古代構造物의 基礎工法에 관한 연구

A Study on Foundation Methods of Ancient Structures

鄭 亨 植*1
Chung, Hyung-Sik
孫 永 植*2
Son, Young-Sik

Abstract

In this study the foundation methods which our ancestors, through a historical age as early as three kingdom's period, adopted for their civil structures and buildings have been reviewed by investigating the discovered relics.

It is shown that they already, from about 2000 years ago, had applied various foundation techniques considering the structure types and the foundation soil conditions.

The ancient foundation methods are categorized as artificially laid alternating soil and boulder layers under heavy structures, compacted soil base under wide loaded area, stone column under pillars of buildings, stacked long stone footing for special buildings such as palace buildings, and piling for bridges, They are analyzed with respect to current foundation techniques.

要 旨

본 연구는 삼국시대로부터 各種 構造物을 축조할 때 구조물의 安定을 기하기 위하여 구조물별로 어떠한 基礎工法을 사용하였는지 遺跡을 통하여 검토하였다. 조사결과 紀元前後에 이미 각종 구조물의 형태와 지반조건을 감안하여 다양한 기초공법이 적용되어 왔음을 알 수 있다.

이들 고대 기초공법을 형식별로 분류하여보면 하중이 큰 構造物에는 版築基礎, 성곽 등 하중이 넓게 분포된 構造物에는 補土다짐 基礎, 一般建築物에는 積心基礎, 宮闕 등 特殊建築物에는 長臺石基礎, 橋梁 등 습지에는 말뚝기초등이 사용되었다. 그리고 이러한 기초공법들이 오늘날의 관점에서 어떠한 의미를 갖는지에 대하여 검토하였다.

1. 序 論

찬란한 文化遺産을 자랑하는 우리민족은 古代로부터 많은遺跡과 遺物이 전해진다. 三國初期부터 寺刹, 王陵, 塔婆 등 巨大하고 精巧한 많은 建造物을 多數 築造하였는데 그 建造物들은 대부분 잦은 戰亂으로 인하여 燒失되고, 一部는 原形을 유지하

*1 정회원, 漢陽大學校 工科大學 土木工學科 敎授
*2 정회원, 漢陽大學校 大學院 土木工學科 博士過程

며 전해져 오고 있다. 규모가 큰 建造物들을 築造할 수 있었던 것은 集中荷重을 충분히 支撑할 수 있는 基礎工法이 開發되어 있었기 때문에 가능하였다고 생각된다.

그러나 各種 建造物들의 基礎地盤은 施工內容이 地上에 露出되지 않아 소홀히 취급되어왔다. 古代의 基礎工法은 오랜 經驗과 나름대로의 科學技術을 발휘한 成果임에도 불구하고 하찮은 것으로 취급하는 경향이 없지 않았다.

古代로부터 전해지는 傳統技法을 살펴보고 일부 經驗的이고 非科學的인 面이 없잖으나 오늘날에서도 傳承發展시켜야 할 것은 발전시켜야 할 것이다.

基礎工法을 연구하기 위하여 文獻上의 기록이 거의없는 우리실정에서 그나마 다행스러운 것은 최근 활발한 發掘成果에 多少 依存할 수 있으며 基礎地盤은 보이지 않는 대신, 地下에 있는 관계로 비교적 原形대로 잘 保存되어 있다.

그동안의 發掘成果一部를 土臺로 三國時代이래 朝鮮朝에 이르기까지 各種基礎工法에 대하여 살펴보고자 한다.

2. 基礎工法의 歷史

歷史以前에도 원시적인 技法이나마 기초보강이 이루어졌으리라 추측되나 알 수는 없고, 三國史記 高句麗本紀에 의하면 東明聖王 4년 (BC 34)에 『…秋七月 營作城郭宮室』이라 하여 BC 1C에 이미 城郭을 쌓고 宮城建築을 하였다.

즉 大規模의 土木工事를 일으켰음은 이미 各種構造物別로 적절한 基礎工法을 채택하고 있었음을 의미한다.

그러나 우리나라는 中國의 北宋 徽宗때 (AD1103) 李明仲의 『營造法式』과 같은 技術書는 전해지지 않고, 조선시대의 행사기록인 儀軌등 關聯 史書를 통하여 부분적으로 파악할 수 있을 따름이다.

이와같은 여건하에서 遺跡의 發掘調査成果가 가장 좋은 자료가 된다. 그동안 해방이후 우리나라의 發掘調査實績이 日淺하여 이렇다할 자료의 축적이 없었으나 최근 활발한 조사사업등에 힘입어 다소의 성과가 있었다.

史書와 發掘成果를 토대로 基礎工法을 적용된 對象을 살펴보면, 新羅 訖解王 21년 (AD 330)에 축조한 金提 碧骨提는 둘레가 약 3km에 달하는 堤防으로 오늘날까지 그 기능이 발휘되고 있으며, 新羅 慈悲王 13년 (AD470)에 축조한 忠北報恩三年山城[1]은 산능선을 따라 1.6km에 달하는 성곽으로 높이 15~20m, 폭 10m의 거대한 성벽을 조성하기 위하여 일정깊이를 版築基礎로 하고 계곡이나 급경사지역에는 補築을 하였으며, 善德女王 12년 (AD 645)에 完成한 皇龍寺의 건물지에는 판축, 잡석다짐등의 기초를 하였고[2], 百濟의 寺址로 잘 알려진 定林寺址의 講堂건물지는 최근(92년 7월) 발굴 조사결과 적심기초를 하였음이 밝혀졌다. 그 외 武王(AD 600) 때 조성된 것으로 알려진 益山 彌勒寺址는 金堂을 비롯 각종건물과 높이 28m에 달하는 巨大한 東·西塔이 造成된 바 있으며 동탑기초는 지표에서 2.1m 깊이까지 판축기법의 잡석다짐이 되어있었다.[2] 위와 같이 이미 삼국시대에 각종 기초공법이 이루어졌고 이어 통일신라, 고려, 조선시대에 이르면서 더욱 발전되고 다양한 방법이 적용되어 오늘에 이어졌다.

3. 基礎工法

古代建造物은 地盤沈下가 없는 岩盤위에 설치할 때 가장 바람직한 방법임을 익히 알고 있었으나 설치되는 構造物의 立地與件이 그렇치 못한 平地의 堆積土위에 건립해야 할 경우, 오늘날에는 암반까지 파고 들어가 기초를 하겠으나 옛날에는 掘搾裝備가 發達되지 않았고, 특별히 地盤을 파고 들어가 축조하려 하지 않았다.

이러한 이유로 인해 지금과 다른 基礎方法이 사용되었는데 당시의 技法을 종합하여 다음과 같이 대별하였다.

3.1 版築 基礎

이 版築法은 建物地, 城郭, 古墳등의 基礎에 널리 사용된 技法으로 古代부터 重要 構造物에 地盤改良 또는 補強工法의 하나로 널리 사용해 온 技法이다. 一般的인 版築工法은 構造物의 基壇下部

를 구조물보다 좀 더 넓게 파내고 地耐力이 우수한 良質의 粘土·白土(풍화토), 雜石 등을 얇게 펴 깔고 달구등으로 잘 다지든가 물을 부어 공극을 줄이며 다지는 방법으로 每層마다 精誠을 다해 소요높이 만큼 反復하여 上面까지 쌓아 軟弱地盤을 단단히 하는 方法이다. 版築施工은 다음에 언급하는 補土다짐基礎와 달리 版築두께가 얇고 水平을 維待하면서 매우 잘다져 단단하다.

調査結果 材料選擇, 版築두께등 다양한 施工方法을 보여주고 있으며 시대가 앞설수록 精巧하게 시공하였음을 알 수 있다.

이러한 版築工法은 일찌기 中國에서 시행되었는데 龍山文化期(BC1700~1400, 일명 黑陶時代)에 山東省의 城子崖遺跡에서 城壁에 版築한 사실이 보고되어 있다.

"營造法式"에서 版築施工 工法이 具體的으로 言及되어 있는데, 이를 풀이해 보면, 『築基의 制로 每方 1尺에 흙 2짐을 깔고 碎傳瓦나 돌조각등도 또한 2짐을 깐다.

흙을 5寸 두께로 펼적 마다 先打 6회를 달구질하고 次打 4회를 달구질 하며, 다음은 3타 2회를 달구질한다. 이상은 모두 각각 平土頭를 다진 연후에 달구로써 부수어 전섭하여 평평하게 함이고 다시 용기종기 모아서 杆扇으로 두드려 거듭 가늘게 하여 전습하는데 흙의 두께 5寸을 펼때마다 쌓는 실제 두께는 3寸이고 碎傳瓦와 석찰등도 두께 3寸을 펼때마다 쌓는 실제 두께는 1寸 5푼이다.

기초가 되는 땅을 파냄은 서로 지맥의 허실을 보아 그 깊이를 정하되 깊어도 1丈을 넘지 않고 얕아도 5尺 혹은 4尺은 파내며, 아울러 碎傳瓦와 石札등을 써서 每土 3푼 마다 碎傳瓦 등 1푼을 첨가한다. (營造法式 제3권 壕塹制度 ; 築基)』라 하였다.

이는 우리나라에도 이와 유사하게 적용되었음을 알 수 있다. 현재 발굴조사중에 있는 忠南扶餘郡 소재 龍井里寺址의 金堂下部構造(그림1)나 益山 彌勒寺址東塔 조사결과 (그림2)에서는 우리나라의 판축시공의 한例를 잘 보여주고 있다.

重要遺跡發掘 調査結果의 版築施工 事例를 살펴보면 表1과 같다.

表1.重要版築施工遺跡 事例

대상유적	판 축 시 공 내 용	비 고
金剛寺[4] (塔·金堂·中門)	-이 중에서 塔 基壇의 版築이 가장 잘 되어 있으며 5~6㎝의 균일한 두께로 정연하게 축성 하였다. (創建 基壇版築) -황갈색 점질토로 하였는데 간혹 石塊가 혼합 -떨어진 면에서 직경 3~4㎝의 막대기 끝으로 두드려 다진 자국이 잘 남아 있다. -금당과 중문에서는 10㎝ 정도되고 탑 기단보다는 못함.	이러한 판축은 우리나라에서는 처음으로 발견 되었음.
黃龍寺[5] (金堂址)	-基壇土 구축은 寺址 전역에 성토된 깊이 약 2.5m의 적색 점질토, 동서 57m(189尺), 남북 35.5m (117尺)의 범위로 건물이 세워질 대지를 되파기 했음. -되파기한 地下築土는 하부로부터 제3층, 제2층, 제1층 순으로 되메우기 공법으로 축토되었음. -제3층은 적갈색 점질토로 구축되었으며 그 깊이는 2.4m에 달하였고 기법은 판축법이었는데 모두 21단의 판축공법으로 각 단의 두께는 0.12m이고 각 단마다 거의 일정한 간격과 수평을 유지하면서 직경 12㎝의 자갈을 깔았음. -제2층은 제3층 上面 위로부터 곧바로 築土 되었는데 그 공법은 제3층의 판축공법과 동일하였으나 판축 각 단의 두께가 얇게 되	

	었고 (두께 약 6cm), 적색 점질토와 황색점질토가 서로 엇갈려졌으며 그 사이 사이에는 제3층의 자갈과 달리 직경이 작은 잔자갈 (직경 3cm 내외)이 조밀하게 깔려있다. 제2층의 전체 길이는 0.85m 이었음. -제1층은 제2층 상면 위에 직접 깔려있었고 그 공법은 제2층과 동일한 판축공법이었으나 토질이 깨끗이 精選된 황색 점질토로 되었으며 판축 각단은 7~8단으로 각단의 두께는 45cm 내외였고 각단 사이사이에는 제26층에서와 같은 직경 60cm의 잔자갈을 같은 수법으로 수평으로 깔음. -기초 地臺石 위치로 초석과 동일하게 기단 축토를 되파기하여 적심석을 깔고 그 위에 지대석을 배열 하였음.
彌勒寺[6] (東塔址)	-기단에서 南으로 13.9m 까지 마사토와 점토로 다져진 층이 나타난 반면 동편에서는 기단에서 2.1m 떨어진 곳까지 기단 조성을 위해 다져진 토층임. -탑 축조에 따르는 기단조성은 먼저 탑이 세워질 일정범위를 점토 및 마사토로 다진 후 지반조성을 위해 다시 70~80cm의 외부에서 기단부 안쪽으로 경사지게 굴토하고 이어서 5단의 割石層을 차례로 황갈색 점토와 마사토로 다져가며 1m 높이로 조성 하였다.
王宮里[7] (추정金堂址)	-추정 금당지 중앙부에는 1976~1977년도 조사시 長 190cm, 폭 160cm, 깊이 146cm의 토층조사에서 확인된 基壇土層으로서 최상층은 암갈색 사질토로 판축위치가 5.45m (18尺)으로 나타나고 있다. 두께는 2~10cm 두께로 번갈아 가며 축조 하였다. 최하층은 적갈색 석비레로 나타나고 있다.
木川土城[9]	-성체를 판축으로 축조한 순수한 토성, 적갈색 점질토와 황갈색 사질토가 교대로 8~10cm 정도씩 쌓여짐.

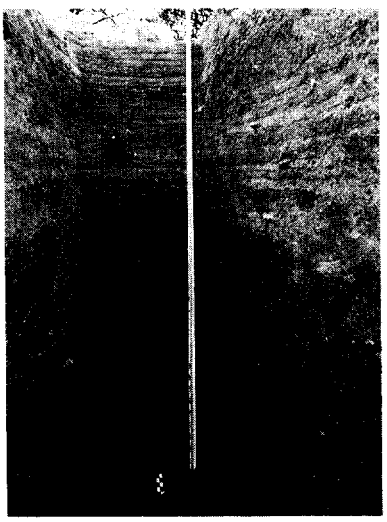

그림1 현재 발굴중인 부여용정리사지 목탑지 판축구조

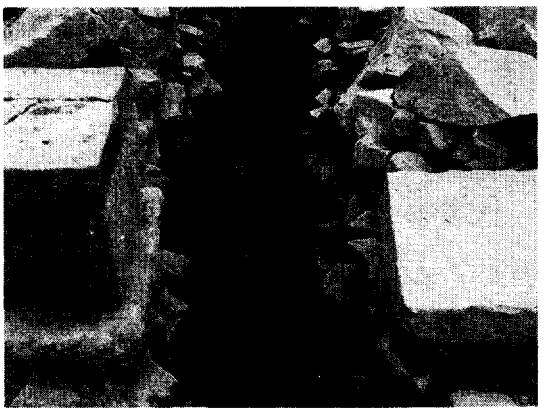

그림 2 익산 미륵사지 동탑지하 판축구조

3.2 補土다짐基礎

古代로 부터 가장 널리 이용한 기초지반 보강공법이다. 오늘날의 地盤土改良工法에 해당되는 것으로, 城址를 비롯 각종 구조물아래 정밀을 요하지 않는 곳에 일반적으로 사용하였다.

일부학자는 이를 판축의 한 範疇로 보나 여러면

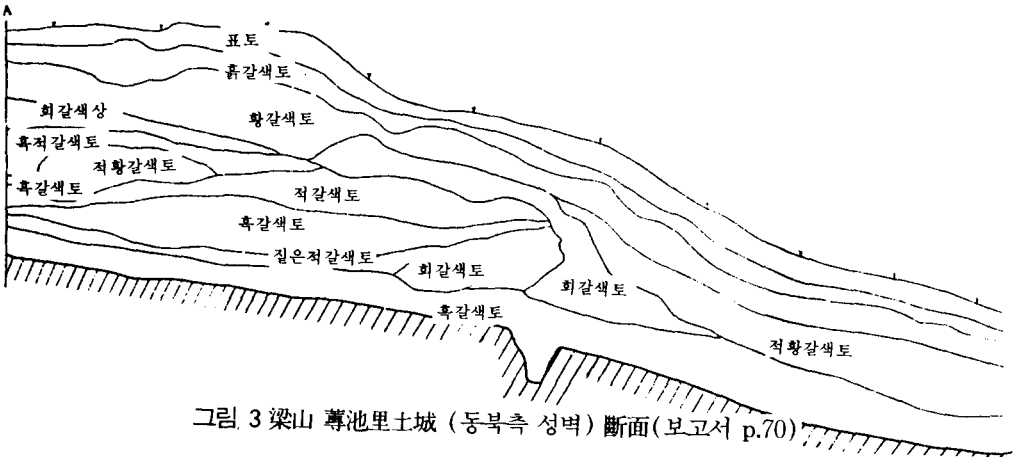

그림 3 梁山 蓴池里土城 (동북측 성벽) 斷面(보고서 p.70)

表 2. 보토다짐 시공사례

대상유적	보토다짐 시공내용	비고
蔚州 華山里城址[9] (土城)	경사진 생토면에 처음에는 내탁하는 수법을 사용하다가 내외벽이 수평점에 이르게 되었을 때 사지 협축의 보토다짐 한 토성을 축조하였는데 보수과정에서 상단부에는 50cm 두께의 점토로 다지고 그 위에 돌을 띄엄띄엄 깐 뒤 다시 50cm 두께로 마사토로 다지는 축성수법으로 보이고 있다.	
鎭海 龜山城址[10]	성내는 부식토로써 성벽 최상부까지 메워져 있었는데 표토층 아래에 회갈색토층이 비교적 얇게 깔려 있고 그 아래는 흙갈색토층이 잡석과 함께 두껍게 퇴적되어 있었다. 그 아래는 다시 엷은 흙갈색토층이 있고 성벽 쪽으로는 약간 두꺼운 흙갈색의 사질토층이 있었다. 이와같은 흙갈색 계통의 퇴적층 아래는 다시 황갈색 또는 적갈색 계통의 산토가 교대로 퇴적되어 있는데 이 토층은 성벽축조 직후 인위적으로 메운 부분이라고 생각되었다.	
梁山 蓴池里土城[11] (土城)	가파른 경사도가 끝나는 능선상에 점토와 산토를 교대하여 가면서 볼록하게 쌓아올린 순수 토성이다.	
夢村土城[12] (住居址 貯藏孔)	내부로 2층까지 완전히 퇴적된 다음 저장공북쪽 내부에서 외부 생토층에 걸쳐 다시 새로운 저장공이 만들어져서 이채로운데 이는 저장공 내부 퇴적토 단면에 잘 나타나 있다.	
幸州山城[13] (城壁)	적갈색 점토층하에서 굵은 모래와 자갈이 섞인 층이 교대로 나타나고 이 모래와 자갈층 아래에서는 단단한 적색점토층이 30cm 두께로 쌓여 있음.	

에서 상당한 差異를 보이고 있어 補土 다짐工法으로 區分하였다.

基礎補強을 하여야 하는 지점에 良質의 흙을 펴고 다지는 것은 판축공법과 비슷하나 補土의 施工두께가 일정치 않고 두꺼우면서 層位가 不規則하다.(그림3)

傾斜지거나 補土두께가 두꺼워 충분히 다질수 없는 구조이기 때문에 支持力이 판축에 비하여 상당히 낮다. 使用材料 또한 雜石, 白土와 같은 支持力이 우수한 재료는 거의 보이지않고 있다. 또한 周邊土를 사용하는 경우가 大部分이므로 다짐 층위간의 구분이 판축에 비하여 구별이 잘 되지 않은 예가 허다하다.

일부고분에서 보이는 형식이기는 하나 封墳造成시 바깥쪽이 높고 안쪽이 낮게 補土다짐하여 封土한 封墳의 土砂崩壞를 막고자 노력한 것으로 보인다.

보토다짐의 예는 거의 모든 유적에 시공되었으나 대표적인 유적을 살펴 보면 表2와 같다.

3.3 積心石基礎

오늘날에는 널리 시행하는 방법으로 基礎地盤의 軟弱土를 除去하고 그대신 支持力이 우수한 잡석이나 자갈을 깔아 지반을 단단히하는 방법이다. 華城城役儀軌(그림4)에 의하면 구조물을 축조하는데 가장 중요한 일이 터를 다지는 일이라고 言及하고 터다지는 방법을 경제적인 시공방법으로 냇가의 자갈을 획득하여 凍結線以下로 넓고 깊게 파서 다져 지반을 조성하면 확고 부동한 터가 된다고 언급하고 있다. 매 건물 밑에 초석을 앉히기 위해 그 아래 일정 넓이로 터를 파고 그 속에 자갈을 채우든가 剛灰와 함께 다져 초석을 받치게 하여 건물을 축조하였다. 최근 건물지의 발굴조사는 지상의 초석은 없어진 경우 積心石만으로 건물의 規模나 性格을 알아내는 경우가 대부분이라고 해도 과언이 아닐 정도로 모든 建物柱礎 아래에 積心石基礎(그림5)를 하였다.

일정치는 않으나 일반적으로 적심기초는 위에 놓이는 주춧석의 크기보다 훨씬 넓게 하고 적심깊이는 凍結線이상으로 하였다.

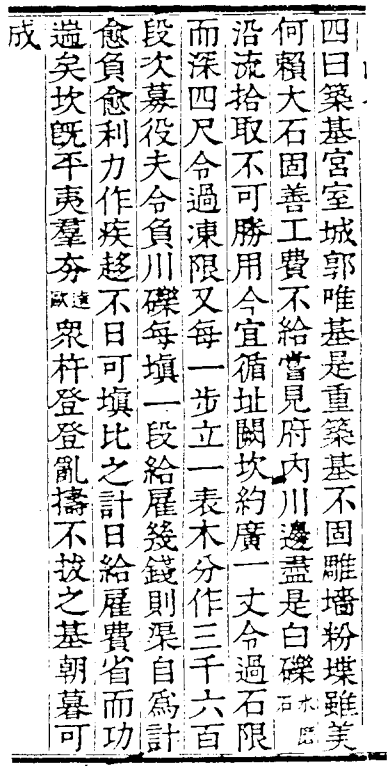
四日築基宮室城郭唯基是重築基不固雖墻粉堞雖美
何賴大石固善工費不給嘗見府內川邊盡是白礫 石木匠
沿流拾取不可勝用今宜循址闕坎約廣一丈令過石限
而深四尺令過凍限又每一步立一表木分作三千六百
段次募役夫令負川礫每塡一段給雇錢則渠自爲計
愈負愈利力作疾趍不日可塡比之計日給雇費省而功
遄矣坎既平夷羣夯 獻達 衆杵登登亂擣不拔之基朝暮可
成

그림 4 華城城役儀軌에서 보이는 "築基"법

그림 5. 高敞邑城 客舍址 積心構造

3.4 長臺石 基礎

重要構造物의 基礎나 城郭위의 陸築위의 門樓를 세우기 위해 礎石아래 1.5m 內外의 長臺石을 우물 井字 형식으로 쌓아 礎石위로 부터 오는 荷重을

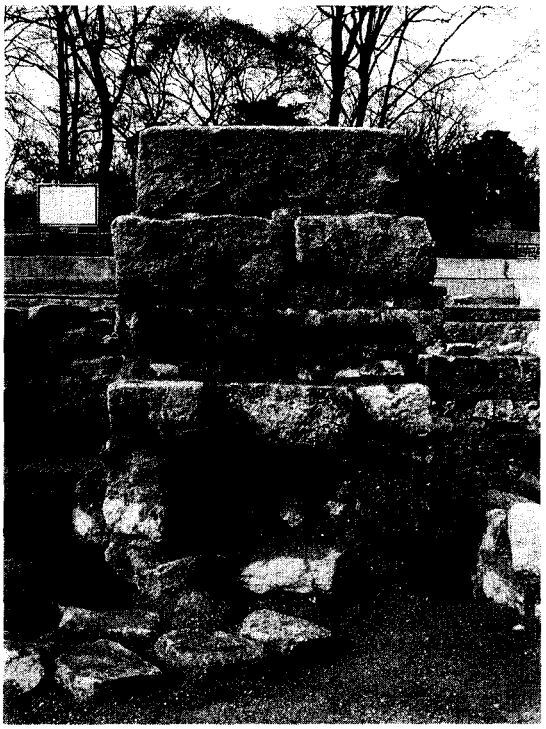

그림 6. 경복궁강녕전 건물기단

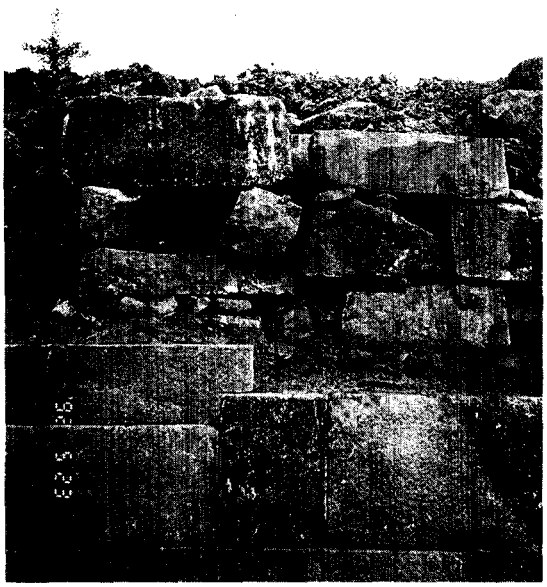

그림 7. 충북제천군 덕주산성북문

地盤에 安全하게 전달하는 工法이다. 최근 조사한 景福宮康寧殿址(그림6)와 忠北堤川郡 月岳山所在 德周山城北門(그림7) 補修時 陸築內部에서 長臺石基礎를 잘 볼 수 있었다. 두 遺跡의 長臺石基礎 施工의 差異点은 康寧殿礎石아래 長臺基礎는 윗단과 아랫단長臺石 사이에 5-10㎝정도 강회 점토층이 있어 長臺石과 長臺石이 맞부딪치지 않게 한 것으로 보이며, 德周山城의 경우 長臺石으로만 겹쳐 쌓은 형식을 보여주고 있다.

3.5 말뚝 基礎

오늘날의 말뚝공법과 같이 연약지반에 말뚝을 박아 말뚝의 지지력으로 지반을 보강하는 방법으

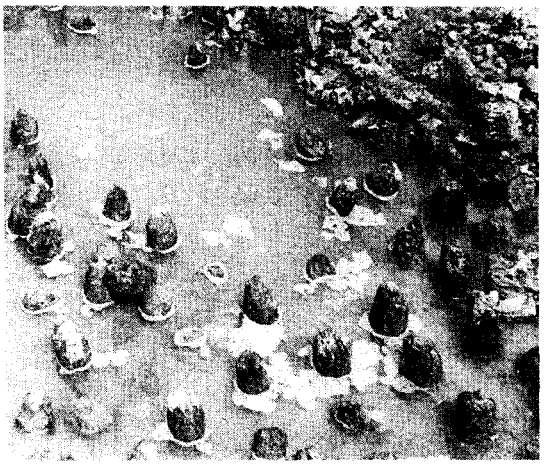

그림 8. 창경궁 명정전북측 건물지

그림 9. 경복궁 향원정북측 복교지

로 木材 특히 生木을 地下水位아래 놓게 되면 半永久的으로 썩지 않는 원리를 이용한 기초지반 보강기법이다. 建物, 橋梁, 연지호안, 개천의 石築등지에 사용된 방법이나 이외로 발굴조사된 예가 많지 않다. 현재 건물지로 調査된 例[11]로는 昌慶宮의 明政殿北側의 건물지로 地表下의 濕地에 地盤을 補強하기 위하여 말뚝(ϕ 15cm내외)를 30cm 간격으로 촘촘히 박고 있다. (그림 8)

橋梁의 경우 景福宮 香遠池北側에서 중앙섬에 이르는 다리의 遺址地域에 8경간의 다리의 橋脚을 받치는 말뚝이 보이는데 이 말뚝(규격 ϕ 230－ϕ 150cm)은 1－3개씩 총14개소에 노출되어 있다. (그림9)

그 외에도 蓮池護岸, 開川의 石築 등지에 사용된 예가 있다.

3.6 木造擴大基礎

慶州 月城남측 月精橋址下流 19m되는 지점에 4.9m간격으로 8개의 木造遺構가 唯一하게 확인

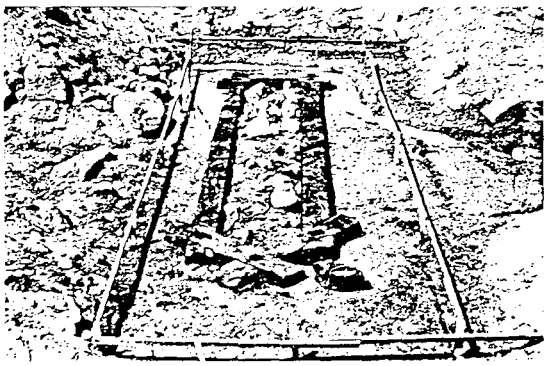

사진 8－17. 2號木造橋脚 全景

그림 10. 경주 월정교하류 목교 기초

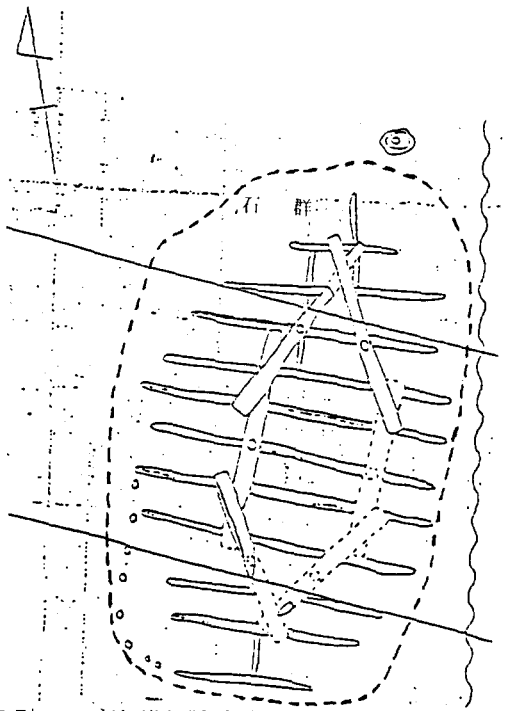

그림 11. 일본 滋賀縣 大津市 唐橋(7C 것으로 추정)

(그림10)되었다. 汶川을 가로지르는 7C경의 木造基礎遺講로 보이는데 그 木造基礎는 舟形의 木造로 폭 2m, 길이 7.5m의 물이 흐르는 윗쪽 부분이 X형으로 아래쪽 부분은 직각으로 結構하고 있어 물의 저항을 줄이고자 설치한 것으로 보인다.

사용된 부재는 30cm×20cm 角材로 下部와 內部에 20～40cm 정도 크기의 냇돌이 채워져 기초의 안정을 꾀한 구조였다.

이 구조는 擴大基礎의 한 形式으로 水面下에서 목재가 썩지 않고 半永久的인 原理를 이용하여 결구된 목조 기초아래와 내부에 적심석을 채우고 구속시켜서 침하를 방지하는 목조기초 구조로 우수한 확대기초임을 보여주고 있다.

이와 유사한 事例로 최근 발굴 조사된 日本 滋賀縣 大津市의 瀨田川에 비슷한 시기의 遺構로 보이는 "唐橋"는 木造擴大基礎遺構(그림11)로 그 工法이 유사함을 보여주고 있다.

3.7 모래다짐 基礎

모래가 물속에서도 沈下가 적고 기초지반 조성

에 좋으며 주변에서 획득하기가 가장 손쉬운 재료라 생각된다.

1766年 柳重臨이 洪萬選의 山林經濟를 대폭 증보한 增補山林經濟의 卜居篇, 築基條에 의하면 "말구유 형상과 같이 곧게 땅을 파는데 깊이는 반길(丈)(습기찬 지역은 한길)정도 파고 굵은 모래를 붓고 물을 뿌리고 달구로 소리가 나게 단단히 다진다. 대략 반길정도 깊이라면 예닐곱차례 나누어 다져야만 비로소 돌처럼 견고해 진다. 모래 구하기가 불편한 곳에서는 누렇고 거친모래라도 가져다가 물을 뿌려 적시면서 앞에서 하던 방법대로 한다." 고 한것으로 보아 모래다짐 기초가 널리 활용되었다고 보여진다.

그러나 의외로 발굴조사과정에서 正式으로 조사된 例가 아직까지 없고 間接的으로 調査된 경우가 있다.

1978年 益山 彌勒寺址 西塔調査를 위해 西塔基壇 밖으로 試錘를 해본 결과 서탑의 기단 남쪽과 북쪽에서 깊이 1.7m와 3.8m 까지 모래질의 찰흙이 확인되었고 그 이하 14m 까지 모래층이 조사

表 3. 시공방법과 대상구조물

工法	施工方法	對象構造物	備 考
版築	진흙, 白土(풍화암토), 雜石등을 단단한 지반까지 파내고 水平으로 얇게 펴서 달구등으로 다져 (일부는 물다짐한 것도 있으) 반복해서 쌓아 올리는 방법.	-塔址, 建物址 -城郭의 城壁 -古墳의 封土 -담장(版築담장)	版築施工의 사용 材料 및 版築施工 두께등은 시대별, 유적별로 다양하게 나타난다.
補土다짐	周邊土를 깔고 다지되 판축에 비해 두껍고 불규칙하게 펴서 다짐으로 지지력이 부족하다.	-성곽의 성벽 -고분의 봉토 -일반적인 구조물	고대로 부터 각종 구조물에 가장 널리 사용되었음.
積心石 (雜石)	地盤의 支持力을 높이기 위해 礎石아래나 건물지 하부를 일정 두께로 파내고 잡석이나 자갈을 깔아 다지고 그 위에 구조물을 앉히기 위한 방법	-建物 礎石 -담장 기초지역 -건물 지하지반 -교량 교각하부 -고분의 봉토	초석아래의 잡석 다짐에 널리 사용 되었음.
長臺石	단단한 지반에서 1.5m 내외 크기의 장대석을 우물井字 형태로 쌓아 올려 그 위에 초석을 놓는 方法으로 중요 건물에만 사용한 방법이다.	-궁궐건축 초석하부 -성곽 육축 문루 초석하부	장대석 상하사이에 강회를 사용하기도 하였음.
말뚝	濕地나 軟弱地盤에 地盤 沈下 防止를 위해 각종 규격의 말뚝을 일정간격으로 박아두는 공법	-蓮池 등 石築 -橋梁橋脚의 下部 建物地 下部	
木造擴大	강돌이나 잡석을 깔고 그 위에 목조로 가구를 짜서 아래와 內部 石材를 拘束시켜 基礎補強하는 方法		
-橋梁의 교각하부	慶州月城의 月精橋下流 木橋에서 唯一하게 보임.		
모래다짐	모래를 일정한 범위에 펴고 깔아 물을 부어 다지는 方法	-건물지, 탑지 등	정식으로 報告된 자료는 없음

되었다. 이를 뒷받침하는 것으로 1984년 서탑 동북측에 試堀調査結果[15] 2.5m 깊이까지 깨끗한 모래층이 형성되어 있었다.

모래다짐 기초보강은 看過하기 쉬운 基礎工法으로 地盤構造 自體를 모래로 간주하는 例가 많기 때문이 아닌가 생각된다.

3.3 基礎工法의 比較

앞에서 檢討하였던 古代構造物의 基礎工法別로 간단히 施工方法과 주로 사용된 對象構造物을 要約하면 表3 과 같다.

4. 古代 基礎工法의 評價

4.1 版築 基礎

잡석 또는 호박돌 사이의 공극을 화강토와 점토 등을 혼합하여 채운후 다졌기 때문에 매우 조밀한 상태에 있으며 현재까지 발굴된 판축에서 載荷試驗을 한 바는 없으나 경험적으로 볼 때 版築의 支持力은 큰 것으로 推定된다.

그러므로 이 형식의 보강공법은 비교적 넓은 기초 바닥면에 큰 하중이 작용하는 구조물 하부에 적용되었다. 예컨데 石塔, 城郭등의 하부지반은 건물의 하부지반에 비하여 큰 하중을 받으므로 지지력이 좋은 판축방법이 시공되었다.

4.2 補土다짐 基礎

판축에서와 같이 잡석 또는 호박돌을 섞지 않고 土沙만을 다져서 조밀한 土層을 形成하는 工法이다. 이는 현대의 動壓密工法과 類似한 것으로 비교적 넓은 면적에 적용되었으며 판축에 비하여 支待力은 약하나 하중이 크지 않은 일반적인 구조물에 대하여는 충분한 지지력을 가질 수 있는 것으로 판단된다.

4.3 積心石 基礎

판축이 비교적 바닥면적이 넓은 기초하부에 축조된데 반하여 적심석은 局部的으로 잡석다짐기둥을 형성하여 주로 건물의 기둥을 지지하도록 하였다. 이는 오늘날의 관점에서 보면 일종의 stone column인 바 古代의 大規模 木造建物이라도 기둥하중은 약 30t이하 (예 ; 景福宮 康寧殿)이므로 이를 충분히 지지할 수 있었으리라 판단된다. 또한 積心石은 冬結線 以下까지 깊게 축조하도록 하여 建物의 凍上 피해를 최소화하도록 한 조치는 오늘날 관점에서 매우 경탄할 만한 일이다.

4.4 長臺石 基礎

기둥에서 또는 하중을 분포하기 위하여 長臺石을 井字모양으로 쌓았는데 한개의 큰 石塊를 쓰지 않고 여러개의 장대석을 사용한 이유는 명확하지 않으나 옛날에 석괴가공의 정밀성과 운반에 어려움이 있어 이러한 기초형식을 선택한 것이 아닌가 생각된다.

4.5 말뚝 基礎

현재 발굴된 것을 보면 直經 15㎝~23㎝의 木材를 사용하였으므로 말뚝 한개의 支持力은 별로 크지 않을 것으로 추정되며 이들이 매우 좁은 간격으로 설치된 것을 보면 先端支持말뚝 보다는 지반보강과 마찰말뚝의 기능이 더 컸을 것으로 추정된다.

4.6 木造擴大 基礎

현재에서는 볼 수 없는 매우 特異한 基礎形式이다. 신라시대의 교량의 교각 기초로서 남아 있는데 이 기초공법은 적심석 형식의 잡석채움 상부에 목재로 테두리를 눌러 적심석 상부를 잡아줌으로써 적심적의 형태가 橋脚 荷重下에서 변형되어 지지력을 상실하는 것을 막아주도록 한 것으로 추정된다. 다시말하면 상부의 목조 테두리는 하부의 積心石을 拘束하여 支持力을 增加시키는 것과 橋脚 荷重을 分布하는 역할을 하고 있다.

아직까지 상부의 교량형태에 대하여 아직 알 수 없어 어느정도의 하중이 작용하였는지는 추정할 수 없으나 교량하중을 적심석 기초로만 지지하기는 어려웠을 것으로 사료된다.

5. 結 論

Cement가 實用化되기 전 古代建造物 築造할 때 地盤여건에 맞게 基礎工法을 택하여 施工되었다. 옛날에도 암반위에 기초를 놓고자 하였으나 그렇지 못할 地盤에서는 版築, 補土, 雜石, 長臺石, 말뚝, 모래 등 上部의 構造體의 여건과 주변상황에 따라 적절한 施工法이 채택되었다. 이를 요약하면 다음과 같다.

1. 基礎工法으로서의 版築은 高麗, 朝鮮時代보다 앞선 三國, 統一新羅時代에 널리 시행된 工法으로 時代가 앞설수록 정밀하게 시공하였음을 알 수 있었다.
판축의 支持力은 매우커서 큰 규모의 석탑과 성곽 등 큰 구조물의 地盤補強에 適用되었다.

2. 補土다짐기초는 旣存地盤의 地盤土보다 優秀한 良質의 흙을 펴서 다지는 공법으로 보토의 두께와 다짐의 정도가 不規則하여 支持力의 均質性確保가 어렵다.
이러한 보토다짐공법은 오늘날의 동압밀공법과 유사하다고 할 수 있다. 그래서 자연 상대적으로 덜 중요한 건물이나 土城의 城壁造成時 널리 사용되었다.

3. 積心石基礎는 건물의 하부에 주로 사용한 공법으로 오늘날의 stone column공법에 비유될 수 있다. 積心石을 까는 방법은 표 1에서 언급한 바와 같이 황룡사지에서 보이는 全面을 까는(통기초), 줄로까는 (줄기초), 후대에 널리쓰인 기둥아래(독립기초)에만 까는 형식이 보인다.

4. 그 외 많은 施工事例는 없으나 重要建物의 基礎下部에 長臺石基礎등이 보이고 특별히 濕地나 橋梁下部基礎등지에 말뚝, 모래, 木造擴大基礎가 사용되었다.

참고문헌

1. 충북대학교박물관(1983), 三年山城추정 연못터 및 수구지 발굴조사보고서
2. 황수영(1972), 신라 황룡사9층탑지 刹柱本記에 대하여, 考古美術, p.116.
3. 문화재관리국 문화재연구소(1989), 彌勒寺 遺跡發掘調査報告書 I
4. 國立中央博物館, 古墳調査報告書 제7책(1969), p.32. 水野淸一, 小林行雄, 『考古學解典』 東京(1959) 《판축》 항 참조
5. 文化財管理局 文化財硏究所 (1984), 黃龍寺遺蹟 發掘調査報告書 1, p.51, 도판편
6. 文化財管理局 文化財硏究所(1989), 彌勒寺遺蹟 發掘調査報告書, pp.87－88.
7. 익산고적선양회 (1990), 益山文化創刊號, p.67.
8. 충남대박물관(1984), 『목천토성』, pp.29～30.
9. 東亞大學校 博物館 (1990), 蔚州 華山里城址 古蹟調査報告書 제16책, p.86.
10. 東亞大學校 博物館(1984), 鎭海 龜山城址 古蹟調査報告書 제9책, p.55.
11. 東亞大學校 博物館(1983), 梁山 尊池里土城 古蹟調査報告書 제7책, p.70.
12. 서울大學校 博物館(1987), 夢村土城 發掘調査報告書, p.169.
13. 서울大學校 博物館(1991), 幸州山城 報告書,p.22.
14. 文化財管理局(1985), 昌慶宮 發掘調査報告書, p. 94.
15. 扶餘文化財硏究所(1991), 益山 彌勒寺址東塔址기단과 하부조사보고서, pp.59～60.

(접수일자 1992. 6. 29)