 도입이 어렵게 된다.

참고문헌

1. Thomas Bock, 「複合的建設戦略, 建築コスト研究」, RIBC, No.83, 2013.10., pp.52-63
2. JAPAN PRESTRESSED CONCRETE CONTRACTORS ASSOCIATION, 「PC受注額の推移」, <https://www.pcken.or.jp/pubinfo/jisseki/jyuchu/index.shtml>, 2019
3. Building and Construction Authority, 「Code of Practice on Buildability 2017 Edition」, 2017.3., p.25
4. 日本鉄鋼連盟建築委員会, 「鉄骨建築関連統計・図表」, 2018.5., p.1
5. 総務省統計局, 「人口推計(平成26年10月1日現在)」, <http://www.stat.go.jp/data/jinsui/2014np/>
6. 조재용, 「4차 산업혁명에 따른 일본 건설산업의 대응 전략 및 시사점」, 대한건설정책연구원 보고서, 2017.7., pp.5~9
7. 佐野哲, 「日本とアジア諸国における外国人単純労働者の受け入れ政策」, 経営志林, Vol.45, No.3, 2008.10., pp. 37-52
8. 일본건설업연합회, 「미래투자회의 구조개혁철저추진회」 제1회 회의 자료, 2017.11
9. 国土交通省, 「建設分野における外国人材の活用に係る緊急措置」, http://www.mlit.go.jp/totikensangyo/const/totikensangyo_const_tk2_000084.html
10. 入国管理局, 「平成28年入管法改正について」, http://www.immi-moj.go.jp/hourei/h28_kaisei.html
11. 안종욱 외, 「건설기술 변화에 대응한 건설인력정책 연구」, 국토연구원 보고서, 2018.11., p.79
12. 조재용, 「4차 산업혁명에 따른 일본 건설산업의 기술 개발 동향」, 건설기술 쌍용, Vol.75, 2018.3., p.17
13. 미즈호은행 산업조사부, 「미즈호 산업조사 2017」 No.1, 2017.9 p.177