

유헌산업시설 리모델링 도심형 데이터센터의 건축계획 연구

A Study on the Architectural Planning of Remodeling for Urban Data Centers

○양 기 승* 이 명 식**
Yang, Ki-Seung Lee, Myung-Sik

Abstract

The purpose of this study is to propose planning guidelines for converting obsolete industrial facilities into urban data centers. Drawing on domestic and international cases, we assess feasibility in terms of energy-efficient operation, risk and security management, and public acceptance. We propose a hybrid spatial framework that separates the operational core from support and publicly accessible areas, including combinations of aboveground and underground siting. The guidance alleviates land-acquisition constraints and supports sustainable urban regeneration. It also provides practical directions for the sustainable transition of urban digital infrastructure.

키워드 : 도심형 데이터센터, 유헌산업시설 리모델링, 복합용도, 건축계획, 도시재생

Keywords : Urban Data Center, Disused Industrial Facility Remodeling, Mixed-use, Architectural Planning, Urban Regeneration

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

최근 디지털 전환(Digital Transformation)과 5G기반 Cloud서비스 확산으로 데이터센터 수요는 대규모 외곽형에서 중·소규모 도심형 데이터센터로 전환되고 있다. 특히 산업구조 변화와 제조업 쇠퇴로 인해 국내 도심내 유헌산업시설(폐공장 등)이 증가하고 있으나, 전력·통신·도로 등 기반시설을 갖추고도 구조적 노후화와 에너지 비효율로 인해 방치되고 있다. 기존 외곽형 데이터센터는 전력수급 부담, 지역민원, 과도한 에너지 소비 등 한계를 드러내고 있다. 따라서, 유헌산업시설(폐공장 등)을 리모델링 통한 데이터센터 전환시 전력망 접근성 제고, 에너지 효율 향상, 도시재생 효과를 동시에 기대할 수 있다. 또한, 탄소중립 목표와 부합하도록 에너지 효율을 높이고 재생에너지 연계를 고려할 필요가 있으며, 건축 전 단계에서 지속가능성 확보가 필요하다. 본 연구는 도심내 유헌산업시설(폐공장 등)을 데이터센터로 전환하기 위한 건축계획·설계 체계를 정립하는 것을 목적으로 한다.

* 동국대학교 일반대학원 석사과정

** 동국대학교 건축학과 교수, 건축공학박사

(Corresponding author : Department of Architecture, Dongguk University, mslee@dongguk.edu)

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 2025년도 지원으로 수행되었음.(과제번호 RS-2021-KA163269)

1.2 연구의 범위 및 방법

연구의 범위는 도심내 유헌 산업시설인 폐공장을 대상으로 하며, 전력·통신·도로 등 기반 인프라가 갖추어진 지역을 중심으로 한다. 공간적 범위는 변전소 10~15km반경 이내¹⁾에 위치하고, 냉각설비와 이중 전력인입이 용이한 부지를 포함한다. 시간적 범위는 유헌산업시설 전환을 대상으로 하며, 전환 이전과 이후를 대상으로 한다.

연구의 방법은 다음과 같다.

첫째, 데이터센터 정의·특성 관련 선행연구를 검토하고, 복합화 적용의 적절성을 고찰한다.

둘째, 국내·외 유헌산업시설(폐공장 등) 리모델링 사례를 분석하여, 에너지 효율, 대응 중심, 도시 수용성 등을 비교·평가하고, 복합화 전환의 가능성을 제시한다.

셋째, 노후 산업단지 구조고도화²⁾ 지침을 적용하여, 에너지 효율성 향상, 기존 인프라 재활용, 확장 가능성을 고려한 건축계획 방안을 제시한다.

1) 미국 통신산업협회(TIA)의 데이터센터 표준(TIA-942)에서 전압강하 최소 및 전압손실률(약 3~5%)기준을 충족을 위해 변전소로부터 약10km 이내 입지를 권장한다. 한국전력의 배전설계 기준에 반경은 명시되어 있지 않으나, 이중 전력인입을 고려한 국내 업계의 권장거리로 활용되고 있다.

김진영, 도심형 데이터센터의 저층부 및 외부공간 계획 특성에 관한 연구, 서울대학교 석사학위논문, 2024, pp30-31

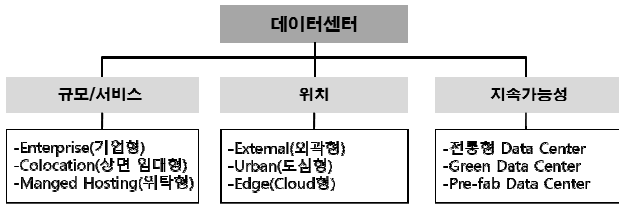
2) 노후 산업단지 구조고도화는 산업집적활성화 및 공장설립에 관한 법률, 노후거점산업단지 특별법 및 한국산업단지공단 기준에 근거하며, 산업통산자원부 고시를 통해 첨단용도(데이터센터)의 전환이 가능하다.

2. 이론적 배경 및 전환 필요성

2.1 데이터센터의 정의

한국 데이터센터 연합회(KDCC)에 따르면 데이터센터는 대량의 데이터를 안정적으로, 저장·관리·처리·전송하기 위한 ICT 기반 인프라 시설로 정의된다. 다수의 초연결 지능정보 통신기반시설을 일정한 공간에 직접·연결시켜 통합적으로 운영·관리하고 있는 형태를 갖는다. 또한 최근 개정된 디지털 안전3법³⁾(정보통신망법, 전기통신사업법, 방송통신발전 기본법)의 재난관리 체계와 Cyber보안의무를 강화하는 법적 근거로 적용되고 있다. 그림1은 데이터센터의 유형을 나타낸다.

그림1. 데이터센터의 유형



2.2 유희산업시설의 데이터센터 전환 배경

외곽 대규모 시설에서 도심형·분산형으로 전환되고 있다. 디지털 전환과 5G·AI·Cloud수요 확산, 탄소 중립 요구로 인해 도심내 유희산업시설의 재생을 통해 ESG실현과 도시재생 효과를 동시에 달성하는 방안으로 볼 수 있으며, 국내·외 유희산업시설 전환사례는 표1과 같이 항만·공장·발전소등 다양한 유형으로 분류할 수 있다.

표1. 국내·외 유희산업시설의 데이터센터 전환 사례

구 분	이미지	기존 용도	전환이유
국 외		항만시설 (물류창고)	전산망 저지연 서비스 글로벌 IX 구축 (리모델링)
		산업단지 (노후공장)	재생에너지,폐열활용 탄소중립 실현 (리모델링)
		산업시설 (폐발전소)	노후발전소 활용, 고출력 전력망 기반 (리모델링)
국 내		IT산업단지 (유희부지)	AI·클라우드 특화 (유희부지 재활용)
		산업단지 (노후공장)	산업재생 활성화 (리모델링)
		산업단지 (폐 공장)	산업재생 활성화 (리모델링)

3) 과학기술정보통신부 디지털 재난관리 강화를 위한 「디지털 안전3법」 시행령 개정안 국무회의 의결 2023. 6.27

2.3 유희산업시설의 데이터센터 전환 기대효과

유희산업시설(폐공장 등)을 도심형 데이터센터로 전환하는 과정은 단순한 유희 산업 공간의 재활용⁴⁾을 넘어, 산업 경쟁력 강화, 도시공간 재생, 지속 가능성, 사회적 수용성 증대, 안정성 확보 등 다차원적인 가치를 창출한다. 특히 이러한 기대효과는 표2에서 제시한 바와 같이, 기술·환경·사회적 조건과 상호 작용하여 구체적인 성과로 실현될 수 있다.

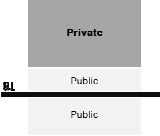
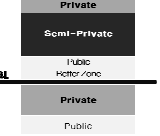
표2. 전환 기대효과

구 분	요 소	기대 효과
산업적	디지털 인프라 전환 (제조산업 → 첨단산업)	산업구조 다각화, (신산업 경쟁력 강화)
도시적	유희산업시설 리모델링화 (도시자산 재생)	신규 부지 확보 한계극복 (토지 효율성 증대)
환경적	기존 구조체 재활용 및 하이브리드 구조 적용 (Pre-fab + Mass-Timber)	데이터센터 저 전력화 (탄소배출 감축)
사회적	데이터센터와 연계한 주민 기여형 시설 활용 (교육시설, 공공편의시설)	지역사회 수용성 확보 (도시 회복력 강화)
기술적	변전소 반경 10km내 입지로 기존 수변전실 활용 (이중전력인입, UPS구축)	데이터센터 운영성 제고 (안정적 전력공급 확보)

2.4 지하형 데이터센터의 도입 필요성

전통적 데이터센터는 자연재해와 인적위험(EMP테러 등)에 취약하여, 보안과 안정성에 한계가 있다. 표3에서 제시한 바와 같이, 지하형 데이터센터는⁵⁾ 견고한 구조와 항온·항습 특성을 활용해 보안성·에너지 효율·공간 활용성을 동시에 확보하며, 지상부 토지 이용 부담을 경감한다. 따라서, 복원력과 가용성이 요구되는 핵심 인프라의 대안으로서 지하형 데이터센터의 도입이 필요하다.

표3. 지상·지하형 데이터센터 비교

구 분	지상형 데이터센터	지하형 데이터센터
개념도		
보안·개방성	단순 보안 영역 구분 (공공성 부족)	단계적 보안·개방영역 구분 (공공성 확보)
산업·지역 수용성	데이터센터 시설 위주 (산업·지역 연계 미흡)	Semi-Private 도입 (산업·지역 연계 용이)
지속가능성	전력 의존적 냉방 (에너지 소모 높음)	지하 자연냉각 활용 (에너지 절감 가능)

4) 이동찬, 노후산업단지 활력 제고를 통한 지역경제 활성화방안, (사)한국지역개발학회 추계 공동학술대회 2021, p50

한국산업단지공단, 구조고도화 사업의성과지표 연구,2015, p25
5)장수호외3인, 해외 지하데이터센터의 현황과 동향분석, 한국암반공학회 29(1), 2019, pp54-55

최재원, 폐광활용 방안연구(데이터센터 중심으로), 서울시립대 석사학위논문, 2024, pp50-52

3. 사례조사 및 분석

3.1 사례선정 기준

유희산업시설을 데이터센터로 전환된 사례를 대상으로, 공간 활용성·기술적·에너지효율성을 기준으로 선정하였다.

3.2 국내·외 사례조사

선정된 국내·외 사례를 조사·분석하였으며, 확인된 활용 가능성과 공간·기술적 특성은 표4와 표5와 같이 구분한다.

표4. 국외 유희산업시설 리모델링형 데이터센터 전환사례

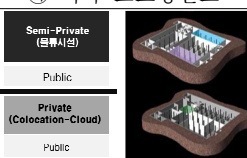
구분	지상	지하
위치	㉠ 스웨덴 스톡홀름	㉡ 미국 스프링필드
개념도, 현황사진		
변경전	유희산업시설(노후공장)	유희산업시설(폐광산)
변경후	데이터센터(IDC형)	데이터센터(Cloud형)
규모	지하1층, 지상2층	지하3층, 지상1층
수전용량	8MW(중형)	8MW(중형)
용도	단일형(데이터센터)	복합형(물류기반 병커형DC)
지속가능성	폐열 재이용(재생 에너지)	자연냉각 활용(에너지 절감)
분석 요약	단일용도에 의한 산업 연계 낮음	물류시설 통한 산업 연계 높음

표5. 국내 유희산업시설 리모델링형 데이터센터 전환사례

구분	지상	지하
위치	㉢ 경북 구미 산업단지	㉣ 경기 하남 미사지구
개념도, 현황사진		
변경전	유희산업시설(노후공장)	유희부지(택지개발지)
변경후	데이터센터(Cloud형)	데이터센터(Cloud형)
규모	지하2층, 지상5층	지하2층, 지상10층
수전용량	10MW(중형)	20MW(대형)
용도	복합형(연구기반 데이터센터)	단일형(지하·지상:데이터센터)
지속가능성	폐열 재이용(재생 에너지)	자연냉각 활용(에너지 절감)
분석 요약	연구시설 통한 산학협력 연계 높음	단일용도에 의한 산업 연계 낮음

3.3 사례조사 분석

사례 분석결과, 중형급(10MW)전환이 현실적이고, 리모델링을 통해 상징성·공공성이 강화되며, 도시 맥락과 건축 특성에 부합하는 전환 가능성을 확인하였으며, 그 결과는 표6과 같다.

표6. 사례조사 위계

범례. ○: 낮음 ●: 보통 ●: 높음

사 례		국외		국내	
		㉠	㉡	㉢	㉣
현황 사진	지상				
	지하				
주용도	지상	적용	미적용	적용	적용
	지하	미적용	적용	미적용	적용
부용도		미적용	적용	적용	미적용
규모		중형(8MW)	중형(8MW)	중형(10MW)	대형(20MW)
보안·개방성		●	●	●	○
지속가능성		●	●	●	○
산업적 기여		●	●	●	●
지역적 기여		○	●	●	○
종합 평가		●	●	●	●

4. 건축계획 제안

4.1 복합형 데이터센터의 개념

복합형 데이터센터는 전통형 데이터센터가 갖춘 디지털 인프라 기반으로, 산업·연구·공공기능을 동시에 수용하는 도시결합형 사회기반시설이다. 복합용도는 단순한 다기능이 아닌 도시의 생산성·회복탄력성·공공성을 증진하는 방안이다.

4.2 복합형 데이터센터의 목표

유희산업시설은 단순 생산공간에서 벗어나 D.N.A.(데이터·네트워크·AI)⁶⁾을 기반으로 한 지능형 인프라로 전환되어야 하며, 이러한 배경에서 구조적 리모델링과 복합화를 통한 도시 및 산업 재생의 핵심 거점으로 기능할 수 있다. 표7에서 제시한 바와 같이, 복합형 데이터센터는 도시·건축 맥락, 공간·구조, 산업·사회, 환경·기술 성과를 포함한다.

표7. 전통형과 복합형 데이터센터의 특성 비교

구분	전통형 데이터센터	복합형 데이터센터
기능	데이터 저장·통신 인프라	산업·연구·문화의 복합기능
성격	폐쇄적, 보안중심 시설	개방적, 지역 커뮤니티 중심
대상	제한적 이용(관계자)	다층적 이용(지역사회·관계자)
공간	밀폐형 공간 레이아웃	다기능 공간 유연 구조
구조	기능별 분리(보안 중심)	층별분리(기능 유합·연계)
재생	대규모 집중형(신축 위주)	중규모 분산형(리모델링 위주)
기여도	낮음(전문기관, 기업위주)	높음(부용도의 산업 연계)

4.3 리모델링 로드맵

도심형 데이터센터의 리모델링 전환은 단순 용도변경이 아닌, 복합형 전환을 통해 지역 수용성과 공공성을 향상하는 것을 목표로 하며, 이 과정에서 도시계획 정합성⁷⁾, 탄소중립 목표, 전력·통신등 기반 여건을 고려한다. 표8와 같이 리모델링 로드맵은 5단계로 구성되며, 또한 탄소중립 달성을 위해 폐열 회수 연계 방안을 설계 초기부터 검토한다.

표8. 단계별 추진체계

단 계	목 표	내 용
1단계 (현황조사)	현황파악·적합성 및 범위 검토	제도·규제 기본 조건 확인 (리모델링 대상)
2단계 (대상지 선정)	후보지 우선순위 결정	데이터센터 전환 여부 검토 (전력·냉각·지반 등)
3단계 (설계 개념)	배치·동선·보안의 기본 원칙 설정	주·부용도 복합화 방향 (지역상생 연계)
4단계 (시스템)	기본안 확정 및 분야별 통합	분야별 리모델링 기준 확정 (건축·구조·설비등)
5단계 (설계안 확정)	도시재생 및 지속가능성 확보	지역 편익계획 및 에너지 순환 (폐열 회수·이용)

6)과학기술정보통신부, 혁신성장 확산·가속화를 위한 D.N.A.추진 현황과 발전방향」정책브리핑22-20 2022, p16

7) 「제2차 국가도시재생기본방침(2024-2033)」의 정합성 원칙에 따라, 대상지가 산업단지 구조고도화 계획과 연계를 통해 거점화 가능성을 확보하며, 「전략·활성화 계획 수립지침(안) (도시재생법 제제 세부운영 방안 PART2)」은 주·부용도 계획, 복합화를 통한 지역 수용성 및 공공성 강화 원칙을 제시한다.

국토교통부, 제2차 국가도시재생 기본방침(2024-2033) 2024, p44
충북대학교 산학협력단·(주)도시건축집단 아름, 전략·활성화 계획(안), 2013, pp31-32

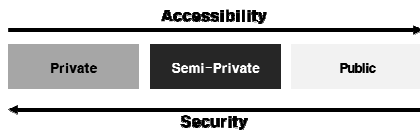
4.4 공간 프로그램 체계

복합형 데이터센터의 공간 프로그램 체계는 그림2와 같이 Private·Semi-Private·Public의 3계층으로 정립한다. Private은 보안이 요구되는 핵심 업무 공간, Semi-Private은 산업·연구 연계 기능, Public은 지역사회 소통과 공공 프로그램을 담당한다. 운영비중은 주용도(필수시설 70%)와 부용도(지원시설 30%)⁸⁾로 설정하며, 보안·개방성의 연속체에서 위치를 규정한다. 세부 구성과 운영 요건은 표9에서 제시한 바와 같이, 프로그램 유형별로 체계화할 수 있다.

표9. 프로그램 구성 및 요건

구분	프로그램	내용
주용도 (Private)	서버실, 네트워크실, 전력실, 운영실 등	보안성 강화 및 안정적인 운영 (보안성 확보)
부용도 (Semi-Private)	교육·연구실, 산학협력·창업실 등	산업·연구·교육·문화의 협력 (산업·지역사회 연계)
공용 (Public)	전시·라운지 등	공공영역의 접근성 강화 (개방성 확보)

그림2. 프로그램 층위



4.5 공간 유형

산업단지 구조고도화 사업의 지침⁹⁾을 전제로 Semi-Public의 복합 공간을 문화시설 기반, 연구시설 기반, 융합형 기반으로 유형화 하였다. 각 유형은 표10에서 제시한 바와 같이, 프로그램 연계, 동선 체계, 공간 구성으로 설정 하였다.

표10. 공간 유형 비교

구분	㉓ 문화기반 DC	㉔ 연구기반 DC	㉕ 융합형 기반 DC
개념도			
공간 구성	영역별 독립 (선형)	영역별 연계 (집중형)	영역별 유연 (중정형)
동선 체계	방사형 동선 (중심 코어)	복도형 동선 (편심 코어)	순환형 동선 (분산 코어)
공간 특징	갤러리형 평면 (굴뚝효과 미적용)	단일블록형 평면 (굴뚝효과 미적용)	클러스터형 평면 (중정 굴뚝효과 적용)

8) 「2023년 산업단지환경개선사업 통합공고」의 구조고도화(리모델링) 필수시설 70%, 지원시설 30% 비중에서는 주·부용도 배분 기준 활용가능하며, 「2020년 스마트그린산단 실행전략」의 정주여건 개선, 공공·지원기능의 조성을 정책적으로 나타내었다.

김홍주외2인, 산업단지재생사업지구 종사자들의 정주 및 산업시설 이용의 공간적 특성, 한국지역개발학회지32(2) 2020, pp56-58

9) 산업단지 구조고도화사업(리모델링)은 업종 고도화, 기업지원 및 연구·문화·복지시설 중심이며, 상업시설은 원칙적 제외된다.

한국산업연구원, 산업단지 구조고도화사업의 효율적 추진방안, 산업경제분석 보고서 2009, p67

4.6 복합형 기반 운영 유형

복합형 데이터센터의 운영 기능을 보안 중심의 폐쇄형 시설에서 산업·연구·문화 기능을 융합하는 거점으로 전환한다. 유형별 맥락에 따라, 도시계획 정합성과 산업생태계를 활성화를 지원하도록 기능을 체계화 하였으며, 표11에서 제시한 바와 같이, 문화기반형·연구 기반형·융합형 기반의 데이터센터의 3가지 유형으로 구분한다.

표11. 운영 유형 비교

구분	㉓ 문화기반 DC	㉔ 연구기반 DC	㉕ 융합형 기반 DC
개념도			
보안	다층 보안 (완충공간 적용)	단층 보안 (완충공간 미적용)	다층 보안 (완충공간 적용)
개방	부분 개방 (지역사회 중심)	미개방 (관계자 중심)	단계적 개방 (지역·관계자 중심)
산업 수용	교육·문화 중심 (산업 연계 낮음)	연구·공장 중심 (산업 연계 높음)	산업·문화시설융합 (산업 연계 높음)
지역 수용	지역사회 중심시설 (관계자 연계 낮음)	관계자 중심시설 (지역사회 연계 낮음)	지역·관계자 중심시설 (상호간 연계 높음)

5. 결론

유휴산업시설(폐공장 등)을 데이터센터로 전화하는 사례를 조사·분석한 결과, 다음과 같은 결론을 도출 하였다.

첫째, 유휴산업시설(폐공장 등) 리모델링은 신규 부지 확보가 어려운 도심내에서 경제성과 지속가능성을 확보할수 있는 효과적 대안이다.

둘째, 유휴산업시설(폐공장 등)의 리모델링은 기존 구조와 입지를 활용함과 동시에 연구·문화·산업 기능과 복합화를 통해 데이터센터 운영에 적합한 공간으로 전환되어야 한다.

셋째, 폐공장 리모델링형 복합화 기반 데이터센터는 주용도의 데이터센터와 부용도의 연구·공장, 교육·업무 기능을 연계하여, 스마트 산업 전환과 지역사회 재생에 기여할수 있다.

마지막으로, 본 연구는 폐공장, 폐발전소, 폐창고 등 다양한 유형의 유휴산업시설을 대상으로 한 지속적·체계적인 연구의 기초자료가 되기를 기대한다.

참고문헌

1. 김진영, 도심형 데이터센터의 저층부 및 외부공간 계획 특성에 관한연구, 서울대학교 석사학위논문, 2024
2. 최재원, 폐광활용 방안연구(데이터센터 중심으로), 서울시립대학교 석사학위논문, 2024
3. 장수호 외3인, 해외지하데이터센터의 현황과 동향분석, 한국암반공학회지 29(1), 2019
4. 산업통산자원부, 노후산업단지 구조고도화사업의 추진 현황과 활성화 방안 기획연구, 2017