

基礎掘鑿에 따른 側面崩壞의 危險度
豫測에 關한 研究
A Study on the Prediction of Risk Degree of Side
Collapses Due to Excavation

姜 準 默* 韓 承 熙***
Kang Joon-Mook Han Seung-Hee
李 在 璣**
Lee Jai-Kee

要 旨

土木 構造物의 施工을 위해서는 基礎掘鑿이 필수적이며 變形으로 인한 재해의 위험이 있으므로 주기적인 變形測定이 필요하다. 기존의 굴착측면에 대한 현장계측은 相對變位 밖에 얻을 수 없고 표면 측정이 불가능하므로 이러한 難點을 해결할 수 있는 방법의 개발이 절실하다.

本 研究에서는 대상물로 부터 독립적으로 단 시간내에 다량의 측점에 대해 絕對變形量의 도출이 가능한 地上寫眞 測量을 掘鑿現場에 적용하기 위하여 同一點 攝影技法을 개발, 실내실험을 통해 해석 가능성을 제시하고 현장에 적용, 期間別 絕對變形量을 產出하였다.

同一攝影點 技法을 실내실험에 적용한 결과 해석이 가능하였으며, 隣接 사진과의 重複度를 보다 크게하여 해석한다면 다른 기법보다 신속하게 양호한 성과를 얻을 수 있음을 알 수 있었다. 이 기법을 실제 掘鑿側面에 적용한 결과 期待 正確度 범위내에서 一覽性있는 3次元 變形量을 도출할 수 있었으며 보다 신속 정확한 基準點 測量방법을 개발한다면 効率的으로 變形量을 얻을 수 있을 것이다.

ABSTRACT

A foundation excavation is necessarily included in construction works of structures. Involving the dangers of collapse, large-scaled excavation walls require periodic deformation measurements. As only relative displacements are acquired and surface measurements can not be made with the conventional measuring methods, the up-to-date method which can overcome these weaknesses is required urgently.

Terrestrial photogrammetry is the method by which absolute deformation amounts of many points can be taken out at a distance from object in short time. The objective of this study is to suggest application propriety of terrestrial photogrammetry to the measurement of excavation walls. For it, we devised same position photography(S.P.P) and possibility of SPP proved through basic experiment.

SPP was very speedy photographing method. We found out the fact that as the degree of overlap increase, accuracies of results increase. As a result of applying to excavation side-wall, we detected consistent displacement in 3 dimension each direction within the limits expectational accuracy. If control surveying could be carried out more quickly and accurately, the deformation displacement could be analyzed more effectively.

* 忠南大學校 工科大學 教授
** 忠北大學校 工科大學 副教授
*** 忠南大學校 大學院 博士課程

1. 序 論

최근 大型 構造物의 건설에는 시공조건과 지반의 工學的 特性에 따라 붕괴에 의한 인명 및 재산피해 등 건설 안정상 여러가지 문제점들을 내포하고 있다. 특히, 基礎掘鑿에 있어 側面崩壞로 인한 재해가 빈번하게 발생하고 있으며 그 피해는 막대한 실정이다. 노동부의 최근 통계에 따르면 노동인구 2.8%에 해당하는 인원이 재해를 입었으며, 막대한 보상금을 지급하는 등 그 심각성이 증대되고 있다. 이를 해결하기 위해서는 주기적으로 掘鑿側面에 대한 變形測定을 실시하여 안전도 범위내에 있는가를 점검해야 한다. 이러한 문제는 토질공학적으로 다룰 수도 있으나 추정 특성치에는 많은 불확실성이 포함되므로 정확한 수치로 나타내는 것이 곤란하고 주기적으로 상대변형량이 아닌 절대변형량을 산출해야한다는 특성이 있기 때문에 어려움이 있다. 또한, 기존의 계측장비들은 설치 및 유지에 어려움이 많고, 絕對 變形量 산출이 불가능하며 표면의 변형측정에는 부적합하다고 할 수 있다.

이와 같은 문제점들이 제기되는 기존 방법에 비해 요즘 그 활용이 증대되고 있는 地上寫眞測量 技法을 현장에 맞게 개발 응용한다면 굴착측면의 변형해석에 보다 효과적으로 적용할 수 있을 것이다. 이 기법은 측정기간 동안 대상물로부터 독립적이며 단시간내 다량의 측정점에 대한 정밀 3차원 측정값의 획득이 가능하고, system error로부터 자유롭게 측정할 수 있으므로 정확한 4次元(X.Y.Z.T)解析이 가능하다. 따라서 순간적인 變形量의 주기적인 측정에 사진측량기법을 이용한다면 보다 이상적으로 목적을 달성할 수 있을 것이다.

지상사진측량의 변형측정에 대한 응용은 B. Herret가 처음 시도한 이래 A.P. Vonderohe, S.A. Veress, C.S. Fraser, K.W. Wang에 의해 발전되어 왔고 Tunnel, Dam, 옹벽, 교량, Compressor, 건물 등의 구조물에 적용하여 그 효율성을 입증하는 등 지속적인 개발과 그 응

용에 관한 연구가 진행되어 왔다.

본 연구에서는 地上 寫眞測量技法을 기초굴착측면의 변형해석에 응용하기 위하여 굴착현장의 특성을 고려한 신속한 SPP(Same Position Photography)기법을 고안, 실내 실험을 통하여 이의 적용가능성 및 오차특성을 파악하고 실제 굴착현장에 주기적으로 적용하여 단계별 絕對變形量을 산출, 현장에서 발생하는 기준점 측량에 의한 絕對좌표계의 설정, reference net 배치, target 배치 등의 문제점을 해결함으로써 굴착측면의 변형해석에 지상사진측량의 適用 可能性을 提示하고자 한다.

2. 研究 內容

변형측정을 요하는 굴착지 내부는 공사차량의 왕래와 굴착장비의 작업으로 매우 복잡하고 촬영시 障礙 要因이 많다. 굴착지 주변에 촬영점을 배치하여 측정할 수도 있겠으나, 굴착깊이가 어느정도 깊어져 굴착低面이 낮아지게 되면 촬영 피복범위에서 벗어나거나 과도한 ω 회전이 불가피하게 되므로 내부에서 촬영을 실시해야할 필요가 있다. 따라서 굴착지 내부에서 신속한 촬영기법이 요구되는데 이를 위해 본 연구에서 同一點 撮影技法을 최초로 考察, 이를 적용하였다. 우선 이의 적용가능성과 오차특성을 파악하고자 실내실험을 기준점 수를 변화시켜가면서 解析하였다.

絕對變形量을 산출하기 위해서는 reference net와 기준점 측량을 결합시켜야 한다. Reference net의 움직임 여부를 확인하기 위해 각 단계 촬영시 이에 대한 정밀 삼각측량을 실시하였다. 만약 基線이 회전하거나 수평이동을 했다면 각 단계별 기준점 좌표를 원 좌표계로 변환해 주어야 한다. 굴착지 측면의 흙막이공은 공사진행 중에 계속 下降하기 때문에 target의 배치와 redundancy를 신중히 고려하여 H-pile上에 설치하였다.

撮影은 4개월간 4단계에 걸쳐 實施하여 Bundle adjustment기법으로 각 단계별 미지점들의 3차원 좌표를 계산하고 표준 오차를 분석

하였다. 각 단계별 3차원 좌표가 계산되면 이들 좌표를 reference point 중 변형에 대해 가장 安定한 어느 한 점으로 좌표이동하고 이들을 비교하여 絶對變形量을 산출한다. 이들 주기적인 變形量을 비교함으로써 굴착지 측면의 全般的인 變形量을 導出한다.

3. SPP Test

(1) 實驗

SPP 촬영기법의 적용가능성과 오차특성을 파악하기 위해 (Fig.1)과 같이 4벽면에 부착한 총 124개의 점들중 side I과 side IV의 19개 점을 선택하여 기준점으로 사용하였다. 두 면에만 基準點을 配置한 것은 대부분의 굴착지 內部地盤이 불규칙하고 복잡하므로 굴착지 밖에 기선을 설치하여야 하며, 이 경우 삼각측량이 가능한 면은 두 면에 불과하기 때문이다. ϕ 회전각을 20°씩 변화시켜 동일점에서 4면을 모두 피복할 수 있도록 水平攝影하여 총 18매의 필름을 얻었다. 기준점 측량은 (Fig.1)에 나타난 바와 같이 side III쪽에서 기준점이 배치된 면에 대해서만 실시하였고 촬영거리는 1.4 m로 하였다. 각 side별 경계부분은 촬영거리가 멀어지므로 深度를 최대한로 깊게 하기위해

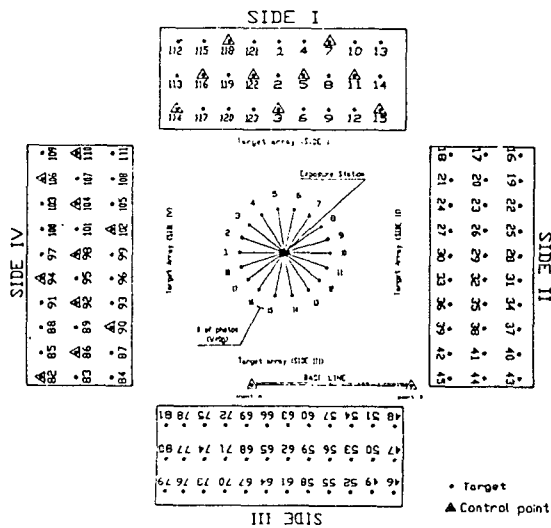


Fig.1 Configuration of Target Array.

f-stop을 22로 하였고 p-31 카메라에 원형 분도기를 부착하여 20° 간격으로 변화시켰다.

(2) 結果 分析

(Fig.2), (Fig.3), (Fig.4)는 SPP技法에 의해 얻어진 18매 사진을 1스트립으로 하여 동시 해석한 결과, 각각의 未知點에 대한 X.Y.Z좌표의 標準誤差를 나타낸 것이다. (Fig.2)에서 X 오차의 양상은 각 side의 중앙부에서 감소하는

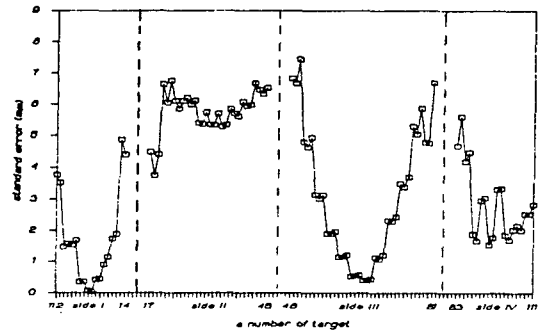


Fig.2 The standard error of X coordinate

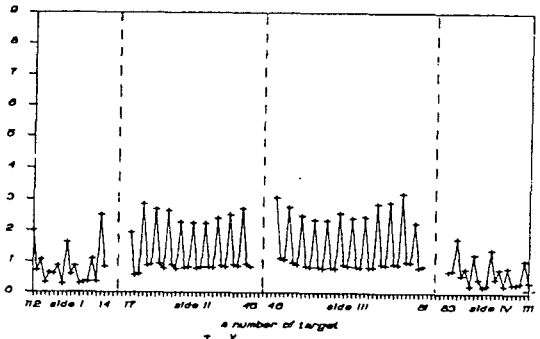


Fig.3 The standard error of Y coordinate

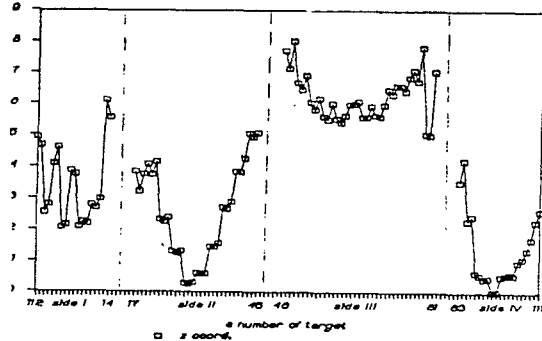


Fig.4 The standard error of Z coordinate

추세를 보이고 있고 특히 side I 과 side II 에서는 급격하게 감소하였다. 각 side의 중앙부에서 감소하는 이유는 촬영거리가 중앙부에서 1.4m이고 그 주변으로 배치된 미지점일 수록 점차 촬영거리가 멀어지기 때문이다. 또한 side I 이 이와 유사하게 기준점이 배치되어 있는 side IV에 비해 오차가 낮은 이유는, side IV의 경우 기준점들의 X 좌표값이 거의 동일한 반면, side I에 배치된 기준점들의 X 좌표는 幾何學的으로 다양하게 分布되어 있기 때문이다. side III는 기준점이 배치되어 있지 않은 면인데도 side I 과 유사한 양상을 보이는데 이면은 X축에 모두 평행한 면이며 side I 과 동일한 幾何學的의 條件을 갖고 있기 때문이다. (Fig.3)은 Y좌표에 대한 誤差分布로써 (Fig.2)와 (Fig.4)의 X와 Y의 오차분포와는 다른 양상을 보이고 있다. 基準點이 配置되어 있는 side I 과 IV, 기준점이 없는 side II와 III가 각각 유사한 모양을 보이고 있다. 특히 side II와 III의 上段에 위치한 미지점은 오차가 큰데 비해 中, 下段에 배치된 未知點 誤差는 작게 나타나고 있는데 이는 攝影主點으로 부터 미지점까지의 距離에서 起因된 것이다. (Fig.4)는 Z좌표오차에 대한 분포를 나타낸 것으로서 X좌표의 오차분포와 거의 逆의 關係를 보이고 있음은 注目할 만하다. 이는 side IV에 배치된 기준점들의 Z좌표값이 다양하게 분포되어 있기 때문이다.

또한 이 두면에서 미지점들이 3점 또는 2점씩 近接되어 있음을 볼 수 있는데, 이들은 side의 중앙에서 거의 같은 거리에 위치되어 있는 점들이기 때문이다. X,Y,Z좌표의 독립적인 오차분석 결과 SPP技法은 일반적인 촬영기법에 비해 촬영 距離에 의한 영향이 매우 크며 촬영거리에 비해 오차분포가 매우 높게 나타나고 있는데 SPP技法의 幾何學的의 條件과 重複度의 부족으로 기인된 것으로 思料된다. (Fig.5)는 각 side별 target에 대한 3차원 位置誤差를 나타낸 것인데 X와 Z좌표의 오차가 서로 상쇄되어 비슷한 양상을 보이고 있으며 기준점이 배치되어 있는 side I 과 IV에서 변화는 심하

나 낮은 분포를 보이고 있다.

SPP技法에서 기준점의 수가 어떠한 영향을 미치는가를 위해 기준점이 배치된 side I 과 IV, 그리고 전체 4면에 대해 기준점을 연속으로(one side) 또는 전체의 고른 密度로(full side) 19점에서 3점까지 줄여가며 解析하여 (Fig.6, 7, 8, 9)에 나타내 보았다. Full side는

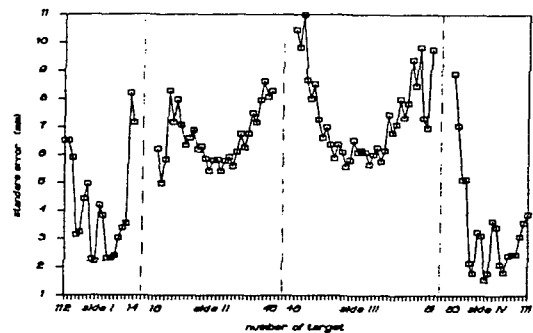


Fig.5 The positional standard error

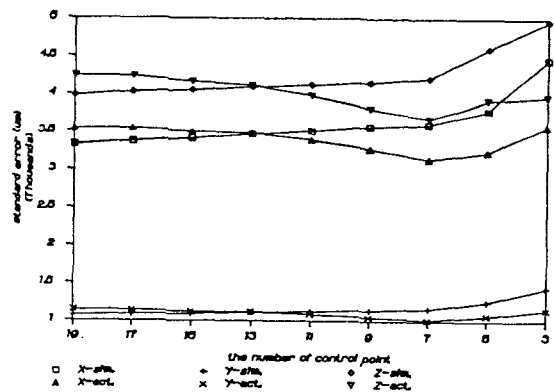


Fig.6 The standard error of each the number of control points(2-full side)

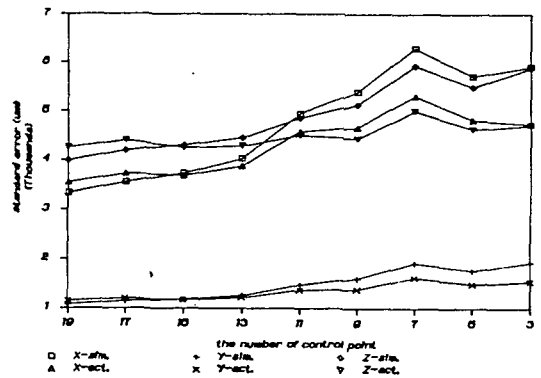


Fig.7 The standard error of each the number of control points(2-one side)

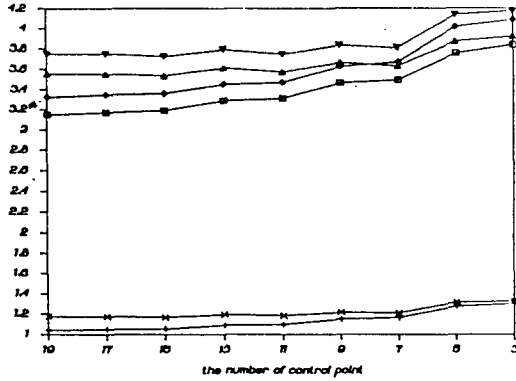


Fig. 8 The standard error of each the number of control points(4-full side)

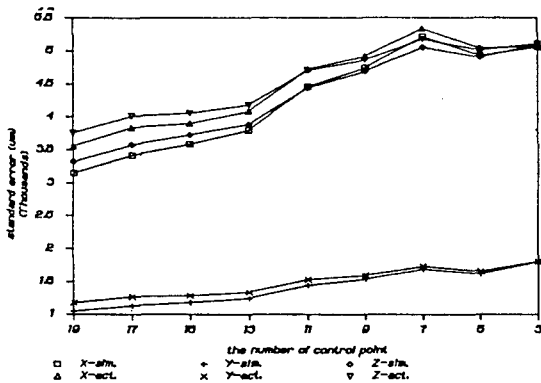


Fig. 9 The standard error of each the number of control points(4-one side)

one side에 비해 변화의 양상이 완만하고 4면 해석은 기준점이 減少함에 따라서 서서히 증가하며 2면 해석은 actual error가 7점에서 약간 증가하다 감소하는 경향을 보이는데 이는 기준점이 배치되어 있는 면에서의 制約條件의 영향으로 생각된다. 一面에서 기준점을 줄여갔을 때에는 4면 해석의 경우가 오히려 2면해석의 경우에 비해 오차가 작게 나타나는데 寫眞枚數가 많아 redundancy가 증가하므로 기준점을 배치한 2면 해석의 경우에 비해 양호한 것으로 思料된다. 오차가 다른 촬영기법에 비해 mm 단위로 나타난 것은 微小한 intersection angle의 幾何學的 影響, 그리고 ϕ 를 20° 씩 회전시켜 촬영하였으므로 인접 사진과의 重複部分이 적어 redundancy가 작기 때문이다.

SPP 撮影 技法에서도 ϕ 을 작게 하여 중복

범위를 크게 하고 원형 strip의 경우와 마찬가지로 full side에 적절한 기준점을 배치한다면 적은 수의 기준점으로도 全面을 고르게 解析할 수 있음을 알 수 있었다.

4. 現場 實驗

實驗對象 地域은 굴착깊이 20m, 넓이 80m×45m의 흙막이공 施工現場으로써 概略圖는 (Fig.10)과 같다. 地盤表層은 黃土이며 15m低部는 일부 마사토와 화강암 지반으로 굴착 3단계부터 암반 발파공사를 실시하여 공사한 현장이다.

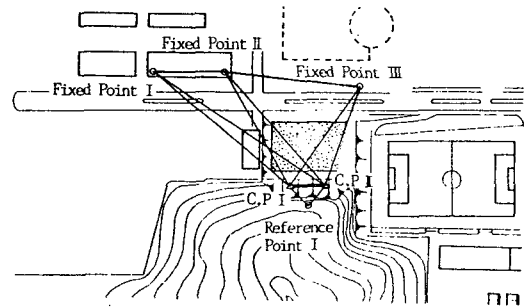


Fig. 10 The plane view of in-site control & reference net

(1) Reference net

基準點 測量에 이용되는 基線의 變動을 점검하기 위해 (Fig.10)에서와 같이 굴착시의 진동으로 인한 지반의 舉動이 염려되지 않는 지점을 選定, 基線 뒷편 (No.100), 前面의 건물옥상 (No.200, No.300) 그리고 도로변의 電柱 (No.400)에 reference point를 配置하여 reference net를 構成하였으며 C.P. I 과 C.P. II에서 每 撮影 段階마다 精密 三角測量을 실시하여 기준점의 상태를 점검하였다.

(2) Target 配置

굴착지 내부에서의 target配置 면과 촬영 개략도는 (Fig.11)에서 보는 바와 같다. 굴착지에서 미지점과 기준점의 배치는 매 단계마다 被服面積이 달라지고 以前 단계에 배치된 target

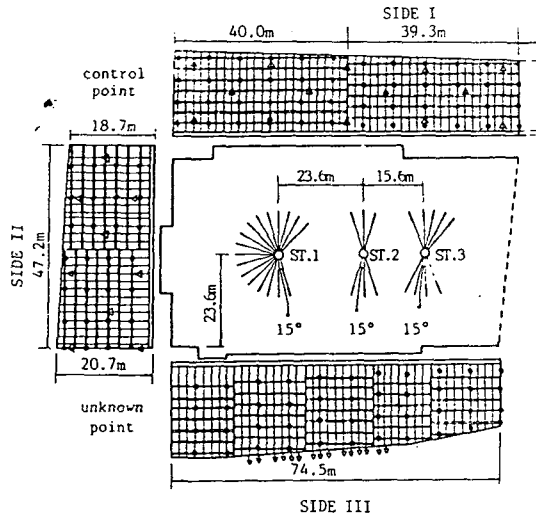


Fig.11 Test field and exposure station

이 다음 단계까지 남아 있는 경우도 있지만 도중에 損失되는 것도 종종 있으므로 이들을 신중히 고려하여 계획을 세워야 한다. 본 현장 실험에서는 잉여 관측수와 제약조건 등을 고려하여 굴착이 완료된 상태의 토류벽면의 H-pile 상에 사진 1매당 16-30點 정도의 미지점과 5-7點의 기준점이 피복되도록 配置하였다. 특히 side III의 경우 기준점측량 지역에서 視通이 불가능하므로 基線과 굴착지 내부에서 視通 가능한 H-pile 尖端에 돌출타켓으로 기준점을 배

치하였다. 예로서 side I의 未知點과 기준점의 배치상황은 (Fig.12)와 같다. 그림에서 보는 바와 같이 測點을 고르게 배치하지 못한 것은 地盤의 상태가 다르므로 굴착진행이 고르지 못한데 起因된다. 촬영은 굴착지 全面 side I, side II, side III가 피복되도록 3점에서 ϕ 를 15°씩 변화시켜 SPP技法으로 촬영하였다. 굴착 4단계에 걸쳐 ST.1에서 15매 ST.2에서 4매 ST.3에서 4매 총 23매의 陰畵를 얻었다. 3단계와 最終 4단계 사이에는 변형량을 산출하기 위한 追加攝影이 없으므로 target을 설치하지 않았고 매단계별 촬영시 피복면적이 다른 것은 굴착의 진행이 고르지 못했기 때문이다.

5. 結果 分析

굴착측면에 배치된 target의 變形量을 算出하기 위해 일부 측점에 대한 3차원 좌표를 Bundle adjustment技法으로 解析하였으며 그 結果는 (Table.1), (Table.2)와 같다. Reference net를 이용 基準點의 變位를 확인하기 위해 매 단계별 精密 三角測量을 실시, 보정계산하여 이중 No.300을 原點으로 계산 結果를 座標變換하였다.

Step 3과 step 4에 대한 3차원 좌표를 좌표 변환한 최종좌표를 比較하여 각 target에 대해

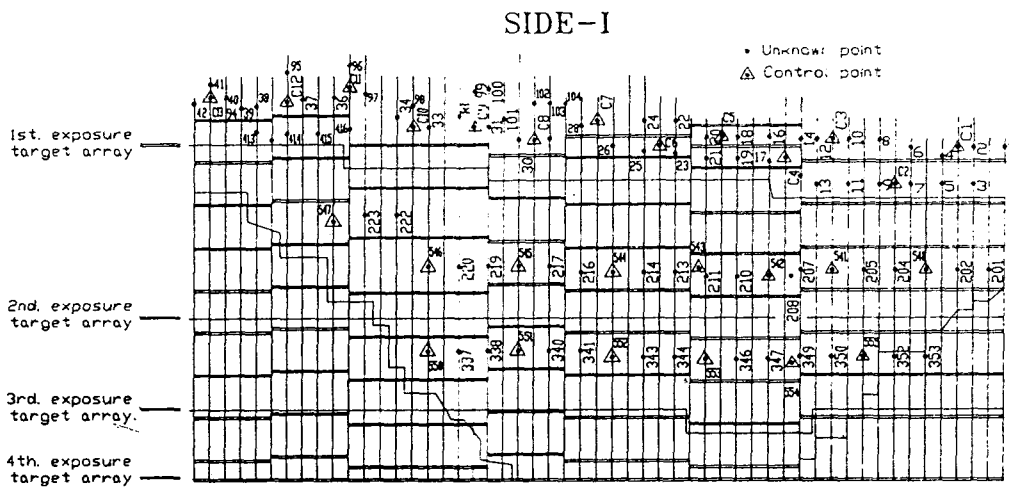


Fig.12 The target array of each side of excavation wall

Table 1. Final station object coordinates for step 3.
(unit : mm)

STATION	X	Y	Z
506	52887.205	-17618.027	53899.371
509	31473.282	-15312.949	49952.673
510	24548.425	-15218.867	48632.582
543	56338.529	-20977.873	54658.952
544	47392.395	-20674.723	53010.914
545	36788.682	-21116.864	50959.629
546	25941.044	-20722.256	48796.989
550	25951.754	-24169.175	48765.545
551	36716.854	-24624.306	50989.975
552	47574.363	-24231.305	53135.799
21	58286.755	-17968.395	53613.302
24	50931.538	-16159.757	53626.372
30	36846.501	-15272.360	50848.693
31	33197.825	-15341.738	50204.016
33	26047.639	-15188.837	48799.926
34	22536.408	-15185.093	48210.246
97	20710.277	-13037.897	47789.556
99	31542.698	-13811.414	49982.029
100	33210.843	-13028.540	50214.975
101	34947.053	-13958.898	50338.301
102	38462.539	-14009.534	51073.513
103	40397.222	-14085.860	51485.514
104	42376.882	-14081.906	51965.952
211	58228.950	-20939.394	53628.553
213	54542.740	-20862.626	54258.637
214	50871.913	-20889.011	53692.987
216	44063.081	-20745.629	52378.630
217	40484.525	-20992.992	51674.251
219	33053.037	-20949.676	50174.329
220	29668.236	-20930.696	49364.115
222	22520.717	-19203.055	48194.866
337	29843.526	-24587.018	49299.202
338	33010.269	-24689.601	50138.116
340	40536.580	-24587.987	51766.552
341	44003.960	-24385.641	52424.093
343	50877.057	-24536.626	53743.785
344	54518.773	-24537.571	54254.796

Table 2. Final station object coordinates for step 4.
(unit : mm)

STATION	X	Y	Z
509	31452.387	-15314.258	50049.170
510	24537.729	-15219.070	48724.457
546	25929.155	-20714.610	48854.085
550	25940.850	-24159.438	48805.235
551	36698.138	-24619.725	51044.014
30	36817.829	-15274.276	50953.700
31	33176.510	-15347.178	50305.437
33	26031.309	-15184.845	48888.097
34	22525.735	-15190.181	48293.431
97	20703.032	-13044.559	47887.643
99	31525.651	-13813.249	50086.548
100	33195.329	-13035.597	50331.696
101	34924.660	-13962.857	50454.651
102	38427.785	-14014.085	51193.050
103	40363.463	-14087.017	51596.437
104	42339.085	-14082.377	52078.952
214	50835.349	-20876.630	53778.864
216	44029.258	-20746.586	52460.228
219	33034.314	-20950.772	50239.930
220	29655.690	-20923.299	49423.239
222	22511.777	-19203.671	48255.348
337	29831.315	-24576.816	49336.680
338	32993.195	-24687.277	50181.920
340	40513.687	-24580.457	51826.851
341	43974.099	-24379.439	52482.624

算出한 변형량은 (Table 3)과 같고 이를 측정별로 圖示하면 (Fig.13)과 같다.

Table.3에서 X방향의 變位는 -7mm~-38mm로 一貫性있게 나타나고 있고 Y방향의 變位는 -7mm~+12mm로 방향이 일정치 않은데 굴착작업 및 파일 보수작업으로 인한 불규칙한 垂直變位가 원인인 것으로 思料되던 변형량중 가장 중요한 Z방향의 變位는 +방향 40mm~120mm로 나타나 굴착지 중심방향으로

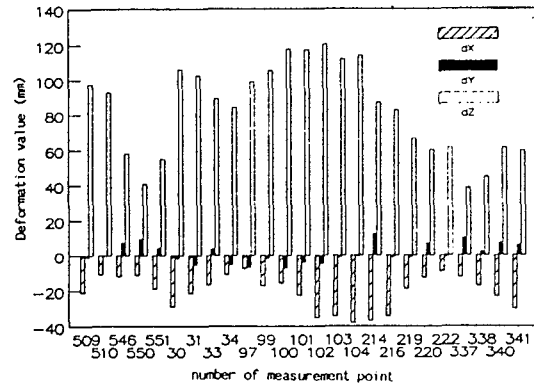


Fig.13 Deformation value versus number of target.

Table 3. The deformation between step 3 & step 4.

target No.	ΔX (mm)	ΔY (mm)	ΔZ (mm)
509	-20.895	-1.310	97.487
510	-10.696	-0.204	92.875
546	-11.889	7.645	58.096
550	-10.904	9.736	40.750
551	-18.716	4.580	65.039
30	-28.672	-1.917	106.007
31	-21.315	-5.441	102.421
33	-16.330	3.991	89.171
34	-10.673	-5.089	84.185
97	-7.245	-6.663	99.087
99	-17.047	-1.836	105.519
100	-15.514	-7.058	117.721
101	-22.393	-3.960	117.350
102	-34.754	-4.552	120.537
103	-33.759	-1.158	111.923
104	-37.797	-0.472	114.000
214	-36.564	12.380	86.877
216	-33.823	-0.953	82.598
219	-18.723	-1.097	66.601
220	-12.546	7.396	60.124
222	-8.940	-0.617	61.482
337	-12.211	10.201	38.478
338	-17.074	2.323	44.804
340	-22.897	7.529	61.299
341	-29.861	6.201	59.531

一貫性있는 變形發生을 알 수 있었다.

(Fig.13)에서 Z좌표에 대한 變位量이 가장 큰 것으로 나타나 굴착시 土壓이 側面 變位에 가장 큰 영향을 미침을 알 수 있고 上部에 배치된 측정일 수록 큰 變位를 보이고 있다. 또한 pile의 荷重등의 영향으로 인한 Y좌표의 變位量은 가장 낮게 나타났다.

Step 3과 step 4의 解析 段階에서 單位輕重率 標準誤差가 각각 1.813, 1.827로 얻어져 一貫性있는 分析이 가능하였다. Step 1에서 step 4까지의 實驗的 誤差와 幾何學的 誤差를 圖示하면 (Fig.14)와 같다. 幾何學的 誤差는 全段階에 걸쳐 X좌표가 0.8~3mm, Y좌표가 0.9 mm~1.4mm이며 Z좌표오차는 촬영거리가 큰 이유 때문에 2mm~7mm로 그쳐 나타났다. 實驗的 誤差 역시 單位輕重率 標準誤差가 1.000에 가까우므로 거의 同一한 값을 보이고 있다. step이 진행할 수록 幾何學的 誤差와 實驗的

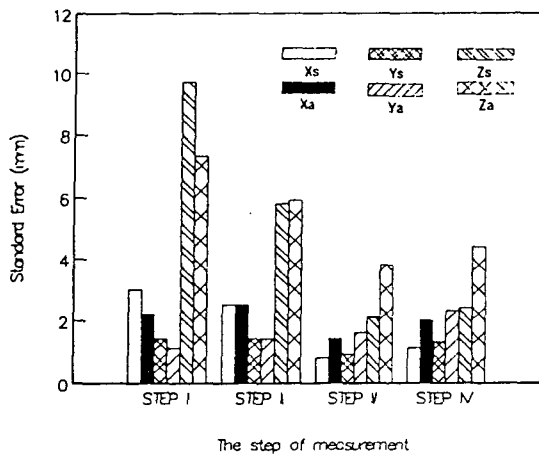


Fig.14 Simulated error and actual error of each step.

Table 4. The standard error and standard error of unit weight for each step.

STEP	So	simulated error(mm)			actual error(mm)		
		Xs	Ys	Zs	Xa	Ya	Za
I	0.756	2.97	1.41	9.68	2.25	1.07	7.32
II	1.021	2.45	1.38	5.79	2.50	1.41	5.91
III	1.813	0.80	0.86	2.09	1.45	1.55	3.79
IV	1.827	1.10	1.26	2.39	2.01	2.29	4.34

誤差가 거의 一致하고 있으며 step 1에서 Z좌표의 오차가 가장 크게 나타나고 있는데 未知點 數가 적어 redundancy가 작고 基準點의 配置가 거의 同一線上에 배치되어 있어 幾何學的 條件이 불량하기 때문으로 思料된다.

地上寫眞測量을 굴착지 變形解析에 適用한 결과 소기의 精確도로 變形량을 導出할 수 있었으며, 短時間 내에 精確한 基準點 성과의 획득을 위해 reference net와 control net의 測量 技法을 개발한다면 보다 効率的으로 目的을 달성할 수 있을 것이다.

6. 結 論

基礎掘鑿에 따른 側面崩壞의 위험도를 예측하기 위해 地上寫眞測量의 SPP技法을 考案, 最的解析 algorithm을 定立하고 실제 적용한 결과 다음의 結論을 얻었다.

- 1) SPP技法은 다른 촬영방법에 비해 짧은 시간내에 많은 量의 情報를 획득할 수 있어 특히 굴착공사현장과 같이 여건이 劣惡한 경우에 有用하다.
- 2) SPP技法은 회전각을 작게 하여 隣接 사진과의 重複部分을 크게하고, 基準點을 적절하게 配置한다면 적은 수의 基準點으로도 소기의 精確度를 얻을 수 있을 것이다.
- 3) 地上寫眞測量을 굴착측면의 變形 해석에 적용한 결과 reference net에 基準點을 結合하여 絕對變形을 도출할 수 있었으므로 現場에 應用이 期待된다.
- 4) 굴착측면의 變形 해석을 실시한 결과 X방향의 變位는 -7mm~38mm, Y방향의 變位는 -7mm~+12mm, Z방향의 變位는 +방향 40mm~120mm로 나타나 一貫性있는 變形量을 얻을 수 있었다.

굴착측면의 變形 해석을 보다 理想的으로 하기 위해 基線의 變位로 인한 基準點측량의 難題에 대한 연구가 要望되며, 距離에 따른 SPP 技法의 보다 多樣的한 檢토가 이루어 진다면 經濟的이고 精確한 解析技法을 도출할 수 있을

것이다. 아울러 土質工學, 構造工學的 측면에서
의 연구와 병행한다면 더욱 信賴性있는 결과를
얻을 수 있을 것으로 期待된다.

謝 辭

本 研究는 韓國科學財團의 1989년도 一般 研究
費支援에 의하여 수행된 것으로 본 연구를
수행할 수 있도록 支援해준 韓國科學財團에
깊이 感謝드립니다.

참고 문헌

1. Clive S. Fraser, 1985, "Photogrammetric Measurement of Thermal Deformation of a Large Process Compressor", Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, Vol. 51, No.10, pp. 1569-1575.
2. K. Jeyapalan & Marlee Morse Walton, 1987, "The Feasibility of using Terrestrial Photogrammetry in the Long term Structural Movements of a Bridge", ASPRS-ACSM Annual Convention Vol.7, Non-Topographic Photogrammetry, pp. 46-80.
3. C. Armenakis & W. Faig, 1988, "Optimal Estimation of Displacements by Combining Photogrammetric and Dynamic Models", E & RS, Vol.54, No.8, pp. 1169-1173.
4. Clive S. Fraser, 1988, "Periodic Inspection of Industrial Tooling by Photogrammetry", PE & RS, Vol.54, No.2, pp. 211-216.
5. Kurt Kubik, 1987, "Photogrammetric Work Without Blunders", ACSM-ASP annual convention, technical papers, Vol.2, pp. 129-138.
6. Todd Porter & Jim Mcllellan, 1987, "GPS Survey Techniques for Deformation Analysis", ACSM-ASP annual convention, technical papers, Vol.3, pp. 194-207.
7. 大林技術情報, 1989.5 "現場計測을 이용한 近接施工 事例".
8. Scott M. Rae, 1989, "Two Non-Iterative Methods of Determining the Orientation of a Stellar Camera", PE & RS, Vol.55, No.2, pp. 179-182.
9. Raymond J. Hintz, Christos Karakadas, and Joon-Mook Kang, 1989, "Analysis of Pavement Cracking and Rutting Using Close-Range Photography", PE & RS, Vol.55, No.2, pp. 217-221.
10. Brain Huberty, 1990, "Coal Pile Inventory Using 35-mm Oblique Terrestrial Photogrammetry", PE & RS, Vol.56, No.8, pp. 1169-1171.