



구조검토 보고서

검토대상 : TWIN BASIC/UTILITY (2020.11.25., Rev.0)

부산대학교 산학협력단

Institute for Research and Industry Cooperation of Pusan National University



This page is intentionally blank



제 출 문

(주)이비엠리더 대표이사 귀하

본 보고서를 ‘열교차단 파스너 내진성능검증 및 내진설계방안 개발 용역’ 중 “TWIN BASIC/UTILITY 구조검토”에 대한 보고서로 제출합니다.

제출일시 : 2020. 11. 24.

연구책임자 : 부산대학교 건설융합학부 교수 이 상 호





구조검토서

TWIN BASIC/UTILITY

(ANCHOR : $\phi 1/2"$ (12.7mm) , PLATE L-70×225×5T)

상기 열교차단 파스너는 건축구조기준(시행 2020.05.31.)에 따라 내진성능을 확인하였으므로, 본 보고서에 표시된 구조형식, 사용재료 및 강도, 하중조건 등을 확인하여 도면에 표기하시기 바랍니다.

2020. 11. 24.



건축구조기술사 김 경 민 (인)





1. 검토개요 및 요약

- (1) 제 품 명 : TWIN BASIC/UTILITY FASTENER
- (2) 제 조 사 : (주)이비엠리더
- (3) 용 도 : 건물 외장재 고정용 파스너
- (4) 규 격 : ANCHOR : $\phi 1/2"$ (12.7mm)
PLATE : L-70×225×5T
- (5) 적용기준 : 건축구조기준(시행 2020.05.31.), 건축물 내진설계기준(KDS 41 17 00:2019), 2005 AISC Specification
- (6) 검토방법 : 한계상태설계법
- (7) 검토결론 : 1) 본 검토에서는 트윈베이직/트윈유틸리티의 지진하중조합에 대해 ANCHOR와 BRACKET이 포함된 석재용/프레임용 FASTENER가 셋트 당 받을 수 있는 허용지지력을, 보수적인 조건인 S_D 지반에 발생하는 지진하중에 대하여 가장 불리한 조건인 최상층에 위치한 경우를 검토함; 2) 본 검토에서는 풍하중조합에 대해 석재용/프레임용 FASTENER가 셋트 당 받을 수 있는 허용지지력을 보수적인 조건인 Wind Speed : 45m/s /Exposure Category : C / Roof Height : 100m에 대한 허용지지력을 검토함; 3) 본 검토에서는 1mm 이내 허용처짐에 대한 허용중량을 산정하였으며, 보수적인 조건인 Wind Speed : 45m/s /Exposure Category : C / Roof Height : 100m에 대한 허용지지력을 검토함
- (8) 개정사항

구분	일시	개정내용	비고
0	2020.11.25	최초작성	

(9) 저작권에 관한 사항

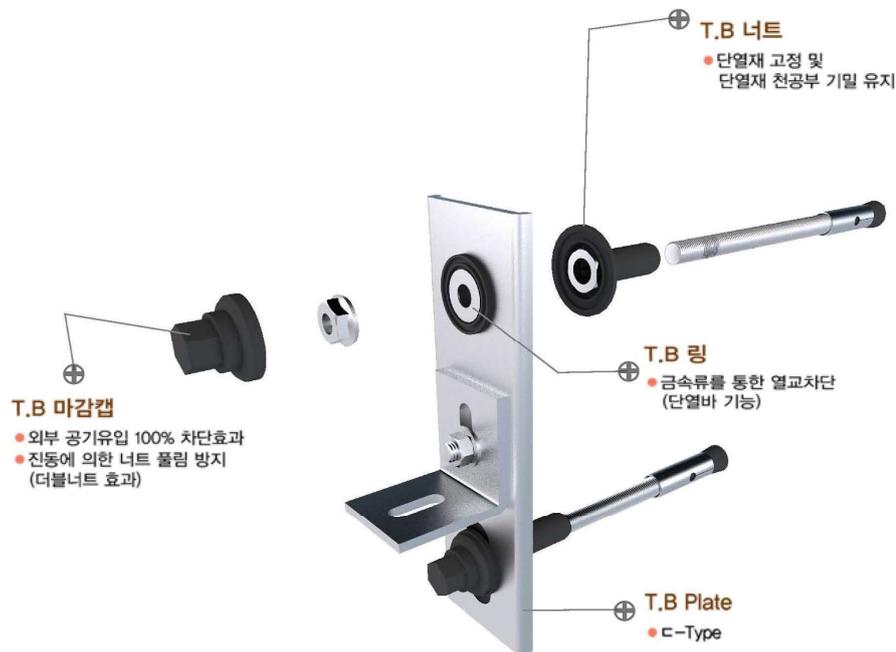
Copyright© Seismic Research and Test Center (SESTEC) of Pusan National University. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored in a retrieval system or transmitted in any form by any means, electric, mechanical Figure-copying, recording, or otherwise without the written permission of SESTEC.

2. 검토조건

(1) 구성요소 및 구조형상

-베이직(BASIC)

트윈앵커타입 베이직은 플레이트에 의해 일체화된 구조를 취하는 두 개의 앵커를 사용하여 건축물 외장재를 지지함으로써 금속쉬트패널, 고밀도목재패널 등과 같은 경량의 건축물 외장재를 비롯하여 석재, 테라코타패널 등과 같은 중량의 건축물 외장재를 구조적으로 안전하게 지지한다. 그리고 ANCHOR와 BRACKET의 결합부위에는 ANCHOR와 BRACKET가 결합할 시 직접적인 접촉을 차단하기 위한 T.B 링이 설치되며, 단열재를 밀착 고정함과 동시에 단열재에 형성된 앵커 설치공을 기밀하게 하는 T.B 너트가 체결되어 열교를 차단한다. ANCHOR의 단부에는 합성수지로 제작된 T.B 마감캡을 설치하여 외부 공기가 유입되는 것을 최대한 차단할 수 있을 뿐만 아니라 외부너트를 감싸 누르는 형태로 ANCHOR에 설치됨으로써 더블너트 효과에 의해 시공 후 진동에 의한 너트 풀림방지 효과를 갖는다. 따라서 트윈 앵커타입은 두 개의 앵커를 하나의 플레이트에 일체화함으로써 석재 등 중량의 외장재를 구조적으로 안전하게 지지하며, 여기에 1차 T.B 마감캡, 2차 T.B 링, 3차 T.B 너트에 의한 열교차단 기능을 실현하여 외장재 고정 유닛을 통한 열교현상을 차단하게 된다. 트윈앵커타입의 전개도는 [그림 1]을 참조한다.



[그림 1] 트윈앵커타입 베이직 전개도

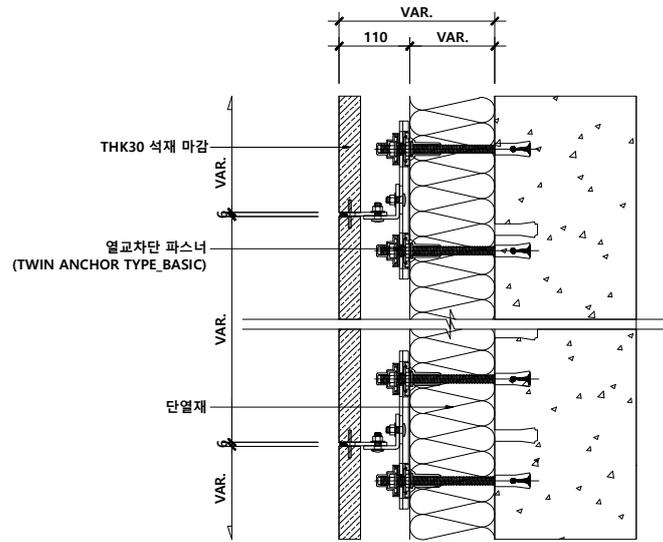


-유틸리티(UTILITY)

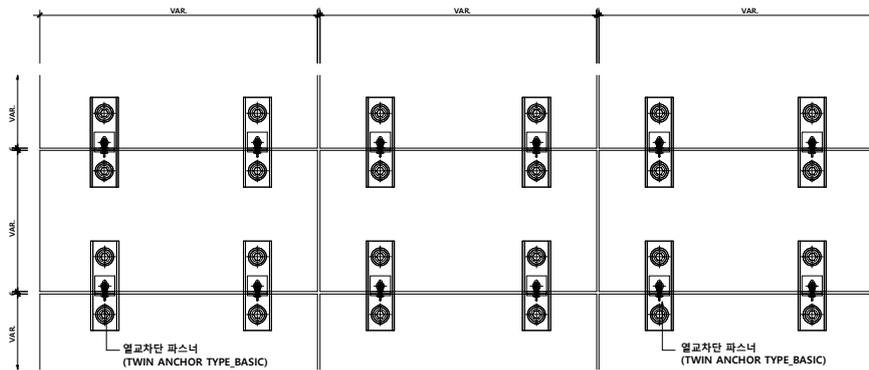
트윈앵커타입 유틸리티는 플레이트에 의해 일체화된 구조를 취하는 두 개의 앵커를 사용하여 건축물 외장재를 지지하되, 플레이트는 C자형의 플레이트를 통해 금속шит패널, 고밀도목재패널 등과 같은 경량의 건축물 외장재를 비롯하여 석재, 테라코타패널 등과 같은 중량의 건축물 외장재를 구조적으로 안전하게 지지한다. 기본적으로 유틸리티 타입은 베이틱 타입과 동일하게 ANCHOR와 BRACKET의 결합부위에는 ANCHOR와 BRACKET가 결합할 시 직접적인 접촉을 차단하기 위한 T.B 링이 설치되며, 단열재를 밀착 고정함과 동시에 단열재에 형성된 앵커 설치공을 기밀하게 하는 T.B 너트가 체결되어 열교를 차단한다. 또한 ANCHOR의 단부에는 합성수지로 제작된 마감캡을 설치하여 외부 공기가 유입되는 것을 최대한 차단할 수 있을 뿐만 아니라 별도로 체결되는 외부너트를 감싸 누르는 형태로 ANCHOR에 설치됨으로써 더블너트 효과에 의해 시공후 진동에 의한 너트 풀림방지 효과를 갖는다. 따라서 트윈앵커타입은 두 개의 앵커를 하나의 플레이트에 일체화함으로써 석재 등 중량의 외장재를 구조적으로 안전하게 지지하며, 여기에 1차 T.B 마감캡, 2차 T.B 링, 3차 T.B 너트에 의한 열교차단 기능을 실현하여 외장재 고정유닛을 통한 열교현상을 차단하게 된다. 트윈앵커타입 유틸리티의 전개도는 [그림 2]를 참조한다. 석재용 TWIN BASIC 설치도를 [그림 3]에 도시 한 것이고, 프레임용 TWIN BASIC 설치도를 [그림 4]에 도시 한 것이고, 석재용 TWIN UTILITY 설치도를 [그림 5]에 도시 한 것이다. [그림 6]는 FASTENER 브라켓 상세도이다.



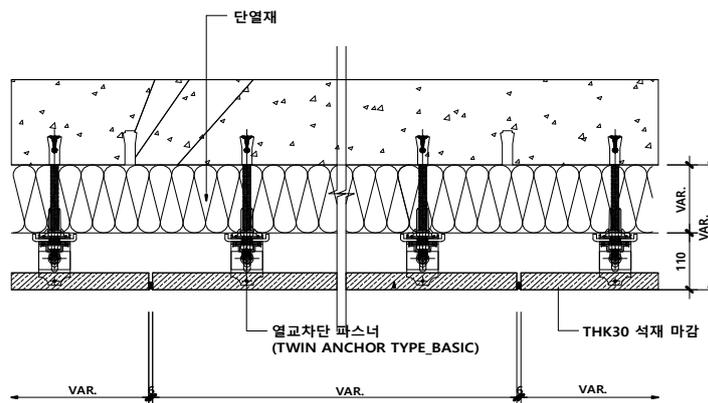
[그림 2] 트윈앵커타입 유틸리티 전개도



(a) 단면도

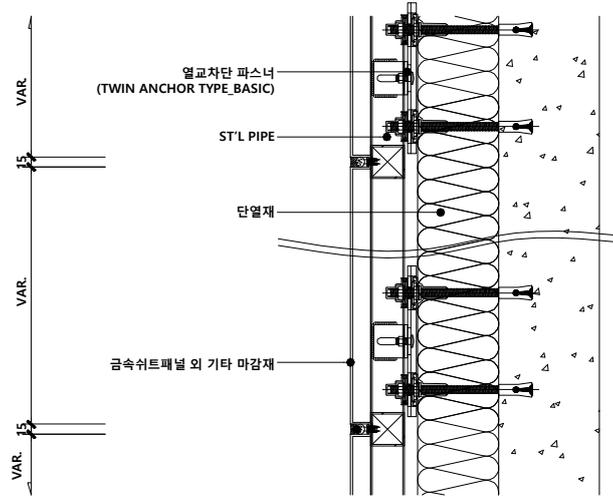


(b) 입면도

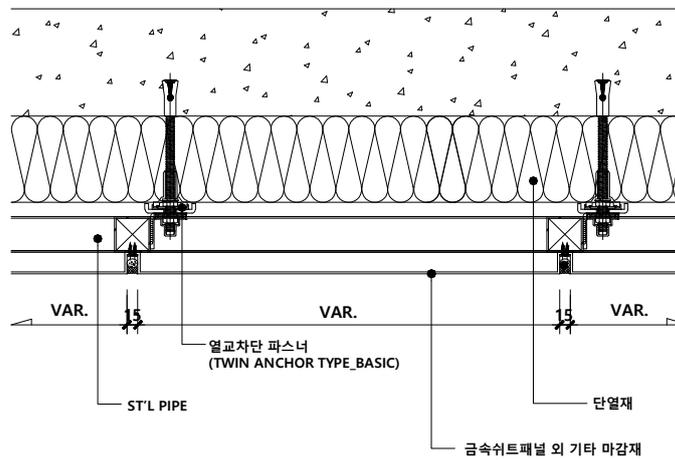


(c) 평면도

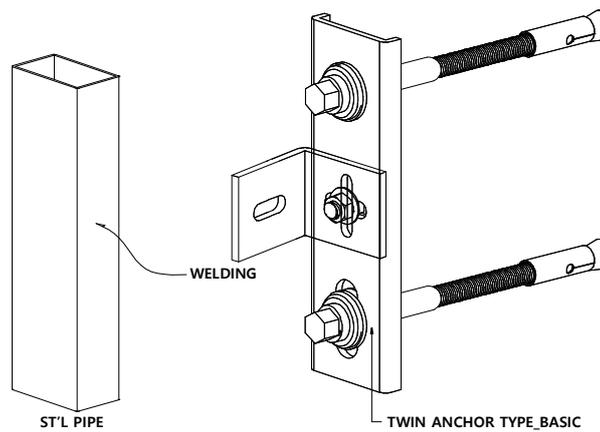
[그림 3] 석재용 TWIN BASIC 설치도



(a) 단면도

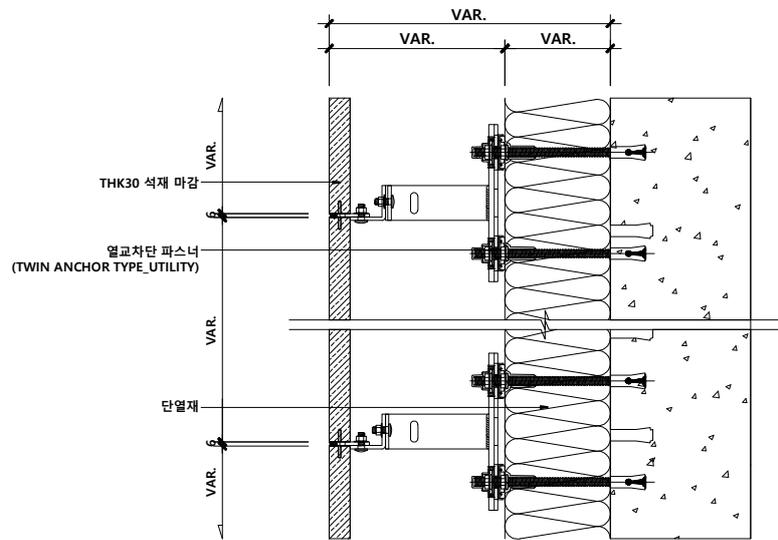


(b) 평면도

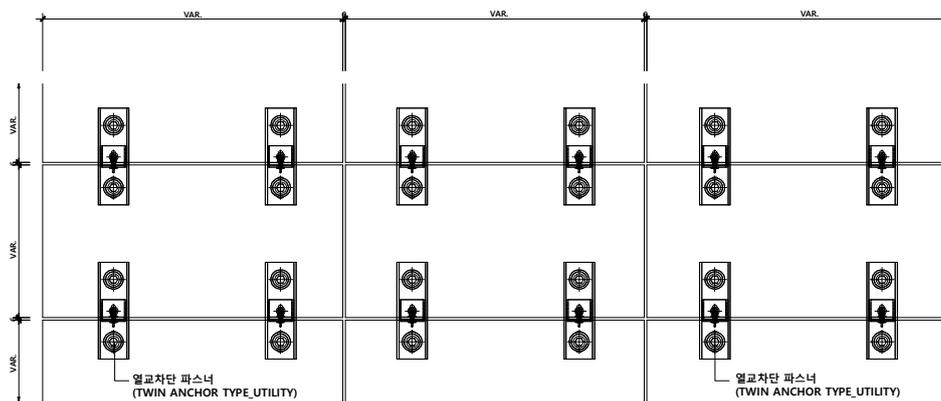


(c) 열교차단 파스너 3D 뷰

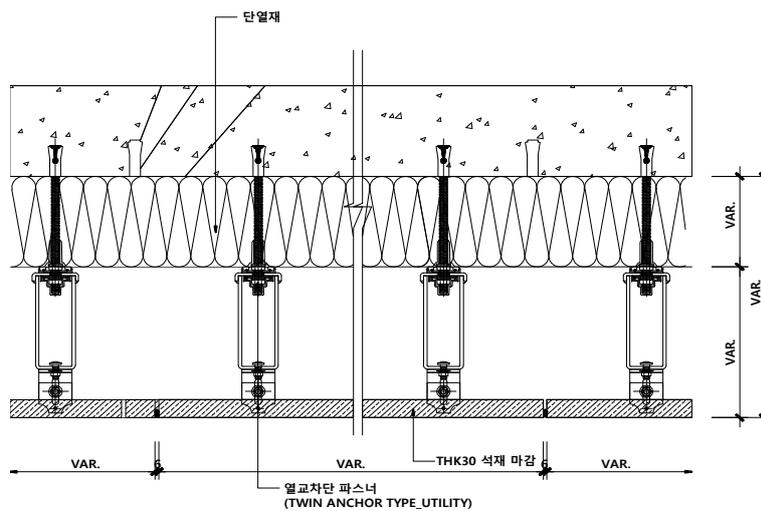
[그림 4] 프레임용 TWIN BASIC 설치도



(a) 단면도

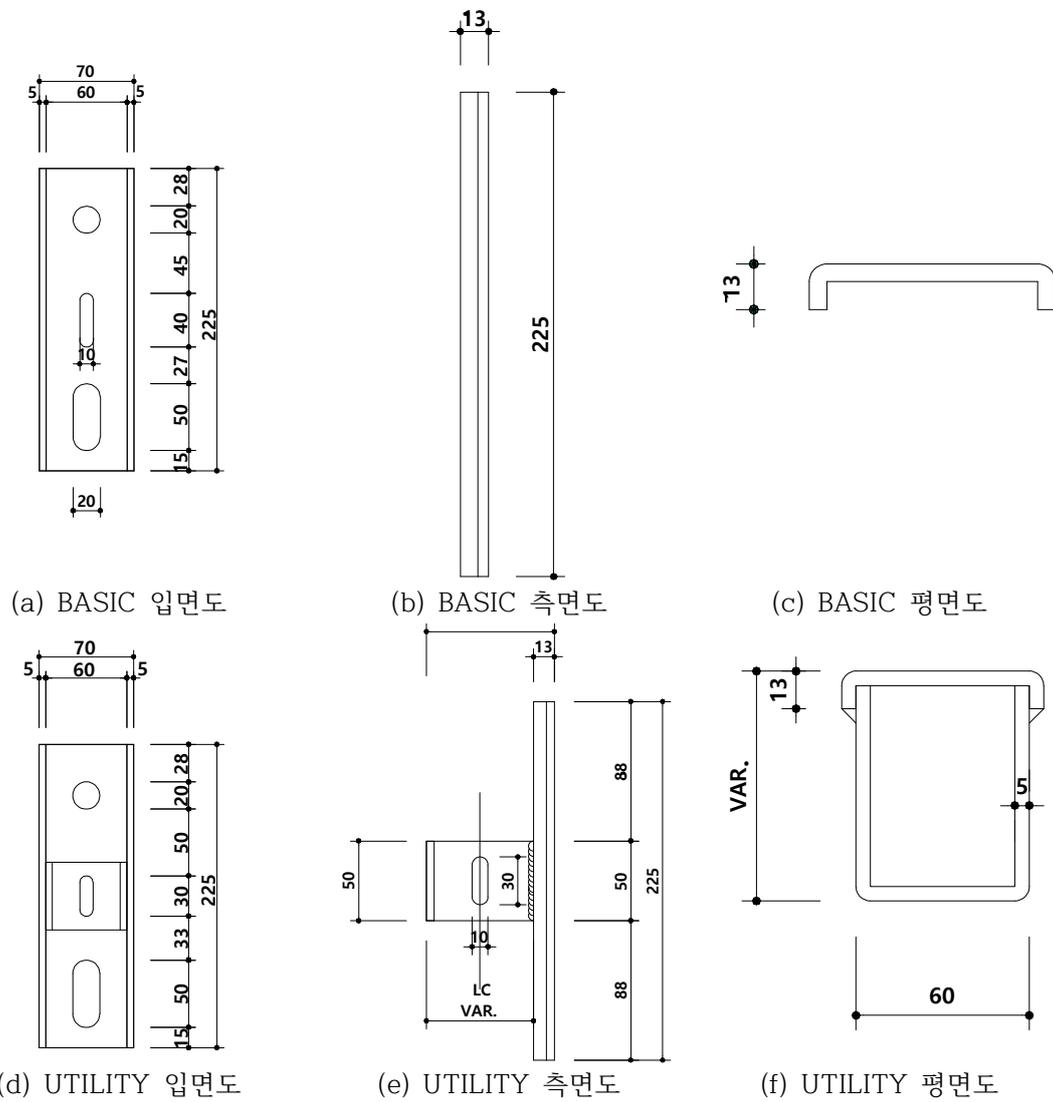


(b) 입면도



(c) 평면도

[그림 5] 석재용 TWIN UTILITY 설치도



[그림 6] FASTENER 브라켓 상세도



(2) 재료속성

- T.B ANCHOR : $\phi 1/2''$ (12.7mm)

$$E_{cyl} = 205 \text{ [GPa]}, F_y = 343 \text{ [MPa]}, F_u = 539 \text{ [MPa]}$$

- T.B PLATE : L-70×225×5T

$$E_{bra} = 205 \text{ [GPa]}, F_y = 170 \text{ [MPa]}, F_u = 270 \text{ [MPa]}$$

(3) 구조검토조건

본 검토에서는 고정하중, 지진하중과 풍하중에 대한 검토를 실시하였으며, 이들 하중이 포함된 하중조합 중 불리한 하중조합을 검토조건으로 고려하였다.

- 고정하중: 건축구조기준 (KDS 41 13)

$$\text{중량 } F_D = W_p g \text{ [kN]}$$

여기서

$$g: \text{중력가속도 } 9.806 \text{ [m/s}^2\text{]}$$

$$W_p: \text{질량 [t]}$$

- 지진하중: 건축구조기준(KDS 41 13)

1) 수평설계지진력

$$F_p = \frac{0.4 a_p S_{DS} W_p}{(R_p/I_p)} \left(1 + 2 \frac{z}{h} \right) \text{ [kN]}$$

여기서

$$W_p: \text{질량 [t]}$$

$$a_p: \text{비구조요소의 증폭계수 [-]}$$

$$I_p: \text{비구조요소의 중요도계수 [-]}$$

$$R_p: \text{반응수정계수 [-]}$$

$$z: \text{구조물의 밑면으로부터 비구조요소가 부착된 높이 [m]}$$

$$h: \text{구조물 지붕층의 높이 [m]}$$

S_{DS} : 단주기설계스펙트럼가속도(KDS 41 17 00, 4.2.2)로 다음과 같이 산정함

$$S_{DS} = S \times \frac{2}{3} \times 2.5 \times F_a \text{ [g]}$$

여기서

$$S: \text{유효지반가속도 [g]}$$

$$F_a: \text{단주기지반증폭계수 [-]}$$

단 수평설계지진력은 다음의 값 이하이어야 한다.

$$F_p = 1.6 S_{DS} I_p W_p \text{ [kN]}$$

2) 수직설계지진력

$$F_v = 0.2 S_{DS} W_p$$

3) 설계조합하중

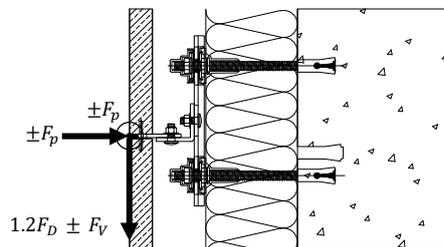
- 하중조합 (KDS 41 10 15, 1.5.2)

(LC 1) $1.4F_D$

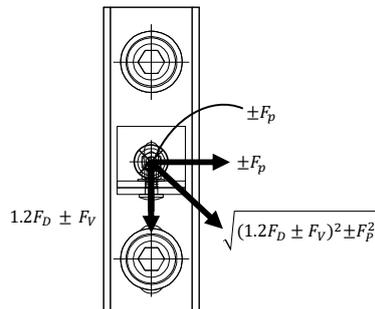
(LC 2) $1.2F_D \pm F_p \pm F_v$

(LC 3) $1.2F_D \pm 1.3F_w$

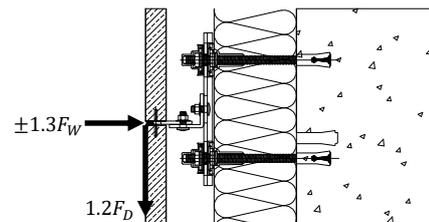
이 중 가장 불리한 조건인 (LC 2)와 (LC 3)을 바탕으로, 각 조합에 대해 T.B FASTENER 당 허용지지력을 산정하고, 이 중 최소치를 최종 허용지지력으로 정하여 이를 테이블로 구성하였다. 석재용 TWIN BASIC/UTILITY에 적용된 설계하중을 [그림 7]에 도시하였다.



(a) 지진하중조합에 대한 단면도



(b) 지진하중조합에 대한 입면도



(c) 풍하중조합에 대한 단면도

[그림 7] 석재용 TWIN BASIC/UTILITY에 적용된 설계조합하중(프레임용 동일)

(4) 저감계수

- $\phi = 0.75$ (강도 저감 계수)



3. 구조검토

(1) 설계풍하중 산정

- 고정하중

$$F_D = W_p g \text{ [kN]}$$

- 풍하중

본 검토에서는 풍하중조합에 대해 T.B FASTENER 개당 받을 수 있는 허용지지력을 산정하였으며, 보수적인 조건인 Wind Speed : 45m/s / Exposure Category : C / Roof Height : 100m에 대한 허용지지력을 검토하였다 ([그림 8] 참조).



BeST.Pro

MEMBER : **wind load**

Project Name :

Designer :

Date : 11/26/2017

Page :1

Design Conditions

(1). Title & DesignCode

- Title : wind load
- Design Code : KBC2016

(2). Building Shape & Member Data

- Building Type : 밑폐형 건축물
- Roof Type : 박공지붕
- Roof Slope θ : 0°
- Meam Roof Ht. H : 100.00 m
- Effective Area A_{eff} : 1.00 m²
- Ht. from Ground z : 100.00 m

Calculate Wind Pressure

- Basic Wind Speed V_0 : 45 m/sec
- Ground Exposure Category : C
- Topographic Factor K_{zt} : 1.00
- Importance Factor I_w : 1.00
- Design Portion : ⑤

(1). Velocity Pressure at Height z above Ground

- z = 100.00 m > Z_b = 10.00 m
- $K_{zt} = 0.71 \times z^{0.15} = 1.42$

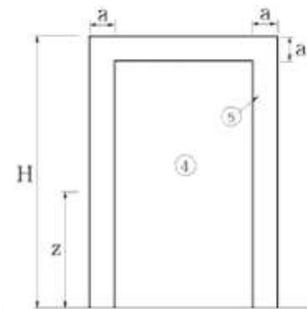
(2). Velocity Pressure at Mean Roof Height

- H = 100.00 m > Z_b = 10.00 m
- $K_{zt} = 0.71 \times H^{0.15} = 1.42$
- $V_h = V_0 \times K_{zt} \times K_{zt} \times I_w = 63.75$ m/sec
- $q_h = 1/2 \times \rho \times V_h^2 = 2479$ N/m²

(3). Design Wind Pressures

- $GC_{pe,P} = 1.800$ $GC_{pe,N} = -3.600$
- $GC_{pi} = 0.000, -0.520$ $k_z = 0.935$

- $P_{c,P} = k_z q_h (GC_{pe,P} - GC_{pi}) = 5379$ N/m²
- $P_{c,N} = q_h (GC_{pe,N} - GC_{pi}) = -8924$ N/m²

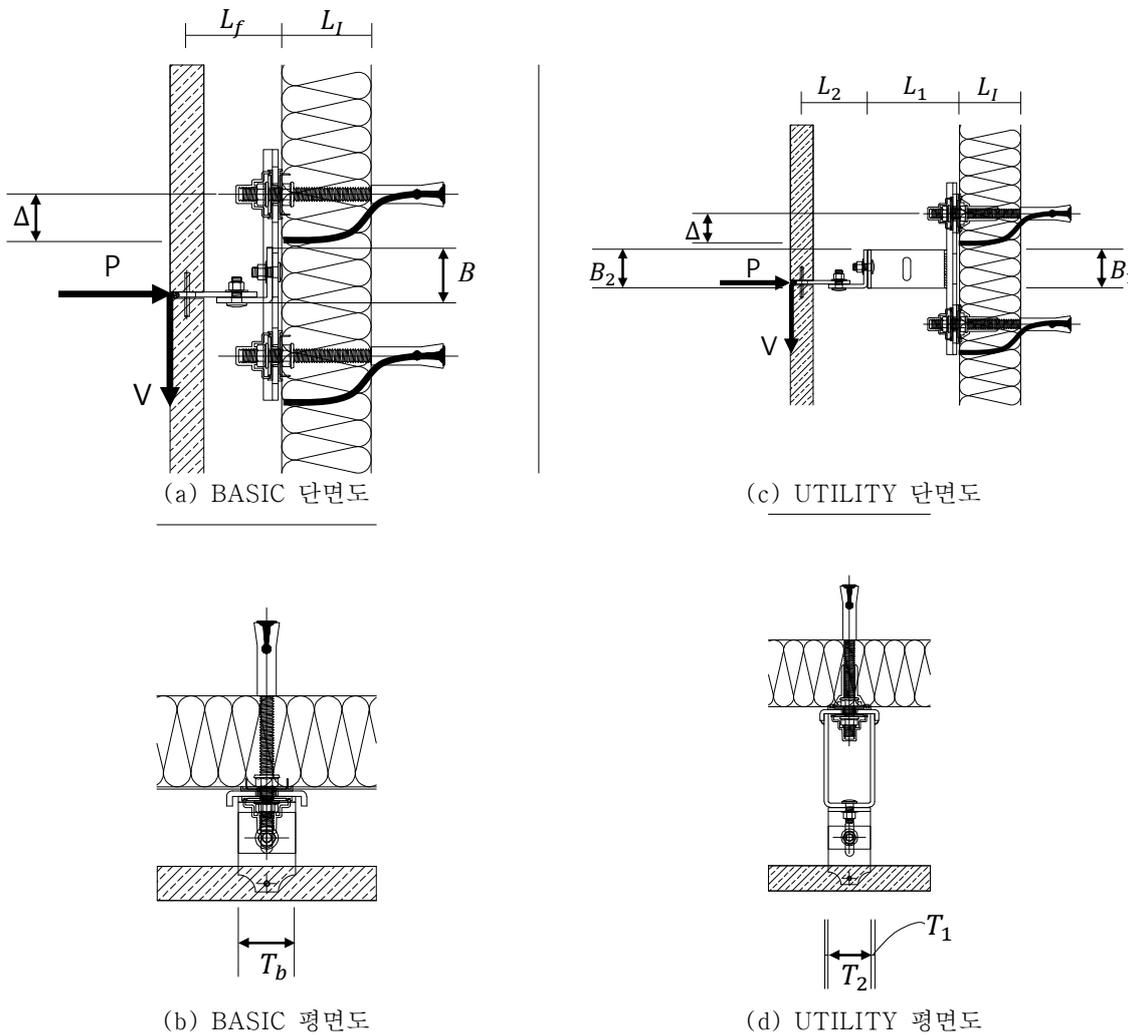


[그림 8] 풍하중 산정

본 해석모델에는 다음과 같은 가정이 사용되었다.

- 1) ANCHOR는 인장과 힘에 동시에 저항한다.
- 2) BRACKET은 마감재의 결합으로 인해 마감재 전체가 수직방향으로만 거동한다고 가정한다.
- 3) 바람에 대한 허용지지중량을 산정함에 있어, 풍하중을 받는 면적은 1m^2 로 가정한다.

가) 트윈앵커 설계강도 산정



[그림 9] 트윈앵커타입의 허용지지중량 산정을 위한 자유물체도

우선 2축 대칭단면 부재에 있어서 힘과 압축력의 상관관계는 아래 식에 의해 제한된다(건축구조기준, 2016).



$$\frac{P_u}{P_r} + \frac{8}{9} \left(\frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \right) \leq 1.0 \quad \text{for } \frac{P_u}{P_r} \geq 0.2 \quad (1)$$

$$\frac{P_u}{2P_r} + \left(\frac{M_{ux}}{M_{rx}} + \frac{M_{uy}}{M_{ry}} \right) \leq 1.0 \quad \text{for } \frac{P_u}{P_r} < 0.2 \quad (2)$$

여기서 P_u 는 하중조합으로 구한 소요압축강도, P_r 은 설계압축강도, M_u 는 하중조합으로 구한 소요휨강도, M_r 은 설계휨강도이고 x 는 강축 힘을 나타내는 아래첨자이다.

초등정역학이론에 따르면 중앙부에 집중하중 V 를 받는 길이 L 의 보에 대해 단부의 고정 단모멘트는 FEM 은 $VL/8$ 이므로, 축력이 수직방향하중에 비해 충분히 작다는 가정과 [그림 9]와 같이 주어진 수직방향하중 V 와 수평방향 축력 P 를 받는 트윈앵커타입의 자유물체도로부터 아래의 강도평가식이 얻어진다.

$$\frac{P}{4\phi_c F_{y,anc} A_{anc}} + \frac{VL/8}{2\phi_b F_{y,anc} Z_{anc}} \leq 1.0 \quad (3)$$

여기서 ϕ_c 는 압축재에 대한 강도저감계수(=0.75), ϕ_b 는 휨부재에 대한 강도저감계수(=0.90), P 와 V 는 각각 하중조합으로 구한 소요압축력과 소요휨모멘트이고, $F_{y,anc}$, Z_{anc} 와 A_{anc} 는 각각 앵커의 항복강도, 단면계수와 단면적이다.

허용중량을 산정하기 위해 우선 [그림 7]에 따라 각 하중값과 그에 따른 하중조합을 산정한다. 이에 따르면 지진하중에 대한 소요압축력 P 와 소요전단력 V 는 각각 $[(1.2F_D + F_p)^2 + F_v^2]^{1/2}$ 와 F_p 이고 풍하중에 대한 소요압축력 P 와 소요전단력 V 는 각각 $1.3F_w$ 와 $1.2F_D$ 이며, 보의 길이 L 은 가력지점과 단부와와의 거리 s 의 두 배로 주어진다. 허용중량 산정 과정은 다음과 같다. 우선 지진하중에 대한 허용중량의 경우, 우선 단위중량인 1kgf의 자중이 유발하는 지진하중을 산정하고 식 (3)의 좌변에 이를 대입하여 계산한다. 이후 식 (3)의 P 와 V 가 모두 중량 $W_{p,g}$ 에 비례함을 활용하여 위에서 계산된 값의 역수를 중량에 취해 한계상태에 다다르기 위한 중량을 계산한다. 풍하중의 경우에도 유사한 과정을 거치되, 하중 P 가 지진하중과는 달리 중량이 아닌 풍압면적에 의존함에 유의하여, 중량에 대해 식 (3)의 등호가 성립하기 위한 중량 P 를 방정식을 풀어 산정하였다.

나) 처짐에 따른 허용지지력 산정

마감재의 중량 $V = W_{p,g}$ 로 계산되고, 직경 D 인 원형단면 ANCHOR 두 개의 단면2차모멘트는 $I = 2\pi D^4/64$ 된다(윤현도외, 2015). 초등 재료역학 이론에 따르면 단부가 직각을 유지하면서 연직방향으로 변형되는 앵커는 다음의 하중-변위 관계를 따른다. 식 (4)는 트윈 베이직의 하중-변위 관계이고, 식 (5)는 트윈 유틸리티의 하중-변위 관계이다.



$$\Delta = W_p g \left[\frac{1}{2ET_b} \left(\frac{L_f}{B} \right)^3 + \frac{8L_I^3}{6E\pi D^4} \right] \quad (4)$$

$$\Delta = W_p g \left[\frac{1}{2EB_2} \left(\frac{L_2}{T_2} \right)^3 + \frac{1}{2ET_1} \left(\frac{L_1}{B_1} \right)^3 + \frac{8L_I^3}{6E\pi D^4} \right] \quad (5)$$

여기서 L_I 는 단열재의 두께이고, B 는 BRACKET의 두께이고, T_b 는 BRACKET의 높이이고, L_f 는 단열재 단부로부터 마감재까지의 거리이고, L_1 은 단열재 단부로부터 BRACKET까지의 거리이고, L_2 는 BRACKET으로부터 마감재까지의 거리이고, B_1 은 수직 방향 가대의 춤이고, T_1 은 수직 방향 가대의 두께이고, B_2 는 BRACKET의 폭이고, T_2 는 BRACKET의 두께이고, Δ 는 허용처짐이고, E 는 ANCHOR의 탄성계수 이다. 본 검토에서는 허용처짐 Δ_{allow} 를 1mm로 대입하여 각 마감거리에 따른 허용중량 $W_p g$ 를 표 1, 표 2, 표 3, 표 4, 표 5와 표 6에 정리하였다.



표 1 석재용 트윈앵커타입 베이직 1mm 이내 허용처짐에 따른 허용중량

단열재두께 [mm]	앵커 길이 [mm]	마감거리 [mm]	허용중량(W_p, g) [N]			
			지진하중	풍하중	1mm 허용처짐	최소허용중량
70	150	180	693.5	1394.7	1829.1	693.5
80	160	190	657.3	1321.3	1785.2	657.3
90	170	200	624.8	1255.2	1731.8	624.8
100	180	210	595.3	1195.5	1669.5	595.3
110	190	220	568.4	1141.1	1599.1	568.4
120	200	230	543.9	1091.5	1522.2	543.9
130	210	240	521.4	1046.0	1440.4	521.4
140	220	250	500.7	1004.2	1355.4	500.7
150	230	260	481.6	965.6	1269.0	481.6
160	240	270	463.9	929.8	1182.9	463.9
170	250	280	447.4	896.6	1098.4	447.4
180	260	290	432.1	865.7	1016.7	432.1
190	270	300	417.8	836.8	938.7	417.8
200	280	310	404.4	809.8	865.0	404.4



표 2 프레임용 트윈앵커타입 베이직 1mm 이내 허용처짐에 따른 허용중량

단열재두께 [mm]	앵커 길이 [mm]	마감거리 [mm]	허용중량 ($W_p g$) [N]			
			지진하중	풍하중	1mm 허용처짐	최소허용중량
70	150	300	417.8	836.8	15763.6	417.8
80	160	310	404.4	809.8	13006.1	404.4
90	170	320	391.8	784.5	10620.6	391.8
100	180	330	380.0	760.8	8641.3	380.0
110	190	340	368.9	738.4	7039.0	368.9
120	200	350	358.4	717.3	5758.4	358.4
130	210	360	348.5	697.4	4739.7	348.5
140	220	370	339.2	678.5	3929.0	339.2
150	230	380	330.3	660.7	3281.6	330.3
160	240	390	321.8	643.7	2761.6	321.8
170	250	400	313.8	627.6	2341.2	313.8
180	260	410	306.2	612.3	1998.9	306.2
190	270	420	299.0	597.7	1718.2	299.0
200	280	430	292.0	583.8	1486.3	292.0



표 3 석재용 트윈앵커타입 유틸리티 1mm 이내 허용처짐에 따른 허용중량(마감거리 250mm)

단열재두께 [mm]	앵커 길이 [mm]	플레이트 돌출부 [D]	허용중량 (W_p, g) [N]			
			지진하중	풍하중	1mm 허용처짐	최소허용중량
70	150	80	500.7	1004.2	2389.3	500.7
80	160	70	500.7	1004.2	2316.6	500.7
90	170	60	500.7	1004.2	2228.8	500.7
100	180	50	500.7	1004.2	2127.3	500.7

표 4 석재용 트윈앵커타입 유틸리티 1mm 이내 허용처짐에 따른 허용중량(마감거리 300mm)

단열재두께 [mm]	앵커 길이 [mm]	플레이트 돌출부 [D]	허용중량 (W_p, g) [N]			
			지진하중	풍하중	1mm 허용처짐	최소허용중량
70	150	130	417.8	836.8	2370.6	417.8
80	160	120	417.8	836.8	2302.2	417.8
90	170	110	417.8	836.8	2218.0	417.8
100	180	100	417.8	836.8	2119.6	417.8
110	190	90	417.8	836.8	2009.7	417.8
120	200	80	417.8	836.8	1891.2	417.8
130	210	70	417.8	836.8	1767.5	417.8
140	220	60	417.8	836.8	1641.9	417.8
150	230	50	417.8	836.8	1517.3	417.8



표 5 석재용 트윈앵커타입 유틸리티 1mm 이내 허용처짐에 따른 허용중량(마감거리 350mm)

단열재두께 [mm]	앵커 길이 [mm]	플레이트 돌출부 [D]	허용중량 (W_p, g) [N]			
			지진하중	풍하중	1mm 허용처짐	최소허용중량
70	150	180	358.4	717.3	2331.4	358.4
80	160	170	358.4	717.3	2269.8	358.4
90	170	160	358.4	717.3	2191.8	358.4
100	180	150	358.4	717.3	2099.0	358.4
110	190	140	358.4	717.3	1993.9	358.4
120	200	130	358.4	717.3	1879.5	358.4
130	210	120	358.4	717.3	1759.1	358.4
140	220	110	358.4	717.3	1636.1	358.4
150	230	100	358.4	717.3	1513.3	358.4
160	240	90	358.4	717.3	1393.5	358.4
170	250	80	358.4	717.3	1278.4	358.4
180	260	70	358.4	717.3	1169.5	358.4
190	270	60	358.4	717.3	1067.8	358.4
200	280	50	358.4	717.3	973.6	358.4



표 6 석재용 트윈앵커타입 유틸리티 1mm 이내 허용처짐에 따른 허용중량(마감거리 400mm)

단열재두께 [mm]	앵커 길이 [mm]	플레이트 돌출부 [D]	허용중량 (W_p, g) [N]			
			지진하중	풍하중	1mm 허용처짐	최소허용중량
70	150	230	313.8	627.6	2266.1	313.8
80	160	220	313.8	627.6	2213.5	313.8
90	170	210	313.8	627.6	2144.4	313.8
100	180	200	313.8	627.6	2060.0	313.8
110	190	190	313.8	627.6	1962.5	313.8
120	200	180	313.8	627.6	1854.8	313.8
130	210	170	313.8	627.6	1740.1	313.8
140	220	160	313.8	627.6	1621.8	313.8
150	230	150	313.8	627.6	1502.8	313.8
160	240	140	313.8	627.6	1385.9	313.8
170	250	130	313.8	627.6	1273.0	313.8
180	260	120	313.8	627.6	1165.8	313.8
190	270	110	313.8	627.6	1065.3	313.8
200	280	100	313.8	627.6	972.0	313.8